

AMATEUR ELEKTRONIK
 ELEKTRONISCHE GRUNDBEGRIFFE
 AE KONSTRUKTIONEN
 10 BEIGELEGTE PLATINEN
 SCHALTBEISPIELE

J. SOELBERG



AMATEUR ELEKTRONIK

von
JAN SOELBERG

Übersetzt aus dem Dänischen von
Ulrich Gersmann

Alleinvertrieb für Bundesrepublik Deutschland
LINDY Klaus Lindenberg KG, Mannheim

Alleinvertrieb für Holland
AMATEUR ELEKTRONIK VERTRIEB
Postbus 6186
Den Haag

Alleinvertrieb für die Schweiz
AMATEUR ELEKTRONIK VERTRIEB
Zürich

Alleinvertrieb für Österreich
ELGE GES. m.b.H.
Wien V

Copyright
JOSTY KIT Kopenhagen
Gedruckt in Kopenhagen 1973
Zweite deutsche Ausgabe

Der Herausgeber behält sich das Recht vor, die technischen Daten und Stücklisten der verschiedenen Bausätze jederzeit unabhängig von dem Inhalt dieses Buches ändern zu können.



Ing. Jan Soelberg

Vorwort des Verfassers.

Lieber Leser,

im Jahre 1970 wurde die erste Ausgabe dieses Buches in Dänemark herausgegeben. Das Interesse zeigte sich so groß, daß bald neue Auflagen folgten, und das Buch ist jetzt im Dänischen in mehr als 30.000 Exemplaren gedruckt worden.

Ende 1971 erschien das Buch zum ersten Mal auf Schwedisch, und es ist inzwischen auch ins Englische übersetzt worden.

Diese deutsche Ausgabe ist selbstverständlich neu überarbeitet und auf den neusten Stand der Elektronik gebracht worden.

Ich glaube, daß das Buch sowohl als Lehrbuch für den Anfänger als auch als Nachschlagewerk für den Erfahrenen dienlich sein kann. In der Hoffnung, hier und da zur Kenntnis der spannenden Welt der Elektronik etwas beigetragen zu haben, bin ich

mit freundlichen Grüßen

Kopenhagen im September 1973

GL	Leseanleitung	6
G1	Atomtheorie	10
G2	Halbleiter	12
G3	Strom und Spannung	15
G4	Kondensatoren	18
G5	Zusammenschaltung von Kondensatoren	20
G6	Kondensatortypen	22
G7	Elektromagnetismus	25
G7	Spulen	26
G8	Widerstände — Das Ohmsche Gesetz	28
G8	Widerstandstypen	29
G9	Verbindung vom Widerständen	32
G9	Zusammenschaltung von Widerständen	32
G10	Leistung	37
G11	Wechselstrom und Spannung	39
G12	Netzteile	41
G13	Wechselstrom, Spulen und Kondensatoren	45
G14	Abgestimmte Kreise	47
G17	DC-Kopplung	73
G18	AC-Kopplung	88
G19	Filter	92
G20	Akustische Komponenten	110
G21	Antennen	126
G22	AM-FM Modulation	129
G23	Der Sender	131
G24	Empfänger	140
G25	Stereo	154
G25	FM Stereophonie	158

G26	Der Oszillograf	161
G27	Fernseh Empfänger	164
G28	Das Tonbandgerät	167
G29	Montage	172
G29	Gedruckte Schaltungen	174
G30	Impulstechnik	178
T1	Rechentechiken	187
T2	Farbmarkierung	193
T3	Zeichenerklärungen	197
G1 - G28	Feed Back	205
T1 & T2	Feed Back	241
AE	Praktische Konstruktionen	247
AE1	Praktische Konstruktionen	248
AE2	Praktische Konstruktionen	249
AE2	Praktische Konstruktionen	250
AE3	Praktische Konstruktionen	251
AE4	Praktische Konstruktionen	252
AE5	Praktische Konstruktionen	253
AE6	Praktische Konstruktionen	254
AE7	Praktische Konstruktionen	255
AE8	Praktische Konstruktionen	256
AE9	Praktische Konstruktionen	257
AE10	Praktische Konstruktionen	258
AF20	2 Watt Verstärker	259
AF25	Mischstufe	262
AF30	Vorverstärker	264
AF35	Impedanzwandler	266
AF80	Leistungsverstärker	270
AF305	Wechselsprechanlage	273
AF310	Universalverstärker	275
AT5	Elektronisches Relais	278
AT25	Intervallschalter	280
AT30	Lichtschranke	282
AT50	Spannungsregler	284
AT55-56	Spannungsregler	286
AT60	Lichtorgel	288
AT65	3-Kanal-Lichtorgel	290
AT70	Belichtungsautomatik	292
AT345	Drehzahlmesser	294
GP304	Klangreglerbaustein MONO	296
GP310	Klangreglerbaustein STEREO/MONO	298
4 GP312	Klangreglerbaustein MONO für Auto	304
GU330	Tremmolo	304

HF61	Diodenempfänger	306
HF65	UKW-Sender	308
HF75	Empfänger	310
HF380	Breitband-Antennen-Verstärker 10—350 MHz	312
HF395	Breitband-Antennen-Verstärker 2—225 MHz	314
MI5	Zeitschaltregler Zusatzeinheit	316
MI60	Astabiler Multivibrator	320
MI91-92	VU- und Balancemeter	322
MI302	Transistortester	324
NT10	Netzteil	326
NT300	Labornetzteil	326
NT310	Netzteil	329
NT315	Netzteil	331
NT330	Netzteil	333
	Andere Diagramme	335
2	Astabiler Multivibrator mit einem IC	336
4	Verstärker mit hoher Eingangsimpedanz	336
5	Rauschgenerator	337
6	Zeitverlängerer	338
7	Rechteck-Dreieck Generator	338
8	Kristall-Oszillator	339
11	Lügendetektor	340
15	Thyristor-Thermostat	341
16	Geräuscharmer Vorverstärker	342
17	Elektronischer Mückenschutz	343
18	Aktive Klangreglerstufe	344
19	Aktives Vielfach-Tonfrequenzfilter	346
20	Klangregler	348
21	Vorverstärker	350
22	Nachhallverstärker	352
23	Endstufe 40 Watt	354
24	Stroboskop-Licht	356
25	Tongenerator	358
26	UKW-Vorsatz 10 uV	360
27	UKW-Vorsatz 2 uV	363
28	Stereo-Dekoder	366

Anleitung zum Lesen dieses Buches!

Der Inhalt ist in vier Hauptabschnitte aufgeteilt:

- a. Das Grundbuch, welches den theoretischen Teil mit praktischen Beispielen beinhaltet. Das Grundbuch ist durch ein G mit einer Kapitelzahl gekennzeichnet.
- b. Ein Tabellenteil, der Ihnen betreffend der Kennzeichnung von Einzelteilen, Mathematik usw., ein wenig hilft. Der Tabellenteil ist durch ein T mit nachfolgender Nummer gekennzeichnet.
- c. Die Feed-back Liste (Lösungen und Erklärungen zu den gestellten Fragen). Die Feed-back Liste ist mit einem F gekennzeichnet.
- d. Das Schaltungsteil, welches eine Menge interessanter Konstruktionen bespricht, teils von JOSTY KIT, teils AE-Konstruktionen, für welche eine Platine beigelegt ist. Schließlich noch einige "geliehene" Konstruktionen, entnommen aus Elektronikzeitschriften aus ganz Europa.

Das Grundbuch und der Tabellenteil sind programmiert aufgebaut. Nach jedem Abschnitt sind einige Aufgaben gestellt, bei denen Sie zwischen zwei bis sechs Ergebnissen wählen können.

Wenn Sie die Aufgabe gelöst, bzw. eine Antwort gewählt haben, können Sie in der Feed-back Liste nachschlagen. Die Feed-back Liste ist fortlaufend wie das Grundbuch geordnet. Je nach gewählter Antwort können Sie nachlesen, ob diese richtig oder falsch war. Wenn sie richtig war, fahren Sie mit den nächsten Aufgaben oder dem Text fort.

Wenn Sie die falsche Lösung gewählt haben, sagt Ihnen die Feed-back Liste, was Sie falsch gemacht haben und wie es richtig ist. Meinen Sie, Sie hätten die Aufgabe verstanden, gehen Sie nur weiter. Sind Sie jedoch unsicher, sollten Sie den Abschnitt noch einmal lesen.

Es hat sich gezeigt, daß diese Aufbauform für ein Lehrbuch die beste ist. Das setzt natürlich voraus, daß Sie nicht mogeln und in der Feed-back Liste nachschlagen, bevor Sie sich für eine Antwort entschieden haben, sondern wirklich versuchen, die Aufgaben zu lösen.

Um das System zu demonstrieren, ist diese Leseanleitung programmiert. Probieren Sie das System einmal aus.

Aufgabe 1

Was macht ein Buch programmiert?

- | | |
|--|----------------------------|
| daß es mit Zeichnungen illustriert ist | A <input type="checkbox"/> |
| daß es Aufgaben mit Feed-back Liste enthält | B <input type="checkbox"/> |
| daß es eine Programmerklärung enthält | C <input type="checkbox"/> |
| daß die leichten Aufgaben zuerst und die schweren zuletzt kommen | D <input type="checkbox"/> |

Sie können dann in der Feed-back Liste nachsehen :

- A. Es ist sicher wesentlich, daß ein Buch Zeichnungen enthält, die den Text illustrieren, aber das Prinzipielle an einem programmierten Lehrbuch sind die Aufgaben und die Feed-back Liste. Wenn Sie eine Aufgabe gelöst haben, sagt letztere Ihnen, ob Sie etwas verkehrt gemacht haben, gibt Ihnen die richtige Lösung und zeigt Ihnen, womit Sie fortfahren müssen. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.
- B. Das ist richtig. Die Feed-back Liste gibt Ihnen eine Kontrolle durch die Angabe der richtigen Lösung, ob Sie alles verstanden haben und weitergehen können. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.
- C. Nein, das ist nicht gut. Sie haben sich durch das Wort beeinflussen lassen. Die Programmierung besteht darin, daß Sie eine Feed-back Liste zur Hand haben. Eine Feed-back Liste ist nicht nur eine Ergebnisliste. Eine Ergebnisliste gibt nur die richtige Lösung an. Die Feed-back Liste gibt die richtige Lösung an, erklärt diese noch einmal und sagt Ihnen, wie Sie fortfahren müssen. Gehen Sie über zu Aufgabe 2.
- D. Es ist richtig, daß ein Lehrbuch mit den leichten Aufgaben anfängt und mit den schwierigen endet. Das macht es jedoch noch nicht programmiert. Prinzipiell macht das die Feed-back Liste. Diese zeigt Ihnen die richtige Lösung, erklärt Ihnen diese noch einmal und weist darauf hin, wie Sie fortfahren sollen. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.

Aufgabe 2

Was ist das wichtige an der Feed-back Liste?

- | | |
|---|----------------------------|
| daß sie die richtige Lösung angibt | A <input type="checkbox"/> |
| daß sie Ihnen sagt, ob Sie etwas falsch gemacht haben | B <input type="checkbox"/> |
| daß sie eine andere mögliche Lösung angibt | C <input type="checkbox"/> |
| daß sie angibt, womit man fortfahren soll | D <input type="checkbox"/> |

Das Feed-back dafür:

- A. Nur die richtige Lösung anzugeben wäre falsch. Um richtig kontrollieren zu können, ob Sie alles verstanden haben, muß die Aufgabe erklärt werden, samt einer Erklärung dessen, was sie mißverstanden haben (soweit es möglich ist). Schließlich eine Angabe, wo Sie weitermachen sollen. Ihre Vorstellung von einer Ergebnisliste trifft also nicht ganz zu. Wir hoffen, daß Sie jetzt wissen, was wir meinen, und Sie somit anfangen können, das Buch selbst zu lesen.
- B. Eine kurze Erklärung, ob Sie die richtige oder die falsche Lösung gewählt haben, genügt nicht. Die Feed-back Liste soll sowohl die richtige Lösung erklären, als auch sagen, was Sie ggf. falsch gemacht haben. Außerdem gibt sie an, was Sie weiterhin machen sollen. Ich glaube, Sie können jetzt mit dem Lesen des Buches selbst anfangen.
- C. Das ist genau richtig. Alle drei Dinge machen die Programmidee aus. Sie wissen jetzt, wie man das Buch angreifen muß, und wir wünschen Ihnen viel Vergnügen.
- D. Es ist wichtig, daß die Feed-back Liste sagt, wie Sie fortfahren sollen. Wichtiger aber für den Nutzen der Aufgaben ist eine Erklärung, sowohl eine Erläuterung der richtigen Lösung, als auch eine Erklärung dafür, was Sie falsch gemacht haben könnten. Alle drei Dinge sind wichtig dafür, daß die Feed-back Liste effektiv wird. Sie haben sicher jetzt verstanden, wie man mit dem Buch arbeitet. Viel Vergnügen.





DAS ATOM Fig. 1.1.

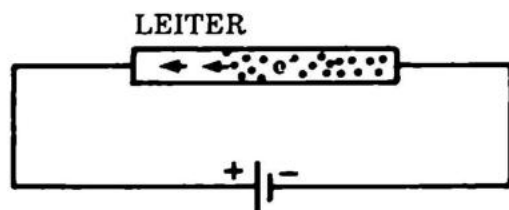
Alle Materie ist aus kleinen Teilchen aufgebaut, die man als Atome bezeichnet. Das Wort stammt aus dem Altgriechischen und steht für "unteilbar". Der griechische Philosoph Demokrit, der 4 Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung lebte, nahm an, daß man eine Materie nicht unendlich teilen könne, daß man vielmehr letztenendes kleinste Teilchen erhalten müsse, die nicht mehr teilbar sind.

Die Wissenschaftler des Mittelalters verwarfen diese Idee. Heute aber ist sie in etwas anderer Form wieder bekannt. Man betrachtet die Atome nicht mehr als harte Kugeln, die vollständig unangreifbar sind, im Gegenteil.

Die Atomkerne sind aus positiven Partikeln, den Protonen, und aus neutralen Partikeln, den Neutronen, die "zusammenkleben", aufgebaut. Außen um den Kern herum finden wir eine Wolke aus negativ geladenen Teilen, den Elektronen. Die Wolke ist ca. 10^{-10} cm im Durchmesser. Fig. 1.1 zeigt ein He-Atom (Helium) mit zwei Protonen, zwei Neutronen und zwei Elektronen.

Die Elektronen in der Elektronenwolke sitzen nicht alle gleich fest. Die Elektronenwolke um den Kern herum ist in Lagen, sogenannte Schalen, aufgeteilt. Jede Schale kann nur eine bestimmte maximale Anzahl von Elektronen enthalten. Jedes Atom ist bestrebt, seine äußerste Schale voll zu haben. Ist sie dies von Natur aus nicht, so verbindet sich das Atom mit einem oder mehreren anderen dergestalt, dass ein oder mehrere Elektronen zwei Atomkerne gemeinsam umkreisen und damit den Eindruck einer vollen äußereren Schale hervorrufen.

Eine Metallstange ist normalerweise elektrisch neutral. Metalle sind so aufgebaut, daß eines oder mehrere Elektronen eines Atoms lose sitzen. Diese können durch das Metall wandern.



Wenn wir einen Leiter an eine Spannungsquelle (Batterie oder Stromversorgung) anschliessen, so strömen die freien Elektronen des Leiters nach dem Pol, an dem ein Mangel an Elektronen herrscht, während von dem Pol an dem ein Überschuss an Elektronen vorhanden ist, diese in den Leiter strömen.

Die Elektronen gehen von der Überschuss-Elektrode (-) zur Mangel-Elektrode (+), während einer alten Festlegung zufolge der elektrische Strom als von Plus nach Minus fließend angenommen wird.

Aufgabe 1

Besteht ein Atomkern aus

Elektronen

A

Protonen

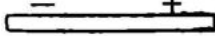
B

und/oder anderen

C

Aufgabe 2

Welchen Weg geht ein Elektron in diesem Leiter?


 nach rechts

A

nach links

B

Sehen Sie nach jeder Aufgabe in der Feed-back Liste nach.

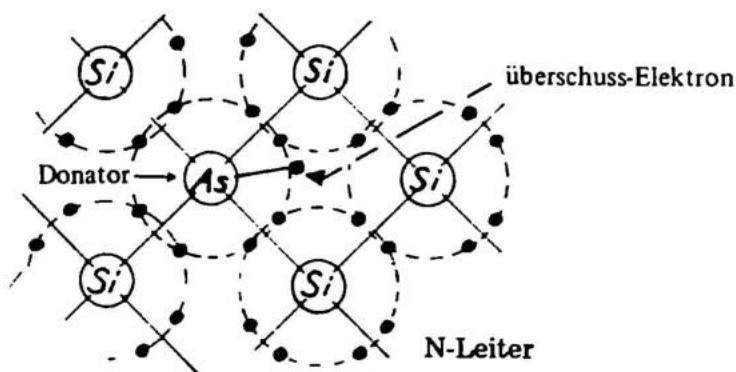
Halbleiter sind Stoffe, die sehr schlecht leiten. Das schlechte Leitniveau wird dadurch verursacht, dass im Gegensatz zu den Leitern nur sehr wenig freie Ladungsträger zum Stromtransport zur Verfügung stehen.

Nun zeigt es sich, daß, wenn wir bestimmte Stoffe in einen Halbleiter mischen, dieser besser leitet. Das wollen wir näher erklären, da es die Grundlage für die gesamte Halbleitertechnik darstellt.

Um bei der Einmischung fremder Stoffe den größtmöglichen Effekt zu erzielen, sollte das Halbleitermaterial die Form eines Einkristalles bekommen.

Wir kennen alle Kristalle in Form von Kochsalz und Edelsteinen. Metalle sind auch in Kristallform aufgebaut, aber die einzelnen Kristalle sind klein und liegen ungeordnet. Auch die Halbleiter sind von Natur aus so aufgebaut. Aus diesem polykristallinen Material lassen sich aber keine Transistoren herstellen. Dazu wird einkristallines Material benötigt.

Fig. 2.1



Ein Einkristall aus Germanium oder Silizium sieht in zwei Dimensionen so aus, wie auf der Zeichnung. Das Charakteristische für diese Kristalle ist, daß jedes Atom vier Elektronen auf der äußeren Schale hat, welche alle helfen, das Kristall zusammenzuhalten. Dies geschieht durch Elektronenbindung von jeweils zwei Elektronen.

Diese beiden Elektronen gehören sowohl zum einen, als auch zum anderen Atom, und es sind aus diesem Grund acht Elektronen um jedes Atom. Die Schale ist gefüllt, und alle Elektronen sitzen fest, so daß kein Ladungstransport stattfindet. Das Kristall leitet schlecht.

Wenn einzelne Atome mit anderen vertauscht werden, z.B. mit As- (Arsen) oder B- (Bor) Atomen, die fünf bzw. drei Elektronen auf der Schale haben, zeigt sich ein anderes Bild.

In Fig. 2.1 sehen Sie Silizium mit eingemischtem As. Es ist dabei ein Elektron im Kristall, das an kein bestimmtes Atom gebunden ist. Es ist frei und kann sich bewegen wie in einem Leiter. Einen so präparierten Halbleiter nennt man n-Material, da er einen Überschuss an Elektronen, also negativen Ladungsträgern enthält.

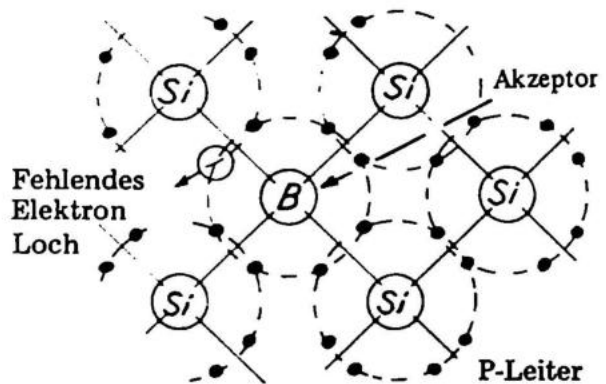


Fig. 2.2

Fig. 2.2 zeigt ein Stück Si, in das Bor gemischt wurde. Da Bor nur 3 Elektronen auf der äusseren Schale hat, fehlt jetzt im Kristallverband ein Elektron, es ist also ein "Loch" im Gefüge. Dieses Loch verhält sich wie ein positiver Ladungsträger. Ein solches Loch kann im Halbleiter ebenso wandern wie ein freies Elektron und zwar dadurch, dass ein benachbartes Elektron in dieses Loch springt und dabei an seinem bisherigen Platz ein Loch zurücklässt.

Einen so präparierten Halbleiter nennt man p-Material, da es einen Überschuss an Löchern, also positiver Ladungsträgern enthält.

Aufgabe 1

Warum leitet reines Silizium schlecht, dotiertes Silizium aber gut?

Weil alle Elektronen in reinem Silizium fest verbunden sind, während Beimengungen lose Elektronen und Löcher schaffen.

A

Weil Beimengungen wandern und somit Elektrizität leiten können

B

Aufgabe 2.

Weshalb können Elektronen nicht für längere Zeit frei im P-Material existieren?

Weil sie von N-Material angezogen werden

A

Weil sie in ein Loch fallen

B

Weil einfach kein Platz für sie da ist

C

Bei der Elektrizitätsherstellung trennen wir Elektronen aus Atomen heraus und sammeln sie irgendwo, so daß sie nicht zurücklaufen. Wir können sie mit Hilfe von Leitern hinführen, wo wir wollen, und auf beliebige Art verwenden. Das ist die Grundlage für alle Apparate, die mit Elektrizität arbeiten. Die Trennung kann mit Batterien, Stromversorgungen, Sonnenzellen usw. geschehen.

STROM

Strom bedeutet, daß Elektronen von einer Stelle zu einer anderen laufen. Die Größe des Stromes ist abhängig von der Anzahl der Elektronen pro Sekunde. Der Strom wird in Ampere gemessen. Bei einem Strom von 1 Amp. laufen 6×10^{18} Elektronen in jeder Sekunde durch die Leitung.

SPANNUNG

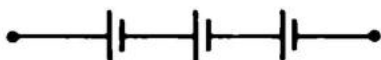
Die Spannung, die in Volt gemessen wird, ist ein Maß für Über- und Unterschuß von Elektronen, also eine Art Elektronendruck. Wenn wir in einem Behälter Luft zusammendrücken, strömt diese durch eventuelle Löcher heraus, solange, bis innerhalb und außerhalb des Behälters der Druck gleich groß ist. Ähnlich geht es mit den Elektronen, die sich an den Polen einer Batterie sammeln.

BATTERIE

Wenn wir Batterien mit einer Leitung verbinden, geht ein Strom von der größeren Elektronenanzahl zur kleineren, auch wenn die Spannung z.B. von +6 auf +3 Volt abfällt. Denken Sie daran, daß ein Strom, mit dem wir normalerweise rechnen, von + nach - fließt. Entgegengesetzt den Elektronen, die von - nach + gehen.

SERIENSCHALTUNG

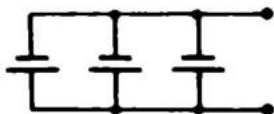
Setzt man Batterien in Serie zusammen, so daß der positive Pol der einen Batterie am negativen der anderen liegt, ist die gesamte Spannung gleich der Summe der Spannungen jeder einzelnen Batterie. Das kennen wir von Taschenlampen und Transistorradios, wo mehrere Elemente in Serie zusammengesetzt werden, um die richtige Spannung für die Birne bzw. für das Radio zu erhalten.



(3 Batterien in Serie geschaltet) Fig. 3.1

PARALLELSCHALTUNG

Auf untenstehender Zeichnung sehen Sie eine Parallelschaltung von Elementen. Wir können mehr Strom erhalten. In diesem Fall erzielen wir dreimal soviel Strom bei gleichbleibender Spannung.



(Parallelschaltung von 3 Batterien) Fig. 3.2

Aufgabe 1

Wenn ein Strom von 6×10^{19} Elektronen pro Sekunde in einer Leitung fließt, wie groß ist der Strom dann?

(Sehen Sie evtl. unter T1 Potenzen nach).

1 Ampere

A

6 Ampere

B

10 Ampere

C

Aufgabe 2

Wie groß ist ein Strom (in mA), der für 6×10^{15} Elektronen pro Sekunde steht?
(Sehen Sie evtl. unter T1 nach).

- 0,6 mA A
1,0 mA B
60,0 mA C

Aufgabe 3

Welchen Weg nehmen die Elektronen auf dieser Zeichnung?

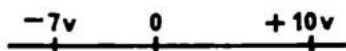


Fig. 3.3

- Nach 0 A
Von -7 nach +10 B
Weg von 0 C
Von +10 nach -7 D

Aufgabe 4

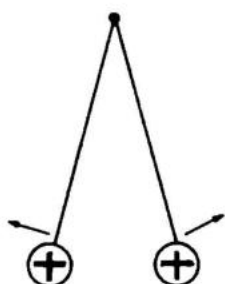
Drei Batterien, jede von 450 Volt, werden in Serie verbunden. Wie groß ist die gesamte Spannung in KV? (s. evtl. T1).

- 1,35 kV A
4,50 kV B
0,135 kV C
0,45 kV D

Aufgabe 5

Wieviel mA kann man von zwei parallel geschalteten Batterien von je 0,1 A entnehmen, die wiederum mit einer Batterie von 2 A parallel verbunden sind? — Die Batterien haben die gleiche Spannung. (s. evtl. T1).

- 2.100 mA A
1.200 mA B
2.200 mA C
12.000 mA D



Hollundermark

Fig. 4.1
(Die Kugeln stoßen einander ab.)



Fig. 4.2
(Die Kugeln ziehen einander an.)

KONDENSATOREN

Bei einem sehr alten Versuch mit der Elektrizität sind zwei Hollundermarkkugeln isoliert aufgehängt. Wenn beide Kugeln mit der gleichen Elektrizität aufgeladen sind, stoßen sie einander ab. Wenn man verschiedenartige Elektrizität zuführt, ziehen sie sich an.

Ein Kondensator besteht aus zwei Metallplatten, getrennt durch ein isolierendes Material, das Dielektrikum. Wenn wir an der einen eine negative Ladung anbringen und der anderen eine entsprechende negative Ladung entnehmen, sind die Platten des Kondensators verschieden aufgeladen. Die zwei Ladungen ziehen sich genauso an wie Hollundermarkkugeln. Sie verharren in dieser Position solange, bis die Platten durch eine Leitung verbunden werden und sich die Ladungen wieder ausgleichen.

Wenn wir einem Kondensator eine Ladung (Strom) über ein Amperemeter zuführen, werden wir sehen, daß ein kurzer Strom fließt, bis der Kondensator aufgeladen ist. Auf die Bedeutung dieser Eigenschaft werden wir im Kapitel über Wechselstrom noch eingehen.

Wir können hier einen Versuch mit einer Lampe, einem Kondensator und einem Umschalter machen. Wenn wir die Anordnung anschließen, leuchtet die Lampe auf und geht kurze Zeit später wieder aus, weil der Kondensator dann aufgeladen ist. Wenn wir den Umschalter jetzt entsprechend drehen, entlädt sich der Kondensator über die Lampe, und diese leuchtet wieder einen Moment lang auf. Es geht also ein Strom zum oder vom Kondensator, aber niemals hindurch.

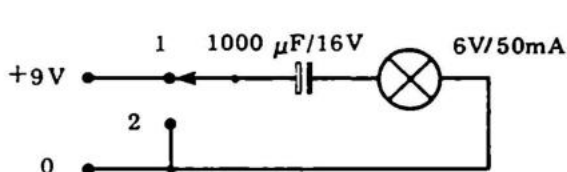


Fig. 4.3

Die Größe des Kondensators wird in Farad gemessen und gibt an, wie groß die Ladung ist, die er aufnehmen (akkumulieren) kann.

Die Kapazität ist abhängig von:

1. Plattengröße
2. Plattenabstand
3. Isoliermaterial

Große Platte	= große Kapazität
Großer Abstand	= kleine Kapazität
Geeignetes Material	= große Kapazität

Aufgabe 1

Hat ein frei aufgehängter Schlüssel eine Kapazität in der Größenordnung

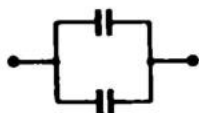
- | | |
|---------|----------------------------|
| Groß? | A <input type="checkbox"/> |
| Klein? | B <input type="checkbox"/> |
| Mittel? | C <input type="checkbox"/> |

Kondensatoren können in Serie oder parallel geschaltet werden.

1. Bei einer Parallelschaltung kann man zwei gleiche Kondensatoren mit einem vergleichen, dessen Platten doppelt so groß sind. Nach folgender Gleichung kann man Parallelschaltungen ausrechnen:

$$C_x = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Fig. 5.1



2. Bei Serienschaltungen kann man zwei gleiche Kondensatoren mit einem vergleichen, der den doppelten Plattenabstand und somit die halbe Kapazität hat. Folgende Gleichung gilt für Serienschaltungen:

$$\frac{1}{C_x} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots$$

Fig. 5.2



Bei Problemen mit Brüchen und Potenzen lesen Sie bitte in T1 nach.

Aufgabe 1

Zwei Kondensatoren von je $0,5 \mu\text{F}$ werden parallel geschaltet.

Wie groß ist die resultierende Kapazität?

- 1,00 μF A
0,25 μF B
50,0 μF C

Aufgabe 2

Die kleinste Kondensatorgröße, die Sie zur Hand haben, ist 1 nF. Wie können Sie durch Zusammensetzen mehrerer 1 nF Kondensatoren 333 pF bekommen?

- Indem man 2 Stück parallel verbindet A
Indem man 3 Stück in Serie verbindet B
Indem man 2 parallel verbundene mit einem in Serie koppelt C

Aufgabe 3

Welche Kapazität erzielen wir durch zwei parallelgeschaltete Kondensatoren, die braun, schwarz, orange gekennzeichnet sind?

- 50 nF A
2 nF B
20 nF C
5 nF D

Aufgabe 4

Drei Kondensatoren, die alle braun, grün, rot gekennzeichnet sind, werden in Serie geschaltet. Wie groß ist die Kapazität?

- 1,5 nF A
500 pF B
1 nF C
4,5 nF D

Allgemein sind folgende Kondensator Typen erhältlich:

Polyesterkondensatoren
Keramische Kondensatoren
Ölkondensatoren
Trimmkondensatoren
Drehkondensatoren
Elektrolytkondensatoren
Tantalkondensatoren
Kapazitätsdioden (besprochen unter Dioden)

Als veraltete Typen können vielleicht noch Papierkondensatoren und Glimmerkondensatoren genannt werden.

POLYESTERKONDENSATOREN bestehen aus zwei dünnen Lagen Polyester und aus zwei Lagen Stanniol. Die Polyesterfolie isoliert die beiden Metallfolien gegeneinander. In Hinsicht auf die mechanische Größe ist das Metall oft auf das Polyester aufgedampft. Der Kondensator ist eingegossen und mit einem Farbcode versehen. Der Wert liegt zwischen 10 nF und 2 μ F.



DER KERAMISCHE KONDENSATOR (PIN-UP) besteht aus einem keramischen, isolierenden Rohr, das mit einer Silberschicht auf der Innen- und Außenseite versehen ist. Die Zuleitungen sind herausgeführt, und das Ganze ist in isolierendem Polyesterzement eingegossen und gekennzeichnet. Der Wert beträgt 1 pF bis 10 nF.



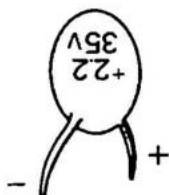
ÖLKONDENSATOREN werden bei Hochspannungskonstruktionen benutzt, da Öl (und Papier) gut isoliert.

TRIMMKONDENSATOREN UND DREHKONDENSATOREN sind ausgeführt als zwei voneinander isolierte Plattensätze. Der Isolator ist Luft. Die Kapazität liegt zwischen 1 und 1.000 pF.



ELEKTROLYTKONDENSATOREN sind die gebräuchlichsten Kondensatoren zum Erzielen der größten Kapazität. Normal zwischen 10 μF und 10 mF. Die Kapazität wird durch chemische Umformung erreicht. Der Elektrolytkondensator ist polarisiert, deshalb muß er richtig herum eingesetzt werden.

Versuchen Sie, als effektvolle Demonstration für Fehlanschluß, Wechselstrom durch einen Elektrolytkondensator (auch genannt Elko) von $100\mu\text{F}/35\text{ V}$ zu leiten. Benutzen Sie einen Sicherheitsschirm, der Kondensator geht bestimmt in die Luft! Die Stromversorgung sollte 30 Volt Wechselstrom und ca. 3 Ampere abgeben und muß kurzschlußsicher sein.



DER TANTALKONDENSATOR ist ein verhältnismäßig neuer Kondensatortyp, mit dem man größtmäßig eine bessere Kapazität erreichen kann als sehr geringen Verlust, was ihn speziell für Zeitschalter o.ä. geeignet sehr geringen Verlust, was ihn speziell für Timer o.ä. geeignet macht, wo die Aufladungszeit über längere Zeit konstant bleiben muß. Sie sind wie Elektrolytkondensatoren polarisiert und müssen richtig angeschlossen werden.

Aufgabe 1

In welcher Einheit werden Kondensatortypen gemessen?

- | | |
|--------|----------------------------|
| Volt | A <input type="checkbox"/> |
| m | B <input type="checkbox"/> |
| Farad | C <input type="checkbox"/> |
| Ampere | D <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 2

Ein Papierkondensator von 30.000 pF und ein Glimmerkondensator von 2 nF werden parallelgeschaltet. Wie groß ist die gemeinsame Kapazität?

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| 0,032 μF | A <input type="checkbox"/> |
| 16.000 pF | B <input type="checkbox"/> |
| 1,9 nF | C <input type="checkbox"/> |
| 23,0 nF | D <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 4

Finden sie den Farbcode für folgende Kondensatoren:

3,3	nF,
270,0	pF,
47,0	pF,
10,0	pF,
8,2	nF,
3,9	nF,
390,0	pF,

Lesen Sie den Abschnitt über Farbcodes, T2, durch. Lernen Sie ihn und finden Sie die Kennzeichnung obenstehender Kondensatoren ohne Gebrauch von T2. Führen Sie die Anzahl der Richtigen nach Kontrolle in T2 unter A, B oder C an.

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 0 – 3 Richtige | A <input type="checkbox"/> |
| 4 – 5 Richtige | B <input type="checkbox"/> |
| 6 – 7 Richtige | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 5

Weshalb braucht man Ölkondensatoren nie in elektronischen Konstruktionen?

- | | |
|--|----------------------------|
| Weil sie zu teuer sind | A <input type="checkbox"/> |
| Weil sie zu groß sind | B <input type="checkbox"/> |
| Weil sie keine Spannung dulden | C <input type="checkbox"/> |
| Weil der ganze Apparat in Öl getaucht werden muß | D <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 6

Ein Trimmkondensator mit einer Kapazität von 3 – 30 pF wird einem braun, rot, braun gekennzeichneten Kondensator parallel geschaltet. Welche Kapazitäten können erreicht werden?

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 2,8 – 23 pF | A <input type="checkbox"/> |
| 213,0 – 240 pF | B <input type="checkbox"/> |
| 123,0 – 150 pF | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 7

Auf welchem Bild ist der Kondensator richtig gedreht?

- | | | |
|----------|----------|----------------------------|
| A | B | A <input type="checkbox"/> |
| — — + | + — — | B <input type="checkbox"/> |

Der dänische Wissenschaftler H.C. Ørsted entdeckte 1820, daß man mit Hilfe eines elektrischen Stromes einen Magnet erzeugen kann. Später entdeckte man, daß mit Hilfe eines Magneten auch Strom erzeugt werden kann, wenn man eine Spule hat und der Magnet sich im Verhältnis zu dieser bewegt. Das nennt man, einen Strom induzieren. Alle kräftigen Stromgeber, Dynamos, wirken durch Induktion.



Fig. 7.1

Wenn das Magnetfeld in einer Spule variiert, wird in ihr eine Spannung induziert. Das geschieht auch, wenn es der Strom in der Spule selbst ist, der das Magnetfeld bildet. Wenn wir einen Strom durch eine Spule senden, induziert das erzeugte Magnetfeld in der Spule eine andere, entgegengesetzte Spannung. Der Strom wächst nicht sofort an, wie wir es gewöhnt sind, wenn wir einen Kontakt schließen.

Vermindert man den Strom wieder (z.B. indem man einen Widerstand oder Transistor regelt), induziert diese erneute Veränderung des Magnetfeldes eine Spannung, die dafür sorgt, daß der Strom weiter fließt.

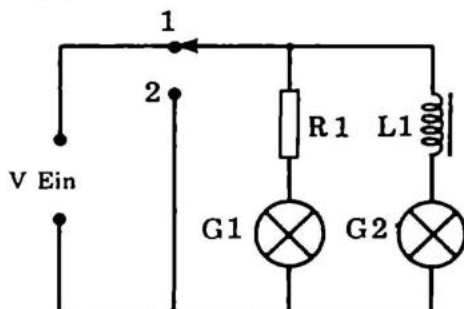


Fig. 7.2

Obenstehende Anordnung demonstriert dieses. Lampe 2 leuchtet etwas später als Lampe 1, wenn wir den Kontakt schließen. Sie leuchtet aber etwas länger, wenn man abschaltet, indem man den Umschalter in Stellung 2 bringt. Letzteres ist doch schwieriger zu sehen als die Verzögerung beim Einschalten. Die Widerstände sind eingebaut, teilweise um die beiden Lampen gleich kräftig leuchten zu lassen, teilweise um den Strom zu begrenzen.

SPULEN

Eine Spule besteht aus einigen Windungen eines elektrischen Leiters, die um irgendeinen Körper gewickelt sind. Der Aufbau einer Spule kann sehr unterschiedlich sein, von einer einzigen Windung um einen Bleistift an, bis zu großen Eisenkolossen von der Größe eines Schreibtisches mit Tausenden von Windungen. Die Schaltplanbeispiele beleuchten die Wahl des Spulentyps näher.

Die elektrische Größe einer Spule, ihre Induktivität, wird in "Henry" gemessen. Meist stößt man auf μH und nH Größen, da Henry für sich eine ziemlich große Einheit ist.

Eine Spule sperrt für hohe Frequenzen.

Den Widerstand der Spule für Wechselstrom nennt man Z_L = Wechselstromimpedanz. Diese Impedanz rechnet man folgendermaßen aus.

$$Z_L = \omega \times L = 2 \times \pi \times f \times L$$

f ist die Frequenz des Wechselstromes in Hertz

ω ist die Winkelfrequenz, die 2π (3,14) $\times f$ ist.

L ist die Größe der Spule in Henry.

Seien Sie vorsichtig, ein Transformator hat oft eine ganz beträchtliche Selbstinduktion.

Aufgabe 1

Ergibt sich Elektrizität, wenn ein Magnet in einer Spule steht?

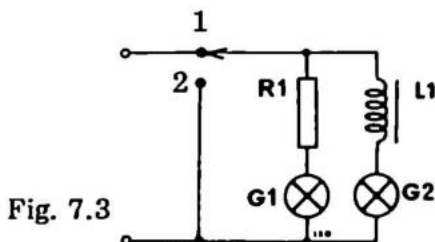
- ja A
nein B

Aufgabe 2

In der Aufstellung auf untenstehender Zeichnung leuchtet Lampe 2 noch, nachdem der Kontakt in Stellung 2 umgeschaltet wurde.

Weshalb geht sie wieder aus?

- weil sie kaputt ist A
weil sie nur leuchtet, wenn ein Magnetfeld in der Spule ist B
weil sie nur leuchtet, wenn der Strom sich verändert C
weil die Spule nicht groß genug ist D



Aufgabe 3

Was für einen Wechselstromwiderstand hat eine Spule, wenn die Induktivität 1 μH und die Frequenz 1.000 Hz beträgt.

- 6,28 MOhm A
6,28 KOHM B

Aufgabe 4

Wie groß ist die Impedanz der gleichen Spule für eine Frequenz von 1.000.000 Hz = 1 MHz

- 6,28 Ohm A
6,28 MOhm B

G8 WIDERSTÄNDE – DAS OHMSCHE GESETZ

Widerstände sind "Elektronenbremsen", die in einen Kreislauf eingesetzt werden, um den Strom zu begrenzen.

Wenn die Spannung über einem Widerstand groß ist, treibt sie viele Elektronen – einen großen Strom – durch den Widerstand.

Umgekehrt kann eine kleine Spannung nur einen kleinen Strom durch einen großen Widerstand treiben.

Diese physischen Gesetzmäßigkeiten sind im Ohmschen Gesetz ausgedrückt:

$$U = R \times I$$

wobei U = Spannung,
 R = Widerstand,
 I = Strom ist.

Die Einheit für den Widerstand ist Ohm (Ω).

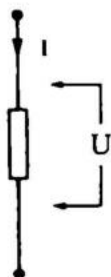


Fig. 8.1

Das Ohmsche Gesetz braucht man, um eine Größe I , U oder R auszurechnen, wenn die anderen beiden bekannt sind. Die angegebene Form kann man umwandeln in:

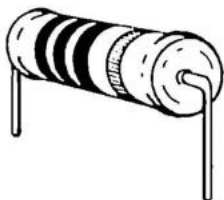
$$R = \frac{U}{I} \quad \text{oder:} \quad I = \frac{U}{R}$$

Die beiden letzten Formen des Ohmschen Gesetzes sind abgeleitet durch gewöhnliche Umstellung der Grundgleichung. Das Verständnis des Ohmschen Gesetzes ist die Grundlage für den weiteren Durchgang dieses Buches.

WIDERSTANDSTYPEN

Dieser kleine Unterabschnitt behandelt Widerstände in allen möglichen Variationen.

Früher waren alle Widerstände aus Konstantandraht gewickelt. Heute werden meist Kohlewiderstände benutzt, weil die Herstellungstechniken für die Kohlschichten sehr verbessert worden sind.



Gewöhnliche KOHLEWIDERSTÄNDE findet man in Standardgrößen von 1/8 bis 1 Watt. Da die Kohleschicht keine starke Wärme verträgt, muß man bei Leistungen über 1W immer noch drahtgewickelte Widerstände benutzen. Solche Widerstände sind oft in Glas eingeschmolzen.

Diese gewöhnlich benutzten Widerstände haben normalerweise eine gute Genauigkeit bei allen physischen Einwirkungen. Spezielle Widerstandstypen zeigen eine Widerstandsabhängigkeit, welche für einen Standardwiderstand ungewünscht ist.



Solche Spezialeigenschaften zeigt z.B. ein NTC-WIDERSTAND. Das ist ein Widerstand, dessen Ohmscher Wert fällt, wenn die Temperatur steigt. NTC steht für: Negativer Temperatur (C) Koeffizient. Diese Widerstände werden für Regulierungs- und Meßzwecke benutzt. Unter T3 finden Sie das Zeichen für diese Widerstandsart.

Man kann auch einen PTC-WIDERSTAND bekommen. Das ist das Entgegengesetzte von einem NTC-Widerstand. Bei steigender Temperatur steigt der Widerstand.

PTC = Positiver Temperatur-Koeffizient

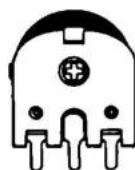
Ein anderer Spezialwiderstand ist der VDR-Widerstand. VDR steht für Voltage Dependent Resistor, oder für spannungsabhängiger Widerstand. Das ist ein Widerstand, dessen Ohmscher Wert fällt, wenn die Spannung einen bestimmten Wert übersteigt. Ein VDR-Widerstand kann als Sicherung von Serientransistoren, z.B. in Transistorzündanlagen benutzt werden.

LDR-WIDERSTÄNDE sind aus Germanium hergestellt. LDR steht für Light Dependent Resistor, lichtabhängiger Widerstand. Je größer die Beleuchtung ist, desto kleiner ist der Widerstand. LDR-Widerstände werden zur Lichtmessung, z.B. in Verbindung mit dem fertigen Bausatz AT30 von Josty Kit, verwendet.

Man darf LDR-Widerstände nicht mit Solarzellen verwechseln. Solarzellen geben eine Spannung ab, während LDR-Widerstände den Widerstand variieren.

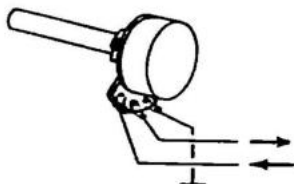
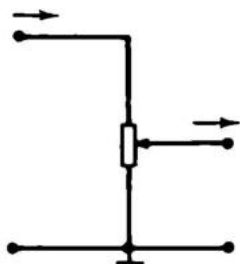


Sowohl POTENTIOMETER als auch TRIMMPOTENTIOMETER sind variable Widerstände. Die Widerstandsvariation erfolgt durch Schiebe- oder Drehknöpfe. Ein Potentiometer ist in Wirklichkeit ein Spannungsteiler, bei dem man das Verhältnis zwischen zwei Widerständen verändern kann.



Man führt die Signalspannung über die beiden äußeren Anschlüsse und legt den einen an Masse. Die Ausgangsspannung entnimmt man zwischen Schleifer und Masse. Die Signalleitung ist selbstverständlich am Schleifer angeschlossen.

Fig. 8.2



Aufgabe 1.

Wir haben einen Widerstand von 10 Ohm und wollen einen Strom von 0,1 Amp hindurchschicken. Wie groß muß die Spannung sein?

- 0,1 V A
1,0 V B
100,0 V C

Aufgabe 2

Wie groß ist der Strom in einem Widerstand, wenn dieser 0,1 Ohm ist und die Spannung über ihm 10 V?

- 1,0 A A
0,1 A B
100,0 A C

Aufgabe 3

Welche Spannung kommt aus einem Grammophon-Tonabnehmer, wenn er 10 μ A durch einen Widerstand von 47 kOhm schickt?

- 0,044 V A
470,0 mV B
210,0 mV C

Aufgabe 4

Wir wünschen einen Spannungsfall von 1,2 V über einem Widerstand, durch den ein Strom von 1 mA geht. Wie groß muß der Widerstand sein?

- 1,2 kOhm A
820,0 Ohm B
120,0 Ohm C
8,2 Ohm D

Aufgabe 5

Widerstände aus Draht sind angewandt, weil es sich um einen alten Apparat handelt, oder weil Drahtwiderstände mehr Wärme vertragen?

- Altes Modell A
Mehr Wärme B

Aufgabe 6

Was kann man mit einem LDR-Widerstand messen?

- Druck A
Temperatur B
Lichtmenge C

WIDERSTANDSZUSAMMENSCHALTUNG

Widerstände kann man in Serie oder parallel koppeln. Bei Serienkopplung gibt jeder Widerstand seinen Beitrag zum Gesamtwiderstand. Der Widerstand in einer Serienschaltung wird folgendermaßen ausgerechnet:

$$R_x = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

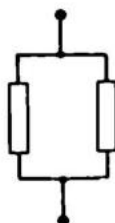
Fig. 9.1
(Serienschaltung)



Das Rechenschema für eine Parallelschaltung sieht so aus:

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

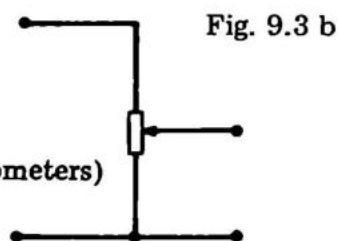
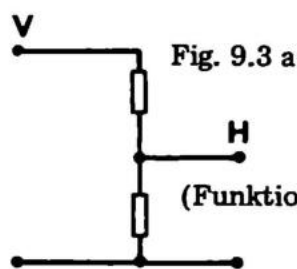
Fig. 9.2
(Parallelschaltung)



Das versteht man am besten, wenn man sich klar macht, daß bei einer Parallelschaltung jeder der Widerstände den Elektronenstrom für sich leitet. Es kommen durch eine Parallelschaltung auf jeden Fall mehr Elektronen, als durch einen einzigen Widerstand. Der Gesamtwiderstand ist also immer kleiner als der kleinste Widerstand der Reihe.

Was wir zusammenlegen, ist das Gegenteil von Widerstand, nämlich der Leitwert.

$$G = \frac{1}{R}$$



(Funktion des Potentiometers)

SPANNUNGSTEILER

Wir müssen oft eine Spannung in einem bestimmten Verhältnis herabsetzen. Dazu kann man einen Spannungsteiler benutzen. Ein Spannungsteiler ist in Wirklichkeit eine Serienschaltung zweier Widerstände. Über diesen beiden Widerständen schließt man eine Spannung an. Den einen Pol der Spannungsquelle nennt man Null. Er ist meistens mit dem Chassis verbunden. Wenn der Minuspol mit Null verbunden ist, sagt man in der praktischen Sprechweise Null und Plus. (evtl. umgekehrt, Null und Minus).

Wenn wir den gemeinsamen Leiter für den Spannungsteiler mit dem Chassis oder der Masse verbinden, ist die Spannung Null. Wir schließen jetzt oben am Spannungsteiler eine positive Spannung an. Auf dem Weg von Plus durch die beiden Widerstände fällt die Spannung also stufenweise von Plus nach Null.

Wenn die beiden Widerstände gleich groß sind, sind auch die beiden Spannungen, die über den beiden Widerständen stehen, gleich gross. Die Spannung von Null zu dem Punkt, an dem die Widerstände zusammentreffen, beträgt somit die Hälfte der Gesamtspannung.

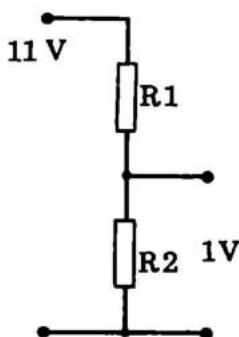


Fig. 9.4

Da ein großer Widerstand eine kräftige "Elektronenbremse" ist, fällt der größte Teil einer Spannung über diesem ab. Das bedeutet, daß die Spannung proportional dem Widerstandswert ist. Man braucht also nicht das Ohmsche Gesetz, sondern kann sich mit der Proportionalrechnung begnügen. Lassen Sie mich ein kleines Beispiel anführen.

Wir wollen von einer Spannung von 11 Volt eine Teils-
pannung von 1 Volt abgreifen.

Das bedeutet in der Praxis, daß $\frac{10}{11}$ des gesamten Widerstandwertes in R_1 liegen müssen. Wir können dann z.B. einen Widerstand von 10 kOhm als R_1 und einen von 1 kOhm als R_2 nehmen. Zusammen ergeben diese Widerstände 11 kOhm, und $\frac{10}{11}$ liegen in R_1 und $\frac{1}{11}$ in R_2 . Die Spannung ist geteilt durch 10.

Glauben Sie jedoch nicht, daß Obengenanntes für größere Ströme, wie für Lampen, Radios oder Tonbandgeräte angewandt werden kann. Man kann einem Spannungsteiler nur kleine Ströme entnehmen. Die Ausgangsspannung sollte ungefähr dem Ausgerechneten entsprechen. Eine Daumenregel sagt nämlich, daß der Strom im Spannungsteiler (Querstrom) 10mal so groß wie der Verbrauchstrom sein sollte. So bleibt die Abweichung auf "nur" 10% begrenzt.

Weshalb eigentlich? Sehen Sie sich Fig. 9.5 an! Hier ist am Ausgang von 1 Volt eine Verbrauchsquelle von 1 mA bei 1 Volt angeschlossen.

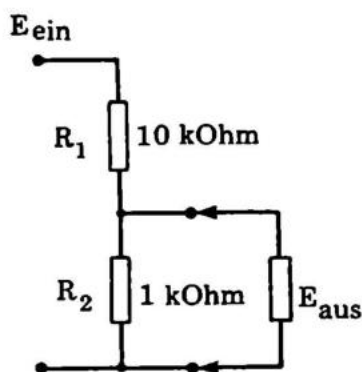


Fig. 9.5

Das entspricht nach dem Ohmschen Gesetz 1 kOhm' R_2 jedoch ist auch 1 kOhm. Wir erhalten eine Parallelschaltung

1 kOhm/1kOhm, was 500 Ohm ergibt. Infolge des neuen Verhältnisses von 10 kOhm zu 500 Ohm beträgt die Spannung nur noch 1/2 Volt (50% Abweichung). Man muß einen Spannungsteiler also überlegt anwenden!

Berechnungsmäßig ist die Verhältnisrechnung so:

$$\frac{E_{\text{ein}}}{E_{\text{aus}}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad \text{was, wenn das Verhältnis größer als 10 ist,}$$

$$\frac{E_{\text{ein}}}{E_{\text{aus}}} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{entspricht.}$$

Spannungsteiler mit Zenerdioden können auch für große Ströme benutzt werden. Lesen Sie diesbezüglich die Abschnitte G12 NETZTEILE und den letzten Teil von G17.

Aufgabe 1

Zwei Widerstände, der eine von 5,6 kOhm, der andere von 12 kOhm, werden in Serie geschaltet. Wie groß ist der Gesamtwiderstand?

3,9 kOhm

A

17,6 kOhm

B

Aufgabe 2

Zwei Widerstände von 100 Ohm werden parallel geschaltete. Wie groß ist der Gesamtwiderstand

50 Ohm

A

200 Ohm

B

Aufgabe 3

Wie groß ist der Strom durch zwei parallel geschaltete Widerstände von je 22 kOhm, wenn die Spannung über ihnen 10V beträgt?

2,2 A

A

0,9 mA

B

0,009 A

C

Aufgabe 4

Zwei Widerstände von 1 kOhm und 1,5 kOhm werden parallel geschaltet und an eine Spannungsquelle von 4,5 V angeschlossen. Wie groß ist der Strom?

- | | |
|--------|----------------------------|
| 18 mA | A <input type="checkbox"/> |
| 1,8 mA | B <input type="checkbox"/> |
| 6,8mA | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 5

Die Versorgungsspannung ist 7,5 V, und wir brauchen 3 V mit der Möglichkeit, 10 uA entnehmen zu können. Wie groß müssen die Widerstände sein?

- | R1 | R2 | |
|----------|----------|----------------------------|
| 47 kOhm | 33 kOhm | A <input type="checkbox"/> |
| 470 kOhm | 330 kOhm | B <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 6

Das Verhältnis zwischen R1 und R2 in einem Spannungsteiler ist 1 : 4. Die Eingangsspannung ist 10 V. Welche Spannung kommt heraus?

- | | |
|-------|----------------------------|
| 2,0 V | A <input type="checkbox"/> |
| 2,5 V | B <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 7

Wir wollen eine Spannung im Verhältnis 1 : 10 teilen. Wir kennen die Spannung nicht, wissen aber, daß der Eingangswiderstand der nächsten Stufe 50 kOhm ist. Wie groß müssen die Widerstände sein?

- | R1 | R2 | |
|----------|----------|----------------------------|
| 470 kOhm | 47 kOhm | A <input type="checkbox"/> |
| 47 kOhm | 4,7 kOhm | B <input type="checkbox"/> |
| 47 kOhm | 5,0 kOhm | C <input type="checkbox"/> |

Werden Elektronen in einem Widerstand gebremst, so entsteht Wärme (Reibungswärme), wie wenn man die Bremsen in einem Auto betätigt. Eine solche Wärme kann man in Watt (W) ausdrücken.

Die Formel lautet: $N = U \times I$

Daraus folgt, daß wir Wärme erhalten, wenn viele Elektronen unter großem Druck einen Widerstand passieren ($U \times I$).

Wenn man einer elektronischen Komponente eine größere Leistung zuführt als die, für die sie ausgelegt ist, "brennt sie durch".

Sie sehen, daß die Formel für die Leistung die Bezeichnungen U und I enthält, die auch im Ohmschen Gesetz enthalten sind. Wir können diese Formeln deshalb kombinieren. Man kann z.B. das Ohmsche Gesetz in dieser Form: $I = U/R$, in die Leistungsformel $N = U \times I$ einsetzen:

$$N = U \times \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

Man kann also die Wärmeleistung errechnen, wenn man den Widerstand und die Spannung über ihm kennt. Eine Sache, die man gut zur Leistungsberechnung von Ausgangsverstärkern gebrauchen kann. Hier mißt man die Spannung über einem 2,3 Ohm Widerstand und berechnet die Leistung nach obenstehender Formel.

Man kann insgesamt 12 Ausdrücke durch Kombination der Leistungsformel und des Ohmschen Gesetzes ausrechnen.

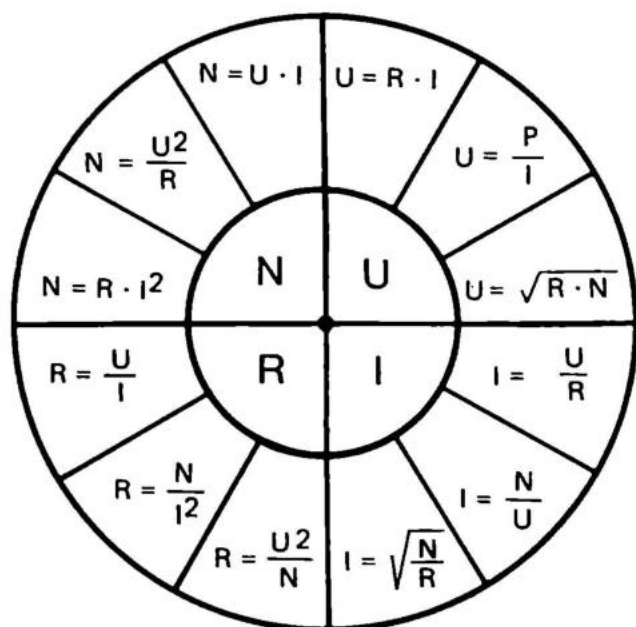


Fig. 10.1

In der Mitte dieses Schemas steht die Größe, die Sie bestimmen wollen, und daneben finden Sie drei verschiedene Formeln dafür. Insgesamt haben Sie also zwölf Formeln, um U, I, R und N auszurechnen.

Aufgabe 1

Wir wollen eine Leistung messen, die ein Verstärker abgibt. Wir können nicht direkt über einen Lautsprecher messen, weil sich dessen Impedanz ständig verändert. An dessen Stelle benutzen wir einen 3,3 Ohm Widerstand. Über diesen Widerstand kann unser Verstärker eine Spannung von 15 Volt abgeben, ohne daß eine Verzerrung auftritt. Wir benutzen folgende Formel:

$$N = \frac{U^2}{R}$$

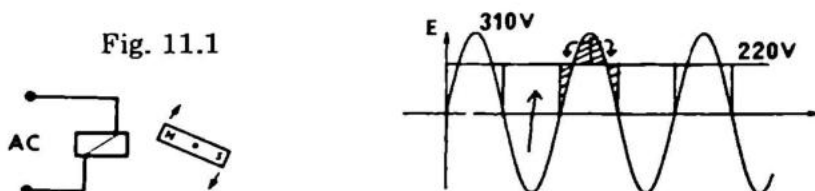
Wie groß ist die Leistung?

- 7 Watt
- 70 Watt
- 10 Watt

- A
- B
- C

Einen Strom, der zwischen positiven und negativen Werten schwankt, nennt man Wechselstrom. Alle anderen Stromformen, auch pulsierende, nennt man Gleichstrom.

Wechselstrom wird im Elektrizitätswerk mit Hilfe großer Dynamos hergestellt. Man kann aber auch durch elektronische Umpolung Wechselstrom (AC = Alternating Current) aus Gleichstrom (DC = Direct Current) herstellen. (AC = DC Konverter).



Die sinusförmige Netzspannung variiert zwischen + 310 Volt und -310 Volt. Die Wechselspannung ist in effektiven Werten angegeben. Das ist die Größe, die die gleiche Arbeit leisten kann wie eine gleichgroße Gleichspannung. Das kann man sich klarmachen, wenn man sich obenstehendes Diagramm ansieht. Die Spitzen können die Täler ausfüllen, und ergeben damit ein Niveau, das einer Gleichspannung von 220 Volt entspricht.

Für eine sinusförmige Wechselspannung gilt, daß der Spitzenwert ca. $1,4 \times$ dem Effektivwert ($\sqrt{2} \times$), was für die Berechnung von Stromversorgungen wesentlich ist. In Stromversorgungen laden sich die Ladekondensatoren bis zum Spitzenwert auf. Aus diesem Grund kommt aus einem unstabilierten Gleichrichterteil mehr Gleichspannung heraus, als man Wechselspannung hineingibt. Wechselstrom verhält sich wie Gleichstrom, wenn er in Verbindung mit gewöhnlichen Widerständen benutzt wird. Wenn man in einem Kreislauf Kondensatoren und Spulen benutzt, gelten bestimmte Regeln. Sie werden in G12 besprochen.

Die Anzahl der Schwingungen je Sekunde der Wechselspannung von Plus nach Minus nennt man die Frequenz. Die Frequenz in dem Lichtnetz der meisten europäischen Länder ist 50 Hz. Diese 50 Hz sind über lange Zeit so genau, daß man damit Uhren, Plattenspieler usw. betreiben kann.

Hz bedeutet Hertz und ist eine Einheit, die die Anzahl der Schwingungen je Sekunde angibt.

Es ist gleichgültig, ob die Schwingungen akustische, elektrische oder mechanische sind. In der Elektronik werden Frequenzen von fast 0 Hz bis in den Giga – Hz Bereich (1.000.000.000 Hz) benutzt.

Dieses "Frequenzband" verteilt sich folgendermaßen:

Hörbarer Bereich	16–20.000 Hz
Ultraschall	20 kHz – 60 kHz
Langwelle	↓ 150 kHz – 350 kHz
Mittelwelle	500 kHz – 2000 kHz
Kurzwelle	2 M Hz – 50 M Hz
TV Kanal 2–4 (VHF)	50 M Hz – 70 M Hz
UKW	86.5 MHz – 108 MHz
TV Kanal 5–12 (VHF)	200 MHz – 400 MHz
TV Kanal 21–48 (UHF)	450 MHz – 750 MHz
Radar	1 GHz – 10 GHz
Mikrowellenofen	> 16 GHz
Strahlungen	> 10 GHz
Licht	> 100 GHz

Außer sinusförmigen Spannungen kann man auch auf Rechteck-, Stufen- und Dreieckspannungen stoßen. Diese werden für die Steuer- und Meßelektronik verwandt. Die Namen deuten die Kurvenformen an.

Aufgabe 1

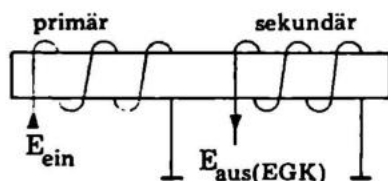
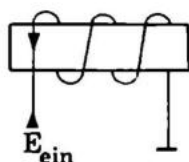
Weshalb ist die Spannung nach Gleichrichtung und Filterung größer?

- Weil Gleichrichter verstärken A
Weil wir den Maximalwert der hereinkommenden
Wechselspannung erhalten B

TRANSFORMATOREN

Von Spulen wissen wir, daß Strom in einer Selbstinduktion langsam wächst, weil sie einen fast gleichgroßen Strom in die entgegengesetzte Richtung senden. Wenn die Spule jetzt mit einer zusätzlichen Wicklung versehen wird, sendet sie auch einen Strom durch diese Wicklungen. Wenn man eine Wechselspannung anschließt, wird eine Spannung induziert, auch in der anderen Spule.

$E_{\text{Elektromotorische Gegenkraft (EGK)}}$



Die erste Spule nennt man primäre Wicklung, die zweite sekundäre. Die Spannung, die man erhält, ist annähernd proportional zu der Wicklungszahl, was folgendermaßen aussieht:

$$\frac{\text{primäre Spannung}}{\text{primäre Wicklungszahl}} = \frac{\text{sekundäre Spannung}}{\text{sekundäre Wicklungszahl}}$$

oder

$$\frac{U_r}{n_p} = \frac{U_s}{n_s}$$

Die Ausgangsspannung des Transformators ist normalerweise 10 – 20% größer als angegeben, da ein innerer Verlust besteht. Die Prüfspannung von einem Transformator ist also in Wirklichkeit nur zur Stelle, wenn man ihn mit dem angegebenen Strom belastet (nomineller Strom).

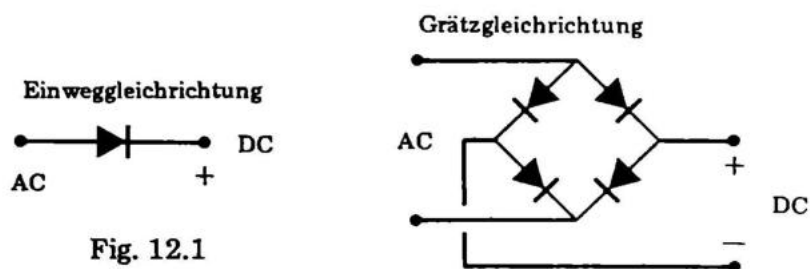


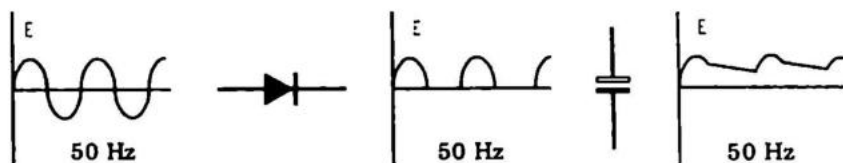
Fig. 12.1

GLEICHRICHTER

Die theoretische Funktion eines Gleichrichters wird unter "Halbleiter" genau erklärt. Es soll hier bloß bemerkt werden, daß Gleichrichter eine Art Ventil sind, die Strom nur in einer Richtung durchlassen. Strom kann nur in Richtung des Diodenpfeils passieren, während in entgegengesetzter Richtung kein Stromfluss möglich ist. Normalerweise benutzt man eine Kombination von vier Dioden, um eine Wechselspannung gleichzurichten (Grätz-Schaltung), da man so die eine Halbperiode nicht "verliert". Diese Brückenschaltung bewirkt, dass die negativen Halbwellen der Wechselspannung "umgepolt" werden, wie Fig. 12.3 zeigt.

Kurvenform vor und nach Einweggleichrichtung mit Ladekondensator.

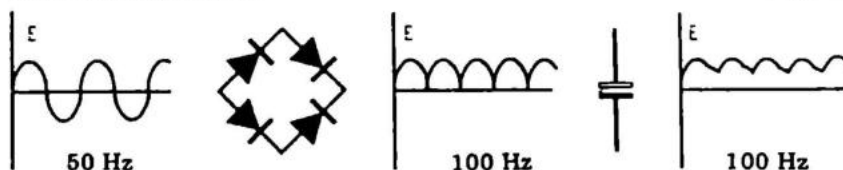
Fig. 12.2



In Fig. 12.2 sehen Sie, wie bei einer Einweg-Gleichrichtung der pulsierende Gleichstrom durch einen Kondensator ausgeglichen wird.

Kurvenform vor und nach Grätzigleichrichtung mit Ladekondensator

Fig. 12.3



Bei Anwendung einer Zweiweg-Gleichrichtung erhält man eine verdoppelte Frequenz für die pulsierende Gleichspannung und verbessert ausserdem den Ausnutzungsgrad des Transformators. Außerdem braucht man nur halb so große Elkos zur Ausgleichung. Da Gleichrichter mechanisch klein sind und Elkos groß, ist es von großem Vorteil, eine Brückenschaltung zu benutzen.

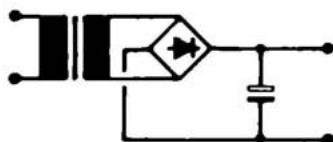


Fig. 12.4

KONDENSATOREN

Um die pulsierende Gleichspannung, die man bei der Gleichrichtung erhält, zu glätten, überbrückt man den Gleichrichterausgang mit einem Kondensator, dessen Grösse üblicherweise zwischen 500 und 2000 μF liegt. Der Kondensator wird bis zum Spitzenwert, welcher ca. 1,4 mal so groß ist wie der Effektivwert, aufgeladen. Wir bekommen somit eine größere Spannung heraus als die zugeführte Wechselspannung. Die Spannung über dem Elektrolytkondensator findet man folgendermaßen:

$$U_C = U_{AC} \times \sqrt{2}$$

U_C ist die Spannung über dem Kondensator und U_{AC} die Spannung, die wir vom Transformator erhalten.

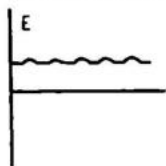
Ein so konstruierter Gleichrichter ist meist ausreichend; wenn man jedoch das Brummen ganz unterdrücken will, muß man die Gleichspannung transistorstabilisieren. Sehen Sie im Teil "Praktische Konstruktionen" bei NT 315 nach.

ELEKTRONISCHE AUSGLEICHUNG

Jeder Gleichrichterteil, der aus einem Transformator und Gleichrichter mit einem Ladekondensator besteht, gibt eine Gleichspannung mit überlagerter Brummspannung ab. In den meisten Fällen ist diese Brummüberlagerung ohne Bedeutung. Wenn man nämlich eine solche Stromversorgung für einen Ausgangsverstärker benutzt und dieser korrekt konstruiert ist, wirkt die Rückkopplung des Verstärkers mit in der Brummunterdrückung. Lassen Sie mich zur näheren Erklärung ein Beispiel anführen:

Als Restbrummen wird 1 Volt gemessen. Wenn der angeschlossene Verstärker nicht gegengekoppelt wäre, würde die gesamte Brummspannung von 1 Volt direkt zum Lautsprecher geführt. Das wäre furchtbar anzuhören. Glücklicherweise ist ein Verstärker oft 10.000fach gegengekoppelt. Das Brummen wird dadurch von 1 Volt auf 100 μ V reduziert.

Unstabilisierte Spannung
mit Brummüberlagerung.



Stabilisierte Spannung
ohne Brumm.

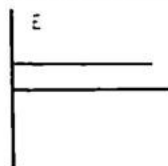


Fig. 12.5

Wenn die Stromversorgung des angeschlossenen Verbrauchers nicht gegengekoppelt ist, muß man das Netzteil selbst elektronisch stabilisieren. Das ist sehr einfach. Man richtet mit einer Brückenkopplung gleich und gleicht mit einem Kondensator aus.

Man senkt dann die Ausgangsspannung soweit ab, bis die Brummspitzen ganz abgeschnitten sind, s. Fig. 12.5. Wenn die Stufe, die die Spannung senkt, frei von Eigenstörungen ist, ist die Ausgangsspannung "ganz sauber". In der einfachsten Ausführung besteht die Stabilisierungsstufe nur aus einem Widerstand und einer Zehnerdiode, in besseren Stufen aus integrierten Kreisen und Transistoren. Darauf kommen wir am Schluß des Abschnittes G17 zurück. Als praktische Konstruktionen können Sie sich NT10 und NT300 ansehen.

Aufgabe 1

Wir benutzen einen Transformator mit primär 220 Volt und 10.000 Windungen. Die sekundäre Spule hat 500 Windungen. Wie groß ist die Spannung nach Gleichrichtung durch eine Grätz-Brücke und Filterung durch einen Kondensator?

- 155 Volt
- 15,5 Volt
- 11,0 Volt

- A
- B
- C

WECHSELSTROM: SPULEN UND KONDENSATOREN

Impedanz des Kondensators:

Bei der ersten Besprechung von Kondensatoren haben wir gesehen, daß es einen kurzen Stromimpuls gab, wenn man den Kondensator an eine Batterie anschloß. Eine Wechselspannung besteht aus vielen Impulsen und geht deshalb durch einen Kondensator hindurch.

Wir können den Kondensator dann als eine Art Widerstand betrachten, der folgende Größe hat.

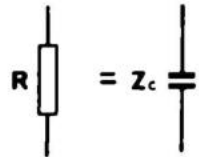


Fig. 13.1

$$Z_c = \frac{1}{2 \pi \times f \times C} \quad \begin{array}{l} f = \text{Frequenz in Hz} \\ C = \text{Größe des Kondensators in Farad} \end{array}$$

Aus dieser Formel können wir direkt ablesen, daß, wenn die Frequenz hoch oder der Kondensator groß ist, ein großer Strom hindurchfließen kann, was heißt, daß der Widerstand klein ist.

Da es kein richtiger Widerstand ist, hat es seinen eigenen Namen bekommen: Impedanz (Z_c). Das kleine c bedeutet, daß wir es mit einem Kondensator zu tun haben. Innerhalb gewisser Grenzen können wir damit rechnen, daß die Impedanz ein Ohmscher Widerstand ist, weshalb wir das Ohmsche Gesetz benutzen können. Es ist wichtig, beachten, daß die Impedanz mit steigender Frequenz fällt.

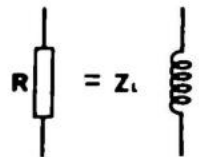


Fig. 13.2

Impedanz der Spule:

Spulen reagieren nicht sofort auf eine Spannungsänderung und geben bei Wechselspannungen weniger Strom ab als bei Gleichspannungen. Sie haben auch einen besonderen Wechselstromwiderstand. Die Impedanz Z_L ist gegeben durch:

$$Z_L = 2\pi \times f \times L$$

f = Frequenz in Hz
 L = Größe der Spule in Henry

Hinsichtlich der Impedanz gelten ähnliche Gesetze wie für Kondensatoren.

Aus der Formel können wir ablesen, daß die Impedanz mit fallender Frequenz und fallender Selbstinduktion abfällt.

Aufgabe 1

Bei gegebener Frequenz von 1 kHz soll ein Kondensator eine Impedanz von 1 kOhm haben. Wie groß muß er sein?

$$Z_C = \frac{1}{2\pi \times f \times c} \quad \text{oder} \quad C = \frac{1}{2\pi \times f \times Z_c}$$

- 150 nF
15 nF
1 μ F

- A
B
C

Wir sollten uns jetzt die Fälle näher ansehen, in denen man Spulen und Kondensatoren nicht als gewöhnliche Widerstände ansehen kann. Das ist, wenn ein Kondensator mit einer Spule in Serie oder parallel verbunden ist.

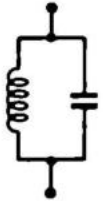


Fig. 14.1

Bei Zuführung von Wechselspannung einer bestimmten Frequenz fängt das System an zu schwingen. Die Elektronen schlagen hin und zurück wie Wellen in einem Schwimmbecken. Jeder Impuls ergibt eine Welle, aber nur, wenn die Impulse die richtige Frequenz haben, werden die Schwingungen kräftiger.

Wir können es auch mit einer Schaukel vergleichen. Wenn wir der Schaukel einen einzigen Stoß geben, schwingt sie ein paarmal und steht bald wieder still. Wenn wir jedoch zu den richtigen Zeitpunkten stoßen, können wir die Schaukel ohne große Anstrengung kräftig zum Schwingen bringen. Wenn wir falsch stoßen, bleibt die Schaukel fast stehen.

Von unserem Schwingkreis können wir also erwarten, daß er sich speziell verhält bei der richtigen Frequenz — der Resonanzfrequenz. Ein Stück davon entfernt können wir normal mit Impedanz rechnen.

Die Resonanzfrequenz ist gegeben durch:

$$f_{\text{res}} = \frac{159.000}{\sqrt{L \times C}} \quad (\text{nF, mH, Hz})$$

Bei jeder Kopplung haben wir eine Anschlußimpedanz, die als Widerstand R in einem Spannungsteiler abgebildet werden kann.

Reihenschwingkreis:

Reihenschwingkreise haben bei der Resonanzfrequenz einen sehr kleinen Widerstand. Ein Stück davon entfernt können wir mit der Impedanz jeder einzelnen Komponente rechnen. Der unten abgebildete Spannungsteiler gibt bei der Resonanzfrequenz ein sehr kleines Signal ab, bei anderen Frequenzen jedoch ein großes.

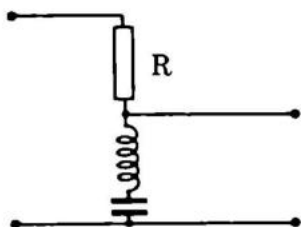


Fig. 14.2

$$\text{z.B. } R = 10 \text{ kOhm} \quad Z_{\text{res}} = 10 \text{ Ohm} \quad U_{\text{ein}} = 10 \text{ V}$$

$$\text{Bei Resonanz ist } U_{\text{aus}} = \frac{10}{10.000} \quad \underline{V = 10 \text{ mV}}$$

Ausserhalb der Resonanz können wir z.B. $Z_C = 1 \text{ kOhm}$, $Z_L = 100 \text{ Ohm}$ rechnen und erhalten dann $U_{\text{aus}} = 1 \text{ V}$.

PARALLELSCHWINGKREIS

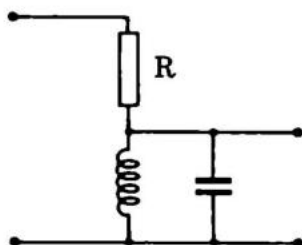


Fig. 14.3

Der Parallelschwingkreis hat bei der Resonanzfrequenz eine sehr hohe Impedanz, so daß hier das volle Signal durchkommt, während alle anderen Frequenzen gedämpft werden.

$$\text{Beispiel: } R = 10 \text{ kOhm} \quad Z_{\text{res}} = 100 \text{ kOhm}$$

$$U_{\text{ein}} = 10 \text{ V}$$

Bei Resonanz bekommen wir:

$$U_{\text{aus}} = \frac{100 \times 10 \text{ V}}{110} = 9 \text{ V}$$

Außerhalb der Resonanz erreichen wir mit den gleichen Daten:

$$U_{\text{aus}} = \frac{10 \text{ K}\Omega}{100 \Omega} \times 10 \text{ V} = 0,1 \text{ V}$$

Alle Rechnungen müssen mit Vorbehalt betrachtet werden, da man auf die Phasendrehung achten muß.

Aufgabe 1

Rechnen Sie die Resonanzfrequenz eines Detektorempfängers aus. Die Spule ist ein Ferritstab mit einer Selbstinduktion von 0,1 mH, und wir benutzen einen Kondensator von 100 pF.

Ist der Detektorempfänger für:

Mittelwelle? — ca. 1 MHz

Kurzwelle? — über 2 MHz

Langwelle? — ca. 150 KHz

A

B

C

MESSUNG

Das in der Elektronik am meisten angewandte Meßgerät ist das Universal-Meßinstrument. Es wird zur Messung von Strom, Spannung und Widerstand benutzt.

Das Meßinstrument besteht aus einem Drehspulinstrument mit guter Empfindlichkeit, $20 \text{ k}\Omega/\text{Volt}$, und einem Umschalter mit verschiedenen Widerständen, so gekoppelt, daß verschiedene Meßbereiche eingestellt werden können. Im Kreislauf zur Ohmmessung ist außerdem eine Batterie eingeschlossen.

Das Drehspulinstrument zieht immer den ganzen Strom und die gesamte Spannung für vollen Zeigerausschlag. Das bestimmt den inneren Widerstand nach dem Ohmschen Gesetz, welches für alle folgenden Berechnungen benutzt wird.

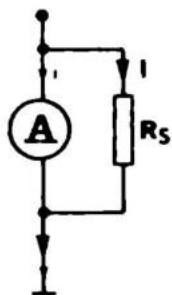


Fig. 15.1

STROMMESSUNG

Bei Strommessung wird ein Teil des Stroms über eine Nebenleitung außen um das Instrument herumgeleitet. Um die Nebenleitung zu berechnen, muß man den inneren Widerstand und die Empfindlichkeit des Instrumentes kennen. Ist die Empfindlichkeit z.B. $20 \text{ k}\Omega$ und der innere Widerstand $100 \text{ }\Omega$, kann man durch Verhältnissrechnung die Spannung ausrechnen, die bei vollem Ausschlag über dem Instrument liegt:

$$\frac{\text{Innerer Widerstand}}{\text{Empfindlichkeit}} = \text{Spannung über dem Instrument}$$

bei vollem Ausschlag, oder wie im vorliegenden Fall ausgerechnet:

$$\frac{100 \text{ Ohm}}{20.000 \text{ Ohm/V}} = U_e = 5 \text{ mV}$$

Durch das Ohm'sche Gesetz kann man dann den Strom ausrechnen:

$$I_e = \frac{U}{R} = \frac{5 \text{ mV}}{100 \text{ Ohm}} = 50 \mu\text{A}$$

Soll das Instrument zur Messung von 1 mA benutzt werden, müssen 950 μA durch die Nebenleitung laufen, damit das Instrument voll ausschlägt – und nicht weiter.

Da 5 mV über der Nebenleitung sind (und damit über dem Instrument, welches parallelgeschaltet ist) und wir wissen, daß der Strom 950 μA sein soll, können wir nach dem Ohm'schen Gesetz den Widerstand ausrechnen:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{5 \text{ mV}}{950 \mu\text{A}} = 5,26 \text{ Ohm}$$

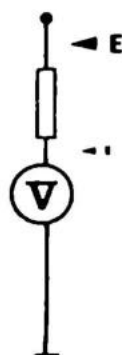


Fig. 15.2

SPANNUNGSMESSUNG

Bei Spannungsmessung wird die Spannung über einen Vorwiderstand herabgesetzt, (s. G9, Spannungsteiler). Wir wissen von den Berechnungen her, daß über dem Instrument, das wir für die Stromberechnung benutzt haben, für vollen Ausschlag 5 mV lagen. Da wir gleichzeitig wissen, daß der Strom durch das Instrument – für vollen Ausschlag – 50 μA sein muß, und der Strom in Serien-

schaltungen überall der gleiche ist, müssen wir nur wissen, wie groß die Spannung über dem Widerstand ist, um diesen über das Ohm'sche Gesetz auszurechnen.

Wenn wir 1 Volt für vollen Ausschlag messen wollen, und 5 mV stehen über dem Instrument, müssen 995 mV über dem Vorwiderstand stehen:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{995 \text{ mV}}{50 \mu\text{A}} = 19,9 \text{ kOhm}$$

Da die meisten Meßinstrumente eine Genauigkeit von 1,5% haben, ist es ausreichend, wenn man im obengenannten Falle einen 20 kOhm Widerstand benutzt. Bei der Strommessung haben wir einen Widerstand von 5,26 Ohm ausgerechnet. Hier ist ein Widerstand von 5 Ohm ausreichend.

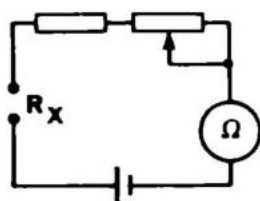


Fig. 15.3

OHMMESSUNG

Bei Ohmmessungen wird der Strom in einem Kreislauf gemessen, in den der unbekannte Widerstand eingeschaltet wurde. Bei Gebrauch als Ohm-Meter werden die beiden Meßanschlüsse kurzgeschlossen und das Trimpotentiometer auf Null justiert. Dann wird der unbekannte Widerstand angeschlossen und man kann den Wert auf einer speziellen Skala ablesen.



TYPISCHES UNIVERSALINSTRUMENT

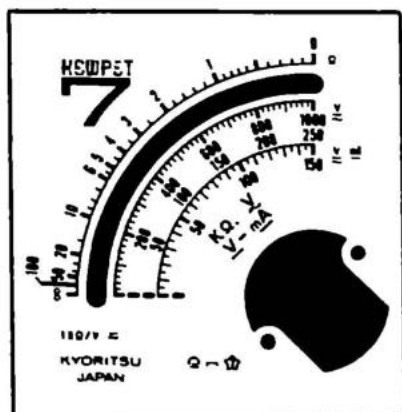
Als Beispiel für ein typisches Universal-Meßinstrument und dessen Anwendungsmöglichkeiten haben wir KEW 7 gewählt. Dieses preiswerte kleine Meßinstrument hat ausreichende Meßbereiche und Daten für den Amateurgebrauch. Wenn man es geschickt verwendet, ist es jedoch auch für den professionellen Gebrauch anwendbar.

Die Mängel von KEW 7 werden voll und ganz durch den Preis und die Größe (2 x 5 x 7 cm) aufgehoben. Die Ablesegenauigkeit ist ebenfalls sehr gut.

Der Nachteil dieses Gerätes ist die geringe Empfindlichkeit und die dadurch entstehende große Belastung, der das Meßobjekt ausgesetzt wird. Mit Belastung ist in keiner Weise gemeint, daß KEW 7 das Meßobjekt zerstören könnte, sondern daß das Instrument, wenn es falsch angewandt wird, falsch anzeigen kann.

Die Empfindlichkeit von 1 kOhm/Volt ist etwa 20mal kleiner als bei guten Instrumenten mit 20 kOhm/Volt.

Daß das Instrument einfach aufgebaut ist, ist ein Vorteil für das Verständnis der Funktion.



OHMMESSUNG

Die Testleitungen werden in Ω (die rote L.) und in D.C. Ω (die schwarze L.) gesteckt.

Dann werden sie kurzgeschlossen, und mit dem kleinen Potentiometer an der Seite des Instruments stellt man dieses so ein, daß der Zeiger auf 0 Ohm steht. Danach können alle Widerstände zwischen 100 Ohm und 50 kOhm mit ziemlicher Genauigkeit gemessen werden, während es aber möglich ist, Widerstände zwischen 25 und 100 Ohm zu "schätzen".

Denken Sie daran, daß man Widerstände, die bereits montiert sind, nicht messen kann, da andere Widerstände im Kreislauf eine Fehlanzeige verursachen würden.

Da das Ohmmeter mit einer kleinen eingebauten Batterie versehen ist, kann man auch messen, ob große Kondensatoren in Ordnung oder kurzgeschlossen sind. Setzen Sie z.B. einen 1.000 μF Elko zwischen die Meßleitungen. Der Zeiger schlägt kräftig aus und fällt dann wieder zurück. Der Elko war kurzgeschlossen und kann sich jetzt wieder aufladen, was einen Zeigerausschlag zur Folge hat. Wenn der Kondensator nur klein ist, z.B. 1 μF , ist der Aufladestromstoß sehr gering.

STROMMESSUNG

KEW 7 ist nur mit einem Strommeßbereich versehen. Dieser ist bis 150 mA gewählt.

Die Testleitungen werden in D.C. \circ (die schwarze L.) und in "150 mA" (die rote L.) gesteckt.

Man kann mit KEW 7 keinen Wechselstrom messen, selbst wenn man die schwarze Leitung in A.C. statt in D.C. Ω steckt.

Für denjenigen, der mit Verstärkern arbeitet, wäre ein Meßbereich bis 1,5 oder 3 Ampere von Wert. Man kann dies erreichen, indem man außen einen Nebenschlusswiderstand (Shunt) anschliesst (direkt über den Anschlüssen am Instrument). Bei 1,5 A muß der Shunt 0.20 Ohm, und bei 3 A 0.10 Ohm, betragen.

SPANNUNGSMESSUNG

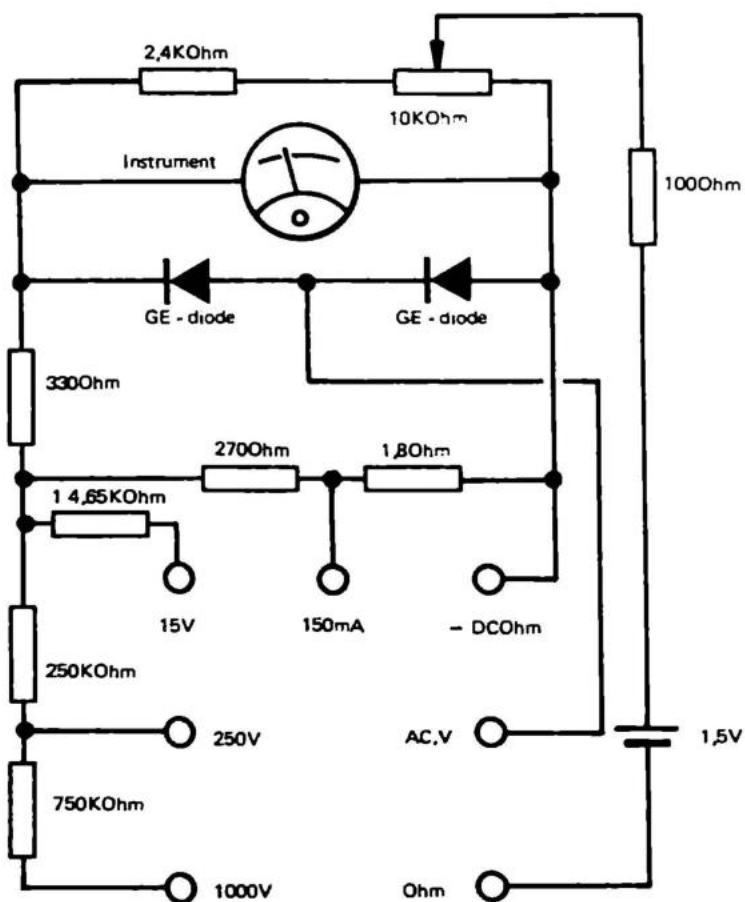
KEW kann sowohl Wechsel- als auch Gleichspannungen in den Bereichen bis 15/250 und 1.000 Volt messen.

Die Prüflleitungen werden bei Gleichspannungsmessung in D.C. — (schwarz) und Anschluß für den gewünschten Meßbereich gesteckt. Bei Wechselspannungsmessung wird die schwarze Leitung in A.C. statt in D.C. — gesteckt.

Besonders im 15 Volt-Bereich muß man daran denken, daß der innere Widerstand des Geräts 15 kOhm beträgt. Wenn dann der Widerstand im Gerät, in dem man mißt, von vorneherein 15 kOhm ist, beträgt die Fehlanzeige möglicherweise 50%.

Wenn die Widerstände, die man mißt, im Bereich von 1 — 2 kOhm sind, so ist die Fehlanzeige selten größer als 10%, was akzeptabel ist. Wenn der 15 Volt-Meßbereich zu niedrig für Ihre Zwecke ist und 30 Volt besser paßt, können Sie einen 15 kOhm Widerstand in Serie mit der roten Prüflleitung montieren, Sie müssen dann nur daran denken, den angezeigten Wert mit 2 zu multiplizieren.

SPECIFICATIONS :	
DC Voltages	0-15-250-1000 volts (1000 Ω /V)
AC Voltages	0-15-250-1000 volts (1000 Ω /V)
DC Current	0-150 milliamperes
Resistance	0-100 K Ω
Size	57 × 93 × 30 mm
Net Weight	108 g



SCHALTPLAN KEW 7

Am leichtesten zu verstehen ist der Schaltplan, wenn man sich auf je einen Meßbereich beschränkt. Wir können die Spannungsbereiche DC, 15, 250 oder 1.000 Volt nehmen. Die Spannung muß einen der Verwiderstände von 750 kOhm, 250 kOhm oder 14,65 kOhm passieren. In allen Fällen wird die Spannung durch die Vorwiderstände reduziert, so daß die Spannung über den ganzen Parallelkomplex vom Meßinstrument, 270 Ohm Widerstand, 1,8 Ohm Widerstand und dem Serienverbindungswiderstand, dem Instrument ca. 100 mV gibt.

Wenn die eine Testleitung von DC nach AC gesetzt wird, muß die Wechselspannung nun in Gleichspannung umgeformt werden, was durch die beiden Dioden erfolgt. Die Dioden sind gleichzeitig ein akzeptabler Schutz gegen kurzzeitigen Fehlanschluß.

Wenn man Strom mißt, passiert der Strom den 1,8 Ohm Widerstand und ruft da einen Spannungsabfall von ca. 300 mV hervor. 200 mV werden in den 330 + 270 Ohm Widerständen "weggefressen". Was die größte Schwäche dieses sonst so durchdachten Instrumentes ist. Die Ohmmessung geschieht derart, daß eine kleine Batterie, in Serie mit dem 200 Ohm Widerstand und dem unbekanntem Widerstand, einen schwachen Strom zum Instrument schickt.

Abhängig von der Nulleinstellung des 10 kOhm Potentiometers kann man Widerstandswerte von 100 Ohm bis 100 kOhm ablesen.

Meßinstrumente mit spezieller Wirkungsweise und Funktion werden an anderer Stelle besprochen.

Aufgabe 1

Ein Meßinstrument gibt oft eine Anzahl von $K\Omega/Volt$ (pr. 1 Volt) an. Welche anderen Größen muß man kennen, um den inneren Widerstand ausrechnen zu können?

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| Strom | A <input type="checkbox"/> |
| Empfindlichkeit | B <input type="checkbox"/> |
| keine andere Größe | C <input type="checkbox"/> |
| Spannung | D <input type="checkbox"/> |
| den Meßwert für vollen Ausschlag | E <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 2

Wie groß ist der Strom, der durch eine Nebenleitung laufen muß, bei einem Meßbereich von 100 mA, wenn ein 1 mA/V Instrument mit vollem Ausschlag für 100 μA benutzt wird?

- | | |
|----------|----------------------------|
| 10,0 mA | A <input type="checkbox"/> |
| 999,0 mA | B <input type="checkbox"/> |
| 99,9 mA | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 3

Wie groß muß der Widerstand in einer Nebenleitung für das besagte Instrument sein? Finden Sie erst die Spannung über der Nebenleitung (und dem Instrument) durch eine Verhältnisgleichung:

$$\frac{1 \text{ mA}}{1 \text{ V}} = \frac{100 \text{ } \mu A}{X \text{ V}} \quad XV = ? \text{ mV}$$

Den Strom kennen wir von Aufgabe 2. Wir benutzen das Ohm'sche Gesetz. Wie groß ist der Widerstand?

- | | |
|--------|----------------------------|
| 9 Ohm | A <input type="checkbox"/> |
| 10 Ohm | B <input type="checkbox"/> |
| 1 Ohm | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 4

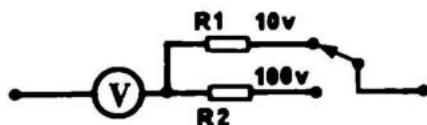
Das gleiche Instrument wie in Aufgabe 3 sollen wir nun zur Spannungsmessung bis 100 Volt benutzen. Von Aufgabe 3 kennen wir die Spannung über dem Instrument. Daraus kann man den Widerstand berechnen. Wie groß ist der Widerstand?

- | | |
|----------|----------------------------|
| 1 kOhm | A <input type="checkbox"/> |
| 1 MOhm | B <input type="checkbox"/> |
| 100 kOhm | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 5

Rechnen Sie die Komponentenwerte aus. Mit einem Umschalter soll man bis 10 Volt und 100 Volt messen können. Der Wert des Instrumentes ist 1 kOhm/Volt, und der volle Ausschlag ist 1 mA. Welche Kombination ist richtig?

- | R1 | R2 | |
|--------|----------|----------------------------|
| 9 kOhm | 99 kOhm | A <input type="checkbox"/> |
| 9 kOhm | 990 kOhm | B <input type="checkbox"/> |



HALBLEITER II

Halbleiterkomponenten sind alle mit einer Scheibe Halbleitermaterial (Germanium, Silizium, o.ä.) — als wirksamer Teil — aufgebaut. Halbleitermaterial ist immer in Form von N- oder P-Material, und wir werden sehen, was geschieht, wenn N- und P-Material aufeinanderstoßen.

DIODEN

In Dioden haben wir einen P-N Übergang. Wenn dieser an eine Gleichspannung angeschlossen wird — wie auf untenstehender Zeichnung angegeben — werden einige Elektronen aus dem n-Material zum positiven Pol und einige Löcher aus dem p-Material zum negativen gehen. Es können keine neuen Elektronen und Löcher im Kristall entstehen, und wenn die überschüssigen Elektronen im n-Material weg sind, hört der Strom auf zu fließen. Das gleiche geschieht mit den Löchern im p-Material. Man sagt, der Übergang sperrt.



Fig. 16.1

Dreht man die Batterie um, kommen mehr Elektronen in das n-Material und mehr Löcher in das p-Material. Einige Elektronen werden hinüber in das p-Material gestoßen, und wenn sie auf ein Loch treffen, fallen sie hinein. Die Löcher stoßen andererseits in n-Material und treffen da die Elektronen. Löcher und Elektronen heben sich gegenseitig auf, und es kommen mehr Elektronen von der Batterie. Es fließt ein Strom, und der Übergang leitet. Der Übergang sperrt für positiv nach N und für negativ nach P, während er mit positiv nach P und negativ nach N leitet. Das ist wichtig für das Verständnis von Transistoren.

DIODENTYPEN UND IHRE ANWENDUNG

Außer Tunnelndioden, 4-Schichtdioden, Gurdioden und Laser-Maser-Dioden werden heute Siliziumdioden, Germaniumdioden, Kapazitätsdioden, Gallium-Arsenid-Dioden, Zenerdioden, DIAC'S, TRIAC'S und Thyristoren verwendet. Die ersten vier Typen sind so speziell, daß sie aus dem Bereich dieses Buches fallen.

Siliziumdioden werden vorzugsweise zur Gleichrichtung verwendet, man findet sie aber auch als Gates und als Schutz über Relaispulen usw.

Eine Siliziumdiode hat außerordentlich gute Sperr-eigenschaften, und in der Durchlassrichtung ist der Widerstand sehr gering. Deshalb sind Siliziumdioden gut als Gleichrichter für große Ströme und Spannungen zu gebrauchen. Für Siliziumdioden gilt speziell, daß in Durchlassrichtung erst Strom fließt, wenn die Spannung 0,6 – 0,8 Volt übersteigt. Dieser Wert ist temperaturabhängig. Bei 20° Celsius ist die Spannung 0,7 Volt. Mit steigender Temperatur fällt dieser Wert auf 0,6 Volt bei 100° Celsius.

Siliziumdioden können Temperaturen bis über 150° C vertragen. Man sieht oft mehrere Siliziumdioden in einem Gehäuse gekoppelt, als Brückengleichrichter o.ä.

GERMANIUMDIODEN sind in gewissen Gebieten Siliziumdioden überlegen. Das gilt z.B. für die Gleichrichtung hoher Frequenzen bei geringer Durchgangsspannung. Die Durchgangsspannung einer Germaniumdiode liegt bei 0,1 – 0,2 Volt. Das ist von Bedeutung, wenn man z.B. eine schwache Wechselspannung für ein Meßgerät gleichrichten muß. Hier können Siliziumdioden überhaupt nicht verwendet werden. Germaniumdioden vertragen nur geringe Ströme in der Größenordnung bis 50 mA, während Siliziumdioden Strom bis zu vielen hundert Ampere vertragen.

KAPAZITÄTSDIODEN sind Siliziumdioden, bei denen man die Kapazität, die alle Siliziumdioden normalerweise haben, vergrößert hat. Wenn man einer Kapazitätsdiode eine Spannung in Sperrichtung zuführt (2 – 30 Volt), nimmt die Kapazität einen bestimmten Wert an (15 – 2 pF). Daß die Spannung in Sperrichtung zugeführt ist, bedeutet in der Praxis, daß kein Strom fließt. Kapazitätsdioden werden für Abstimmungen im TV/FM-Band benutzt, sowohl beim Sender als auch beim Empfänger.

GALIUM-ARSENID-DIODEN oder Leucht-Dioden, wie man sie auch nennt, sind dioden, welche aus speziellen Kristallen aufgebaut sind. Sie geben Licht ab, wenn ein Strom in Durchlassrichtung durch sie fließt. Die Leucht-Dioden muß man mit einem passenden Widerstand an die Versorgungsspannung anschließen, um sie nicht zu zerstören. Sie haben eine "Leuchtspannung" von ca. 1 Volt und verbrauchen ungefähr 20 mA. Die Effektivität ist geringer als die einer Glühlampe, die Lebensdauer ist aber vermutlich ewig. Die Zeit, die die Leucht-Diode zum Zünden benötigt, ist sehr kurz, ca. 1 μ S. Das bedeutet, daß man sie z.B. zusammen mit einem Fotowiderstand als Licht-Strahlen-Gegensprechanlage benutzen kann. Schaltungen mit Leuchtdioden werden für Digital-Anzeigen angewandt.

ZENERDIODEN werden aus Silizium hergestellt. Sie haben die ganz besondere Eigenschaft, von einer bestimmten Spannung ab sehr viel Strom zu verbrauchen. Das macht sie geeignet für Stabilisierungszwecke in Konstantspannungsversorgungen. Wenn man eine Zenerdiode umdreht, leitet sie ab 0,7 Volt wie eine gewöhnliche Siliziumdiode. Zenerdioden können heutzutage von 2 bis über 200 Volt hergestellt werden.

Untenstehende Schaltung mit einer Zenerdiode kann die Spannung stabilisieren.

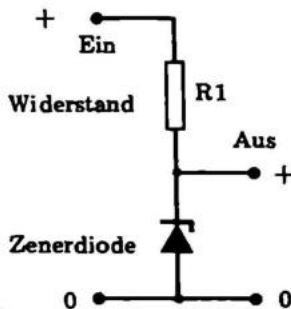


Fig. 16.2

Wir benutzen eine Zenerdiode von 9,1 Volt und legen an den Eingang eine Spannung von 12 Volt. Die Ausgangsspannung beträgt 9,1 Volt.

Die Schaltung kann als ganz gewöhnlicher Spannungsteiler angesehen werden, bei dem der Grundwiderstand durch eine

Zenerdiode ersetzt wurde (R 2. Siehe bitte Abschnitt G9, Spannungsteiler).

Die gewählte Zenerdiode kann 100 mA verkraften, weshalb das der maximale Ausgangsstrom ist. Der Spannungsabfall über R1 ist gleich der Eingangsspannung minus der Ausgangsspannung. In diesem Beispiel:

$$U_{R1} = U_{\text{ein}} - U_{\text{aus}} = (12,0 - 9,1) \text{ V} = 2,9 \text{ V}.$$

Der Strom in der Zenerdiode, 100 mA, fließt auch durch R 1. Es ist ja eine Serienschaltung, in der der Strom überall der gleiche ist.

Das ergibt dann:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_2} = \frac{2,9 \text{ V}}{100 \text{ mA}} = \frac{29 \text{ Ohm}}{27 \text{ Ohm stand.}}$$

Die dabei in R₁ auftretende Verlustleistung ist:

$$N_{R1} = U_{R1} \times I_2 = 2,9 \text{ V} \times 100 \text{ mA} = 290 \text{ mW}.$$

Ein 1/4 Watt Widerstand wäre ein wenig unterdimensioniert. Wenn wir jetzt eine Verbrauchsquelle zwischen 0 und 100 mA anschließen, wird der Strom zwischen dieser und der Zenerdiode geteilt. Wenn man 75 mA braucht, fließen 25 mA in die Zenerdiode. Der Verbrauch bis 100 mA ist stabil, auch wenn die Eingangsspannung ein wenig schwankt. Wenn die Eingangsspannung über mehrere Volt schwankt, muß man R1 nach der größten Spannung, die an ihm abfällt, dimensionieren. Bei einer Eingangsspannung von 15 Volt im angegebenen Beispiel ist die Spannung über R 1 5,9 Volt, und er muß 59 Ohm gross sein.

Ein DIAC ist eine Doppeltriggerdiode für die Steuerung von TRIAC'S. Ein DIAC gleicht in elektronischer Hinsicht einer Neon-Lampe. Neonröhren haben nämlich wie DIAC's einen sehr großen Widerstand, wenn die Spannung niedriger ist, als die Zündspannung. Bei Zündspannung fließt ein kräftiger Strom, der von einem vollen Widerstand begrenzt wird. Die Zündspannung für einen DIAC-Trigger liegt bei 30 Volt, (für Neonröhren bei 90 Volt).

DIAC'S werden zur Steuerung von TRIAC'S gebraucht. Da TRIAC'S wechselstromregulierend sind, muß ein DIAC sowohl bei positiven als auch bei negativen Spannungen zünden. Der DIAC ist die einzige Wechselstromdiode.

THYRISTOREN sind Siliziumdioden, die erst leiten, wenn eine positive Spannung von ca. 100 mV an ein Steuergitter (gate) gelegt wird.

Der Thyristor leitet, bis der Strom in der Diode selbst auf 0 abgesunken ist. Wenn die Spannung wieder steigt, leitet der Thyristor nicht, bis er einen erneuten Steuerimpuls erhält. Der Thyristor leitet nur die eine Halbperiode des Wechselstroms (in Durchlassrichtung).



Der TRIAC ähnelt elektrisch zwei entgegengesetzten, verdrehten, zusammengekoppelten Thyristoren. Normalerweise müssen TRIAC'S mit positiven Spannungen in der "positiven Durchgangsrichtung" und negativer Spannung in der "negativen Durchgangsrichtung" gesteuert (getriggt) werden. Solche TRIAC'S sagt man, werden in zwei Vierteln gesteuert. Von TRIAC'S, die in beiden Durchgangsrichtungen mit positiven und negativen Impulsen steuerbar sind, sagt man, sie werden in vier Vierteln gesteuert. Diese TRIAC'S sind TTL-komptabil. Das heißt, daß logische IC's (Integrierte Schaltkreise), die positive oder gar keine (high oder low) Ausgangsspannung abgeben, die Wechselspannung mit einer Gleichspannung am Steuer-Gate steuern können.

TRANSISTOREN

Im Transistor haben wir drei Zonen, z.B. eine P-, eine N. und wieder eine P-Zone. Sie sind immer so geordnet, daß die zwei gleichen durch die dritte, die sehr dünn ist, getrennt werden.

Die eine P-Zone ist der Emitter, die andere der Kollektor, die N-Zone ist die Basis.

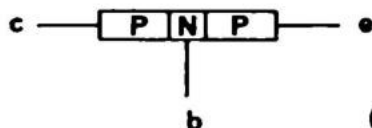


Fig. 16.3
(umgekehrt bei NPN-Transistoren)



PNP-Transistoren werden mit dem Emitter an Plus und dem Kollektor an Minus gelegt. Solange die Basis nicht angeschlossen ist, fließt kein Strom, da keine Elektronen zugeführt werden. Wenn man die Basis über einen Widerstand an Minus anschließt, werden Elektronen zugeführt, die einige Löcher vom Emitter anziehen.

Und jetzt kommt das Wichtigste:



Es nimmt gewisse Zeit in Anspruch, bis ein Loch ein Elektron findet. In der Zwischenzeit bewegen sie sich ein wenig herum. Das Loch hat somit die Möglichkeit, über den pn-Übergang zum Kollektor zu gelangen. Dieser Übergang sperrt nicht für Löcher, sondern nur für Elektronen von der Basiszone. Da die Basiszone sehr dünn ist, ist die Chance für Löcher, diese zu passieren, sehr groß. Für jedes Elektron, das in die Basiszone kommt und auf ein Loch trifft, fließen 100 – 200 Löcher vergebens hinein. Sie gehen weiter zum Kollektor, und es fließt ein Strom im Transistor. Wir haben eine Stromverstärkung erreicht, da der kleine Basisstrom einen großen Emitter-Kollektor-Strom mitführt. Die Einheit, um die der Kollektorstrom größer ist als der Basisstrom, bezeichnet man mit "β". Mathematisch ausgedrückt:

$$\beta = \frac{I_c}{I_b}$$

wobei I_c der Kollektorstrom, I_b der Basisstrom und β die Stromverstärkung ist.

Bei einem NPN-Transistor ist die Zonenfolge umgekehrt. Der Transistor muß dann mit dem Emitter an Minus und mit dem Kollektor an Plus angeschlossen werden.

Hier sind es Löcher, die wir in die Basis schicken. Sie ziehen Elektronen vom Emitter an, und die Hauptsache ist, daß die Elektronen, die kein Loch finden, ihren Weg zum Kollektor fortsetzen.

Die Stromverstärkung errechnet man auf gleiche Art wie für PNP-Transistoren.

Die benutzten Symbole sind wichtig. Sie werden in den folgenden Abschnitten benutzt.

GRUNDSCHALTUNGEN VON TRANSISTOREN

Ein gewöhnlicher Transistor kann auf drei verschiedene Arten geschaltet werden:

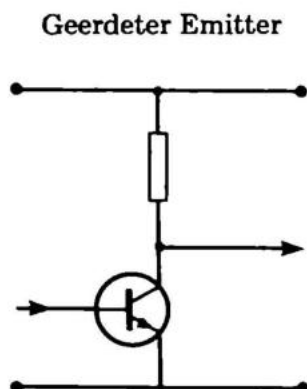


Fig. 16.4

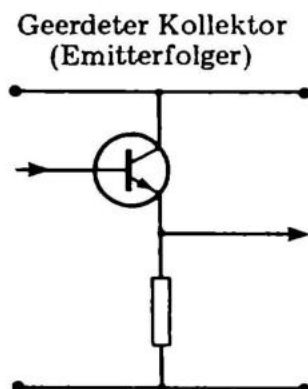


Fig. 16.5

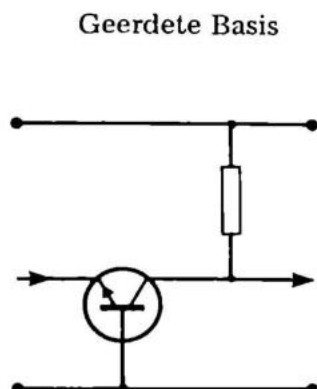


Fig. 16.6

DIE EMITTERSCHALTUNG nach Fig. 16.4 wird oft für Vorverstärkerschaltungen im NF-Bereich benutzt. Wir erhalten die gesamte Verstärkung des Transistors, die oft das mehrhundertfache beträgt. Man muß jedoch immer gegenkoppeln, damit der Frequenzgang linear und die Verzerrung niedrig bleibt (selten mehr als 10). Die Eingangsimpedanz liegt zwischen 1 und 10 kOhm. Das Ausgangssignal ist phasengedreht um 180° zum Eingangssignal.

DIE EMITTERFOLGERSCHALTUNG hat eine fast 1-fache Verstärkung. Diese Schaltung ist in sich selbst optimal gegengekoppelt, und die Eingangsimpedanz ist ungefähr gleich dem Produkt aus dem Wert des Emitterwiderstandes und der Verstärkung des Transistors (bis zu mehreren MOhm). Die Ausgangsimpedanz erhält man, wenn man den Emitterwiderstand durch die Verstärkung des Transistors dividiert. Die Phasendrehung ist Null Grad (keine Phasendrehung).

Die Basisschaltung wird für Hochfrequenzschaltungen für Frequenzen über 50 MHz benutzt. Transistoren in Basis-schaltung haben eine sehr geringe Rückwirkung und eine gute Linearität. Das erste ist wichtig, um die Oszillatorausstrahlung vom Empfänger abzuhalten, das andere für die Unterdrückung falscher Stationen.

TRANSISTORTYPEN UND IHRE ANWENDUNG

Der erste Transistor wurde aus Germanium hergestellt. Da es technologisch am einfachsten ist, Germaniumtransistoren herzustellen, war dieser Typ "führend" in den nächsten 15 Jahren, bis in die Mitte der 60er Jahre.

Bessere Technologie und Chemie machten es möglich, Siliziumtransistoren herzustellen. Siliziumtransistoren haben wesentlich bessere Eigenschaften und sind leichter herzustellen; sie eignen sich besser für hohe Frequenzen und große Leistung. Als der Verfasser dieses Buches seinen ersten Transistor, den JC 70 von Philips kaufte, kostete dieser 15,- DM (1956); das entspricht heute einem Preis von 35,- bis 45,- DM. Wenn man heute einen Transistor kaufen will, bekommt man einen wesentlich besseren, z.B. BC 107 im Metallgehäuse, schon für 1 bis 2 DM. Wie Sie sehen, stellen Germaniumtransistoren keine Konkurrenz dar für Siliziumtransistoren. Dies gilt jedoch nicht für spezielle Typen.

GERMANIUMTRANSISTOREN haben wie Germaniumdioden eine Durchgangsstartspannung (Basis-Emitter) von 0,1 - 0,2 V. Das ist der wesentliche Grund dafür, daß man diese veralteten Transistortypen unter anderem immer noch in Verstärkern für Batterie- oder Autobetrieb (12 V) findet. Germaniumtransistoren werden nämlich in komplementären Ausgangsstufen benutzt, bei denen es wesentlich ist, eine möglichst große Ausgangsschwingung und somit eine möglichst große Ausgangsleistung zu erreichen. Die Transistortypen AC 187-188 und AD 161-162 sind Ihnen sicher bekannt. Die absolute maximale Ausgangsleistung bei 12 Volt und 4 Ohm Belastung liegt bei 2,5 Watt (15 V ~ 4 W). Germaniumtransistoren vertragen am Kristall nur ca. 80°C.

SILIZIUMTRANSISTOREN sind die heutzutage am meisten bekannten und benutzten Transistoren. Durch Massenproduktion und bessere Produktionsmethoden ist es gelungen, sie in einer Qualität und zu so niedrigem Preis herzustellen, daß sie Elektronenröhren und Germaniumtransistoren bei weitem überlegen sind. Während die Verstärkung eines Germaniumtransistors auf einmal bei 1 MHz abfällt, ist die Verstärkung von Siliziumtransistoren erst bei 100 – 500 MHz eins, und man kann heute ohne Schwierigkeiten spezielle Transistoren herstellen mit einfacher Verstärkung bei 1 – 3 GHz (GHz = 1.000 MHz). Gleichzeitig ist das Eigenrauschen gering und die Linearität gut. Das bedeutet, daß ein Verstärker, der mit Siliziumtransistoren aufgebaut ist, weniger Rauschen und geringere Verzerrung erzielt. Es ist auch nicht schwierig, Leistungstransistoren in Silizium zu bauen. Am bekanntesten ist wohl der 2N3055, der mit seiner Verlustleistung von 115 Watt berühmt wurde. In ihrem Programm für 1972 hat die Firma Motorola ein direktes Komplementär dazu, den MJ2955 hergestellt, ebenfalls für 115 Watt. Eine neue Technik, die Epi-base-Technik, hat das sehr vereinfacht, weshalb der MJ 2955 auch dasselbe kostet. Der Preis ist also auch komplementär.

Es ist allerdings möglich, daß diese "neuen Transistoren" schon bald wieder veraltet sind, da Kunststofftransistoren inzwischen billiger herzustellen sind. Metall ist teuer, und das ist ausschlaggebend für den Verkaufspreis, selbst bei einem so kleinen Format.

Denken Sie daran, daß ein Siliziumtransistor erst dann Strom zieht, wenn die Basis-Emitter-Spannung 0,7 V übersteigt. Denken Sie auch daran, daß es etwas schwer werden kann, mit Siliziumtransistoren zu arbeiten, da sie bei 10 MHz oder mehr leicht ins Schwingen geraten, auf Grund der guten Verstärkung bei hohen Frequenzen. Siliziumtransistoren vertragen am Kristall Temperaturen bis zu 200° C.

FELD-EFFEKT-TRANSISTOREN

Es gibt zwei Arten von FET's: Junction-FET's und Mesa-FET's.

Ersterer ist zählebig wie ein Siliziumtransistor, geht jedoch mit der Frequenz nicht höher als ca. 10 MHz, während ein Mesa-FET bis in den GHz-Bereich benutzt werden kann. Mit dem Mesa-FET ist es ein wenig schwieriger zu arbeiten, da er wegen der hohen Eingangsimpedanz und statischer Elektrizität leicht ausbrennt. Man kann jedoch auch Mesa-FET's mit eingebauten Sicherungsdioden bekommen, die nicht beim bloßen Berühren ausbrennen. Den FET kann man als variablen Widerstand betrachten, bei dem sich der Widerstand zwischen Drain und Source — bei einer minimalen Spannungsänderung zwischen Gate und Source — stark verändert.

Ein FET zieht bereits Strom bei 0 Volt am Gate und sperrt erst bei -1 bis -5 Volt. Wenn man einen FET unbedingt im On/Off Bereich benutzen will, muß man also eine negative Spannung zur Hand haben oder die Speicherspannung-Source um ein paar Volt anheben.

Wenn man den FET nur als Verstärker verwenden will, ist es normalerweise ausreichend, 0 Volt ans Gate zu legen. Der FET arbeitet dann linear.

Der FET gleicht elektrisch gesehen einer Elektronenröhre, da er keinen Gate-Strom zieht.

Der FET stört mehr als gewöhnliche Transistoren und wird auch nicht für sehr große Leistungen hergestellt.

Uni-Junction:

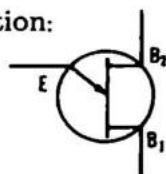


Fig. 16.7

UNIJUNCTION-TRANSISTOREN sind eine Art Doppeltransistoren. Sie sind geeignet für Steuerzwecke, Oszillatoren oder Umschalter. Sie werden nicht linear für Verstärkeranordnungen benutzt.

Die Funktion ist folgende:

Eine gewisse Spannung liegt am Emitter. Wenn diese Spannung erreicht ist, fließt Strom von B2 (Basis 2) nach B1 (Basis 1). Man braucht sehr wenig Strom, um einen UJT zum Umschlagen zu bringen, nur ca. 1 – 2 μ A. Der Strom, der maximal zwischen B2 und B1 fließen kann, beträgt 100 mA. Die Emitterbruchspannung ist ein wenig temperaturabhängig.

KÜHLPROBLEME

Wenn Sie anfangen, mit Leistungen von mehr als 1 Watt zu arbeiten, meldet sich das Kühlproblem. Es ist deshalb hier am Platze, als Nachschrift zu "Anwendung von Transistoren" die Kühlprobleme, die auftreten können, zu besprechen.

Junction to Case — was ist das?

Wenn man in die Datenliste eines Halbleiterfabrikates schaut, sieht man oft die Größe T_{JC} , oder Junction to Case. Für die besten Leistungstransistoren liegt dieser Wert bei ca. 1°C/W . Die Größe, die angedeutet wird, ist der sogenannte Warmewiderstand. Normalerweise kann ein Transistor mit einer Kristalltemperatur bis zu 175°C arbeiten. Es ist wichtig, die Wärmeleitung vom Kristall zur Masse zu kennen. Diese Größe sagt uns, wie groß die Temperatur auf der Innenseite des Transistorgehäuses bei einer bestimmten Leistung sein kann.

Die Gehäusetemperatur ist:

$$T_C = T_J - T_{JC} \times W$$

Wenn T_J mit 175° , T_{JC} mit 1°C/W und die Leistung mit 100 W angegeben ist, ist die Gehäusetemperatur:

$$T_C = 175^\circ \text{C} - 1^\circ \text{C/W} \times 100 \text{ W}$$
$$T_C = 75^\circ \text{C}.$$

Wenn die Umgebungstemperatur T_0 , 25°C beträgt, können wir den übrigen Temperaturspielraum ausrechnen:

$$T_x = T_c - T_0; T_x = 75^\circ \text{C} - 25^\circ \text{C} = 50^\circ \text{C}.$$

Diese 100 Watt Wärme müssen vom Transistor jetzt weggeleitet werden, ohne daß die Temperatur vom Transistor zur Luft — über einen Kühlkörper — 50°C T_{TK} übersteigt. Die Kühlebene des Kühlkörpers drückt man auf die gleiche Art und Weise aus wie bei Transistoren, T_K :

$$T_K = \frac{T_{TK}}{W}$$

oder im angegebenen Beispiel:

$$T_K = \frac{50^\circ \text{C}}{100 \text{ W}} = \frac{1}{2}^\circ \text{C/W}$$

Eine Kühlplatte für $1/2^\circ \text{C/W}$ ist meistens sehr groß, besonders, wenn man daran denkt, daß der Zwischenraum zwischen Transistor und Kühlplatte — mit Glimmerscheibe und Compound — oft gleich $0,2 - 0,3^\circ \text{C/W}$ gerechnet wird.

Wenn man in dem hier angeführten Beispiel zwei Transistoren benutzt hätte, müßte die Kühlplatte notwendigerweise einen Wert von $1/4^\circ \text{C/W}$ haben. Das ist, als wenn Wasserkühlung notwendig wäre — nicht wahr! Rechnen Sie selbst nach!

Als Konstrukteur von Ausgangsstufen mit Kühlkörpern ist man normalerweise daran interessiert, entweder die Leistung, die man in einer bestimmten Kühlplatte absetzen kann, zu erkennen, oder zu wissen, wie groß die Kühlplatte für eine gegebene Leistung sein muß.

$$\text{Erst die Leistung: } W = \frac{T_J - T_0}{T_{JC} + T_{GK} + T_k}$$

wobei T_J die Kristalltemperatur (max. 175°C)

T_o die Umgebungstemperatur (ca. $25 - 50^\circ\text{C}$)

T_{JC} Junction to Case, Wärmeleitung ($^\circ\text{C/W}$, für To3 normal $1,2^\circ\text{C/W}$; Kunststoff ca. 2°C/W) ist.

T_{GK} ist die Wärmeleitung vom Transistorgehäuse durch Luft, Glimmerscheibe und Compound. Luft rechnet man bei gemäßigter Gesamtspannung mit 0,3 und Glimmerscheiben mit 0,7. Wenn man Compound auf beide Seiten schmiert, verbessern sie sich auf 0,2 – 0,3.

T_K ist die Wärmeleitung der Kühlplatte "zum Luftstrom". Dieser Wert beträgt, ganz abhängig von Profil und Größe der Kühlplatte, zwischen 100 und 0,3.

Wenn man die Wärmeleitung der notwendigen Kühlplatte wissen will, kann man folgende Formel benutzen:

$$T_K = \frac{T_J - T_{JC} \times W - T_{GK} \times W - T_o}{W}$$

Alle diese Größen sind bekannt und sind unter Leistungsberechnung angeführt.

Aufgabe 1

Wenn eine Diode in Richtung des Pfeiles an Plus und an Minus angeschlossen wird,

fließt dann ein Strom

A

oder kein Strom

B

Aufgabe 2

Was ist Beta? – β

Die Gesamtzahl der Situationen, in denen der Kollektorstrom größer ist als der Basisstrom?

A

Die Anzahl der Situationen, in denen der Kollektorstrom kleiner als der Basisstrom ist?

B

DC-Kopplung ist ein Ausdruck dafür, daß einige Komponenten so zusammengesetzt sind, daß ein Gleichstrom durch sie fließt. Ein Kondensator kann niemals gleichstromgekoppelt sein.

Im großen und ganzen werden DC-Kopplungen dazu benutzt, die Arbeitsströme und Spannung von Transistoren, auch Arbeitspunkt genannt, festzulegen. Daß wir trotzdem Kondensatoren im Ein- und Ausgang benutzen, ist, um die einzelnen Stufen AC-mäßig zusammenzukoppeln.

Damit ein Transistor verstärken kann, muß er mehr oder weniger Strom ziehen können. Deshalb variiert die Spannung über einem Lautsprecher oder Widerstand.

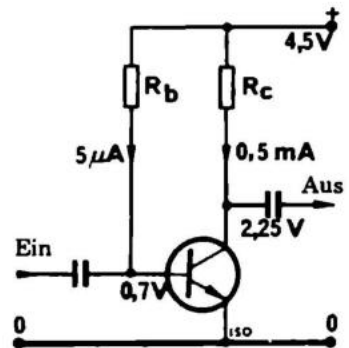


Fig. 17.1

Die einfachste Anordnung besteht aus einem Transistor und zwei Widerständen. Wir haben uns hier für eine 4,5 V Batterie und einen Strom von 0,5 mA entschieden. Bei diesem Strom stört ein Kleinsignaltransistor normalerweise am wenigsten.

Wenn das Eingangssignal den Basisstrom variiert, variiert der Kollektorstrom mehr, da ja — hoffentlich — im Transistor eine Stromverstärkung stattfindet. Der Kollektorstrom geht durch R_c , und die Stromänderung, die der Transistor verursacht, ergibt eine Spannungsänderung über den festen

Widerstand. Um die größte Variation hoch nach Plus und herunter nach Minus zu erreichen, wählen wir als Kollektorspannung die halbe Batteriespannung, 2,25 V.

Wir können den Kollektorwiderstand schon jetzt ausrechnen:

$$R = \frac{2,25 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} = 4,7 \text{ kOhm} = R_c$$

Um den notwendigen Basisstrom zu finden, können wir jetzt die Stromverstärkung der Datenliste entnehmen; für den angewandten Transistor, BC 170, ist $\beta = 100$.

Wir können den Basisstrom finden, da dieser 100mal kleiner ist als der Kollektorstrom, da man eine Verstärkung von der Basis zum Kollektor annehmen kann:

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{0,5 \text{ mA}}{100} = 5 \mu\text{A}$$

Wenn wir gleichzeitig wissen, daß die Diodenstrecke vom Emitter zur Basis leitet, und daß eine in Durchlassrichtung gepolte Diode eine Anlaufspannung von 0,7 V hat, wissen wir, wie groß die Spannung über R_b ist:

$$U_b = U - 0,7 \text{ V} = 4,5 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 3,8 \text{ V}$$

Aus diesem Zwischenergebnis kann man dann R_b errechnen:

$$R_b = \frac{U_b}{I} = \frac{3,8 \text{ V}}{5 \mu\text{A}} = 760 \text{ kOhm}$$

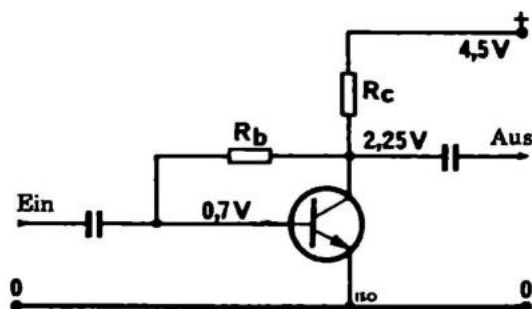


Fig. 17.2

Eine andere Möglichkeit ist, R_b an den Kollektor zu legen. Dadurch erreichen wir, daß ein Teil des Signals gegenkoppelt und dem hereinkommenden Signal entgegenwirkt. Das ergibt eine gleichmäßige Verstärkung über einen breiteren Frequenzbereich, eine geringere Verzerrung, eine bessere Temperaturstabilität und geringere Empfindlichkeit für variierende Stromverstärkung von Transistor zu Transistor. Als "Gegenleistung" erhalten wir eine kleine Verstärkung.

Wir wählen wieder eine 4,5 V Batterie und einen Kollektorstrom von 0,5 mA. Da die Regel für die halbe Kollektorspannung bereits gegeben ist, können wir R_c bestimmen:

$$R = \frac{U_c}{I} = \frac{2,25 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} = 4,7 \text{ kOhm} = R_c.$$

Wir müssen jetzt den Basiswiderstand finden. Die Stromverstärkung ist 100. R_b ist, im Gegensatz zum vorigen Beispiel, an die Kollektorspannung in Höhe von 2,25 V angeschlossen. Die Spannung über R_b ist deshalb:

$$2,25 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 1,55 \text{ V}$$

Daraus kann man R_b bestimmen:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,55 \text{ V}}{5 \mu\text{A}} = 310 \text{ kOhm} = R_b$$

Die 5 uA erhält man, wenn man den Kollektorstrom durch die Stromverstärkung dividiert.

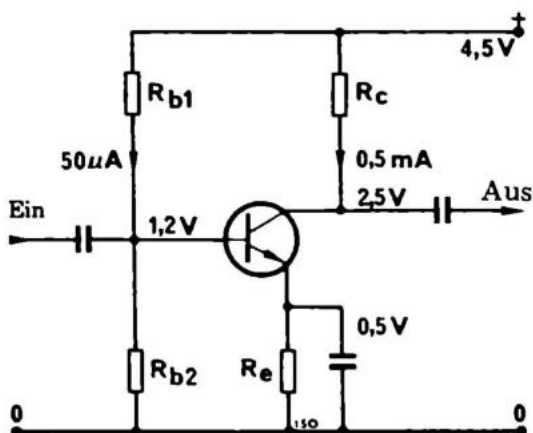


Fig. 17.3

In unserem dritten Beispiel ist die Arbeitspunkteinstellung fast unabhängig von der Stromverstärkung des Transistors. Das ist von großem Vorteil.

Wir wählen eine Batteriespannung von 4,5 V und einen Strom von 0,5 mA. Gleichzeitig müssen wir eine Spannung über R_e wählen. Diese beträgt normalerweise 10 – 30% der Batteriespannung. Der Widerstand stabilisiert den Transistor gegen Temperaturschwankungen. Wir haben eine Spannung von 0,5 V gewählt.

Um eine Kollektor-Emitterspannung von $U_{CE} = 2 \text{ V}$ zu erhalten, muss dann die Spannung zwischen Kollektor und Masse 2,5 V werden.

Wir können jetzt den Kollektorwiderstand bestimmen:

$$R_c = \frac{U}{I} = \frac{2,0 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} = 3,9 \text{ k}\Omega$$

Achten Sie hier, wie überall, darauf, daß wir nicht den genauen Wert, sondern die nächste Standardgröße angeben. Als nächstes errechnen wir den Emittorwiderstand:

$$R_e = \frac{U}{I} = \frac{0,5 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} = 1 \text{ k}\Omega$$

Wir müssen jetzt die beiden Basisspannungsteiler-Widerstände ausrechnen. Um die Teilspannung unempfindlich gegen Schwankungen des Basisstromes zu machen, wird der Querstrom zehnmal größer als der notwendige Basisstrom gewählt. Der notwendige Basisstrom ist $5 \mu\text{A}$, da die Stromverstärkung 100-fach und der Kollektorstrom $0,5 \text{ mA}$ ist.

Soll der Querstrom durch den Spannungsteiler 10 mal größer als der Basisstrom werden, sind das dann $50 \mu\text{A}$. Wir müssen jetzt die Basisspannung des Transistors kennen, um die Spannung über beiden Basiswiderständen zu finden.

Der Transistor hat eine Basis-Emitterspannung von $0,7 \text{ V}$, und von Emitter nach Masse hatten wir eine Spannung von $0,5 \text{ V}$ gewählt. Insgesamt ist die Spannung an der Basis somit $1,2 \text{ V}$ ($0,7 + 0,5 \text{ V}$) gegen Masse.

Die Spannung über R_{b2} ist $1,2 \text{ V}$ und der Strom $50 \mu\text{A}$:

$$R_{b2} = \frac{U}{I} = \frac{1,2 \text{ V}}{50 \mu\text{A}} = 22 \text{ kOhm}$$

Die Spannung über R_{b1} ist selbstverständlich die Batteriespannung minus der Spannung über R_{b2} , $4,5 \text{ V}$ minus $1,2 \text{ V}$.

U über $R_{b1} = 3,3 \text{ V}$. Man kann jetzt den Widerstand von R_{b1} ausrechnen, $I = 50 \mu\text{A}$.

$$R_{b1} = \frac{U}{I} = \frac{3,3 \text{ V}}{50 \mu\text{A}} = 68 \text{ kOhm}$$

Die Kondensatoren im Ein- und Ausgang koppeln vor- und nachfolgende Stufen an, ohne unsere Gleichstromarbeitspunkte zu beeinflussen. Sie überführen nur Wechselspannungen, siehe bitte AC-Kopplungen.

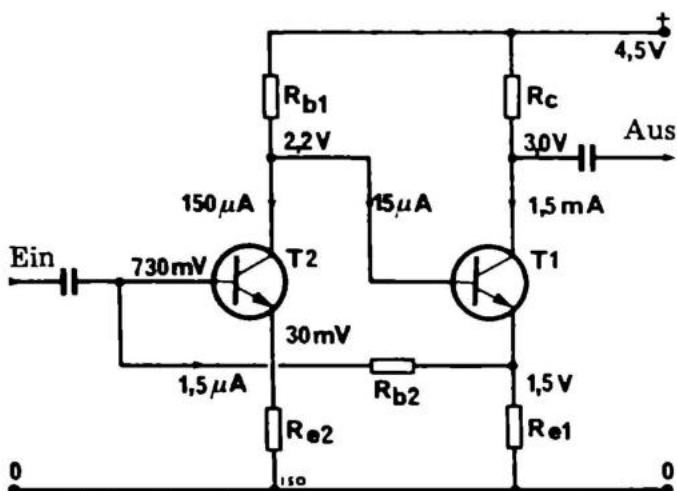


Fig. 17.4

S. AE 2

Bei unserem vierten Beispiel zeigen wir, wie man zwei Transistoren DC-mäßig koppeln kann.

Erst legen wir den Strom in T1 auf 1,5 mA fest, und die Batteriespannung auf 4,5 Volt. Gleichzeitig gehen wir so weit, uns eine Eingangsimpedanz von 15 kOhm zu "wünschen", z.B. für einen Tonabnehmer.

Den Emitterwiderstand für T1 kann man finden, wenn man die Spannung, die über ihm stehen soll, festlegt. Wir wählen 1,5 V, da die Basisspannung des vorgeschalteten Transistors auf jeden Fall 0,7 V sein soll, und wir über diesen 0,7 V liegen müssen.

Bei dieser Spannung und dem gegebenen Strom finden wir Re 1:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,5 \text{ V}}{1,5 \text{ mA}} = 1 \text{ kOhm} = R_{e1}$$

Der Transistor T 1 kann zwischen 1,5 V und 4,5 V angesteuert werden. Wir legen den Kollektor-Arbeitspunkt daher in die Mitte dieses Bereiches, auf 3 V. Es verbleiben so 1,5 V als Spannungsabfall am Kollektorwiderstand.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,5 \text{ V}}{1,5 \text{ mA}} = 1 \text{ kOhm} = R_{c1}$$

Der Strom in T 2 wird zehnmal größer als der notwendige Steuerstrom für T 1 gewählt. Diese Festlegung wird getroffen, um unabhängig von den Streudaten des Transistors zu werden und um eine gute Temperaturstabilität zu erreichen. Ähnliches haben wir schon im dritten Beispiel gemacht, wo der Querstrom durch R_{b1} und R_{b2} zehnmal so groß gewählt wurde. Bei einer Stromverstärkung von 100 und einem Kollektorstrom von 1,5 mA ist der notwendige Steuerstrom für T₁ entsprechend 15 μ A. Der Strom in T₂ wird zehnmal größer gewählt, 150 μ A. Die Basisspannung in T₁ ist notwendigerweise gleich dem Spannungsabfall U_E am Emitterwiderstand plus der Basis-Emitterspannung U_{BE} :

$$U_b = U_e + U_{be} = 1,5 \text{ V} + 0,7 \text{ V} = 2,2 \text{ V}$$

Diese Spannung ist bei Gleichstromkoppelung gleich der Kollektorspannung von T₂: da ja die Basis von T₁ und der Kollektor von T₂ direkt miteinander verbunden sind. Die Spannung über R_{b1} muss also gleich der Batteriespannung von 4,5 V minus 2,2 V * 2,3 V sein.

R_{b1} ist ausgerechnet:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2,3 \text{ V}}{150 \mu\text{A}} = 15 \text{ kOhm} = R_{b1}$$

Jetzt müssen wir R_{e2} finden. Sie wissen, daß die Eingangsimpedanz eines Transistors fast gleich dem Produkt aus Stromverstärkung und Emitterwiderstand ist. Da wir eine Eingangsimpedanz Z_{ein} von 15 kOhm wünschen und eine Stromverstärkung von 100 haben, können wir den Emitterwiderstand errechnen:

$$R_e = \frac{Z_{ein}}{\beta} = \frac{15 \text{ kOhm}}{100} = 150 \text{ Ohm} = R_{e2}$$

Wir müssen jetzt nur noch die Spannung über R_{b2} finden. Zuerst einmal bestimmen wir die Spannung über R_{e2} :

$$U_e = I \times R = 150 \mu\text{A} \times 150 \text{ Ohm} = 0,02 \text{ V}$$

$$U_{b2} = 0,7 \text{ V} + 0,02 \text{ V} = 0,72 \text{ V}$$

Die Spannung über $R_{b2} = U_{e1} - U_{b2} = 1,50 \text{ V} - 0,72 \text{ V} = 0,8 \text{ V}$.

Man kann dann den Widerstand R_{b2} ausrechnen:

$$I_{R2} = \frac{I_T}{\beta} = \frac{150 \mu\text{A}}{100} = 1,5 \mu\text{A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,8 \text{ V}}{1,5 \mu\text{A}} = 470 \text{ k}\Omega$$

Alle Widerstände sind jetzt ausgerechnet. Die Gegenkopplung in dieser Stufe ist stark, doch können wir sie verringern indem wir die gegenkoppelnden Widerstände durch Kondensatoren für Wechselfspannung mehr oder weniger kurzschliessen. Das wird im nächsten Kapitel besprochen.

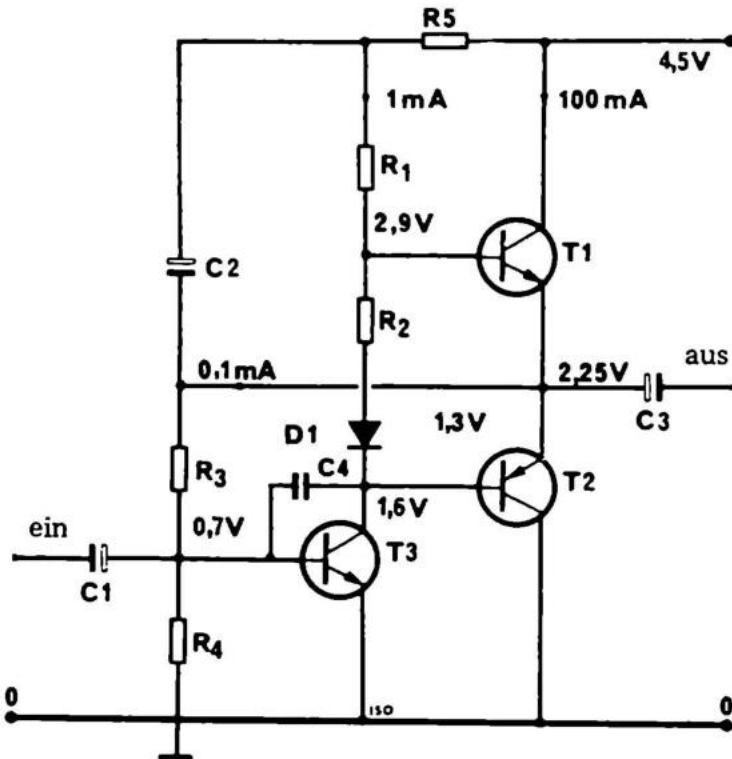


Fig. 17.5 s. AE 1

In diesem 5. Beispiel zeigen wir, wie man eine Gegentakt-Ausgangsstufe — zum direkten Betrieb von Lautsprechern — aufbauen kann. Folgende Werte sind dafür gegeben:

Lautsprecher 3,2 Ohm
2 Transistoren BC 170, 50 mA, 20 V, 100 mW, β 100
1 Transistor MEO 412, 50 mA, 20 V, 100 mW, β 100.

Zuerst besprechen wir die Funktion der Schaltung:

T1 und T2 sind komplementäre Transistoren, von denen der eine, BC 170, den Lautsprecher in der positiven Halbperiode betreibt, und der andere, MEO 412, in der negativen. Das nennt man PUSH-PULL. Dies ist die Form für Ausgangsverstärker, die die größte Nutzwirkung und die grösste Ausgangsleistung mit den kleinsten Transistoren gibt.

T3 ist der Steuertransistor, der die Basen der Ausgangstransistoren T1 und T2 aussteuert.

Da die Transistoren nicht linear sind, muß man sie mit einer Basisvorspannung versehen, damit sie einen so großen Strom ziehen, daß sie den Teil ihrer Charakteristik erreichen, welcher linear ist. Diesen notwendigen Strom nennt man Leerlaufstrom. Wenn die Basen von T1 und T2 direkt zusammenlägen, erhielten wir keinen Leerlaufstrom, sondern Cross-over-Verzerrung, welche besonders bei geringen Aussteuerungen deutlich wird.

T1 und T2 erhalten ihre Basisspannung über R2 und D, wobei die Diode gleichzeitig eine Temperaturstabilisierung bewirkt. Wenn R1 zu groß ist, kann dies zur Folge haben, dass beide Transistoren durchgeschaltet sind und damit den Ausgang praktisch kurzschliessen. R1 ist der Kollektorwiderstand von T3. T3 erhält seine Basisvorspannung vom Mittelpunkt zwischen T1 und T2. Das gibt eine gute Temperaturstabilität.

Oft setzt man auch einen Emitterwiderstand von 20 – 100 Ohm für T3 ein, und in größeren Ausgangsstufen Emitterwiderstände für T1 und T2 von 0,3 – 1 Ohm.

Wir wollen die Stufe jetzt mit den angegebenen Daten berechnen:

Die Spannung am Mittelpunkt von T1 und T2 ist 2,25 V und kann von 0 V bis 4,5 V variieren. Normalerweise messen wir in effektiven Werten und müssen dann durch $\sqrt{2}$ dividieren. Das ergibt eine maximale Wechselspannung von 1,6 Volt. Wir können jetzt mit Hilfe des Ohm'schen Gesetzes die grösste Ausgangsleistung errechnen:

$$N = \frac{U^2}{R} = \frac{1,6^2}{3,2} = 0,8 \text{ Watt}$$

Das ist jedoch mehr, als die Transistoren leisten können. Da die beiden Transistoren wechselseitig nur jeweils mit einer Halbwelle belastet werden, können sie in der Arbeitsphase mit der doppelten Verlustleistung, also mit 200 mW belastet werden. Bei 200 mW und einem 3,2 Ohm-Lautsprecher wird der Kollektorstrom:

$$I^2 = \frac{N}{R} = I = \sqrt{\frac{N}{R}} = \sqrt{\frac{0,2 \text{ W}}{3,2 \text{ Ohm}}} = 0,25 \text{ A} = 250 \text{ mA}$$

Dieser Strom ist akzeptabel, da die Transistoren nur die Hälfte der Zeit arbeiten.

Wir können jetzt sofort den notwendigen Basisstrom bestimmen, da die Verstärkung 100 ist.

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{250 \text{ mA}}{100} = 2,5 \text{ mA}$$

Da T3 zusammen mit R1 und R5 einen Spannungsteiler bildet wie R_{b1} und R_{b2} im dritten Beispiel, wählen wir aus dem gleichen Grund wie im 3. Beispiel den Strom dreimal größer in R1 und T3. Das entspricht 8 mA.

Wenn die Mittelpunktspannung 2,25 V ist und die Basis-Emitter-Spannung 0,7 V, dann ist die Basis-Kollektorspannung 1,55 V (siehe Schaltplan).

Wir kennen jetzt sowohl Strom als auch Spannung und können nunmehr den Widerstand ausrechnen:

$$R1 = \frac{U}{I} = \frac{1,55 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 180 \text{ Ohm}$$

Danach errechnen wir R2. Die Diode D braucht 0,7 Volt, für R2 bleiben ca. 0,5 Volt (0,7 V) übrig. Dieser Widerstand muß ziemlich genau sein, damit die Transistorstufe nicht mit u großem Leerlaufstrom läuft.

$$R2 = \frac{U}{I} = \frac{0,5 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 68 \text{ Ohm}$$

Der Transistor T3 wird einen Strom von 8 mA führen. Damit die richtige Spannung über ihm ist, muß der richtige Basisstrom fließen. Wenn die Stromverstärkung 100 ist, beträgt der notwendige Basisstrom 80 uA. In R3 und R4 haben wir einen stabilisierten Spannungsteiler. Um ihn zu stabilisieren, muß der Strom in diesem Spannungsteiler zehnmal größer sein als der notwendige Steuerstrom für T3 – 0,8 mA.

Die Spannung von der Basis nach Masse ist 0,7 V, wodurch man R4 ausrechnen kann.

$$R4 = \frac{U}{I} = \frac{1,55 \text{ V}}{0,8 \text{ mA}} = 2,2 \text{ kOhm}$$

Dann rechnen wir den gesamten Widerstand von R3 aus:

$$U_{R3} = U_{\text{mitt}} - U_{b3} = 2,25 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 1,55 \text{ V}$$

$$R3 = \frac{U}{I} = \frac{1,55 \text{ V}}{0,8 \text{ mA}} = 2,2 \text{ kOhm}$$

Der Ausgangskondensator ist 320 uF/6,4 V und der Eingangskondensator 6,4 uF/25 V. Der Basiswiderstand von T1 ist aus mitkopplungsmäßigen Gründen gleichmäßig geteilt und mit einem Kondensator gekoppelt. Das ergibt eine hohe Arbeitsimpedanz für T1, was geringere Verzerrung mit sich bringt. Die Daten stehen bei AE 1.

Der Kondensator C4 unterdrückt Schwingneigung. C4 ist 100 pF. In ungünstigen Fällen kann das Gerät ohne den Kondensator anfangen mit fast 100 MHz zu schwingen. Dies ist also ein gutes Beispiel, wie man Selbsterregung verhindern kann. Solche Schwingungen kann man natürlich nicht hören, sie verzerren aber indirekt das NF-Signal oder lassen es zischen.

Beispiel 6 — Netzteilschaltung

Wir haben bisher nur von DC-Verstärkern gesprochen. Eine Schaltung, die genauso allgemein und wissenswert ist, ist die stabilisierte Stromversorgung.

Stabilisierte Netzteile gibt es in vielen Varianten. Die Schaltung, welche wir hier besprechen wollen, arbeitet mit Serienregelung und hat ausserdem eine eingebaute Strombegrenzung (elektronische Sicherung). Die Anordnung ist gut durchdacht, und man hat zum niedrigsten Preis die meisten Vorteile. Das Prinzip wird in der Josty Kit Stromversorgung NT 315 benutzt. Den Schaltplan kann man in vier Funktionen aufteilen:

1. Stromversorgung, Transformator, D1 und C1;
2. Serienregelung, T1, T2, R1, R2, R3 und C3;
3. Referenz und Fehlstromregulator, T3, R6, R7 und C2;
4. Strombegrenzer, T4, R4, R5 und C4.

1. Von diesen vier zusammengesetzten Einheiten haben wir bereits die Stromversorgung mit Transformator, Gleichrichterbrücke und Ladekondensator besprochen.

2. Die Serienregelung besteht aus T1 und T2 in der bekannten Darlington-Kopplung.

T1 ist ein Leistungstransistor von 10–200 Watt und T2 ein "Kleinsignaltyp" von 100 mW — 10 W, der dazu dient, den Serientransistor T1 zu steuern. Wenn man die Transistoren Darlington-koppelt, erhält man eine neue Gesamtstromverstärkung von $\beta T1 \times \beta T2$. Beispielsweise: $20 \times 100 \times 2.000$ mal. Bei einem Ausgangsstrom von 2 A, der ja gleichzeitig der Kollektorstrom von T1 ist, braucht man also nur einen Steuerstrom von 1 mA in diesem Falle.

R1 und R2 sind die Basiswiderstände für die Darlington-Kopplung, und diese Widerstände sollten mindestens die oben angegebenen 1 mA abgeben, auch wenn die Spannung am Ausgang fast die gleiche ist wie am Eingang. Wir haben einen Unterschied von 2 Volt und erhalten einen Widerstand für R1 und R2 von $2 \cdot 10^{-3} = 2$ kOhm. R1 und R2 "bekommen" je 1 kOhm.

C3 schließt das Restbrummen von R1 so kurz, daß davon nichts durch T2 und T1 zum Ausgang kommt. Die einzige Aufgabe von R3 ist die, einen eventuellen Leckstrom in T1 daran zu hindern, Einfluß auf die Ausgangsspannung zu nehmen.

3. Der Referenzverstärker leitet über den Spannungsteiler R6, R7 und über T3 von der Ausgangsspannung eine Steuergröße ab, die als Basisstrom von T2 den Serientransistor T1 so beeinflusst, dass Schwankungen der Ausgangsspannung ausgeglichen werden. Die Schaltung ist dabei so ausgelegt, daß die Regulierung von Null bis zur vollen Belastung innerhalb von 10% liegt (0 – 2.200 mA). Das ist in den meisten Fällen ausreichend.
4. T4 wird mit der über R4 stehenden Spannung angesteuert. Wenn diese Spannung 0,7 V übersteigt, zieht der Transistor Strom, verringert dadurch den Basisstrom von T2 und bewirkt dadurch, dass T1 zugesteuert wird, die Ausgangsspannung also gegen Null geht. Wenn man R4 so dimensioniert, daß 0,7 V über ihm sind – bei 1 Ampere – kann man die Größe nach dem Ohm'schen Gesetz ausrechnen:

$$R = \frac{0,7 \text{ V}}{1 \text{ Ampere}} = \underline{0,7 \text{ Ohm}}$$

Sie können also mit Hilfe einer einfachen Ausrechnung den Kurzschlußstrom begrenzen:

z.B. 100 mA = 7 Ohm (6,8 Ohm).

Versuchen Sie, andere Beispiele zu rechnen!

R5 und C4 verhindern im Kurzschlussfall hochfrequente Schwingungen in der Schaltung.

Schwingen bei voller Belastung führt zum sofortigen Zerstören der Transistoren.

Die gezeigte Stabilisierungsschaltung kann für alle Transformatoren zwischen 0 und 30 Volt – mit folgenden Bauelementen – benutzt werden:

R1 = 1 kOhm, R2 = 1 kOhm, R3 = 100 Ohm, R4 s. Text

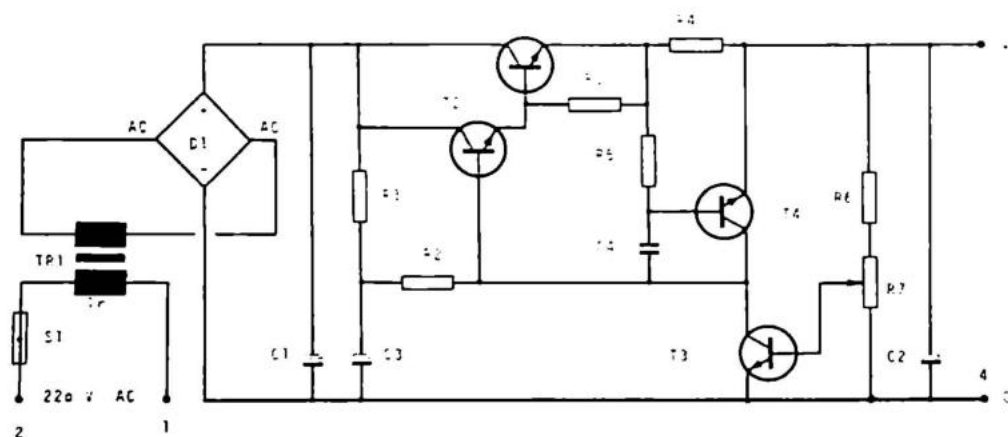
(0,3 – 100 Ohm; Stromregulation), R5 = 1 kOhm,

R6 = 100 Ohm, R7 = 10 kOhm.

C1 = 1000 oder 2.000 μ F/40 V, C2 = 100 μ F/40 V, C3 = 100 μ F/40 V,

C4 = 100 pF – 1 nF.

T1 = 2 N 3055, MJE 3055, BD 165 oder ähnliche NPN Leistungs-Transistoren. T2 = BD165, T3 = 3C171, T4 = BC171, D1 = B 40 C 2200 oder ein kleinerer, B 40 C 600, abhängig vom gewünschten Strom. Der erste "taugt" für 2.000 mA und der andere für 600 mA.



Aufgabe 1

Ein Transistorstufe soll wie im ersten Beispiel konstruiert werden. Die Stromverstärkung ist 75, der gewünschte Kollektorstrom 0,5 mA und die Versorgungsspannung 6 V. Wie groß müssen R_C und R_B sein?

R_C	R_B	
12,0 kOhm	680,0 kOhm	A <input type="checkbox"/>
5,6 kOhm	820,0 kOhm	B <input type="checkbox"/>
5,6 kOhm	680,0 kOhm	C <input type="checkbox"/>
12,0 kOhm	1,5 kOhm	D <input type="checkbox"/>

Aufgabe 2

Es soll eine Transistorstufe wie im dritten Beispiel konstruiert werden. Versorgungsspannung ist 3 V. Der gewünschte Kollektorstrom ist 1 mA, und wir legen 0,7 V über den Emitterwiderstand. $\beta = 100$ für T1. Welche Widerstandskombination ist die beste?

R_e	R_C	R_{b1}	R_{b2}	
680 Ohm	1,2 kOhm	6,8 kOhm	22 kOhm	A <input type="checkbox"/>
680 Ohm	1,2 kOhm	15,0 kOhm	15 kOhm	B <input type="checkbox"/>
1,2 Ohm	2,2 kOhm	15,0 kOhm	15 kOhm	C <input type="checkbox"/>
680 Ohm	2,2 kOhm	6,8 kOhm	22 kOhm	D <input type="checkbox"/>

Aufgabe 3

Versuchen Sie, eine Gegentakt-Endstufe wie in Beispiel 5 zu konstruieren. Die Spannung beträgt statt 4,5 V nunmehr 15 V. Sie können kräftige Transistoren benutzen, z.B.

T1, BD 165, 10 W, $\beta = 50$, 1,5 A, 40 V, NPN

T2, BD 166, 10 W, $\beta = 50$, 1,5 A, 40 V, PNP

T3, BC 171, 300 mW, $\beta = 100$, 100 mA, 40 V, NPN.

Wie groß ist die erreichbare Leistung, und wie groß müssen die Widerstände sein?

W	$R1$ und $R5$	$R2$	$R3$	$R4$	
2	680 + 680 Ohm	100 Ohm	10 kOhm	1 kOhm	A <input type="checkbox"/>
6	68 + 68 Ohm	10 Ohm	1 kOhm	100 Ohm	B <input type="checkbox"/>

Eine AC-Kopplung ist eine Kopplung, die Wechselstrom durch lässt und Gleichstrom sperrt. Wir haben nur zwei Komponenten mit dieser Eigenschaft, Kondensatoren und Transformatoren. Transformatoren werden vorzugsweise bei HF angewandt, da sie bei NF zu gross und zu teuer sind.

KONDENSATORKOPPLUNG

Für AC-Kopplungen im NF-Bereich werden fast nur Kondensatoren benutzt. Die Verstärkung in einem Transistor ist davon abhängig, ob ein Signal über Basis-Emitter kommt. Wenn man eine möglichst große Verstärkung erreichen will, darf das Signal unterwegs nicht behindert werden. An Hand von Fig. 18.1 soll dies gezeigt werden. Die Signal-Wechselspannung liegt zwischen E und Masse und teilt sich auf auf die Basis-Emitterstrecke von T1 und auf R4. Je größer R4 ist, umso mehr des Signals wird hier statt am Basis-Emitter abgesetzt. Das gibt einen Signalverlust. Um das zu umgehen, koppelt man einen Kondensator vom Emitter nach Masse, was den Emitter "kalt" macht, das heißt, daß der Emitter wechselstrommäßig mit Masse verbunden ist.

Der Kondensator sollte so groß wie möglich sein. Der Preis und die mechanische Größe führen jedoch dazu, daß man ihn so klein wie möglich machen möchte. Die Impedanz eines Kondensators ist am geringsten bei hohen Frequenzen, so daß es die Bässe sind, die Schwierigkeiten machen.

In der Praxis kann das menschliche Ohr eine Lautstärkeänderung von 3 dB nicht hören. 3 dB sind eine Signalhalbierung, weshalb die Impedanz des Kondensators nur gleich dem Widerstand sein muß, der über ihm liegt. Eine Parallelverbindung von zwei einzelnen Widerständen ergibt den halben Ohm'schen Wert.

Wenn der Widerstand 1 kOhm ist, muß die Impedanz des Kondensators 1 kOhm für die niedrigste Frequenz (20 Hz) sein.

$$C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times Z_c} = \frac{1}{6,28 \times 20 \times 1000} = 8 \times 10^{-6} = 8 \text{ uF}$$

Wir wählen 12 uF/25 V:

Der Koppelkondensator C1 muß eine kleine Impedanz – im Verhältnis zur Eingangsimpedanz der Stufe – haben. Die Eingangsimpedanz ist von R1 und R2 (parallelgekoppelt) parallel mit der Eingangsimpedanz des Transistors bestimmt. Mit einem Ableitkondensator ist sie in der Regel 1 kOhm, und ohne diesen ist sie R4 multipliziert mit der Stromverstärkung.

Mit C2 haben wir:

$$Z_i = 1 \text{ kOhm}$$

Alles parallel ergibt:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10 \text{ kOhm}} + \frac{1}{27 \text{ kOhm}} + \frac{1}{1 \text{ kOhm}} = \frac{1}{900 \text{ Ohm}}$$

$$R = 900 \text{ Ohm}$$

$z_c = 900 \text{ Ohm}$ bei 20 Hz ergibt 8 uF, und wir benutzen 12,5 uF/25 V.

Ohne C2 haben wir:

$$Z_i = 1 \text{ kOhm} \times 100 = 100 \text{ kOhm}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10 \text{ kOhm}} + \frac{1}{27 \text{ kOhm}} + \frac{1}{100 \text{ kOhm}} = \frac{1}{7 \text{ kOhm}}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times z_c} + \frac{1}{6,28 \times 20 \times 7000} = 1,2 \text{ uF}$$

Wir wählen 4 uF/10 V.

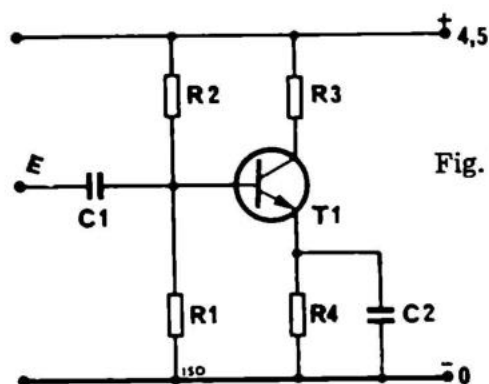


Fig. 18.1

TRANSFORMATORKOPPLUNG

In vielen japanischen Radios sah man früher 1 bis 2 Transformatoren im NF-Teil. Auf diese Art erhält man große Verstärkung, Impedanzanpassung und Effektivität mit einem Minimum an Transistoren. Da die Arbeitslöhne auch in Japan heute hoch sind und wesentlich mehr Arbeit mit der Herstellung von Transformatoren als mit der von Transistoren verbunden ist, ist es verständlich, daß Japan, wie auch Hong Kong, Korea, China und andere Ostländer am Arbeitslohn sparen.

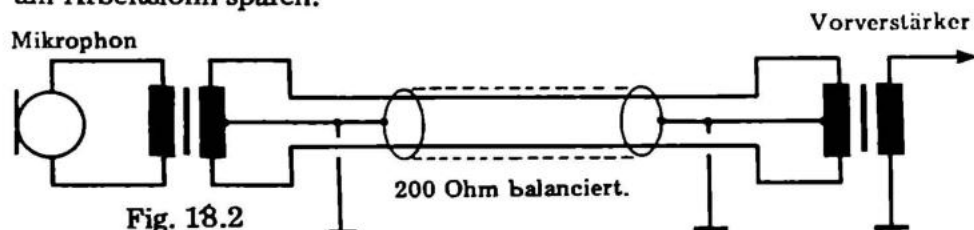


Fig. 18.2

Unsere guten Transformatoren sind noch nicht veraltet als Koppelglieder im Mikrophonbereich. Denn man kann mit einem balancierten Transformator und einem abgeschirmten Kabel mit zwei Leitern alles Brummen ausbalancieren. (s. Fig. 18.2)

Aufgabe 1

Ein Transistor soll den Emitterwiderstand von 300 Ohm abgeblockt haben. Die am Verstärker angeschlossene Lautsprecheranlage kann Frequenzen bis herunter zu 40 Hz wiedergeben. Wie groß muß der Kondensator minimal sein?

- 13 μF
- 25 μF
- 250 μF
- 125 μF

- A
- B
- C
- D

Die Filterkonstruktionen gehören zu den AC-Kopplungen. Die Idee bei einem Filter ist, bestimmte Frequenzen gegenüber anderen zu dämpfen. Die grundlegende Schaltung ist ein frequenzabhängiger Spannungsteiler. Solche Filter nennt man auch RC-Filter.

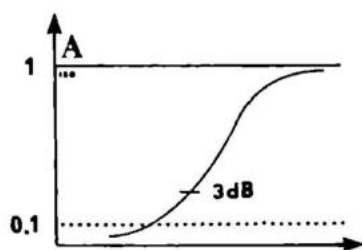
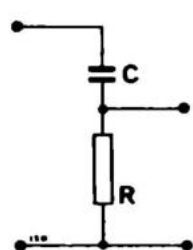


Fig. 19.1 s. AE 9

HÖHENANHEBUNG

Der Filter in Fig. 19.1 läßt alle hohen Frequenzen passieren, leitet jedoch schlecht für niedrige. Die Grenzfrequenz ist die, bei der die Hälfte des Signals passiert, was bedeutet, daß die Impedanz des Kondensators gleich dem Widerstand R sein muß. In der Praxis kann man sagen, daß, wenn der Kondensator hohe Frequenzen gut leitet, diese unbehindert übertragen werden. Niedrigere Frequenzen werden nur schlecht übertragen, da der Widerstand des Kondensators dafür zu groß ist.

Die Werte der Komponenten findet man, indem man den Widerstand R wählt und den Kondensator C berechnet. Der Widerstand R wird mindestens zehnmal kleiner als die Eingangsimpedanz des Kreislafs oder Verstärkers, dem der Filter zugeschaltet werden soll, gewählt. Wenn die Eingangsimpedanz des Verstärkers $100\text{ k}\Omega$ ist, wird R also zu $10\text{ k}\Omega$ gewählt. Da der Kondensator für die gewählte Grenzfrequenz — bei 3 dB Dämpfung — die gleiche Impedanz haben muß, können wir diesen sofort ausrechnen:

$$f = 10\text{ kHz}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times 2c}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 10^4 \times 10^4} \approx 1,5\text{ nF}$$

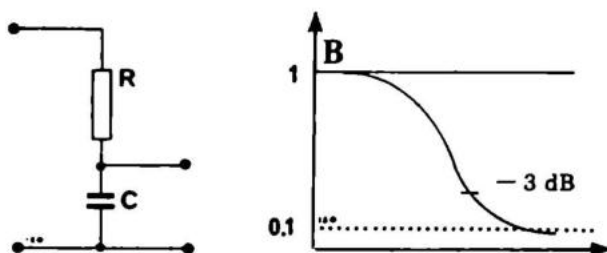


Fig. 19.2

HÖHENABSENKUNG

Mit der Schaltung nach Fig. 19.2 senkt man die Höhen.

In der Praxis wirkt diese Schaltung so, daß hohe Frequenzen durch den Kondensator nach Masse laufen (kurzgeschlossen werden). Mittlere und tiefe Töne laufen direkt hinaus zum Verstärker. Der Grund dafür, daß Mittel- und Baßtöne nicht auch durch den Kondensator laufen, ist der, daß dieser einen großen Widerstand gerade in diesem Bereich aufweist. Genau wie in unserem vorherigen Beispiel berechnet man den Kondensator C und wählt den Widerstand R . R wählt man zehnmal kleiner als die Eingangsimpedanz des nachfolgenden Verstärkers. Mit den Daten aus dem vorigen Beispiel erhalten wir also die gleichen Werte, $1,5\text{ nF}$ und $10\text{ k}\Omega$ bei $f = 10\text{ kHz}$.

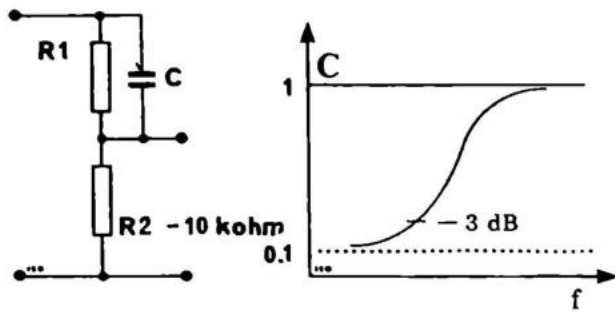


Fig. 19.3

HÖHENANHEBUNG (20 dB)

Man kann eine Höhenanhebung auch wie in Fig. 19.3 aufbauen. Die Funktion ist die gleiche wie in Fig. 19.1, aber hier ist die Dämpfung auf 20 dB festgelegt, was ca. zehn Mal entspricht. Wenn Sie das Verhältnis zwischen der Größe Dezibel (dB) und der Verstärkung nicht kennen, kann Ihnen der Abschnitt T4.1 helfen.

In der Praxis fungiert die Höhenanhebung, Fig. 19.3, so, daß die Widerstände R1 und R2 den Signaldurchgang mit 10 (20 dB) dämpfen. Das bedeutet, daß 100 mV herauskommen, wenn man 1.000 mV hineinschickt.

Der Kondensator C bricht das Spannungsteilverhältnis für die hohen Frequenzen, indem er diese am Widerstand R1 vorbeiführt. Dadurch wird die Ausgangsspannung für hohe Frequenzen größer. Wir "heben" die Höhen, nachdem wir erst den gesamten Tonbereich durch R1 und R2 gedämpft haben. In den folgenden Beispielen, wie in allen vorhergehenden, wählen wir den Widerstand im Ausgang des Filters zehnmal kleiner als die Eingangsimpedanz des nachfolgenden Verstärkers. Wir haben für R2 10 kOhm gewählt. Um ein Spannungsteilverhältnis von 10 zu 1 zu erhalten, wählen wir für R1 100 kOhm (11:1). Der Wert des Kondensators C wird nach dem Widerstand ausgerechnet, um den die hohen Frequenzen herumgeleitet werden. In diesem Fall, mit dem Widerstand R2 für 10 kOhm und der gleichen Grenzfrequenz wie in Fig. 19.1, $f = 10$ KHz, erhalten wir:

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times Z}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 10^4 \times 10^5}$$

Denken Sie daran, daß $Z_c = R_2 = 100 \text{ k}\Omega = 10^5 \text{ Ohm}$ ist.

$$C = 150 \text{ pF}$$

HÖHENABSENKUNG

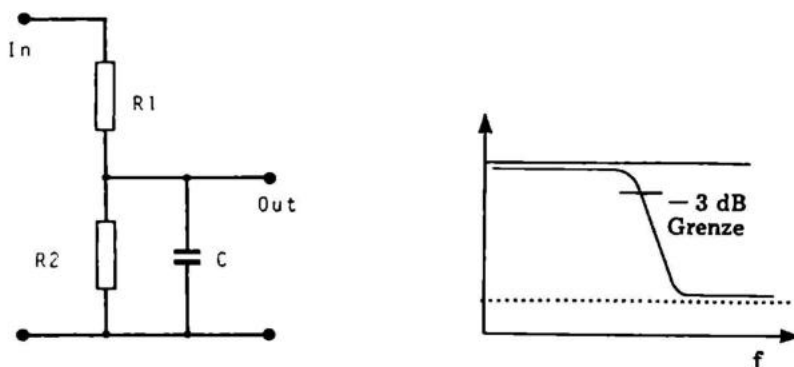


Fig. 19.4

In Fig. 19.4 sehen Sie, wie man die Höhen senkt. Der Spannungsteiler, $R_1 + R_2$, dämpft das Signal zehnmal, und die Höhen werden besonders gedämpft, da der Kondensator C sie nach 0 leitet (Masse oder Chassis).

Man wählt R_1 und R_2 nach dem gewünschten Verhältnis (10mal) und der Eingangsimpedanz der angeschlossenen Schaltung. Der Kondensator C wird für die gleiche Impedanz ausgerechnet, wie der Widerstand R_2 . $R_2 = Z_c$ nach gewünschter Grenzfrequenz (normalerweise zwischen 2 und 15 KHz).

Für 10 kHz und $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ist $C = 1,5 \text{ nF}$.

Das Höhenabsenkungsfiler wird oft unter dem Namen "Rauschfilter" für ältere Schallplatten benutzt. Der Bereich ist hier 3 – 7,5 kHz.

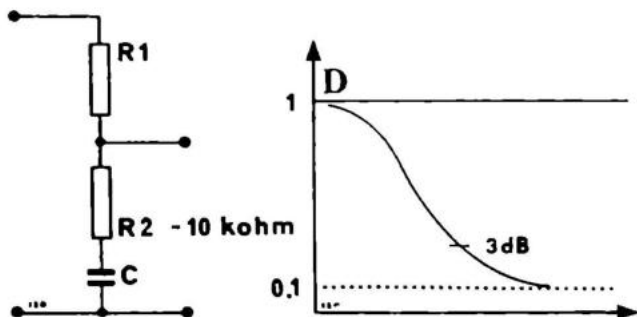


Fig. 19.5 s. AE 8

BASSANHEBUNG (20 dB)

Kennen Sie einen Elektronikinteressierten, der einen Verstärker gebaut und dann einen Plattenspieler daran angeschlossen hat und nachher herausfand, daß die Wiedergabe sich "spitz" anhörte? Das ist auf jeden Fall eine Aufgabe, vor die der Verfasser dieses Buches häufig gestellt wurde.

Dieser Filter, der zuerst das Signal dämpft und dann die Bässe anhebt, kann einiges von dem "spitzen" Klang entfernen.

Der Grund dafür, daß ein Plattenspieler überhaupt "spitz" klingt, ist, daß eine Schallplatte aus Platz- und Geräuschgründen mit ca. 20 dB Baßsenkung und 20 dB Höhenanhebung geschnitten wird. Bei der Wiedergabe gibt man die fehlende Baßwiedergabe wieder hinzu durch einen Baß-Hebefilter von +20 dB, und die Höhen werden um 20 dB gesenkt. Durch die Höhensenkung senkt sich auch das Rillenrauschen, — praktisch, nicht wahr!

Unser Baßanhebungs-Filter senkt die Höhen nicht so, wie sie bei der Plattenabspielung gesenkt werden müßten, aber wir haben solch einen kombinierten Filter, wie AE 10 (nach CCIR-Norm) konstruiert. Sehen Sie hinten im Buch unter AE 10 nach.

Über all diesen Gedanken über Plattenspieler dürfen wir nicht die Berechnung des Baßanhebungs-Filters vergessen. R2 wird nach der Eingangsimpedanz des nachfolgenden Verstärkers gewählt. In Fig. 19.5 ist das 10 kOhm. Danach wählen wir R1 für das gewünschte Spannungsverhältnis von 1 : 10 zu 100 kOhm. Der Kondensator C kann jetzt nach der gewünschten Grenzfrequenz gewählt werden, z.B. 150 Hz:

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times Z_c} \quad Z_c = R_2$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times Z_c} \approx 100 \text{ nF}$$

Versuchen Sie es selbst mit einer anderen Frequenz.

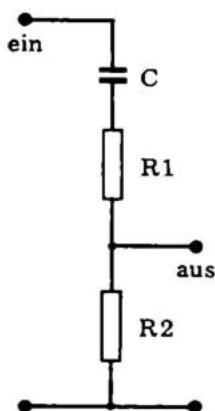
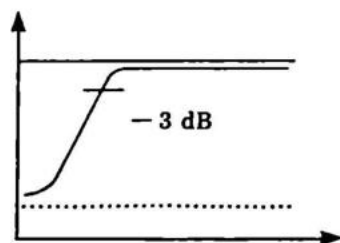


Fig. 19.6



BASSENKUNG

Wenn die Bässe zu stark sind oder man das Rumpeln vom Plattenspieler hört, kann man den Filter nach Fig. 19.6 anwenden.

Dieses Filter dämpft über R1 und R2 das gesamte Signal um 20 dB. Aber die Bässe werden besonders gedämpft, da der Kondensator C so gewählt ist, daß nur Mittel- und Diskanttöne unbehindert überführt werden. Den Wert des Kondensators C berechnet man nach R1. Wenn wir die gleichen Widerstände wie in den vorhergehenden Beispielen benutzen, erhalten wir:

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times Z_c} \quad Z_c = R_1$$

$$C = \frac{1}{6,28 \times 300 \times 10^5} \approx 10 \text{ nF}$$

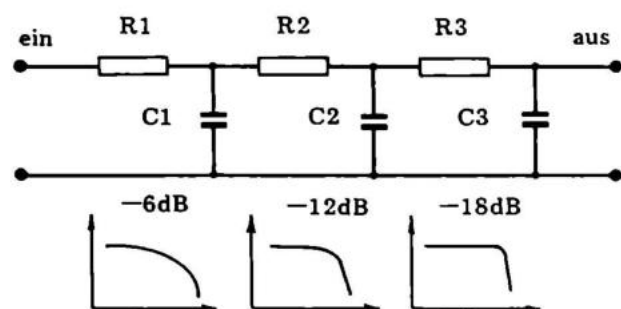


Fig. 19.7

FILTER-REIHENKOPPLUNG

Wie in Fig. 19.7 kann man eine gewünschte Anzahl Filter, wie die in Fig. 19.1 oder 19.2, in Reihe schalten mit dem Resultat, daß die Trennungskurve schärfer wird. Ein einzelner Filter gibt -6 dB pro Oktave, was bedeutet, daß die Veränderung jedesmal, wenn sich die Frequenz verdoppelt oder halbiert, 6 dB beträgt, (2-fach oder $1/2$ fach). Für jeden zusätzlichen Filter in Reihe verbessert sich die Dämpfung/Hebung um 6 dB pro Oktave. Die drei gezeigten Filter geben also 18 dB pro Oktave. Lesen Sie über dB im Abschnitt T4.1, wenn Sie die Zusammenhänge vergessen haben.

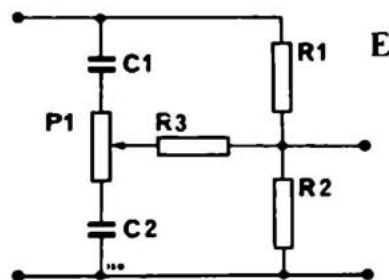


Fig. 19.8

KOMBINIERTE REGELUNG

Mit der Schaltung nach Fig. 19.8 können wir die Höhen beliebig variieren. Wenn der Potentiometerschleifer "oben" steht, passieren alle Höhen C1 und werden um R1 herumgeführt. Das ist eine Höhenanhebung. Wenn der Potentiometerschleifer "unten" steht, werden die Höhen, die R1 meiden, nach \emptyset -(Masse oder Chassis) geleitet. Das ist eine Höhenabsenkung. Z_{c1} ist gleich R1 und Z_{c2} ist gleich R2. Das Potentiometer ist ca. zehnmal R1 und R2. Schließlich werden R1 und R2 nach der Eingangsimpedanz des angeschlossenen Verstärker gewählt, R2 zehnmal kleiner als Z_{ein} und $R1 = 10\text{mal } R2$.

R3 wird eigentlich nur eingesetzt, wenn eine Höhenregelung und eine Bassregelung zusammengekoppelt werden und die Regler unabhängig voneinander sein sollen. Den Wert muß man ausprobieren, er liegt jedoch meist etwa gleich R2. Wir nehmen ein Rechenbeispiel:

Die Höhenregelung soll vor einen Verstärker mit einer Eingangsimpedanz von 100 kOhm vorgeschaltet werden. Daraus können wir R2 und R1 bestimmen. Die Eingangsimpedanz des Verstärkers ist 100 kOhm, weshalb R2 ein Zehntel von 100 kOhm, also 10 kOhm ist.

Da das Spannungsverhältnis normalerweise mit 10 gewählt wird, wird $R1 = 10 \times R2 = 100 \text{ kOhm}$. Da das Potentiometer im Verhältnis zu R1 und R2 groß sein muß, um eine gute Regelung zu bekommen, wählt man dieses zehnmal größer als $R1 + R2$. Der naheste Standardwert ist 1 MOhm ($1 \text{ M} = 1.000 \text{ K} = 10^6$). Nun müssen die Kondensatoren berechnet werden. Wir können diese zusammengesetzte Schaltung leicht in eines unserer einfachen nicht regulierten Beispiele umwandeln. Wir denken uns, daß die Potentiometerachse ganz bis C2 "herunter" gedreht ist. Die Reihenschaltung von C1 und P1 liegt jetzt voll parallel zu R1. Da aber R1 10x kleiner ist als P1 geht der Signalfluss fast ausschliesslich über R1. Dafür ist die Wirkung von C2 maximal, und wir können die Schaltung betrachten, als bestünde sie nur aus R1 und R2 mit C2, also in Wirklichkeit Fig. 19.4.

Da wir in Fig. 19.8 die gleichen Widerstände wie in Fig. 19.4 benutzt haben, bekommen wir den gleichen Kondensatorwert, 1,5 nF, wenn wir die gleiche Grenzfrequenz wählen (10 kHz). Jetzt drehen wir das Potentiometer "herauf". C2 ist somit ohne Bedeutung und C1 in Wirklichkeit mit R1 pparallelgekoppelt. Die Übergangsfrequenz ist wie vorher 10 kHz. Da R1 zehnmal so groß ist wie R2, wird C1 zehnmal so klein, also 150 pF. Wir können das gut ausrechnen:

$$C1 = \frac{1}{2\pi \times f \times Z_c}$$

$$C1 = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 10^4 \times 10^5}$$

$$C1 \approx 150 \text{ pF}$$

Das war also richtig.

Versuchen Sie jetzt selbst eine andere Höhenregelung auszurechnen.

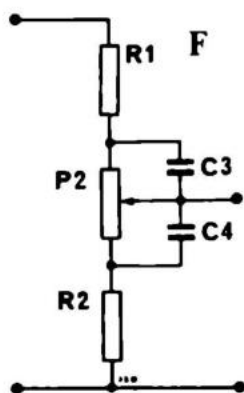


Fig. 19.9

KOMBINIERTE BASSREGELUNG

In Fig. 19.9 sehen Sie eine kombinierte Baßregelung. Es ist eigentlich eine Zusammensetzung aus Fig. 19.5 und Fig. 19.6. Die Kopplung geschieht durch ein 1 MOhm Potentiometer.

meter. Wir wählen die gleiche Anschlußimpedanz wie bei der Höhenregelung, was die direkte Zusammenkopplung einer kombinierten Baß- und Höhenregelung erleichtert. Als bereich für die Baßregelung wählen wir 100 Hz. Die Widerstände und Potentiometer sind die gleichen wie für die Höhenregelung ($R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $P = 1 \text{ M}\Omega$). Die Ursache dafür ist, daß Fig. 19.9 der Baßhebung in Fig. 19.5 ähnelt, wenn das Potentiometer ganz "oben" steht, und der Baßsenkung in Fig. 19.6, wenn es ganz "unten" steht.

$$C_3 = \frac{1}{2\pi \times f \times R_1}$$

$$C_3 = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 100 \times 10^5}$$

$$C_3 \approx 15 \text{ nF}$$

$$\text{und } C_4: \quad (Z_{C_4} = R_2)$$

$$C_4 = \frac{1}{2\pi \times f \times R_2}$$

$$C_4 = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 100 \times 10^4}$$

$$C_4 \approx 150 \text{ nF}$$

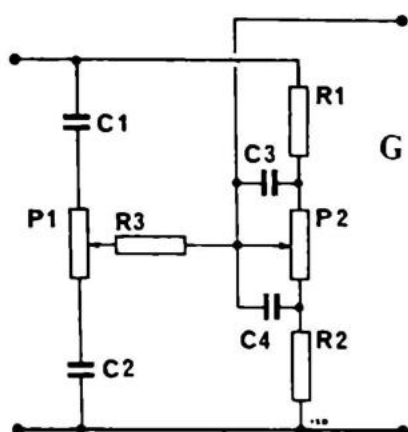


Fig. 19.10

KOMBINIERTE BASS/HÖHENREGELUNG

Wenn man Fig. 19.8 und Fig. 19.9 wie auf Fig. 19.10 zusammensetzt, erhält man eine Kombination von Baß- und Höhenregelung. Die Widerstände R1 und R2 sind gemeinsam, sowohl für C1 und C2 als auch für C3 und C4. Der Widerstand R3 setzt die Wirkung der Höhenregelung auf die Bassregelung herab. Je größer der Widerstand ist, umso kleiner ist die Einwirkung. In diesem Beispiel wird dann jedoch der Wirkungsbereich der Höhenregelung geringer. Man muß also eine Kompromißlösung finden. Man kann den Ausgang auch an den "Arm" von P1 setzen, statt an den "Arm" von P2. Dann wird der Wirkungsbereich der Bassregelung geringer. Schließlich kann man auch R3 in zwei gleichgroße Widerstände aufteilen und das Ausgangssignal zwischen P1 und P2 entnehmen. Das ergibt die gleiche Regulierung für Baß und Höhen. Die ganze Schaltung dämpft das Signal um 20 dB, weshalb man fast immer eine Verstärkerstufe nachschaltet. Eventuell Fig. 17.3

Anstatt alle Rechnungen nochmals zu erklären, wollen wir sie lieber mehr mathematisch aufstellen:

$$R2 = Z_{\text{ein}} : 10$$

$$R1 = R2 \times 10$$

$$P1 = R2 = 10 \times (R1 + R2)$$

Diese Phase kann man als einen einfachen Gradunterschied zwischen dem Projektionspunkt des einen und des anderen Kreises darstellen.

Auf den gezeichneten Projektionspapierstreifen ist die Phasendrehung 90 Grad. Bei 180 Grad sind die Kurven genau entgegengesetzt, und wenn sie zwei einzelne Spannungen symbolisieren, heben diese sich gegenseitig auf. Wenn die Phasendrehung 0 Grad beträgt, fallen die Kurven zusammen.

Spannungsmäßig arbeitet ein Transistor (in Emitterschaltung) so, daß eine positive Änderung an der Basis eine negative Änderung am Kollektor zur Folge hat. Diese Eigenschaft wird unter anderem zur Gegenkopplung benutzt, auf die Art und Weise, daß mehr oder weniger von dem negativen Ausgangssignal zurück zum Eingang geleitet wird, wo es dem positiven Eingangssignal entgegenwirkt (gegengekoppelt).

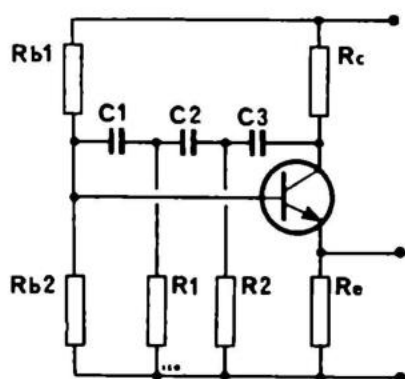


Fig. 19.12

Wenn man mit einer speziellen Schaltung die Phase für eine bestimmte Frequenz um 180 Grad dreht, und dieses Signal, das, da es um 180 Grad gedreht ist, seine Polarität geändert hat, zum Eingang zurück leitet, wird das Eingangssignal nicht gegengekoppelt sondern mitgekoppelt. Wenn die Mitkopplung größer als 1-fach ist, fängt die Stufe an zu schwingen. Wir haben also einen Tongenerator. In der Praxis sieht das aus wie in Fig. 19.12.

Ein Kondensator dreht die Phase um 90 Grad. $C3/R2$,

C2/R1 und C1/Rb stellen drei Phasenfilter wie in Fig. 19.1 dar. Da die Filter durch die umliegenden Widerstände belastet sind, ist die Phasendrehung in jedem Filter auf ca. 60 Grad begrenzt. Die drei Filter liefern zusammen die notwendigen 180 Grad, welche mit dem Transistor, ebenfalls mit 180 Grad, zusammen um 360 Grad drehen.

Wenn der Verstärker genügend verstärkt, um den Verlust in dem dreistufigen RC-Filter aufzuwiegen, wird die Schwingfrequenz bestimmt durch:

$$F = \frac{0,07}{R \times C}$$

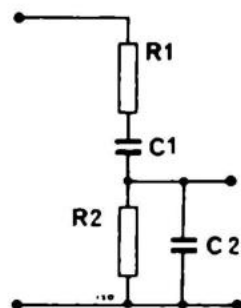


Fig. 19.13
(Wien-Brücke)

DIE WIEN-BRÜCKE

Eine Wien-Brücke ist eigentlich eine Kopplung einer Höhenabsenkung (C2) und einer Höhenanhebung (C1), s. Fig. 19.13. Die Komponenten werden für eine Grundfrequenz ausgerechnet. Genau bei dieser Frequenz ist die Phasendrehung 0 Grad. Man kann auch mit Hilfe von zwei Transistoren 0 Grad Phasendrehung erreichen. Das bedeutet, daß man einen Oszillator mit einer Wien-Brücke bauen kann. Diese Schaltung ist gut geeignet als Tongenerator, da man mit einem gewöhnlichen Stereopotentiometer die Frequenz einstellen kann (R1 + R2);

Die Übergangsfrequenz ist:

$$f = 0,2 : (R \times C)$$

Als vollständige Schaltbeispiele sehen Sie bitte AE 7 und Konstruktionsbeispiel 25 an.

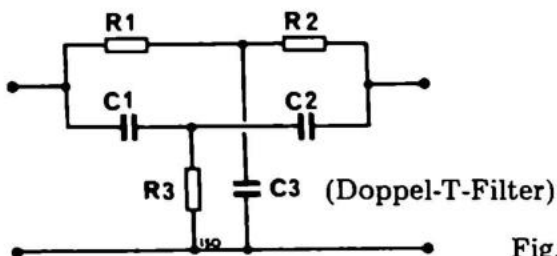


Fig. 19.14

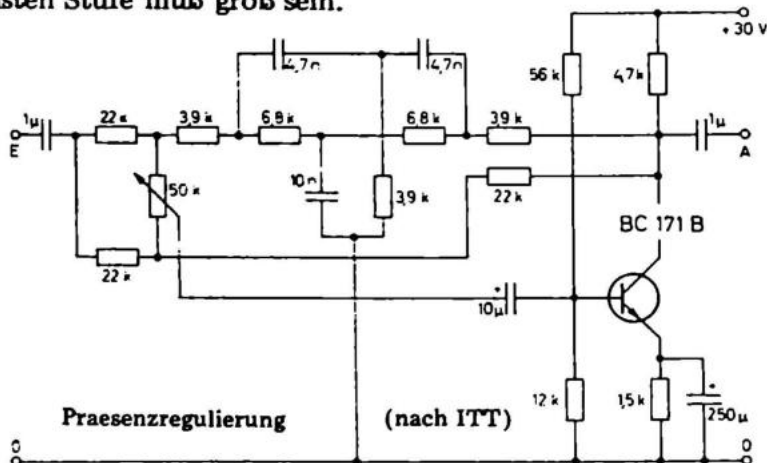
DOPPEL-T-FILTER

Um einzelne Frequenzen wegzufiltern, können wir ein doppeltes T-Glied benutzen. Es besteht aus drei Widerständen und drei Kondensatoren. Bei einer bestimmten Frequenz dämpft es kräftig, aber alle anderen Frequenzen passieren.

Die Dimensionierung ist so, daß bei der gewünschten Frequenz $R1 = R2 = Z_{C1} = Z_{C2}$ und $R3 = \frac{1}{2} R1 = Z_{C3}$ ist. Das bedeutet in der Praxis, daß $R3$ halb so groß wie $R1$ ist oder $R2$ und $C3$ doppelt so groß wie $C1$ oder $C2$ sind.

Es kann schwierig sein, das Glied in Betrieb zu bekommen. Die eingebauten Größen müssen genau und die Eingangs-impedanz der nächsten Stufe muß groß sein.

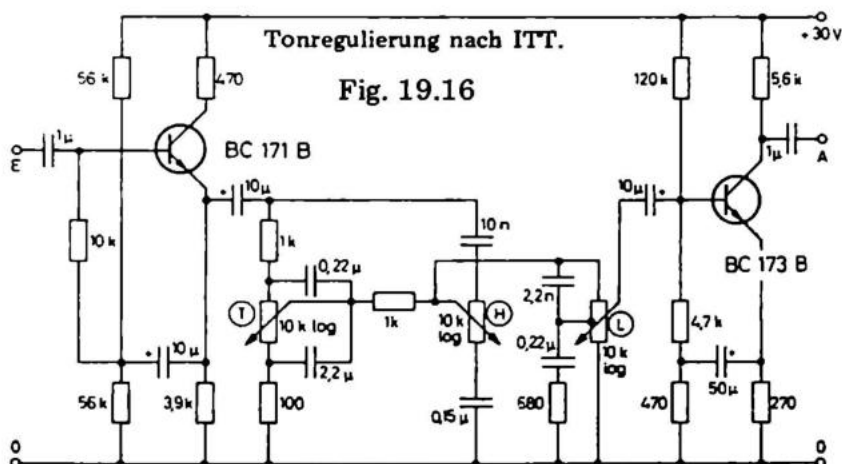
Fig. 19.15



PRAESENZFILTER

Mit der Schaltung in Fig. 19.15 kann man den Mitteltonbereich variieren. Mit einem in die Gegenkopplung der Transistoren eingeschobenen T-Glied wird einiges der kräftigen Gegenkopplung im Mitteltonbereich entfernt. Die Durchgangsverstärkung ist 1 und die Praesenzverstärkung kann zwischen 0 und + 12 dB geregelt werden. Der Filter ist dimensioniert für 4 – 5 kHz.

Der Praesenzfilter kann vor oder hinter einen gewöhnlichen Lautstärkereger geschaltet werden, und man erhält dadurch eine Regulierung des Mitteltonbereichs. Nach ITT Schaltbeispiele, 1972.



TONREGELUNG MIT VERSTÄRKUNG

Auch diese Aufstellung kommt aus: ITT Schaltbeispiele, 1972 (s. Fig. 19.16)

Der Transistor BC 173 B hebt den Verlust, der in der Tonregelung entsteht, auf, und BC 171 B verstärkt das Eingangsniveau vom Tuner zehnfach, so daß das Ausgangssignal von ungefähr 1 V einen Ausgangsverstärker aussteuern kann.

Aufgabe 1

Überführt ein Kondensator am besten:

Baßtöne?

A

Diskanttöne?

B

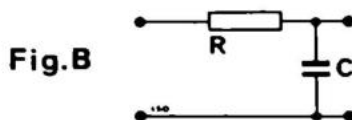
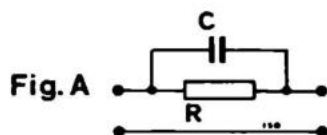
Aufgabe 2

Sperrt ein Kondensator für Höhen, wenn er wie in

Fig. A } geschaltet ist.

A

Fig. B }

B 

Aufgabe 3

Wir wollen einen Filter zur Baßhebung konstruieren, der den Baß zehnfach hebt. Zuerst wird das gesamte Signalniveau zehnfach gesenkt und dann die Bässe angehoben — nicht die Mittel- und Diskanttöne — auf unser Startniveau ($Z_C = R$).

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times Z_C}$$

$$R = 10 \text{ kOhm}$$

Wie groß muß C sein, um eine Baßhebung bei 160 Hz zu verursachen?

680 nF

A

100 nF

B

1.000 nF

C

Aufgabe 4

Wir wollen einen RC-Oszillator von 530 Hz herstellen. Es soll ein Strom von 1 mA im Kollektor fließen, und $\beta = 100$ sein, was einen Basisstrom von 10 μA ergibt. Bei einer Batteriespannung von 4,5 V mit 0,5 V über dem Emittierwiderstand und 2 V über dem Transistor, erhalten wir 2 V über dem Kollektorwiderstand.

$$R_C = E \times I = 2 \text{ V} \times 1 \text{ mA} = 2 \text{ kOhm}$$

$$R_E = E \times I = 0,5 \text{ V} \times 1 \text{ mA} = 470 \text{ Ohm}$$

Vom Plus zur Basis haben wir 3,3 V.

Wegen der Stabilität wählen wir den Strom im Basisspannungsteiler zehnmal größer als den Basisstrom selbst, also 0,1 mA.

Das ergibt folgende Widerstände:

$$R_C = U \times I = 2 \text{ V} \times 1 \text{ mA} = 2 \text{ kOhm}$$

$$R_E = U \times I = 0,5 \text{ V} \times 1 \text{ mA} = 470 \text{ Ohm}$$

Um die richtige Frequenz zu erhalten, müssen die anderen Widerstände im RC-Kreislauf ca. 10 kOhm sein, gleich wie R_{B1} und R_{B2} , parallel.

Wie groß müssen die Kondensatoren für eine Frequenz von 530 Hz sein?

1 nF A

15 nF B

1,5 nF C

Aufgabe 5

Wir wollen die Rumpelfrequenz (unbehagliches, bullerndes Geräusch, das beim Abspielen von Schallplatten entsteht. Das Geräusch entsteht im Plattenspielmotor und dessen mechanischer Verbindung zum Plattenteller und wird vom Tonabnehmer aufgefangen) wegfiltern bei einem Plattenspieler mit einem T-Filter. Die Rumpelfrequenz ist 30 Hz, und R_1 und R_2 sollen 10 kOhm sein ($R_3 = 5 \text{ kOhm}$).

wie groß müssen die Kondensatoren sein, die benutzt werden?

220 nF und 470 nF A

470 nF und 1 nF B

Akustische Komponenten setzen mechanische Schwingungen in Elektrizität um und umgekehrt. Die wichtigsten sind Mikrophone, Lautsprecher und Tonabnehmer.

Wenn wir einen Stein ins Wasser werfen, können wir beobachten, daß Wellen entstehen. Das gleiche geschieht, wenn wir einen Knall hören. Tonwellen (in Wirklichkeit Druckwellen) breiten sich aus. Das, was sie berühren, fängt an, im Takt mit den Wellen zu schwingen. Je leichter etwas beweglich ist, umso größer wird der Ausschlag.

MIKROPHONE

Ein Mikrophon setzt Töne in elektrische Schwingungen um. Ein Mikrophon kann z.B. aus einer leichten Membrane mit einer kleinen Spule bestehen. Die Spule liegt in einem Magnetfeld, und wenn man die Spule bewegt, entsteht eine elektrische Wechsel-Spannung, die dann verstärkt und einem Lautsprecher zugeführt wird.

Mikrophone findet man in vielen Preislagen, Charakteristiken und Funktionen. Gute Mikrophone sind normalerweise dynamische mit Nieren- oder Kugelcharakteristik, während Profis Kondensatormikrophone benutzen. Deren Charakteristik ist variabel.

Fig. 20.1 Kondensatormikrophon



KONDENSATORMIKROPHONE

Die Aufbauform von Kondensatormikrophonen wird in Fig. 20.1 gezeigt. Dies ist die Mikrophonart, mit der man den besten Frequenzbereich erzielt. 20 – 20.000 Hz innerhalb 1 dB sind nicht ungewöhnlich. Ein Kondensatormikrophon muß zwischen den Platten eine Polarisierungsspannung von zwischen 100 und 400 V haben.

Wenn dieses elektrostatische Feld sich ändert, ändert sich auch die Spannung über den Platten. Das Feld ändert sich bei akustischer Einwirkung auf die sehr dünne Membrane. Die Ausgangsspannung ist oft ca. 1 – 10 mV. Da ein Kondensatormikrofon eine sehr hohe Impedanz hat, muß man es an einen Feld-Effekt-Verstärker anschließen (mind. 100 kOhm), der am besten sehr nah an der Kapsel angebracht wird (1 – 5 cm). Das macht ein Kondensatormikrofon zu einer "teueren" Angelegenheit. Die Empfindlichkeit kann von Kugel- in Nierencharakteristik geändert werden, indem man die Polarisationsspannung ändert.

Kohlemikrophon

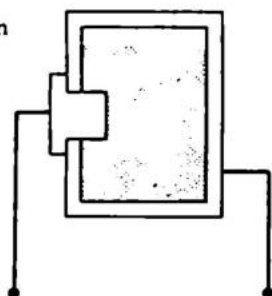


Fig. 20.2

KOHLEMIKROPHONE

In Fig. 20.2 haben wir eine Skizze eines Kohlemikrophones. Das Kohlepulver ist lose in eine isolierende Kunststoffhülle eingelegt. Die Membrane, die akustisch darauf wirken soll, ist eine dünne Kohle- oder Nickelplatte. Hinten in der Hülle ist ein Metallpfropfen eingesetzt.

Wenn die Membrane darauf einwirkt, wird das Kohlepulver erschüttert, und der Widerstand darin ändert sich. Wenn man nun Strom durch das Mikrofon schickt, ändert sich die Spannung darüber. Die Ausgangsspannung ist ca. 500 – 1.000 mV. Also groß genug, um einen Kopfhörer ohne Verstärkung zu "ziehen".

Der Frequenzbereich liegt zwischen ca. 400 und 2.000 Hz mit Schwankungen bis ± 10 dB. ("Telephonklang")

Wenn man ein Kohlemikrofon für die Modulation z.B. eines Senders benutzen will, muß man es mit einem Strom von ca. 10 mA betreiben.

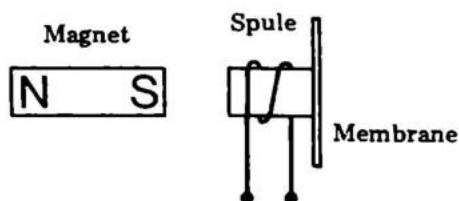


Fig. 20.3

DYNAMISCHE MIKROPHONE

Ein dynamisches Mikrophon ist normalerweise auf gleiche Weise aufgebaut wie ein Lautsprecher, s. Fig. 20.3

Der Membrane, die meistens sehr dünn ist, ist eine kleine Spule aufmontiert. Die Spule "liegt" in einem Magnetfeld.

Das Magnetfeld ist wie ein runder E-Kern mit separatem Magnetismus.

Die Spannung, die man einem dynamischen Hi-Fi-Mikrophon entnehmen kann, liegt zwischen max. 0,5 und 2 mV.

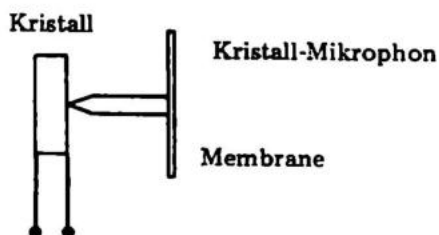


Fig. 20.4

KRISTALLMIKROPHONE

Wenn ein PIEZO-Kristall sich biegt oder beugt, entsteht am Ausgang eine Spannung, die proportional der Biegungen ist. Wenn die Mikrophon-Membrane mechanisch mit solch einem Kristall verbunden ist, übertragen sich die Schwingungen auf den Kristall und verbiegen ihn. Er gibt dabei eine Spannung von 1 – 10 mV maximal ab.

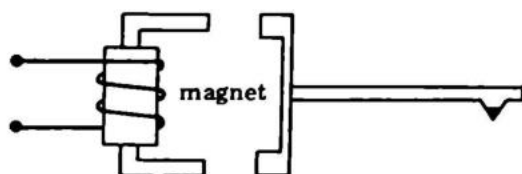
Die Qualität, die man mit einem solchen Kristall-Mikrophon erreichen kann, ist recht gering. Ein Frequenzbereich von 200 bis 3.000 Hz (± 3 dB) ist typisch.

TONABNEHMERSYSTEME (PICK-UP)

Tonabnehmer dienen dazu, mechanische Schwingungen die sie aus der Rille der Schallplatte aufnehmen, in elektrische Schwingungen umzusetzen, die man verstärken kann. Man kennt Kristalltonabnehmer, keramische, dynamische und fotoelektrische Tonabnehmer. Die beiden zuletzt genannten werden wegen ihrer hohen Qualität am meisten angewandt.

Fig. 20.5

Dynamischer Tonabnehmer



DYNAMISCHE TONABNEHMER

Der dynamische Tonabnehmer wird wegen seiner guten Qualität heutzutage am meisten angewandt.

Fig. 20.5 zeigt, wie ein dynamischer Standard-Tonabnehmer funktioniert.

Vor einem permanent-magnetischen Eisenanker mit einer Spule ist ein kleines Eisenkreuz angebracht. Wenn das Eisenkreuz sich bewegt, induziert es in der Spule eine ganz schwache Spannung. Sie beträgt ca. 2 – 8 mV bei 1.000 Hz. Die Anschlußimpedanz für solche Tonabnehmer liegt bei 2 – 50 kOhm. Die Qualität ist ungefähr vom Preis abhängig, und man bekommt dynamische Tonabnehmer für ca. DM 50,— bis DM 500,—.

Man sollte jedoch aufpassen; einige asiatische Tonabnehmer, die DM 100,— bis DM 150,— kosten, sind anderen der europäischen oder amerikanischen DM 500,— Klasse durchaus gleichwertig. Der Frequenzbereich für einen guten Tonabnehmer erstreckt sich von 20 – 20.000 Hz \pm 3 dB.

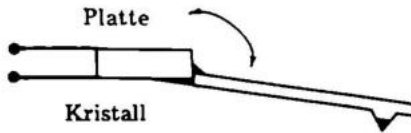


Fig. 20.6

KRISTALL-TONABNEHMER

Wenn man eine PIEZO-elektrisches Kristall biegt, entsteht über ihm eine Spannung. Die Tonabnehmernadel wird so angebracht, daß sich das Kristall maximal biegt. Die Ausgangsspannung ist maximal 500 — 1.000 mV bei einer Anschlußimpedanz von über 470 kOhm. Wenn man eine geringere Anschlußimpedanz benutzt, fällt die Spannung. Kristall-Tonabnehmer altern durch Austrocknung innerhalb von ca. 2 Jahren. Durch die Austrocknung fällt die Ausgangsspannung stark. Der Frequenzbereich und die Verzerrungseigenschaften eines Kristall-Tonabnehmers sind wesentlich schlechter als die eines dynamischen Tonabnehmers.

Der keramische Tonabnehmer ähnelt in seinem Aufbau dem Kristall-Tonabnehmer. Die Qualität und die Ausgangsspannung ähnelt jedoch mehr dem dynamischen Tonabnehmer (und somit auch der Preis).

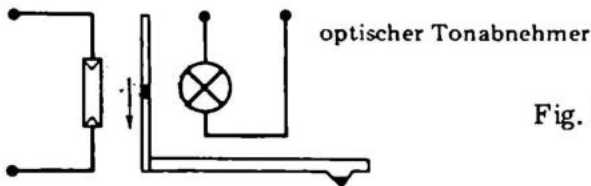


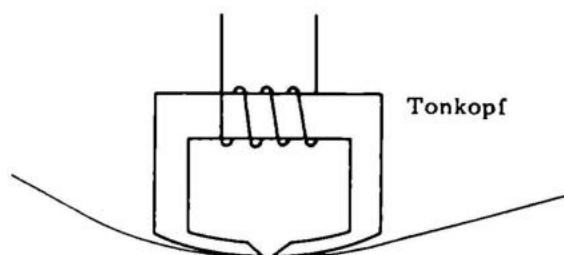
Fig. 20.7

OPTISCHE TONABNEHMER

Die spannendste Neuheit auf dem Gebiet der Tonabnehmer in den letzten Jahren ist der optische Tonabnehmer. Mit Hilfe einer Lampe, oder besser einer Leucht-Diode, wird ein opto-elektronisches Bauelement wie Fototransistor, Fotowiderstand oder Fotozelle angeregt, das dabei eine der Lichtmenge proportionale elektrische Spannung liefert. Die Tonabnehmernadel ist nun mit einer Blende gekoppelt, welche den Lichtstrom und damit die Ausgangsspannung beeinflusst. Die Ausgangsspannung eines mit einem Fototransistor aufgebauten Tonabnehmers kann bei fast 1.000 mV liegen ohne Verzerrungsprobleme und Frequenzunlinearität.

Die hohe Ausgangsspannung ist von Vorteil, da man von einem Verstärker mit 1.000 mV Empfindlichkeit eine störungsfreiere Wiedergabe erwarten kann als von einem Verstärker mit 5 mV Empfindlichkeit.

Fig. 20.8



TONKÖPFE

Tonköpfe werden benutzt, um die schwachen magnetischen Informationen, die man auf einem Tonband spielen kann, in elektrische Spannungen umzuwandeln, s. Fig. 20.8

Der Kern selbst ist aus magnetischem Eisen oder Ferrit und fast wie ein geschlossenes "U" geformt. Die Spalte darin ist nicht größer als 1 – 10 millionstel Meter. Die Spule, die normalerweise eine Impedanz von 200 Ohm hat, ist um den Kern gewickelt. Die Ausgangsspannung ist maximal ca. 0,5 – 3 mV bei 1.000 Hz. Früher wurden Tonköpfe meistens aus Eisen hergestellt, heute kann man bessere und haltbarere Tonköpfe aus Glas/Ferrit herstellen.

LAUTSPRECHER

Ein Lautsprecher ist ein Tongeber. Er ist aus einer leicht beweglichen Membrane mit aufgeleimter Schwingspule aufgebaut. Die Spule ist von einem starken Magnetfeld umgeben und bewegt sich deshalb, wenn wir einen Strom durch sie senden.

Wenn die Membrane groß ist, kann sie nur bei geringen Frequenzen mitfolgen. Andererseits ist eine große Membrane notwendig, um tiefe Töne zu erzeugen.

Eine dünne, kleine Membrane aus einem harten Material kann man für hohe Frequenzen benutzen. Ein Beispiel dafür sind die Dome-Lautsprecher, die Töne bis zu 25.000 Hz mit großer Genauigkeit wiedergeben können. Ein komplettes Lautsprechersystem sollte Töne von 20 – 20.000 Hz wiedergeben können. Wir müssen mehrere Lautsprecher

benutzen, oft drei: Baß-, Mittel- und Hochtonlautsprecher, und die Anordnung mit einer Frequenzweiche versehen, damit jedem Lautsprecher der richtige Teil des Signals zugeführt wird.

Ein Lautsprecher kann auch elektrostatisch aufgebaut werden. Eigentlich kann man das mit einem Kondensatormikrophon vergleichen, aber statt eine Spannung davon zu erhalten, legt man eine Spannung an.

Es ist notwendig, die Spannung auf fast 8.000 V zu transformieren, was dazu beiträgt, daß der elektrostatische Lautsprecher sich derart verteuert, daß er fast "unverkäuflich" ist.

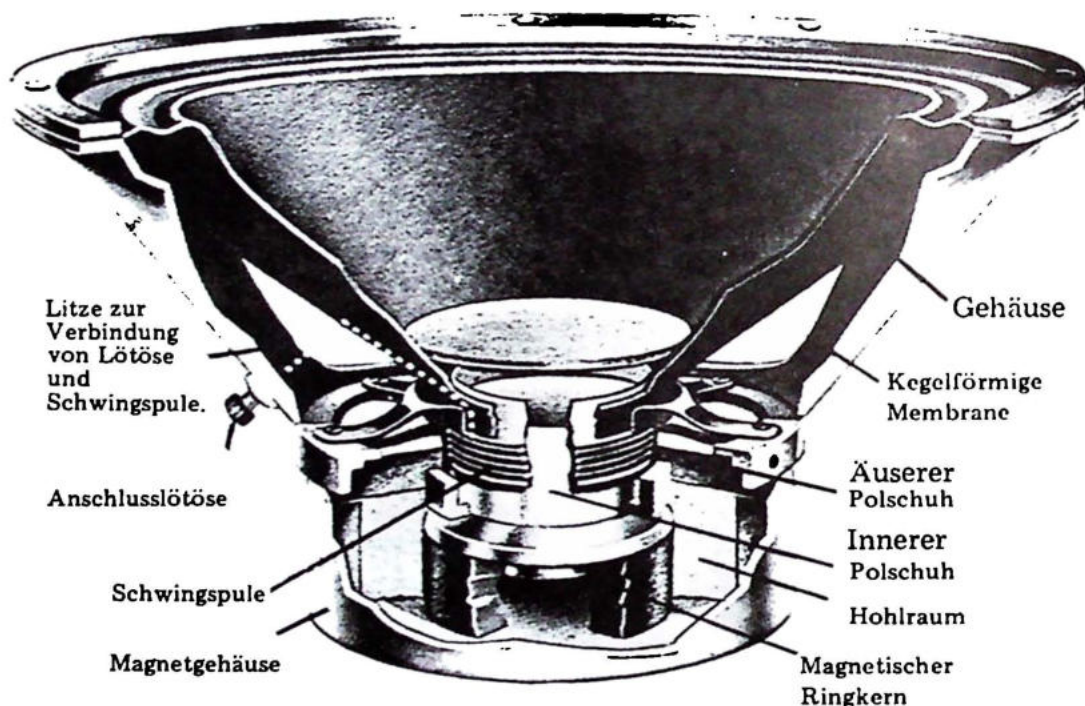


Fig. 20.9

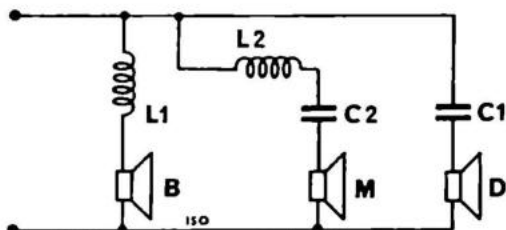
Schnitt durch magnetischen Lautsprecher. Zwischen den zwei Polen wird ein enges Magnetfeld erzeugt, in dem die Schwingspule frei beweglich angebracht wird.

FREQUENZWEICHEN

Da nicht alle Frequenzen aus dem gleichen Lautsprecher mit der gleichen Kraft abgegeben werden, benutzt man mehrere, oft drei – wobei ein Lautsprecher die Arbeit übernimmt, wenn ein anderer nicht mehr ausreichend mitfolgen kann. Es genügt nicht, drei geeignete Lautsprecher parallel zu schalten. Dadurch wird nur Energie auf die beiden anderen Lautsprecher verschwendet, die nichts damit anfangen können.

Man muß eine Frequenzweiche benutzen, die die Bässe in die Baßlautsprecher, die Mitteltöne in die Mitteltonlautsprecher und die hohen Töne in die Hochtonlautsprecher leitet. Auf dieser Zeichnung sieht man, wie:

Fig. 20.12



Die Baßtöne passieren leicht eine kleine Spule L1, die so dimensioniert ist, dass sie die mittleren und hohen Tonfrequenzen sperrt. Die hohen Töne sind in der Lage, einen kleinen Kondensator C1 zu passieren, welcher für Mittel- und Baßtöne sperrt.

Schließlich ist dem Mitteltonlautsprecher die Serienschaltung eines Kondensators und einer Spule vorgeschaltet. Das läßt nur Mitteltöne passieren.

Man kann sich auch mit zwei Lautsprechern begnügen und einen guten Hi-Fi-Klang erzielen. Die Funktion ist fast die gleiche wie bei der 3-Weg-Frequenzweiche, mit der Ausnahme, daß man den Baßlautsprecher die Mitteltöne mitabstrahlen läßt.

Folgende Komponenten können benutzt werden; aber es zählt sich aus, ein wenig zu experimentieren, um den richtigen "Sound" zu erhalten.

B-Lautsprecher: AD 1056/W4 (Philips)

M-Lautsprecher: AD 5060/W4 (Philips)

H-Lautsprecher: AD 160/T4 (Philips)

L1 = 6,4 mH, 100 Wind x 1mm Cu über 10 mm \varnothing Spulenform

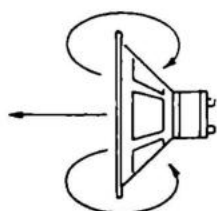
L2 = 1,2 mH, 25 Wind. 1 mm Cu über 10 mm \varnothing Spulenform

C1 = 20 μ F Bipol

C2 = 60 μ F Bipol

Teilfrequenzen sind ca. 500 und 2.000 Hz.

Der Schallwellen laufen um den Lautsprecher herum, wo der Überdruck den Unterdruck ausgleicht



Lautsprecher
Fig. 20.13

LAUTSPRECHERAUFBAU

Genau so wichtig wie der Lautsprecher ist das Gehäuse, in dem er eingebaut ist. Nur das richtige Gehäuse ergibt den richtigen Klang. Es ist unmöglich, ein Lautsprechergehäuse so genau zu konstruieren, daß es unter allen Umständen gleich gut klingt. Man muß eine Menge Kompromisse eingehen.

Wir können einen guten Schallquelle bauen, indem wir zwei oder drei Lautsprecher mit einer Frequenzweiche in ein großes Gehäuse von mindestens 50 Liter mit einer guten Steinwollefüllung einbauen. Je größer man einen Lautsprecher machen kann, um so besser wird der Baßklang. Ein Lautsprecher ohne Gehäuse kann

Die Baßtöne laufen nämlich außen um die Membrane herum und schließen sich selbst kurz. Wenn die Lautsprecher in der Mitte einer unendlich großen Platte montiert wären, erhielten wir eine ideale Wiedergabe.

Wir wollen erklären, weshalb die Bässe sich selbst kurzschließen. Wenn der Lautsprecher sich nach vorne bewegt, entsteht ein Überdruck auf der Vorderseite und ein Unterdruck auf der Rückseite. Der Überdruck auf der Vorderseite läuft um die Lautsprecherkante herum und gleicht den Druck auf der Rückseite aus. Das bedeutet, daß sich die Schallwellen im Bassbereich kurzschließen.

Bei hohen Tönen ist der Abstand zwischen den Druckwellen geringer, und eine einzelne Welle kann nicht um den Rand herumlaufen, bevor eine neue beginnt.

Wenn man die Kante des Lautsprechers größer macht, muß ein Ton länger laufen und trifft vielleicht erst auf der Rückseite ein, wenn der Lautsprecher sich bereits in die andere Richtung bewegt. Hier trifft ein Überdruck auf einen anderen Überdruck, und es geschieht keine Auslöschung.

Wir können die Länge einer Tonwelle finden, da wir die Geschwindigkeit des Schalls und die Frequenz kennen.

Die niedrigste Frequenz, die wir gut hören können, also 20 Hz ergibt:

$$\text{Frequenz } f = \frac{300}{\text{Wellenlänge}}$$

$$f = \frac{300}{\lambda}$$

$$\text{es gilt also: } \lambda = \frac{300}{f}$$

und in unserem Beispiel:

$$\lambda = \frac{300 \text{ m/sek}}{20 \text{ Hz}} = 15 \text{ m}$$

Diese Länge macht den Abstand von einem Überdruck zum nachfolgenden Überdruck aus. Da der Phasenunterschied in einem Lautsprecher 180 Grad von der Vor- zur Rückseite ist, müssen wir die Lautsprecherkante $2/2$ m groß machen, damit die Weglänge, die unser tiefster Ton durchlaufen soll, 180 Grad Phasendrehung zum Ausgleich der 180 Grad Phasendrehung des Lautsprechers erzielt.

Da die Töne die Vorder- und Rückseite des Schirms entlanglaufen sollen, muß dessen Radius $2/4$, oder in unserem Beispiel, 3,75 m betragen.

BASSREFLEXLAUTSPRECHER

Bei der Berechnung eines Lautsprechergehäuses ist es also ideal, wenn der Schall 7,5 m laufen muß. Das ist natürlich eine unrealistische Länge. In der Praxis baut man normalerweise ein Gehäuse mit einer schmalen Spalte und eventuell einem eingebauten Labyrinth. Das nennt man Baßreflexbox. Die Spalte ist oft wie ein schräger Kasten gebaut, da die Baßresonanz über einen großen Frequenzbereich wirken soll.

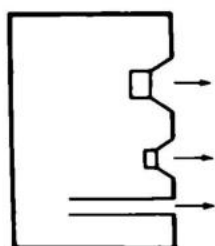
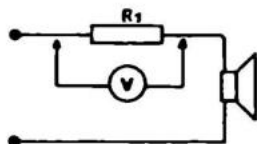


Fig. 20.14 (Baßreflexbox)

Diese Form von Lautsprecher ist über viele Jahre hinweg die am meisten angewandte gewesen. Lautsprecher dieser Art haben einen sehr guten Frequenzgang und Wirkungsgrad. Für ein Reflexgehäuse benutzt man einen Baßlautsprecher mit einer unteren Grenzfrequenz von ca. 20 Hz, und das Gehäuse muß so ausgeführt sein, daß es die gleiche Resonanzfrequenz hat. Den Aufbau findet man am besten durch Ausprobieren. Man kann die Resonanzfrequenz mit einem Tongenerator, einem Verstärker und einem AC-Voltmeter nach untenstehender Zeichnung messen.

Fig. 20.15 $R1 = 4 - 16 \text{ Ohm}$

Messung der Resonanzfrequenz des gesamten Lautsprechersystems.

MESSUNG DER RESONANZFREQUENZ

Es ist klar, daß sowohl der Verstärker als auch der Tongenerator bis 15 Hz geradlinig sein muß. Bei der Resonanzfrequenz des Lautsprechers oder des Gehäuses fällt die Spannung über R1. Haben die Lautsprecher und das Gehäuse die gleiche Resonanzfrequenz, gleichen sie sich aus und der Baßbereich wird annähernd linear. Wenn man die Resonanzfrequenz des Lautsprechers aus der Wertangabe kennt, kann man schnell sehen, welche Resonanzfrequenz das Gehäuse hat, es ist nämlich die zweite Resonanz. Wenn der Lautsprecher eine Resonanz von 40 Hz hat und man liest auf dem AC-Voltmeter einen Spannungsfall z.B. bei 40 Hz und bei 80 Hz ab, so hat das Gehäuse seine Eigenresonanz bei 80 Hz, und wir müssen es größer machen oder es mit einem Labyrinth oder einer Öffnung mit einem Rohr versehen.

DRUCKKAMMERLAUTSPRECHER

Der verbreitetste Lautsprecher ist der Druckkammerlautsprecher, der selbst in kleinem Format einen ausreichenden Baß abgibt. Ein Druckkammerlautsprecher ist um einen speziellen Lautsprecher mit äußerst leicht beweglicher Membrane aufgebaut. Das Gehäuse ist eine luftdichte Konstruktion, und die eingeschlossene Luftmasse wirkt wie eine Feder auf die Bewegungen der Lautsprechermembrane. Das ergibt mit einer Füllung von Mineralwolle eine gute Dämpfung für Resonanzfrequenzen.

WIRKUNGSGRAD

Selbst kleine Gehäuse geben einen brauchbaren Schalldruck im Baßbereich, während sie jedoch in Bezug auf unverzerrte klare Tonwiedergabe nicht auf eine Stufe mit Reflexboxen gestellt werden können. Ein normaler kleiner Druckkammerlautsprecher hat einen Wirkungsgrad von 1 – 3%, während Reflexlautsprecher 10 – 50% der zugeführten Leistung abgeben können. Wenn ein Lautsprecher mit 1% Wirkungsgrad ein Symphonie Orchester mit natürlicher Stärke wiedergeben wollte, benötigte man 4.000 W. Man kann sich in einem Zimmer bei einem Lautsprecher mit 1%

Wirkungsgrad mit 400 W begnügen, da ein so hoher Schalldruck wie 4.000 W ungewöhnlich ist; 400 W ist aber auch eine ganze Menge. Wir können jedoch auch Lautsprecher mit 25% Wirkungsgrad benutzen — das ergibt 16 W Ausgangsleistung — jetzt also eine angemessene Größe für die Lautstärke eines Symphonieorchesters.

Qualitätslautsprecher nach dem Baßreflexprinzip von Lansing z.B. haben einen Wirkungsgrad von bis zu 30%.

HORNLAUTSPRECHER

Bei den Hornlautsprechern wird ein von den Orgelpfeifen her bekanntes Prinzip angewandt.

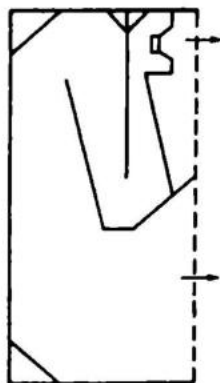
Ein Rohr hat eine von seiner Länge abhängige Resonanzfrequenz. Wenn es an einem Ende geschlossen ist, schwankt die Komprimierung stark, während die Bewegung fast gleich Null ist. Am anderen, offenen Ende haben wir geringe Komprimierung und starke Bewegung. Wenn der Lautsprecher am geschlossenen Ende angebracht ist und die gleiche Resonanzfrequenz wie das Rohr hat, wird die Bewegung der Membrane bei Resonanz gebremst, und wir erhalten einen geraden Tonbereich im Baß.

Gleichzeitig entsteht am anderen Ende eine große Bewegung. Ist das Rohr am offenen Ende nach außen gebogen, breitet sich die Resonanzfrequenz über einen großen Bereich aus, und wir bekommen einen fülligen Baß, der "gut im Magen liegt". Der Wirkungsgrad geht bis ca. 50%, ist jedoch abhängig vom benutzten Lautsprecher und Gehäuse.

Es ist sehr schwer, ein Horngehäuse für ganz niedrige Frequenzen (20 Hz) zu bauen, da dieses (berechnungsmäßig) 16 m lang sein und einen Mündungsdurchmesser von 4 m haben müßte.

So kann ein Hornlautsprecher im Schnitt aussehen:

Fig. 20.16



75×40×30 CM

Beispiel für ein Horngehäuse mit
9710 M von Philips

Aufgabe 1

Ein Mann feuert in der Mitte eines Kreisverkehrs einen Kanonenschlag ab. An den vier Wegen nach Norden, Osten, Süden und Westen sind vier Aluminiumfolien von gleicher Größe aufgespannt, jeweils in Nord-Süd-Richtung. Welche bewegen sich am meisten?

Die beiden im

Norden und Süden?

A

Westen und Osten?

B

Aufgabe 2

Weshalb sitzen beim dynamischen Mikrofon nicht die Magneten an der Membrane und den Spulen fest?

Weil . . .

. . . Spulen kleiner sind als Magneten

A

. . . Spulen leichter sind als Magneten

B

. . . Spulen mehr Windungen haben können

C

Es ist doch möglich

D

Aufgabe 3

Was begrenzt den Frequenzbereich für ein Mikrophon?

- Eine begrenzte Membrane A
 Das Gewicht der Spule B
 Die Stärke des Magneten C
 Die Größe der Spule D

Aufgabe 4

Weshalb kann ein einzelner Lautsprecher nicht alle Frequenzen abgeben?

- das ist unpraktisch, A
 es wäre zu groß B
 niedrige Frequenzen benötigen eine große Membrane, hohe eine kleine, C
 die Fabrik verkauft mehrere Lautsprechersorten D
 niedrige Frequenzen müssen mehr Leistung haben als hohe E

Aufgabe 5

Weshalb gibt es bei Tonabnehmern so große Qualitätsunterschiede?

- der Methode zufolge (die Eigenschaften des Kristalls gegen Induktionen oder Lichtvariationen) A
 ein guter Kristalltonabnehmer wäre zu teuer B
 Nadel und Stift sitzen bei einem Kristalltonabnehmer fester als bei dynamischen oder optischen C

Aufgabe 6

Weshalb sind es die Bässe, die beim Lautsprecherbau normalerweise die Probleme aufwerfen?

- weil die Wellenlänge des Tones von der gleichen Größenordnung sein muß wie der Weg von der Vorder zur Rückseite des Lautsprechers und die Wellenlänge des Basses am längsten ist A
 Es muß noch Platz vorhanden sein für die Wellenlänge des Basses. B
 Das Klangbild eines Basses ist "dicker" und benötigt mehr Platz, um zu seinem Recht zu kommen C

Aufgabe 7

Weshalb wendet man oft drei verschiedene Lautsprecher in einem Gehäuse an?

- um größere Leistung zu erhalten A
 um einen größeren Frequenzbereich zu erhalten B

Aufgabe 8

Welche Frequenzen strahlt ein Dome-Lautsprecher ab?

hohe

A

tiefe

B

Aufgabe 9

Verbindet man eine Spule in Serie mit einem Baßlautsprecher, um . . .

. . . die Höhen zu entfernen?

A

. . . den Baß zuzuführen?

B

Fig. 21.1

FREQUENZ UND WELLENLÄNGE

Eine Antenne wird dazu benutzt, die Radiowellen, die von den Radiostationen ausgesendet werden, einzufangen. Um den besten Empfang zu erhalten, sollte die Antenne zur Frequenz des Senders passen.

Radiowellen sind elektromagnetische Schwingungen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. (ähnlich wie Wellen im Wasser)

(Geschwindigkeit: 3×10^8 m/s)

Die Frequenz ist die Anzahl der passierenden Wellen pro Sekunde. Diese Anzahl Wellen ist gleich verteilt über 3×10^8 m (wieviel die erste Welle in einer Sekunde durchläuft). 3×10^8 m = 300.000 km.

Teilen wir diese Weglänge durch die Anzahl der Wellen, erhalten wir die Länge einer einzelnen Welle:

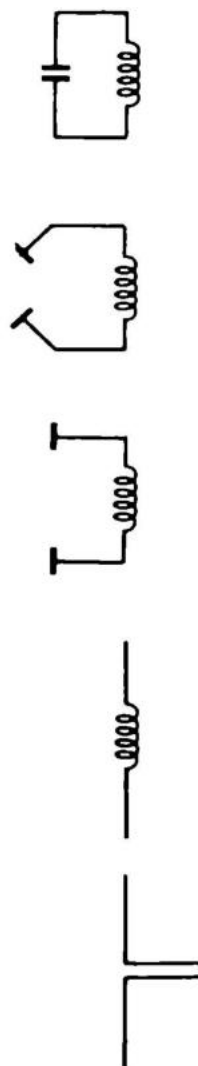
$$\lambda = \frac{300.000.000}{f} \text{ (m)}$$

f ist die Frequenz und λ ist "Lambda" die Wellenlänge.

Wir können die Formel etwas handlicher machen, wenn wir in MHz rechnen:

$$\lambda = \frac{300}{f \text{ (MHz)}} \text{ (m)}$$

In einem Parallelschwingkreis passen der Kondensator und die Spule zu einer bestimmten Frequenz. Wenn der Kondensator aufgefaltet wird in B + C, wie in Fig. 21.1 gezeigt wird, haben wir immer noch einen Schwingkreis, der jetzt jedoch empfindlich für äußere elektrische Schwingungen ist. Die Resonanzfrequenz ist mit der Länge



der Stäbe gegeben, so daß jeder Stab $1/4 \lambda$ lang sein sollte. Eine solche Antenne nennt man Dipol. Bei Mittel- und Langwelle müssen wir in Hinsicht auf die Antennengröße die Erde als den einen Pol und ein paar Meter Kabel als den anderen benutzen.

ANTENNENKONSTRUKTIONEN

Das Grundelement der Antenne ist der Dipol. Wenn man einen Dipol mit Reflektor und Direktoren versieht, erzielt man größere Empfindlichkeit und Richtwirkung.

Der Reflektor sitzt hinter dem Dipol und spiegelt das Signal, während Direktoren davor sitzen und das Signal "einsaugen"; s. Fig. 21.2.

Um einen guten Empfang zu erzielen, muß man bestimmte Abstände und Längen benutzen. Der Reflektor sollte $1/8 \lambda$ hinter dem Dipol sitzen und 5 % länger sein. Der erste Direktor sollte $1/8 \lambda$ vor dem Dipol sitzen und 5% kürzer sein.

Die Abstände und Längen der folgenden Direktoren sollten jeweils 5 % des vorhergehenden kürzer sein. Der Reflektor und ein Direktor geben zweifache Verstärkung.

Jede Vervielfachung der Anzahl der Direktoren ergibt zweimal mehr Empfindlichkeit.

Je größer die Verstärkung in einer Antenne ist, um so richtungsbestimmter ist sie und somit schwerer zu montieren.

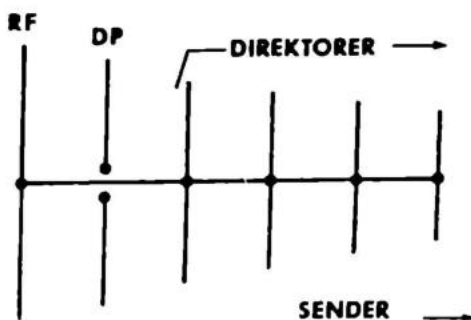


Fig. 21.2

Aufgabe 1

Wie lang muß eine 1/4-Wellen-Antenne sein, um Luxemburg auf Kurzwelle am besten zu empfangen (ca. 6 MHz)?

50 Meter

A

12,5 Meter

B

Aufgabe 2

Rechnen Sie einen Dipol für 100 MHz aus. Wie lang sind beide Viertel-Wellenstäbe zusammen, wenn eine halbe Welle über dem gesamten Dipol stehen soll?

1,5 Meter

A

3 Meter

B

AM und FM MODULATION

Radiowellen sind schnelle elektrische Schwingungen (Hochfrequenz). Eine "reine" Radiowelle ohne Sprache und Musik nennt man eine Trägerwelle. Diese Welle ist notwendig, damit man ein Signal über die Hörweite hinaus übertragen kann.

Eine reine Trägerwelle hört man nur als "leere" Station; sie sagt also nichts. Um ein Signal zu übertragen, müssen wir das Aussehen der Trägerwelle verändern und dann die Veränderung im Empfänger auswerten. Diese Änderung der Trägerwelle, auch Modulation genannt, ist direkt hörbar als Signal vom Sender.

Eine Trägerwelle kann auf verschiedene Arten moduliert werden. Radioempfänger sind dafür eingerichtet, die beiden, die wir AM und FM nennen, zu empfangen.

AM ist die Abkürzung für Amplituden-Modulation. HF-Schwingungen variieren in der Stärke (Amplitude) im Takt mit dem Signal, das wir modulieren, s. Fig. 22.1.

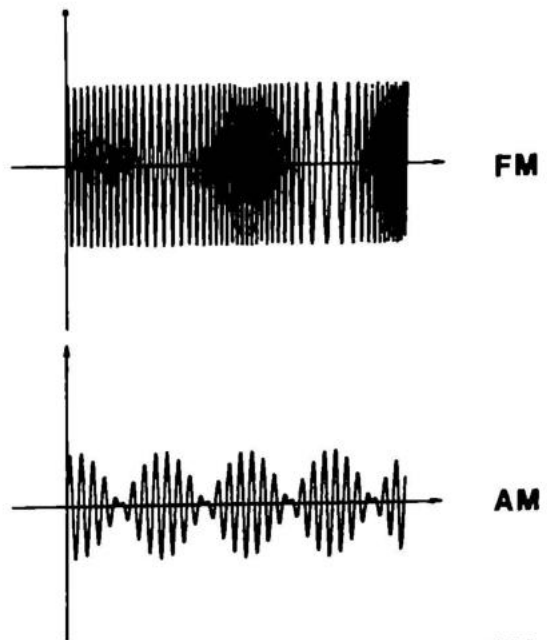


Fig. 22.1

FM steht für Frequenz-Modulation. HF-Schwingungen variieren in der Dichte (Frequenz), im Takt mit dem Signal. Sie haben jedoch immer die gleiche Amplitude. Der Vorteil bei FM ist, daß man das Rauschen verhindern kann, das bei AM immer entsteht. Ein FM-Sender benötigt aber ein breiteres Frequenzband als ein AM-Sender.

Fast alle gewöhnlichen Radiostationen auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle bis 30 MHz sind AM-moduliert. Über 30 MHz benutzt man vorzugsweise FM-Modulation.

Das Fernseh-Bild wird jedoch mit AM-Modulation gesendet und der Fernseh-Ton in FM.

Den Amateur, der mehr über HF-Technik und die anderen Modulationsformen wissen möchte, wollen wir an dieser Stelle auf die Amateurradioorganisationen verweisen.

Aufgabe 1

Wenn bei der Einstellung auf der Radioskala ein "toter" geräuscharmer Punkt kommt, was fehlt da?

- | | |
|-------------|----------------------------|
| Trägerwelle | A <input type="checkbox"/> |
| Modulation | B <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 2

Weshalb ist FM besser als AM?

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| Weniger Geräusch | A <input type="checkbox"/> |
| Größere Reichweite | B <input type="checkbox"/> |

EIN SENDER HAT ZWEI HAUPTFUNKTIONEN:

- A Eine Hochfrequenz-Trägerwelle herzustellen, die man durch die Luft übertragen kann (HF).
- B Die Trägerwelle mit NF zu modulieren.

Außerdem stellt man eine Menge Forderungen an Ausgangsleistung, Frequenzstabilität, Modulationsgrad und Freiheit von ungewünschten Schwingungen.

Die Ausgangsleistung soll möglichst groß sein, so daß selbst weit entfernte Empfänger den Sender hören können.

Die Frequenz muß äußerst stabil sein, so daß man nicht ständig die Empfangsstationen nachstellen muß. Gleichzeitig ist es von großer Bedeutung, daß man nicht ungewollt andere, vielleicht lebenswichtige Sender, stört.

Der Modulationsgrad sagt, wie stark der Sender angesteuert ist. Wie ein Tonbandgerät z.B., darf der Sender in Hinblick auf Verzerrung und zu große "Stationsfülle" nicht übersteuert werden.

Oberwellenfreiheit ist für den Sender von großer Bedeutung. Es ist in der Tat ein großes Problem, zu vermeiden, daß ein Sender auch sogenannte harmonische Schwingungen aussendet. Harmonische Schwingungen entstehen als Folge der Verzerrung. Die Frequenz ist die doppelte, 3-fache, usw. Das bedeutet, daß z.B. ein Walkie-Talkie von 27 MHz den Fernsehkanal 2 stören kann, der auf 54 MHz liegt.

BLOCKDIAGRAMM FÜR EINEN EINFACHEN AM-SENDER

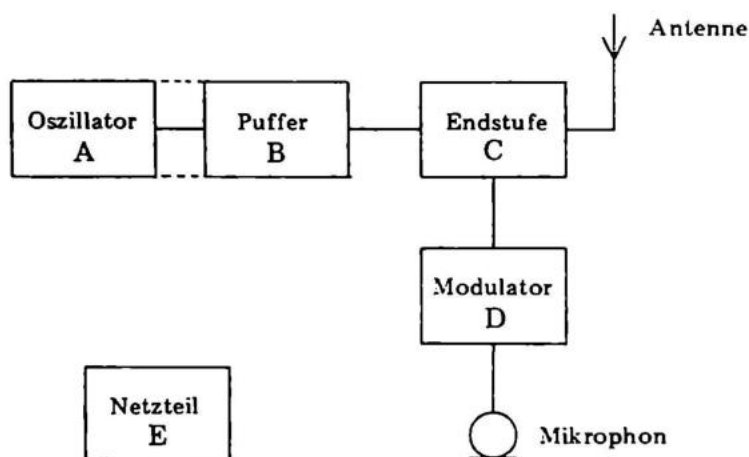


Fig. 23.1

In Fig. 23.1 sehen wir ein Diagramm eines AM-Senders für Radiofunk oder Telegraphie.

Der Sender besteht aus:

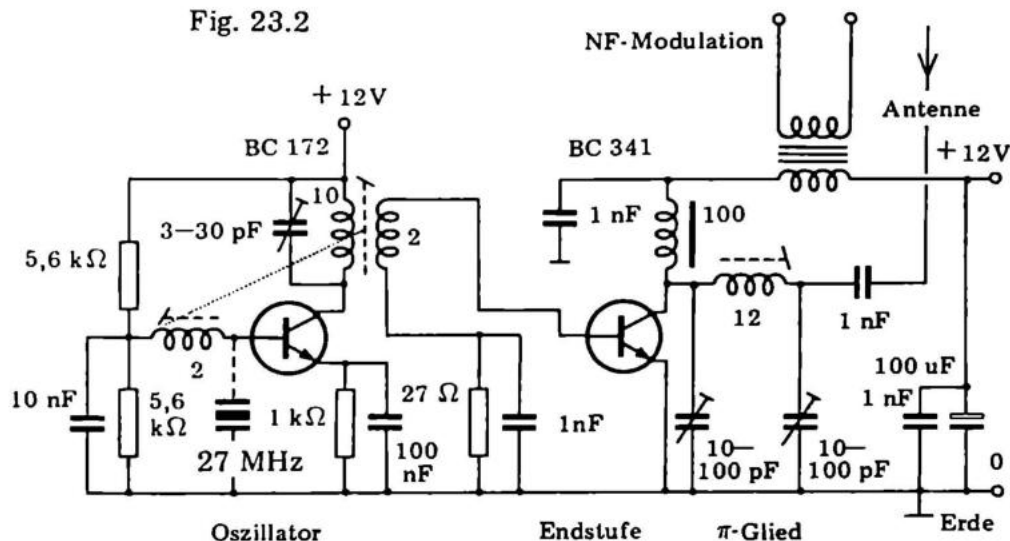
- A dem Oszillator, der die Sendefrequenz erzeugt,
- B dem Puffer oder "Schieber", der das schwache Oszillatorsignal verstärkt,
- C dem Ausgangsverstärker, der eine ausreichende Ausgangsleistung abgibt,
- D dem Modulator, der die Ausgangsleistung im Takt mit dem Mikrophonsignal steuert,
- E der Stromversorgung, die einmal den hohen Strom für die Endstufe liefert und zum anderen eine sehr stabile Betriebsspannung für die anderen Stufen bereitstellt, so daß der Oszillator die Frequenz nicht verändert.

Außer durch den Mikrophonmodulator kann man den Sender auch mit Morsezeichen modulieren, indem man einfach den Oszillator mit einer Taste aus- und einschaltet.

DER OSZILLATOR

Da die Frequenzstabilität eines Senders von der Post vorgeschrieben wird, sollte der Oszillator in der Praxis immer quarzstabilisiert sein. Das ist nämlich die einzige ökonomische Methode, einen Sender ganz stabil zu machen. Für den Radioamateur gelten andere Anforderungen, weshalb Amateurstationen oft sowohl Quarzfilter als auch einfache LC-Schwingkreise im Oszillator anwenden. Damit Sie verstehen, wie ein kleiner AM-Sender arbeitet, zeigen wir eine komplette Schaltung in Fig. 23.2 und wollen sie im Folgenden besprechen.

Fig. 23.2



Das sieht auf den ersten Blick ein wenig durcheinander aus, versuchen Sie aber, jeden einzelnen "Kasten" zu "durchschauen" und mit dem Blockdiagramm zu vergleichen.

Wir haben den Sender für 27 MHz konstruiert. Bevor Sie das Ganze nachbauen, wollen wir Sie schnell darauf aufmerksam machen, daß es problematisch sein kann, auch eine Wirkung zu erzielen, weil die Arbeit mit hohen Frequenzen auch große Erfahrung erfordert. Man sollte überall so kurze Leitungen wie möglich benutzen und so gut schirmende Chassis wie möglich.

Der Oszillator selbst ist ein Transistor vom Typ BC 172. Der Transistor arbeitet DC-mäßig genau wie eine NF-Stufe. Man rechnet den Emitterwiderstand aus, wenn der Strom gewählt ist. In diesem Falle 6 mA. Als nächstes sollten wir ungefähr die halbe Batteriespannung über dem Transistor und der Spule und die andere Hälfte über dem Emitterwiderstand haben. Bei 12 Volt Batterispannung sind das 6 Volt für jedes Teil. Mankann jetzt den Emitterwiderstand ermitteln:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6 \text{ Volt}}{6 \text{ mA}} = 1 \text{ kOhm}$$

Ist die Stromverstärkung im Transistor 60, so ist der Basisstrom:

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{6 \text{ mA}}{60} = 100 \mu\text{A}$$

Wir wählen den Querstrom im Basiswiderstand 10mal größer, um eine gute Temperaturstabilität zu erzielen. Der Querstrom ist deshalb 1 mA. Da wir wissen, daß ca. die halbe Batteriespannung, 6 Volt, über dem Emitterwiderstand liegt, muß die Basisspannung 6 V + 0,7 V = 6,7 V sein. Ungefähr kann man deshalb sagen, daß der Spannungsteiler die Betriebsspannung halbieren muss, um 6 V an die Basis zu bringen. Mit 1 mA durch die Widerstände erhalten wir:

$$R_b = \frac{U_B}{I} = \frac{6 \text{ Volt}}{1 \text{ mA}} = 5,6 \text{ kOhm}$$

Der Oszillator arbeitet jetzt DC-mäßig richtig, und wir müssen ihn zum Schwingen bei 27 MHz bringen. Der Schwingkreis liegt in der Kollektorleitung. Die Frequenz wird nach der Formel aus Abschnitt G 14 bestimmt:

$$f \text{ MHz} = \frac{159 \times 10^{-6}}{\sqrt{L \times c}}$$

Die Größen, die wir einsetzen, sind in pF, nH und MHz. Gleichzeitig müssen wir die Größe und die Windungszahl der Spule ausrechnen. Für eine einlagige Luftspule gilt die Formel:

$$L_H = n \times \frac{10^{-2} \times D}{\frac{L}{D} + 0,43}$$

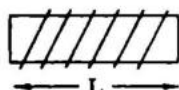


Fig. 23.3
körperlose
Einlagen-Spule

Hier ist LH die Selbstinduktion der Spule in Henry, n die Wicklungszahl, D der Spulendurchmesser und L die Länge der Spule. Für 27 MHz haben wir herausgefunden, daß 10 – 12 Windungen enggewickelter 1 mm Draht und ein variabler Trimmkondensator von 3 – 30 pF passend war. So kann man stets nachjustieren mit einem Eisenkern in der Spule. Der Kollektorkreis schwingt nicht von selbst. Wir müssen ihn über eine Rückkopplungswicklung in der Basisleitung anregen.

Dabei geschieht folgendes: Der Schwingkreis induziert in der Rückkopplungswicklung einen Strom, der vom Transistor verstärkt, nun die Verluste, die im Schwingkreis in der Kollektorleitung auftreten, kompensiert. Eine einmal angestossene Schwingung bleibt also mit konstanter Amplitude erhalten. Wird zusätzlich das in Fig. 23.2 gestrichelt gezeichnete Schwingquarz eingeschaltet, so bestimmt dieses die Frequenz des Oszillators. Der Schwingkreis ist dann mittels des Trimmers so abzugleichen, dass an der Ankopplungswicklung eine maximale ZF-Spannung auftritt.

DIODENVOLTMETER

Um herauszufinden, wann die Schwingkreis-Spannung des Oszillators optimal eingestellt ist, braucht man einen Diodenvoltmeter, wie in Fig. 23.4 gezeigt.

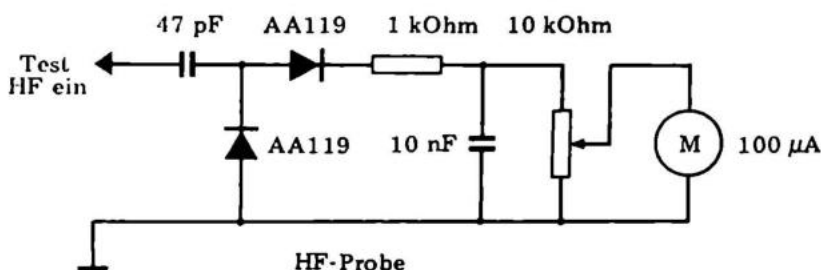


Fig. 23.4

Der Diodenvoltmeter ist effektiv und spricht sehr leicht an. Wenn eine Hochfrequenzspannung den 47 pF Kondensator passiert, wird sie von der Diode gleichgerichtet und von dem 1 kOhm Widerstand und dem 10 nF Kondensator zu einer rechten Gleichspannung gefiltert. Das Trimpotentiometer wird justiert, bis der gewünschte Ausschlag auf dem Instrument abzulesen ist. Es kann ein ganz kleines und billiges Meßinstrument benutzt werden.

LEISTUNGSSTUFE

Um nicht auf die Frequenz des Oszillators einzuwirken, wenn man die Antenne anschließt, wird eine Pufferstufe zwischengeschaltet. Wenn die Ausgangsleistung nicht größer als ca. 1 Watt sein muß, kann die Pufferstufe auch die Ausgangsstufe sein. Wenn 1 Watt nicht genügt, muß man eine entsprechende Stufe bauen mit einem größeren Transistor und diese nachschalten. Unsere kombinierte Puffer- und Ausgangsstufe kann die ca. 50 mW des Oszillators auf 0,5 – 1 Watt verstärken. Da die Ausgangsfrequenz überführt wird, muß man die Antenne am Ausgang über ein sogenanntes π -Glied anschließen, welches die C-Spitzen wieder in Sinuskurven umformt.

Man kann davon ausgehen, daß die beiden Trimmkondensatoren im π -Glied über der Spule mit 10 – 12 Windungen in Serie geschaltet sind. Die Größen werden auf gleiche Weise wie bei der Oszillatordspule ausgerechnet. Die Drossel- spule mit den 100 Windungen im Kollektor des Ausgangstransistors ist eingesetzt, um die Gleichspannung und Modulationsspannung zum Kollektor zu leiten, für die hohen Frequenzen dagegen zu sperren, so daß diese zur Antenne laufen können.

Mit dem Emitterwiderstand von 27 Ohm muß man ein wenig "spielen", bis die maximale Ausgangsleistung für den geringsten Stromverbrauch erreicht ist.

In Fig. 23.5 sehen Sie eine Anordnung, die man gut als "künstliche" Antenne während der Trimmung des kompletten Senders benutzen kann. Sie besteht aus einer einfachen Glühlampe von 6 V – 50 mA und einem Kondensator.

Die Lampe und der Kondensator werden zwischen dem Antennenaustritt und Masse angeschlossen. Wenn der

Oszillator arbeitet, kommt immer ein wenig Leistung durch und die Lampe glüht schwach. Man kann jetzt den ganzen Sender vom Oszillator bis zum π -Glied einstellen, und wenn das Ganze genau funktioniert, ist genügend Leistung vorhanden, um die Lampe "durchzubrennen".

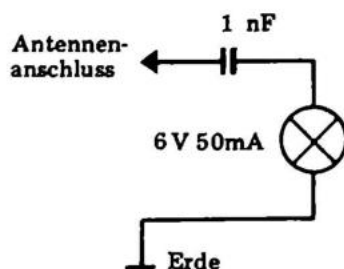


Fig. 23.5

Das π -Glied hat außer einer filternden Funktion auch eine impedanzumsetzende Funktion. Die Impedanz des Transistors wird von mehreren hundert Ohm auf 30 – 90 Ohm umgesetzt, so daß sie der Antennenimpedanz entspricht. Eine Schluß-Feintrimmung wird am besten mit der Antenne am Sender vorgenommen. Man muß dann auch einen Empfänger mit V-Meter (Volumen) zur Verfügung haben. Der Sender wird dann bis zum maximalen V-Ausschlag beim Empfänger justiert.

Der MODULATOR besteht aus einem gewöhnlichen NF-Verstärker, z.B. Josty Kit AF 20. Dieser kleine Ausgangsverstärker wird am Modulationstransformator angeschlossen, s. Fig. 23.2.

Bei Modulation addiert und subtrahiert die Sekundärwicklung des Modulationstrafos, die in Serie mit Plus und dem Ausgangstransistor geschaltet ist, ihre Spannung mit der Versorgungsspannung. Wenn der Transformator 12 V AC abgibt, variiert die Spannung zum Transistor zwischen 0 und 24 V, entsprechend schwankt die Verstärkung des Ausgangstransistors und die Ausgangsspannung an der Antenne sieht aus wie in Fig. 23.6.



Fig. 23.6

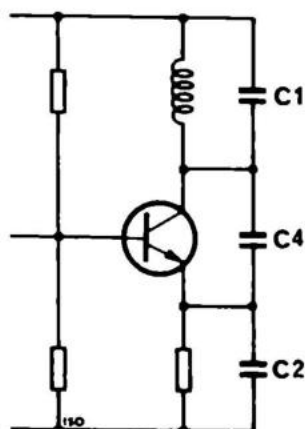


Fig. 23.7

FM-SENDER

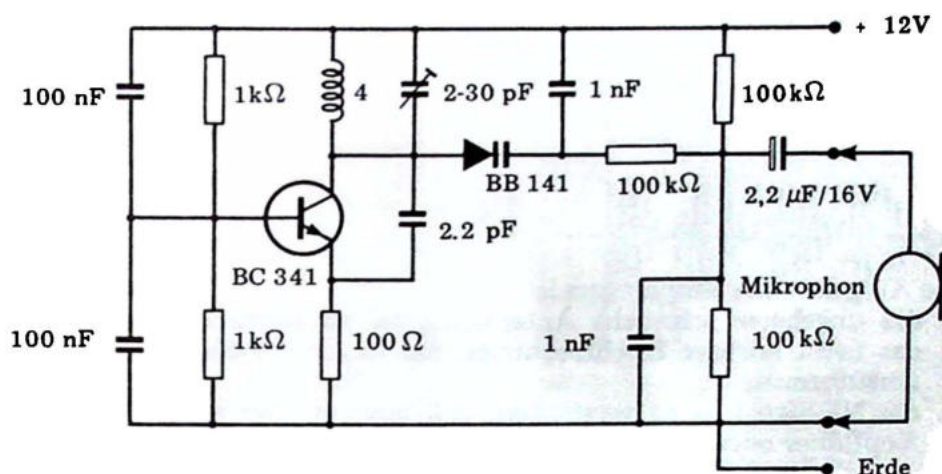
In Fig. 23.7 sehen Sie einen Oszillator, der für Frequenzen über 50 MHz berechnet ist. Der Transistor BC 172 ist für diese Schaltung geeignet. Die Anordnung ist äußerst einfach.

Der Transistor hat bei Frequenzen über 50 MHz eine so passend große Phasendrehung vom Kollektor zum Emitter, daß die Anordnung schwingen kann. Die Basis des Transistors ist hochfrequenzmäßig nicht aktiv, da die beiden 10 nF Kondensatoren kurzschließen. Dagegen können niedrige Frequenzen bis zu mehreren kHz die Basis des Transistors modulieren. Man nutzt die ganze Verstärkung des Transistors im NF-Bereich aus. In der Praxis kann dieser Oszillator also an der Basis AM-moduliert werden. Wenn die Anordnung für 100 MHz FM benutzt wird, erhält man eine gute Qualität, da dieser Oszillator auch FM-moduliert.

Wenn man AM-moduliert auf diese Weise, verschieben sich der Arbeitspunkt und die inneren Kapazitäten des Transistors. Diese Kapazitäten haben Einfluß auf die totale Abstimmungskapazität, weshalb sich auch die Frequenz verändert. Sehen Sie im übrigen Josty Kit HF 65 im praktischen Teil dieses Buches nach.

Wenn wir bei einem VHF-Oszillator eine reine FM-Modulation erzielen wollen, können wir die Schaltung nach Fig. 23.8 benutzen.

Fig. 23.8



Der Grundoszillator funktioniert ganz wie in Schaltung, Fig. 23.7, die Modulation erfolgt jedoch durch eine Kapazitätsdiode. Wenn man die Spannung über dieser Diode mit bis zu 1 Volt, wie gezeigt, variiert die Schwingkreiskapazität und somit die Frequenz – und nur die Frequenz.

Beim Gebrauch von Oszillatoren müssen wir immer beachten, daß Radiosignale nicht ohne Genehmigung der Post gesendet werden dürfen. Man kann Radio, Fernsehen, und was noch schlimmer ist, den Flugfunk stören.

Weitere Informationen über Sender werden von den Amateurradioorganisationen gegeben.

Aufgabe 1
Was bringt ein Sender hervor?

LF
HF
Modulation

A
B
C

Die Aufgabe eines Empfängers ist:

1. das ungeheuer schwache Antennensignal zu verstärken,
2. das nicht hörbare Hochfrequenzsignal in ein NF-Signal umzuformen,
3. das NF-Signal so zu verstärken, daß man es über einen Kopfhörer oder Lautsprecher hören kann.

Damit Sie den richtigen Überblick über die Empfänger bekommen, wollen wir erst die Wirkungsweise für sehr einfache Empfängertypen erklären.

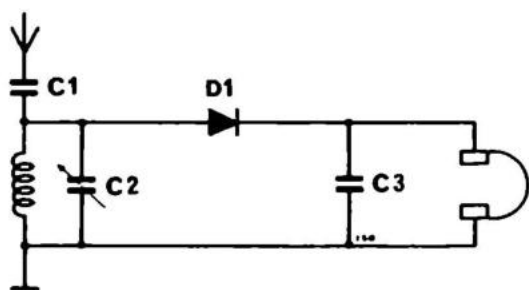


Fig. 24.1

DER DIODENDETEKTOR

In Fig. 24.1 haben wir einen Diodendetektor aufgebaut, welcher heute den erfolgreichen Kristalldetektor abgelöst hat als Anfängerempfänger. Der Diodenempfänger ist ein AM-Empfänger. Der praktische Schaltung AE3 ist für ein spezielles AM-Band, nämlich Mittelwelle bestimmt.

Der abgestimmte Kreis, L1 und C2, bestimmt die Empfangsfrequenz. C2 kann eingestellt werden, so daß man die gewünschte Station hört. Als Ganzheit fungiert dieser Kreis wie ein Sperrglied. Alle Sender, die eine Trägerwelle aussenden, die nicht in Resonanz mit dem Kreis steht, laufen durch die Spule oder den Kondensator nach Masse.



Fig. 24.2

Die empfangene modulierte Trägerwelle sieht aus wie in Fig. 24.2 aufgezeichnet. Die vielen feinen Schwingungen sind Trägerwellen. Trägerwellen steigen und fallen in der Amplitude (Stärke) im Takt mit der Modulation. C1 führt das Antennensignal von der Antenne zum Detektor und zum abgestimmten Kreis.

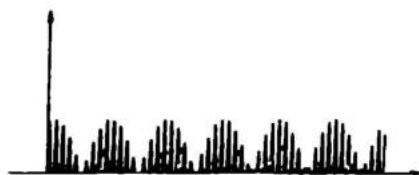


Fig. 24.3

Der Detektor in unserem modernen Kristallapparat besteht aus einer Germaniumdiode, z.B. AA 119, und einem Kondensator, C3. Diese Diode trennt die eine Hälfte der Trägerwelle und Modulation, s. Fig. 24.3.

Der Kondensator ist gerade so groß, daß er die hochfrequenten Trägerwellen kurzschließt, die NF-Modulation jedoch nicht beeinflusst. Das ist nämlich eine so niedrige Frequenz, daß die Impedanz des Kondensators dafür groß ist. Das NF-Signal kann deshalb unbehindert zum Kopfhörer durchkommen. Nach C3 sieht das Signal wie in Fig. 24.4 aus.

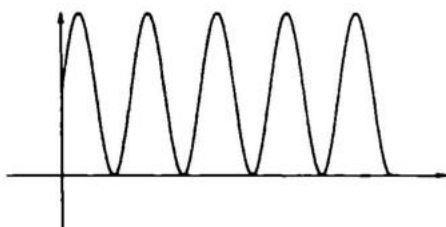


Fig. 24.4

Rein verhältnismäßig sind die Amplituden jedoch ein wenig zu groß gezeichnet. Der Diodendetektor ist einfach aufzubauen, benötigt jedoch eine starke Antenne, und man kann nur eine oder zwei naheliegende Stationen empfangen. Man kann das Signal des Diodendetektors gut verstärken, so daß man mehr Stationen empfangen kann, die Stationsabtrennung oder -separation ist dann jedoch sehr gering. Früher brachte man eine Art Antennenverstärker vor dem Detektor an, so daß das schwache Antennensignal auf ein Niveau gebracht wurde, auf dem die Detektordiode besser gleichrichtet.

So konnten auch schwache Stationen empfangen werden. Diese Apparate hatten jedoch große Mängel, da unter anderem die Stationsabstimmung sehr beschwerlich war.

GERADEAUS-EMPFÄNGER

Die Anordnung in Fig. 24.5 ist ein sogenannter Geradeaus-Empfänger. Das Signal von der Antenne geht zur Basis durch eine Anzapfung der Spule. Indem man eine Anzapfung benutzt, belastet man den Kreis minimal und erhält große Selektivität.

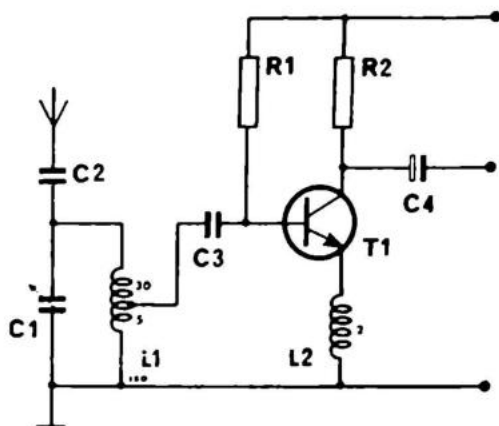


Fig. 24.5

Der HF-Strom kommt in den Transistor, und vom Emitter wird einiges zum Schwingkreis, und somit zur Basis, zurückgekoppelt. Der Transistor hilft sich selbst, so daß wir eine sehr große Verstärkung erzielen. Gleichzeitig verbessert sich die Selektivität. Die richtige Station läuft mehrmals durch den Kreis, bevor sie gedämpft wird, während falsche Stationen sofort gedämpft werden. Die Rückkopplung darf nicht zu stark sein, da die Stufe sonst ins Schwingen gerät und als Oszillator wirkt. Man kann die Rückkopplung bewußt so stark machen, daß das Ganze leicht schwingt, und man kann eine spezielle Modulationsform auf dem Radioamateurband empfangen, SSB (Single Side Band).

Die Gleichrichtung erfolgt gleichzeitig im Transistor, so daß man das NF-Signal direkt vom Kollektor in einen Kopfhörer leiten kann.

DER SUPER

Die vollständige Bezeichnung ist Superheterodyne Empfänger. Vom Blockdiagramm in Fig. 24.6 können wir sehen, wie er aufgebaut ist:

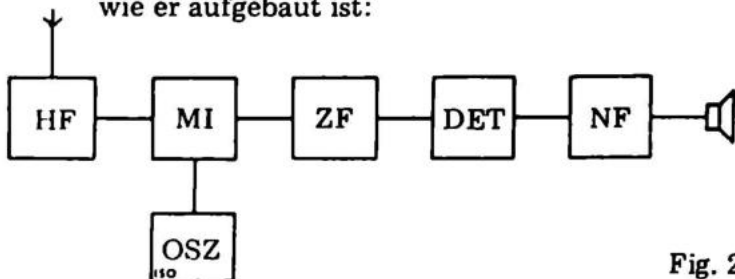


Fig. 24.6

Die Hochfrequenzstufe (HF) verstärkt das Antennensignal, und ein einzelner abgestimmter Kreis im Eingang filtert die ungewünschte Station grob weg.

Der Oszillator (OSC) ist ein HF-Generator mit einer Frequenz, die entweder etwas größer oder kleiner ist als das Eingangssignal.

In der Mischstufe (MI) werden nun Eingangssignal und Oszillatorfrequenz zusammengeführt. Wegen der stark nicht-linearen Kennlinie des Mixers entstehen dabei sowohl die Summen — als auch die Differenzfrequenz aus den beiden HF-Signalen. Durch geeignete Abstimm-Massnahmen kann man erreichen, dass das in der Hochfrequenzstufe ausgesiehete Eingangssignal und das Oszillatorsignal im Mischer immer dieselbe Differenzfrequenz ergeben. Diese Frequenz nennt man die Zwischenfrequenz (ZF).

Der Zwischenfrequenzverstärker (ZF) ist ein sogenannter abgestimmter Verstärker, mit der speziellen Eigenschaft, daß nur ein ganz schmales Frequenzband verstärkt wird, — genau das Frequenzband, daß die Mischstufe abgibt. Man hat es praktisch gefunden, in allen Radios die gleiche Frequenz zu benutzen. Für AM benutzt man 455 kHz und für FM 10,7 MHz (mit kleinen Abweichungen).

Wir wollen ein Beispiel anführen:

Oszillatorfrequenz: 1.500 kHz

Zwischenfrequenz: 455 kHz

Die Empfangsfrequenz ist sowohl die Summe als auch die Differenz von 1.500 und 455 kHz.

E1: $1.500 + 455 = 1.955$ kHz

E2: $1.500 - 455 = 1.045$ kHz

Diese zwei Frequenzen werden gleich stark empfangen, wenn die Empfangsfrequenz nicht auch in der HF-Stufe abgestimmt ist. Da die beiden Empfangsfrequenzen sehr weit voneinander entfernt sind, ist es leicht, nur mit einem einzigen Filter, wie im Diodenempfänger, die eine auszulöschen. Die unterdrückte Empfangsfrequenz kommt in billigen Empfängern mit geringer Stärke durch. Den Unterschied in der Stärke zwischen der richtigen Station und der falschen (gespiegelten) nennt man Spiegelselektion und drückt sie in dB aus.

Der Detektor hier üblicherweise Demodulator genannt ist gleich aufgebaut wie der Detektor des Diodenempfängers und besteht oft nur aus einer Diode und einem Kondensator.

Die NF-Stufe soll das schwache Radiosignal auf Lautsprecherstärke anheben. Das haben wir bereits in Abschnitt G 17 besprochen. Wir wollen jetzt einen AM-Empfänger "aufteilen" und jede einzelne Stufe für sich besprechen, um den ganzen Komplex später wieder zu einem spielbereiten Radio zusammenzusetzen.

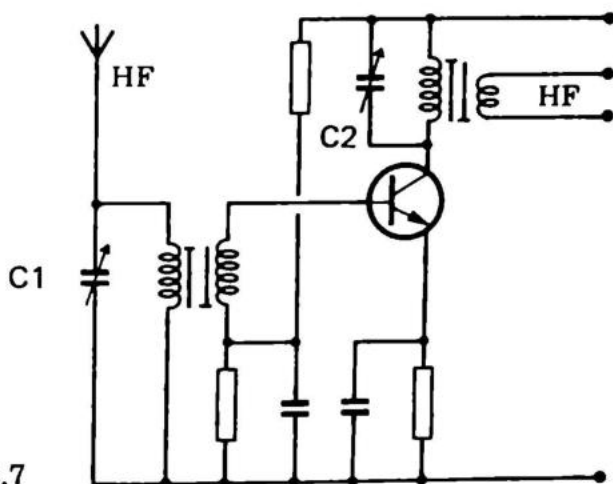


Fig. 24.7

HF-VERSTÄRKER

Mit dem abstimmbaren Schwingkreis wählen wir die Frequenz der gewünschten Station. Bei der Schaltung in Fig. 24.7 sind sowohl der Eingangskreis wie der Ausgangskreis über die beiden gekoppelten Drehkondensatoren C_1 und C_2 auf dieselbe Frequenz abstimmbare. Oft ist die Spule des Eingangskreises direkt auf einen Ferritstab gewickelt, und es muß keine zusätzliche Antenne angeschlossen werden, da der Ferritstab selbst eine gute Antenne darstellt.

Theoretisch könnte man Ferritstäbe auch gut für Fernsehen und FM anwenden, das Eisenpulver jedoch, aus dem der Ferritstab aufgebaut ist, kann nicht so fein hergestellt werden, daß die Wirbelstromverluste vermieden werden können, und man muß sich somit damit begnügen, den Ferritstab bis zu 5 MHz zu benutzen.

Da der Transistor den Eingangskreis sehr stark belastet, muß man, um eine gute Trennschärfe zu bekommen, den Eingangskreis transformatorisch anpassen. Normalerweise besteht solch eine Anzapfung oder separate Wicklung aus 10 – 20 % der Wicklungszahl der primären Wicklung.

Der Transistor arbeitet in Emitterschaltung und verstärkt deshalb von der Basis zum Kollektor. Die Widerstände errechnet man wie bei einer normalen NF-Schaltung, bei der die halbe Batteriespannung über dem Emitterwiderstand liegt. Der Emitterwiderstand ist durch einen Kondensator überbrückt und für die HF kurzgeschlossen, so daß man die ganze Verstärkung benutzt. Der Ausgangskreis, auch eine Spule und ein Kondensator, muß, gleich dem Eingangskreis, auf die Empfangsfrequenz abgestimmt werden. Wenn die Abstimmung variabel sein soll, müssen diese Abstimmkreise im Gleichlauf sein.

ZWISCHENFREQUENZVERSTÄRKER

Der Zwischenfrequenzverstärker erinnert sehr an den HF-Verstärker aus Fig. 24.7, mit der Ausnahme, daß hier die Schwingkreise fest auf 455 kHz bzw. 10,7 MHz abgestimmt sind. Bei AM 455 kHz Zwischenfrequenz benutzt man normalerweise zwei dieser Zwischenfrequenzverstärker hintereinandergeschaltet. Bei FM 10,7 MHz Zwischenfrequenz, benutzt man drei oder vier Verstärker. Bei FM hat der letzte Kreis vor dem Detektor außerdem die Funktion des "Begrenzens", das heißt, eine ev. mögliche Amplitudenmodulation wird abgeschnitten, sodass nur ein frequenzmoduliertes Signal mit annähernd konstanter Amplitude übrig bleibt.

AM ist ja Amplitudenänderung (und Geräusch), und es ist praktisch, daß das keinen Einfluß auf den Empfang hat.

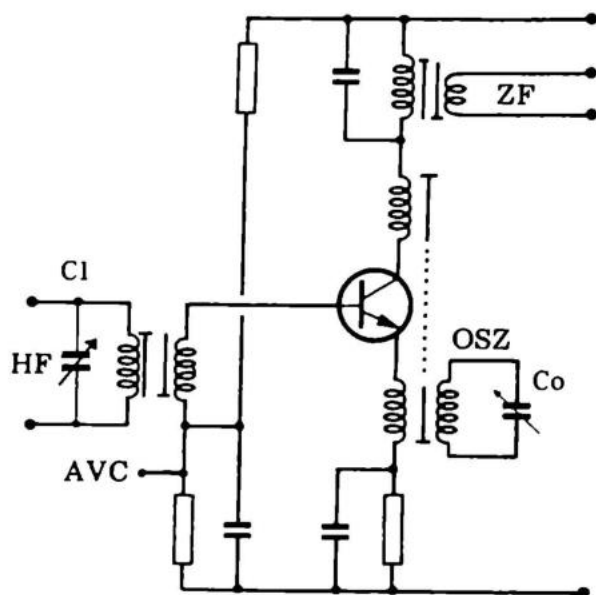


Fig. 24.8

OSZILLATOR UND MISCHSTUFE

Der Mischstufe werden zwei Signale zugeführt, eins von der HF-Stufe, eins vom Oszillator. Die Zwischenfrequenz wird durch den ersten ZF-Übertrager in der Kollektorleitung ausgesiebt. An dem mit AVC bezeichneten Punkt wird eine Regelspannung zur automatischen Verstärkungsregelung (Schwundausgleich) zugeführt.

Die in Fig. 24.8 gezeigte Anordnung ist ein kombinierter Oszillator und Mischer. Das Antennensignal wird der Basis zugeführt und das Oszillatorsignal in die Emitterleitung eingekoppelt. Beide Signale werden im Transistor verstärkt und gleichzeitig einander überlagert (miteinander gemischt). Aus der Kollektorleitung wird ein Teil der verstärkten Oszillatorschwingung auf den Oszillatorkreis rückgekoppelt, um dessen schwingungen aufrecht zu erhalten. Der Oszillatorkreis ist kapazitiv abstimmbar, wobei der Drehkondensator C_0 mit dem des Eingangskreises C_E mechanisch gekoppelt ist, um bei jedem eingestellten Sender dieselbe ZF zu erhalten. Diese Zwischenfrequenz wird vom ZF-Übertrager in der Kollektorleitung ausgefiltert und dem ZF-Verstärker zugeführt.

Diese kombinierte Oszillator-, Mischer- und HF-Stufe, wird DC-mäßig, wie eine NF-Stufe ausgerechnet, bei der die Emitterspannung die Hälfte der Batteriespannung beträgt.

DER AM-DETEKTOR

Für AM und FM wendet man verschiedene Detektortypen an. Alle AM-Detektoren können aus einer Diode oder einem Transistor bestehen. Hier ist ein Diodendetektor gezeigt. Das NF-Signal erhält man wie in einem Diodenempfänger durch Gleichrichtung und Filterung des ZF-Signals, und es wird rechts, wie in Fig. 24.9 gezeigt, entnommen. Außerdem steht über C2 eine Gleichspannung, die proportional zur durchschnittlichen Stärke des ZF-Signals, also der Stärke der Station, ist. Diese Gleichspannung kann für eine Automatische Verstärkungsregelung, auch Schwundausgleich genannt, (AVC) benutzt werden, und zwar, indem man sie zum Verschieben des Arbeitspunktes der Verstärkerstufen benutzt und damit deren Verstärkung regelt in Abhängigkeit von der Feldstärke des empfangenen Senders.

Hierdurch erreichen wir, daß eine starke Station weniger verstärkt wird und eine schwache mehr. Das Ergebnis ist, daß sich alle Stationen im Lautsprecher ungefähr gleich stark anhören. Wenn wir ein Meßinstrument über C2 koppeln, können wir durch den Ausschlag sehen, wie stark die Station ist. Für Walkie-Talkies nennt man solch ein Instrument "S-Meter".

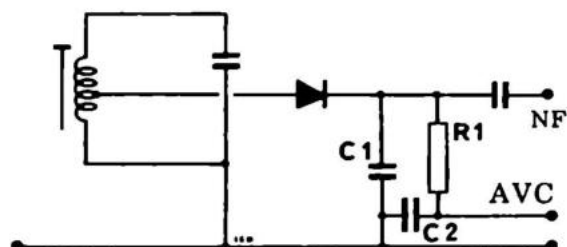


Fig. 24.9

Die Wirkungsweise eines FM-Detektors ist viel komplizierter, und wir wollen sie hier nicht besprechen.

Der in Fig. 24.10 gezeigte FM-Detektor ist ein Ratio-Detektor. Bei einer bestimmten Frequenz (Resonanzfrequenz für den abgestimmten Kreis) hat die Ausgangsklemme keine Spannung. Die Frequenzen darüber und darunter geben positive und negative Spannung (S-kurve).

Da das FM-Signal die Frequenz wechselt im Takt mit dem Modulations-Signal, wechselt der Ausgang zwischen positiv und negativ wie das NF-Signal. Gleichzeitig gibt es eine Mittelspannung, die abhängig davon ist, wie genau wir die Station eingestellt haben. Wenn die Abstimmung richtig ist, kommt im Durchschnitt die gleiche Menge positives und negatives Signal. Wenn die Trägerfrequenz der Station im Verhältnis zum Detektor schief liegt, ist auf einer Seite Übergewicht.

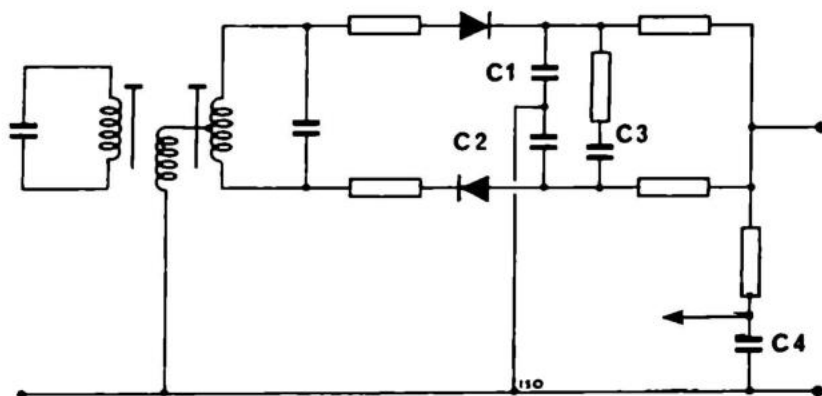


Fig. 24.10
FM-Detektor

Dieser Effekt kann für die Automatische Frequenz Kontrolle (AFC) benutzt werden. Wenn der Kondensator C4 mit der Durchschnittsspannung wird, können wir ein paar Kapazitätsdioden in der Abstimmung steuern. Eine "schiefe" Einstellung wird mit der Spannung über C4 auf den richtigen Platz gedrückt. Mit einer reinen Kapazitätsdiodenabstimmung ist das System sehr einfach auszuführen.

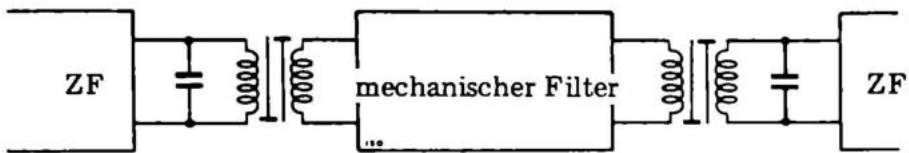


Fig. 24.11

ZF – FILTER

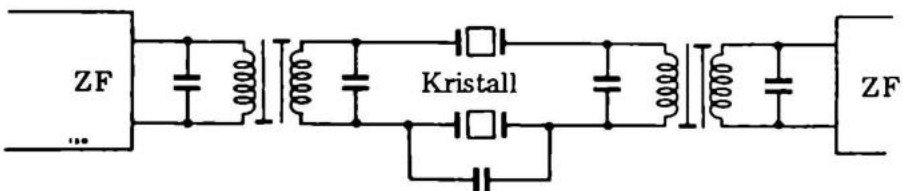
Zur Verbesserung der Selektivität eines Empfängers können wir entweder mehrere ZF-Transformatoren benutzen oder verschiedene Filter einkoppeln. Wir wollen hier drei besprechen.

DAS MECHANISCHE FILTER baut darauf auf, daß wir eine Metallstange zum Schwingen in der Zwischenfrequenz bringen können. Wir wissen, daß ein Wasserrohr einen Ton abgibt, wenn wir darauf schlagen.

Eine viel kürzere Stange gibt einen Ton in der ZF. Eine magnetische Stange ist an beiden Enden mit einer Spule versehen. Der einen Spule führen wir unser ZF-Signal zu, und die Eisenstange fängt in der ZF an zu schwingen. Wenn das andere Ende in der zweiten Spule schwingt, wird ein Signal induziert, das unserem ursprünglichen ZF-Signal entspricht.

Da die Stange nur ein sehr kleines Frequenzintervall hat, in dem sie schwingen kann, kommt nur ein kleiner Frequenzbereich hindurch.

Fig. 24.12



DAS KRISTALLFILTER baut auch auf mechanischen Schwingungen auf. Hier ist es ein Quarzkristall, das in der ZF schwingt. Das Kristall ist zwischen zwei Platten angebracht, und es zeigt sich jetzt, daß in einem sehr engen Frequenzintervall eine geringe Impedanz zwischen den beiden Platten ist. Eigentlich ist das Intervall zu klein, mit

zwei Kristallen aber, deren Resonanzfrequenz ein wenig unterschiedlich ist, können wir wieder einen passenden Bereich bekommen. Wir bekommen außerdem einen sehr scharf abgetrennten Frequenzbereich.

KERAMISCHER FILTER

Das keramische Filter, nicht zu verwechseln mit dem Kristallfilter, ist aufgrund seiner Qualität und Preisgünstigkeit dabei, die vorher genannten Filter "auszubooten". Die Wirkungsart ist die gleiche wie beim Kristallfilter, er ist jedoch breitbandiger und deshalb für ZF besser anwendbar.

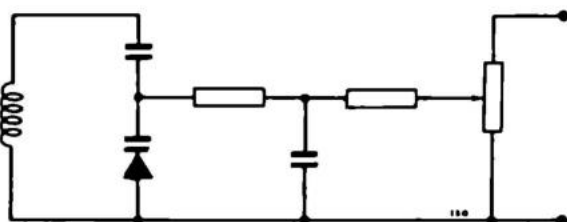


Fig. 24.13.

KAPAZITÄTSDIODEN-ABSTIMMUNG

Die Variable Abstimmung für die HF-Stufe und den Oszillator wird heute mit Kapazitätsdioden ausgeführt. Die Kapazitätsdiode hat die Eigenschaft, daß ihre Sperrschichtkapazität stark von der angelegten Sperrspannung abhängt. Verwendet man sie also als Schwingkreiskondensator, so läßt sich auf Grund dieser Eigenschaft die Resonanzfrequenz des Schwingkreises durch ändern einer an die Diode angelegten Sperrspannung variieren. Mit einem Potentiometer kann man die HF-Stufe und den Oszillator gleichzeitig abstimmen. Der Vorteil der Kapazitätsdioden ist, daß sie weniger Platz wegnehmen und weniger wiegen als Drehkondensatoren. Eine Kapazitätsdiode braucht keinen Strom.

EIN KOMPLETTER MITTELWELLENEMPFÄNGER

Wir können sehen, daß es sich um einen Mittelwellenempfänger mit drei Transistoren handelt. Der Empfänger ist eine vereinfachte Zusammensetzung der zuvor be-

Aufgabe 1

Wenn ein Sender ein Signal sendet, das sowohl in Amplitude als auch Frequenz variiert, ist das dann:

- | | |
|----------|----------------------------|
| AM? | A <input type="checkbox"/> |
| FM? | B <input type="checkbox"/> |
| FM — AM? | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 2

In welchen Punkten ist ein Superhet einem Geradeempfänger überlegen?

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Preis | A <input type="checkbox"/> |
| Tonqualität | B <input type="checkbox"/> |
| Selektivität | C <input type="checkbox"/> |
| Verstärkung (Empfindlichkeit) | D <input type="checkbox"/> |
| Einfachheit (Anzahl der Komponenten) | E <input type="checkbox"/> |
| Bedienung | F <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 3

Ist eine Zwischenfrequenz . . .

- | | |
|-----------|----------------------------|
| variabel? | A <input type="checkbox"/> |
| fest? | B <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 4

Wird die Trägerfrequenz . . .

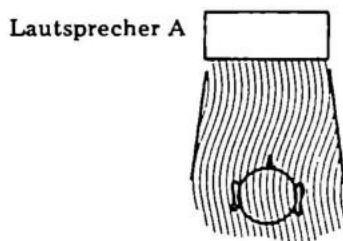
- | | |
|-----------------|----------------------------|
| im Mischer | A <input type="checkbox"/> |
| oder im HF-Teil | B <input type="checkbox"/> |
| bestimmt? | |

Aufgabe 5

Welche Komponenten kann man selektive Koppelglieder in einem Empfänger benutzen?

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| Keramische Filter | A <input type="checkbox"/> |
| Widerstände | B <input type="checkbox"/> |

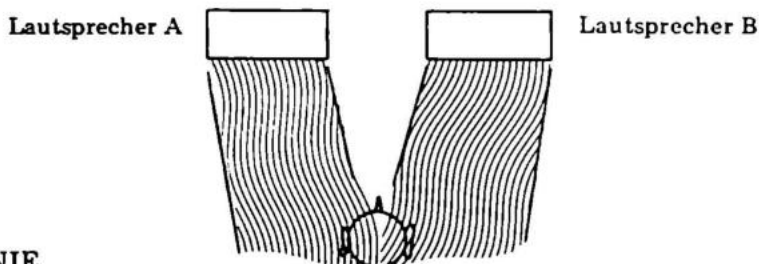
Fig. 25.1



MONOWIEDERGABE

Bei gewöhnlicher Monowiedergabe haben wir eine Lautsprechereinheit und einen Verstärker. Die Töne kommen also nur von einer Stelle, und wir erhalten keinen Richtungseindruck. Vom Gehirn wird nämlich aus dem Laufzeitunterschied der ankommenden Schallwellen zwischen rechtem und linkem Ohr die Richtung aus der der Schall kommt abgeleitet.

Fig. 25.2



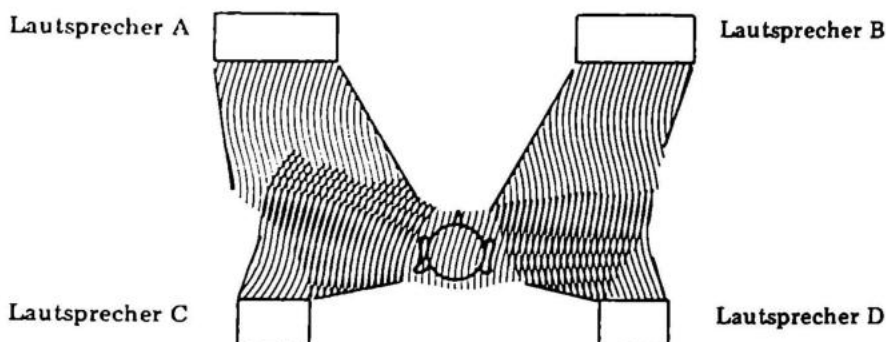
STEREOPHONIE

Wenn wir Schall für richtungsbestimmte Wiedergabe aufnehmen, benutzen wir normalerweise zwei Mikrophone, die unseren beiden Ohren entsprechen. Bei der Aufnahme hält man beide Signale so getrennt wie möglich.

Die beiden Signale werden dann auf Platte oder Band festgehalten, wo beide Signale auf zwei Spuren getrennt sind. Bei der Wiedergabe benutzt man zwei gekoppelte Monosysteme.

Technisch ist es also nicht sehr schwer, Verstärker für Stereo zu bauen. Man benutzt nur alles doppelt. Um die Bedienung eines Stereoverstärkers nicht zu schwierig zu machen, sind nur die Regulierungsknöpfe zusammengebaut. Ein Stereopotentiometer enthält also zwei elektrisch getrennt aber mechanisch zusammengebaute Potentiometer.

Fig. 25.3



QUADROPHONIE

Bei einer neuen Stereotechnik benutzt man vier Kanäle. Man benutzt alle vier Kanäle des Tonbandes für die vier Kanäle und sonst vier von allen anderen bei Verstärkern, Lautsprechern und Mikrofonen.

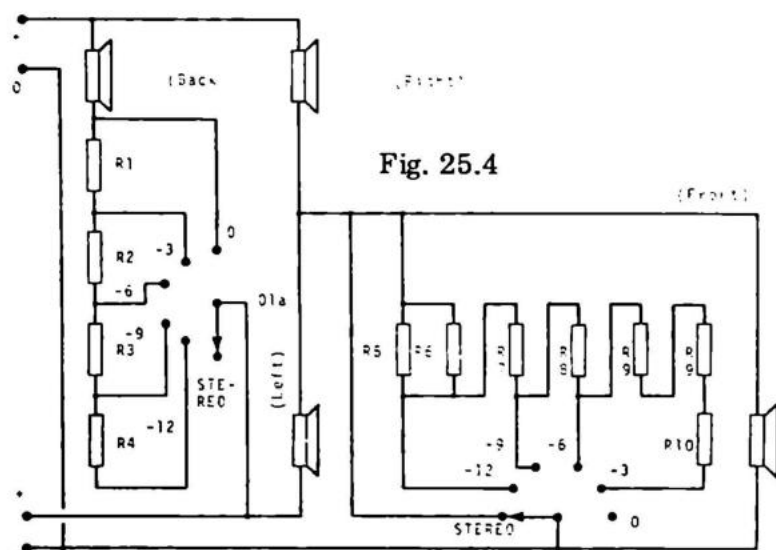
Das hört sich im ersten Moment wie ein Verkaufsschlager an. 4-Kanal-Technik gibt eine sogenannte Raumformation, die bei gewöhnlichem Stereo fehlt.

Obwohl wir nur zwei Ohren haben, können wir sowohl die links-rechts Richtungen, als auch die vorne-hinten Richtungen bestimmen. Sie werden z.B. nie vor sich nach einer Fliege suchen, wenn diese von hinten kommt.

MATRIXPRINZIPIEN

Es gibt viele Möglichkeiten 4-Kanal-Stereophonie zu verwirklichen. Die einfachste ist natürlich, alle vier Spuren auf dem Tonbandgerät für die vier Kanäle zu benutzen. Es wirft keine Probleme auf, solch ein Projekt zu verwirklichen, wie jedoch soll man Platz für die vier Kanäle auf einer Schallplatte oder in einem FM-Radio schaffen. Es sind von vielen Radiofabrikanten gleichgut mögliche Lösungen vorgebracht worden. Man ist hauptsächlich von der ganz richtigen

4-Kanal-Tonband-Stereophonie weggegangen. Man konzentriert sich nunmehr auf das Matrixprinzip, das sich auf verschiedene Arten verwirklichen läßt.



Stückliste (alle Widerstände — 2 W)

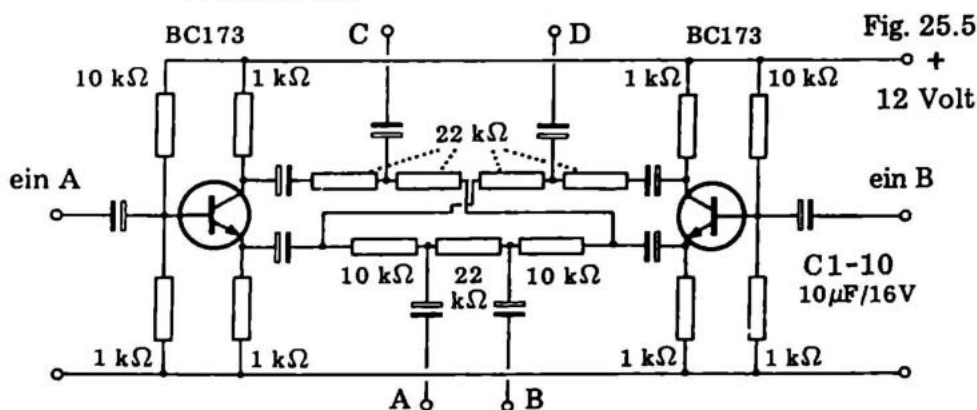
	bei 4 Ω	bei 8 Ω	bei 16 Ω
R1	4,7 Ω	8,2 Ω	15 Ω
R2	8,2 Ω	15 Ω	33 Ω
R3	15 Ω	33 Ω	68 Ω
R4	33 Ω	68 Ω	120 Ω
R5	0,3 Ω	0,3 Ω	1 Ω
R6	0,3 Ω	∞ Ω	1 Ω
R7	0,3 Ω	1 Ω	2,2 Ω
R8	1 Ω	2,2 Ω	4,7 Ω
R9	1 Ω	2,2 Ω	4,7 Ω
R10	1 Ω	2,2 Ω	4,7 Ω
R11	1 Ω	2,2 Ω	4,7 Ω

Ein Amerikaner, DAVID HAFFLER, hat ein System patentiert, das zwischen eine gewöhnliche Stereoanlage und zwei extra Lautsprecher gekoppelt werden kann. In Fig. 25.4 ist das Prinzip skizziert. Um zu verstehen, was vorgeht, müssen wir an die Möglichkeiten für Spannungen, die in Ausgangsverstärkern entstehen, denken. Wenn z.B. A positiv und B negativ ist, entsteht ein Spannungsfall von A + B über Lautsprecher C.

A ist positiv und B positiv — die Spannung über Lautsprecher C ist dann $A - B$. Wir können ein Schema für alle möglichen Ausgangsspannungen für alle Lautsprecher aufstellen.

Verstärker		Lautsprecher			
A	B	A	B	C	D
+1	-1	+1,5	-1,5	+2	0
+1	+1	+0,7	+0,7	0	+2
-1	+1	-1,5	+1,5	+2	0
-1	-1	-0,7	-0,7	0	+2

Wenn man einen variablen Widerstand parallel zum Lautsprecher D schaltet und einen weiteren variablen Widerstand in Reihe mit Lautsprecher C, kann man diese Konstanten ändern. Das macht das "Geheimnis" von Fabrikat zu Fabrikat aus.



In Fig. 25.5 sehen wir eine Matrix, die zwischen einen Stereoverstärker und vier Endstufen geschaltet ist. Auf diese Weise umgeht man unglückliche Impedanzverschiebungen für die Ausgangsverstärker. Die "Vorverstärkermethode" hat den Vorteil, daß man nur durch die Änderung einiger kleiner Widerstände andere Konstanten erhält.

SANUSI hat ein System patentiert, das das Signal für die beiden hinteren Lautsprecher mit einem leicht tremolierenden Effekt phasenverschiebt.

Alles in allem muß man über die Matrixsysteme sagen, daß die Kanaltrennung sich auf maximal 10 dB verringert, von vielleicht vorher 40 dB bei Tonbandgeräten. (10 dB = 3mal; 40 dB = 100mal). Die amerikanische Gesellschaft "VICTOR" hat eine Schallplatte mit Pilotsignal entwickelt. Das System ist von der Radiostereophonie bekannt, statt jedoch ein Signal in zwei Kanäle umzuformen, erhält man vier Kanäle aus zwei Kanälen.

Am Schluß muß noch bemerkt werden, daß Stereo, 2- oder 4-Kanal keine Bedeutung hat, wenn die Qualität nicht Hi-Fi oder die Anlage nicht richtig aufgestellt ist. Ein gutes Beispiel sind Diskotheken, wo die Lautsprecher gewöhnlich so schlecht angebracht sind, daß man keine Freude an der Stereophonie hat.

FM- STEREOPHONIE

DAS FFC — MULTIPLEXSYSTEM ist so aufgebaut, daß man, um die Erwartung von einer Monowiedergabe bei den Hörern zufriedenzustellen, die nur einen Monoempfänger haben, die beiden Stereokanäle A und B zusammenlegt zu einem M-Kanal (Monokanal), welcher über einen FM-Sender wie eine gewöhnliche Monosendung im NF-Bereich (50 Hz — 15 kHz) ausgesandt wird.

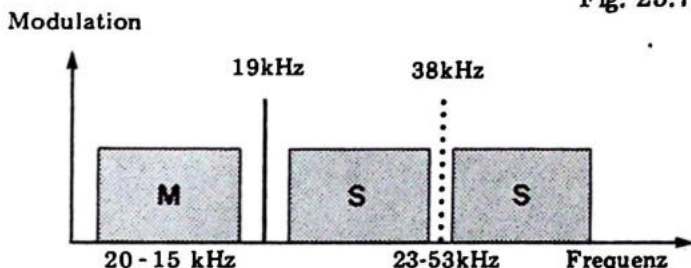
Um Stereosendungen für die Empfänger, die für Stereophonie eingerichtet sind, zu senden, erzeugt man gleichzeitig einen Hilfskanal, den sogenannten S-Kanal (Stereokanal), indem man den B-Kanal vom A-Kanal abzieht.

Den S-Kanal benutzt man dabei, um eine Trägerfrequenz von 38 kHz zu modulieren. Um einen besseren Wirkungsgrad bei der anschließenden Modulation des HF-Trägers zu erhalten, sendet man nur die Seitenbänder der Modulation die Frequenzbänder von 23 — 38 kHz und von 38 — 51 kHz, indem die Trägerfrequenz von 38 kHz unterdrückt wird (DSB-Modulation). Mit Hilfe eines Steuertons von 19

kHz, der zusammen mit den M- und S-Kanälen gesendet wird, wird im Empfänger der Stereo-Hilfsträger von 38 kHz wieder gewonnen.

Der Dekoder hat die Aufgabe aus dem vom FM-Demodulator, dem Ratiodektor, gelieferte Stereo-Multiplexsignal die beiden Stereokanäle A und B zu gewinnen. Das geschieht folgendermaßen:

Fig. 25.7



Das Multiplexsignal, das, wie wir sehen, immer noch ein NF-Signal ist, wird im FM-Sender mit einem Frequenzhub von 75 kHz wie bei normalen Monosendungen moduliert und wird – nachdem es durch die Luft, den FM-Tuner und ZF-Verstärker des Empfängers übertragen wurde – beim FM-Detektor wieder entnommen und dann durch den Dekoder behandelt.

Der Dekoder, der zwischen Detektor und dem NF-Verstärker angebracht ist, hat folgende beiden Aufgaben: Er soll den S-Kanal von der Hilfsträgerfrequenz von 38 kHz modulieren und aus den M- und S-Kanälen die beiden Stereosignale A und B wiedergeben. Wie wir elektrisch die A- und B-Kanäle zu einem M-Kanal zusammenlegen und den B-Kanal vom A-Kanal abziehen können um einen S-Kanal zu bekommen, so können wir das auch umgekehrt.

$$\begin{array}{ll} \text{Wir beginnen mit:} & M = A + B \\ \text{und:} & S = A - B \end{array}$$

Legen wir jetzt die M- und S-Kanäle zusammen, erhalten wir 2 A, und ziehen wir den S-Kanal vom M-Kanal ab, erhalten wir 2 B. Auf diese Art erhalten wir im Dekoder wieder die ursprünglichen Stereokanäle, und durch passende Filter führen wir das Stereosignal in den Stereoverstärker des Empfängers.

Aufgrund des erweiterten Frequenzbereichs von 15 kHz — 53 kHz, mit dem das Multiplexsystem arbeitet, verringert sich das Rauschverhältnis des Empfängers ca. 10-mal (20 dB).

Das heißt in der Praxis, daß, selbst wenn man ein gutes Monoempfangsverhältnis hat, der Stereoempfang gestört sein kann, da man bei Stereoempfang eine ca. 5 — 10-mal höhere Antennenspannung als bei Monoempfang benötigt. Hier können Richtantennen mit mehreren Elementen und Antennenverstärker das Empfangsverhältnis oft verbessern.

Stereoradioempfänger sind für die Wiedergabe von Stereoradiosendungen nach dem an eine kommende europäische Norm angepassten amerikanischen FCC-Multiplexsystem eingerichtet.

Aufgabe 1

Wieviele Ausgangsverstärker braucht man für Stereo?

- 1
2

- A
B

Aufgabe 2

Glauben Sie, daß man für Quadrophonie zwei Balance-regler und zwei Lautstärkereglern oder aber vier Lautstärke-regler benutzt?

- 2 Balanceknöpfe
4 Lautstärkereglern

- A
B

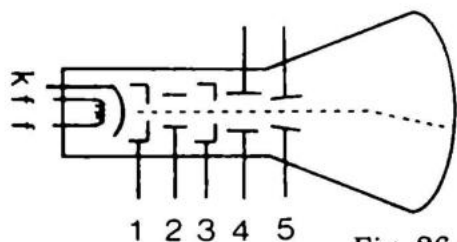
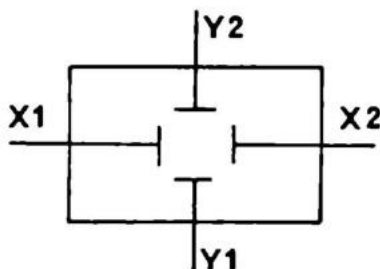


Fig. 26.1

- 1: Wehneltzylinder
- 2: Fokussier-elektrode
- 3: Anode
- 4: x-Platten
- 5: y-Platten

DER OSZILLOGRAF

Ein Oszillograf ist ein Apparat, in dem wir eine Wechselspannung als Funktion der Zeit sichtbar machen können. Die wichtigste Komponente des Oszillografen ist die Kathodenstrahlröhre.



DIE KATHODENSTRAHLRÖHRE

Eine Kathodenstrahlröhre besteht aus einem Heizdraht, f , und einer Kathode, k , die vom Heizdraht erhitzt wird und einen Strom von Elektronen aussendet. Diese werden einfach aus dem Kathodenmetall herausgekocht. Außerdem gibt es noch eine Anzahl Elektroden, mit denen man die Stärke und Fokussierung (Schärfe) des Elektronenstrahls variieren kann, sowie zwei Paar Ablenkplatten und eine Anode.

Die Kathodenstrahlröhre selbst ist luftleer. Legt man die Anode an Plus und die Kathode an Minus, laufen die Elektronen von der Kathode zur Anode. Die Elektroden sorgen dafür, daß wir einen dünnen, gleichmäßigen Strahl

von Elektronen erhalten. Wenn der Strahl den Fluoreszenzschirm trifft, leuchtet dieser in einem Punkt auf. Durch eine gegen die Kathode negative Spannung am Wehneltzylinder können wir die Strahlstärke und damit die Helligkeit des Schirmbildes beeinflussen. Eine negative Spannung an der Fokussierelektrode gestattet die Schärfe des Lichtpunktes auf dem Leuchtschirm, also den Fokus einzustellen.

Ein Kathodenstrahlrohr hat außerdem 2 Paar Ablenkplatten, die bestimmen, wo auf dem Schirm unser Lichtpunkt erscheinen soll. Das eine Plattenpaar steht vertikal, das andere ist senkrecht dazu angeordnet, liegt also horizontal, wie in Fig. 26.2 schematisch angedeutet. Legt man an ein Plattenpaar eine Spannung an, so bildet sich ein elektrisches Feld, das den Elektronenstrahl in Feldrichtung, also von der negativen Platte weg und zur positiven Platte hin ablenkt. Die Strahlauslenkung ist dabei umso grösser je stärker das elektrische Feld, je höher also die angelegte Spannung ist. Um den Strahl voll abzulenken ist eine Spannung von ca 300 V erforderlich.

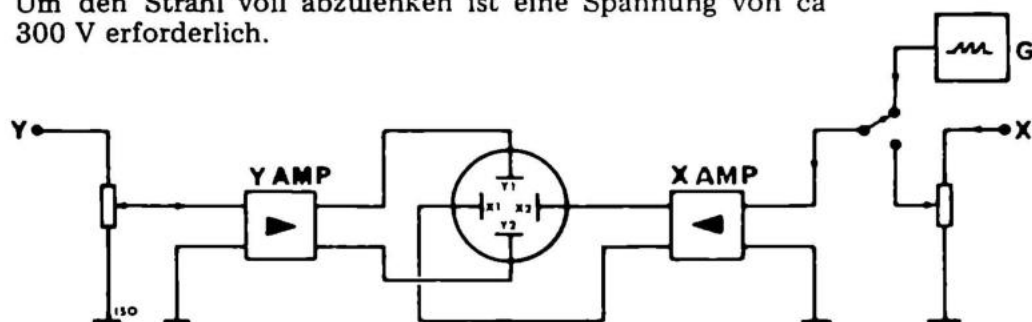


Fig.26.2

DIE VERSTÄRKER

Zu jedem Eingang hat man ein Potentiometer zur Einstellung des Niveaus eingebaut. Es kommt dann ein Verstärker, der die geringe Meßspannung von ganz wenigen mV auf die maximale Ablenkspannung verstärkt.

Der Y-Verstärker des Oszilloskops bringt ganz schwache Spannungen auf das Steuerspannungsniveau. Oft ist dieser Verstärker doppelt oder differential aufgebaut, damit Temperaturänderungen keine Einwirkung auf die Einstellung des Strahls ausüben.

Der X-Verstärker ist normalerweise mit einem Sägezahn-generator gekoppelt.

Ein Sägezahn-generator gibt eine Spannung ab, die linear bis zu einem bestimmten Punkt steigt, und dann augenblicklich auf Null fällt. Schließt man diesen Generator an die X-Platten an, bewegt sich der Punkt auf dem Schirm gleichmäßig von links nach rechts und springt dann zurück und beginnt von vorne.

Legen wir jetzt auch noch eine Wechselspannung an den y-Eingang, so wird der Strahl auch noch vertikal abgelenkt. Wir bekommen eine Kurve und können diese als das Eingangssignal analysieren.

Da die Frequenz des Sägezahn-generators in weiten Grenzen veränderlich ist, können Schwingungen von sehr niedriger Frequenz bis ca 100 MHz übersichtlich dargestellt werden.

Aufgabe 1

Welche Funktion hat ein Oszillograf?

- Eine Kurve als Funktion der Zeit zu zeigen, A
den Strom zu messen, B
ein Bild zu zeigen. C

Aufgabe 2

Welches Teil in der Kathodenstrahlröhre gibt Elektronen ab?

- das Gitter, A
die Anode B
die Kathode C

FERNSEH—EMPFÄNGER

Mit Rücksicht auf den Umfang dieses Apparates wollen wir nur die Grundprinzipien besprechen und im übrigen auf andere Fachliteratur hinweisen.

Die Bildröhre ist das Herz des Fernseh-Empfängers. Sie beinhaltet eine Elektronenkanone vom gleichen Typ wie in der Kathodenstrahlröhre des Oszillografen, aber keine Ablenkplatten. Die Ablenkung des Strahls besorgt ein Satz Elektromagnete, welche in einer sogenannten Ablenkspule zusammengebaut sind. Diese ist auf den Hals der Bildröhre aufgesetzt.

Der Fernsehsender gibt folgende Informationen zum Empfänger:

1. das Schwarz-Weiß-Niveau
2. die Zeilensynchronisierung
3. die Bildsynchronisierung
4. die Toninformation
5. eine erste Farbinformation

Das ausgesandte Signal wird durch eine Antenne aufgefangen. Von dort aus wird es zum Tuner geführt. Im Tuner wird das Signal des eingestellten Senders ausgesiebt, in einer Mischstufe mit der Oszillatorfrequenz überlagert und im Zwischenfrequenzverstärker verstärkt. Von hier aus wird ein Teil des Signals zum Ton-Zwischenfrequenzverstärker geführt, wo man es FM-demoduliert, verstärkt und den Lautsprechern zuführt.

Der andere Teil des ZF-Signals ist amplitudenmoduliert. Es wird dementsprechend in einem AM-Gleichrichter demoduliert.

Diese Bildinformation setzt sich zusammen aus der Zeileninformation, der Bildinformation und der Helligkeitsinformation des einzelnen Bildpunktes. Man nennt diese Bildinformation auch Videosignal.

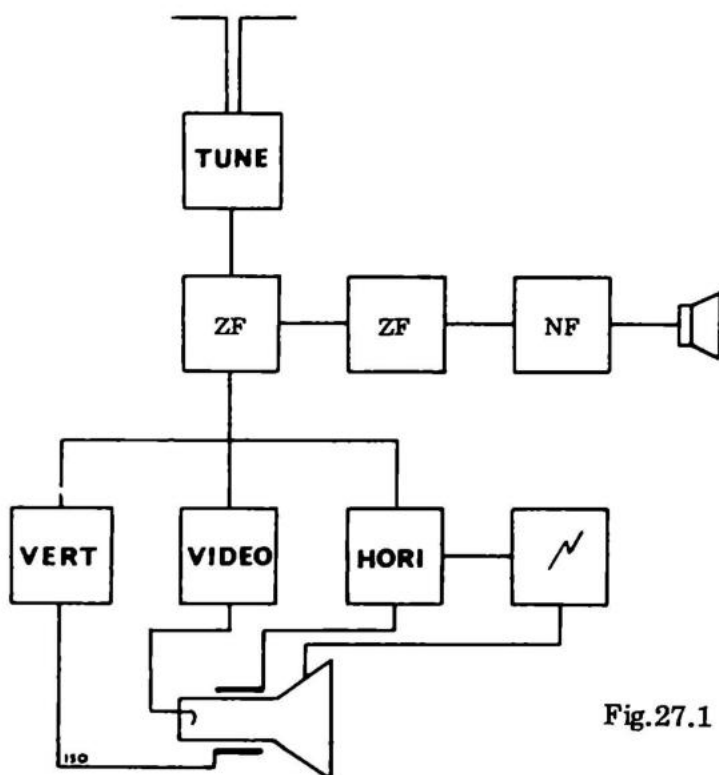


Fig.27.1

In einer speziellen Schaltung werden aus dem Videosignal die Zeilensprungimpulse und die Bildwechselimpulse abgetrennt und der Ablenkspule zugeführt. Es werden in jeder Sekunde 25 Bilder gezeichnet, jedes besteht aus 625 Zeilen.

Da die Bildröhre eine hohe Spannung benötigt, enthält ein Fernsehapparat auch einen Hochspannungsgenerator, welcher zwischen 16.000 und 25.000 Volt liefert. Er wird von der Zeilenablenkung betrieben.

Die einfachen Funktionen eines Fernsehempfängers gehen aus dem Blockdiagramm hervor. Außer den gezeigten "Blöcken" haben wir jedoch auch einige Stufen zur Stabilisierung des Bildstandes usw.

Der hohe Ton, den wir vom Fernsehen hören können, ist 15.625 Hz. Er steuert zusammen mit einer 50 Hz Frequenz die Zeilenablenkung.

Aufgabe 1

Was beinhaltet eine Oszillografenröhre, worüber eine Bildröhre nicht verfügt?

- | | |
|---------------|----------------------------|
| Gitter | A <input type="checkbox"/> |
| Ablenkplatten | B <input type="checkbox"/> |
| Kathode | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 2

Welche Information benötigt man nicht für das genaue Bild auf dem Fernsehschirm?

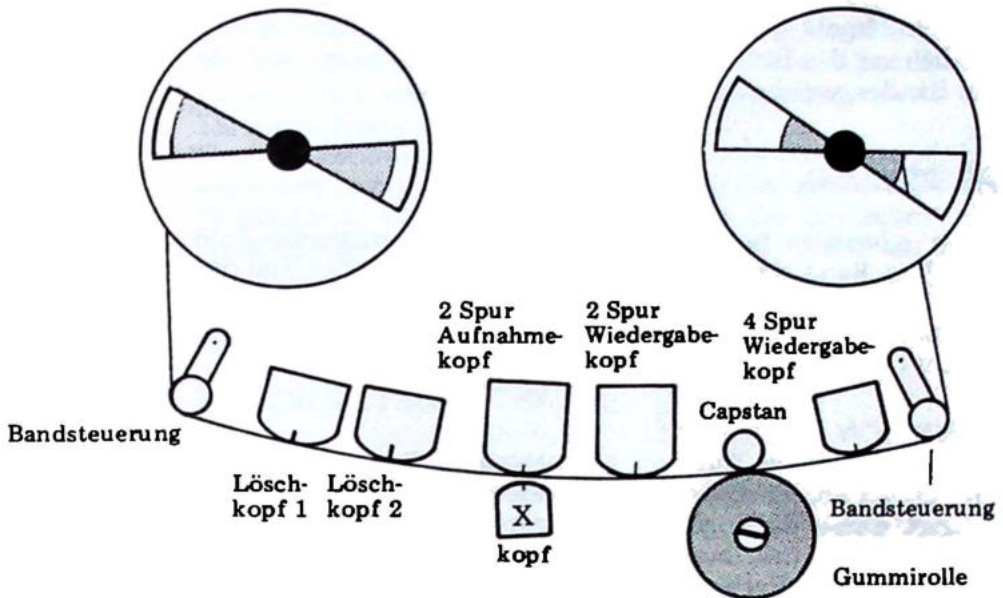
- | | |
|------------------------|----------------------------|
| Zeilensynchronisierung | A <input type="checkbox"/> |
| Toninformation | B <input type="checkbox"/> |
| Helligkeitsinformation | C <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 3

Welches sind die wichtigen Steuerfrequenzen im Fernseh-Empfänger?

- | | |
|----------|----------------------------|
| 4000 Hz | A <input type="checkbox"/> |
| 15625 Hz | B <input type="checkbox"/> |
| 50 Hz | C <input type="checkbox"/> |

Fig. 28.1



Das Prinzip eines Tonbandgerätes ist, elektrische Ströme in Magnetismus auf einem Band umzuwandeln.

DAS BAND

Bei Abspielung induziert der Magnetismus im Band wieder ein elektrisches Signal, (s. Fig. 28.1).

Das Tonbandgerät hat einen Aufnahme- und einen Abspielkopf, das sind Elektromagneten mit einem schmalen Luftspalt von ca $5 \mu\text{m}$. Das Band ist ein Kunststoffband, das mit einem magnetischen Material, z.B. Eisenoxid, belegt ist. Bei Gebrauch des Materials Eisenoxid ist es möglich, ein 2–6 dB besseres Signal — Rauschverhältnis zu bekommen. Chromdioxid ist genauso gut magnetisierbar wie Eisenoxid.

AUFNAHME

Bei der Aufnahme erzeugt das elektrische Signal ein magnetisches Signal im Elektromagneten. Wenn das Band

den Luftspalt passiert, gehen einige der magnetischen Kraftlinien des Elektromagneten hinaus in die Eisenoxidlage des Bandes, welches dann magnetisiert wird.

ABSPIELUNG

Beim Abspielen passiert das wechselnde magnetische Feld auf dem Band den Luftspalt im Abspielkopf. Ein Teil des Feldes geht in den Elektromagneten ein und induziert ein Signal in der Spule. Dieses wird verstärkt, so daß man es in einem Lautsprecher hören kann.

FUNKTION

Der Motor zur Fortbewegung des Bandes ist sehr wichtig. Er steuert durch die sogenannte Kapstanachse die Vorlaufgeschwindigkeit des Bandes. Gleichzeitig ist er über Rutschkopplungen in Verbindung mit der Spule, so daß das Band immer straff ist.

Um eine konstante Vorlaufgeschwindigkeit zu erzielen, muß der Motor äußerst gleichmäßig laufen. Bei nur einigen Prozent Abweichung von der Bandgeschwindigkeit hört sich das Abgespielte unmöglich an. Dieses Phänomen nennt man Wow und mißt es in Prozent. Am Schluß dieses Abschnittes wird beschrieben, wie man Wow beim Tonbandgerät mißt.

Bevor wir eine Aufnahme machen, muß das Band gelöscht werden. Neben den Tonköpfen sitzt ein Löschkopf, der im Prinzip ein Aufnahmekopf ist. Er führt eine hohe Frequenz zu, die das Band entmagnetisiert, also alle gespeicherten Informationen löscht. Der Löschkopf sitzt vor dem Aufnahmekopf und wird in der Regel automatisch eingekoppelt.

Der Aufnahmekopf führt nicht nur das gewünschte Signal sondern auch ein "Biassignal" zu. Das Biassignal hat eine sehr hohe Frequenz und bewirkt eine starke Qualitätsverbesserung (Veränderung der Verzerrung). Statt den Bias zum Aufnahmekopf zu führen, hat man eine neue Technik entwickelt, bei der das Biassignal seinen eigenen Tonkopf,

gegenüber vom Aufnahmekopf, bekommt. Dabei kreuzt das Biasfeld das Signalfeld, und sowohl die Verzerrung als auch die Grenzfrequenz verbessert sich. Man nennt das Crossfield, und die obere Grenzfrequenz wird um ca. 1,5 mal höher als bei der alten Methode. Die japanische Firma Akai hat das Patent, und die norwegische Firma Tandberg nutzt die Lizenz in Europa aus. (s. Fig. 28.1).

Der Abspielkopf ist oft derselbe wie der Aufnahmekopf. Mit separaten Aufnahme- und Abspielköpfen erhält man die Möglichkeit, durch Mithören während der Aufnahme die Qualität der Aufnahme zu kontrollieren. Außerdem kann man viele Aufnahmetricks, wie z.B. Multiplay und Echo, erzielen.

KONTROLLTEIL

Der Kontrollteil ist umfassend und hat außer Regulierung der Verstärker noch Steuerung der Spulen, Umschalter für Aufnahme und Abspielen und die Wahl der Bandgeschwindigkeit.

SPURZAHL

Ein Tonbandgerät kann zwei oder vier Spuren haben.

Bei Zwei-Spur-Geräten bespielt man die eine Hälfte des Bandes. Wenn man das Band umdreht (immer noch mit der Eisenoxidseite gegen die Köpfe), kann man die andere Hälfte benutzen. Bei der Vier-Spur-Technik benutzt man halb so breite Spuren. Das Band ist in vier Zonen aufgeteilt. In der einen Richtung spielt man auf Spur 1 und 3, in der anderen Richtung auf Spur 2 und 4. Vier-Spur-Tonbänder ergeben doppelte Spielzeit auf dem gleichen Band, jedoch größere Geräuschköglichkeiten. Bei Stereo benutzt man zwei Spuren gleichzeitig. Alle Stereoköpfe sind also doppelt. Bei Zwei-Spur-Bändern benutzt man das ganze Band, bei Vier-Spur-Bändern nur 1 und 3 gleichzeitig und in der anderen Richtung 2 und 4.

Bei Quadrophonie bespielt man alle vier Spuren gleichzeitig und bekommt dafür auch die Rauminformation mit.

SCHMIERUNG UND JUSTIERUNG

Tonbandgeräte müssen von Zeit zu Zeit gereinigt werden, sowohl mechanisch als auch elektrisch.

Mechanisch reinigt man die Tonkopfoberfläche mit ätherbefeuchteter Watte und elektrisch mit einer Induktionsspule. Die Induktionsspule gibt ein starkes Wechsellmagnetfeld ab, das den angehäuften Magnetismus entfernt. Man bewegt sie um die Tonköpfe und entfernt sie langsam bis auf 2—3 Meter, bevor man sie abschaltet.

Man nimmt mit dem Tonbandgerät ein sehr konstantes niederfrequentes Signal auf, z.B. die Netzfrequenz. Dann spielt man das Band ab, und überlagert dieses Signal mit dem ursprünglichen Signal. Hat das Tonbandgerät kein Wow, entspricht also die abgespielte Frequenz genau der aufgenommenen, so ist die Spannung des Summensignals konstant. Hat das Gerät dagegen Wow, schwankt also die wiedergegebene Frequenz etwas, so entsteht bei der Mischung der beiden Signale eine Schwebung und die Summenspannung schwankt im Takt dieser Frequenzänderung. Zur Messung verwendet man am Besten einen Zweistrahloszillografen, bei dem man das Summen — bzw. Differenzsignal der beiden Eingänge darstellen kann.

Aufgabe 1

Woraus besteht ein Band?

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| Aluminiumfolie | A <input type="checkbox"/> |
| Kunststoff mit Farbbelag | B <input type="checkbox"/> |
| Kunststoff mit Eisenoxidbelag | C <input type="checkbox"/> |
| Eisenband | D <input type="checkbox"/> |
| Papier | E <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 2

Welche besseren Eigenschaften hat ein Vier-Spur-Gerät gegenüber dem Zwei-Spur-Gerät?

- | | |
|------------|----------------------------|
| Verzerrung | A <input type="checkbox"/> |
| Rauschen | B <input type="checkbox"/> |
| Wow | C <input type="checkbox"/> |
| Spielzeit | D <input type="checkbox"/> |

Aufgabe 3

Wieviel Platz belegt ein Stereosignal auf einem Zwei-Spur-Gerät?

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1/1 Bandbreite | A <input type="checkbox"/> |
| 1/2 Bandbreite | B <input type="checkbox"/> |
| 1/3 Bandbreite | C <input type="checkbox"/> |
| 1/4 Bandbreite | D <input type="checkbox"/> |

MONTAGE

Eine sehr wichtige Sache in der Elektronik ist die praktische Fertigkeit. Wenn man die Wirkungsweise und korrekte Zusammensetzung eines Verstärkers versteht, ist es ärgerlich, wenn die ganze Konstruktion auf Grund schlechter Lötungen und fehlender Masseverbindungen "in die Binsen geht".

Löten muß man heutzutage bei einer gedruckten Schaltung immer. Eine gedruckte Schaltung ist eine isolierende Platte mit leitenden Kupferbahnen, die die einzelnen Komponenten verbinden und sie festhält.

In einer gedruckten Schaltung ist die Verbindung der Komponenten bereits festgelegt und meist auch die Löcher schon gebohrt, so daß man nur montieren muß.

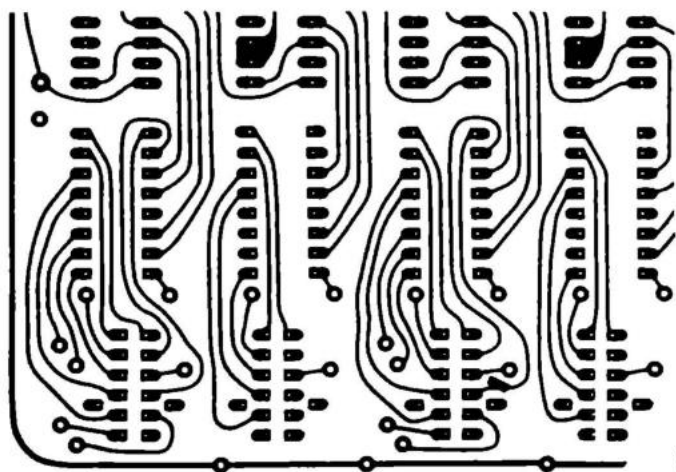
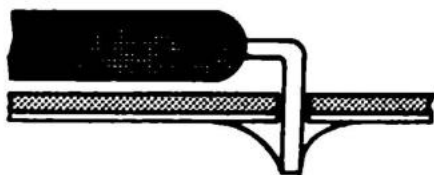


Fig. 29.1
Gedruckte Schaltung

Die Montage von Komponenten auf einer gedruckten Schaltung (auch Leiterplatte oder Platine genannt), führt man so aus:

Die Zuleitungen der Komponenten werden gebogen, so daß man sie in die richtigen Löcher auf der Platine stecken kann. Die Komponenten werden auf der den Kupferleitern entgegengesetzten Seite montiert, so nah wie möglich an der Platine. Die Leitungen werden auf der Unterseite etwa 45° gebogen, gelötet und unmittelbar über der Lötstelle abgeschnitten. Zum Löten benutzt man einen heißen, sauberen und verzinnnten LötKolben. Der LötKolben wird sowohl mit der Kupferleitung als auch mit der Komponentenleitung in Kontakt gebracht und gleichzeitig führt man 2 — 3 mm Lötzinn zu. Man nimmt den LötKolben erst wieder weg, wenn der Zinn sich über den Leiter ausgebreitet hat. Das dauert ca. 3 Sekunden mit einem Kolben von 20—45 Watt. Wir benutzen flußmittelhaltiges Elektronikzinn, nicht das, welches man beim Eisenwarenhändler in Stangen kauft, denn dieses beinhaltet kein Flußmittel.

Fig. 29.2



Warnung: Benutzen Sie kein Lötwasser, Lötfett, Lötpaste oder ähnliches, da diese Flussmittel Elektronikkonstruktionen zerstören. Diese genannten Lötmitel sind für Dachrinnen usw.! Elektronik wird ganz zerstört und kann nicht repariert werden. Wenn Sie noch nie gelötet haben, versuchen Sie sich am besten mit ein paar Stückchen Abfallplatine und einigen Stückchen Schaltdraht.

GEDRUCKTE SCHALTUNGEN

Es ist sowohl lehrreich als auch unterhaltsam, eigene Platinen herzustellen. Es gehört jedoch ein wenig Unternehmungslust dazu bei Vorbereitung, Komponentenplacierung und Zeichnung der Platine.

ABDECKMETHODE

Mit dieser Methode kann jeder auf einem beliebigen Platinenrest einen einfachen elektronischen Kreislauf herstellen. Das geschieht auf folgende Weise: (Fig. 29.1).

Die Kupferseite der Platine wird mit Scheuerpulver sauber gescheuert, so daß sie ganz hell wird. Ein Stück selbstklebende Kunststoffolie wie sie auch für Dekorationszwecke verwendet wird, wird auf das Kupfer geklebt und alle Blasen werden weggedrückt. Dann zeichnet man den Schaltplan auf den Kunststoff, eventuell mit Hilfe eines Stückes Kohlepapier. Nun entfernt man mittels eines scharfen Messers oder einer Rasierklinge die Kunststoff — Folie überall da, wo auch die Kupferschicht entfernt werden soll, sodaß also nur noch die späteren Leiterbahnen bedeckt sind. Dann legt man die Platine in eine Ätzlösung von 50% FeCl_3 , Ferrochlorid. Wenn man auf 60–100°C aufwärmt, dauert das Ätzen 5–10 Minuten.

Achten Sie darauf, daß das Ferrochlorid nicht an Ihre Kleidung oder Ihre Hände gerät, es färbt nämlich stark.

Nach dem Ätzen spült man das Ferrochlorid unter fließendem Wasser von der Platine ab. Die restliche Kunststoffolie wird abgezogen, und die darunterliegenden ungeätzten Leitungen sind fertig zum Gebrauch. Die Platine wird gebohrt, und die Konstruktion kann zusammengebaut werden.

MALMETHODE

Man kann in Fachgeschäften einen speziellen lötbaren Abdecklack kaufen. Mit diesem Lack kann man auf der Kupferseite die Leiterbahnen aufzeichnen.

Man ätzt dann die Schaltung in einer 30–50°C warmen Ferrochloridlösung, und die Platine ist danach fertig zum Bohren und Montieren der Komponenten.

Die Malmethode ist einfach, es ist jedoch schwer, ein Ergebnis zu erhalten, das einer professionellen Platine ähnelt.

FOTOMETHODE

Man kann von den großen Filmfabriken einen lichtempfindlichen Lack kaufen, den man auf die Kupferseite der Platine auftragen kann.. Das gibt uns die Möglichkeit, Platinen auf gleiche Art herzustellen, wie man z.B. Familienportraits kontaktkopiert. Zuerst zeichnet man die ganze Platine wie sie aussehen soll. Danach wird die ganze Schaltung sorgfältig in Tusche ausgeführt, oder aber einfacher und schneller geklebt. Dazu verwendet man eine schwarze, völlig undurchsichtige und sehr flexible Form von Klebeband, die speziell für diesen Zweck hergestellt wird. (Man kann auch vorgefertigte Ringe für Lötungen, Löcher und Kombinationen mit ganzen IC's usw. bekommen.)

Diese Arbeit, die normalerweise in zwei oder vierfacher Originalgröße ausgeführt wird, wird dann fotografiert und dabei auf die Originalgröße verkleinert.

Von dem so erhaltenen Negativ wird nun im Kontaktverfahren ein Positiv hergestellt, welches fest auf eine mit fotografischer Emulsion beschichtete Platine gelegt wird. Man belichtet dann ca. 10 Minuten lang mit starkem ultravioletten Licht. Benutzen Sie z.B. eine Höhensonne in 1 m Abstand von der Platine. Nach der Belichtung sind alle Leitungsverbindungen "gehärtet", und man entwickelt mit der Spezialflüssigkeit, die die Filmfabrik für die benutzte Emulsion empfiehlt.

Danach ätzt man auf gewohnte Weise in Ferrochlorid, und man hat ein professionelles Produkt.

Platinen in Serien, die größer als 100 Stück sind, werden in der Fabrik nach einem vollautomatischen Siebdruckprozess hergestellt.

DAS SCHNEIDEN DER PLATINEN

Pertinaxplatinen kann man mit einer Kreissäge oder einer Laubsäge zersägen. Wenn man eine Metallschere oder eine Schneidemaschine zur Hand hat, ist das natürlich genauso gut.

Leiterplatten aus glasfasergefülltem Epoxidharz sollten nach Möglichkeit mit Hartmetallwerkzeugen bearbeitet werden, da die Glasfasern normale Bohrer und Sägeblätter sehr schnell stumpf machen.

Zum Bohren der Platine benutzt man normale oder hochoberflächige Bohrer. Die Maschine sollte mit maximaler Umdrehungszahl arbeiten.

MECHANISCHE MONTAGE

Die mechanische Montage ist genau so wichtig wie die elektrische. Nicht allein in Hinsicht auf gute Qualität, sondern auch als Notwendigkeit für gute Funktion. Es zählt sich nicht aus, ein "Vogelnest" in einer Zigarrenkiste zu bauen, wenn die Verbindungsmethoden bereits gegeben sind, wie z.B. bei einem fertigen Bausatz.

Folgende Punkte müssen beachtet werden, wenn Sie Verstärker, Meßinstrumente oder ähnliches montieren:

1. Montieren Sie immer auf ein stabiles Metallchassis, evtl. 2—3 mm Aluminium.
2. Bringen Sie die Vorverstärker immer so weit wie möglich vom Transformator, der Stromversorgung, dem Schalter und deren Verbindungsleitungen an. Wenn nicht, kann Brummen entstehen. Schirmen Sie eventuell mit einer Blechplatte ab, am besten aus magnetischem Material.
3. Spannen Sie die einzelnen Teilkonstruktionen in allen Löchern mit 3 mm Schrauben und Muttern fest und verwenden Sie Abstandsstücke von 6 — 8 mm. Die Abstandsstücke sollten dünne Metallrohre sein.
4. Verbinden Sie eine — und nur eine — Masseleitung jeder Teilkonstruktion mit einem — und nur einem — Massepunkt in der Mitte des Chassis. Benutzen Sie dafür eine Schraube samt eine Anzahl Lötfahnen.
5. Benutzen Sie immer dicke Leitungen vom Netzteil zu einem Ausgangsverstärker, keinen Schaltaht.
6. Verwenden Sie abgeschirmte Leitung von der Eingangsbuchse zum ersten Verstärker, und verbinden Sie das eine Ende des Schirms mit dem Massepunkt.

-
7. Setzen Sie immer das notwendige RC — Glied in die Plusleitung zwischen den einzelnen Verstärkerabschnitten.
 8. Sorgen Sie dafür, daß die Ausgangstransistoren gut gekühlt werden.
 9. Benutzen Sie nirgendwo zu lange Leitungen.
 10. Denken Sie daran, daß Sie, wo es geht, Sicherungen einsetzen — es könnte sonst ein Brand in der Anordnung entstehen.
 11. Isolieren Sie und schirmen Sie alle spannungsführenden Teile ab, so daß kein "Allesanfasser" zu Schaden kommen kann.

IMPULSTECHNIK

Datenverarbeitungsanlagen sind die größten elektronischen Apparate, die man bisher hergestellt hat. Eine mittelgroße Maschine enthält zwischen 50.000 und 100.000 Transistoren, wenig mehr Dioden und eine ähnliche Anzahl von Widerständen und Kondensatoren.

Als Gesamteinheit ist das Resultat äußerst kompliziert, im einzelnen aber sind es eine Reihe einzelner Schaltungen, die immer wiederkehren.

DER BISTABILE MULTIVIBRATOR

Die wichtigste Schaltung ist eine bistabile Stufe, Kippstufe oder Flip-Flop. Er besteht aus zwei Transistoren, die symmetrisch gekoppelt sind. Die Transistoren können sich in zwei Zuständen befinden, entweder T1 zieht Strom und T2 sperrt, oder umgekehrt.

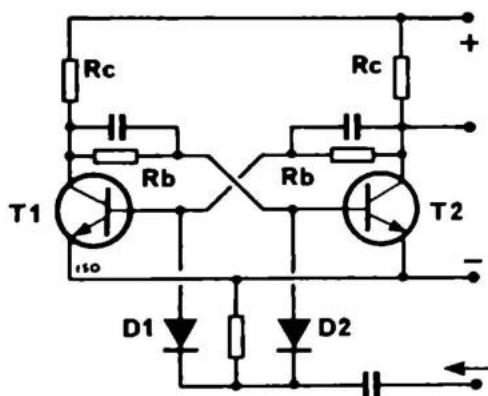


Fig. 30.1.

Wenn T1 Strom zieht, ist die Kollektorspannung ca. 0,4 Volt, und das ist nicht genug, um Basisstrom an T2 zu geben. Dazu benötigt man mindestens 0,5 V. Wenn T2 keinen Basisstrom bekommt, ist da auch kein Kollektorstrom, und die Kollektorspannung ist hoch. Die Basis von T1 kann somit Strom ziehen, und der Zustand ist stabil. Die umgekehrte Stellung ist natürlich ebenso stabil, da die Schaltung ja symmetrisch ist.

Wenn man der Basis, die Strom zieht, einen negativen Impuls zuführt, hört der Transistor einen Augenblick auf zu leiten, und die Kollektorspannung steigt. Der andere Transistor erhält einen Basisstrom, und der Kollektorstrom läßt die Kollektorspannung abfallen, so daß der erste Transistor keinen Basisstrom mehr bekommen kann. Hiermit ist die Stufe umgekippt. Mit ein paar Dioden, wie gezeigt, läßt jeder negative Impuls, den wir hineinsenden, die Stufe umkippen.

Man hat geradezu das Gefühl, daß sie "Flip" sagt und beim nächsten Mal "Flop" usw. Daher kommt der Name. Die Kondensatoren helfen, die Umkippgeschwindigkeit heraufzusetzen, und wirken außerdem als Kontrolle beim Kippen.

Da man für Rechenmaschinen, Zähler und andere digitale Geräte viel solcher Flip-Flops braucht, hat es sich bezahlt gemacht, ganze Serien von Flip-Flops in kleine 14 und 16-beinige Kunststoffgehäuse zu integrieren. Da man bei der Integration gleichzeitig ohne weitere Unkosten die Multivibratoren mit sehr vielen Halbleitern bestücken kann, ist die Funktionsstabilität sehr viel besser.

Die IC's 7473 und 7474 beinhalten beide einen doppelten Satz Flip-Flops.

Der IC 7490 beinhaltet vier Flip-Flops und eine Anzahl Gates, die man zur Dekadenzählung (10-Zählung) zusammenkoppeln kann.

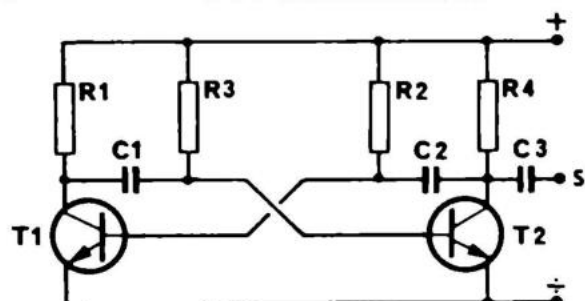


Fig. 30.2

Als praktische Konstruktionen s. AE 4 und 5

ASTABILER MULTIVIBRATOR

Das ist ein Generator, der einen Rechteckstrom abgibt. Wir können ihn als eine Zusammenschaltung zweier monostabiler Stufen ansehen, wobei die Impulse durch die Kondensatoren von der einen zur anderen gekoppelt werden. Die Widerstände R1 und R4 begrenzen den Strom durch den zugehörigen Transistor. Nehmen wir nun an, der Transistor T1 beginnt Strom zu ziehen. Dann fällt die Kollektorspannung von T1 wegen des Spannungsabfalls an R1 und über C1 wird ein negativer Spannungsimpuls auf die Basis von T2 übertragen. Dadurch wird T2 gesperrt, seine Kollektorspannung steigt und C2 überträgt einen positiven Spannungsimpuls auf die Basis von T1, wodurch dieser voll durchgesteuert wird. Dieser Zustand ist so lange stabil bis C1 über R3 soweit aufgeladen ist, daß T2 Strom ziehen kann. Dann wiederholt sich der geschilderte Kippvorgang in der anderen Richtung, d.h., T1 wird über C2 gesperrt und T2 über C1 aufgesteuert. Dieser Vorgang wiederholt sich laufend und es entsteht eine Rechteckschwingung.

$$f = \frac{0,7}{R \times X} \quad \begin{array}{l} R \text{ ist der Basiswiderstand und} \\ C \text{ der Koppelkondensator.} \end{array}$$

Die Widerstände müssen so dimensioniert sein, daß der Basisstrom groß genug ist, den Kollektor auf Null zu ziehen. Es gilt also $R2 = \beta \times R1$, theoretisch. In der Praxis sollte er jedoch aus Sicherheitsgründen 20 bis 30% kleiner gewählt werden. R1 wird gewählt nach dem gewünschten Kollektorstrom und der Versorgungsspannung. Dann berechnet man den Kondensator für die gewünschte Frequenz.

Bei der Dimensionierung wählen wir den Kollektorstrom. Der Kollektorwiderstand muß einen Spannungsabfall gleich der Versorgungsspannung bei diesem Strom ergeben. Die Basis soll reichlich Strom haben, so daß der Kollektorstrom korrekt bleibt. Dies bestimmt den gesamten Widerstand in der Basisleitung. Wenn die Stromverstärkung 100 ist, die Versorgungsspannung 4,5 V und der gewünschte Kollektorstrom 0,4 mA, haben wir:

$$R_c = \frac{4,5 \text{ V}}{0,4 \text{ mA}} = 11 \text{ k}\Omega; \text{ wir wählen } 10 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Notwendiger Basisstrom: } \frac{0,4 \text{ mA}}{100} = 4 \mu\text{A}$$

Der gesamte Widerstand in der Basisleitung ist:

$$R_b = \frac{4,5 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{4 \mu\text{A}} = \frac{3,8 \text{ V}}{4 \mu\text{A}} = \text{ca. } 1 \text{ M}\Omega$$

Wir wählen 1 M Ω als nächsten Standardwert. wählen Sie immer den nächst kleineren Standardwert, es sei denn, der nächst höhere liegt sehr nahe. (gewünscht: 660 k Ω , Wahl: 680 k Ω ; gewünscht: 630 k Ω , Wahl: 560 k Ω ; usw.)

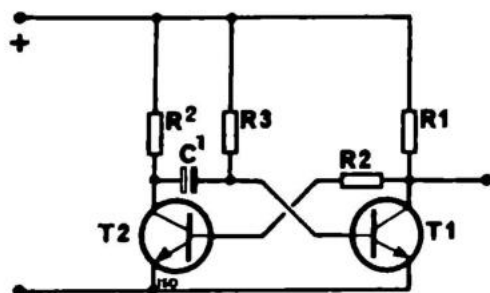


Fig. 30.3

s. AE 6 als praktische Konstruktion

Monostabiler Multivibrator

Wenn einer der Basiswiderstände an Plus statt an den anderen Kollektor gelegt wird, erhalten wir einen monostabilen Multivibrator. Die Anordnung ist stabil mit T1 in

leitendem Zustand und T2 gesperrt. T2 erhält seinen Basisstrom immer über R2. Aber für kurze Zeit kann der Kondensator C1 die Basis von T1 runterhalten. Das geschieht, wenn wir über D die Schaltung zum Umkippen bringen. Ein negativer Impuls "stiehlt" den Basisstrom und verhindert einen Basisstrom in T1. Dieser Zustand, T1 gesperrt und T2 leitend, dauert so lange, bis R3 C1 aufgeladen hat. T1 zieht dann wieder Basisstrom, seine Kollektorspannung fällt und T2 wird wieder gesperrt.

Das Resultat ist, daß ein negativer Impuls die Stufe zum Umschlagen bringt für einen Zeitraum, der durch die Aufladezeit von C1 bestimmt wird: $t = R3 \times C1 \times 0,7$. R2 muß einen ausreichenden Basisstrom abgeben können, so daß T1's Kollektor bei 0,4 V liegt. Er sollte reichlich dimensioniert werden. R3 soll zusammen mit R1 einen Basisstrom für T2 abgeben können. Zuerst wählt man also den Kollektorstrom. Damit haben wir also den Basisstrom — als Kollektorstrom dividiert durch die Stromverstärkung (legen Sie 20 bis 30% zu). Wenn die Versorgungsspannung gegeben ist, können wir die Widerstände ausrechnen. Die Schaltung dient dazu, einen beliebig geformten Eingangsimpuls in einen rechteckförmigen Impuls von genau definierter Höhe und Breite umzuformen.

SCHMITT — TRIGGER

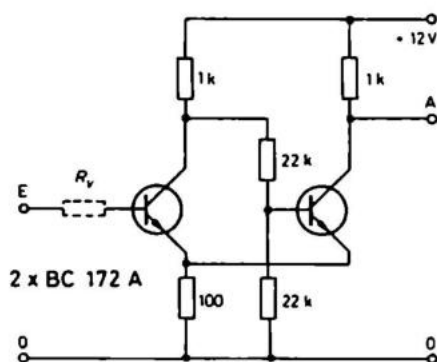
Ein Schmitt-Trigger formt analoge Signale in digitale Signale um.

Wenn die Eingangsspannung des Schmitt-Triggers einen bestimmten Wert erreicht, kippt der Ausgang um. Der

Fig. 30.4

(ITT Schaltbeispiele 1972).

Schmitt-Trigger



Ausgang Kippt erst zurück, wenn das Eingangspotential einen Wert erreicht, der tiefer liegt als die Umkippspannung. Diesen Unterschied zwischen den beiden Eingangsniveaus nennt man Hysterese.

Bei niedriger Eingangsspannung sperrt der linke Transistor und der rechte leitet. Die Ausgangsspannung ist deshalb gleich dem Spannungsteilerverhältnis zwischen Kollektor — und Emitterwiderstand, 1 kOhm und 100 Ohm. Im genannten Fall ist das ca. 1,1 Volt.

Wenn die Eingangsspannung auf eine Spannung steigt, die größer ist als die Spannung über dem Emitterwiderstand plus der Basis/Emitterspannung des linken Transistors, leitet dieser. Dadurch fällt die Kollektorspannung so sehr, daß keine Basis-Spannung/Strom zum rechten Transistor kommt. Die Ausgangsspannung springt dann auf fast den gleichen Wert wie die Versorgungsspannung. Gleichzeitig damit, daß der rechte Transistor aufhört zu leiten, fällt der Strom im gemeinsamen Emitterwiderstand. Damit fällt auch die Spannung über dem Emitterwiderstand.

Wenn jetzt die gleiche Eingangsspannung zur Verfügung steht, kippt der Schmitt — Trigger sehr schnell um. Es wird ja jetzt nur davon gesprochen, daß die Basis/Emitterspannung des linken Transistors überwunden werden muß. Der Eingang ist in Wirklichkeit empfindlicher geworden. Der Ausgang des Schmitt — Triggers kann einen anderen NPN-Transistor über einen Widerstand von ca. 1 — 10 kOhm steuern.

DIE ZUSAMMENKOPPLUNG LOGISCHER SCHALTUNGEN

Mit vier bistabilen Stufen können wir einen Zähler bauen, der bis sechzehn zählen kann. Das muß man so verstehen, daß es, wenn man die beiden Zustände des Flip-Flops mit 1 und 0 bezeichnet, bei vier Stufen sechzehn verschiedene Kombinationen gibt. Im Schaltbild Fig. 30.5 sind beide Kollektoren herausgeführt. Der eine heißt 1 und der andere 0, und der Wert der Stufe hängt davon ab, welcher positiv ist.

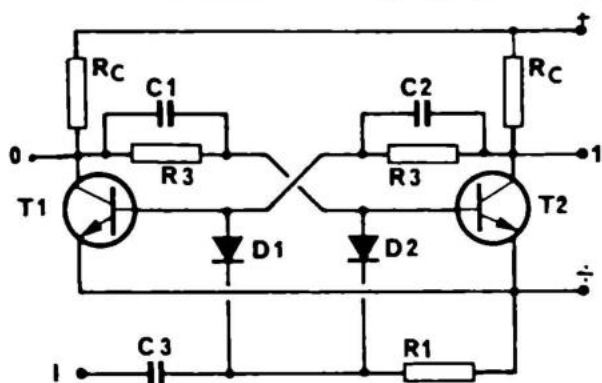
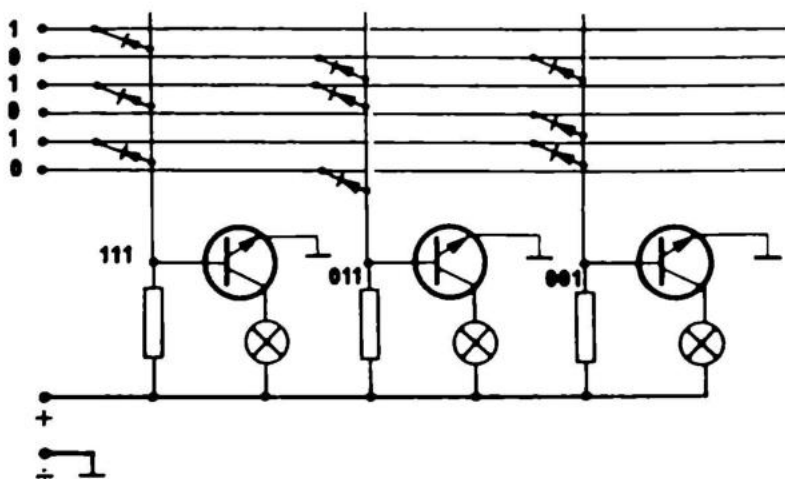


Fig. 30.5

Mit einem Satz Dioden kann man die Kombination heraustrennen, so daß ein Transistor nur Strom zieht, wenn eine bestimmte Kombination an den Ausgängen ist. Die Kopplung der Dioden ist derart, daß, nur wenn alle Dioden eine positive Spannung erhalten, der Transistor Strom zieht. Sonst läuft der Strom durch den Basiswiderstand zur Diode, die eine negative Spannung hat. Auf der Zeichnung ist eine solche Auskopplung gezeigt, ein Diodentor mit drei Ausgängen von drei bistabilen Stufen (alles in allem acht Möglichkeiten). Das aktiviert bei den Kombinationen 111, 010 und 001.

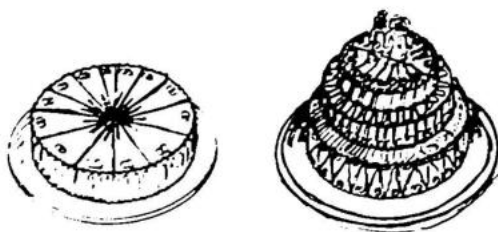


Mit einer Kombination von Diodengates, Flip-Flops und monostabilen Multivibratoren können Impulse an

bestimmte Stellen in einer Maschine geleitet werden. Zähler können diese addieren und subtrahieren, und der ganze Prozess kann von außen durch Lochstreifen oder Lochkarten gesteuert werden. Impulse können auch magnetisch gespeichert werden in kleinen Ferritringen, so daß eine Information gespeichert werden kann.

Speziell nachdem die Entwicklung integrierter Kreise fortgeschritten ist, sind die Anwendungsmöglichkeiten digitaler Schaltungen um ein Vielfaches gestiegen. Durch Massenproduktion ist der Preis enorm gefallen. Wir verweisen an dieser Stelle auf die Fachliteratur.

Im privaten Gebrauch können IC's für Zeitmesser, zifferanzeigende Instrumente, Fernsteuerung und kleine elektronische Spieldosen benutzt werden.



RECHNENTECHNIKEN

Wenn Sie Äpfel zählen und Kuchen teilen können, sind Sie bereits weit gekommen in der Rechenkunst. Wir wissen gut, daß Sie rechnen können, wir wollen lediglich sichergehen, daß Sie sich nicht vertun. Ein Kommafehler kann z.B. die Ursache dafür sein, daß ein Satz Transistoren im Werte von DM 80,— bis DM 90,— ausbrennt, also . . .

Wenn Sie zwei Äpfel haben und drei dazu kaufen, wie viele haben Sie dann? Fünf, das ist nicht schwer. Wollen Sie den gesamten Widerstand einer Serienschaltung berechnen, legen Sie die Größen der Widerstände zusammen, z.B. 10 kOhm, 15 kOhm und 22 kOhm ergeben 47 kOhm.

Wenn Sie zwei Kuchen haben und diese auf fünf Personen verteilen sollen, was ergibt das für jeden einzelnen? (abgesehen von den Magenschmerzen)

2 : 5. Jeder bekommt $\frac{2}{5} = 0,4$ Kuchen. Wir haben das Ergebnis in eine Dezimalzahl umgewandelt.

Wir wollen jetzt Kuchen zusammensetzen. 30 Personen kommen mit je $\frac{1}{8}$ Kuchen, wieviel ganze Kuchen kann man daraus machen?

$$X \text{ Kuchen} = 30 \times \frac{1}{8}$$

$$X = 30/8 = 3 \frac{6}{8} = 3 \frac{3}{4} \text{ Kuchen}$$

Wenn wir jetzt Hochzeitskuchen bauen wollen, die dreimal so hoch sind wie gewöhnliche Kuchen und obengenannte Stücke zur Verfügung haben, erhalten wir:

$$3 \times \text{Kuchen} = 30 \times 1/8$$

$$3 \times = 30/8$$

$$x = \frac{30}{3 \times 8} = 10/8 = 5/4 = 1 \frac{1}{4} \text{ Hochzeitskuchen}$$

Wir haben hiermit die wichtigste Bruchrechnungsregel demonstriert nämlich:

Wenn wir eine Zahl oder einen Buchstaben über ein Gleichheitszeichen führen wollen, so muß es über Kreuz (über den Bruchstrich) gehen.

Das heißt, wenn die Zahl auf dem Bruchstrich auf der einen Seite steht, kann sie unter den Bruchstrich auf der anderen Seite gesetzt werden.

Aus der Schule kennen wir das als Satz: Man dividiert durch einen Bruch, indem man mit dem Kehrwert multipliziert. Wir wollen ein Beispiel anführen:

$$\frac{2 \times 3 \times 2}{2 \times 2 \times 2} = \frac{3 A \times 4}{8} \quad 3 A \times 4 \times (2 \times 2 \times 2) = 2 \times 3 \times 2 \times 8$$

$$12 A \times 8 = 12 \times 8 \quad 12 A \times 12 \times \frac{8}{8} \quad 12 A = 12 \quad A = \frac{12}{12} = 1$$

Wir haben also A ausgerechnet.

Wir können zwei Brüche addieren, wenn sie die gleiche Zahl im Nenner haben. Man kann gut $1/4$ und $1/8$ Kuchen zusammensetzen. Was bekommen wir jedoch dann? Das größere Stück, $1/4$ Kuchen, können wir in $1/8$ Teile aufteilen, das ergibt $2/8$. Wir haben dann also insgesamt $3/8$ Kuchen. In einem anderen Falle haben wir $1/3$ und $1/4$ Kuchen. Es genügt jetzt nicht, ein Stück aufzuteilen, sondern wir müssen beide zerschneiden. Den $1/3$ Kuchen schneiden wir in vier Teile zu je $1/12$, den $1/4$ Kuchen in $3/12$. Wir haben also $7/12$ Kuchen.

Wenn wir zwei Brüche haben, müssen wir also einen gemeinsamen Nenner finden, und die beiden Brüche auf diesen erweitern.

$$x = \frac{1}{3} + \frac{3}{2}$$

$$x = \frac{2 \times 1}{2 \times 3} + \frac{3 \times 3}{3 \times 2} \quad (\text{wir erweitern mit } \frac{2}{2} \text{ und } \frac{3}{3})$$

$$x = \frac{2}{6} + \frac{9}{6} \quad (\text{und erhalten somit gemeinsame Nenner})$$

$$x = \frac{11}{6} = 1 \frac{5}{6} \quad (\text{und können das Ergebnis errechnen})$$

Es sind nun nicht nur einfache Zahlen, mit denen wir es in der Elektronik zu tun haben. Wir haben Größen mit vielen Nullen vor und nach dem Komma, und anstatt von Tausenden und Millionen zu sprechen, geben wir bestimmte Buchstaben an für die Nullen einer Zahl. Die Buchstaben werden mit der Grundeinheit zusammen geschrieben.

NOMENKLATUR

Das einfachste Beispiel sieht man jeden Tag beim Kaufmann, wenn man Kartoffeln kauft. Wir sehen niemals Tüten mit 2.500 g Kartoffeln. Das wird verkürzt auf 2,5 kg (2 1/2 kg), da 1.000 g = 1 kg. Ein k bedeutet also 1000 mal mehr als die Grundeinheit allein. Die anderen Buchstaben, die man benutzt geben folgende Größen an:

$$\frac{1}{1.000.000.000.000} = 10^{-12} = 1 \text{ p (pico)}$$

$$\frac{1}{1.000.000.000} = 10^{-9} = 1 \text{ n (nano)}$$

$$\frac{1}{1.000.000} = 10^{-6} = 1 \mu \text{ (mikro)}$$

$$\frac{1}{1.000} = 10^{-3} = 1 \text{ m (milli)}$$

$$1 = 10^0 \quad (\text{die Potenz 0 ist so definiert})$$

1.000	= 10^3 = 1 k (kilo)
1.000.000	= 10^6 = 1 M (mega)
1.000.000.000	= 10^9 = 1 G (giga)

POTENZEN

10^{-12} spricht man: 10 hoch minus 12; -12 ist die Potenz. Der Vorteil der Potenzen ist eine Vereinfachung für das Rechnen und für die Schreibbarkeit.

Mit Potenzen können wir eine Aufgabe durch Subtraktion und Addition verkürzen, indem wir Zehnerzahlen in der Potenz durch Zusammenlegen der Potenzen multiplizieren. Folgende Aufgabe kann z.B. verkürzt werden. Versuchen Sie zum Vergleich die Nullen auszuschreiben!

$$x = \frac{10^{15} \times 2 \times 10^{-3}}{10^{-8} \times 10^3 \times 10^{12}}, \quad \begin{array}{l} \text{Zähler} \\ \text{Nenner} \end{array}$$

über dem Bruchstrich erhält man:

$$\begin{aligned} 10^{15} \times 2 \times 10^{-3} &= \\ 10^{15-3} \times 2 &= \\ 10^{12} \times 2 & \end{aligned}$$

unter dem Bruchstrich erhält man:

$$\begin{aligned} 10^{-8} \times 10^3 \times 10^{12} &= \\ 10^{12+3-8} &= \\ 10^7 & \end{aligned}$$

Die Gleichung sieht dann so aus:

$$x = \frac{10^{12} \times 2}{10^7}$$

Das ist jetzt ein "schlechter Bruch", wir können jedoch Potenzen vom Nenner in den Zähler oder umgekehrt setzen, wenn wir die Vorzeichen der Exponenten verändern.

$$x = \frac{10^{12} \times 2 \times 10^{-7}}{1} = 2 \times 10^5 = 200.000 = 200 \text{ k}$$

Denken Sie also daran:

Wenn wir eine Zahl vom Zähler in den Nenner, oder umgekehrt, übertragen und keine andere Zahl zurückbleibt, muß da eine 1 stehen, keine Null.

Es wäre z.B. gefährlich, wenn man durch Null dividieren soll, das geht nämlich nicht.

Versuchen Sie jetzt, einige Aufgaben zu lösen. Die erste ist leicht, es wird aber schnell schwerer.

Aufgabe 1

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = ?$$

$$\frac{1}{8}$$

A

$$\frac{1}{4}$$

B

$$\frac{1}{2}$$

C

Aufgabe 2

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{8} = ?$$

$$\frac{2}{8}$$

A

$$\frac{3}{8}$$

B

$$\frac{4}{4}$$

C

Aufgabe 3

$$\frac{3}{4} + \frac{4}{16} = ?$$

$$\frac{16}{4}$$

A

$$\frac{16}{16}$$

B

$$1$$

C

Aufgabe 4

$$A + \frac{A}{2} + \frac{A}{6} =$$

$$\frac{10 A}{6}$$

A

$$12 A$$

B

Aufgabe 5

$$x = \frac{1}{A} + \frac{1}{14 A} + \frac{1}{7 A} + \frac{11}{14 A}$$

$$x = \frac{2}{A}$$

A

$$x = \frac{A}{2}$$

B

Aufgabe 6

Wir können auch die Konstante π (3,14) mit in die Formel nehmen. Wir setzen die Werte für f und Z mit $f = 100 \text{ Hz}$ und $Z = 1 \text{ mOhm}$ an und können so C finden.

$$\frac{1}{2\pi \times f \times Zc}$$

Wie groß ist der Kondensator?

$$15,00 \text{ nF}$$

A

$$1,5 \text{ nF}$$

B

$$6,28 \text{ nF}$$

C

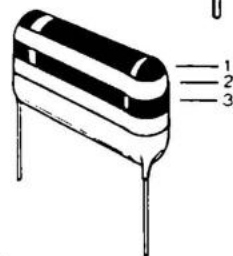
Farbmarkierungen sind eine gute Art und Weise, Komponenten zu kennzeichnen. Sowohl Fabrikanten als auch die Verbraucher sind zufrieden damit. Man kann die Farben von allen Seiten sehen, wogegen eine Zahl, z.B. auf der Rückseite der Komponente, verschwinden kann. Selbst wenn große Farbpartien abgeschält sind, können wir aus den Resten den Wert der Komponente finden.

Alle gewöhnlichen Widerstände für Leistungen von $1/10 - 2$ W sind farbmarkiert. Das gleiche gilt für keramische und Polyesterkondensatoren. Verschiedene andere Kondensatoren im Bereich von $10 \text{ pF} - 1 \mu\text{F}$ sowie alle Elektrolytkondensatoren sind dagegen mit den Werten, mit Zahlen bedruckt.

Die Farbmarkierung ist als farbige Ringe um die Komponenten ausgeführt. Es gibt bis zu fünf Farbringe. Wir müssen also die Ringe in der richtigen Reihenfolge "lesen". Wenn an jedem Ende der Komponente eine Leitung herauskommt (das gilt immer für Widerstände), sind die Farben zu einer Seite hingeschoben. Bei diesen Komponenten beginnen wir bei der äußersten Farbe. Bei Kondensatoren kommen die Leitungen oft unten heraus. Hier ist die richtige Reihenfolge von oben nach unten (umgekehrt bei NTC-Widerständen).

Die Ringe haben folgende Bedeutung: Die drei ersten Ringe geben den Wert in Ohm oder pF an. Der vierte gibt uns die Toleranz (die Garantie des Herstellers für die maximale Abweichung vom angegebenen Wert). Der fünfte, den man nur auf Kondensatoren findet, gibt die Temperaturabhängigkeit an. Der Schlüssel für die drei ersten Ringe ist der gleiche für Widerstände und Kondensatoren, mit Ausnahme der Angaben 0,1 und 0,01. Die Toleranz hat verschiedene Schlüssel, mit Ausnahme von 1 und 2, welche braun bzw. rot sind. Der Temperaturkoeffizient ist nur bei Kondensatoren angegeben.

	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring
schwarz	0	0	1	
braun	1	1	. 10	
rot	2	2	. 100	
orange	3	3	. 1000	
gelb	4	4	. 10 000	
grün	5	5	. 100 000	
blau	6	6	. 1 000 000	
violett	7	7	. 10 000 000	
grau	8	8		
weiß	9	9		
silber			0,01	10%
gold			0,1	5%
“gar nichts“				20%



Wir können nicht alle möglichen Werte bekommen, sondern nur sogenannte Standardwerte. Diese sind, wie die Farbmarkierung, international gebräuchlich. Es gibt verschiedene Standard-Reihen. Die wichtigste für unsere Zwecke ist die Reihe E 12 für Komponenten mit $\pm 10\%$ Toleranz.

Der Ausgangspunkt ist z.B. 1 Ohm. Die Standardwerte sind 1 Ohm, 1,2 Ohm, 1,5 Ohm, 1,8 Ohm, 2,2 Ohm, 2,7 Ohm, 3,3 Ohm, 3,9 Ohm, 4,7 Ohm, 5,6 Ohm, 6,8 Ohm, 8,2 Ohm und schließlich 10 Ohm. Die gleichen Ziffern findet man in den Intervallen zwischen 10 und 100 Ohm, 100 und 1.000 Ohm usw. Wir können z.B. keinen 25 kOhm Widerstand bekommen. Die nächstliegenden sind 27 kOhm und 22 kOhm. Farbmarkierte Kondensatoren haben die gleichen Standardwerte wie Widerstände.



Ein paar Beispiele erläutern das System am besten. Wir haben einen Widerstand, der gelb, violett, rot und silbern markiert ist. Das ergibt vier, sieben, zwei Nullen und 10%. Also 4.700 Ohm/ 10%. Ein Kondensator ist blau, grau, orange, weiß, schwarz markiert. Der Wert ist sechs, acht, drei Nullen, 10% und eine Temperaturabhängigkeit, um die wir uns nicht kümmern wollen. Der Kondensator ist also 68.000 pF / 10 % bzw. 68 nF/10%.

Für Tantalkondensatoren in Tropfen-Form gilt ein besonderer Farbschlüssel.

Diese Kondensatoren finden heute immer mehr Verwen-

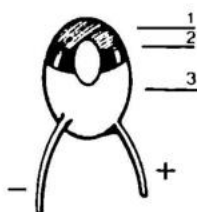
derung in der Elektronik, und es wäre deshalb angebracht, den besonderen Farbschlüssel zu erwähnen, der übrigens IEC- und DIN-genormt ist.

Betrachten Sie obenstehendes Bild eines Tantalkondensators. Erster Ring (die Kuppe) und zweiter Ring geben erste und zweite Stelle des Wertes an. Der Punkt, der auch die Polarität markiert, gibt den Zehner-Multiplikator an, womit die ersten zwei Stellen multipliziert werden sollen, um zu dem Nennwert — in μF ausgedrückt — zu gelangen.

Die Farben für den ersten und zweiten Ring sind die üblichen (schwarz $\times 0$, braun $\times 1$ usw.), wogegen für den Multiplikatorpunkt folgender Schlüssel gilt:

Schwarz	$\times 1$
Braun	$\times 10$
Grau	$\times 0,01$
Weiss	$\times 0,1$

Ausserdem gibt es einen besonderen Schlüssel für die Nenngleichspannung. Das ist die Farbe des dritten Ringes, der den Anschlussdrähten am nächsten kommt:



WEISS	3 V
GELB	6,3 V
SCHWARZ	10 V
GRÜN	16 V
BLAU	20 V
GRAU	25 V
ROSA	35 V

Ein Tantalkondensator muss richtig gepolt werden. Hierzu dient der Multiplikatorpunkt. Wenn Sie den Kondensator so halten, dass Sie den Punkt sehen können, wenn die Anschlussdrähte nach unten zeigen, ist + am RECHTEN Anschlussdraht.

Aufgabe 1

Was ist der Wert für einen Widerstand mit braunem, schwarzem, rotem und gelbem Ring?

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 100 Ohm / 5% | <input type="checkbox"/> A |
| 1000 Ohm / 10% | <input type="checkbox"/> B |
| 1 kOhm / 5% | <input type="checkbox"/> C |
| 10 kOhm / 10% | <input type="checkbox"/> D |
| 10 kOhm / 5% | <input type="checkbox"/> E |

Aufgabe 2

Was ist der Wert für einen Widerstand mit orange, weiß, orange und silbernen Ringen?

- 390,0 Ohm/10% A
- 37,0 kOhm/10% B
- 3,1 kOhm/10% C
- 31,0 kOhm/10% D
- 39,0 kOhm/10% E
- 3,9 kOhm/10% F

Aufgabe 3

Wir haben einen Widerstand mit den Ringen gold, gelb, violett, gelb. Welchen Wert hat er?

- 4,7 Ohm/4% A
- 47,0 kOhm/20% B
- 470 kOhm/5% C
- 4,7 kOhm/20% D

Aufgabe 4

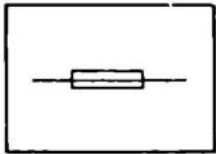
Ein Kondensator hat die Farben grün, blau, braun, weiß, schwarz. Welche Werte hat er? Wir sehen ab von der Temperaturabhängigkeit.

- 560 pF/10% A
- 650 pF/10% B
- 560 nF/10% C
- 560 μ F/10% D
- 560 F/10% E
- 6500 pF 10% F

Aufgabe 5

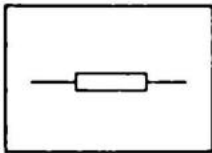
Ein Kondensator ist orange, rot, schwarz markiert. Wie groß ist er?

- 33 pF/50% A
- 33 pF/20% B
- 32 pF/20% C
- 3300 pF/20% D



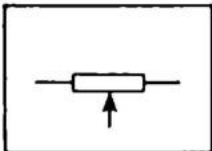
SICHERUNGEN

Zeichnet man wie einen Widerstand mit einem Strich hindurch. Oft wird darüber der Wert angegeben. Eine Sicherung wird in der Komponentenliste mit einem S und nachfolgender Nummer angegeben.



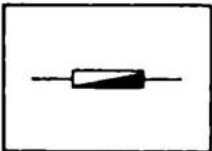
WIDERSTAND

Zeichen R mit nachfolgender Nummerangabe.



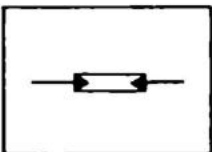
POTENTIOMETER

Zeichen P mit nachfolgender Nummerangabe. Wird wie ein Widerstand mit einem Pfeil zur Mitte gezeichnet.



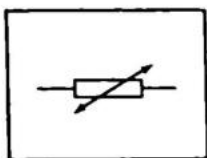
VDR — WIDERSTAND (Varistor)

Zeichen R mit nachfolgender Nummerangabe. VDR steht für Voltage Dependent Resistor, was auf Deutsch spannungsabhängiger Widerstand bedeutet. Man zeichnet einen VDR-Widerstand wie einen gewöhnlichen Widerstand, bei dem die eine Hälfte ausgefüllt ist.



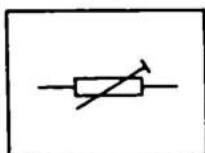
LDR — WIDERSTAND (Fotowiderstand)

Zeichen R mit nachfolgender Nummerangabe. LDR steht für Light Dependent Resistor, was auf Deutsch lichtabhängiger Widerstand bedeutet. Einen LDR zeichnet man wie einen Widerstand mit einem Pfeil in jedem Ende.



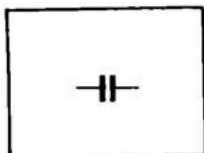
NTC/PTC – WIDERSTAND

Zeichen R mit nachfolgender Nummerangabe. NTC und PTC stehen für Negativer – bzw. Positiver – Temperatur – Koeffizient. Diese Widerstände sind also temperaturabhängig. Einen NTC/PTC Widerstand zeichnet man wie einen gewöhnlichen Widerstand mit einem doppelten Schrägpfeil und der Angabe P oder N. Wenn diese Angabe fehlt, handelt es sich fast immer um einen NTC-Widerstand.



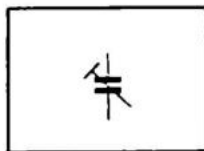
TRIMMPOTENTIOMETER

Zeichen R mit nachfolgender Nummerangabe. Ein Trimpotentiometer zeichnet man wie einen gewöhnlichen Widerstand mit einem schrägen Trimmstrich.



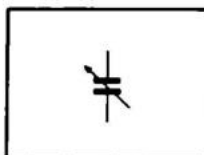
KONDENSATOR

Zeichen C mit nachfolgender Nummerangabe. Einen Kondensator zeichnet man als zwei dicke getrennte Platten senkrecht zur Zuleitung. Kondensatoren folgender Typen benutzen diese Bezeichnung: keramische, Öl-, Papier-, Roll-, Pin-Up- und Metallpapierkondensatoren.



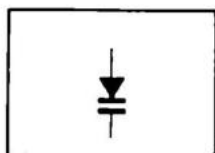
TRIMMKONDENSATOREN

Zeichen C mit nachfolgender Nummerangabe. Man zeichnet sie wie einen gewöhnlichen Kondensator mit einem schrägen durchgehenden Trimmstrich.



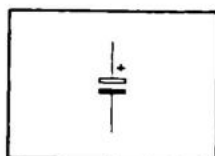
DREHKONDENSATOR

Zeichen C mit nachfolgender Nummerangabe. Man zeichnet sie wie einen gewöhnlichen Kondensator mit durchgehendem Pfeil.



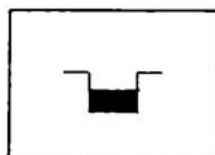
KAPIZITÄTSDIODE

Zeichen D mit nachfolgender Nummerangabe. Wird gezeichnet wie eine Kombination eines Kondensators und einer Diode. Gehört eigentlich zu den Halbleiterkomponenten, wird jedoch nur als ein Abstimmungskondensator benutzt.



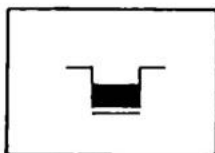
ELEKTROLYTKONDENSATOR

Zeichen C mit nachfolgender Nummerangabe. Wird wie ein gewöhnlicher Kondensator gezeichnet, bei dem die eine Platte nicht ausgefüllt ist. Diese Platte gibt Plus an. Keiner der anderen Kondensatoren ist polarisiert.



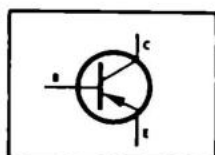
LUFTSPULE

Zeichen L mit nachfolgender Nummerangabe. Wird wie ein Widerstand gezeichnet, aber mit ausgefülltem Kästchen.



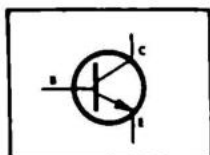
SPULE MIT EISENKERN

Zeichen L mit nachfolgender Nummerangabe. Wird wie eine Spule mit einem Strich daneben gezeichnet. Ein schräger Pfeil durch das Zeichen kennzeichnet eine veränderliche Induktivität. Drehspulen findet man normalerweise nicht.



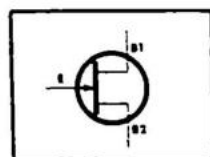
PNP — TRANSISTOREN

Zeichen T mit nachfolgender Nummerangabe. Wird gezeichnet als ein Kreis mit einem lotrechten Basisstrich und schrägen Einführungen von Kollektor und Emitter. Bei PNP-Transistoren die Minus am Kollektor haben, geht der Pfeil am Emitter zur Basis hin.



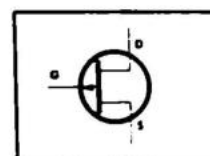
NPN – TRANSISTOR

Zeichen T mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man wie PNP Transistoren, nur mit aus dem Emitter herausweisendem Pfeil. NPN-Transistoren haben Plus am Kollektor.



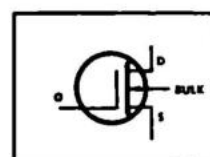
UNI – JUNCTION – TRANSISTOREN

Zeichen T mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man wie gewöhnliche Transistoren, nur daß die beiden anderen Zuleitungen gerade aus dem Transistor herausführen. Die Verbindung geht aus der Zeichnung hervor.



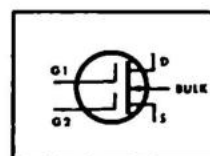
FELD – EFFEKT – TRANSISTOREN

Zeichen T mit nachfolgender Nummerangabe. Einen FET zeichnet man wie einen UJT, die Basis nennt man jedoch Gate



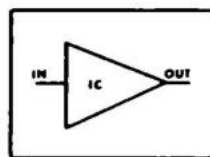
MOS – FET

Zeichen T mit nachfolgender Nummerangabe. Ein Transistor mit drei Basisleitungen, Drain, Bulk, und Source. Der Eingang heißt Gate.



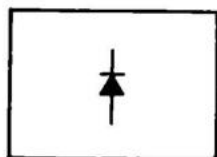
DUAL GATE MOS – FET

Zeichen T mit nachfolgender Nummerangabe. Ein Transistor wie der Mos-Fet, nur einen Gate mehr. Dieser Transistor hat Eigenschaften wie eine Röhrenheptode, mit den guten Stromversorgungseigenschaften eines Transistors.



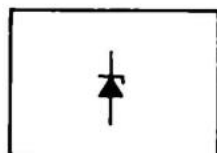
INGEGRIERTE SCHALTUNG

Zeichen IC mit nachfolgender Nummerangabe. Der dreieckige Pfeil gibt die Verstärkungsrichtung an. Eine integrierte Schaltung kann viele Zuleitungen enthalten, oft 14 Stück und mehr.



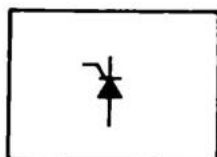
DIODEN

Zeichen D mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als einen Pfeil auf der Zuleitung mit einem senkrechten Sperrstrich. Der Strom läuft positiv durch in Richtung des Pfeils.



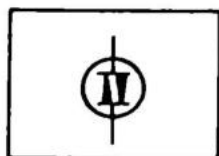
ZENERDIODE

Zeichen D mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man wie Dioden mit einem kleinen Strich senkrecht, einem Sperrstrich.



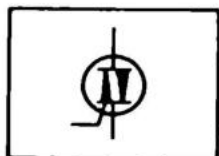
THYRISTOREN SCR

Zeichen D mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man wie Dioden mit einem schrägen Strich vom Sperrstrich weg. Dieser gibt die Steuerelektrode an.



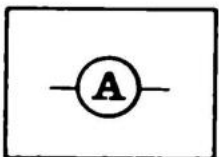
DIAC

Zeichen D mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man wie zwei zusammengesetzte entgegengesetzte Dioden, in einem Kreis.



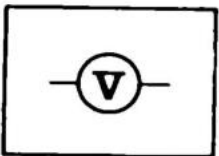
TRIAC

Zeichen D mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man wie ein Diac, jedoch mit einem Steuergate. Man sieht oft Triacs mit eingebauten Diacs.



AMPEREMETER

Zeichen M mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als Kreis mit einem A innendrin.



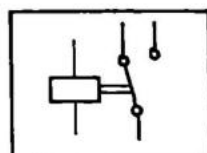
VOLTMETER

Zeichen M mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als Kreis mit einem V.



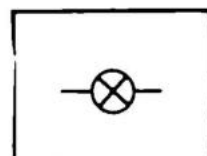
TRANSFORMATOR

Zeichen TR oder NT, mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als zwei zusammengesetzte Spulen, oft mit Angabe der Spannung von Primär und Sekundär.



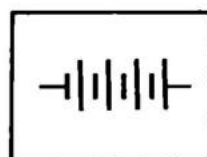
RELAIS

Zeichen RE, mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als rechteckigen Kasten, dessen Rahmen doppelt so dick wie bei einem Widerstand ist. Die Kontakte werden auch gezeichnet. Die Kontaktverbindung wird immer so dargestellt, als sei das Relais in Ruhelage. Die bestehende Verbindung ersieht man aus dem ausgefüllten Pfeil, während der nicht ausgefüllte Pfeil die nicht bestehende Verbindung darstellt.



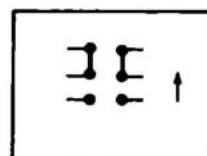
GLÜHLAMPE

Zeichen GL, mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als einen Kreis mit einem um 45° gedrehten Kreuz.



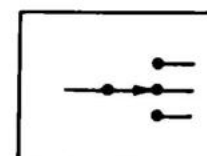
BATTERIE

Zeichen B, mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als wechselnd kurze und lange Striche winkelrecht zur Leitung. Der kurze Strich gibt Plus an, wenn nichts anderes vermerkt ist.



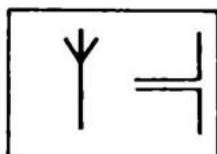
SCHIEBESCHALTER

Zeichen O, mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als Punkte mit angegebener Verbindung zur Masse und Zuleitungen.



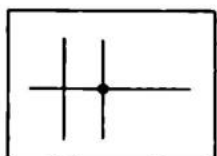
DREHSCHALTER

Zeichen O, mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als Punkte mit Strichen, wo ein Pfeil die Stellung angibt.



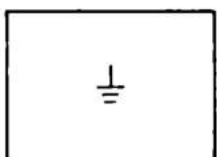
ANTENNE

Zeichen ANT, mit nachfolgender Nummerangabe. Eine AM-Antenne zeichnet man als einen senkrechten Strich mit einem "Besen" am oberen Ende. Eine FM-Antenne, oder Dipol, wird als zwei senkrechte Striche mit waagerechten Zuleitungen gezeichnet.



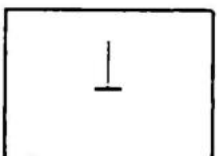
LEITUNGEN

Leistungsverbindungen zeichnet man als Striche. Wenn die Leitungen nicht verbunden sind, sondern einander nur kreuzen, wird eine einfache über Kreuzung gezeichnet. Wenn eine Verbindung da ist, kennzeichnen wir diese durch einen Punkt.



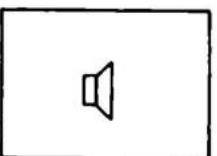
ERDVERBINDUNGEN

Senkrechter Strich mit drei waagerechten Strichen von abnehmender Größe.



MASSEVERBINDUNG

Senkrechter Strich mit waagerechtem dickeren Strich. Zeichen: MASSE.



LAUTSPRECHER

Wird als konischer Kasten mit einem angesetzten rechteckigen Kasten gezeichnet.



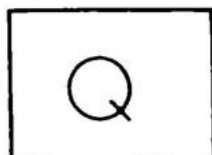
KOPFHÖRER

Wie ein Kopfhörer gezeichnet.



MIKROPHON

Zeichen M, mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als Kreis mit tangierendem lotrechten Strich.



TONABNEHMER

Zeichen PU, mit nachfolgender Nummerangabe. Zeichnet man als Kreis mit senkrecht kreuzendem Strich.

FEED-BACK G1

- 1A. Nein, Sie haben sicher das richtige gemeint, aber ich sagte Atomkern, nicht Atom.
- B. Ja, er enthält jedoch auch Neutronen. Sie wußten das sicher auch. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.
- C. Dies muß man als die ganz richtige Möglichkeit betrachten. Der Atomkern beinhaltet nämlich zwei Dinge, sowohl Protonen als auch Neutronen. Fahren Sie mit Aufgabe 2 fort.
- 2A Ganz richtig! Der Strom geht von der Überschußelektrode — zur Mangel­elektrode +. Gehen Sie weiter mit dem nächsten Text.
- B. Nein, Elektronen gehen von der Überschußelektrode — zur Mangel­elektrode +. Fahren Sie mit dem Text in G2 fort.

FEED-BACK G2

- 1A. Vollständig richtig beantwortet. Feste Elektronen können sich nicht bewegen, lose Elektronen oder Löcher dagegen können es. Fahren Sie mit Aufgabe 2 fort.
- B. Es sind nicht die Beimengungen selbst, die sich bewegen. In reinem Silizium besteht nämlich eine Teilung zwischen den Elektronen des Atoms. In allem haben die Atome 8 Elektronen auf der äußeren Schale, was eine sehr feste Bindung gibt. Beimengungen verursachen einen Überschuß oder einen Mangel an Elektronen. Das schafft die Möglichkeit für einen Ladungstransport. Versuchen Sie Aufgabe 2.

- 2 A. Das ist nicht richtig, nicht im Allgemeinen. Im P-Material sind Löcher, das heißt, fehlende Elektronen. Ein Elektron, das eine Zeit lang herumgewandert ist, vereinigt sich mit einem Loch und "verschwindet" als loses Elektron. Sie können jetzt weitergehen im Text mit G3. Wir kommen später auf obenstehenden Stoff zurück.
- B. Das ist richtig. Elektronen können eine Zeitlang wandern, bevor sie ein Loch finden. Wenn dann eines auf ein Loch trifft, fällt es hinein, und unser Elektron ist nicht mehr frei. Lesen Sie jetzt weiter über Strom und Spannung. Wir kommen später auf das Kapitel Halbleiter zurück.
- C. Nein, es ist Platz genug. Zwischen den Atomen ist viel leerer Raum, Löcher, in die die Elektronen fallen können. Wenn ein Elektron in ein solches Loch fällt, hört es auf, als freies Elektron zu existieren. Fahren Sie fort mit dem nächsten Abschnitt über Strom und Spannung.

FEED - BACK G3

- 1 A. Nein, 10^{19} ist nicht das gleiche wie 10^{18} . Das ist 10mal so viel. 6×10^{19} ist 10mal so viel wie 6×10^{18} , und der Strom ist deshalb 10 Ampere. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.
- B. Sie haben sicher versucht, sich der Zahl zu erinnern. 1 A ist 6×10^{18} Elektronen pro Sekunde. 6×10^{19} ist 10mal so viel. Bei 6×10^{18} ist der Strom 1 Ampere. Bei 6×10^{19} Elektronen pro Sekunde ist er also 10 Ampere.
- C. Das ist richtig. Wenn Sie zu Hause sind in der Potenzrechnung, können Sie auch mit Aufgabe 3 fortfahren.

- 2A. Der Ausgangspunkt ist $1 \text{ A} = 6 \times 10^{18}$ Elektronen pro Sekunde. 6×10^{15} hat drei Nullen weniger als 6×10^{18} . Wir haben also einen Strom, der 1.000 mal kleiner ist als 1 A. Der Strom ist somit 6×10^{15} gleich 1 mA. Fahren Sie mit Aufgabe 3 fort.
- B. Das ist richtig. Das mit den Potenzen ist wirklich nicht so schwer, nicht wahr? Versuchen Sie jetzt Aufgabe 3.
- C. Das war nicht so gut. Wenn 6×10^{18} gleich 1 A ist, muß 6×10^{15} gleich einer 1 mit richtig gesetztem Komma sein. Da 6×10^{15} um 1.000mal kleiner ist, muß der Strom, dem die Zahl entspricht, auch 1.000 mal kleiner sein als 1 A, nämlich 1 mA. Wenn Sie folgen können, gehen Sie weiter mit Aufgabe 3. Sonst lesen Sie den Abschnitt über Potenzen, T1.
- 3 A. Der Strom geht von einer höheren Spannung zur kleineren. Von 10 Volt geht er nach 0 und von da aus weiter nach -7 Volt. Die Elektronen gehen den anderen Weg von -7 nach $+10$ Volt. Gehen Sie weiter nach Aufgabe 4.
- B. Richtig, die Spannung fällt in der Reihenfolge $10 - 0 - (-7)$ Volt, und der Strom geht von 10 nach -7 Volt. Wir fragten nach der Bewegungsrichtung der Elektronen, welche die entgegengesetzte ist. Sie haben deshalb richtig geantwortet. Der Elektronenstrom geht von -7 nach $+10$. Lösen Sie jetzt Aufgabe 4.
- C. Wenn alle Elektronen von 0 wegströmen würden, entstünde eine positive Spannung, was ein Widerspruch wäre. Die Richtung des Stroms ist immer von der höheren zur niedrigeren Spannung, nämlich von $+10$ nach -7 Volt. Wir fragten außerdem nach der Richtung der Elektronen, welche dem Strom entgegengesetzt liegt. Wir haben also einen Elektronenstrom von -7 nach $+10$ V. Lösen Sie jetzt Aufgabe 4.
- D. Der Strom geht von 10 Volt nach -7 Volt. Der Elektronenstrom geht in die andere Richtung, also von -7 nach $+10$ Volt. Fahren Sie fort mit Aufgabe 4.

- 4A. $3 \times 450 \text{ V}$ sind 1.350 V . Um das in kV auszudrücken, dividieren wir die Zahl durch 1.000 und erhalten $1,35 \text{ kV}$. Das Ergebnis ist also richtig. Fahren Sie fort mit Aufgabe 5.
- B. Schaltet man Batterien in Serie, erhält man eine Spannung, die die Summe der Spannungen der einzelnen Batterien ausmacht. Das gleiche gilt hier. Die gesamte Spannung ist also $3 \times 450 \text{ Volt} = 1.350 \text{ V}$. Ihre Ziffer war falsch. Sie haben das Komma jedoch richtig gesetzt. 1000 Volt sind 1 kV , was $1,35 \text{ kV}$ bei einer Spannung von 1.350 V sind. Fahren Sie fort mit Aufgabe 5.
- C. Sie haben die richtige Zahl gefunden, jedoch einen Kommafehler gemacht. $3 \times 450 \text{ V} = 1.350 \text{ V}$. 1.000 V ist gleich 1 kV , weshalb 1.350 V gleich $1,35 \text{ kV}$ ist. Versuchen Sie Aufgabe 5.
- D. Sie haben 450 Volt direkt in kV umgesetzt. Bei einer Serienschaltung der Spannungen muß man jedoch die einzelnen Spannungen addieren. Wir erhalten 1.350 V oder $1,35 \text{ kV}$. Beginnen Sie mit der nächsten Aufgabe.
- 5 A. Sie haben etwas verkehrt gemacht. Vielleicht haben Sie vergessen, daß die beiden parallel geschalteten Batterien (je 100 mA) zusammen 200 mA liefern. Das ergibt mit der zusätzlich parallelgeschalteten Batterie eine Stromlieferung von 2.200 mA oder $2,2 \text{ A}$. Gehen Sie weiter mit dem Abschnitt über Kondensatoren, G4.
- B. Vielleicht haben Sie nur geraten. Bei einer Parallelschaltung müssen die Ströme addiert werden. $2.000 \text{ mA} + 100 \text{ mA} + 100 \text{ mA} = 2.200 \text{ mA}$ oder $2,2 \text{ A}$. Fahren Sie fort mit Abschnitt G4 über Kondensatoren.
- C. Sie sind zum richtigen Ergebnis gekommen. Wenn sie Lust haben, können Sie zur letzten Aufgabe im nächsten Abschnitt übergehen. Ansonsten fahren sie mit dem Text fort.

- D. Bei einer Parallelschaltung von Batterien haben wir die Möglichkeit, mehr Strom zu entnehmen. Der gesamte Strom ist aus den Strömen jeder einzelnen Batterie zusammengesetzt: $2.000 \text{ mA} + 100 \text{ mA} + 100 \text{ mA} = 2.200 \text{ mA}$ oder $2,2 \text{ A}$. Gehen Sie jetzt weiter im Text.

FEED BACK G4

- 1 A. Der Abstand zu allen Dingen ist groß, und ein Schlüssel ist klein. Beides ergibt eine kleine Kapazität. Bevor Sie mit dem Text fortfahren, lesen Sie bitte noch einmal den Schluß des Kapitels.
- B. Das ist richtig. Sowohl die Größe, der Abstand und die Luft als Isolationsmaterial deuten eine kleine Kapazität an. Fahren Sie fort mit G5.
- C. Weder die Größe noch der Abstand sollten bei uns den Eindruck erwecken, daß es sich um eine große Kapazität handelt. Gehen Sie weiter mit dem Abschnitt über Kondensatorverbindungen, G5.

FEED BACK G5

- 1 A. Ja, ganz richtig. Fahren Sie mit Aufgabe 3 fort.
- B. Nein, die Antwort ist falsch. Vielleicht haben Sie wie bei Serienschaltungen gerechnet. Wenn man Kondensatoren parallelschaltet, addiert man die Kapazitäten. $0,5 \mu\text{F} + 0,5 \mu\text{F} = 1 \mu\text{F}$. Fahren Sie fort mit Aufgabe 2.
- 2A. Nein, wenn man Kondensatoren parallel schaltet, addiert man ihre Werte. Wenn man sie in Serie verbindet, rechnet man:

$$\frac{1}{C_{333}} = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots\dots\dots$$

Da die resultierende Kapazität 333 pF sein soll, erhält man:

$$\frac{1}{333} = \frac{1}{3C} \quad \text{da } C_1 = 1 \text{ nF ist, und man drei Stück benutzt.}$$

Fahren Sie mit Aufgabe 3 fort.

- B. Ja, ganz richtig. Fahren Sie fort mit Aufgabe 3.
- C. Nein, falsch! Lesen Sie Antwort A, bevor Sie zu Aufgabe 3 übergehen.
- 3A. Sie haben vielleicht den Farbcode falsch gelesen. Haben Sie den Abschnitt darüber gelesen? Die Kondensatoren haben die Werte $1 - 0 - 10^3 = 10.000 \text{ pF} = 10 \text{ nF}$. Eine Parallelverbindung ergibt 20 nF . Sie haben vielleicht auch wie bei einer Serienverbindung gerechnet. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 4.
- B. Die Methode, die Sie gebraucht haben, ist richtig, aber Sie haben mit einem falschen Kondensatorwert angefangen. Orange ist $\times 1.000$ und braun/schwarz: 10. Die Kondensatoren sind 10.000 pF oder 10 nF . Die Parallelverbindung ergibt 20 nF . Fahren Sie mit der nächsten Aufgabe fort.
- C. Sie sind zum richtigen Ergebnis gekommen. Machen Sie weiter mit Aufgabe 4.
- D. Sie haben wie bei einer Serienverbindung gerechnet, aber den richtigen Wert für jeden Kondensator gefunden. Bei einer Parallelverbindung von Kondensatoren muß man die Werte addieren, um die Gesamtkapazität zu erhalten. Wir erhalten 20 nF . Fahren Sie fort mit Aufgabe 4.
- 4 A. Sie haben vielleicht den Wert jedes Kondensators geraten. $1,5 \text{ nF}$ ist genau der Wert eines einzelnen Kondensators. Eine Serienverbindung ergibt jedoch einen Wert, der kleiner ist als der jedes einzelnen Kondensators. Wenn wir die Formel für die Serienverbindung benutzen, erhalten wir eine Kapazität von $0,5 \text{ nF} = 500 \text{ pF}$. Lesen Sie weiter im Kapitel über die verschiedenen Kondensatortypen.
- B. Vollständig richtig. Lesen Sie über verschiedene Kondensatortypen in G6.
- C. Sie haben einen falschen Kondensatorwert erhalten oder sich mit pF oder nF vertan. Das Ergebnis ist 500 pF . Sie können ruhig weitermachen mit dem Abschnitt über verschiedenartige Kondensatoren, G6.

- D. Sie haben vielleicht gemeint, es sei eine Parallelverbindung. Die Serienverbindung dreier gleicher Kondensatoren ergibt jedoch einen Gesamtwert von $1/3$ des einzelnen Wertes = 500 pF. Lesen Sie jetzt das Kapitel G6.

FEED — BACK G6

- 1 A. Das ist nicht richtig. Volt ist die Einheit für die Spannung, während die Einheit für Kondensatoren FARAD ist. Haben Sie den Abschnitt über Kondensatoren gründlich gelesen? Sonst lesen Sie ihn noch einmal, bevor Sie mit Aufgabe 2 fortfahren.
- B. 'm' ist, wenn es alleine steht, die Bezeichnung für Meter. Früher hatte man für Kondensatoren die Maßeinheit cm. 1 cm entsprach ungefähr 1 pF. Die Einheit für Kondensatoren ist also FARAD. Gehen Sie jetzt zur nächsten Aufgabe über.
- C. Das ist genau richtig. Gehen Sie zur nächsten Aufgabe über.
- D. Ampere ist die Einheit für Strom. Die Einheit für Kapazität ist FARAD. Haben Sie den ganzen Abschnitt über Kondensatoren gelesen? Fahren Sie fort mit Aufgabe 2.
- 2 A. Das ist schwer. Zuerst formt man 30.000 pF in 30 nF um. Die Parallelverbindung ergibt die Summe beider Kondensatoren. Das sind 32 nF. Sie können bereits hier sehen, daß Sie die Aufgabe richtig gelöst haben. 32 nF ist gleich 0,032 μ F, da ein Faktor 1000 zur Umrechnung gebraucht wird. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 3.
- B. Sie sollen nicht durch 2 dividieren, wenn Sie die Kapazitäten zusammengelegt haben. Das Resultat ist 32.000 pF oder 32 nF, was wiederum 0,032 μ F ist. Lösen Sie jetzt Aufgabe 3.

- C. 1,9 nF ist die Kapazität, die wir bei einer Serienschaltung erhalten. Bei einer Parallelschaltung müssen die einzelnen Kapazitäten nur addiert werden. Das Ergebnis ist 0,032 μ F. Fahren Sie mit der nächsten Aufgabe fort.
- D. Sie haben die Zahlen vertauscht. Das Ergebnis ist 32 nF. 30.000 pF ist gleich 30 nF. Wir legen dann die 2 nF dazu und erhalten 32 nF oder 0,032 μ F. Versuchen Sie Ihr Können an der nächsten Aufgabe.
- 3A. Vielleicht haben wir den Aufbau eines Kondensators nicht gründlich genug besprochen. Dieser ist in Punkt 3 besprochen. Es müssen 2 Lagen Metallfolie und 2 Lagen Isolation sein. Das ergibt alles in allem 4 Lagen. Wenn das Metall auf die Isolation aufgedampft ist, sind nur 2 Lagen zu sehen, wenn man den Kondensator auseinandernimmt. Die Lagen sind als lange Streifen ausgeführt, welche zu einem Block zusammengerollt sind. Fahren Sie mit Aufgabe 4 fort.
- B. Wenn das Metall auf die Isolation aufgedampft ist, haben Sie recht. In vielen Fällen liegen die Metallfolien jedoch getrennt, und dann sind da vier Lagen. Fahren Sie mit Aufgabe 4 fort.
- C. Sie haben damit gerechnet, daß die Metallfolie für sich liegt. Das ergibt vier Lagen. Wenn das Metall auf die Isolation aufgedampft ist, kann man nur zwei Lagen abtrennen. Fahren Sie mit Aufgabe 4 fort.

- D. 8 Lagen sind doch ein wenig zu viel. Vielleicht haben sie gerechnet, daß auf beiden Seiten der Metallfolie Isolation sein muß und zwei Lagen außenherum, aber das ist nicht richtig. Ein Kondensator besteht aus 4 Lagen, wechselnd Metallfolie und Isolation. Bei einigen Kondensatoren ist die Metallschicht auf die Isolation aufgedampft. Man kann dann nur 2 Lagen heraus-trennen. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 4.
- 4A. Das ist nicht gut. Lesen Sie besser den Abschnitt über Farbmarkierung, bevor Sie mit Aufgabe 5 fortfahren.
- B. Das ist ausreichend. Wenn Sie wollen, können Sie mit Aufgabe 5 fortfahren oder aber erst den Abschnitt über Farbmarkierungen, T2, lesen. Die Farbmarkierungen müssen Sie sowieso lernen, wenn Sie mit den AE-Konstruktionen anfangen.
- C. Ausgezeichnet, fangen Sie mit Aufgabe 5 an. Die Farbmarkierungen kennen Sie ja bereits.
- 5A. Es stimmt, daß sie teuer sind, was ein guter Grund ist, sie zu vermeiden. Außerdem sind sie reichlich groß, was auch ungünstig ist. Ölkondensatoren sind für große Spannungen berechnet, weshalb man sie selten bei Spannungen unter 10.000 V anwendet. Fahren Sie fort mit Aufgabe 6.
- B. Die Größe spielt eine große Rolle. Wir haben andere Kondensatoren, die viel billiger sind. Ölkondensatoren eignen sich für hohe Spannungen und finden somit kaum Anwendung in der Elektronik.
- C. Da Ölkondensatoren hohe Spannungen vertragen, steht einer Benutzung nichts im Wege. Wir können jedoch kleinere und billigere Kondensatoren bekommen, die die meisten Spannungen vertragen, die in der Elektronik gebraucht werden. Fahren Sie fort mit Aufgabe 6.
- 6A. Sie haben wie bei einer Serienschaltung gerechnet, haben jedoch dadurch den Wert für den festen Kondensator bestimmt. Bei Parallelschaltungen müssen wir die Kapazitäten addieren und erhalten somit 123–150 pF. Fahren Sie fort mit Aufgabe 7.

- B. Sie haben den falschen Wert für den festen Kondensator gefunden, haben jedoch sonst richtig gerechnet. Der Kondensator ist nicht 210 pF sondern 120 pF, weshalb wir bei einer Parallelschaltung eine Kapazität von 123–150 pF erhalten. Fahren Sie fort mit Aufgabe 7.
- C. Das ist genau richtig, fahren Sie mit der nächsten Aufgabe fort.
- 7A. Der schwarze Teil des Kondensators ist Minus, während der andere Teil Plus ist. Er ist also verkehrt herum. Fahren Sie fort mit dem Abschnitt über Elektromagnetismus, G7.
- B. Er ist richtig gedreht. Das schwarze Viereck muß nach Minus und das weiße nach Plus. Machen Sie weiter mit Abschnitt G7. Er behandelt den Elektromagnetismus.

FEED – BACK G7

- 1A. Das ist falsch. Es wird nur Strom induziert, wenn der Magnet sich bewegt. Wenn er still steht, geschieht nichts. Versuchen Sie Aufgabe 2.
- B. Richtig beantwortet. Der Magnet muß sich bewegen, um Elektrizität zu erzeugen. Fahren Sie mit der nächsten Aufgabe fort.
- 2A. Das ist im Prinzip möglich. Es ist aber sehr unwahrscheinlich, daß ausgerechnet kurz nach dem Umschalten die Lampe kaputtgeht. Es ist doch vielmehr so, daß die im Magnetfeld der Spule gespeicherte Energie auch nach dem Abschalten der äusseren Spannungsquelle noch einen Strom in die Lampe schickt. Je nach der Größe der Spule und damit des Magnetfeldes wird dessen Energie aber früher oder später erschöpft sein. Damit hört der Stromfluß auf und die Lampe erlischt. Fahren Sie fort mit Aufgabe 3.

- B. Die Antwort ist im Prinzip richtig. Lesen Sie aber doch noch die nähere Erklärung unter A und fahren Sie dann fort mit Aufgabe 3.
- C. Nein, das ist nicht richtig. Eine Lampe wird ja normalerweise mit konstantem Strom betrieben. Lesen Sie die Erläuterungen zu A bevor Sie an Aufgabe 3 gehen.
- D. Diese Antwort ist richtig. Lesen Sie aber trotzdem die Erklärung unter A und gehen Sie dann weiter zur nächsten Aufgabe.
- 3A. Ja, — ganz richtig. Sie sehen, daß eine so kleine Spule bei dieser Frequenz fast so gut wie eine Leitung leitet. Gehen Sie weiter mit Aufgabe 4.
- B. Nein, nicht ganz. Es ist etwas mit der Potenzausrechnung falsch. Lesen Sie Antwort A, bevor Sie weitergehen.
- 4A. Ja, — die Spule hat einen Widerstand von 6,28 Ohm. Wenn die Frequenz steigt, steigt der Widerstand (die Impedanz) proportional. Wenn die Frequenz 1 GHz (Giga — s. T1) wäre, wäre die Impedanz 6,28 kOhm. Fahren Sie fort mit G8.
- B. Nein. Einen so großen Widerstand hat eine so kleine Spule bei normalen Frequenzen nicht. Lesen Sie Antwort A, bevor Sie zum Abschnitt über das Ohm'sche Gesetz weitergehen.

FEED – BACK G8

- 1A. Das ist zu wenig. Mit dem Ohmschen Gesetz, $U = R \times I$, ergibt $U = 10 \text{ Ohm} \times 0,1 \text{ A} = 1,0 \text{ V}$. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.
- B. Das ist richtig. Machen Sie weiter mit Aufgabe 2.
- C. Wir müssen die Spannung durch das Ohmsche Gesetz finden: $U = R \times I$, $U = 10 \text{ Ohm} \times 0,1 \text{ A} = 1,0 \text{ V}$. Lösen Sie jetzt Aufgabe 2.
- 2A werden $U = R \times I$ ergibt $I = \frac{U}{R} = \frac{10\text{V}}{0,1\Omega} = 100 \text{ Ampere}$. Denken Sie beim Lösen von Aufgabe 3 daran.
- B. Hier haben Sie ziemlich daneben gehauen. Das Ohmsche Gesetz muß gebraucht werden: $U = R \times I$. Wir lösen auf nach I, da wir ja den Strom suchen: $I = 100 \text{ A}$. Fahren Sie mit Aufgabe 3 fort.
- C. Das ist richtig. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 3.
- 3A. Sie haben sich um eine Null verrechnet, ansonsten ist die Lösung richtig. $10 \mu\text{A} = 10 \times 10^{-6} \text{ A}$, $47 \text{ kOhm} = 47 \times 10^3 \text{ Ohm}$. $U = R \times I = 10 \times 10^{-6} \times 47 \times 10^3 \text{ V} = 470 \times 10^{-3} \text{ V} = 470 \text{ mV}$. $0,047 \text{ V}$ ist gleich 47 mV . Machen Sie weiter mit Aufgabe 4.
- B. Das ist vollständig richtig. Sie können jetzt Aufgabe 4 lösen.
- C. Sie haben die Formel falsch berechnet. Die Spannung erhält man durch $U = R \times I = 10 \text{ A} \times 47 \text{ kOhm} = 470 \text{ mV}$. Sie haben den Strom durch den Widerstand dividiert. Versuchen Sie jetzt, Aufgabe 4 zu lösen.
- 4A. Den Widerstand erhält man durch $R = \frac{U}{I}$. Sie haben die richtige Antwort gefunden. Wenn Ihnen schon etwas über Widerstandsaltungen bekannt ist, können Sie direkt zu den auf das nächste Kapitel folgenden Aufgaben übergehen. Sie können auch mit dem Text weitergehen.

- B. Sie haben die Formel falsch angewandt und den Strom durch die Spannung dividiert. Es muß umgekehrt sein. $R = 1,2 \text{ kOhm}$. Machen Sie weiter mit der nächsten Aufgabe.
- C. Hier ist eine Null verloren gegangen. $1,2$ durch $1 = 1,2 \times 1 \text{ mA}$ ist jedoch $= 10^{-3} \text{ A}$. Wir müssen also durch 10^{-3} dividieren oder mit 10^3 multiplizieren. $R = 1.200 \text{ Ohm} = 1,2 \text{ kOhm}$. Gehen Sie weiter zur nächsten Aufgabe.
- D. Das ist nicht gut. Sie müssen die Formel: $R = \frac{U}{I}$ benutzen.
- 5A. Ja, das ist richtig. Früher wurden fast nur drahtgewickelte Widerstände benutzt. Antwort B ist ebenfalls richtig. Lesen Sie diese, bevor Sie zur nächsten Aufgabe übergehen.
- B. Richtig! Bei großen Leistungen benutzt man fast immer drahtgewickelte Widerstände. Machen Sie weiter mit Aufgabe 6.
- 6A. Nein, mit einem LDR Widerstand mißt man Licht. Druck mißt man mit sogenanntem STRAIN GAUGE. Gehen Sie jetzt zum Abschnitt G9 über.
- B. Nein, das ist nicht richtig. Temperatur mißt man mit einem NTC-Widerstand. Ein LDR-Widerstand kann Licht messen. Fahren Sie fort mit G9.
- C. Ganz richtig. Fahren Sie fort mit G9. Sie können aber auch zur letzten Frage im nächsten Abschnitt übergehen, um zu sehen, ob es notwendig ist, diesen Abschnitt überhaupt zu lesen.

FEED — BACK G9

1. A. Sie haben gedacht, es sei eine Parallelschaltung. Bei einer Serienschaltung müssen die Widerstände lediglich addiert werden, so daß wir 17.6 kOhm erhalten. Fahren Sie fort mit Aufgabe 2.
- B. Das ist richtig, aber das war ja auch nicht schwer. Machen Sie weiter mit Aufgabe 2.

2. A. Ganz richtig. Gehen Sie schnell zu Aufgabe 3 weiter.
- B. Sie sind wohl immer noch bei Aufgabe 1 und rechnen mit einer Serienschaltung. Dies ist eine Parallelschaltung, und wenn zwei einzelne gleiche Widerstände parallel sind, wird der Gesamtwiderstand der halbe, also 50 Ohm, Gehen Sie weiter zu Aufgabe 3.
3. A. Sie haben falsch gerechnet. Die beiden Widerstände müssen parallel geschaltet werden, und der Gesamtwiderstand wird 11 kOhm. In Hinsicht auf Aufgabe 2 in G8 findet man den Strom durch $I = U/R$. Das richtige Ergebnis ist also $I = 0,9 \text{ mA}$. Achten Sie darauf, daß es sich um kOhm handelt! Fahren Sie fort mit Aufgabe 4.
- B. Das ist richtig. Wenn Sie keine Lust haben, hier weiter zu machen, gehen Sie weiter zu G 10.
- C. Sie haben sich mit der Potenz im Ohmschen Gesetz verrechnet. $0,009 \text{ A} = 9 \text{ mA}$. Das Ergebnis ist aber $0,9 \text{ mA}$. Sie haben es aber trotzdem gut gemacht. Gehen sie zur nächsten Aufgabe.
4. A. Das war keine Serienschaltung, sondern eine Parallelschaltung. Der Widerstand wird somit 667 Ohm und nicht 2,5 kOhm. Außerdem haben Sie sich um eine Null vertan, das macht aber nicht so viel aus. Wenn der Widerstand 667 Ohm und die Spannung 4,5 V ist, ist der Strom 6,8 mA. Gehen Sie zur nächsten Aufgabe.
- B. 1,8 mA wäre richtig, wenn es eine Serienschaltung wäre, eine Parallelschaltung jedoch ergibt einen Widerstandswert von 667 Ohm, und man erhält einen Strom von 6,8 mA. Machen Sie weiter mit Aufgabe 5.
- C. Das haben Sie gut gemacht. Gehen Sie zu Aufgabe 5 über.

- 5A. Sie gehen auf die Weise vor, daß der Querstrom zuerst gewählt wird. Dieser sollte 10mal größer sein als die $100 \mu\text{A}$, also $100 \mu\text{A} = 0,1 \text{ mA}$. Um eine Spannung von 3 V zu erhalten, muß der Strom einen Widerstand von 30 kOhm passieren. Diesen findet man nicht als Standardwert, so daß wir 27 kOhm oder 33 kOhm nehmen müssen. Sie haben vollständig richtig gerechnet, fahren Sie also mit Aufgabe 6 fort.
- B. Sie haben vergessen, daß der Querstrom 10mal so groß sein muß wie der Strom, den man am Ausgang entnehmen kann. Sonst haben Sie richtig gerechnet. Sie brauchen also nur die Werte durch 10 dividieren um 27 kOhm und 33 kOhm zu erhalten. Sehen sie jetzt Aufgabe 6.
6. A. Sie haben richtig überlegt. $4 + 1 = 5$, und davon nehmen wir einen Teil. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 7.
- B. Wenn der eine Widerstand 4mal so groß ist wie der andere, wird der Gesamtwiderstand des Spannungsteilers 5mal so groß. Die Spannung wird also 1 : 5 geteilt, und das Ergebnis ist 2 V. Fahren Sie mit Aufgabe 7 fort.
7. A. Wenn der Eingangswiderstand 50 kOhm ist, müssen wir den Widerstand des Spannungsteilers 10mal kleiner machen, also 5 kOhm. Das ist kein Standardwert, wir brauchen also 4,7 kOhm. Um 1 : 10 teilen zu können, muß das Widerstandsverhältnis 1 : 9 sein. Theoretisch muß R_1 also 42,3 kOhm sein, das ist jedoch kein Standardwert. Wir können zwischen 39 kOhm und 47 kOhm wählen und haben 47 kOhm genommen. Fahren Sie fort mit dem Abschnitt über Leistung, G 10.
- B. Das ist richtig gewählt. Haben Sie gemerkt, daß die Widerstände eigentlich im Verhältnis 1 : 9 stehen sollten, uns die Standardwerte aber zu der Wahl zwingen, die wir getroffen haben? — Nun, in jedem Falle wissen Sie es jetzt. Lesen Sie weiter im Abschnitt G 10.

- C. Sie haben vollständig richtig gerechnet, wir haben jedoch keine 5 kOhm Widerstände unter den Standardwerten. Wir sind gezwungen, 4,7 kOhm zu wählen, selbst wenn wir keine 1 : 10 Teilung sondern eine von 1 : 11 erhalten. Machen Sie weiter mit G 10.

FEED – BACK G10

1. A. Wir glauben, daß Sie etwas getan haben, um die Aufgabe zu lösen, aber Sie haben leider nicht die richtige Lösung. Das richtige Ergebnis ist 70 Watt – eine ansehnliche Leistung, nicht wahr? Machen Sie weiter mit dem Abschnitt G11.
- B. Ja, das ist vollständig richtig. Gehen Sie weiter zu G 11, Wechselstrom.
- C. Das ist nicht richtig. Vielleicht haben Sie einen Fehler bei der Potenzrechnung gemacht. U^2 ist nicht $15 + 15$ sondern 15×15 . Das ergibt 225. Dividiert durch 3 erhalten wir ca. 75 Watt. Fahren Sie jetzt mit dem Abschnitt über Wechselstrom, G11, fort. Wenn Sie sich unsicher fühlen mit der Potenzrechnung, sollten Sie den Abschnitt T 1 lesen. Dieser ist nicht schwer und beginnt mit der "Kuchenrechnung".

FEED – BACK G11.

1. A. Nein, das ist direkt falsch. Ein Gleichrichter verstärkt nicht, er wandelt nur Wechselspannung in Gleichspannung um. Der Grund dafür, daß die Spannung größer wird, ist, daß der angeschlossene Kondensator bis zum maximalen Wert der Wechselspannung auflädt. Dieser Spitzenwert ist $\sqrt{2}$ mal größer, und deshalb ist die Spannung größer. Gehen Sie jetzt weiter mit dem Text.
- B. Ja, das ist richtig. Vielleicht kannten Sie das schon. Vielleicht sollten Sie den nächsten Abschnitt überspringen und die Aufgaben lösen, statt etwas "durchzupauken", was Sie vielleicht bereits kennen.

FEED – BACK G12.

1. A. Nein, das haben Sie falsch gelöst. Wir bekommen ein sehr viel kleineres Übersetzungsverhältnis zwischen Primär und Sekundär. 10.000 Windungen zu 500 ergibt eine Spannungsübersetzung von 20 zu 1. Das bedeutet, daß die Spannung, die aus dem Transformator herauskommt, 20mal kleiner ist als 220 Volt, also 11 Volt. Nach Gleichrichtung und Filterung erhalten wir eine Gleichspannung, die $\sqrt{2}$ mal größer ist. $\sqrt{2}$ ist 1,41, was multipliziert mit 11 Volt ca. 15,5 Volt ergibt. Gehen Sie weiter mit dem nächsten Abschnitt.
- B. Ja, das ist ganz richtig. Sie haben alles verstanden und können mit dem nächsten Abschnitt, welcher von Kondensatoren und Spulen im Wechselstromkreis handelt, fortfahren.
- C. Nein, das ist nicht ganz richtig, Sie sind aber auf der richtigen Spur. Der Transformator setzt ganz richtig die 220 Volt in 11 Volt um, aber durch Gleichrichtung und Filterung, auch Siebung genannt, erhalten wir eine Spannung, die $\sqrt{2}$ mal größer ist. $\sqrt{2}$ ist 1,41, was mit 11 Volt multipliziert ca. 15,5 Volt ergibt. Machen Sie weiter mit dem nächsten Abschnitt und denken Sie in Zukunft daran, daß eine Wechselspannung nach Gleichrichtung und Siebung eine um den Faktor 1,41 höhere Gleichspannung ergibt.

FEED – BACK G13.

1. A. Ja, das ist vollständig korrekt. Sie brauchen die Berechnung von Kondensatorwerten sicherlich nicht länger zu üben. Gehen Sie über zum nächsten Abschnitt, G 14.
- B. Nein, nicht ganz richtig. Die Zahl ist richtig, es fehlt aber eine Null. Vielleicht sollten Sie den Abschnitt T1 einmal gründlich lesen. Fahren Sie mit G14 fort.
- C. Das ist allerdings nicht richtig. Weder die Zahl noch die Benennung ist korrekt. Wir wollen die Aufgabe für Sie lieber noch einmal durchrechnen. Wir benutzen die Formel:

$$Z_c = \frac{1}{2\pi \times f \times C}, \text{ umgeschrieben in } C = \frac{1}{2\pi \times f \times Z_c}$$

Durch Einsetzen erhalten wir:

$$C = \frac{1}{6,28 \times 10^3 \times 10^3} \text{ was umgerechnet in nF,}$$

$$C_{\text{nF}} = \frac{10^9}{6,28 \times 10^6} \quad C = 150 \text{ nF ergibt.}$$

FEED BACK G14

- 1A. Das ist vollständig richtig. Sie haben doch nicht geraten? Sehen Sie sonst unter Antwort B nach, bevor Sie mit G 15 fortfahren.
- B. Nein, das ist nicht richtig. Das Ergebnis ist 1,59 Mhz, was Mittelwelle ist. Wir kommen zu den 1,59 Mhz, indem wir die Quadratwurzel aus $0,1 \text{ mH} \times 0,1 \text{ nF}$ ziehen, welche 0,1 ist. Die Größe 0,1 ist gleich $1/10$, und man dividiert durch $1/10$, indem man mit dem Kehrwert multipliziert. Wir müssen also 159 000 mit 10 multiplizieren = 1,59 Mhz. Gehen Sie weiter zu G 15.
- C. Nein, vielleicht ist die Erklärung im Text nicht gut genug. Lesen Sie Lösung B, bevor Sie zum nächsten Abschnitt weitergehen.

FEED — BACK G15

1. A. Nein, das ist auf jeden Fall verkehrt. Der Strom ist bereits gegeben. Das, was wir wissen möchten, ist, wie groß die Messung bei vollem Ausschlag ist. Da wir den Strom kennen, der durch das Instrument fließt, können wir den inneren Widerstand ausrechnen, wenn wir die Spannung kennen. Wir müssen gleichzeitig wissen, wie groß der Ausschlag für maximalen Scalausschlag ist. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
 - B. Nein, das stimmt nicht. Was wir wissen müssen, ist der Messwert für vollen Ausschlag. Fahren Sie fort mit Aufgabe 2.
 - C. Ja, es ist notwendig, eine Größe zu kennen, nämlich die Anzeige für vollen Ausschlag. Fahren Sie fort mit der nächsten Aufgabe.
 - D. Nein, die Spannung ist bereits gegeben. Was wir ergründen müssen, ist der Messwert bei vollem Ausschlag. Gehen Sie zur nächsten Aufgabe über.
 - E. Das ist vollkommen richtig.
2. A. Das ist falsch. Das einzige, was für uns interessant ist, ist, daß durch das Instrument $100 \mu\text{A}$ fließen müssen, wenn es 100 mA anzeigen soll. Die restlichen $99,9 \text{ mA}$ fließen durch den Nebenwiderstand. Gehen Sie weiter zur nächsten Aufgabe.
 - B. Nein, das ist bestimmt nicht richtig. Im Text der Aufgabe steht, daß wir 100 mA hineinsenden, — wir können also nicht 10mal mehr im Nebenwiderstand haben. Lesen Sie die richtige Lösung unter A.
 - C. Ganz richtig beantwortet. Fahren Sie ruhig mit der nächsten Aufgabe fort, in der die Größe des Nebenwiderstandes berechnet wird.

3. A. Nein, nicht ganz. Wir sollten eine Spannung von 100 mV über dem Instrument haben. Da wir wissen, daß 100 mA für vollen Ausschlag gebraucht werden, und 99,9 mA durch den Nebenwiderstand gehen, kennen wir also sowohl die Spannung als auch den Strom, und wir können über das Ohmsche Gesetz den Nebenwiderstand berechnen. Ein Meßinstrument hat selten eine Genauigkeit von über 1%, und wir können in diesem Falle die 99,9 mA auf 100 mA aufrunden. $R_s = U/I$; $R_s = \frac{100 \text{ mV}}{100 \text{ mA}} = 1 \text{ Ohm}$. Fahren Sie fort mit Aufgabe 4.
- B. Nein, das ist nicht richtig. Vielleicht haben Sie sich um eine Potenz "verhauen". Lesen Sie Antwort A, bevor Sie zur Aufgabe 4 übergehen.
- C. Ganz richtig. Sie können zur nächsten Aufgabe übergehen.
4. A. Ihre Antwort ist leider verkehrt. Vielleicht ist es nur ein Faktor mal 1.000, den Sie vergessen haben. Die Rechnung geht folgendermaßen: Von Aufgabe 3 her kennen wir die Spannung über dem Instrument bei vollem Ausschlag, 100 mV. Wir sollen 100 Volt messen. Der Vorwiderstand muß also 1.000 mal größer sein als der innere Widerstand, da die Spannung, die wir messen sollen, 1.000 mal größer ist. Den inneren Widerstand kennen wir aus Aufgabe 2, nämlich 1 kOhm ausgerechnet vom Instrumenttyp 1 mA – 1 V. Soll der Widerstand 1.000mal größer sein als 1 kOhm, erhalten wir 1 MOhm. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 5.
- B. Ganz richtig. Sie haben es genau verstanden. Versuchen Sie jetzt, Aufgabe 5 zu lösen.
- C. Das richtige Ergebnis ist 1 Mohm. Wenn Sie die Aufgabe nicht noch einmal rechnen wollen, lesen Sie bitte Antwort A. Gehen Sie danach weiter zu Aufgabe 5.
5. A. Richtig! Sie können ruhig zu G 16 übergehen.

- B. Das ist nicht richtig. Den Widerstand von 9 kOhm haben Sie richtig ausgerechnet, dahingegen ist der von 990 kOhm falsch. Er müßte 99 kOhm haben. Beide Widerstände rechnet man folgendermaßen aus: Wir wissen, daß bei 1 kOhm 1 Volt über dem Instrument steht. Wenn die Spannung, die wir messen sollen, 10 Volt beträgt, müssen also 9 Volt über dem Widerstand sein. 1 Volt und 1 kOhm ergeben einen Strom von 1 mA. 1 mA durch einen Widerstand bei 9 Volt ergibt einen Ohmschen Wert von 9 kOhm. Bei 100 Volt stehen 99 Volt über dem anderen Widerstand, weshalb dieser 99 kOhm sein muß, oder 100 kOhm mit schlechterer Genauigkeit. Einen Widerstand von 9 kOhm kann man z.B. durch eine Serienschaltung eines 8,2 kOhm Widerstands mit einem von 820 Ohm zusammensetzen. Lesen Sie jetzt weiter in Abschnitt G16.

FEED — BACK G16

1. A. Ganz richtig, fahren Sie fort mit Aufgabe 2.
B. Doch es fließt Strom. Der Pfeil gibt nämlich die Durchlassrichtung vom + nach — an. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.
2. A. Ja, Sie haben verstanden, was mit Beta gemeint ist. Gehen Sie jetzt zu den Aufgaben oder dem Text im nächsten Abschnitt über.
B. Nein, das gibt eine Stromverminderung. In einem Transistor sollte man einen größeren Strom am Kollektor entnehmen können als man in die Basis hineinschickt. Lesen Sie ggf. den Abschnitt T3 und gehen Sie zu G17 über.

FEED — BACK G17

1. A. Sie haben nicht daran gedacht, daß die halbe Versorgungsspannung am Kollektor liegen soll. Sie haben die ganze Spannung über R_c gelegt. Wenn nur die halbe Spannung da sein soll, muß der Widerstand halb so groß sein, also 6 kOhm. Wir benutzen einen 5,6 kOhm Standardwert. R_6 ist richtig berechnet. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
-

- B. Sie sind zum richtigen Ergebnis gekommen. Man muß jedoch sagen, daß man, wenn man den Kollektorwiderstand abrundet, auch den Basiswiderstand auf 680 kOhm ändern sollte. Zwischen den beiden Dimensionierungen gibt es keinen hörbaren Unterschied. Gehen Sie zur Aufgabe 2 oder direkt zu Aufgabe 3 weiter.
- C. Vollständig richtig. Fahren Sie fort mit Aufgabe 2 oder springen Sie zur Aufgabe 3, wenn Sie sich im Stoff zuhause fühlen.
- D. Diese Dimensionierung ist möglich, der Kollektorstrom wird jedoch nicht 0,5 mA, sondern 0,25 mA. Sie haben R_c ausgerechnet, als wenn die ganze Versorgungsspannung darüber läge und nicht die halbe. Danach haben Sie entweder mit R_b falsch gerechnet, oder Sie haben gedacht, R_b sei in diesem Falle 2mal die Stromverstärkung mal R_c . Denken Sie an die Regel mit der halben Versorgungsspannung, und versuchen Sie Aufgabe 2.
2. A. Sie sind vernünftig an die Aufgabe herangegangen. R_e und R_c sind richtig. Sie haben jedoch vergessen, daß von der Basis zum Emitter ein Spannungsfall von 0,7 V besteht. Wenn Sie diesen einberechnen, erhalten Sie das richtige Ergebnis. Machen Sie weiter mit Aufgabe 3.
- B. Vollständig richtig. Gehen Sie weiter mit Aufgabe 3.
- C. Sie haben zwei Fehler gemacht. Zuerst haben Sie vergessen, daß die halbe Versorgungsspannung am Kollektor liegt. Mit $R_c = 2,2$ kOhm fällt die gesamte Spannung über dem Widerstand, so daß der Transistor keine Spannung mehr zum Arbeiten hat. Das Ergebnis muß der halbe Wert von $R_c = 1,2$ kOhm sein, sowie $R_{b1} = R_{b2} = 15$ kOhm. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 3.
- D. Sie stehen nicht auf gutem Fuße mit dem Ohmschen Gesetz. R_c muß 680 Ohm sein und nicht 1,2 kOhm. Das ist der gleiche Fehler wie bei R_c , welcher 1,2 kOhm sein muß. R_{b1} und R_{b2} sind 15 kOhm. Versuchen Sie, Aufgabe 3 besser zu lösen.

3. A. Nein, das ist falsch. Versuchen Sie, Beispiel 5 in G 17 durchzulesen, und vergleichen Sie mit den richtigen Widerständen in Antwort B. Folgende Zwischenwerte können viel helfen. Die Leistung von 6 Watt entspricht über einem 4 Ohm Lautsprecher ca. 1,2 Ampere. Der Basisstrom ist um 50mal kleiner, 20 mA, der Querstrom 60 mA. T3 berechnet man für 0,6 mA Basisstrom, welcher jedoch 10mal auf 6 mA gehoben wird.
- B. Ganz richtig. 6 Watt sind bestimmt das Maximum, was man aus einer 12 – 15 Volt Autobatterie "heraus-holen" kann. Die Widerstandswerte sind sehr gering, und die Ein- und Ausgangskondensatoren müssen 100 $\mu\text{F}/16\text{ V}$ und 1.000 $\mu\text{F}/16\text{ V}$ sein, und der Boots-Trap Kondensator 100 $\mu\text{F}/16\text{ V}$. Vergessen Sie nicht C 4 mit 100 pF, welcher Schwingungen eliminiert.

FEED – BACK G18

1. A. Das ist vollständig richtig. Fahren Sie fort mit G19, Filter.
- B. Sie haben einen Faktor 2 vergessen. Hoffentlich sind es nicht die normalen 20 Hz, über die Sie gestolpert sind. Man sollte keinen größeren Kondensator als eben notwendig benutzen. Wenn der Lautsprecher keine tieferen Frequenzen als 40 Hz abgeben kann, brauchen wir ihn nicht für 20 Hz zu dimensionieren. Es sieht aus, als fänden Sie sich mit den Zehnerpotenzen ganz gut zurecht. In der Praxis benutzen wir einen 12,5 μF Kondensator, da 13 μF kein Standardwert ist. Gehen Sie weiter zum Abschnitt über Filter.
- C. Sie haben sich vielleicht mit der Zehnerpotenz vertan. Außerdem haben Sie sich mit der 2 verrechnet. Das richtige Ergebnis ist 13 oder 12,5 μF . Lesen Sie jetzt G19.
- D. Sie haben eine Potenz vergessen. Das richtige Ergebnis ist 13 oder 12,5 μF . Passen Sie beim nächsten Mal auf. Fahren Sie mit G 19, dem Abschnitt über Filter, fort.

FEED – BACK G19

1. A. Nein, das ist nicht richtig. Vielleicht haben wir das unter "Kondensatoren" nicht deutlich genug erklärt. Wenn wir die Anzahl der Elektronen auf den Kondensatorplatten ändern, wird der Strom (Anzahl der Elektronen pro Sekunde) größer, wenn wir das schnell machen. Das bedeutet, daß hohe Frequenzen leicht überführt werden. Gehen Sie zur nächsten Aufgabe weiter.
B. Ganz richtig. Versuchen Sie jetzt die nächste Aufgabe.
2. A. Nein, in Aufgabe 1 haben wir gesehen, daß ein Kondensator die Höhen gut leitet. Das bedeutet, daß die Höhen ansteigen, da sie um den Widerstand herumgeleitet werden. Gehen Sie weiter mit Aufgabe 3.
B. Gut, der Kondensator schliesst ja die Höhen Kurz, da er diese gut leitet. Wir hören nur die Mitteltöne und Bässe in einem angeschlossenen Verstärker. Gehen Sie weiter mit Aufgabe 3.
3. A. Nein, nicht einmal die Zahl ist richtig. Versuchen Sie es noch einmal, und denken Sie daran, daß $\pi = 3,14$ ist.
B. Ganz richtig. Versuchen Sie, eine Platine mit dieser Schaltung herzustellen, sie werden hören, daß die Bässe wirklich stärker werden. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 4.
4. A. Nein, die Kondensatoren müssen 15 nF sein. Sie müssen falsch gerechnet haben. Versuchen Sie es noch einmal. Der Widerstand ist 10 kOhm und die Frequenz 530 Hz.
B. Ja, das ist ganz richtig. Gehen Sie über zu Aufgabe 5.
C. Nein, die Zahl ist richtig, aber das Komma ist falsch gesetzt. Versuchen Sie, es zu verbessern. Der Kondensator muß 15 nF sein. Gehen Sie weiter zur nächsten Aufgabe.

5. A. Nein, das ist falsch. Sie müssen den Kondensator ausrechnen, wenn dessen Impedanz bei 30 Hz gleich R_1 und R_2 ist, nämlich 10 k Ω . Wir erhalten 470 nF. R_3 ist 5 k Ω , und der Kondensator wird doppelt so groß: 1 μ F. Versuchen Sie, diese Sache durchzurechnen, und begeben Sie sich an den nächsten Textabschnitt.
- B. Ja, richtig, Sie haben das Ganze verstanden. Wenn Sie sich zuhause fühlen im Stoff, können Sie zur letzten Aufgabe des nächsten Abschnitts übergehen.

FEED — BACK G20

1. A. Das ist falsch. Wenn Sie sich eine Skizze machen, in die Sie die Druckwellen, die sich ja in alle Richtungen ausbreiten, einzeichnen, sehen Sie, daß bei den anderen beiden Schirmen viel mehr Fläche den Druckwellen ausgesetzt ist. Gehen Sie weiter mit Aufgabe 2.
- B. Das ist richtig. Die Druckwellen haben ja eine viel größere Angriffsfläche. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
2. A. Das ist falsch. Nicht die Größe sondern das Gewicht ist von Bedeutung, und ein Magnet wiegt normalerweise mehr als eine Spule. Gehen Sie zur Aufgabe 3 über.
- B. Richtig. Die leichte Spule gibt weiteren Ausschlag als ein Magnet. Gehen Sie weiter mit Aufgabe 3.
- C. Das Gewicht ist von Bedeutung, und die leichte Spule gibt mehr Ausschlag als ein Magnet. Gehen Sie zur Aufgabe 3 weiter.
- D. Theoretisch ist das möglich, in der Praxis jedoch ist die Konstruktion weniger empfindlich, da eine Spule normalerweise leichter ist als ein Magnet. Es ist jedoch bemerkenswert, daß Sie nicht an die traditionelle Denkweise gebunden sind. Fahren Sie fort mit den Aufgaben.

3. A. Richtig, wenn Sie an die niedrigen Frequenzen denken; falsch, wenn Sie an die höheren denken. Die Ausdehnung einer Membrane sollte nämlich so groß wie möglich sein im Verhältnis zur Wellenlänge. Das gibt eine interne Grenze für Frequenzen. Wenn Sie richtig gedacht und auch B als Lösung haben, haben Sie wirklich Kenntnis von der Wirkung des Schalls. Lösen Sie die nächste Aufgabe.
- B. Richtig, für die obere Grenzfrequenz. Fahren Sie fort mit der nächsten Aufgabe.
- C. Die Größe des Magneten hat gleich großen Einfluß auf alle Frequenzen. Es ist das Gewicht der Membrane und Spule, das bewirkt, daß das Mikrophon bei hohen Frequenzen nicht mitfolgen kann. Gehen Sie weiter mit der nächsten Aufgabe.
- D. Das ist falsch. Die Größe der Spule hat keine Bedeutung, sondern das Gewicht. Bei hohen Frequenzen kann eine schwere Spule nicht mit den Schwingungen mitfolgen. Fahren Sie fort mit Aufgabe 4.
4. A. Falsch! Es ist ein Gegensatz zwischen dem Bedarf für tiefe Frequenzen an einem großen Abstand zwischen Vor- und Rückseite und Bewegung einer großen Luftmasse, und dem Bedarf für hohe Frequenzen an einer kleinen Membrane, was die Anwendung eines einzelnen Lautsprechers über den ganzen Bereich verhindert. Ein einzelner Lautsprecher, der den ganzen Frequenzbereich decken könnte, wäre ideal. Probieren Sie jetzt Aufgabe 5.
- B. Nein, ein großer Lautsprecher ist notwendig bei tiefen Frequenzen, und solche hat man hier. Eine große Membrane kann jedoch nicht bei hohen Frequenzen mitfolgen, so daß wir eine kleine für diese haben müssen. Machen Sie weiter mit Aufgabe 5.

- D. So schlecht sind Fabrikanten auch nicht. Es ist ein technisches Problem, da wir eine große Membrane brauchen, um tiefe Töne wiedergeben zu können, jedoch eine kleine, leichte für hohe. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 5.
- E. Es ist richtig, daß nicht sehr viel Leistung für hohe Töne ausgesandt wird, das jedoch regelt sich von selbst. Es ist der Bedarf von Bässen und Höhen, der nicht von einem Lautsprecher gedeckt werden kann. Tiefe Töne benötigen eine große Membrane, hohe Töne sollten jedoch eine so leichte und kleine Membrane wie möglich haben, damit sie den Schwingungen folgen kann. Diese beiden Bedürfnisse können nicht von einem Lautsprecher befriedigt werden. Fahren Sie fort mit Aufgabe 5.
- 5A. Das ist teilweise richtig, da Kristall- und dynamische Tonabnehmer schwer linear zu machen sind. Sie verzerren dann. Das Problem ist einfacher bei dynamischen und fotoelektrischen Tonabnehmern zu lösen. Der wichtigste Unterschied ist jedoch, daß ein Kristall-Tonabnehmer eine stramme Verbindung mit der Nadel braucht. Den hohen Frequenzen (schnellen Schwingungen) kann die Nadel nicht folgen, wenn man nicht einen großen Nadeldruck verwendet, was jedoch zu starkem Plattenverschleiß führt. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 6.
- B. Man kann diesen nicht fabrikmäßig herstellen, sondern muß ihn von Hand trimmen. Die Qualität erreicht jedoch nie die eines dynamischen oder fotoelektrischen Tonabnehmers. Die Verbindung zwischen Nadel und Kristall muß sehr steif sein, und die feinen Nuancen auf Schallplatten (besonders die hohen Töne) gehen verloren. Gleichzeitig führt der starke Ausschlag in der Rille die Gefahr des Springens mit sich. Die beiden anderen Tonabnehmer brauchen zur Bewegung nur eine geringe Kraft. Gehen Sie über zu Aufgabe 6.

- C. Das ist richtig. Wenn die Nadel stramm im Tonabnehmer sitzt, wird eine große Kraft benötigt, diese zu bewegen. Hohe Frequenzen und großer Ausschlag verzerren. Das geschieht nicht bei dynamischen und fotoelektrischen Tonabnehmern. Machen Sie weiter mit Aufgabe 7.
6. A. Richtig. Der Bedarf führt mit, daß das Gehäuse sehr groß sein oder verschiedene Raffinessen eingebaut haben muß, ein Labyrinth zum Beispiel. Rechnen Sie jetzt Aufgabe 7.
- B. Es muß nicht mehr Platz sein, sondern mehr Länge. Der Abstand von der Rückseite des Lautsprechers bis zum Loch, wo der Rückseitenschall herauskommt, muß groß sein. Das kann man nur ausreichend erzielen, wenn man verschachtelte Wege im Gehäuse einbaut. Fahren Sie fort mit Aufgabe 7.
- C. Das war eine Wahl mit Intuition. Die Erklärung ist weit mehr nüchtern, da es die Wellenlänge der Bässe ist, die Probleme aufwirft. Wenn der Abstand von der Rückseite des Lautsprechers ins Freie nicht lang genug ist, schließt der Baß sich selbst kurz. Ein gutes Gehäuse kann da Abhilfe schaffen, indem man künstlich einen langen Weg von der Rückseite zur Vorderseite schafft. Eventuell baut man ein Labyrinth. Fahren Sie mit der nächsten Aufgabe fort.
7. A. Nein, wenn man größere Leistung haben will, braucht man mehrere einzelne Lautsprecher. Man verwendet drei verschiedene, da jeder Lautsprecher nur einen begrenzten Bereich wiedergeben kann. Die Bereiche überschneiden sich, so daß wir den ganzen Bereich decken. Gehen Sie über zu Aufgabe 8.
- B. Ganz richtig, versuchen Sie jetzt Aufgabe 8.
8. A. Ein Dome-Tweeter gibt ganz richtig Töne bis 25.000 Hz wieder, also hohe Töne. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 9.
- B. Nein, es sind Dome-Tweeter, die Frequenzen bis 25.000 Hz wiedergeben können.

9. A. Ganz richtig, das ist, weil die Höhen eine Spule nicht leicht passieren. Probieren Sie die letzte Aufgabe im nächsten Abschnitt, oder fahren Sie mit dem Text fort, wenn Sie sich unsicher fühlen.
- B. Ja, eine Spule leitet Bässe gut und Höhen schlecht. Versuchen Sie die letzte Aufgabe im nächsten Abschnitt zu lösen, oder fahren Sie im Text fort, wenn Sie sich nicht so sicher fühlen.

FEED – BACK G21

1. A. Nein, das ist nicht ganz richtig. Wir erhalten 50 m, wenn man 6 MHz durch die Radiowellengeschwindigkeit von 300 000 km/sec dividiert. Wenn wir einen Viertelwellenstab haben wollen, müssen wir durch 4 dividieren und erhalten 12,5. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
- B. Ja, ganz richtig. Luxemburg liegt allerdings auf einer ein wenig höheren Frequenz, ca. 6,2 MHz, so daß die Antenne ein wenig kürzer sein muß, ca. 12 m. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
2. A. Ganz richtig. Sie haben hoffentlich nicht geraten. Wenn ja, lesen Sie bitte Antwort B, bevor Sie zu Abschnitt G22 übergehen.
- B. Nein. Die 3 m kommen zustande, wenn man 100 MHz durch die Radiowellengeschwindigkeit von 300.000 km/sec. oder 3×10^8 m/sec. dividiert. Das ergibt 3 Meter. Da wir beide Dipole haben müssen, erhalten wir $2 \times 1/4 \times 3 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$. Gehen Sie zu Abschnitt G 22 über.

FEED – BACK G22

1. A. Nein, das ist ein wenig mißverstanden worden. Die Trägerfrequenz trägt das Signal zum Empfänger. Es ist die Modulation, die die fehlende Musik und Sprache enthalten soll. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.

- B. Ganz richtig. Die nichtmodulierte Trägerfrequenz unterdrückt das Rauschen. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
2. A. Ganz richtig. Es ist ja so, daß Motorstörung, Kühlschranks, Neonröhren usw., AM-Störungen hervorrufen, nicht FM-Störungen. Daher der störungsfreie Empfang. Machen Sie weiter mit G23.
- B. Nein, das stimmt nicht ganz mit dem Text. AM reicht am weitesten. Deshalb, weil FM auf einer hohen Frequenz liegt, wo die Wellen sich ausbreiten wie Licht — also geradlinig. Versuchen Sie jetzt G23.

FEED — BACK G23

1. A. Nein, der Sender selbst bringt HF hervor. Es ist die Radiostation, die das NF-Signal zu einer Sendung macht. Lesen Sie jetzt den Abschnitt über Empfänger.
- B. Ja, Sie haben die richtige Nase für Elektronikangelegenheiten. Gehen Sie schnell weiter zu Abschnitt G24.
- C. Teilweise ja, die Modulation wird beim Sender hervorgebracht, aber der Sender selbst stellt HF her. Gehen Sie zum Abschnitt über Empfänger, G24, über.

FEED — BACK G24

1. A. Ja, das ist AM, da aber auch die Frequenz variiert, ist es sowohl AM als auch FM. Gehen Sie zur nächsten Aufgabe über.
- B. Ja, das ist FM. Da jedoch auch die Amplitude variiert, ist es sowohl AM als auch FM. Gehen Sie zur nächsten Aufgabe über.
- C. Das war ganz richtig. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.

2. A. Nein, ein Super ist der teuerste Empfänger, aufgrund seiner Komponentenzahl.
- B. Ja, richtig!
- C. Ja, wir können die Selektivität in ZF-Verstärkern selbst wählen. Alle anderen Empfänger haben eine schlechte Selektivität, auf jeden Fall wenn man sie abstimmen kann.
- D. Ja, die Verstärkergrenze ist durch die Störung im Weltraum und die Eingangskomponenten bestimmt und von nichts anderem. Bei anderen Methoden setzt die Methode selbst Grenzen.
- E. Nein, man braucht viele Komponenten zu einem Super.
- F. Teilweise. Es ist nur ein Abstimmknopf da, aber dieser Vorteil ist gemeinsam mit vielen anderen Empfängern. Wenn Sie 1 – 3 richtige Antworten haben, sollten Sie sich den Abschnitt noch einmal ansehen. Bei 4 oder mehr richtigen Antworten können Sie ruhig fortfahren.
- 3A. Nein, vielleicht habe ich es nicht deutlich genug erklärt. Die Zwischenfrequenz ist fest, damit man nicht mehrere Kreise abstimmen braucht. Man kann ja nie die gleiche Frequenz mit 5 Drehkondensatoren treffen. Versuchen Sie jetzt die nächste Aufgabe.
- B. Ja, sonst könnte man eine Zwischenfrequenz nicht so genau bestimmen. Gehen Sie weiter mit Aufgabe 4.
4. A. Ganz richtig, die Mischstufe bestimmt zusammen mit dem Oszillatorsignal das gewünschte Signal, die Zwischenfrequenz.
- B. Nein. Die Zwischenfrequenz wird vom Oszillator im Mischer bestimmt. Gehen Sie zur Aufgabe 5.

5. A. Ja, richtig! Ein keramischer Filter ist die neueste und beste frequenzbestimmende Komponente für die Zwischenfrequenz. Versuchen Sie die letzte Aufgabe im nächsten Abschnitt.
- B. Nein, ein Widerstand bestimmt nicht eine Frequenz, sondern einen Strom. Lesen Sie den letzten Teil des Abschnitts "Empfänger" noch einmal, und versuchen Sie die Richtigkeit von Antwort A einzusehen.

FEED — BACK G25

1. A. Ein Ausgangsverstärker ist nicht genug. Wir müssen zwei haben. Die können natürlich in einem Gehäuse untergebracht sein, aber es müssen zwei sein. Fahren Sie fort mit Aufgabe 2.
- B. Das ist richtig. Wenn wir nur einen benutzen würden, wäre das ja Mono. Machen Sie weiter mit Aufgabe 2.
2. A. Das nach meiner Meinung wahrscheinlichste ist die Entwicklung eines 4-fach Potentiometers, das man mit einer Steuerstange bewegen kann, sowohl auf/ab als auch links/rechts. Machen Sie weiter mit Abschnitt G26.
- B. Sehen Sie Antwort A.

FEED — BACK G26.

1. A. Ganz richtig! Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2. Wenn Sie geraten haben, haben Sie gut geraten.
- B. Man kann mit einem Oszillografen gut Strom messen, er ist jedoch eigentlich zu berechnen, Wechsel-Spannungskurven zu zeigen. Versuchen Sie die nächste Aufgabe.
- C. Ein Bild wird normalerweise auf einem Fernsehempfänger gezeigt. Man kann auch einen Oszillografen dazu benutzen, er ist jedoch eigentlich dazu berechnet, Kurven als Funktion der Zeit zu zeigen. Versuchen Sie die nächste Aufgabe.

2. A. Falsch beantwortet. Das Gitter sperrt mit einer Steuerspannung für Elektronen. Es ist die "warme" Kathode, die eine Menge Elektronen abgeben kann. Gehen Sie weiter zur nächsten Aufgabe.
- B. Nein, Sie haben uns sicher nicht richtig verstanden. Die Anode wird an Plus angeschlossen, am Elektronen-Überschuß. Es ist die Kathode, die warm ist und Elektronen abgibt, wenn man eine Spannung anlegt. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 3.
- C. Ganz richtig. Es ist die Kathode, die Elektronen abgibt. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 3.
3. A. Das ist nur richtig, wenn der Sägezahngenerator keine Sägezahn -, sondern Sinusströme abgibt und diese in den Eingang mit der gleichen Frequenz sendet. Wenn die Flanke nicht lotrecht ist, sehen wir den Strich zurücklaufen. Gehen Sie zum nächsten Abschnitt über.
- B. Ganz richtig, das sieht man vor allen Dingen bei billigen Oszilloskopen, die keinen guten Sägezahngenerator haben. Versuchen Sie die letzte Aufgabe im nächsten Abschnitt, oder lesen Sie diesen, wenn Sie daran interessiert sind oder Ihre Stoffkenntnis begrenzt ist.

FEED - BACK G27

1. A. Nein! Sie haben uns vielleicht nicht ganz verstanden. Das Gitter steuert die Leuchtintensität. Ein Kathodenstrahlrohr in einem Oszillografen hat elektrisch wirkende Ablenkplatten. Diese fehlen im Fernsehen. Hier wird eine, auf den Bildröhrenhals aufgesetzte, elektromagnetische Spule benutzt. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
- B. Sie haben die Aufgabe richtig beantwortet. Gehen Sie zu Aufgabe 2 über.

- C. Eine Kathode gibt Elektronen ab, die zu einem bestimmten Punkt auf der Bildröhre wandern und Licht erzeugen. Kathoden sind sowohl für die Fernsehrohr als auch für die Kathodenstrahlröhre notwendig. Was im Fernsehen fehlt, sind die Ablenkplatten. Hier benutzt man eine elektromagnetische Spule, die um den Bildröhrenhals angebracht ist.
2. A. Sie wurden gefragt, welche Informationen beim Fernsehen nicht benötigt werden. Vielleicht haben Sie nicht daran gedacht. Die Liniensynchronisierung ist ja notwendig, damit das Fernsehgerät herausfinden kann, wie das Bild stehen muß. Machen Sie weiter mit Aufgabe 3.
- B. Ganz richtig. Der Ton ist nicht notwendig für das Bild. Sie können jetzt zur Aufgabe 3 übergehen.
- C. Es ist sehr wichtig, die Helligkeitsinformation mitzubekommen, sonst wäre unser Bild nur schwarz oder weiß. Es ist der Ton, den man nicht für die Bildsteuerung benötigt. Gehen Sie zu Aufgabe 3 über.
3. A. Nein, man trennt die 50 Hz im Empfänger heraus, um einen Startimpuls für jedes neue halbe Bild zu bekommen. Fahren Sie mit dem Text fort.
- B. Das ist ganz richtig. Die 50 Hz werden mit den 15.625 Hz herausgetrennt und geben die Linienzahl 625. 50 Hz ist der Startimpuls für jedes neue Halbbild. Gehen Sie weiter im Text.
- C. Ganz richtig. Die 50 Hz geben den Startimpuls für jedes neue Halbbild. Sie können ruhig weitermachen.

FEED — BACK G28

1. A. Das ist falsch. Das Band ist aus Kunststoff mit einem Eisenbelag (Eisenoxid oder Chromdioxid), der von den Tonköpfen magnetisiert werden kann. Es gibt jedoch ein kleines Stück Band, das aus Aluminium ist. Das ist die Abschaltfolie, die das Tonband am Bandende stoppt. Fahren Sie mit Aufgabe 2 fort.

- B. Das Band ist aus Kunststoff, und die Farbe ist braun. Braun ist jedoch nicht nur die Farbe sondern ein Belag aus Eisenoxid, den man magnetisieren kann. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.
- C. Richtig, der Eisenbelag ist eine Form von Eisenoxid, da reines Eisen rosten würde. Gehen Sie zur Aufgabe 2 über.
- D. Ein kleines Eisenband wäre ausgezeichnet rein magnetisch, wäre jedoch rostanfällig und viel zu steif. Ein Tonband besteht aus Kunststoff mit Eisenoxidbelag. Eisenoxid kann man auch magnetisieren, und da es eine Form von Rost ist, kann es nicht mehr weiterrosten. Sie haben das Wesentliche verstanden und können getrost weitergehen.
- E. Das ist falsch. Papier hat überhaupt keine Bedeutung für Tonbandgeräte. Lesen Sie Antwort B, bevor Sie weitergehen.
2. Eine richtige Antwort ist schlecht, auch zwei richtige, während drei richtige gut sind und vier fast perfekt. Nach Beantwortung gehen Sie weiter zu Aufgabe 3.
- A. Die Verzerrung wird vom Bandmaterial und der Tonkopffqualität bestimmt, nicht von der Bandbreite.
- B. Nein, die schmalere Spur kann ein unregelmäßiges Signal ergeben. Es gibt mehr Rauschen auf einem 4-Spur Band als auf einem 2-Spur-Band.
- C. Das Wow wird vom Motor und dessen mechanischer Verbindung zum Band erzeugt.
- D. Ja, wir erhalten doppelte Spielzeit, sowohl bei Mono als auch bei Stereo. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 3.
3. A. Richtig, ein Stereosignal benötigt 2 Spuren. Wir benutzen also die ganze Bandbreite. Fahren Sie fort mit G29, Montage.

- B. Nein, die Hälfte eines 2-Spur-Bandes ist nur eine Spur. Wir brauchen 2 Spuren für Stereo und brauchen deshalb die ganze Bandbreite zur Aufnahme. Fahren Sie mit dem Abschnitt G29 fort.
- C. $\frac{1}{3}$ des Bandes kann man mit einem gewöhnlichen Tonbandgerät nicht abtasten. Lesen Sie Antwort A, bevor Sie mit G29 fortfahren.
- D. Sie haben vielleicht an ein $\frac{1}{4}$ -Spur Tonbandgerät gedacht und vergessen, daß man 2 Spuren zu Stereo benötigt. Wenn jede Spur die halbe Bandbreite ausfüllt, können nur zwei Spuren vorhanden sein, und ein Stereosignal füllt die ganze Bandbreite.

FEED BACK T1

1. A. Nein, denken Sie wieder an Kuchen. Man kann ihn in 4 gleiche Teile zu $\frac{1}{4}$ teilen. Zwei davon geben $\frac{2}{4}$, was $\frac{1}{2}$ Kuchen ist. Gehen Sie zur nächsten Aufgabe über.
- B. Nein, das ist genau so falsch, wie wenn man sagt, ein Apfel plus ein anderer Apfel ergibt einen Apfel. $\frac{1}{4} + \frac{1}{4}$ ergibt $\frac{2}{4}$, das ist $\frac{1}{2}$. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
- C. Ja, das ist klar, nicht wahr? Gehen Sie weiter zu Aufgabe 2.
2. A. Nein, $\frac{1}{4}$ kann man in 2 Stücke je $\frac{1}{8}$ teilen. Zu dem anderen Teil $\frac{1}{8}$ gelegt, erhalten wir $\frac{3}{8}$. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 3.
- B. Ja, das ist richtig. Gehen Sie jetzt zu Aufgabe 3 über.
- C. Nein, $\frac{4}{4}$ entsprechen einem Ganzen, aber $\frac{1}{8} + \frac{1}{4} = \frac{3}{8}$, da man $\frac{1}{4}$ in $\frac{2}{8}$ aufteilen kann. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 3.
3. A. Es muß sowohl über als auch unter dem Strich multipliziert werden. Nur weil 4 an beiden Stellen steht, müssen Sie nicht glauben, daß auch 4 das Ergebnis ist. Es wird 16 und $\frac{16}{16}$ ist gleich 1. Gehen Sie weiter mit Aufgabe 4.

- B. Das ist richtig, aber nicht so schön. Das wird es, wenn wir 16/16 zu 1 machen. Fahren Sie mit Aufgabe 4 fort.
- C. Vollständig richtig. Sie können ruhig zu Aufgabe 5 springen.

4. A. Ja, das ist richtig. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 5.

- B. Nicht richtig. Ich will versuchen, alles verständlich durchzugehen. $A/6$ ist gut genug. $A/2$ muß man in Sechstel umwandeln. $1/2$ sind $3/6$, also ist $A/2$ gleich $3A/6$. Mit A kann man nicht rechnen, auch dies muß in Sechstel geteilt werden. Wenn man einen Kuchen in 6 Teile teilt, erhält man 6 Stücke. A ist also gleich $\frac{6A}{6}$. Wir können jetzt zusammenlegen:

$$\frac{6A}{6} + \frac{3A}{6} + \frac{1A}{6} = \frac{10A}{6}$$

Das kann man kürzen auf $\frac{5A}{3}$. Oder $1 \frac{2}{3} A$. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 5.

5. A. Ja, ganz richtig. Versuchen Sie jetzt die letzte Aufgabe in diesem Abschnitt.

- B. Nein, nicht ganz. Das richtige Ergebnis ist $\frac{2}{A}$. Gehen sie weiter zu Aufgabe 6.

6. A. Durch Einsetzen bekommen wir:

$$C = \frac{1}{6,28 \times 10^2 \times 10^6}$$

$$\text{ausgerechnet in F : } C = \frac{10^9}{6,28 \times 10^8} = 15 \text{ nF}$$

Das erste Ergebnis ist in Farad. Wir verkleinern es auf nF, 10^9 mal kleiner, indem wir mit 10^9 multiplizieren. $1/6$ Kuchen in Sechzigstel angegeben ist $\frac{10}{60}$, 10 Sechzigstel.

FEED-BACK T1 & T2

- B. Ja, herzlichen Glückwunsch! Sie können bestimmt ausgezeichnet rechnen.
- C. Nein, Sie haben vergessen, 10 durch 6,28 zu dividieren, was 1,5 ergibt. Lesen Sie Antwort A.

Wir hoffen, daß Ihnen dieser Rechentest geholfen hat.

FEED-BACK T2

- 1. A. Sie haben die Zahlen 1 und 0 gefunden, die rote Farbe für 100 bedeutet aber, daß 10 mit 100 malgenommen werden muß, und nicht, daß 1,0 zwei Nullen mehr haben muß. Das Ergebnis wird also 1 kOhm, 5 %; daß Gold für 5% steht, haben Sie sicher schnell gefunden. Das war gut gemacht. Versuchen Sie Aufgabe 2.
 - B. 1000 Ohm ist richtig. 1 und 0 und zwei Nullen ergibt 1000 Ohm = 1 kOhm. Sie haben jedoch eine falsche Toleranz erhalten. Gold markiert 5%, nicht 10%. Sonst haben Sie es gut gemacht. Gehen Sie zu Aufgabe 2 über.
 - C. Das ist das richtige Ergebnis. Sie haben sich von der Angabe in kOhm nicht stören lassen. Sie haben für den Goldring richtig 5% gefunden. Wenn Sie sich im Stoff zu Hause fühlen, können Sie zu Aufgabe 3 übergehen.
 - D. Es ist eine Null zuviel da. Braun gibt 1, schwarz 0; zusammen 10. Rot als dritter Ring ergibt einen Faktor 100, also zwei Nullen mehr. Insgesamt also 1000 Ohm = 1 kOhm. Der Goldring gibt 5% an. Silber steht für 10%. Versuchen Sie, ob Aufgabe 2 jetzt einfacher geht.
 - E. Braun und schwarz geben 10, aber der rote Ring gibt nur einen Faktor 100, so daß der Widerstand 1000 Ohm = 1 kOhm wird. 5% haben Sie richtig gefunden. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 2.
- 2. A. Die Ziffern 3 und 9 sind richtig. Orange als dritter Ring ergibt jedoch 3 Nullen danach, also 39000 Ohm = 39 kOhm. Fahren Sie mit Aufgabe 3 fort.

- B. Der weiße Ring hat Ihnen Schwierigkeiten gemacht; weiß ist 9. Sie haben aber die richtige Anzahl an Nullen gefunden. Sie müssen bei Aufgabe 3 sehr aufpassen; denken Sie daran, daß im Schema für Farbmierungen keine Druckfehler sind.
- C. Das ist nicht so gut. Sie haben weiß verkannt, welches 9 bedeutet, nicht 1. Wenn Sie eben in die Liste für Standardwerte gesehen hätten, hätten Sie bemerkt, daß das falsch ist. Außerdem ist die Anzahl Nullen falsch. Orange als dritter Ring gibt 3 Nullen an und orange-weiß am Anfang 39. Zusammen $39000 \text{ Ohm} = 39 \text{ kOhm}$. Sie sollten vielleicht erst Aufgabe 4 und 5 lösen, bevor Sie zu Aufgabe 3 übergehen.
- D. Sie haben die richtige Anzahl an Nullen, Sie haben das Weiße jedoch nicht erkannt; weiß ist nicht 1, sondern 9. Sie sollten den Farbcode nicht einfach auswendig lernen. Sie sollten ihn einfach jedesmal aufschlagen, und Sie werden ihn schnell lernen. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 1.
- E. Das ist richtig. Orange ergibt 3, weiß 9 und orange an dritter Stelle drei Nullen. $39000 \text{ Ohm} = 39 \text{ kOhm}$. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 3.
- F. Die Ziffern sind richtig, aber es müssen 3 Nullen sein, nicht 2. $39000 \text{ Ohm} = 39 \text{ kOhm}$. Trösten Sie sich, so etwas macht jeder mal falsch.
3. A. Sie haben den Goldring als eine Faktorangabe angesehen, welche nur vor die Zahl gesetzt ist. Die Aufgabe ist aber korrekt in ihren Angaben. Sie haben den Widerstand falsch herum gehalten und von hinten angefangen. Es kann nämlich schwer sein, herauszufinden, welches der erste und welches der letzte Ring ist. Gold kann allerdings nie der erste Ring sein, sondern ist fast immer der letzte. Wir bekommen also 47 und vier Nullen 470000 Ohm , 5% (= 470 kOhm 5%). Das war ein wenig Detektivarbeit. Gehen Sie jetzt zu Aufgabe 4, zurück zum Normalen.

- B. Sie sind sehr systematisch vorgegangen. Zuerst $0,1 \text{ mal } 47 \text{ Ohm} = 4,7 \text{ Ohm}$. Dann vier Nullen, insgesamt $470000 \text{ Ohm} = 47 \text{ kOhm}$. Als letztes "nichts" = 20%. Der Aufgabensteller hat den Widerstand jedoch falsch herum gedreht, entweder aus Dummheit oder weil er keinen großen Farbunterschied gesehen hat. Der Goldring hätte Sie schnell aufwachen lassen sollen. Der kann nämlich niemals am Anfang stehen, und die einzige Möglichkeit ist, daß der Widerstand falsch herum ist. Wir erhalten somit 47 und vier Nullen = $470000 \text{ Ohm} = 470 \text{ kOhm}$. Gold ergibt 5%. Gehen Sie zu Aufgabe 4 über, die ist wieder normal.
- C. Das haben Sie gut gefunden, wenn Sie nicht geraten haben. Sie haben sich vom Fehler des Aufgabenstellers, den Widerstand falsch herum zu halten, nicht stören lassen und haben die Aufgabe gelöst. Sie können getrost zu Aufgabe 5 übergehen.
- D. Sie haben sicher geraten. Sie haben über den Goldring als eine Unbekannte hinweggesehen und dann die Anzahl der Nullen geraten. Die Lösung ist, daß der Widerstand falsch herumgedreht ist. Es ist schwer zu sehen, an welcher Seite man anfangen muß, aber wir können uns merken, daß ein Goldring niemals am Anfang steht. Das Ergebnis wird also 470000 Ohm und 5%, also $470 \text{ kOhm}/5\%$. Fahren Sie mit Aufgabe 4 fort.
4. A. Grün ergibt 5, blau 6 und braun eine einzige Null. Alles in allem 560 mit der Einheit pF. Weiß gibt 10%, und den letzten Ring brauchen wir nicht zu beachten. Sie haben die richtige Lösung gefunden und können weitergehen zu Aufgabe 5.
- B. Sie haben grün und blau vertauscht. Es muß nicht 650 pF, sondern 560 pF sein. Die Nullen haben Sie richtig gefunden. Versuchen Sie jetzt Aufgabe 5.
- C. Die Zahl 560 ist richtig, aber es müssen pF sein, nicht nF. Das Ergebnis ist immer in pF. Gehen Sie über zu Aufgabe 5.

- D. Sie haben die Zahl 560 richtig gefunden, haben jedoch eine falsche Einheit benutzt. Sie müssen immer die Einheit pF benutzen. Später können Sie dann in uF oder nF umwandeln. Fahren Sie mit Aufgabe 5 fort.
- E. Die Einheit F wird nicht benutzt. Das wäre ein kolossal großer Kondensator, den Sie da gefunden haben. Die größten Kondensatoren, Elektrolytkondensatoren, haben gewöhnlich Werte bis 25000 uF = 0,025 F. Sie müssen beim Lesen des Farbcodes die Einheit pF benutzen. Das Ergebnis ist 560 pF. Gehen Sie weiter zu Aufgabe 5.
- F. Sie haben die Zahlen vertauscht. Es muß 56 sein mit nur einer einzigen Null, nicht zweien. Das Ergebnis ist 560 pF. Gehen Sie zu Aufgabe 5 über.
5. A. Sie haben direkt abgelesen: orange = 3, rot = 2, schwarz = x 1. Das ergibt 32 pF. Die Toleranz hätten wir für Sie gefunden, haben Sie gedacht. Wir müssen bemerken, daß 32 pF kein Standardwert ist. Es ist also etwas falsch. Sie müssen aus dem Orangering zwei machen und erhalten also 33. Es müssen jedoch fünf Ringe sein. Man könnte aus dem Orangering drei machen und erhielte 33 nF. Rot gibt 2% und schwarz die Temperaturabhängigkeit. Das ist nach dem Aufgabentest möglich, ist jedoch nicht als Antwortmöglichkeit angegeben. Eine andere Möglichkeit ist, den roten Ring aufzuspalten, was 3,3 nF/2% ergibt. Diese Möglichkeit findet man auch nicht. Man kann jedoch den schwarzen Ring in 20% und die Temperaturabhängigkeit aufspalten. Der Kondensator hat dann 3,3 nF/20%. Welche Möglichkeit richtig ist, muß man am einzelnen Kondensator sehen. Man kann immer sehen, welche Ringe breit und welche schmal sind. In diesem Falle war der orange Ring breit, der rote schmal und der schwarze breit. Damit ist das Ergebnis gegeben. Fahren Sie mit dem Text fort.

- B. Sie haben herausgefunden, daß man den orangen Ring in zwei Teile teilen muß, zu 3,3 nF. Wir müssen schließlich den schwarzen in zwei Teile aufteilen, damit wir 20% Toleranz bekommen. Wenn Sie die anderen Möglichkeiten kennenlernen wollen, lesen Sie bitte Antwort A. Fahren Sie sonst mit dem Text fort.
- C. Orange ergibt 3, rot gibt 2, und schwarz haben Sie aufgeteilt in x 1 und 20%. Das sind nur vier Ringe, und 32 ist kein Standardwert. Wenn man orange in zwei teilt, erhalten wir den Standardwert 33 und rot gibt zwei Nullen, 3300 pF. Schwarz muß richtig geteilt werden in 20% und Ring Nummer 5. Einen vollständigen Durchgang der Möglichkeiten finden Sie unter Antwort A. Gehen Sie weiter im Text.
- D. Das ist die einzige gegebene Möglichkeit, die stimmt. Orange und schwarz sind beide in 2 Ringe aufgeteilt, so daß da eigentlich gestanden haben müßte: orange, orange, rot, schwarz, schwarz. Beim Ablesen des Kondensators sieht man aber nur orange, rot, schwarz. 3,3 nF/20% ist nicht die einzige Möglichkeit, wenn man die Farben auf diese Art und Weise beschrieben bekommt. Sehen Sie sich die anderen Möglichkeiten unter Antwort A an, und gehen Sie dann weiter im Text.

PRAKTISCHE SCHALTUNGEN

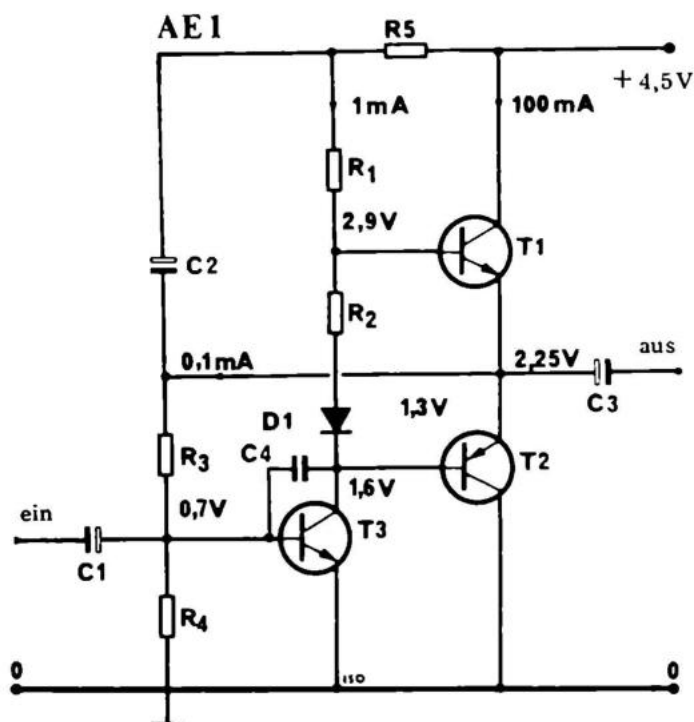
In diesem Teil des Buches wollen wir versuchen, Sie mit der mehr praxisbezogenen Elektronik bekannt zu machen. Im Kauf dieses Buches war eine AE-Platine mit eingeschlossen. Sie haben somit die Möglichkeit, die ersten 10 Schaltungen in diesem Buch auf dieser Platine aufzubauen. Wenn Sie die notwendigen Einzelteile nicht selbst bereit haben, können Sie den kompletten Bausatz zu jeder Schaltung in ihrem Josty Kit Fachgeschäft kaufen.

Es ist leider nicht möglich, irgendeine Garantie für die Funktionstüchtigkeit dieser Schaltungen zu geben. Der Preis dieses Buches kann solch einen Service leider nicht einschließen. Alle Schaltungen sind mittlerweile so gründlich ausprobiert worden, daß sie ruhig anfangen können.

Die AE-Platine kann längs der punktierten Linien auseinandergetrennt werden, sodaß die einzelnen Schaltungen getrennt benutzt werden können. Alle Schaltungen beziehen sich auf die Theorie des Grundbuches.

10 ANGEWANDTE SCHALTUNGEN

Benutzen Sie für die AE-Schaltungen eine 4,5 Volt Batterie oder die stabilisierte Stromversorgung NT 315.



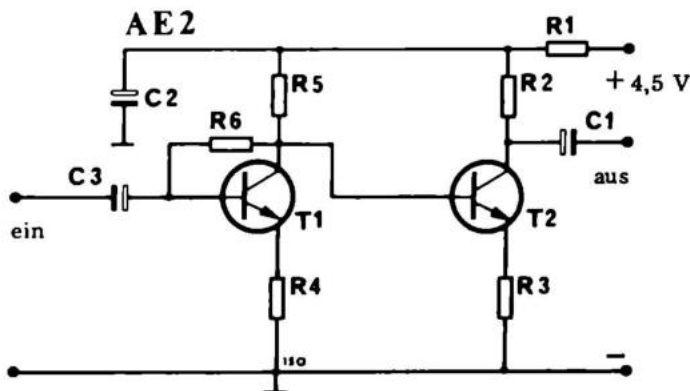
AE 1, das bedeutet Angewandte Elektronik, Konstruktion 1. Mit dieser Serie von kleinen, leichten und wirksamen Schaltungen wollen wir Ihnen eine Anfangshilfe für das Einüben von praktischem Können geben.

AE 1 ist ein kleiner Ausgangsverstärker mit 100 mW Ausgangsleistung. Das ist keine besonders große Leistung, aber für Prüfzwecke, kleine Gegensprechanlagen oder Radios ist das ausreichend. Die Verstärkung ist nicht überwältigend, nur ca. 2-fach. Man muß deshalb einen Vorverstärker vorschalten. Dieser hat die Bezeichnung AE 2. Der kleine Ausgangsverstärker indessen ist ein guter Impedanzwandler, da man Lautsprecher bis herunter zu 3,2 Ohm anschließen kann. Die Eingangsimpedanz liegt bei etwa 1 kOhm. Der Lautsprecher wird zwischen Masse und AUS, am Kondensator C3, angeschlossen. Die Spannung beträgt 4,5 V. Das Eingangssignal legt man an C1 (EIN) und Masse.

Die Berechnungsgrundlage für diese Konstruktion finden Sie in den Abschnitten G 17 und G 18.

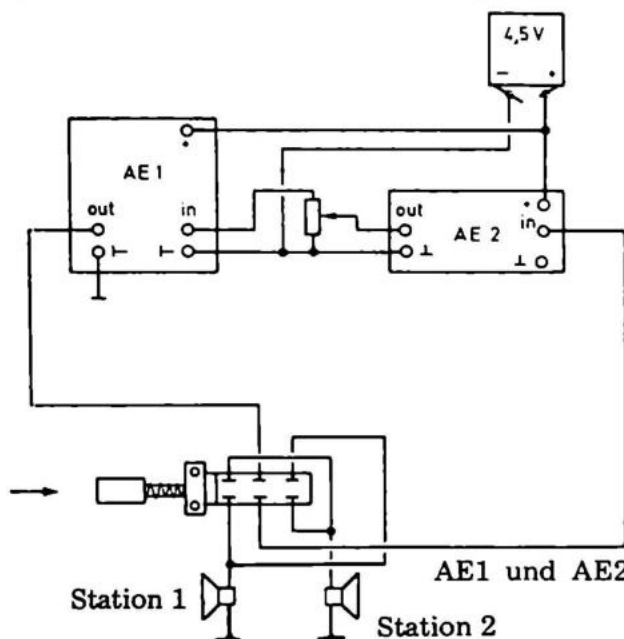
Folgende Einzelteile können benutzt werden:

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 560 \text{ }\Omega$, $R_3 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 6,8 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 6,4 \text{ }\mu\text{F}/25 \text{ V}$, $C_2 = 50 \text{ }\mu\text{F}/6,4 \text{ V}$, $C_3 = 320 \text{ }\mu\text{F}/6,4 \text{ V}$, T 1 und T3 = BC 170 oder BC 107/108/109, T2 ist ein Transistor der Type MEO 412. D1 ist eine Siliziumdiode, z.B. BA 100, $R_5 = 560 \text{ }\Omega$. $C_4 = 100 \text{ pF}$

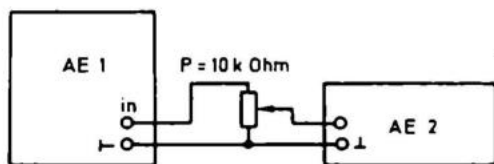


AE2 ist ein Vorverstärker mit einer ungefähr 50-fachen Verstärkung. Man kann ihn an die Endstufe AE1 anschließen, wodurch eine so große Verstärkung erreicht wird, daß wir die Schaltung als Gegensprechanlage benutzen können.

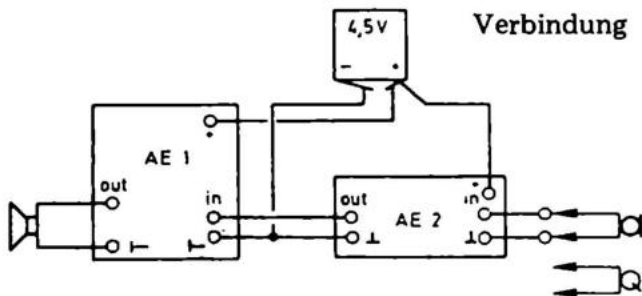
Wenn wir eine Gegensprechanlage bauen wollen, verbinden wir AUS von AE2 mit EIN von AE1. Die Versorgungsspannung verbinden wir parallel. Wir schließen jetzt einen zusätzlichen Lautsprecher am Eingang an und haben somit eine Sprechverbindung hergestellt. Mit einem beliebigen Umschalter kann dann an der Hauptstation zwischen Sprech- und Empfangsstellung umgeschaltet werden. Anschlußspannung ist 4,5 Volt.



AE1 und AE2 als Gegensprechanlage, gekoppelt mit Hilfe eines Umschalters.



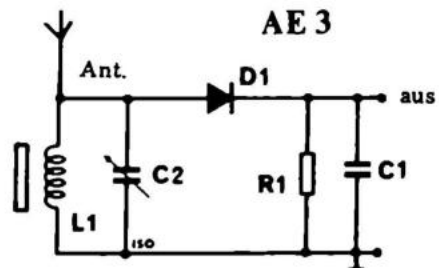
Ausschluss eines Lautstärkereglers



Verbindung von AE 1 und AE 2, zum Anschluß eines Mikrophones oder Tonabnehmers

Die Berechnungsgrundlage für diese Schaltung finden Sie in G17. Folgende Einzelteile werden für AE 2 benutzt:

R1 = 47 Ohm, R2 = 270 Ohm, R3 = 47 Ohm, R4 = 270 Ohm, R5 = 2,7 kOhm, R6 = 12 kOhm, C1 und C3 = 6,4 uF/25 V, C2 = 320 uF/6,4 V, T1 und T2 = BC 170.

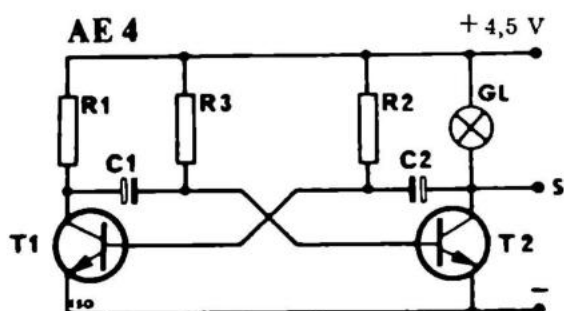


AE 3 ist ein Diodenempfänger. Er ist, wenn man die geringe Stückzahl der Einzelteile in Betracht zieht, sehr leistungsfähig, aber er kann selten mehr als eine Station empfangen. Wenn wir ihn an den Eingang von AE 2 und AE 1 anschließen, erhalten wir ein außergewöhnliches, kleines Radio. Selbst ohne Antenne kann es mit angemessener Stärke empfangen, wenn der Sender nicht zu weit entfernt ist.

Benutzen Sie folgende Einzelteile:

R1 = 22 kOhm, C1 = 2,2 nF, C2 = 500 pF Drehkondensator, D1 = AA 119, die Spule L1 ist ein Stück Ferritstab mit 30 Windungen Hochfrequenzlitze.
Litzendrahtes.

AE 3 wird mit AUS am Eingang von AE 2 und Masse an Masse angeschlossen. Evtl. kann bei ANT. eine Antenne angeschlossen werden.

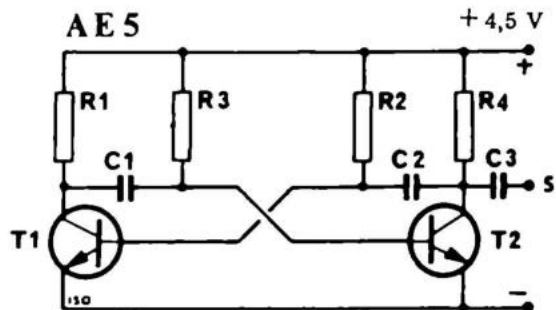


AE 4 ist ein Blinker, der für die elektrische Eisenbahn, für eine Effektbeleuchtung o.ä. gebraucht werden kann. Er muß an eine Spannung von 4,5 – 6 Volt angeschlossen werden. AE 4 ist mit einem Ausgang S versehen. Dieser Ausgang wird näher in der Beschreibung von AE 5 erklärt.

Die Funktion des Blinkers wird im Abschnitt G 30 besprochen, wo Sie auch die Berechnungsgrundlage finden.

Komponenten:

$R1 = 100 \text{ Ohm}$, $R2 = 2,7 \text{ kOhm}$, $C1$ und $C2 = 80 \text{ uF}/2,5 \text{ Volt}$, GL ist eine Taschenlampenbirne von 6 Volt/50 mA, $T1$ und $T2 = BC 170$.



AE 5 ist eine, ein wenig geänderte Ausgabe von AE 4. Hier gebrauchen wir viel kleinere Kondensatoren und keine Lampe. Diese Schaltung kann als Prüfgenerator benutzt werden. Er gibt einen kräftigen Ton ab, welcher in die Endstufe AE 1 oder direkt in einen Lautsprecher gegeben wird. Hier können wir uns einen kleinen Spaß erlauben. Wenn wir AE 5 mit Plus an S von AE 4 anschließen, wird AE 4 im Takt der Lampe AE 5 zünden, welcher also stoßweise aufheult. Probieren Sie es nur aus.

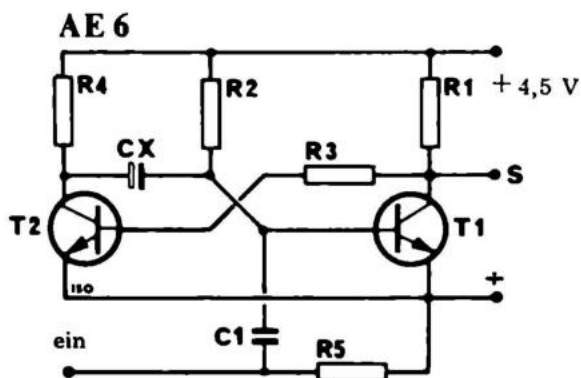
Die notwendige Berechnungsgrundlage finden Sie im Abschnitt G 30 unter "Der astabile Multivibrator".

Die Versorgungsspannung ist 4,5 Volt.

Notwendige Einzelteile:

$R1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R2 = 33 \text{ k}\Omega$, $R3 = 33 \text{ k}\Omega$, $R4 = 1 \text{ k}\Omega$, $C1 - C3 = 47 \text{ nF}$, T1 und T2 sind BC 170.

AE6 MONOSTABILER MULTIVIBRATOR

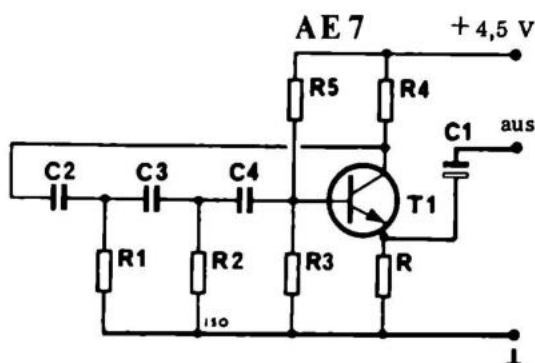


AE 6 ist ein monostabiler Multivibrator. Gibt man einen Impuls hinein, schlägt er um, und nach einer gewissen Zeit wieder zurück.

Einzelteile:

$R1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R2 = 27 \text{ k}\Omega$, $R3 = 27 \text{ k}\Omega$, $R4 = 1 \text{ k}\Omega$, $R5 = 100 \text{ k}\Omega$, $T1 + T2 = \text{BC } 170$, $C1 = 68 \text{ nF}$, $C_x = 50 \text{ }\mu\text{F}/6,4 \text{ V}$.

An S können wir Plus vom astabilen Multivibrator, AE 5 anschließen. Wenn Sie dann zwischen EIN und Plus kurzschließen, gibt AE 5 einen Heulton ab, dessen Länge von C_x bestimmt wird, $C_x = 400 \text{ nF}$ ergibt einen ca. 5 sek. langen Heulton; die Dauer ist proportional zu C_x . Diese Kombination können Sie als Türglocke gebrauchen, wenn Sie an AE 5 direkt AE 1 anschließen. Der Klingelknopf wird dazu benutzt, 1 und 2 (EIN und Plus) kurzzuschließen. Es wird ein Ton erzeugt, der unabhängig davon ist, wie lange man auf den Knopf drückt. Versorgungsspannung: 4,5 Volt

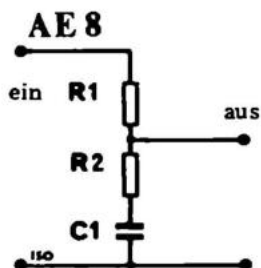


AE 7 ist ein Sinusgenerator, der eine beinahe sinusförmige Frequenz abgibt. Er kann in Verbindung mit AE 1 betrieben werden. Der Sinusgenerator kann als Generator für Leistungsmessung, als Prüfgerät o.ä. benutzt werden. Versorgungsspannung ist 4,5 Volt.

Das Theoretische finden Sie in G 19, unter Filter.

Einzelteile:

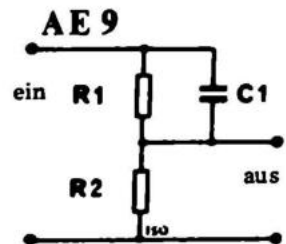
C1 – C4 = 10 nF, R1 = 15 kOhm, R2 = 15 kOhm, R3 = 33 kOhm, R4 = 10 kOhm, R6 = 18 Ohm, T1 = BC 170.



AE 8 ist ein Filter, der vor Ihr Tonbandgerät, Ihren Verstärker usw. vorgeschaltet werden kann. Dadurch wird dann eine Baßanhebung von 15 – 20 dB erzielt. Die Theorie für den Filter finden Sie in G 19, unter Filter.

Folgende Komponenten sind benutzt worden:

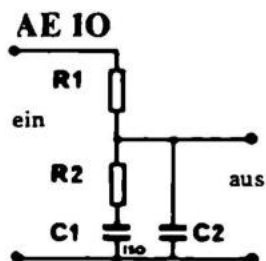
$R1 = 18 \text{ k}\Omega$, $R2 = 1,8 \text{ k}\Omega$, $C1 = 220 \text{ nF}$.



AE 9 ist ein Filter zur Höhenanhebung. Die Theorie wird im Abschnitt über Filter, G19, besprochen.

Notwendige Komponenten:

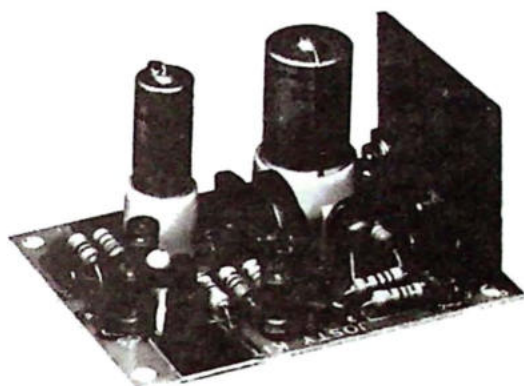
$R1 = 18 \text{ k}\Omega$, $R2 = 1,8 \text{ k}\Omega$, $C1 = 4,7 \text{ nF}$.



AE 10 ist ein Filter, der besonders für Kristalltonabnehmersysteme geeignet ist. Er hebt die Bässe und senkt die Höhen, damit die Schallplatte sich beim Abspielen "linear" anhört. Dieser Filter ist eigentlich für den fertigen Verstärkerbausatz AF 20 der Firma Josty Kit berechnet. Eine theoretische Abhandlung finden Sie im Abschnitt über Filter. G 19. Das CCIR-Filter ist für eine Baßanhebung bei 500 Hz und eine Höhenabsenkung bei 2150 Hz ausgelegt.

Notwendige Einzelteile:

R1 = 18 kOhm, R2 = 1,8 kOhm, C1 = 220 nF, C2 = 47 nF.



AF 20 ist ein Musterbeispiel für einen leicht zu bauenden, billigen und verhältnismäßig leistungsfähigen, kleinen Verstärker für Anfänger. Für den fortgeschrittenen Elektronikfreund eignet sich AF 20 als Kopfhörerverstärker. Der Verstärker besteht aus 2 Stufen. Aus einem Vorverstärker mit dem Transistor T1 und einer Endstufe mit den Transistoren T2, T3 und T4. Über die Berechnung solcher einer Stufe lesen Sie bitte im Grundbuch nach, es ist nicht sehr schwer. Die Endstufe ist rückgekoppelt durch R6, mit dem man auch die Mittelspannung einstellt. C3 ist angebracht, damit der Verstärker nicht ins Schwingen gerät. Normalerweise kann das gewünschte Signal am Eingang 1 und Masse an 2 angeschlossen werden. Die Anordnung sollte auf eine kleine Aluminiumplatte aufgebaut werden, welche durch die Befestigungsschrauben mit Masse verbunden wird.

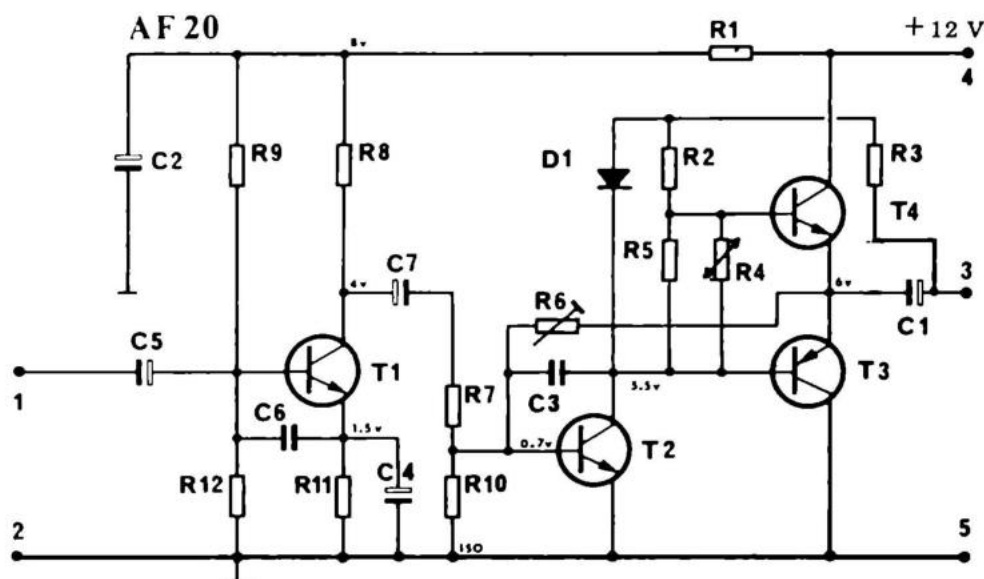
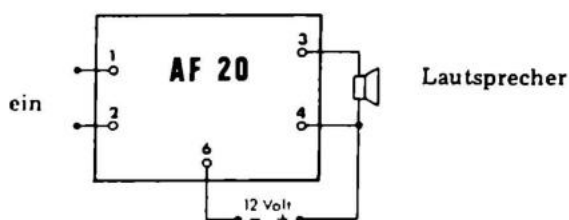
AF 20 kann als Verstärker für Radio, Kristalldetektor oder Plattenspieler mit eingebautem Vorverstärker und Entzerrung verwandt werden.

Wenn man ein Kristalltonabnehmersystem benutzt, muß man ein Entzerrungsfilter einbauen, wie auf der Zeichnung gezeigt wird.

Ein Entzerrungsfilter hebt die Bässe und senkt die Höhen nach international festgelegten Normen. Es kann dadurch mehr Musik in einer Plattenrille gespeichert werden. Die Bässe füllen nämlich mehr aus als die Höhen, weshalb man sie absenkt und bei der Wiedergabe, um einen natürlichen Klang zu erhalten, wieder anhebt. Gleichzeitig wird dadurch einiges von dem Rauschen im Diskantbereich entfernt, welches entsteht, wenn die Tonabnehmernadel in der Plattenrille gleitet.

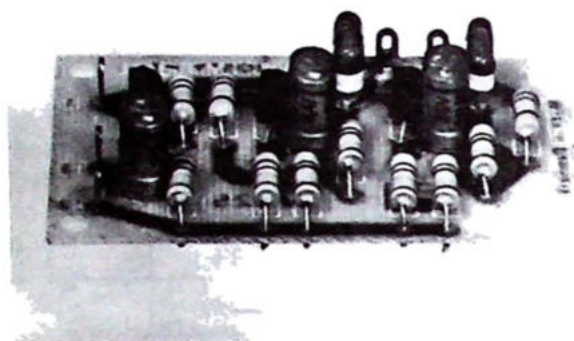
Technische Daten:

Spannung	+ 12 Volt
Strom max.	250 mA
Lautsprecher	3,2 Ohm
Empfindlichkeit	ca. 4 mV
Eingangsimpedanz	5 kOhm
Ausgangsleistung max.	3 W



Stückliste

R1	2,7 kOhm	C1	100 uF/10 V
R2	150 Ohm	C2	100 uF/40 V
R3	470 Ohm	C3	100 pF
R4	130 Ohm	C4	25 uF/6,4 V
R5	220 Ohm	C5	6,4 uF/25 V
R6 Regelwiderstand	200 kOhm	C6	4,7 nF
R7	8,2 kOhm	C7	6,4 uF/25 V
R8	4,7 kOhm	D1	BA 100
R9	47 kOhm	T1	BC 170
R10	8,2 kOhm	T2	BC 170
R11	1,8 kOhm	T3	AC 188
R12	15 kOhm	T4	AC 187



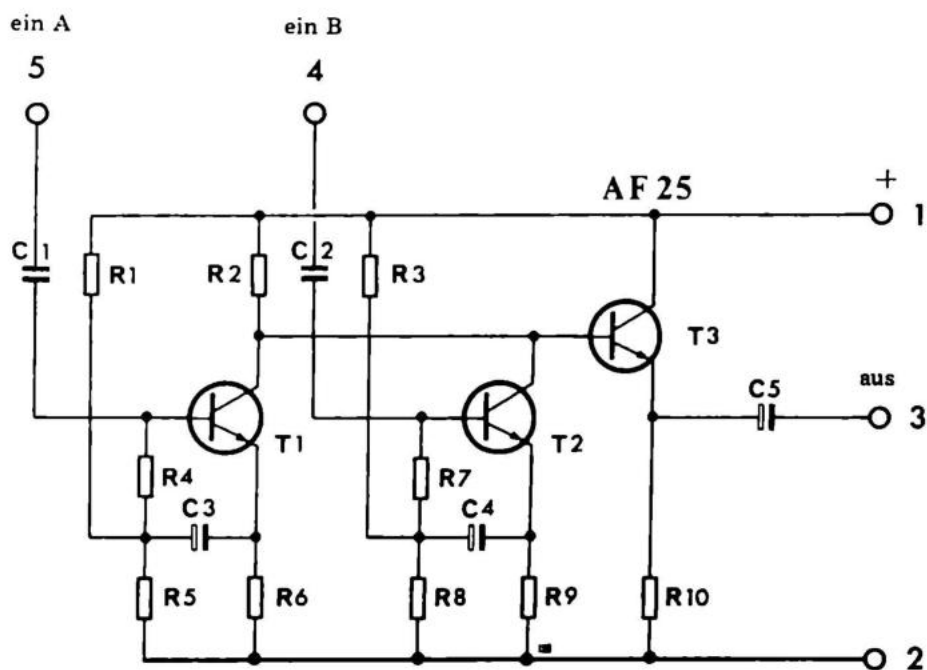
AF 25 ist eine Mischstufe, mit zwei getrennten Eingängen, die über je einen Transistor auf die gemeinsame Endstufe arbeiten. Durch diese Schaltung wird eine gute Entkopplung der beiden Eingangskanäle erreicht.

Schaltplan: AF 25 beinhaltet 2 separate Eingangsstufen, die stark gegengekoppelt werden vom Emitter zur Basis durch die Widerstände R7 und R4 sowie die Kondensatoren C3 und C4. Gleichzeitig wird mit einem hohen Emitterwiderstand eine hohe Eingangsimpedanz erzielt (mit R6 bzw. R9). Die Eingangsimpedanz ist, wie bekannt, gleich dem Produkt aus Emitterwiderstand und Stromverstärkung im Transistor, was in diesem Falle eine Eingangsimpedanz von über 1 Mohm ausmacht. Um eine passend niedrige Ausgangsimpedanz zu erhalten, haben wir T3 als Emitterfolger nachgeschaltet. Die Ausgangsimpedanz ist hier etwa gleich dem Emitterwiderstand des Transistors, dividiert durch die Stromverstärkung, ca. 150 Ohm.

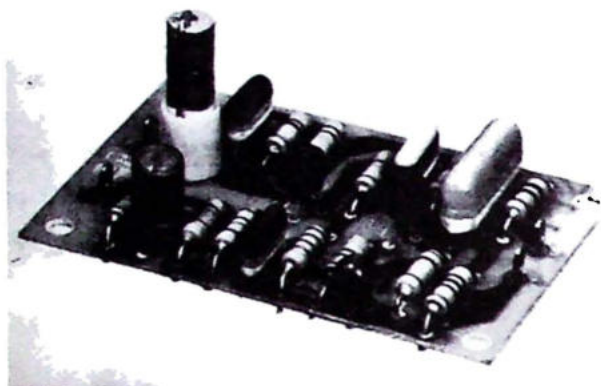
Beide Vorstufen sind mit dem Emitterfolger gleichstrommäßig gekoppelt, wodurch große Linearität ohne Verzerrung erzielt wird.

Technische Daten:

Spannung	20 Volt DC
Stromverbrauch	2 mA
Verstärkung	1 mal
Frequenzgang	20 Hz – 30 kHz \pm 1 dB
Verzerrung	max. 0,1%
Intermodulation	max. 0,5%
Ausgangsimpedanz	360 Ohm
Eingangsimpedanz	1 MOhm
Ausgangsspannung	1V

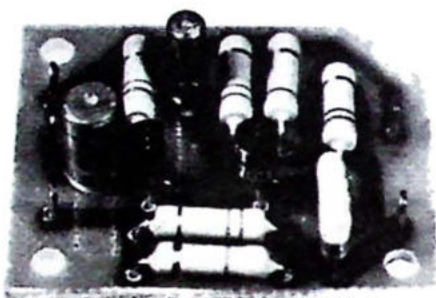


R1	270 kOhm	100 nF	C3	6,4 uF/25 V	
R2	12 kOhm	100 nF	C4	6,4 uF/25 V	
R3	270 kOhm	R7	100 kOhm	C5	6,4 uF/25 V
R4	100 kOhm	R8	100 kOhm	T1	BC 172
R5	100 kOhm	R9	15 kOhm	T2	BC 172
R6	15 kOhm	R10	15 kOhm	T3	BC 172



AF 30 ist ein universell verwendbarer Vorverstärker, der zum Anschluß von niederohmigen Tonabnehmern geeignet ist.

Der Verstärker ist gleichstromgekoppelt vom Kollektor von T1 zur Basis von T2, und gegengekoppelt über C2 und C3, wodurch die Höhen gesenkt und die Bässe angehoben werden in einen Bereich von ± 1 dB in Hinsicht auf die CCIR-Norm. R1 ergibt zusammen mit R5 ein Filter, das eventuelle Eigenschwingungen bei Frequenzen über 100 MHz unterdrückt. R3 und C4 sind zusammen ein Filter, das das "Motorboating" unterdrückt, dieses seltsame Geräusch, das bei nicht entkoppelten Verstärkern entsteht. Gleichstrommäßig ist AT 30 ein balancierter Verstärker, in dem T1 seine Basisspannung vom Emitter von T2 bekommt und T2 seine vom Kollektor von T1. R2 ist somit sowohl Kollektorwiderstand für T1 als auch Basiswiderstand für T2. R8 und R10 sind nicht abgeblockte Emitterwiderstände, welche gegenkoppeln zu einem idealen Frequenzgang. R11 und R12 stellen einen einfachen Spannungsteiler dar, welcher die Spannung zur Basis von T1, über R7, abstuft. R7 begrenzt den Strom nach T1 und verhindert gleichzeitig eine zu starke Dämpfung gegen Masse.



AF 35 ist ein Emitterfolger, der als Vorstufe für Kristallmikrophone, hochohmige Gitarren und Linienausgänge von Röhrengeräten benutzt werden kann. Außerdem eignet er sich ausgezeichnet als Anpassungsglied für lange Kabel. Wenn man ein Mikrophon o.ä. mit einer hohen Impedanz benutzt, entsteht selbst in guten abgeschirmten Kabeln ein Brummen, wenn deren Länge 10 m überschreitet. Mit AF 35 erreichen Sie, außer einer ungefähr 1-fachen Verstärkung, eine Impedanzverringernng von z.B. 1 MOhm auf 300 Ohm. Bei einer so niedrigen Impedanz tritt in einer guten Schirmleitung das Brummen erst bei einer Kabellänge von etwa 100 m auf.

AF 35 ist ein gutes Beispiel für einen gleichstromgekoppelten 2-stufigen Emitterfolger, wofür wir hier ein paar Berechnungen anführen:

Die Eingangsspannung beträgt 10 Volt. Um eine maximale Ausgangsspannung am Emitter von T2 zu erhalten, muß die Mittelpunktsspannung halb so groß wie die Versorgungsspannung sein. Diese Spannung ist die Speisespannung für das Signal, und der effektive Wert liegt bei etwa 6 Volt. R6 wird als 30 kOhm Widerstand ausgelegt; man kann nämlich die gewünschte Ausgangsimpedanz von 300 Ohm annähernd finden, indem man den Emitterwiderstand durch die Stromverstärkung dividiert. 10 Volt durch den Widerstand R6 (30 kOhm) ergibt, mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes, welches für alle diese Berechnungen gebraucht wird, einen Strom von 300 μ A zwischen Kollektor und Emitter des Transistors. Bei einer Stromverstärkung von 100 ist der Basisstrom 100mal kleiner, also 3 μ A. Als Stromstärke in T1 ist 0,5 mA gewählt. Die Spannung über R2, welcher gemeinsamer Kollektor-Basiswiderstand für T1 und T2 ist, beträgt 9,3 Volt, weil die Schwellenspannung der Emittersperrschicht von T2 0,7 Volt, und die Spannung über R6 10 Volt beträgt. Wenn man in die Ohmsche Regel 9,3 Volt und 500 μ A einsetzt, erhält man einen Widerstand von 2,2 kOhm. Der Basisstrom von T2 trägt natürlich auch zum Strom in R2 bei, aber er ist so gering, daß wir darüber hinweg sehen können. R1 und R4 stellen einen Spannungsteiler dar, der die Spannung an Plus von C2 auf ca. 7 Volt herabsetzt. Die Spannung am Emitter von T1 wird auf die Hälfte der Spannung zwischen Kollektor und Masse festgelegt, also ca. 5,3 Volt. Das ergibt einen Spannungsabfall von 1 Volt über R3, wenn man die Schwellenspannung der Emittersperrschicht abzieht.

Wenn der Kollektorstrom 0,5 mA betragen soll und die Verstärkung ist ca. 80–100, muß der Basisstrom etwa 5 μ A betragen. 1 Volt und 6 μ A bedeuten, daß der Widerstand R3 150 kOhm gross sein muß. Die Widerstände des Spannungsteilers werden aufgrund eines Querstromes ausgerechnet, welcher mindestens den 5-fachen Wert des Basisstromes betragen muß. Der Eingangswiderstand der gesamten Schaltung beträgt: Stromverstärkung \times Emitterwiderstand des ersten Transistors, also ungefähr 2,2 MOhm. C2 wurde eingesetzt, um kräftig gegenzukoppeln. Das gleiche bezweckt der nicht abgeblockte Widerstand R5, wodurch die Verstärkung fast 1 und der Frequenzgang sehr gut ist.

Technische Daten:

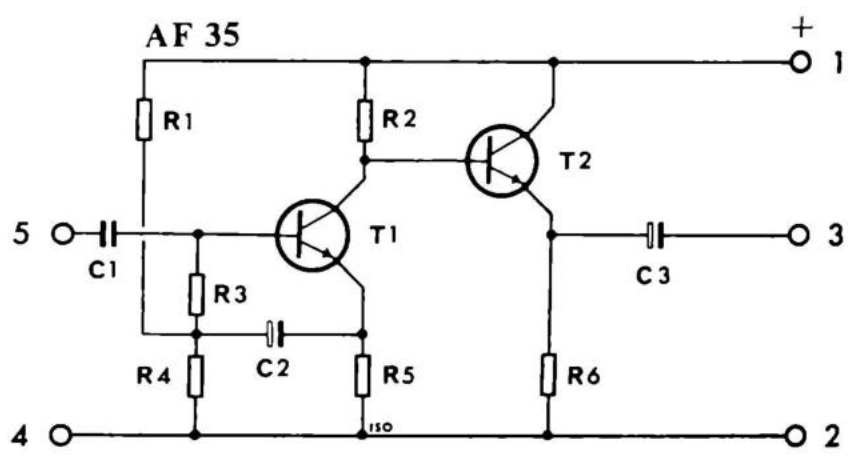
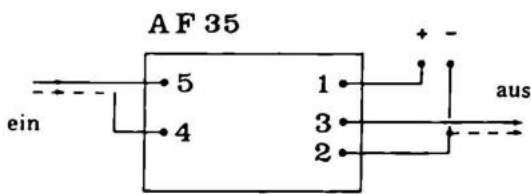
Betriebsspannung	20 Volt
Stromverbrauch	1 mA
Frequenzbereich	2 bis 100 kHz \pm 0,5 dB
Fremdspannungsabstand	60 dB bei 50 kOhm Belastung
Harmonische Verzerrung	0,05%
Intermodulation	0,2% bei 50/5000 Hz
Eingangsimpedanz	2 MOhm
Ausgangsimpedanz	300 Ohm
Belastungsimpedanz	3 kOhm
Ausgangsspannung	6 Volt

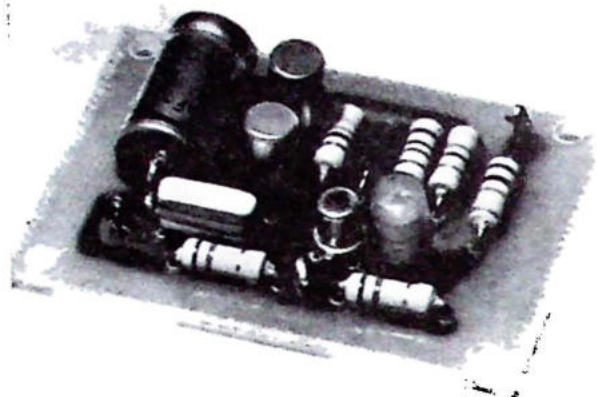
Stückliste:

R1	470 kOhm
R2	22 kOhm
R3	150 kOhm
R4	180 kOhm
R5	22 kOhm
R6	27 kOhm

C1	47 nF
C2	6.8 uF/40 V oder 6.4 uF/24 V
C3	22 uF/25 V oder 20 uF/16 V

T1	BC 173 o. BC 172
T2	BC 173 o. BC 172





AF 80 ist ein kleiner teil-integrierter Verstärker mit 0,5 Watt Leistung. Der Verstärker ist aufgebaut mit dem IC TAA263 und zwei Germaniumtransistoren AC 128 und AC 127.

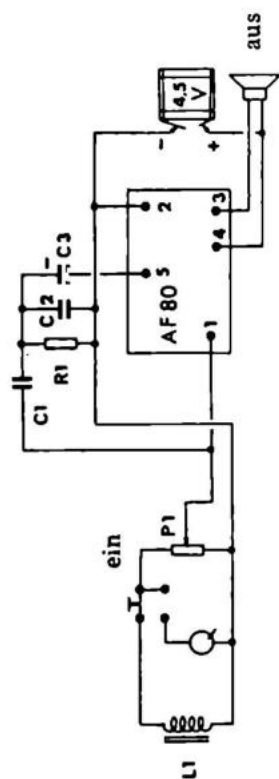
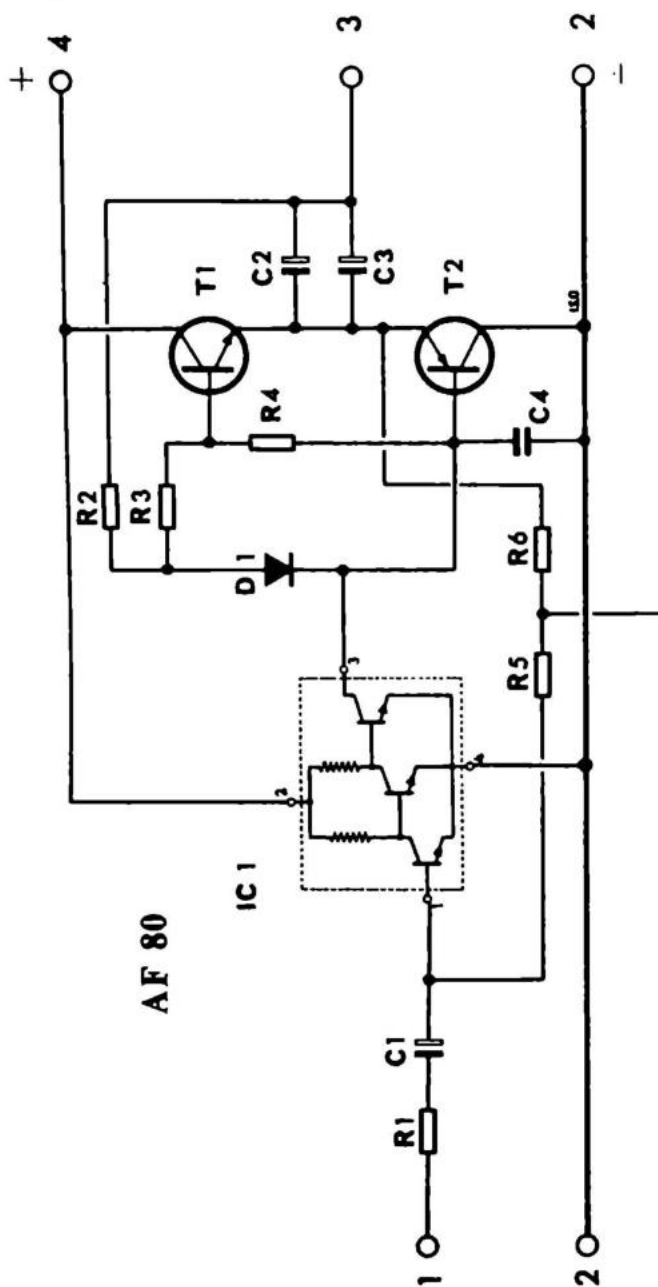
Es wurde Wert gelegt auf geringe äußere Dimensionen. Es ist deshalb etwas schwieriger, diesen Verstärker zusammenzubauen.

Der Verstärker ist gleichstromgekoppelt von Ein- bis Ausgang. Es gibt deshalb nur zwei Übertragungselektrolytkondensatoren, C1, und C2 parallel mit C3. Letztere sind parallelgeschaltet, um trotz der geringen äußeren Maße eine möglichst niedrige Grenzfrequenz zu bekommen. Der IC hat eine überaus große Verstärkung, weshalb der Verstärker einen dynamischen Plattenspieler direkt anschliessen oder das Signal eines Kristalldetektor so sehr verstärken kann, daß man mit einer nur ein paar Meter langen Antenne die nächste Lokalstation mit guter Stärke empfangen kann. Die Ausgangsstufe arbeitet im Gegentakt, und der Durchgangstrom ist mit der Diode D1 stabilisiert. Diese hat eine Anlaufspannung von 0,7 Volt. Das ist zu viel, weshalb die Widerstände R3 und R4 als Spannungsteiler eingebaut sind.

Der Verstärker ist gegengekoppelt durch R5 und R6, sowie über die Lautsprecher durch R2, welcher gleichzeitig die Basisspannung für die Ausgangstransistoren liefert. Wenn man von Punkt 5 nach Masse einen Kondensator anbringt, schließt man die Wechselstromgegenkopplung kurz, was die Verstärkung erhöht. Man wird normalerweise die Gegenkopplung nicht ganz kurzschließen, sondern den Kondensator in Serie mit einem Widerstand mit Masse verbinden, so daß noch etwas Gegenkopplung bestehen bleibt. Die Verstärkung kann nämlich, wenn sie zu groß wird, Selbstschwingungen erzeugen. Punkt 5 kann nicht direkt mit Masse verbunden werden, weil dann die Temperaturstabilisierung und das Niveau der Mittelpunktspannung zerstört wird.

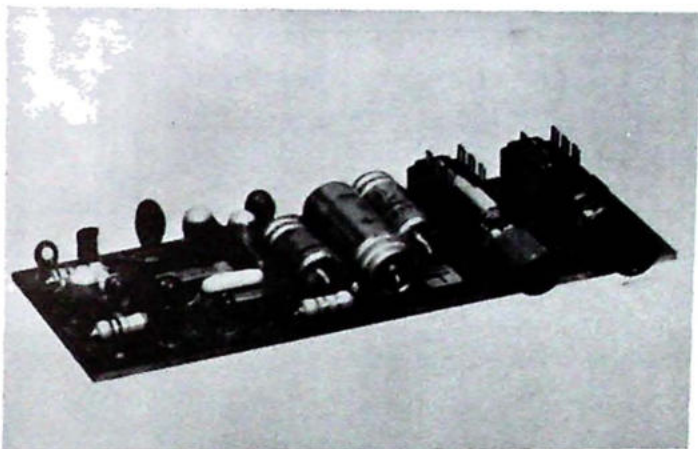
Technische Daten:

Betriebsspannung	4,5 – 6 V Gleichstrom
Stromverbrauch	5 – 60 mA
Verstärkung	ca. 100 Mal
Ausgangsleistung	0,5 W bei 10 % Verzerrung
Fremdspannungsabstand	52 dB bei 0,5 W
Frequenzbereich	100 Hz – 14.000 Hz \pm 3 dB
Eingangsimpedanz	1 kOhm
Ausgangsimpedanz	4–16 Ohm



Stückliste:

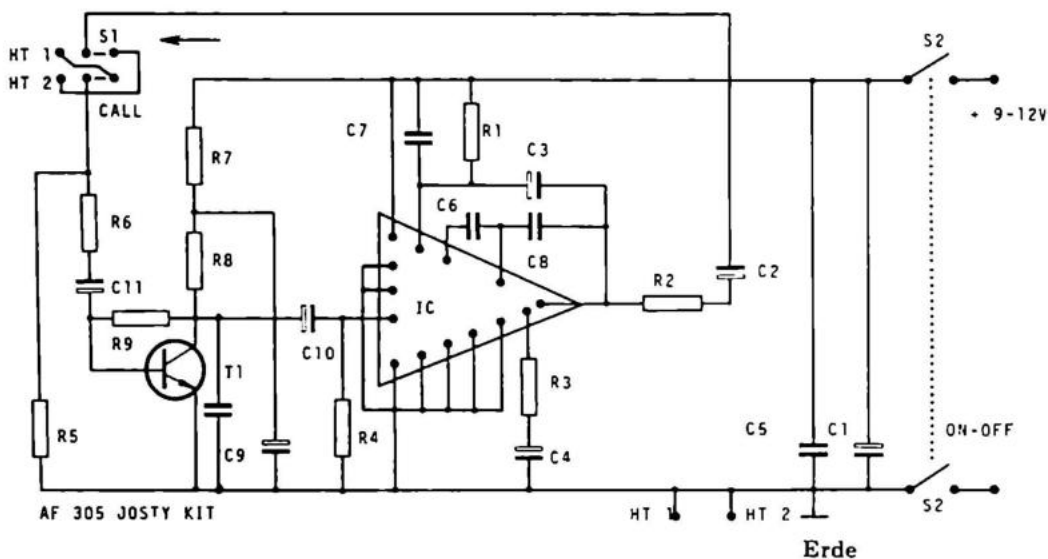
R1	1 kOhm
R2	470 Ohm
R3	150 Ohm
R4	68 Ohm
R5	56 kOhm
R6	56 kOhm
C1	6,4 uF/25 Volt
C2	125 uF/16 Volt
C3	47 nF
D1	BA 100
TC	TAA 263
T1	AC 127
T2	AC 128



AF 305 ist eine Wechselsprechanlage mit dem IC TAA 611. Diese integrierte Schaltung kann zusammen mit einem einzigen Transistor zu einer Wechselsprech- oder Babysitteranlage zusammengekoppelt werden. Das einzige, was man sonst noch braucht, sind zwei Lautsprecher und eine Batterie oder ein NT 10 Netzteil. Der Bausatz ist inklusive An- und Umschalter, so daß man nur die Lautsprecher anlöten muß, und die Anlage funktioniert. Als Leitung ist ein gewöhnliches 2-adriges Kabel geeignet.

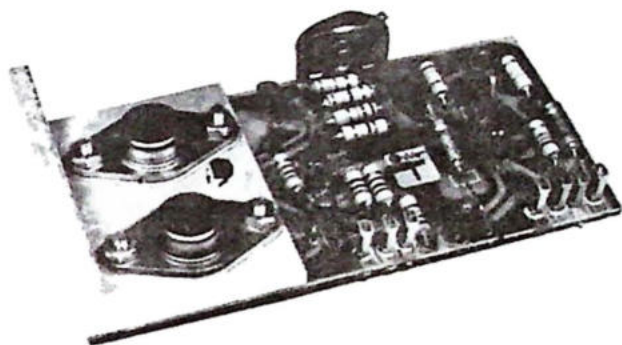
Technische Daten:

Betriebsspannung	4,5 – 15 Volt
Stromverbrauch	10 – 200 mA
Ausgangsleistung bei 1 KHz und 10% Verzerrung	0,5 W
Lautsprecheranschlüsse	4 Ohm
Stromversorgung	NT 10 Netzteil oder Batterie



Stückliste:

R1	27 Ohm	C1	220 uF/16 Volt
R2	4,7 Ohm	C2	470 uF/16 V
R3	220 Ohm	C3	47 uF/35 V
R4	10 kOhm	C4	10 uF/25 V
R5	22 Ohm	C5	47 nF/250 V
R6	5,6 kOhm	C6	470 pF/250 V
R7	10 kOhm	C7	2,2 nF/250 V
R8	10 kOhm	C8	470 pF/250 V
R9	1 MOhm	C9	10 uF/25 V
		C10	2,2 uF/35 V
		C11	2,2 uF/35 V
		C12	470 pF/250 V
		T1	BC 173 oder ähnlich
		IC	TAA 611B



AF 310 ist eine universell verwendbare Endstufe, die entweder mit 12 oder mit 30 Volt arbeitet. Bei 12 Volt kann man eine Ausgangsleistung von 4 Watt und bei 30 Volt von 10 Watt entnehmen.

Mechanischer Aufbau

AF 310 ist auf einer Glasfaserplatine aufgebaut mit einer 5 mm dicken Aluminiumüberführungskühlplatte. Diese überführt die entstehende Wärme auf eine beliebige Hauptkühlplatte, ein Chassis oder Kühlprofil. Die Platine incl. Einzelteile und Überführungskühlplatte füllt nicht mehr als 5 x 10 x 2 cm. Sie ist an einer Seite mit 7 Steckkontakten versehen. Der Grund dafür, daß man Überführungskühlplatten und Steckkontakte benutzt, ist, daß die Montage oder das Auswechseln der Einheiten einfacher ist.

Schaltung

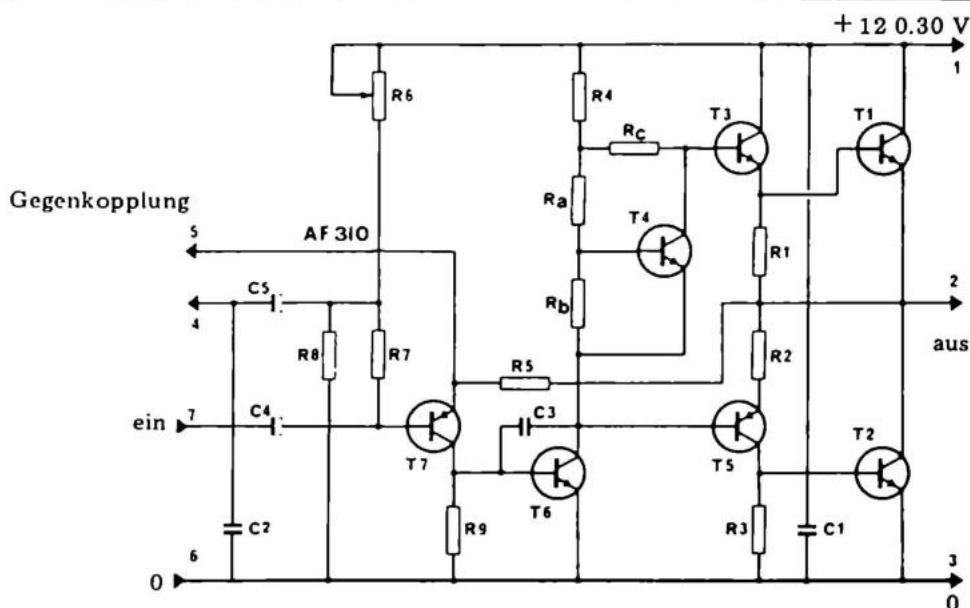
Am Schaltplan sehen wir, daß es sich um eine ganz gewöhnliche Endstufenschaltung handelt, bei der Gegenkopplung usw. über Steckkontakte herausgeführt werden. Der Ausgang ist mit kräftigen, überdimensionierten Leistungstransistoren vom Typ 40312 von RCA bestückt. Die Treiberstufe besteht aus zwei Phasenwendertransistoren vom Typ BC 171 und MEO 412. Der Durchgangsstrom wird von einem BC 172 festgelegt, während BC 171 ein Serientransistor und der Vortransistor ein MEA 412 ist. Das ganze ist gleichstromgekoppelt, was die niedrigste Verzerrung gibt. Wenn man eine doppelte Stromversorgung gebraucht, kann man die Ausgangselkos weglassen und die Lautsprecher gleichstrommäßig anschließen.

Einstellung

Wenn man eine Stromversorgung gewählt hat (12 oder 30 V.) und Ra, Rb und Rc (s. Stückliste) aufmontiert hat, stellt man das Trimpotentiometer so ein, daß die Mittelpunktspannung genau den halben Wert der Versorgungsspannung beträgt. So erreicht man die größtmögliche Leistung.

Technische Daten:

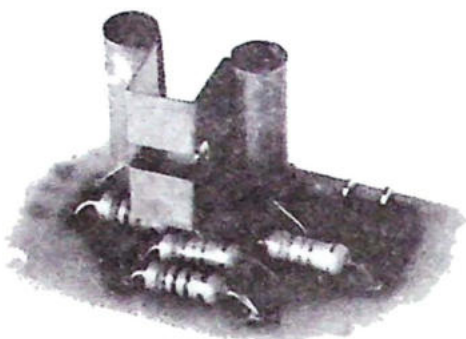
Betriebsspannung	12 V	30 V
Stromverbrauch	350 mA	720 mA
Ausgangsleistung	2,5 W	14 W
Frequenzbereich	20–20.000 Hz	20–30.000 Hz



Stückliste:

R1	100 Ohm
R2	100 Ohm
R3	10 Ohm
R4	2,7 kOhm
R5	15 kOhm
R6	100 kOhm
R7	47 kOhm
R8	27 kOhm
R9	5,6 kOhm
Ra	6,8 kOhm
Rb	bei 12 V 3,3 kOhm
Rc	18 Ohm
Ra	bei 30 V 15 kOhm
Rb	10 kOhm
Rc	18 Ohm

C1	1 nF
C2	1 nF
C3	100 pF
C4	6,4 uF 25 Volt
C5	6,4 uF 25 Volt
T1	40312
T2	40312
T3	BC 171
T4	BC 172
T5	MEO 412 oder BC 251
T6	BC 171
T7	MEO 412 oder BC 251

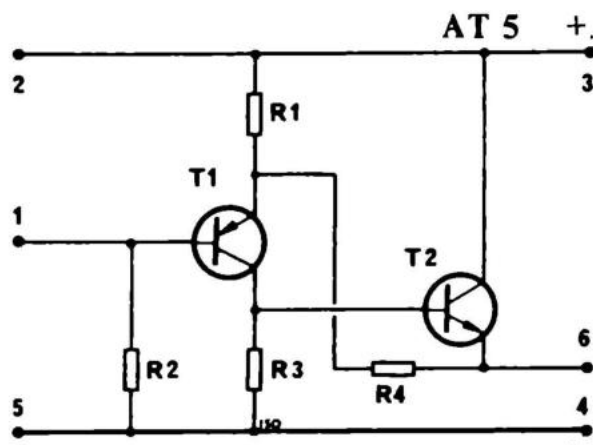
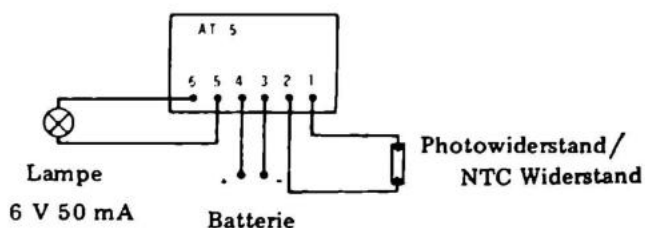


Wenn man eine Batterie an 3 und 4 anschließt, bekommt T1 Strom, weil dieser Transistor seinen Basisstrom über R2 erhält. Die Spannung am Kollektor von T1 steigt, und somit erhält T2 einen Basisstrom und somit einen Kollektorstrom, welcher das Produkt aus Basisstrom und Stromverstärkung ist. Wenn die Belastung an 5 und 6 eine Lampe ist, leuchtet diese. Die Lampe sollte in Hinsicht auf T2 nicht mehr als 1,2 Watt verbrauchen. Schließen wir zwischen 1 und 2 kurz, geht die Lampe aus, weil dann kein Basisstrom in T1 fließt. Man muß 1 und 2 nicht direkt kurzschließen, sondern man kann einen Fotowiderstand einsetzen, dessen Widerstand mit wachsender Beleuchtung kleiner wird. Beleuchtet man den Widerstand, geht die Lampe aus.

AT 5 kann auch als Blinkrelais benutzt werden, wobei Lampe und Fotowiderstand, nahe beieinander angebracht, einen Rückkopplungskreis darstellen. Abhängig vom Abstand zwischen Lampe und Fotowiderstand wird die Blinkfrequenz schneller oder langsamer. Durch die angeführte Stückliste zeigen wir Ihnen die Möglichkeit, AT 5 an verschiedene Spannungen anzuschließen.

Technische Daten:

Betriebsspannung	6 oder 12 V Gleichstrom
Leerlaufverbrauch	20 mA
Max. Ausgangsstrom bei 6 V	200 mA
Max Ausgangsstrom bei 12 V	100 mA
Ausgangsleistung	1 W
Schaltgeschwindigkeit	1 μ S



Stückliste:

für 6 Volt, Minus an Masse

R1	150 Ohm
R2	47 kOhm
R3	47 Kohm
R4	150 Ohm

T1 AC 128

T2 AC 127

für 6 Volt, Plus an Masse

R1	150 Ohm
R2	47 kOhm
R3	47 kOhm
R4	150 Ohm

T1 AC 127

T2 AC 128

für 12 Volt, Minus an Masse

R1	560 Ohm
R2	47 kOhm
R3	82 kOhm
R4	560 Ohm

T1 AC 128

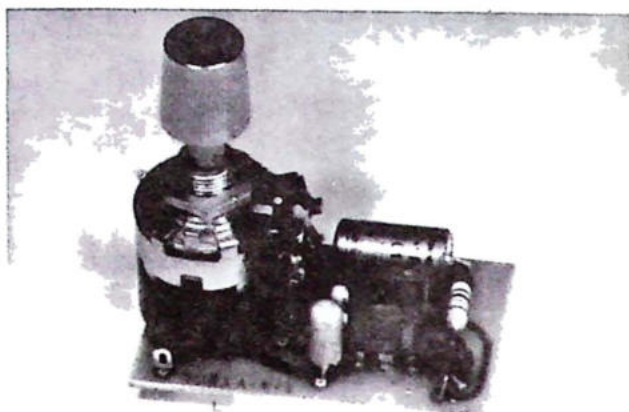
T2 AC 127

für 12 Volt, Plus an Masse

R1	560 Ohm
R2	47 kOhm
R3	82 kOhm
R4	560 Ohm

T1 AC 127

T2 AC 128

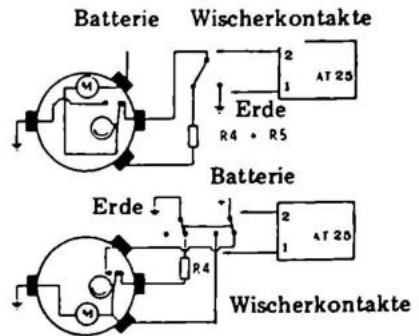


AT 25 ist ein elektronischer Intervallschalter für Auto-Scheibenwischer. Die Anordnung wird angeschlossen in Serie mit dem Startkontakt eines gewöhnlichen Wischermotors mit Rückstellautomatik. Der Schaltplan zeigt, daß AT 25 aus einem Unijunction-Transistor und einem Thyristor besteht.

Der UJ-Transistor zieht erst Strom, wenn der Emitter eine Spannung von ca. 2 Volt erreicht hat. Der Kondensator C1 lädt sich über R1 und P1 auf, und nach einiger Zeit erhält der Emitter die 2 Volt. Hier beginnt der UJ den Strom durch alle Elektroden zu ziehen, bis C1 sich fast bis auf Null entladen hat, und der UJ wieder in den passiven Stillstand übergeht. Im Stromaugenblick steigt die Spannung über R3 ziemlich plötzlich. Diese Spannung verursacht einen Strom am Gitter des Thyristors, was diesen zum kurzschließen bringt, wie ein Relaiskontakt. Somit geht ein Strom zum Wischermotor, welcher startet und seinen eigenen Kurzschlußkontakt aktiviert, der den Wischer in Gang hält, wenn er über die Scheibe und wieder zurück wandert. Gleichzeitig schließt dieser Kontakt AT 25 kurz, wodurch der Thyristor sich wieder öffnet (da er keinen Haltestrom bekommt), bis der UJ einen neuen Impuls abgibt.

Technische Daten:

Betriebsspannung $\pm 6 - 12$ V Gleichstrom
 Max. Spannung 15 V
 Polarität wahlweise
 Pauseninterval 2 - 30 sec.
 Max. Strom 8 A

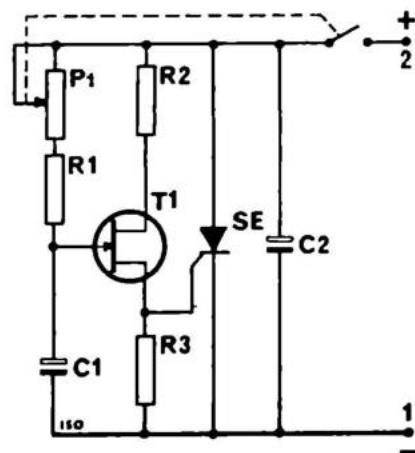


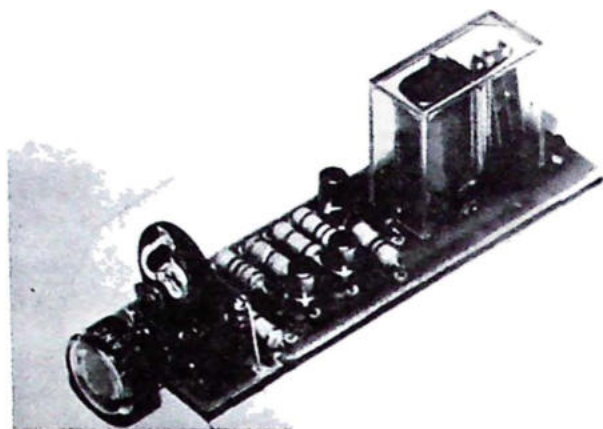
Stückliste:

- | | |
|----|----------------|
| R1 | 4,7 kOhm |
| R2 | 100 Ohm |
| R3 | 100 Ohm |
| R4 | 1 Ohm |
| R5 | 1 Ohm |
| P1 | 100 kOhm |
| C1 | 125 uF/10 Volt |
| C2 | 10 uF/10 Volt |

T1 2N4870, 4871 oder Äquivalent-Type
 SE 2N4441, 4443 oder Äquivalent-Type

AT 25

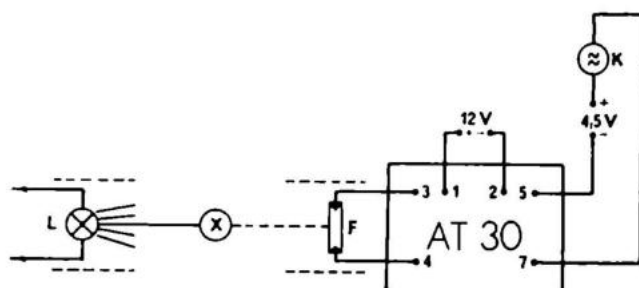




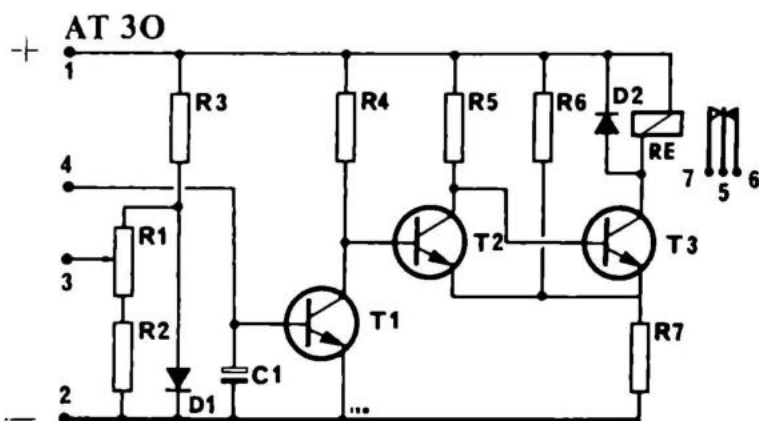
AT 30 ist ein automatischer Schalter von nahezu professionellem Zuschnitt, welcher in großer Anzahl an die Industrie geliefert wird. Die Anordnung spricht an auf Licht, Temperatur oder Feuchtigkeit, wenn dementsprechende Meßkomponenten verwendet werden. Für die Lichtmessung benutzen Sie einen Fotowiderstand, zur Temperaturmessung einen Temperaturwiderstand (Thermistor oder NTC-Widerstand) und für die Feuchtigkeitsmessung einfach ein Paar abisolierte Leitungsenden. Der Schaltplan zeigt eine Spannungsstabilisation durch R3, R2, R1 und D1. Mit R1, einem Trimpotentiometer, kann man die Empfindlichkeit sehr genau einstellen. T1 ist ein Gleichstrom-Steuerverstärker der T2 und T3 aktiviert, welche zusammen eine Schmitt-Trigger-Schaltung darstellen, die bei einem bestimmten Wert umschlägt und das Relais betätigt. D2 ist eine Schutzdiode, die verhindert, daß T3 aufgrund der Induktionsspannung vom Relais durchbrennt, und C1 ist ein Kondensator, welcher schnelle, ungewünschte Umschläge verhindert.

Technische Daten:

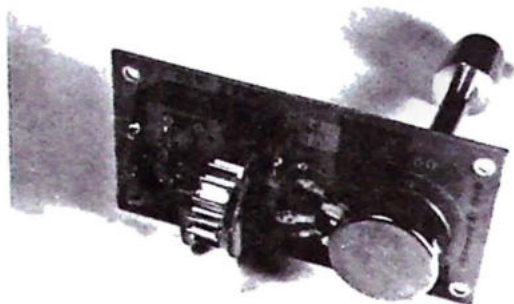
Max. Betriebsspannung	18 V Gleichstrom
Stromverbrauch	50 mA
Max. Relaiskontaktstrom	1 A
Max. Schaltdauer	500 mS
Empfindlichkeit	1 % Änderung der Einstellung



L: Lichtquelle
 F: Fotowiderstand
 K: Klingel
 X: Person, die den Lichtstrahl unterbricht.



Stückliste:		C1	6,4 uF/25 Volt
R1	4,7 kOhm	D1	BA 100
R2	15 kOhm	D2	BA 100
R3	5,6 kOhm	T1	BC 109
R4	47 kOhm	T2	BC 107
R5	47 kOhm	T3	BC 107
R6	10 kOhm		
R7	39 Ohm		

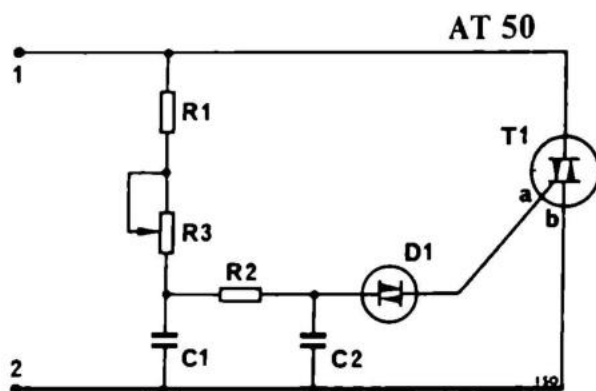
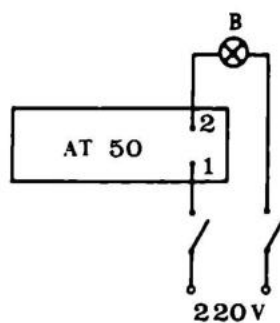


AT 50 besteht aus einem DIAC, der den Strom für das Steuergitter des TRIAC abgibt, wenn die Spannung beim Aufladen des Kondensators C1 einen gewissen Wert erreicht hat. Wenn durch dieses Gitter Strom fließt, öffnet es sich ganz für den Stromdurchgang durch den TRIAC, bis die Spannung ihre Polarität wechselt, was 100 mal in der Sekunde geschieht. Wenn der Kondensator, der sich synchron mit der Wechselfrequenz auflädt, die Zündspannung innerhalb einer einzigen Periode erreicht, schließt der Strom im TRIAC sich mit einer Geschwindigkeit von 1 μsek . Wir erreichen bei Mittelstellung des "Stärkepotentiometers" 100 halbierte Spannungsspitzen. Das verursacht in einer Lampe ein Blinken mit einer Frequenz von 50 Hz. Dieses Blinken wird von der Trägheit des Auges nicht erfaßt. Ein TRIAC, der den Strom mit einer Geschwindigkeit von 1 MHz schließt, wirkt als Sender auf dem Lang-, Mittel- oder Kurzwellenband, was die Anwendung dieser ansonsten fantastisch kleinen, leistungsfähigen Einheit etwas begrenzt. Als mechanische Vergleichsgrundlage kann man an die großen Schiebewiderstände und Variotransformatoren im Theater denken.

Die Wirkung als Störsender kann durch Anbringen eines speziellen Filters verhindert werden, was jedoch die effektive Leistung ein wenig vermindert.

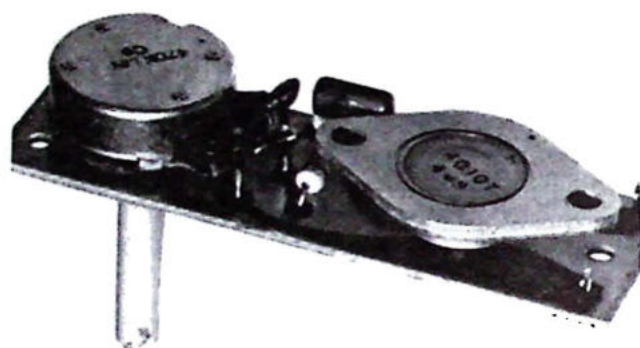
Technische Daten:

Max. Spannung	250 V
Max. Strom	2 A
Max. Belastbarkeit	400 W



Stückliste:

R1	3,3 kOhm
R2	15 kOhm
R3	470 kOhm
C1	47 nF
C2	47 nF
D1	40583 o.ä.
T1	40664 o.ä.

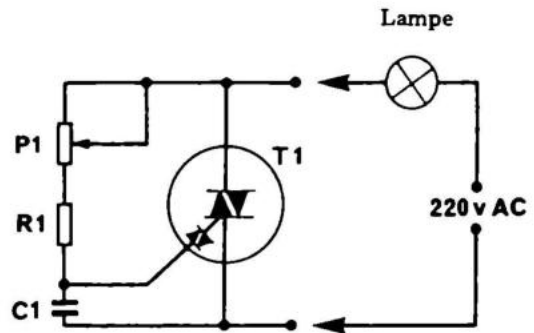
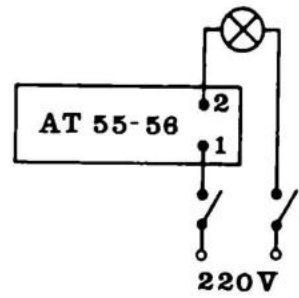


Diese TRIAC-Konstruktion verarbeitet trotz ihrer geringen Ausmaße bis zu 15 Ampere.

Die Arbeitsmethode ist die gleiche wie beim AT 50.

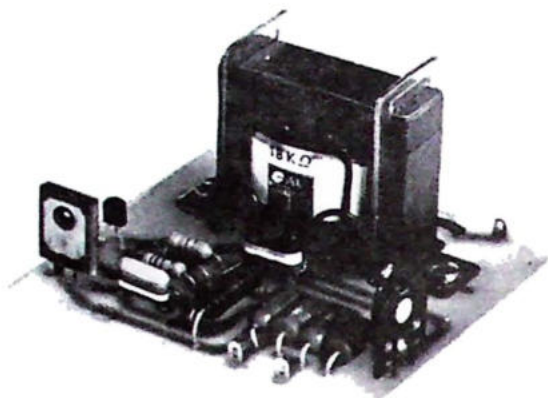
Technische Daten:

	AT 55	AT 56
Max. Spannung	250 V	250 V
Max. Strom	6 A	15 A
Max. Belastbarkeit in Dauerbetrieb	1300 W	2200 W



Stückliste:

R1	12 kOhm
C1	100 nF 250 Volt
P1	470 kOhm
T1	AT 55 Z 4006 T
T1	AT 56 Q 4010 T

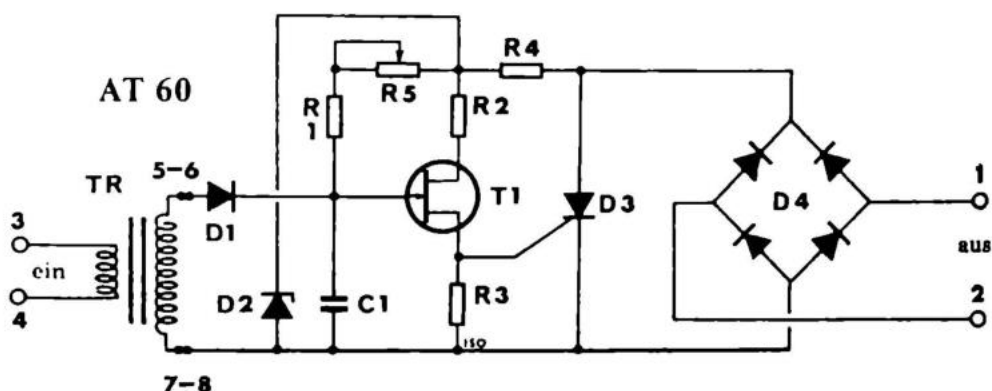
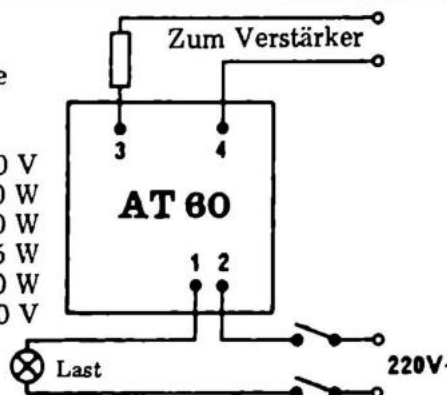


Mit AT 60 kann man auf billige Art und Weise Licht im Takt von Musik steuern. Diese Einheit unterscheidet sich gegenüber ähnlichen dadurch, daß sie exakt der Musik folgt ohne zeitraubende Zwischenleiter wie Lampen und Fotowiderstände. Die Einheit wird direkt an einen Lautsprecherausgang, mit einem 5 Ohm Widerstand dazwischen (bei Leistungen über 5 Watt, 10–50 Ohm 5 Watt, je nach Leistung; über 50 Watt ca. 100 Ohm 5 Watt), und in Serie mit einer Lichtquelle an 220 Volt Wechselstrom angeschlossen. Es muß bemerkt werden, daß mit AT 60 die Lampenspannung auf ein Minimum gesenkt werden kann, ohne daß die Lampe ganz verlöscht. Das verlängert die Lebenszeit der Lampe. Wenn man nicht wünscht, daß AT 60 den Lautsprecherausgang so stark wie ein extra Lautsprecher belastet, kann man den 3 Watt Verstärker AF 20 anschließen und dessen Eingang am Lautsprecherausgang des Verstärkers anschließen. Der Schaltplan zeigt, daß ein Transformator, der das gefährliche 220 Volt-Netz abtrennt, die Musikspannung überträgt, sie gleichrichtet und C1 auflädt. Zwischen R4 und R5 wird die hereinkommende pulsierende Wechselspannung synchronisiert, so daß T1, ein Unijunctiontransistor, die angeschlossene Lampe beim Schluß jeder Periode zündet (die Lampe leuchtet nur ganz schwach) Wenn Musik hereinkommt, die durch D1 gleichgerichtet wird, lädt sich C1 schneller auf, weshalb die Lampe früher in jeder Periode zündet und somit heller aufleuchtet. D2 ist eine Zenerdiode, welche die Spannung an T1 so gering hält, daß dieser nicht durchbrennt.

Technische Daten:

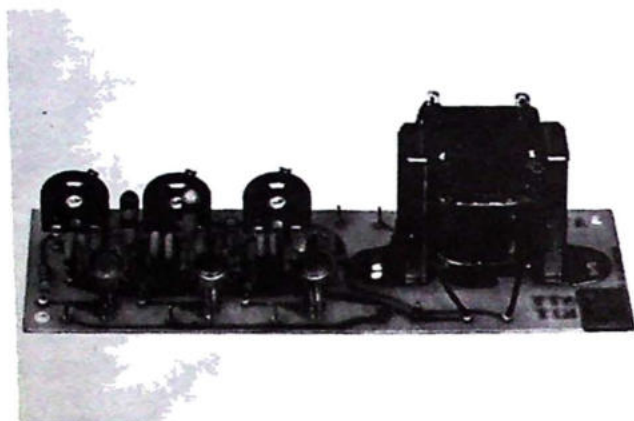
Synchrongeschwindigkeit: 20 ms, wenn die angeschlossene Lampe folgen kann

Max. Betriebsspannung	240 V
Max. Belastbarkeit	400 W
Max. Spitzenbelastbarkeit	600 W
Steuerleistung	0,5 W
Max. Steuerleistung mit Vorwiderstand	100 W
Bereich der Lampenspannung	15 – 220 V



Stückliste:

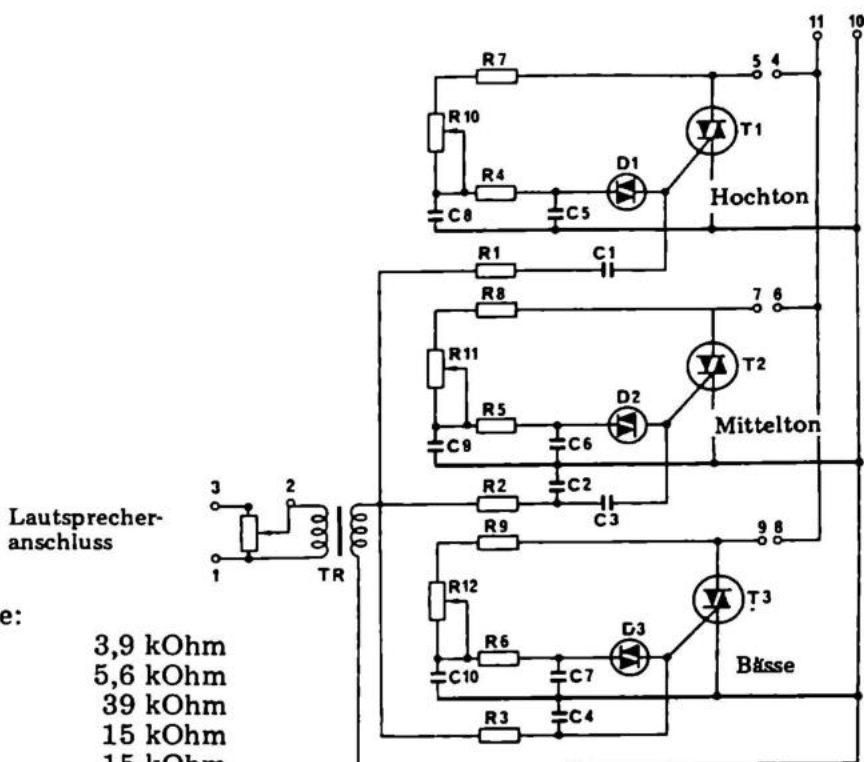
R1	4,7 kOhm	D1	BA 100
R2	100 Ohm	D2	ZF 15
R3	100 Ohm	D3	1N 4005
R4	15 kOhm	D4	1N 4005
R5	470 kOhm	D5	1N 4005
C1	47 nF	D6	1N 4005
C2	100 nF		
T1	2N 4870	TR	3,2 Ohm/18 kOhm Transformator
T2	2N 4443		



AT 65 ist eine 3-Kanal-Lichtorgel mit Frequenzaufteilung in Baß-, Mittel- und Diskanttöne. Er ist dem Schaltplan nach ein wenig anders aufgebaut als AT 60. AT 60 kann Unterschiede in der Musik in Lichtvariationen umsetzen, während AT 65 nur abhängig von der Lautstärke (im jeweiligen Frequenzbereich) an- und ausgeht. Beim AT 65 kann man die Spannung so einstellen, daß die Lampen gerade noch an sind (so halten sie länger). AT 65 sollte mit ca. 2 Watt vom Verstärker oder Tonbandgerät angesteuert werden. Denken Sie daran, einen Widerstand von mindestens 4 Ohm in eine der Lautsprecherleitungen zum AT 65 einzubauen:

Technische Daten:

Max. Betriebsspannung	250 V
Max. Belastbarkeit pro Kanal	400 W
Max. Belastbarkeit total	1200 W
Min. Steuerleistung	1 W
Regelung der Kanalspannung	0 – 220 V

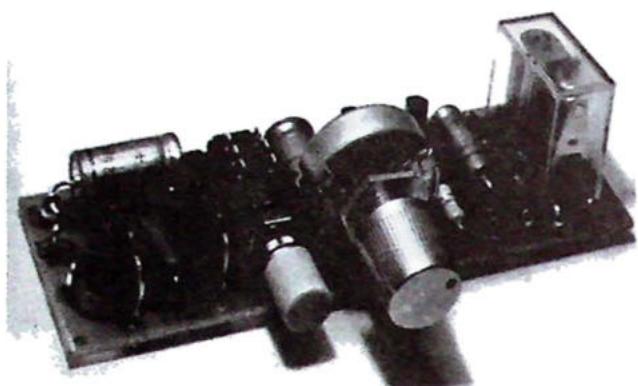


Stückliste:

R1	3,9 kOhm
R2	5,6 kOhm
R3	39 kOhm
R4	15 kOhm
R5	15 kOhm
R6	15 kOhm
R7	3,3 kOhm
R8	3,3 kOhm
R9	3,3 kOhm
R10	470 kOhm
R11	470 kOhm
R12	470 kOhm

C1	6,8 nF/125 Volt
C2	8,2 nF/125 Volt
C3	10 nF/125 Volt
C4	68 nF/125 Volt
C5	47 nF/125 Volt
C6	47 nF/125 Volt
C7	47 nF/125 Volt
C8	47 nF/ 125 Volt
C9	47 nF/125 Volt
C10	47 nF/125 Volt

D1	Diac
D2	Diac
D3	Diac
T1	Triac
T2	Triac
T3	Triac



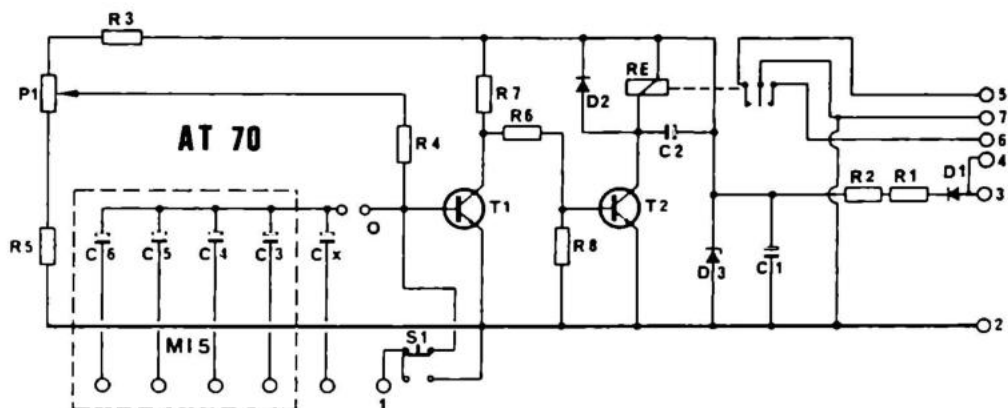
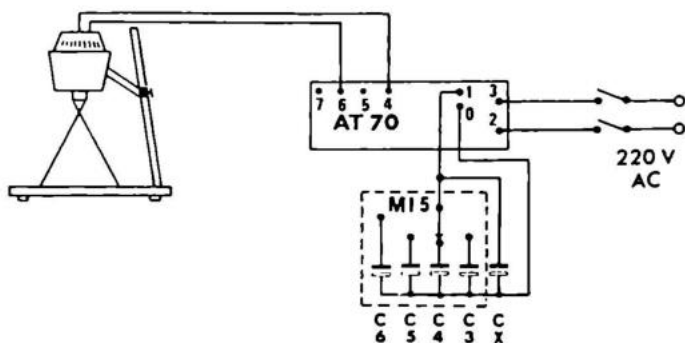
AT 70 ist eine Belichtungsautomatik zum Amateurgebrauch. Sie kann direkt an 220 Volt Wechselstrom und an den Vergrößerungsapparat angeschlossen werden.

Schaltung: Der Transistor T1 erhält seine Basisspannung, wenn der eingeschaltete Kondensator auf 0,7 Volt aufgeladen ist. Dann zieht er den Kollektorstrom, und die Kollektorspannung fällt fast auf Null. R6 überführt die Kollektorspannung nach T2. Wenn keine Spannung da ist, fließt kein Basisstrom, und somit auch kein Kollektorstrom, und das Relais fällt ab. Mit dem Potentiometer P1, über den Widerstand R4, kann man den Strom zum Kondensator einstellen und somit bestimmen, wann die Spannung von 0,7 Volt erreicht wird und das Relais abfällt. Im Grundzustand ist der Kondensator aufgeladen. Beim Drücken des Kontaktes entlädt er sich und das Relais zieht an, bis der Kondensator wieder aufgeladen ist. Dann fällt es wieder ab. Durch Zuschalten verschiedener Kondensatoren kann das Zeitintervall der Automatik geändert werden.

Technische Daten:

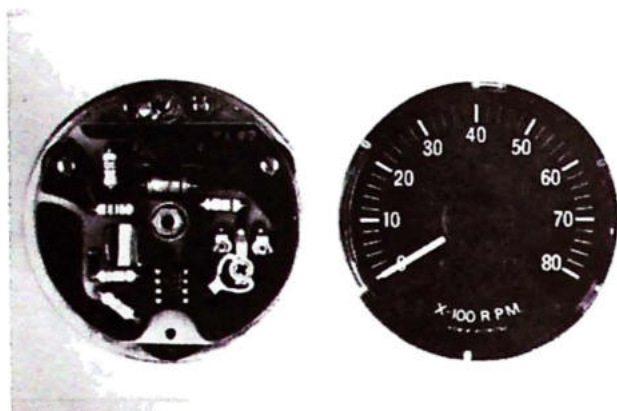
Betriebsspannung
Max. Belastbarkeit
Cx = 125 uF

220 – 240 V
200 W
1,5–4,5 Sekunden



Stückliste:

R1	1,5 kOhm	P1	100 kOhm
R2	1,5 kOhm	C1	125 uF/16 Volt
R3	10 Ohm	C2	25 uF/25 Volt
R4	100 kOhm	Cx	125 uF/16 Volt
R5	100 kOhm	T1	BC 172
R6	1,5 kOhm	T2	BC 172
R7	10 kOhm	D1	1N 4005
R8	3,3 kOhm	D2	BA 100
		D3	ZF 15



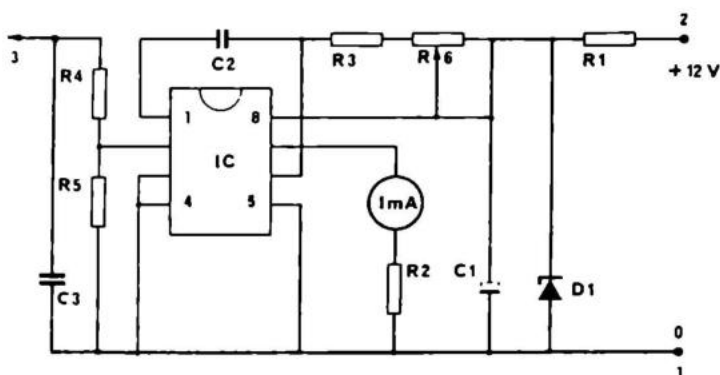
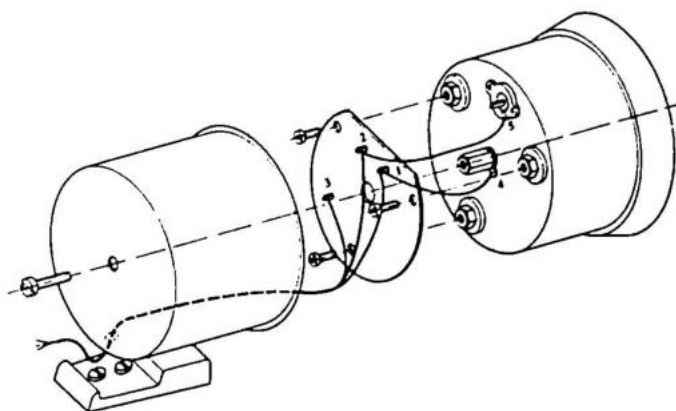
AT 345 ist die Elektronik für einen professionellen Drehzahlmesser. Das Anzeigeeinstrument sollte am besten ein 1 mA Standard-Drehspulinstrument sein. Die Form der Platine ist für ein Josty Kit G 500 Instrument berechnet. AT 345 wird an die Autobatterie angeschlossen mit Minus an 1 und Plus an 2. 3 wird an den Unterbrecherkontakt der Zündspule angeschlossen. Sind Sie im Zweifel, an welcher Seite Sie die Leitung anschließen sollen, probieren Sie beide, und benutzen Sie die, welche einen Ausschlag aufweist. Gebrauchen Sie niemals Hochspannung! Wenn in ihrem Auto Minus an Masse liegt, wird die Instrumentbeleuchtung an 4 und 5 so angeschlossen, wie auf der untenstehenden Zeichnung angeführt. Liegt im Wagen Plus an Masse, müssen Sie die beiden Leitungen umtauschen.

Anwendung als Frequenzmesser:

Außer als Drehzahlmesser kann man AT 345 auch als Frequenzmesser von 10–10000 Hz verwenden. Man kann den Frequenzbereich verändern, indem man C2 mit einem 10 mal kleineren und/oder größeren Kondensator vertauscht. C2=10nF ermöglicht eine Frequenzmessung bis 10000 Hz, C2=100nF bis 1000 Hz und C2=1uF bis 100 Hz.

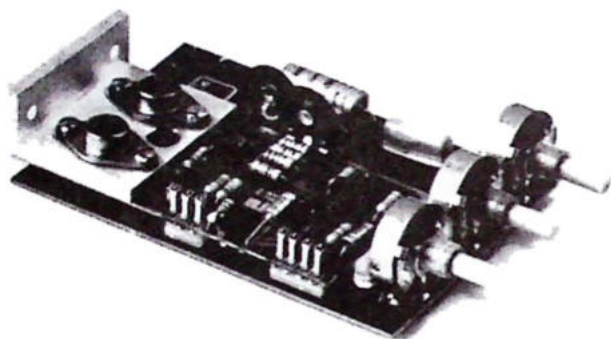
Technische Daten:

Betriebsspannung	12 V
Stromverbrauch	20 mA
Max. übertragbare Frequenz	10 kHz
Abweichung max.	2 %
Anschlußmöglichkeiten	für Motoren mit 2–8 Zylindern



Stückliste:

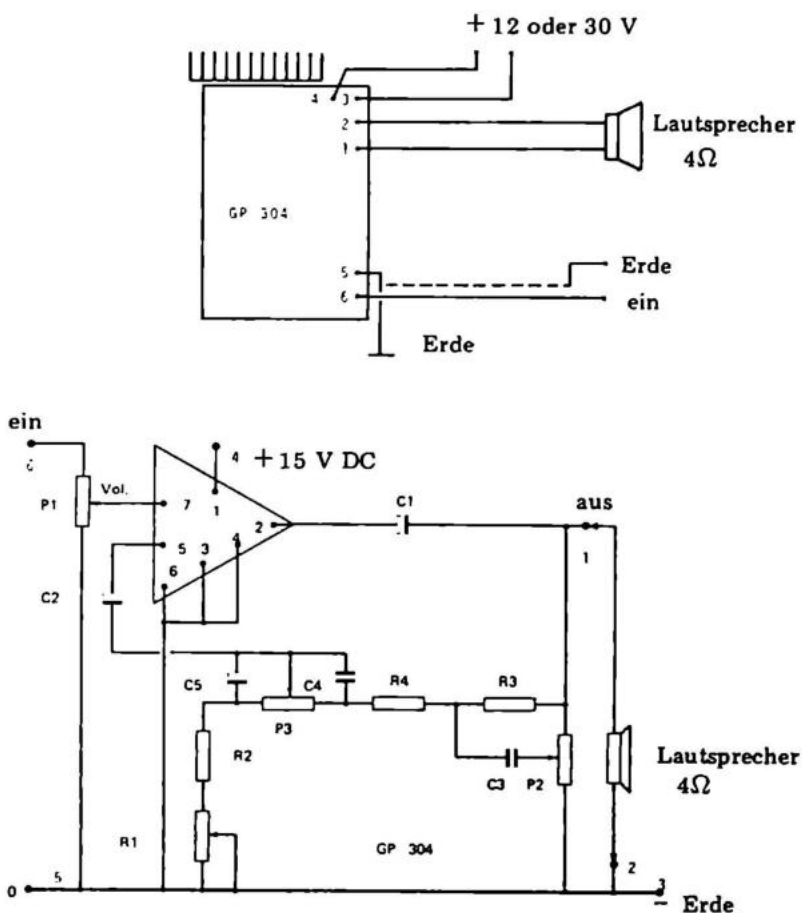
R1	120 Ohm	C1	22 uF/35 Volt
R2	1,5 kOhm	C2	100 nF/250 Volt
R3	6,8 kOhm	C3	10 nF/250 Volt
R4	27 kOhm	IC	SAK 110
R5	3,3 kOhm	D1	
R6	22 kOhm		
R7	1 kOhm		



GP 304 ist ein Klangreglernetzwerk, das speziell für den Anschluß an den Universalverstärker AF 310 (Seite 275) entwickelt wurde. GP 304 gibt zusammen mit AF 310 einen sehr guten, preiswerten Verstärker mit Klangregelung. Er ist ausgerüstet mit kräftigen Potentiometern, keinen Trimpotiometern, ein Beweis dafür, daß man nicht spart. Ein Plus ist, daß der Bausatz mit einem Potentiometer zur Lautstärkeregelung versehen ist.

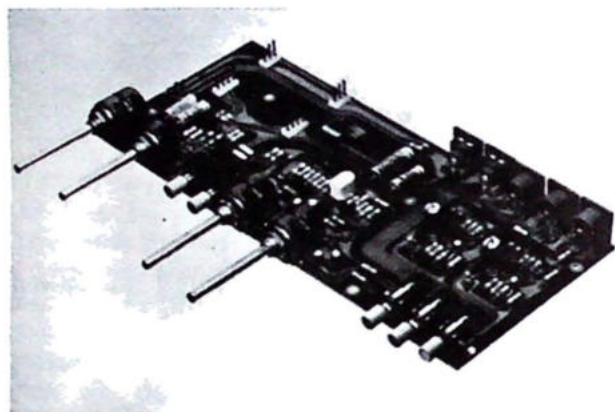
Technische Daten:

Betriebsspannung	12 – 15 oder 30 – 36 V
Stromverbrauch	30 bis 400 mA
Empfindlichkeit bei 1 W min.:	100 mV
(Regelbar) max.:	1000 mV
Frequenzbereich 3 dB	50 – 20.000 Hz
Fremdspannungsabstand	60 dB
Verzerrung bei 1000 Hz und 4 Ohm	0,4%
Regelbereich Baß/Diskant	20 dB
Lautsprecheranschluß	4 – 16 Ohm
Leistung bei 15 und 36 V und 10% Verzerrung	4 oder 10 Watt



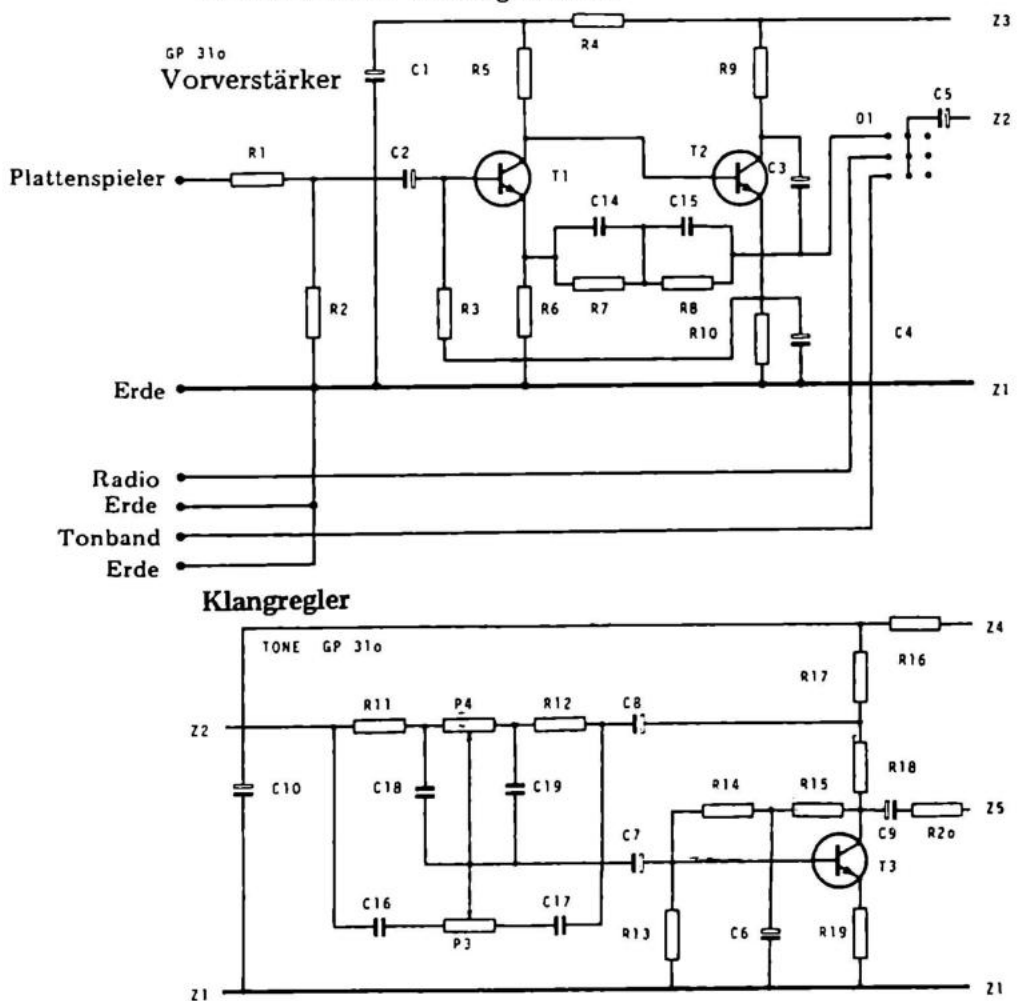
Stückliste:

R1	1 kOhm	1/4 W Regelwiderstand	P1	22 kOhm
R2	22 Ohm	1/4 W Widerstand	P2	2,2 kOhm
R3	470 Ohm	1/4 W Widerstand	P3	2,2 kOhm
R4	100 Ohm	1/4 W Widerstand		
C1	470 nF	35 V Elektrolytkondensator		
C2	220 uF	35 V Elektrolytkondensator		
C3	470 uF	Kondensator		
C4	470 nF	Kondensator		
C5	6,8 uF/40 V o. 6,4 uF/25 V	Elektrolytkondensator		



GP 310 ist eine kombinierte Vorverstärker- und Klangreglereinheit, die zusammen mit 2 AF 310 Endstufen und einem NT 310 Netzteil einen kompletten 2 x 6 Watt Stereoverstärker mit gleichstromgekoppelten Lautsprechern darstellt. Da AF 310 universell anwendbar ist, kann man ihn auch als Gleichstromverstärker benutzen. Das ergibt eine sehr gute Wiedergabe, auch bei niedrigen Frequenzen. Der Baustein ist versehen mit Eingangsbuchsen, Umschaltern und Potentiometern. Die Regler von rechts nach links sind: Lautstärkepotentiometer, Balancepotentiometer, Rumpelfilter, Stereo-Mono-Umschalter, Baßpotentiometer, Höhenpotentiometer

werden. Der Vorverstärker ist für einen dynamischen Plattenspieler vorgesehen. Wenn man einen Kristall-Plattenspieler anschließen will, muß man R1 und R2 im Eingang des Verstärkers ertauschen. Wenn das Signal immer noch zu stark ist, kann R1 durch einen 1 kOhm Widerstand ersetzt werden (vorher 4,7 kOhm). Die Platine sollte, in Hinsicht auf das Brummen, auf ein stabiles Metallchassis montiert werden. Die Stromversorgung ist NT 310 + einem doppelten Transformator. Sicherungen, An- und Ausschalter und Anzeigelampe für Betriebsbereitschaft sind auf der Platine von NT 310 angebracht.



Technische Daten:

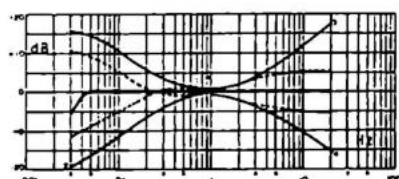
Betriebsspannung	+ 15 V, 0, - 15 V
Stromverbrauch	2 A
Ausgangsleistung sinus (stereo) bei 1% Klirrfaktor, 1000 Hz	2 x 6 W
Frequenzbereich	40 - 20.000 Hz \pm 1,5 dB
Harmonische Verzerrung bei 1000 Hz und 1 W Leistung	1 % (typischer Wert 0,5%)
Rumpelfilter bei 50 Hz	- 6 dB
Lautsprecherimpedanz	4 Ohm (bei 8 oder 16 Ohm verkleinerte Leistung)

Stückliste:

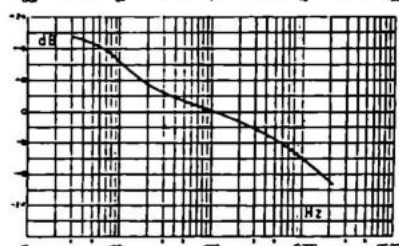
R1	A + B	4,7	kOhm	C1	A + B	6,4	μ F/25 V
R2	A + B	47	kOhm	C2	A + B	6,4	μ F/25 V
R3	A + B	150	kOhm	C3	A + B	6,4	μ F/25 V
R4	A + B	68	kOhm	C4	A + B	25	μ F/25 V
R5	A + B	68	kOhm	C5	A + B	6,4	μ F/25 V
R6	A + B	680	Ohm	C6	A + B	6,4	μ F/25 V
R7	A + B	470	kOhm	C7	A + B	6,4	μ F/25 V
R8	A + B	22	kOhm	C8	A + B	6,4	μ F/25 V
R9	A + B	4,7	kOhm	C9	A + B	6,4	μ F/25 V
R10	A + B	470	Ohm	C10	A	100	μ F/16 V
R11	A + B	22	kOhm	C11	A + B	220	μ F/16 V
R12	A + B	22	kOhm	C12	A	220	μ F/16 V
R13	A + B	12	kOhm	C13	A	470	μ F/16 V
R14	A + B	47	kOhm	C14	A + B	4,7	nF
R15	A + B	68	kOhm	C15	A + B	15	nF
R16	A	470	Ohm	C16	A + B	4,7	nF
R17	A + B	2,2	kOhm	C17	A + B	4,7	nF
R18	A + B	4,7	kOhm	C18	A + B	15	nF
R19	A + B	22	Ohm	C19	A + B	15	nF
R20	A + B	1	kOhm	C20	A + B	47	nF
R21	A + B	1	kOhm	T1	A + B		BC 172
R22	A + B	100	Ohm	T2	A + B		BC 172
R23	A + B	100	Ohm	T3	A + B		BC 172
R24	A + B	47	kOhm				
R25	A + B	47	kOhm				
R26	A	470	Ohm				
R27	A	150	Ohm				

o1	3 x 2	Gegenseitiger	Umschalter
o2	1 x 2	Separat	Umschalter
o3	1 x 2	Separat	Umschalter
P1	47 kOhm	Lautstärkregler,	Stereo
P2	47 kOhm	Balanceregler,	Mono
P3	100 kOhm	Diskantregler,	Stereo
P4	220 kOhm	Baßregler,	Stereo

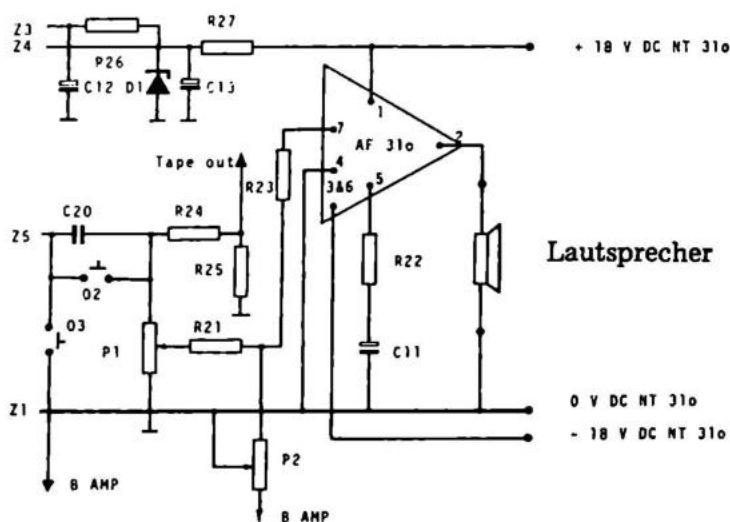
Frequenzgang für den kompletten Verstärker



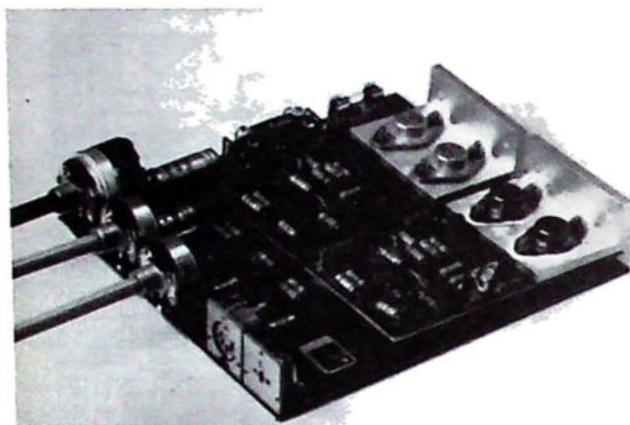
Frequenzgang des Vorverstärkers für dynamischen Plattenspieler



Ausgangsverstärker



GP312 KLANGREGLERBAUSTEIN MONO — FÜR AUTOBETRIEB



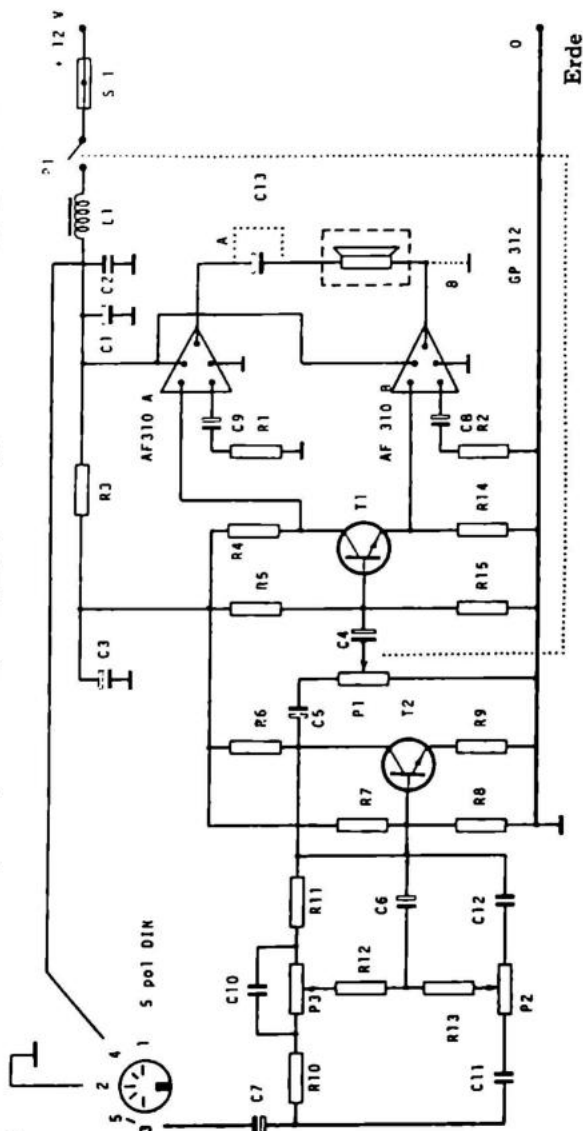
Man benutzt 2 gekoppelte AF 310 Endstufen. Wie man auf dem Bild sieht, ist GP 312 ein richtig autofreundlicher Verstärker, bei dem Lautsprecheranschluss und Eingangsstecker zusammen mit den Potentiometern auf der Frontseite angebracht sind. Nur die Spannung läuft von hinten herein. Die Rückseite der Platine paßt an eine Standardkühlplatte. GP 312 ist mit einem Störfilter versehen, an dem Plus und Minus angeschlossen werden, um Zündstörungen o.ä. auszuschließen.

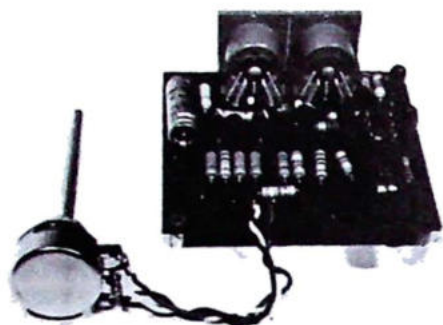
Technische Daten:

Betriebsspannung	12 — 15 V
Stromverbrauch	40 — 2000 mA
Empfindlichkeit bei 1 W	100 mV
Verzerrung bei 1 W	2 %
Ausgangsleistung bei 10% Verzerrung	10 W
Baß- und Diskantvariation	± 12 dB
Lautsprecheranschluß	4 Ohm

Stückliste:

R1	100 Ohm	R13	5,6 kOhm	C9	47 nF
R2	100 Ohm	R14	1 kOhm	C10	2,2 nF
R3	120 Ohm	R15	10 kOhm	C11	2,2 nF
R4	1 kOhm	C1	470 uF/16 V	C12	2,2 nF
R5	22 kOhm	C2	100 nF	C13	1000 uF/16 V
R6	3,9 kOhm	C3	220 uF/16 V	P1	10 kOhm Potentiometer log.
R7	180 kOhm	C4	6,8 uF/40 V o. 6,4 uF/25 V	P2	100 kOhm Potentiometer lin.
R8	10 kOhm	C5	6,8 uF/40 V o. 6,4 uF/25 V	P3	100 kOhm Potentiometer lin.
R9	22 Ohm	C6	6,8 uF/40 V o. 6,4 uF/25 V	T1	BC 172 o. BC 173
R10	3,9 kOhm	C7	6,8 uF/40 V o. 6,4 uF/25 V	T2	BC 172 o. BC 173
R11	4,7 kOhm	C8	6,8 uF/40 V o. 6,4 uF/25 V		
R12	10 kOhm				





GU 330 ist ein Tremolo, welches nach einer einstellbaren Frequenz das eingegebene Signal im vibrierenden Takt hebt und senkt.

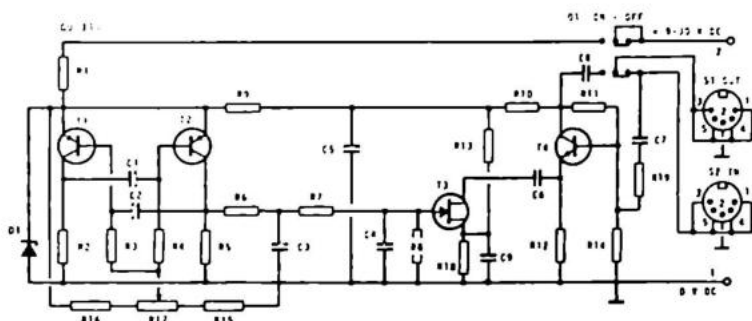
Die Tremolofrequenz wird über das Potentiometer R17 geregelt. Man kann eine zusätzliche Feinabstimmung einbauen, indem man R5 durch die Serienschaltung eines 47 kOhm LIN-Potentiometers mit einem 4,7 kOhm Widerstand ersetzt. Wenn z.B. eine Gitarre angeschlossen ist, wird das Signal über GU 330 direkt in den Verstärker geleitet. Drückt man den Schalter 01 so, wird die Batterie oder das Netzteil abgeschaltet, und gleichzeitig Eingangsbuchse und Ausgangsbuchse direkt durchverbunden. Es ist kein zeitraubendes Ein- und Ausstöpseln erforderlich.

Instrumente benutzt werden, oder als Effektgerät für Ihr Tonband. Das Eingangssignal sollte 300 mV nicht überschreiten.

GU 330 kann nicht zwischen Verstärker und Lautsprecher geschaltet werden.

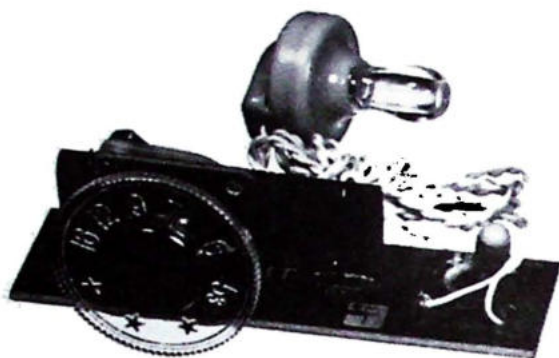
Technische Daten:

Betriebsspannung	9 – 30 V Gleichstrom
Stromverbrauch bei 9 V	4 mA
Tremolofrequenz	2 – 10 Hz
Eingangssignal max.	300 mV
Eingangsimpedanz	56 kOhm
Ausgangsimpedanz	4,7 kOhm
Verzerrung	2 %



Stückliste:

R1	1 kOhm		
R2	33 kOhm		
R3	33 kOhm		
R4	33 kOhm		
R5	15 kOhm		
R6	33 kOhm		
R7	33 kOhm		
R8	12 kOhm		
R9	3,9 kOhm		
R10	12 kOhm		
R11	68 kOhm		
R12	12 kOhm		
R13	4,7 kOhm		
R14	180 kOhm		
R15	10 Kohm		
R16	3,9 kOhm		
R17	10 kOhm	C7	10 uF/25 V
R18	5,6 kOhm	C8	10 uF/25 V
R19	56 kOhm	C9	10 uF/25 V
C1	2,2 uF/35 V	T1	MEO412
C2	2,2 uF/35 V	T2	MEO412
C3	1 uF/35 V	T3	2N4302
C4	1 uF/35 V	T4	BC 173
C5	220 uF/16 V		
C6	10 uF/25 V	D1	ZF 7,5



HF 61 ist einfach im Aufbau wie ein Kristallapparat nach altem Muster. Statt eines Kristalls wird aber eine Diode verwendet.

Der Bausatz enthält alle notwendigen Teile, um "kleiner Radioamateur" zu werden.

HF 61 ist ein Bausatz, der einfach und wirkungsvoll ist.

Die Grobabstimmung nimmt man vor, indem man mehr oder weniger Windungen auf einen Ferritstab wickelt. Wenn man die richtige Windungszahl gefunden hat, kann man den Stab in eine Papphülse legen und bis zur richtigen Abstimmung verschieben. Bei ca. 50 Windungen ist der Empfang auf Langwelle schon verhältnismäßig gut (ca. 30 Windungen bei Mittelwelle). Die Feinabstimmung erfolgt mit C2. Als Antenne genügt meistens schon ein 1m langes Kabel, verbunden mit einem Wasserrohr oder der Zentralheizung. An HF 61 kann mit gutem Ergebnis ein kleiner Verstärker angeschlossen werden, z.B. AF 20.

Technische Daten:

Betriebsspannung

Empfangsart

Empfangsbereich

Anschluß

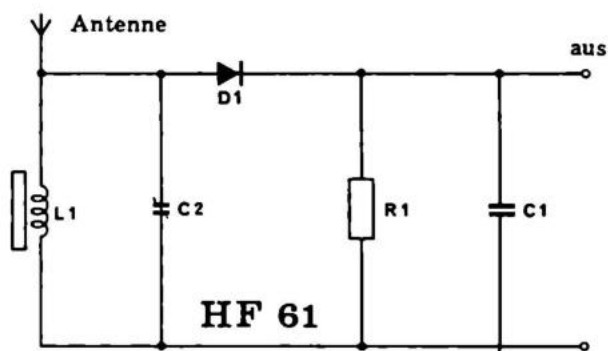
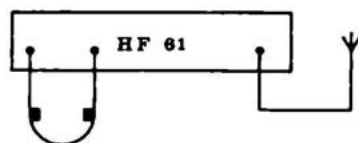
keine

Diodendetektor

Mittelwelle und Langwelle

Ohrhörer oder Verstärker

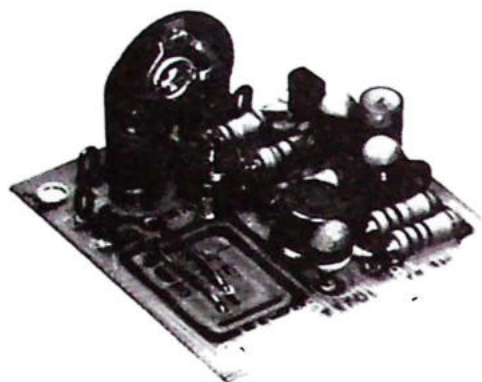
z.B. AF 20



Stückliste:

R1	10 Kohm
C1	4,7 nF/125 V
C2	300 pF
D1	AA 119

L1 Ferritstab m. 50 Wind.Litze



HF 65 ist in unkundigen Händen ein unerlaubter UKW-Sender. Er ist eigentlich berechnet als Meßsender für Radiofachleute usw. Der Sender kann auf UKW- und Fernsehband arbeiten und sollte in ein Metall-Gehäuse eingebaut werden, damit keine unkontrollierte Abstrahlung der erzeugten Frequenz erfolgt. Der Senderausgang ist über ein abgeschirmtes Kabel mit dem Prüfling, z.B. dem Antenneneingang eines Radios zu verbinden.

soll, ein Sinuston, Sprache über ein Mikrophon oder Musik, wird zum Lautstärkepotentiometer R6 geleitet. Das Signal wird im Transistor verstärkt und zum Senderoszillator geführt, um die dort erzeugte Hochfrequenz zu modulieren.

Am Oszillator ist zur Rückkopplung der Kondensator C1 montiert. In der geerdeten Basiskopplung, welche benutzt wurde, besteht keine Phasendrehung zwischen Kollektor und Emitter. Also erhält man über den Kondensator C1 eine Mitkopplung, die bewirkt, dass der Oszillator ungedämpfte Schwingungen erzeugt.

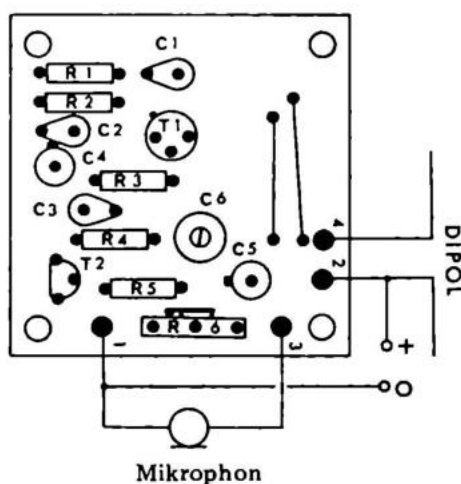
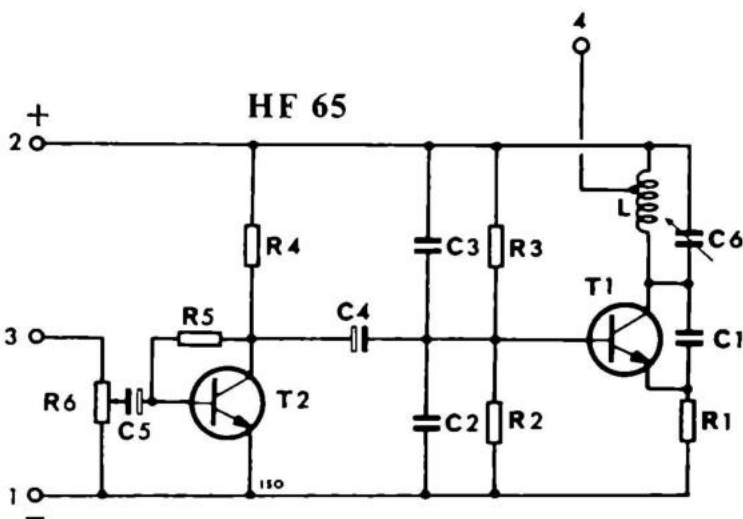
Oszillator.

Das Ausgangssignal läuft durch eine Anzapfung zur Antenne oder einem Kabel.

HF 65 darf in verschiedenen Länder nur von Amateurlizensinhabern betrieben werden und muß von der Post zugelassen werden.

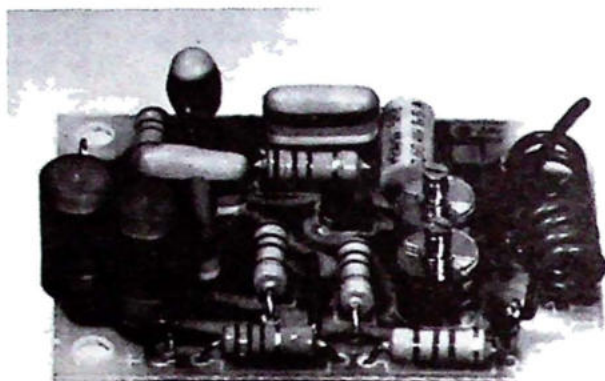
Technische Daten:

Betriebsspannung	4,5 — 40 V Gleichstrom
Stromverbrauch	10 mA bis 50 mA
Max. Ausgangsleistung bei 40 V	300 mW
Frequenzbereich	60 MHz — ca. 145 MHz
Eingangsempfindlichkeit	dynamisches Mikrophon 10 mV
Max. Eingangsimpedanz	22 kOhm



Stückliste:

R1	100 Ohm
R2	10 kOhm
R3	10 kOhm
R4	4,7 kOhm
R5	220 kOhm
R6	22 kOhm
C1	3 pF
C2	470 pF
C3	470 pF
C4	6,4 uF/25 V
C5	6,4 uF/25 V
C6	20 pF
T1	2N2219
T2	BC 172



HF 75 ist ein superregenerativer Empfänger für Frequenzen zwischen 25 und 200 MHz.

Der Empfänger hat, obwohl nur ein Transistor verwendet wurde, eine außerordentliche Empfindlichkeit.

Das Prinzip eines superregenerativen Empfängers ist folgendes: Mit einem Transistor und einem abgestimmten Kreis wird die Stufe auf die Empfangsfrequenz abgestimmt. Über einen zweiten Schwingkreis bringt man den Oszillator auf einer wesentlich niedrigeren Frequenz, z.B. 50 kHz, zum Schwingen. Mit dieser Schwingamplitude wird nun der Arbeitspunkt des Transistors im 50 kHz-Rhythmus hin- und hergeschoben mit dem Erfolg, daß bei richtig eingestellter Rückkopplung über C2 der Transistor auf der Empfangsfrequenz im selben Takt um den Schwingungseinsatz pendelt (daher auch der Name "Pendelrückkopplungsempfänger"). Auf diese Weise erhält man eine nahezu ideale Entdämpfung des Empfangskreises, was mit einer fest eingestellten Rückkopplung nie erreichbar ist. Durch diesen Kniff wird die Stufe sehr trennscharf und bringt ausserdem eine sehr hohe HF-Verstärkung. Die Stufe fungiert ausserdem gleichzeitig als Demodulator, so daß am Ausgang bereits ein NF-Signal zur Verfügung steht.

HF 75 darf in verschiedenen Ländern nicht in dieser Ausführung verwendet werden, und es werden deshalb auch modifizierte Ausführungen hergestellt.

Technische Daten:

Betriebsspannung

9 V Gleichstrom

Stromverbrauch

2 mA

Empfangsbereich

25 – 200 MHz

Empfangsart

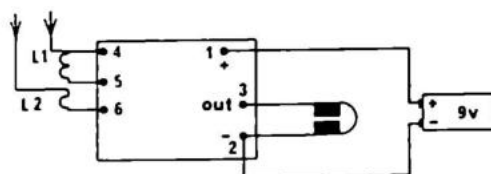
superregenerativ

Anschlußspannung für Rundfunk

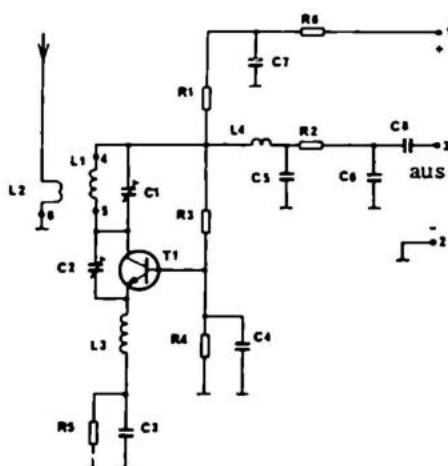
50 mV

Anschlußspannung für Hochimpedanz-Kopfhörer

50 mV



HF 75



Stückliste:

R1 2,2 kOhm

R2 5,6 kOhm

R3 5,6 kOhm

R4 2,7 kOhm

R5 220 Ohm

R6 1 kOhm

C2 20 pF

C3 47 nF/125 Volt

C4 470 pF/125 Volt

C6 47 nF/125 Volt

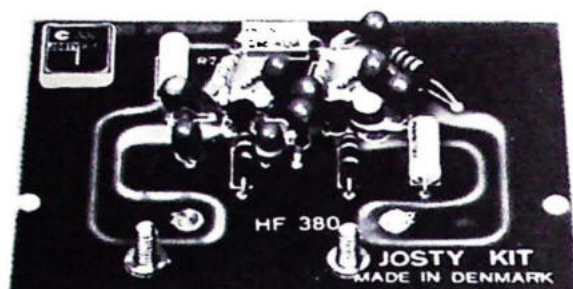
C6 22 nF/125 Volt

C7 12,5 uF/25 Volt

C8 12,5 uF/25 Volt

C1 20 pF

T1 BF 125



HF 380 ist ein Antennenverstärker ohne abgestimmte Kreise. Er deckt das ganze Fernseh- und FM-Band sowie die Kanäle der mobilen Funksprechgeräte.

Die Verstärkung liegt bei 10 dB. Das Aufkommen der billigen UHF-Transistoren BF 125 hat diese Konstruktion ermöglicht. Die Verstärkung der Transistoren liegt über 100, weshalb es notwendig war, sie kräftig gegenzukoppeln. Wenn Sie den Schaltplan betrachten, sehen Sie, daß beide Transistoren gegengekoppelt sind. Der Transistor T1 durch R1 und C3, und T2 durch R5 und C7.

S2 ist ein Filter, der Rückkopplungen und Selbstschwingungen von T2 nach T1 verhindert.

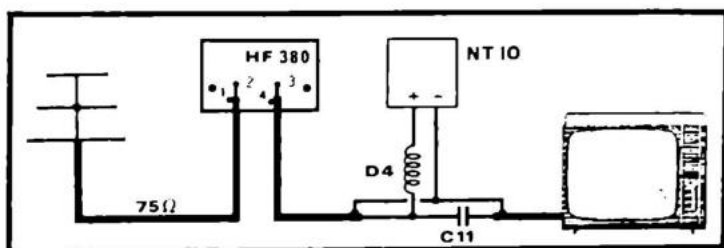
S3 ist eingesetzt, um die Gleichspannung zu den Transistoren zu führen, und um das verstärkte Hochfrequenzsignal am kurzschließen zu hindern. Es soll beim passieren von HF 380 ja verstärkt werden. Es ist sehr wichtig, die Ein- und Ausgangsimpedanzen einzuhalten. Lesen Sie bitte die Beschreibung, die den korrekten Anschluß von Antenne und Empfänger aufweist.

Wenn man C3 entfernt, kann man 20 dB mehr Verstärkung erreichen, aber es besteht die Gefahr des Selbstschwingens, – Streifen auf dem Fernsehschirm oder Brummen im Radio. Das schadet aber weder dem Empfänger noch HF 380.

HF 380 muß am Mast bei der Antenne angebracht werden!

Technische Daten:

Betriebsspannung	9 – 12 V	Frequenzbereich	10 – 350 MHz
Stromverbrauch	ca. 10 mA	Antennenimpedanz	70 – 75 Ohm
Verstärkung	ca. 12 dB	Transistoren	2 Silizium



Stückliste:

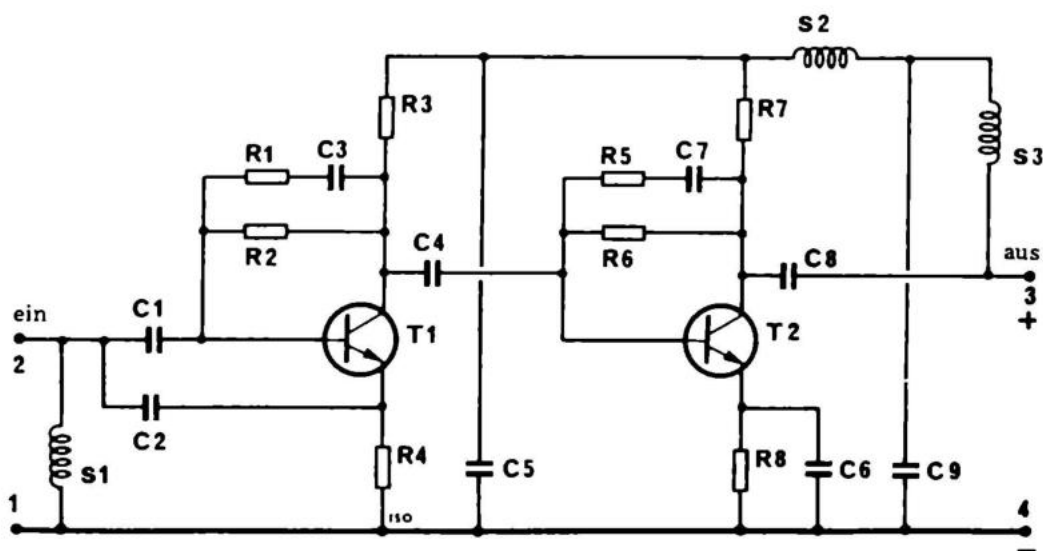
R1	270 kOhm
R2	18 kOhm
R3	1,8 kOhm
R4	18 Ohm
R5	270 Ohm
R6	18 kOhm
R7	1,2 kOhm
R8	18 Ohm
R9	270 Ohm

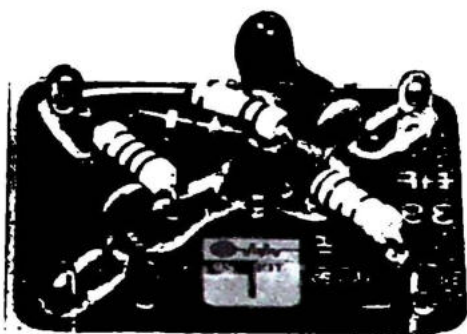
C1	1 nF
C2	3 pF
C3	100 pF
C4	100 pF
C5	1 nF

C6	15 pF
C7	100 pF
C8	100 pF
C9	1 nF
C10	1 nF
C11	1 nF

S1	0,68 uH
S2	0,68 uH
S3	0,68 uH
S4	0,68 uH

T1	BF 125
T2	BF 125





HF 395 ist ein Antennenverstärker modernster Ausführung. Er ist aufgebaut mit einem Silizium-Epitaxial-Transistor mit sehr geringer Rückwirkungskapazität und geringer Phasenverschiebung,

sammen mit der weiterentwickelten Hochfrequenzplatine, einem Hochfrequenzwiderstand und diversen, üblichen Qualitätskomponenten macht, daß man eine bewundernswerte Verstärkung aus einer einfachen Schaltung erhält, bei geringer Störzahl. HF 395 kann angewandt werden für:

Langwellenempfänger	Fernseh-Kanäle 2—12
Mittelwellenempfänger	UKW-Band
Kurzwellenempfänger	Taxifunk bis 175 MHz
Sprechfunk	

Da HF 395 nicht mit Spulen bestückt ist, braucht er nur zusammengebaut und richtig angeschlossen und montiert werden. Man braucht also nicht die richtige Frequenz einstellen. Wenn man HF 395 in Verbindung mit älteren UKW-Empfängern benutzt, um das Signal von weiter entfernten Stationen ein wenig aufzubessern, ist es von Vorteil, wenn man den Kondensator C1 durch einen anderen von 10 pF ersetzt anstelle des mitgelieferten von 470 pF. Das wird deshalb gemacht, weil die AM-Unterdrückung der älteren Empfänger im allgemeinen sehr schlecht ist und gerade diese Bänder durch HF 395 vorzüglich verstärkt werden. Dieser Verstärkung der niedrigen Frequenzen wirkt man durch obengenannte Änderung entgegen. Diese Änderung ist nicht notwendig bei normalen Empfängern.

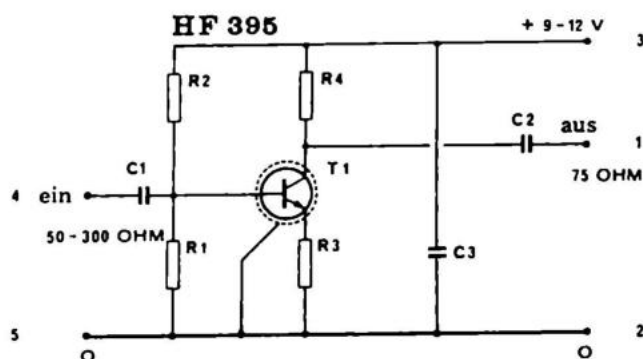
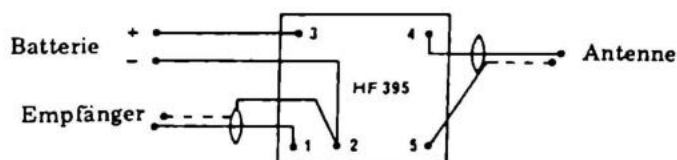
Will man HF 395 für das normale AM-Band benutzen (Lange-, Mittel- und Kurzwelle), braucht man nur ein paar Meter Kabel an der Lötöse 4 (Eingang) anzuschließen.

Sofort wird ein sonst schwaches Radio mehr Stationen empfangen können, und die Stationen, die vorher schwach waren und überlagert, werden nun hörenswert.

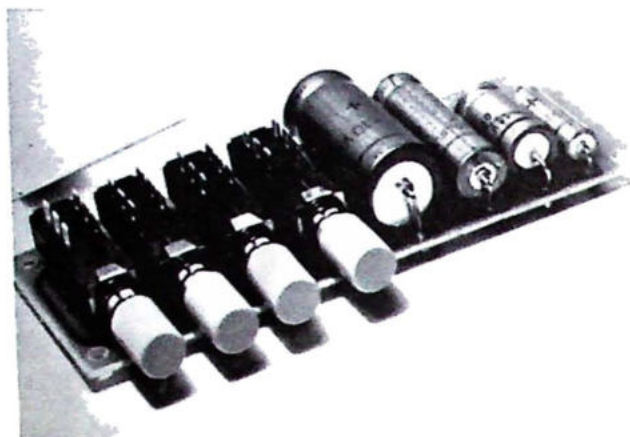
HF 395 ist mit Funktelefonen getestet worden. Alle Geräte wiesen eine hörbare Verbesserung des Empfangs bei Signalstärken unter 1 μV auf, und die Begrenzerstufen traten früher in Funktion.

Technische Daten:

Betriebsspannung	6 – 15 V
Stromverbrauch	1 – 3 mA
Spannungsverstärkung bis 20 MHz min.	30 dB
Spannungsverstärkung bis 100 MHz min.	10 dB
Spannungsverstärkung bis 225 MHz min.	5 dB
Geräuschniveau max.	2 KT _O
Eingangsimpedanz	50 – 300 Ohm
Ausgangsimpedanz	50 – 75 Ohm



Stückliste:		C1	470 pF
R1	22 kOhm	C2	470 pF
R2	100 kOhm	C3	1 nF
R3	18 kOhm	T1	BF 125
R4	1,2 kOhm		

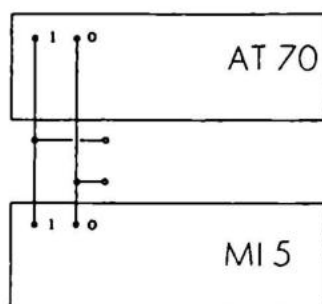


MI 5 ist ein Kondensatorsatz mit Einschaltern für die 4 eingebauten Kondensatoren. Da die Schalter sich gegenseitig nicht auslösen, gibt es sehr viele Möglichkeiten für Kapazitätswerte. MI 5 ist eigentlich konstruiert als Zeitschalter für die Belichtungsautomatik AT 70, ist aber auch als Kondensatordekade anwendbar. Wenn man statt der Kondensatoren Widerstände einsetzt, kann MI 5 auch als Widerstanddekade benutzt werden.

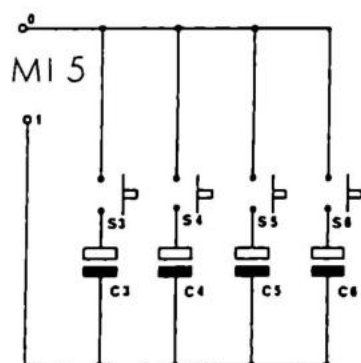
Technische Daten:

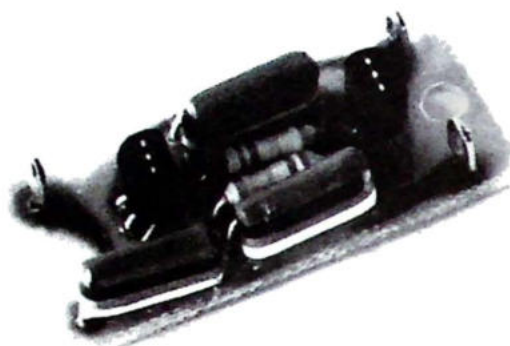
4 parallelgeschaltete Drucktastenschalter mit folgenden Daten:

Max. Strom	1 A
Max. Spannung	300 V
Max. Belastung	50 W
Durchgangswiderstand	$3 - 6 \times 10^{-3}$ Ohm
Kondensatorwert Cx	25 uF - 1000 uF
Schaltzeiten in Verbindung mit Josty Kit AT 70 Kurzzeitregler	1/5 - 45 sek.

**Stückliste:**

C3	25 uF/25 V
C4	125 uF/16 V
C5	250 uF/16 V
C6	1000 uF/10 V



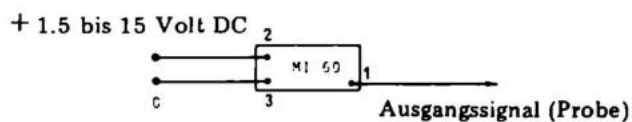


MI 60 ist ein astabiler Multivibrator, der angenäherte Viereckimpulse liefert.

Der Multivibrator kann als Fehlersuchinstrument für HF und NF benutzt werden, da diese spezielle Kurvenform so viele Obertöne enthält, daß man sie sogar hören kann, wenn man MI 60 an den Antenneneingang eines UKW-Empfängers anschließt. Die Funktionsart des astabilen Multivibrators ist im Grundbuch besprochen. Wenn man MI 60 mit einem UKW-Sender verbindet, erhält man einen Störsender. Störsender werden oft im "kalten Krieg zwischen Ost und West" verwendet, sind aber verständlicherweise verboten.

Technische Daten:

Betriebsspannung	1,5 bis 15 V Gleichstrom
Stromverbrauch	0,5 bis 5 mA
Ausgangsspannung	1 bis 14 Volt (Spitzenwert)
Kurvenform	angenähertes Rechteck
Ausgangssignal	5 KHz bis 10 MHz

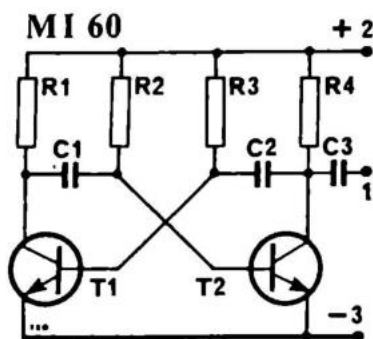


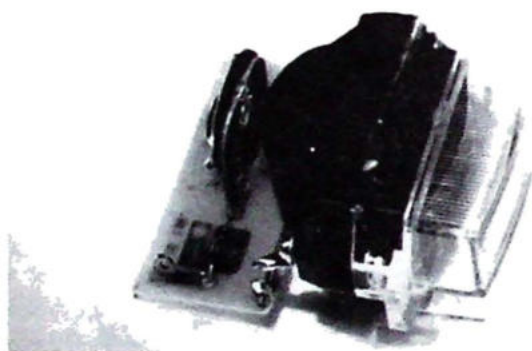
Stückliste:

R1	4,7 kOhm
R2	120 kOhm
R3	120 kOhm
R4	4,7 kOhm

C1	10 nF
C2	10 nF
C3	10 nF

T1	BC 172 o. BC 173
T2	BC 172 o. BC 173





MI 91 ist ein VU-Meter Bausatz, der aus einem 50 mA Instrument, einem Trimpotentiometer und einer Diode besteht. Das Instrument kann außer als VU-Meter auch als Watt-Meter o.ä. benutzt werden.

MI 92 ist ein Balancemeter. Es wird parallel zu den beiden Lautsprechern geschaltet. Bei falscher Balanceeinstellung schlägt der Zeiger zu der Seite aus, auf der das Signal zu stark ist.

Technische Daten:

MI 91

Eingangsimpedanz

3,2 – 800 Ohm

Belastbarkeit

1 – 200 W

Dämpfung

effektiver Wert

MI 92

Eingangsimpedanz

3,2 – 16 Ohm

Belastbarkeit

1 – 50 W

Effektunterschied in der Balance

3 – 0 – 3 W

Zeigerausschlag

1 – 0 – 1

Zeit der Dämpfung bis zum effektiven Wert

2 sek.

MI 91 – Stückliste:

R1 100 kOhm

D1 AA 119

M 100 uA Anzeiginstrument

MI 92 – Stückliste:

R1 10 kOhm

R2 10 kOhm

R3 10 kOhm

R4 10 kOhm

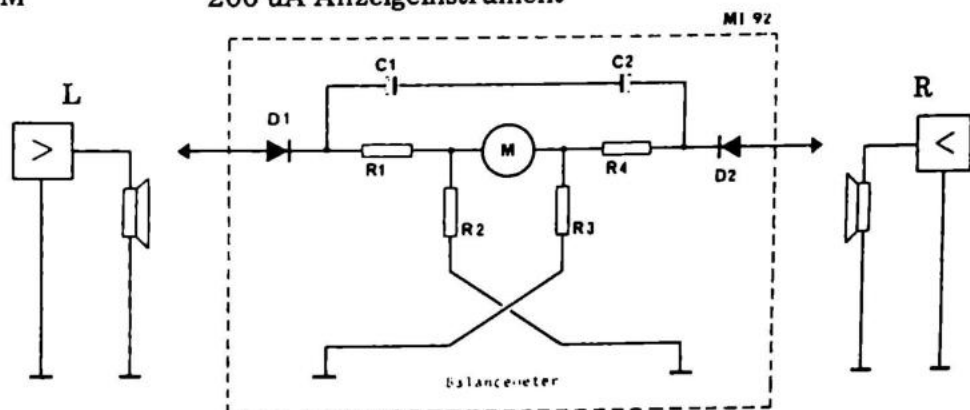
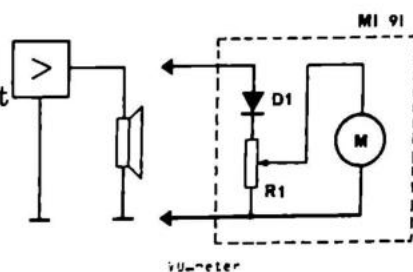
C1 25 uF/25 V

C2 25 uF/25 V

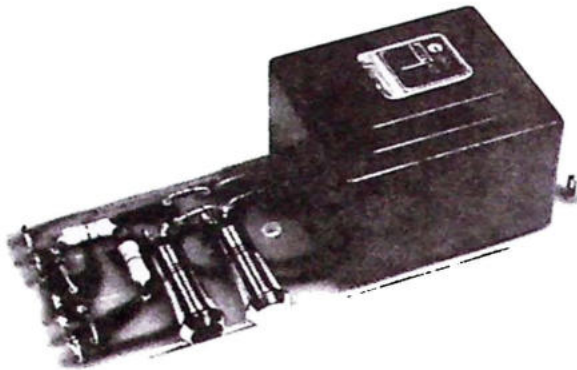
D1 AA 119

D2 AA 119

M 200 uA Anzeiginstrument



MI 302 TRANSISTORTESTER



MI 302 ist konstruiert als Transistortester, kann aber auch für Dioden, Zenerdioden, Triacs, Thyristoren und Uni-Junction-Transistoren verwendet werden.

Transistoren: Egal ob NPN oder PNP-Typen, wird die Meßleitung mit C am Kollektor, mit B an der Basis und mit E am Emitter angeschlossen. Sind die Transistoren in Ordnung und die Leitungen richtig angeschlossen, leuchtet die grüne Lampe. Alle anderen Kombinationen weisen darauf hin, daß der Transistor nicht in Ordnung ist.

Dioden: Sie schließen die Anschlußdrähte der Diode an die NPN-Klemmen C und E an. Messen Sie die Diode in der Durchgangsrichtung, leuchten beide Lampen. Die Kathode (mit dem Strich) liegt dann an E, die Anode an C. Ist die Diode umgekehrt angeschlossen, leuchtet keine Lampe.

Zenerdioden: Zenerdioden werden wie Dioden gemessen. Die Lampen dürfen jedoch gerne schwach leuchten. Der Strich auf der Zenerdiode gibt die Sperrichtung an. Es ist hier also umgekehrt als bei der Diode.

Triacs: Triacs werden wie Transistoren geprüft. Die grüne Lampe sollte auch dann leuchten, wenn Sie C und E vertauschen. Nehmen Sie die NPN-Klemmen; C für die Anode (1), B für Gate (2) und E für die Kathode (3). Die Stellung ist gleich der bei einfachen Transistoren. Kollektor (1), Basis (2), Emitter (3).

Thyristoren: Thyristoren prüft man wie Triacs bzw. Transistoren.

Uni-Junction-Transistoren: Sie schließen die E-Klemme der PNP-Seite an den mittleren Anschluß des UJT's. Die C-Klemme wird erst an den einen, dann an den anderen Anschluß gehalten (Basis 1 und Basis 2). Beide Male sollte die Lampe leuchten.

MI 302 ist mit Schutzwiderständen gesichert, so daß ein Kurzschluß zwischen den Anschlußklemmen oder ein falscher Anschluß weder das Meßobjekt noch MI 302 zerstören kann.

Technische Daten:

Betriebsspannung

220 V Wechselstrom

Stromverbrauch

2 W

Meßspannung

12 V

Meßbare Teile

Transistoren

Dioden

Triacs

Zenerdioden

Unijunction Transistoren

Gesteuerte Gleichrichter (SCR)

Stückliste:

R1 470 Ohm

R2 470 Ohm

D1 1N 4148

D2 1N 4148

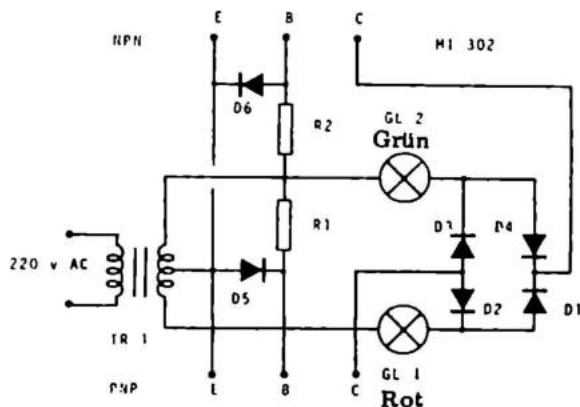
D3 1N 4148

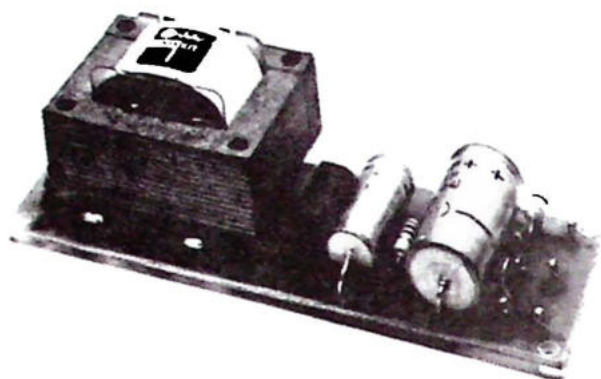
D4 1N 4148

D5 1N 4148

D6 1N 4148

TR1 Transformator





NT 10 ist ein kleines Universalnetzteil mit 6 Lötösen im Ausgang, welche es möglich machen NT 10 für viele verschiedene Zwecke zu benutzen. Nachfolgend sind die 4 gebräuchlichsten Kombinationen skizziert und erklärt:

Bild 1: Wenn sie ZF 9,1 zwischen a und c anbringen, (denken Sie daran, daß der Strich auf der Zenerdiode nach a zeigen muß) erhalten Sie eine stabilisierte Stromversorgung mit einer Ausgangsspannung von 9 Volt zwischen 3 und 1, geeignet für Transistorradios oder Tonbandgeräte mit einer Ausgangsleistung von 0,5 W. Außerdem für alle Anordnungen mit stark variierendem Stromverbrauch.

Bild 2: Diese Anordnung wählt man, wenn man zenerstabilisierte Spannungen unter 9,1 Volt wünscht. Man setzt einen Widerstand von z.B. 100 Ohm zwischen a und b, und eine Zenerdiode von z.B. 7,5 V zwischen b und c. Die zenerstabilisierte Spannung wird zwischen 1 und 2 entnommen.

Bild 3: Hier ist die Spannung zwischen 1 und 2 durch einen Transistor, eine Zenerdiode und einen Widerstand stabilisiert. Die Werte der Einzelteile sind abhängig von der Spannung der Zenerdiode. Diese darf nicht größer als 7,5 Volt sein. R1 z.B. = 10 Ohm, R = 270 Ohm.

Bild 4: In dieser Anordnung stellen die zwei Widerstände einen Spannungsteiler dar, bei dem man die Spannung zwischen 1 und 2 entnimmt. Wenn man an Stelle des einen Widerstandes ein Trimpotentiometer einsetzt, erhält man

eine variable Stromversorgung von 0–9 Volt. Es muß jedoch bemerkt werden, daß dann nur Schaltungen mit geringem Stromverbrauch angeschlossen werden können, da dieser sonst die Regulierung und Stabilität der Ausgangsspannung übersteigt. Trimpotentiometer = 470 Ohm.

NT 10 ist, wie Sie sehen, ein kleines universelles Netzteil mit vielen Möglichkeiten.

Technische Daten:

Betriebsspannung 220 V Wechselstrom

Ausgangsspannung, stabilisiert 9 V Gleichstrom bei 100 mA

Ausgangsspannung,
nicht stabilisiert

12 V Gleichstrom bei 10 mA

NT 10

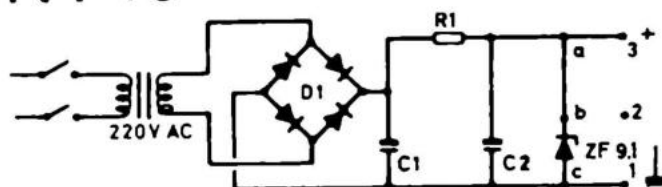


FIG. 1

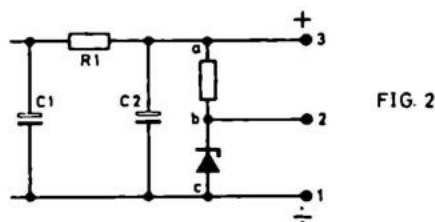


FIG. 2

Stückliste:

R1 10 Ohm

C1 470 uF/16 Volt

C2 1000 uF/16 Volt

VT B40C600/40 Volt

ZF 9,1

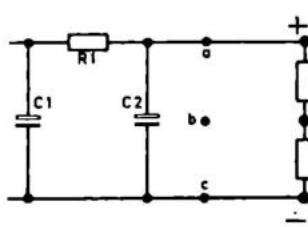


FIG. 4

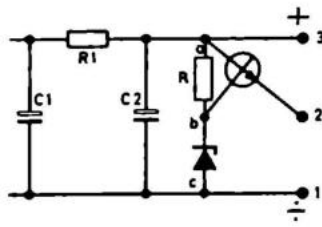
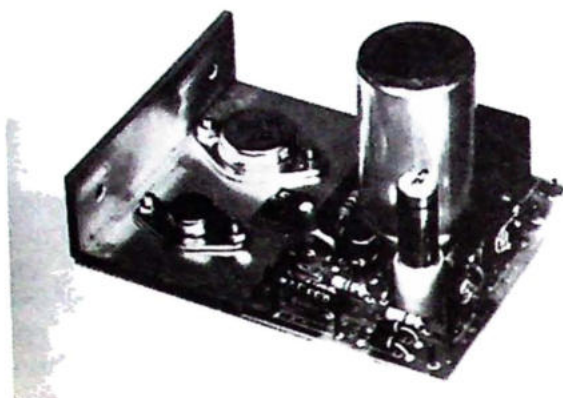


FIG. 3



NT 300 ist eine hochstabile Laboratoriumsstromversorgung, mit eingebauter elektronischer Sicherung und integriertem Schaltkreis. Man kann jeden Transformator zwischen 15 und 30 Volt benutzen, und der Strom kann 100 mA – 3 A sein.

Der IC enthält einen Differentialverstärker und eine stabile Spannungsfrequenz. Da der IC keinen Strom von mehr als ca. 50 mA abgeben kann, ist eine Leistungsstufe nachgeschaltet. Die Ausgangsspannung ist variabel von ca. 2 Volt bis zur Spannung des Transformators. Der Strom ist regelbar von 10 mA bis zum maximalen Strom des Transformators.

Technische Daten:

Eingangsspannung	18 – 35 V Wechselstrom
Ausgangsspannung	2 – 35 V Gleichstrom
Kontinuierliche Belastung	50 W
Maximale Belastung	100 W
Strombegrenzungseinstellung	10–2200 mA
Maximaler Ausgangsstrom	2,2 A
Erweiterungsmöglichkeit	4 A
Brummspannung eff. bei 1 A	1 mV
Belastungsstabilität 0 – 1 A	50 mV
Temperaturbereich (Ausgangsspannung)	10 ⁻⁴ /Grad

NT 300 ist ein universell verwendbares stabilisiertes Netzteil. In der untenstehenden Übersicht ist angegeben, wie Sie die gewünschte Ausgangsspannung und die Stromstärke erreichen.

Spannung	Strom	R4	R7A	R7B	R11	D1 + D2	Trafo
2 - 3 V	0 - 1A	Ja	Ja	Nein	Kurzschl.	Ja	34/30 V, 1A
9 - 35 V	0 - 2,2A	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	30 V, 2,2A

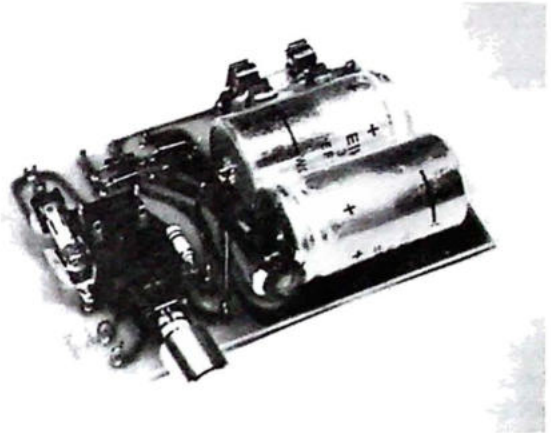
Bei Austausch des Brückengleichrichters durch einen größeren, z.B. B 40C5000, können Sie folgende Werte erhalten

2 - 20 V	2,2 - 3A	Ja	Nein	Ja	Kurzschl.	Kurzschl.	24 V, 2A
2 - 15 V	2,2 - 4A	Ja	Nein	Ja	Kurzschl.	Kurzschl.	2 x 24V, 2A

Ja = Widerstand wird eingebaut.

Nein = Widerstand wird nicht eingebaut (bzw. entfernt)

Kurzschl. = Bauteil wird durch Kurzschlußbrücke ersetzt.



NT 310 ist eine Stromversorgung, die für den Verstärker GP 310 entwickelt wurde.

NT 310 ist eine Doppelstromversorgung, mit eingebautem Netzschalter, Anzeigelampe und Sicherungen für die 220 V Seite und die Niedervolt-Seite.

Das Netzteil ist mit 2 großen Elektrolytkondensatoren bestückt, die Brummen u.ä. entfernen.

Technische Daten:

Eingangsspannung	220 V Wechselstrom
Ausgangsspannung	max. + 18, 0, -18 V Gleichstrom
Stromstärke	2 A
Brummspannung bei 1 A eff.	< 0,5 V

Stückliste:

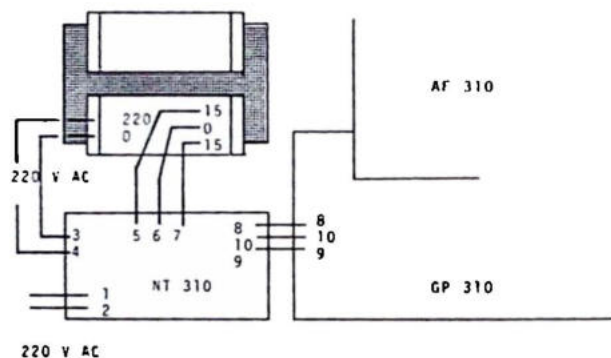
- R1 150 Ohm
- D1 IN 4005
- D2 IN 4005
- D3 IN 4005
- D4 IN 4005

- C1 4700 uF/16-18 V
- C2 4700 uF/16-18 V

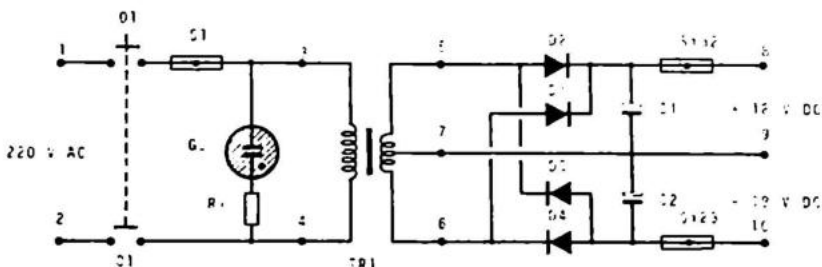
- S1 Sicherung 250 mA träge
- S2 Sicherung 2 A schnell
- S3 Sicherung 2 A schnell

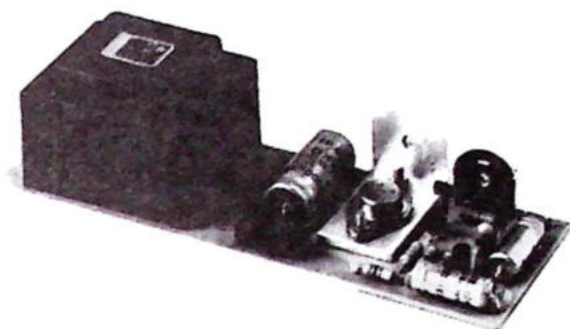
GL Glühlampe 110 V

TR 1 Prim. 220 V AC
 Sek + 15 V AC, 0V,
 - 15 V AC



Zusammenschaltung von NT 310, GP 310 und AF 310 zu einem kompletten Stereoverstärker.





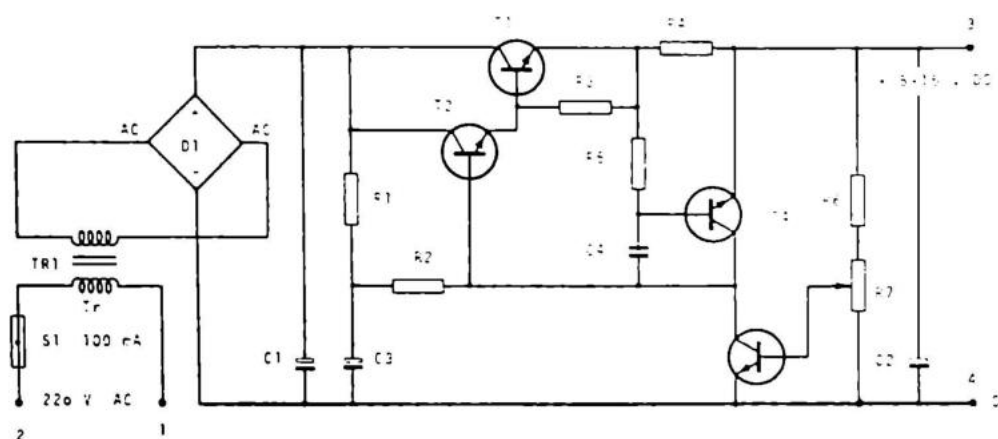
NT 315 ist geeignet für Kasettentonbandgeräte, Walkie-Talkies usw. Die Stromversorgung ist sowohl stabilisiert als auch mit einer elektronischen Sicherung versehen.

Die Transistoren T1 und T2 sind ein Darlington-Paar, das von T3 gesteuert wird. Normalerweise ist eine Zenerdiode im Emitter dieses Transistors eingesetzt, um eine genaue Referenzspannung zu erhalten. Wenn man mit einer Langzeitstabilität von 5–10% auskommt, genügt übrigens die eingebaute Referenz in der Basis-Emitterstrecke von T3 (0,7 V). R6 begrenzt die Spannungseinstellung, so daß die Variation durch R7 linear wird. T4 stellt zusammen mit R4 und R5 die elektronische Sicherung dar.

C4 verhindert Selbstschwingen der elektronischen Sicherung. C2 sichert gegen Spannungsimpulse in umgekehrter Richtung. Arbeitet man mit induktiven Strömen, großen Relais usw., kann man als extra Sicherung eine Diode im Ausgang, von Plus nach Minus, anbringen.

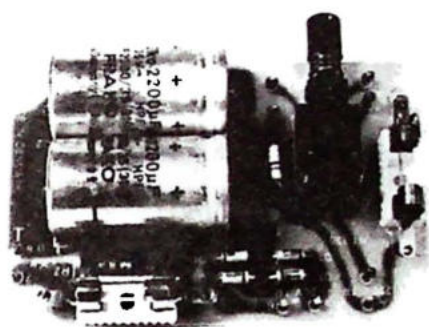
Technische Daten:

Eingangsspannung	220 V Wechselstrom
Ausgangsspannung	4,5 – 15 V
Stromstärke	0 – 500 mA
Max. Belastbarkeit	ca. 600 mA
Brummspannung bei 250 mA	ca. 10 mV



Stückliste:

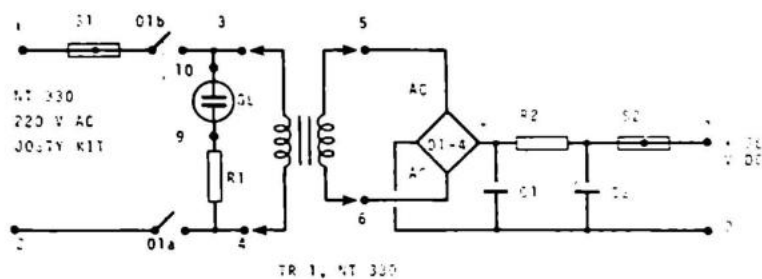
		C1	1000 uF/16 Volt
		C2	100 uF/35 Volt
		C3	100 uF/35 Volt
R1	1 kOhm	T1	40312
R2	1 kOhm	T2	BC 171
R3	270 Ohm	T3	BC 171
R4	1 Ohm	T4	BC 171
R5	1 kOhm		
R6	3,3 kOhm		
R7	470 Ohm	D1	B40C600



NT 330 ist ein Netzteil, das speziell für die Bausätze AF 310 und GP 304 entwickelt wurde. Die Platine ist mit Sicherungshaltern, Netzschalter und Glimmlampe versehen. Der abgegebene Wert liegt ungefähr 50% über dem auf dem Transformator angegebenen Wert. In seinem Aufbau ähnelt der Bausatz NT 310.

Technische Daten:

Betriebsspannung über Transformator	220 V Wechselstrom
Ausgangsspannung	36 V Gleichstrom
Ausgangsstrom	1 A
Max. Ausgangsstrom	1,5 A
Brummspannung bei 1 A weniger als	0,5 V



Stückliste:

S1 150 mA Sicherung (träge) 250 V

S2 1 A Sicherung (schnell) 250 V

R1 150 kOhm D1 1N 4005

R2 2,2 Ohm D2 1N 4005

C1 2200 uF/35 V D3 1N 4005

C2 2200 uF/35 V D4 1N 4005

GL 110 V Glimmlampe

ANDERE SCHALTUNGEN

Auf den folgenden Seiten wird eine Auswahl von Schaltungen aus deutschen und ausländischen Zeitschriften gezeigt. Diese Konstruktionen können also nicht als Bausatz geliefert werden. Um diesen Teil des Buches zu verstehen, ist ein Teil des Grundwissens Voraussetzung.

Bei einigen der Konstruktionen ist nicht angegeben, welche Transistoren benutzt wurden; es kann jedoch folgende Richtschnur gegeben werden:

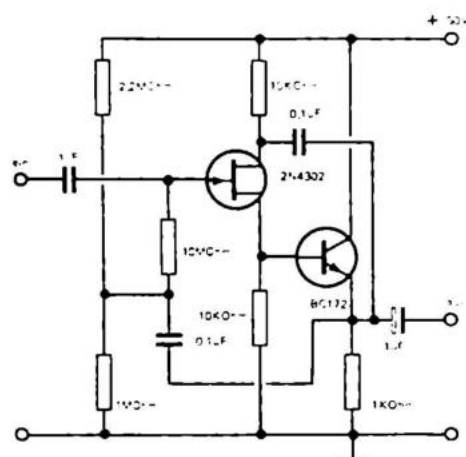
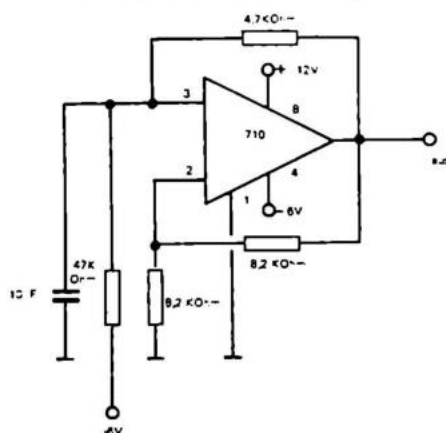
Wenn der Emitterpfeil nach außen zeigt, ist es ein NPN-Transistor. Es kann z.B. BC 170, BC 107, BC109 usw. angewandt werden.

Wenn der Emitterpfeil nach innen zeigt, ist es ein PNP-Transistor. Hier kann man z.B. BC 250, MEO 412 usw. anwenden.

2. ASTABILER MULTIVIBRATOR mit einem IC

Dieser astabile Multivibrator ist mit dem ganz billigen uA 710 oder MIC 710 aufgebaut. Aufgrund der großen Verstärkung und hohen Grenzfrequenz dieses ICs kann der Multivibrator mit einer Grundfrequenz bis zu 5 MHz arbeiten.

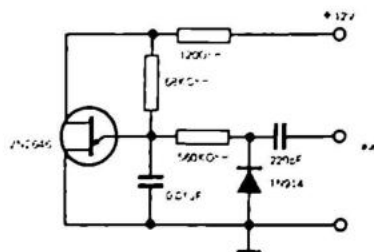
Der Kondensator C1 bestimmt zusammen mit R1 und R2 die Oszillatorfrequenz. Die Ausgangsspannung liegt zwischen 2 und 4 Volt und ist symmetrisch um die Nulllinie.



4. VERSTÄRKER MIT HOHER EINGANGSIMPEDANZ

Bei allen Hochfrequenzmessungen ist es von großer Bedeutung, eine niedrige Eingangskapazität und eine hohe Eingangsimpedanz zu haben.

Bei dieser Anordnung ist es möglich, eine Eingangsimpedanz von mehr als 100 MOhm und eine Eingangskapazität von weniger als 0,25 pF — abhängig von der benutzten Platine und Zuleitung — zu erzielen. Der FET ist ein 2N4416 von National Semiconductor.



5. RAUSCHGENERATOR

Mit nur einem UJ-Transistor und 5 diversen Komponenten ist es möglich, einen Rauschgenerator mit einer Grundfrequenz von 1 kHz zu bauen.

Aufgrund seiner großen Bandbreite eignet sich solch ein Generator für HF-Untersuchungen von 500 kHz bis zu 0,5 GHz.

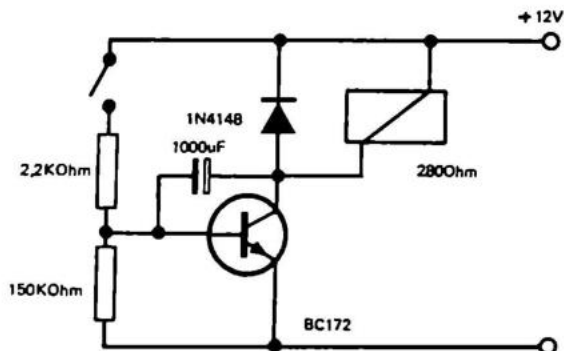
6. ZEITVERLÄNGERER

Mit dieser Anordnung ist es möglich, eine Zeitverzögerung von bis zu 60 Sekunden zu erreichen.

Wenn man die Taste D drückt, wird der Transistor angesteuert und das Relais zieht an. Der Kondensator C entlädt sich nun über Kollektor und Emitter.

Das Relais löst sich, wenn der Strom unter den Haltestrom des Relais abgefallen ist.

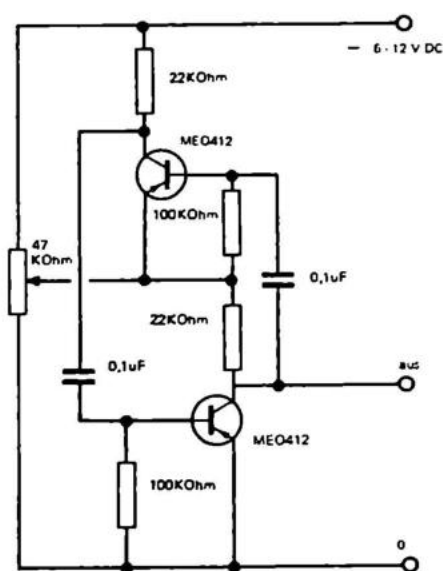
Die Verzögerung hängt ab von der Verstärkung des Transistors und der Größe des Kondensators. Mit den angegebenen Komponenten beträgt die Verzögerung ca. 15 Sekunden.

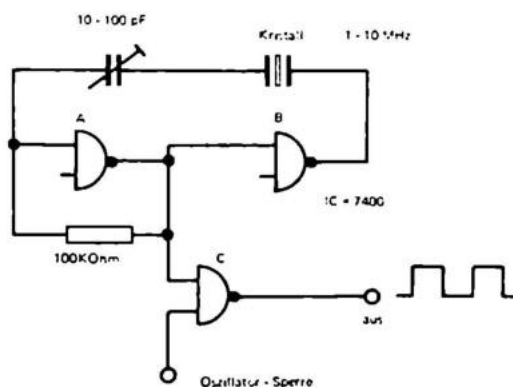
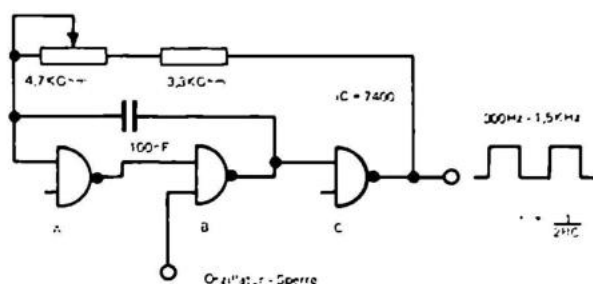


7. RECHTECK-DREIECK GENERATOR

Diese Multivibratoranordnung eignet sich speziell für NF-Untersuchungen.

Abhängig von der Potentiometerstellung kann man am Ausgang eine Rechteck- oder Dreiecksspannung entnehmen. Die Anordnung kann mit Transistoren der Typen AC 125 bzw. AC 126 arbeiten.



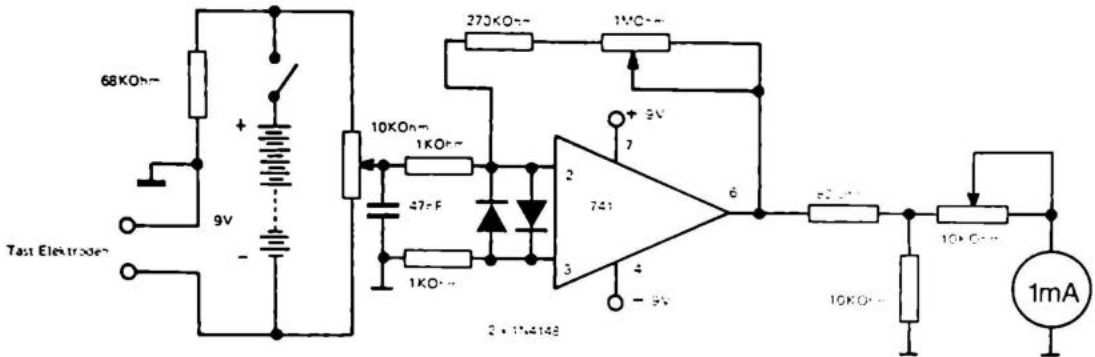


8. QUARZ-OSZILLATOR mit LOGISCHEN SCHALT-KREISEN

Ein Quarzoszillator ist einfach und sehr stabil. Da man beim Gebrauch eines Schwingquarzes Spulen und Kondensatoren entbehren kann, wird er doppelt so einfach.

Die Anordnung besteht aus 3 Gattern. Aus der TTL-Serie eignet sich dafür z.B. die Type 7400. Der Quarz ist in den Gegenkopplungskreis der beiden Gatter G1 und G2 einbezogen. Dadurch fängt die Anordnung in Serienresonanz an zu schwingen.

Um den Oszillator nicht zu belasten und ein Ein-/Aus-Verhältnis von 50% zu erlangen, wird ein extra Gatter benutzt.

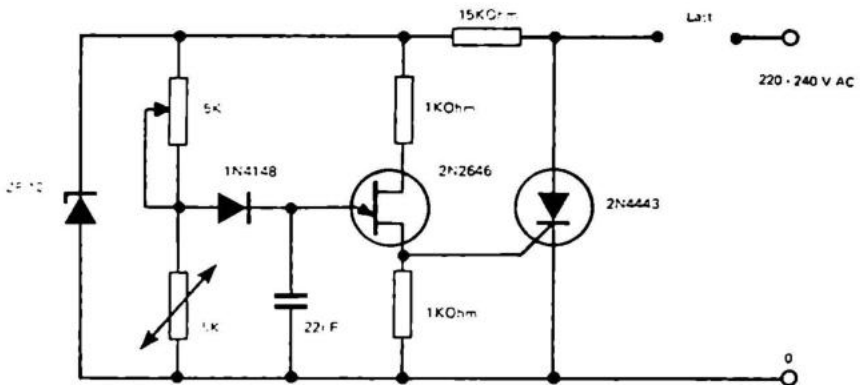


11. LÜGENDETEKTOR

Dies ist genau gesagt ein Reaktionstester. Dieses Meßinstrument kann feststellen, ob eine Versuchsperson Zuneigung oder Abneigung für eine Frage zeigt. Da Lügen gefühlsmäßige Änderungen zur Folge haben, ist es möglich, daher kommende widerstandsmäßige Werte aufzudecken. Selbst wenn man "nur zum Spaß" lügen will, tritt der Detektor in Funktion. Abhängig von der Art der Frage erhält man einen größeren oder kleineren Ausschlag. Der Eingangskreis besteht aus einer Brückenschaltung. Die Testperson nimmt die beiden Elektroden in die Hand und stellt eines der vier Brückenteile dar. Ein Brückenteil ist ein fester Widerstand von 75 kOhm. Die beiden anderen Brückenzweige werden von dem Potentiometer R2 gebildet, mit dem man das Gerät vor Beginn des Testes auf Null justiert. Die Empfindlichkeit kann mit dem Trimmwiderstand R5 eingestellt werden.

Schon eine ganz schwache Widerstandsänderung wird von IC MIC 709 verstärkt. Auf einem 1 mA Instrument kann man jetzt die Widerstandsänderung ablesen.

Als Elektroden können ganz gewöhnliche Kupferrohre verwendet werden. Als Stromversorgung sind drei 9 Volt Batterien geeignet.



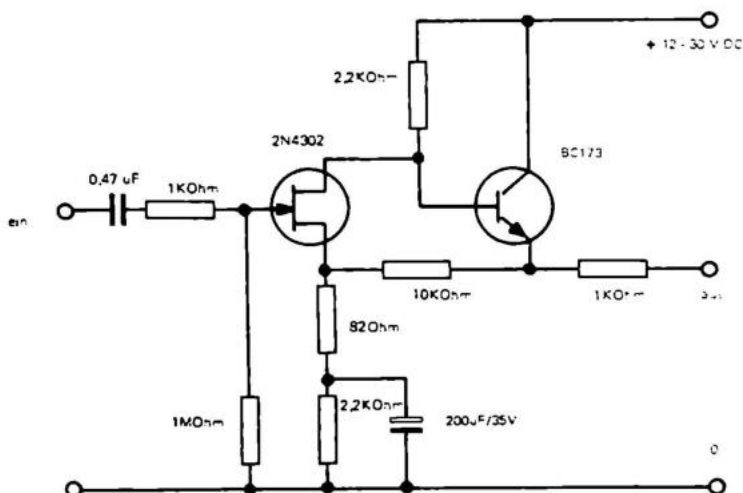
15. THYRISTOR—THERMOSTAT

Der Zündzeitpunkt des Thyristors ist abhängig von der Differenz zwischen der eingestellten und der wirklichen Temperatur.

Wenn die Differenz groß ist, lädt C schnell auf und der Thyristor zündet früh in einer Periode. Dadurch wird die Heizung oft "gezündet".

Wenn die eingestellte und die Umgebungstemperatur sich einander annähern, nimmt der NTC-Widerstand einen geringeren Wert an. Dadurch zündet der Thyristor seltener, und die Heizung ist öfter "geschlossen".

Wenn man eine größere Leistung als die im Schaltplan angegebenen 1000 W wünscht, braucht man nur einen größeren Thyristor einsetzen. Da die Anordnung direkt ans Lichtnetz angeschlossen wird, sollte sie wegen der Berührungsfahr in ein Gehäuse eingebaut werden. Das Potentiometer sollte eine Kunststoffachse haben.



16. GERÄUSCHARMER VORVERSTÄRKER

Mit Hilfe eines FET kann man einen sehr geräuscharmen Vorverstärker konstruieren. In diesem Kreislauf hat man einen FET mit einem PNP-Transistor kombiniert.

Die Gegenkopplung wird vom Ausgang des BC 312 zum Source des FET geführt. Die Rückkopplung ist nicht vollständig, da im Source ein Kondensator eingebaut ist. Das ergibt eine ca. 100-fache Verstärkung.

Die Eingangsimpedanz ist 1 MOhm. Wenn der Gatewiderstand vergrößert wird, erhält man eine größere Eingangsimpedanz.

Der Frequenzgang dieses Vorverstärkers ist linear bis auf 0,5 dB von 20–20000 Hz. Innerhalb von –3 dB ist der Frequenzgang 10–450000 Hz.

Die Versorgungsspannung kann 12 – 30 Volt sein.

(als Bastelsatz nicht lieferbar)

17. ELEKTRONISCHER MÜCKENSCHUTZ

Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, daß weibliche Mücken, das sind die, die stechen, von Frequenzen im Bereich von 2 – 2,5 kHz abgeschreckt werden. Das "Mücken-Gewehr", das einen schnarrenden Ton in diesem Bereich aussendet, kann also als Schutz gegen Insektenstiche benutzt werden.

Der Bausatz beinhaltet einen Tongenerator für 1 – 4 kHz und einen speziellen Ausgangsverstärker, der für einen hochohmigen Ohrhörer berechnet ist. Den besten Effekt erzielt man, wenn man die Ohrschnecke abschraubt, und ihn an der Leitung baumeln läßt. Wenn der Ohrhörer dann im Wind hin und her schwingt, hört es sich an wie eine zweijährige Mücke.

Montieren Sie alle Komponenten wie auf unten gezeigtem Schema.

Denken Sie daran, die Transistoren richtig gepolt einzusetzen.

Denken Sie daran, daß der Bausatz so wenig Strom verbraucht, daß sie mit einer ganz kleinen Batterie tagelang "Ruhe haben".

R3, 150 kOhm Widerstand, braun, grün, gelb

R6, 100 kOhm Trimpotentiometer

R1, 4,7 kOhm Widerstand, gelb, violett, rot

C1, 47 nF Kondensator, gelb, lila, orange

R2, 1,2 kOhm Widerstand, braun, rot, rot

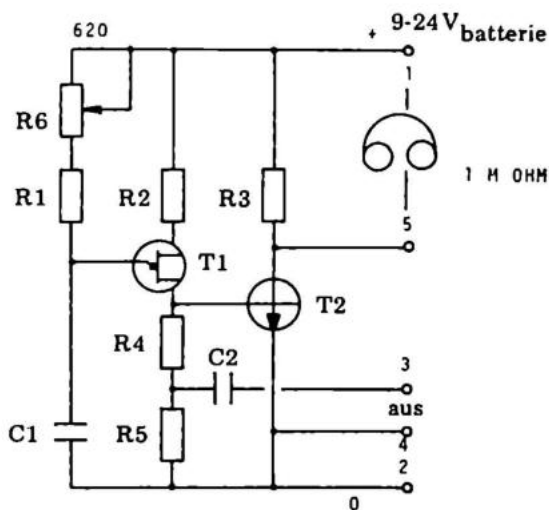
T1, 2 N 4870 Uni – Junctiontransistor

T2, BC 172 Transistor

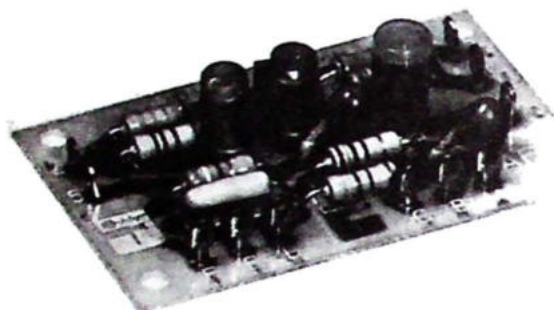
R4, 10 Ohm Widerstand, braun, schwarz, schwarz

R5, 100 Ohm Widerstand, braun, schwarz, braun

C2, 100 nF Kondensator, braun, schwarz, gelb,

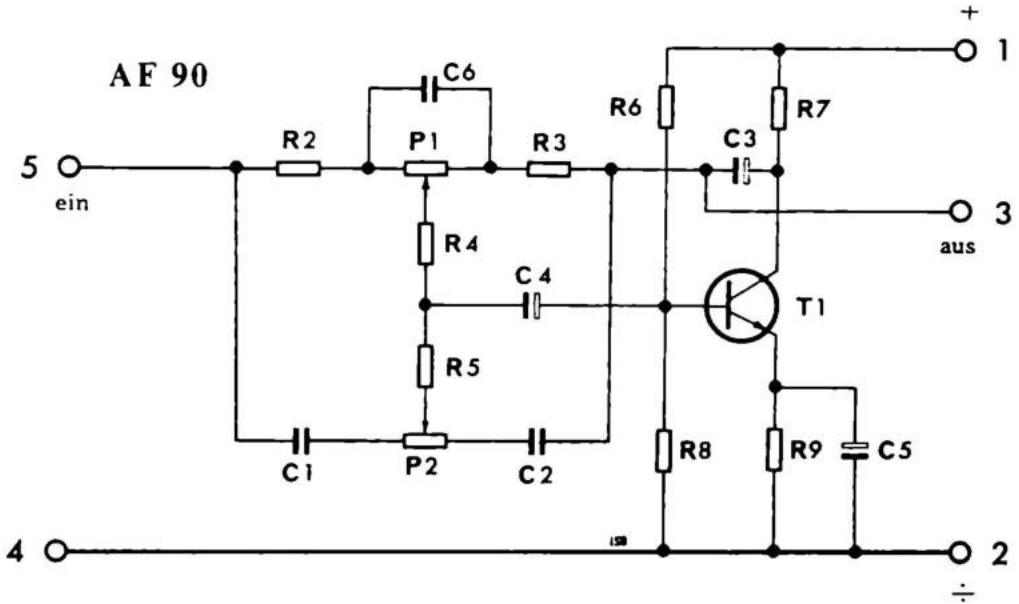
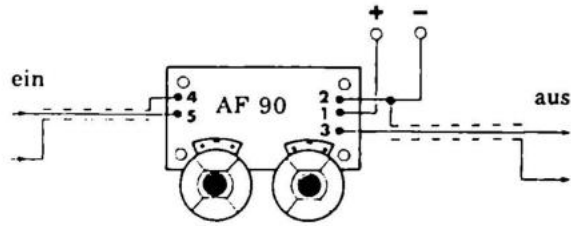


(als Bastelsatz nicht lieferbar)



18. AKTIVER KLANGREGLER

Diese Anordnung ist ein ganz vorzüglicher Klangregler mit eingebauter Verstärkung. Die Funktion ist die der Baxendale-Typen. Das Eingangssignal durchläuft ein frequenzbestimmendes RC-Netzwerk. Wenn man P1 nach links dreht, werden die Bässe angehoben, da die Bässe, die von R2 kommen, direkt R4 passieren und durch T1 verstärkt werden. Wenn man diesen Regler nach rechts dreht, müssen die Bässe einen Kondensator passieren, was sie nur beschwerlich tun, und wir erhalten keine Bässe. Wenn man P2 nach links dreht, passieren die Höhen ungehindert C1, weil ein Kondensator hohe Frequenzen gut leitet. Dreht man jedoch nach rechts, erhalten wir nur schwache Höhen, da die Höhen über C2 und C3 am Transistor T1 vorbeigeleitet und damit nicht verstärkt werden. (Die ganze Wirkungsweise ist eine komplizierte Konstruktion, die durch Obenstehendes nur angedeutet werden soll.) (Die Verstärkerkopplung mit T1 ist ein Musterbeispiel, s. Transistorkopplung, G18.)

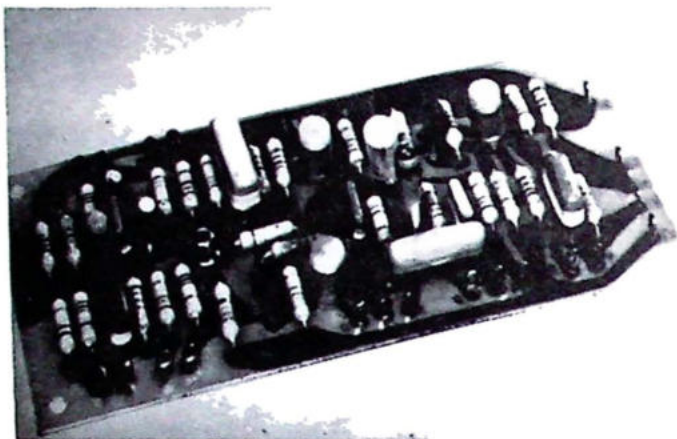


R2	3,9 k Ohm	1/4 Watt
R3	4,7 k Ohm	1/4 Watt
R4	39 k Ohm	1/4 Watt
R5	5,6 k Ohm	1/4 Watt
R6	180 k Ohm	1/4 Watt
R7	3,9 k Ohm	1/4 Watt
R8	33 k Ohm	1/4 Watt
R9	1 k Ohm	1/4 Watt

C1	2,2	nF
C2	2,2	nF
C3	32	μ F 10 Volt
C4	6,4	μ F 25 Volt
C5	10	μ F 16 Volt
C6	47	nF

T1 BC 172

(als Bastelsatz nicht lieferbar)



19. AKTIVE TONEINHEIT

Diese Konstruktion ist eine Toneinheit mit eingebauter Verstärkung. Sie ist mit einer großen Anzahl von Filtern mit verschiedenen Funktionen versehen. Der Eingang sollte durch einen Vorverstärker, ein Tonbandgerät oder Tuner gespeist werden. Die Empfindlichkeit ist 100 mV für ein Ausgangssignal von 1 Volt. Dieses 1 Volt reicht aus, um auch größere Verstärker auszusteuern. Die Einheit ist aufgebaut mit zwei verschiedenen Verstärkerstufen. Die erste besteht aus den beiden Transistoren T1 und T2, welche gleichstrommäßig gekoppelt sind. Die andere ist eine gewöhnliche wechselstromgekoppelte Stufe mit einem Transistor, T3. Von T2 wird das Signal durch C7 zum Klangregler-Netzwerk geleitet. Dieses passiert es, läuft über C11 hinaus und in T3 hinein, wo es von 100 mV auf 1 Volt verstärkt wird. Der Leisefilter besteht aus R4 und C3, welche ein RC-Glied darstellen. Das dämpft die Höhen, läßt aber die Baß- und Mitteltöne passieren.

R3 und C2 machen einen Filter aus, der für Baß sperrt. Jetzt sind nur noch die Mitteltöne übrig. Diese werden in T1 gegengekoppelt. Der Leisefilter hebt also Baß und Diskant, senkt jedoch den gesamten Mitteltonbereich.

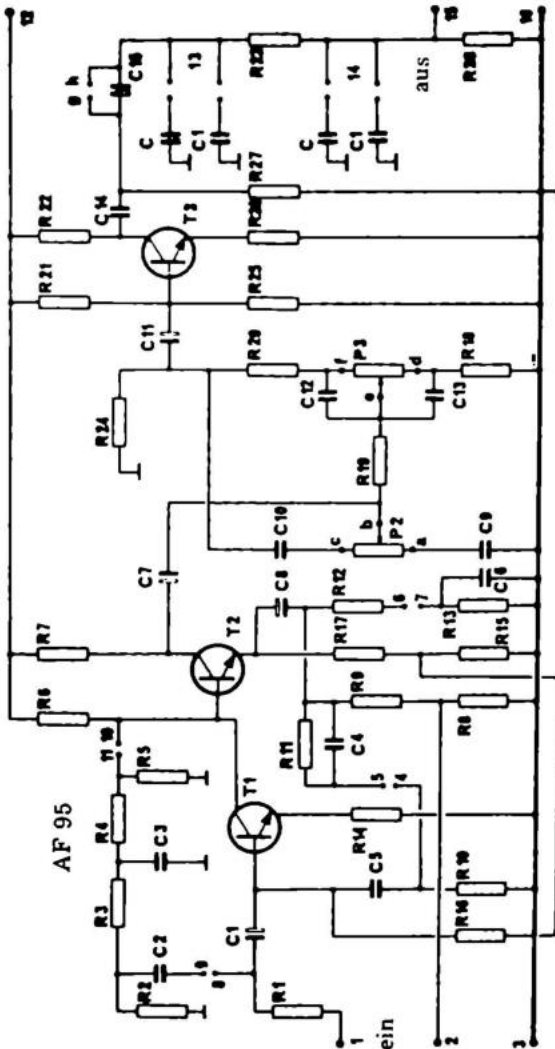
Der Präsenzfilter hebt den Tonbereich bei 3.000 Hz. Diese Form spitzer Mittelbereichtöne ist speziell von Platten mit "Diana Ross and the Supremes" bekannt.

Der Rumpelfilter entfernt eventuell entstehende sehr tiefe

Rumpelgeräusche, die manchmal auch sehr kostbare Laufwerke von sich geben.

Wenn der Präsenzfilter voll angewandt werden soll, muß man die Anordnung wie auf dem Schaltplan koppeln. Man kann dann jedoch die Lautstärke nicht ganz zurückdrehen. Will man das trotzdem, muß man 2 und 3 kurzschließen, und also einen Teil der Präsenzwirkung zerstören.

Man kann auch einen Rauschfilter von 10, 7,5 oder 5 kHz einschalten.



R1	10 kohm
R2	1 Mohm
R3	5,6 kohm
R4	5,6 kohm
R5	1 Mohm
R6	33 kohm
R7	8,2 kohm
R8	270 ohm
R9	330 ohm
R10	1 Mohm
R11	56 kohm
R12	220 ohm
R13	56 kohm
R14	1 kohm
R15	1 kohm
R16	68 kohm
R17	1,5 kohm
R18	820 ohm
R19	2,7 kohm
R20	5,6 kohm
R21	330 kohm
R22	2,2 kohm
R23	330 ohm
R24	2,7 kohm
R25	33 kohm
R26	120 ohm
R27	56 kohm
R28	5,6 kohm
C1	6,4 uF/ 25 Volt
C2	100 nF
C3	22 nF
C4	470 pF
C5	470 pF
C6	470 nF
C7	50 uF/6,4 Volt
C8	50 uF/6,4 Volt
C9	22 nF
C10	6,8 nF
C11	12,5 uF/ 25 Volt
C12	330 nF
C13	47 nF
C14	32 uF/ 10 Volt
C15	220 nF

T1	BC 107
T2	BC 173
T3	BC 173

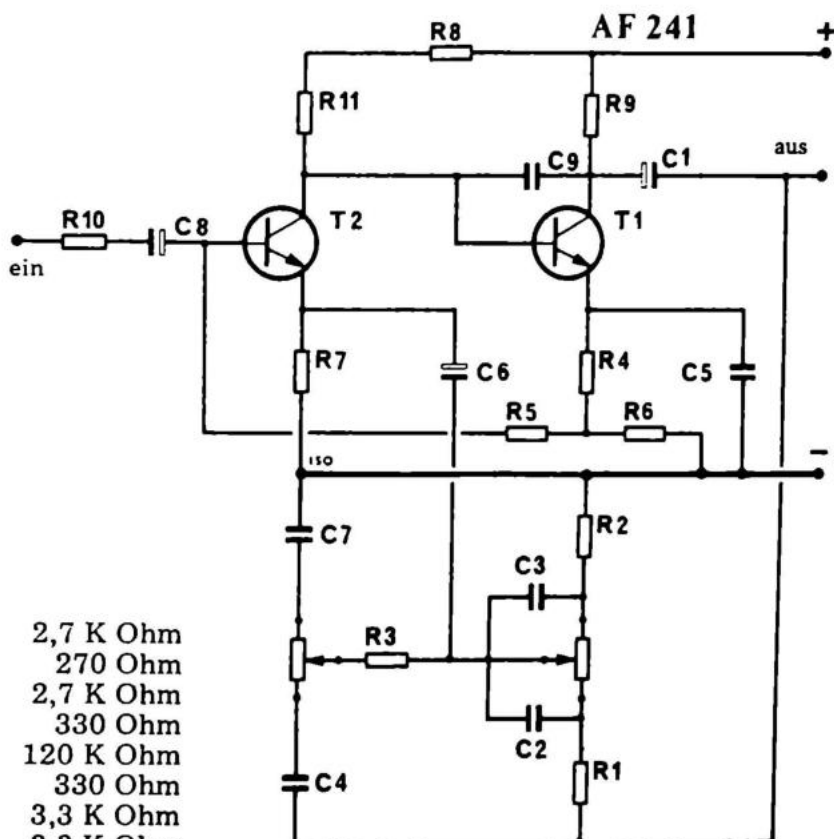
(als Bastelsatz nicht lieferbar)



20. KLANGREGLER

Dieser Klangregler ist auf gleiche Weise wie der Vorverstärker Nr. 21 konstruiert, sowohl mit Gegenkopplung als auch DC-gekoppelt. Die Rückkopplung, die im Vorverstärker fest ist, ist hier variabel, weshalb man diese Anordnung als Klangregler benutzen kann.

Das Klangregler-Netzwerk ist als Gegenkopplung zwischen den Kollektor von T1 und den Emitter von T2 geschaltet.



R1	2,7 K Ohm
R2	270 Ohm
R3	2,7 K Ohm
R4	330 Ohm
R5	120 K Ohm
R6	330 Ohm
R7	3,3 K Ohm
R8	3,3 K Ohm
R9	2,2 K Ohm
R10	4,7 K Ohm
R11	47 K Ohm
C1	250 uF
C2	68 nF
C3	330 nF
C4	6,8 nF
C5	4 uF
C6	20 uF
C7	68 nF
C8	4 uF
C9	100 pF
C10	25 uF
T1	BC 170
T2	BC 170

(als Bastelsatz nicht lieferbar)



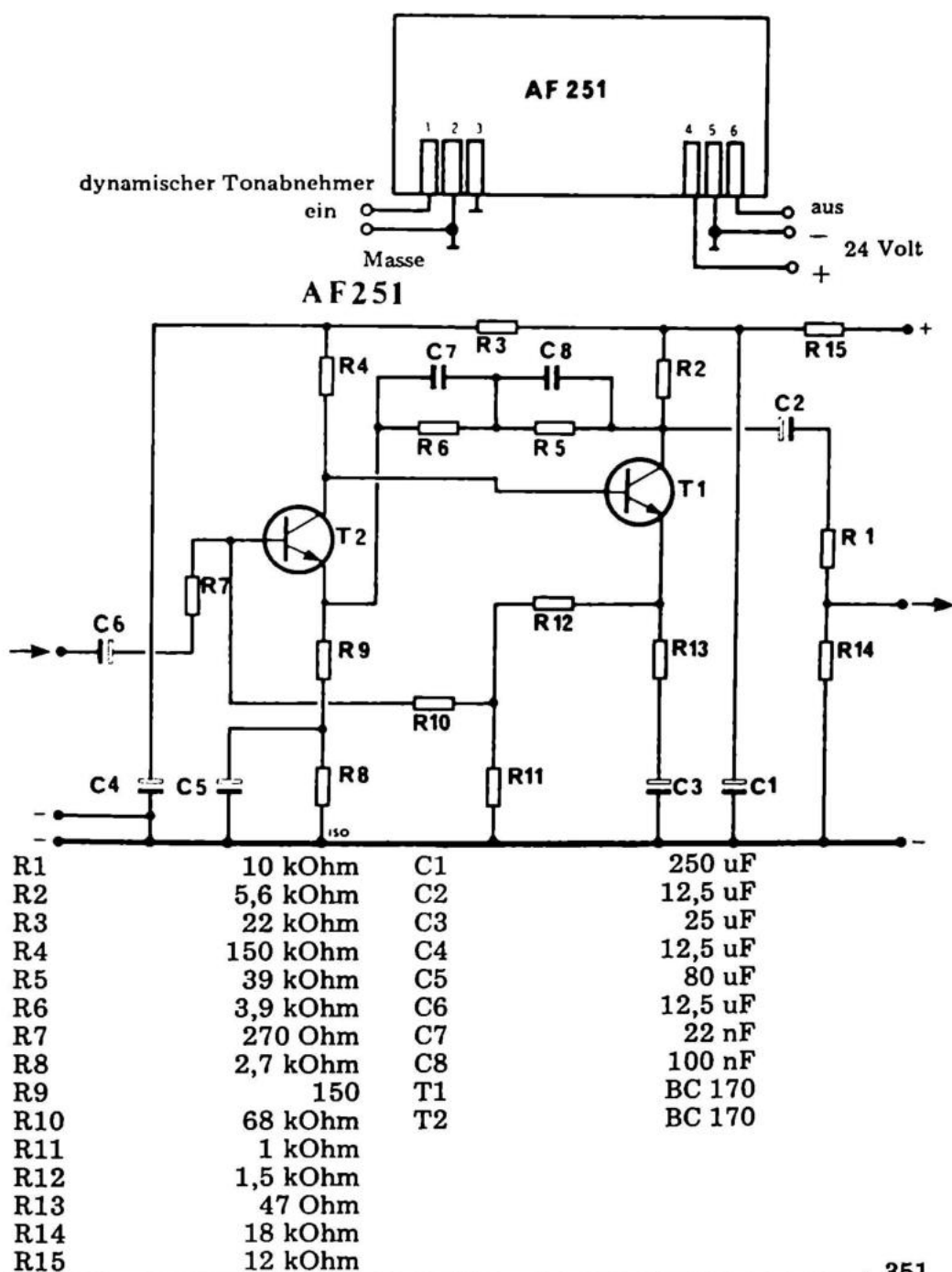
21. VORVERSTÄRKER

Dieser Vorverstärker ist ein Verstärker für dynamische Mikrophone oder Tonabnehmer. Der Verstärker ist Gleichstrom-gekoppelt.

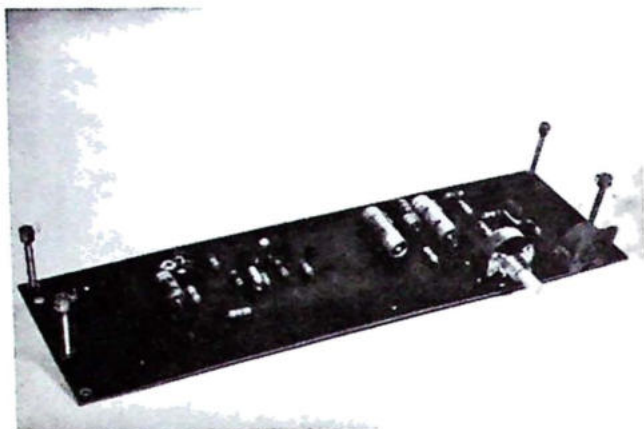
Die Basis von T2 erhält Spannung vom Emitter von T1, und koppelt gleichzeitig gegen. Das ergibt eine außerordentliche Temperaturstabilität und einen guten Frequenzgang. Die RIAA-Korrektur geschieht vom Kollektor von T1 zum Emitter von T2.

Die hier gezeigte Kopplung ist für Qualitätstonabnehmer berechnet.

Der Verstärker ist so dimensioniert, daß man einen sehr grossen Fremdspannungsabstand bei einer Eingangsbelastung von 15–47 kOhm hat. Die Qualität ist jedoch auch ausgezeichnet, wenn man einen 4 Ohm Tonabnehmer anschliesst. Der Verstärker ist im Ausgang mit einem Dämpfungsglied versehen, welches zu kräftige Signale zum nachfolgenden Verstärker dämpft, wenn der benutzte Tonabnehmer ein zu großes Signal liefert. Liefert der Tonabnehmer nur ein schwaches Signal, so kann man R14 entfernen und R1 kurzschließen.



(als Bastelsatz nicht lieferbar)



22. NACHHALLVERSTÄRKER

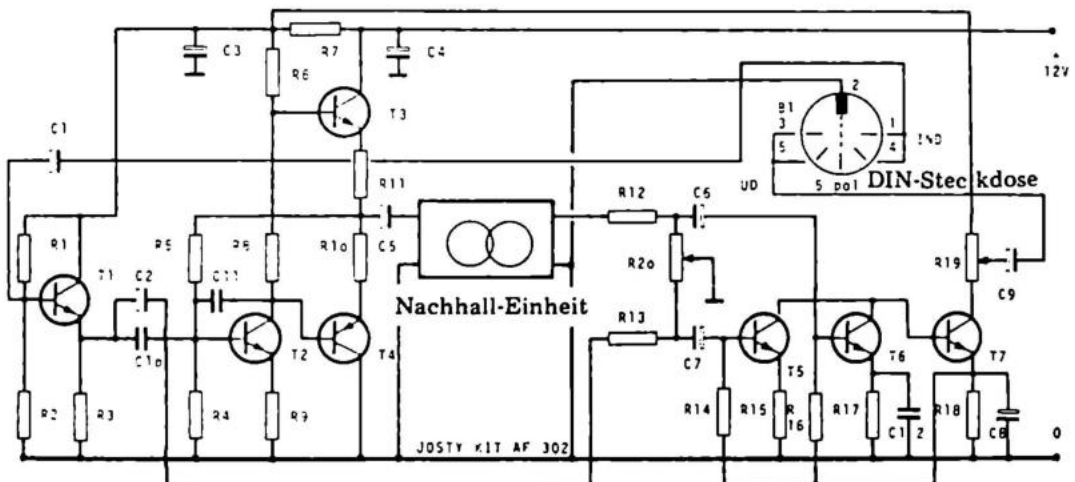
Diese Anordnung ist ein Nachhallverstärker, welcher zu den meisten Nachhallenheiten paßt. Der Verstärker verstärkt sowohl vor als auch nach der Echoeinheit. Das bedeutet, daß man ihn in die Signalleitung von z.B. Tonband zum Verstärker einschieben kann. Die Eingangsspannung sollte ca. 100 mV sein, und die Ausgangsspannung läßt sich auf eine Spannung zwischen 0 und 550 mV justieren.

Die Signalquelle wird mit nominell 47 kOhm belastet, und die Ausgangsspannung von der Echoeinheit kann in einem speziellen Mischer mit dem natürlichen Signal gemischt werden, so daß der Lauteindruck wie gewünscht wird. Die Mischstufe kann im ganzen Bereich von "kein Nachhall und volles direktes Signal" bis "voll Nachhall und kein direktes Signal" reguliert werden. Das Ausgangssignal variiert normalerweise bei der Nachhallregulierung nicht mehr als um 3 dB.

Der Eingang besteht aus einem Emitterfolger, welcher eine hohe Eingangsimpedanz abgibt. Von diesem Emitterfolger aus wird das Signal teilweise zu einer Leistungsstufe, die die Echoeinheit versorgt, und teilweise zur Mischstufe im Ausgang geführt.

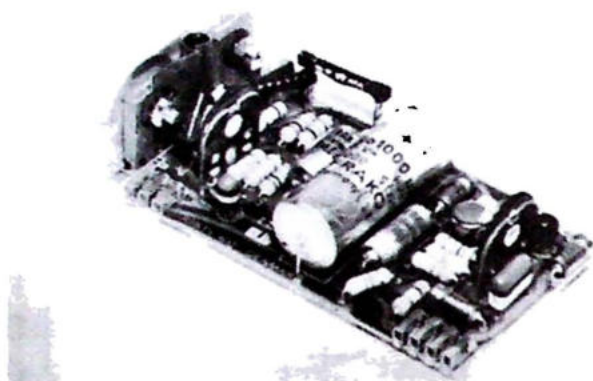
Die Leistungsstufe, ca. 50 mW, hat eine sehr geringe Ausgangsimpedanz. Diese geringe Ausgangsimpedanz ist notwendig, um Verzerrungen im Sende-Induktor der Echoeinheit zu vermeiden.

Das Ausgangssignal der Echoeinheit wird in den einen Mischtransistor geführt und das direkte Signal vom Eingangsemitterfolger in den anderen. Wenn man den einen oder anderen Mischtransistor mit R20 mehr oder weniger für das Signal verschließt, kann man den Nachhall kontinuierlich variieren. Die beiden Signale werden im Ausgangstransistor T4 gemischt, welcher Kollektorwiderstand ein Trimpotentiometer hat. Durch dieses Potentiometer kann man die Ausgangsspannung justieren.



R1	100	kOhm	R16	1	MOhm	C10	100	nF	250 Volt
R2	82	kOhm	R17	10	kOhm	C11	100	pF	250 Volt
R3	2,7	kOhm	R18	3,9	kOhm	C12	47	nF	250 Volt
R4	27	kOhm	R19	10	kOhm				
R5	100	kOhm	R20	100	kOhm				
R6	2,2	kOhm							
R7	270	Ohm	C1	10	uF	25 Volt	T1	BC	172
R8	560	Ohm	C2	10	uF	25 Volt	T2	BC	172
R9	47	Ohm	C3	220	uF	16 Volt	T3	BC	172
R10	10	Ohm	C4	470	uF	16 Volt	T4	MEO	412
R11	10	Ohm	C5	470	uF	16 Volt	T5	BC	172
R12	68	kOhm	C6	22	uF	35 Volt	T6	BC	172
R13	82	kOhm	C7	22	uF	35 Volt	T7	BC	172
R14	1	MOhm	C8	10	uF	25 Volt			
R15	10	kOhm	C9	10	uF	25 Volt			

(als Bastelsatz nicht lieferbar)



23. ENDSTUFE 40 WATT

Mit dieser Endstufe kann man eine typische Verzerrung von 0,5% bei 1 Watt und 1 kHz erzielen.

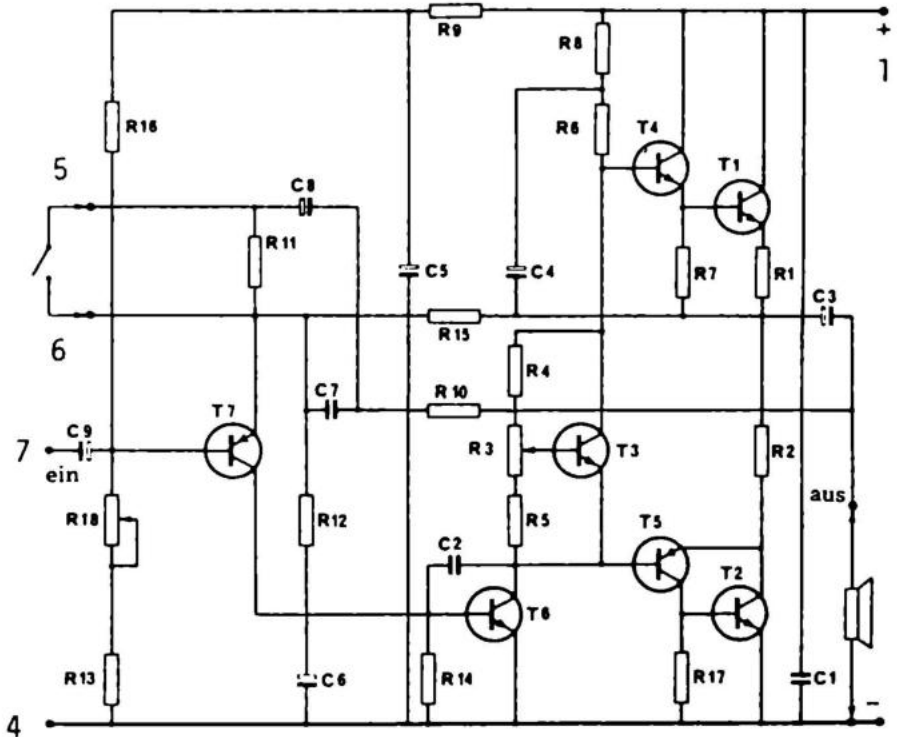
Das setzt sie in eine Klasse mit den neuen amerikanischen Verstärkern.

Der Ausgang ist quasikomplementär. Mit den Transistoren T5 und T4 als MEO412 und BC171 kann der Verstärker 20 Watt Sinus abgeben.

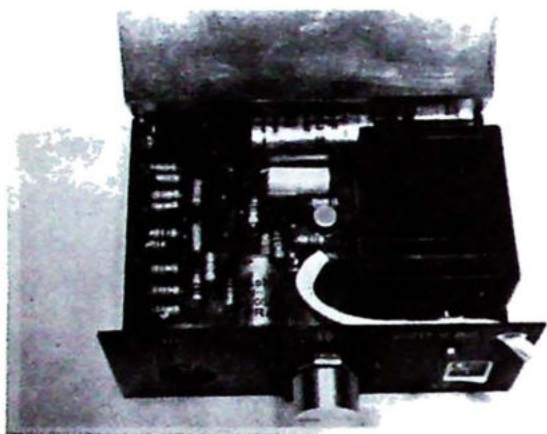
Mit den ein wenig größeren Transistoren MPSU 52 und MPSU 02 erhalten wir eine Ausgangsleistung von 40 Watt. Diese Endstufe hat eine ziemlich hohe Eingangsimpedanz. Das bedeutet, daß man den Vorverstärker geringer belastet, was eine geringere Verzerrung ergibt.

Gleichzeitig ist die Spannungsverstärkung von 10 auf 20 dB gesetzt, also 3-fach. Kombiniert mit dem vorher besprochenen Vorverstärker wird dieser empfindlicher, und man kann einen besseren Tonabnehmer benutzen. Um die maximale Ausgangsleistung entnehmen zu können, justiert man den Mittelpunkt mit R18. Um eine minimale Verzerrung zu erzielen, justiert man R3 in kaltem Zustand auf 30 mA.

R1	0,3 Ohm	2 W	C1	1 nF	
R2	0,3 Ohm	2 W	C2	470 pF	
R3	470 Ohm	1/4 W	C3	1000 uF	35 Volt
R4	1,8 kOhm	1/4 W	C4	47 uF	35 Volt
R5	1 kOhm	1/4 W	C5	6,4 uF	25 Volt
R6	2,2 kOhm	1/4 W	C6	22 uF	35 Volt
R7	100 Ohm	1/4 W	C7	100 nF	
R8	1 kOhm	1/4 W	C8	6,4 uF	25 Volt
R9	33 kOhm	1/4 W	C9	6,4 uF	25 Volt
R10	4,7 kOhm	1/4 W			
R11	100 kOhm	1/4 W	T1	MJE 3055	
R12	330 Ohm	1/4 W	T2	MJE 3055	
R13	4,7 kOhm	1/4 W	T3	BC 172	
R14	1,5 kOhm	1/4 W	T4	MPSU 02	
R15	27 kOhm	1/4 W	T5	MPSU 52	
R16	56 kOhm	1/4 W	T6	BC 341	
R17	100 Ohm	1/4 W	T7	MEO412	
R18	10 kOhm	1/4 W			

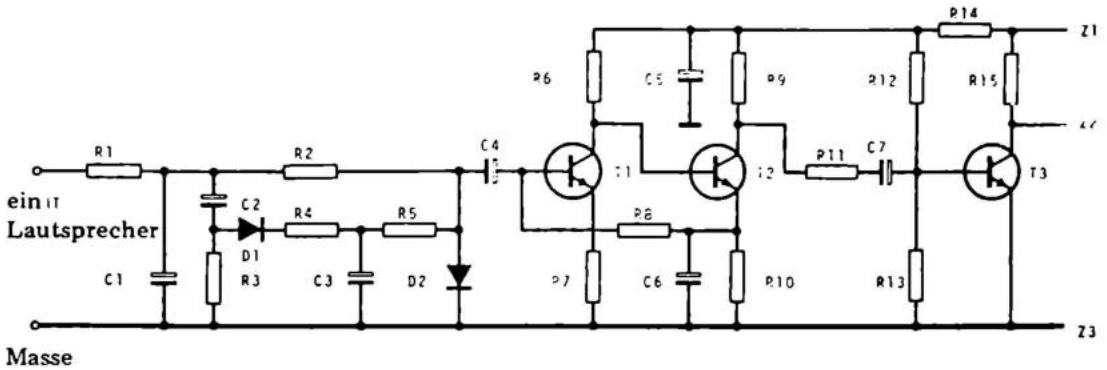


(als Bastelsatz nicht lieferbar)

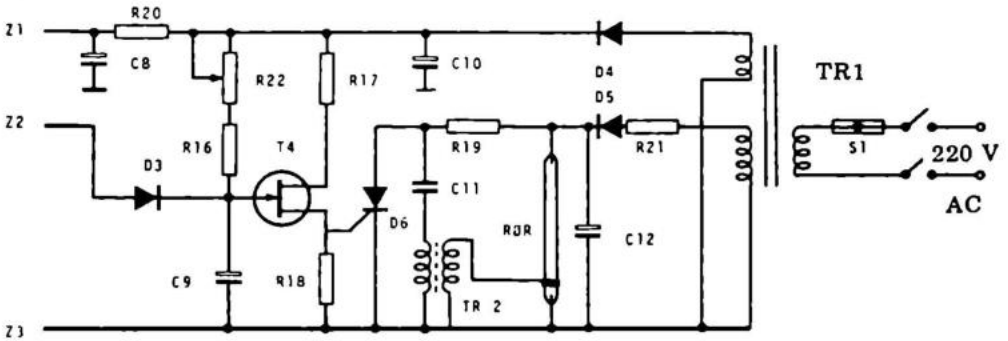


24. STROBOSKOP – LICHT

Diese Anordnung ist ein musikgesteuertes Stroboskop für den Diskothekengebrauch. Ein Stroboskop friert die Bewegungen fest wie in alten Filmen. Die Leuchtstärke ist proportional dem entladenen Stromstoß, in diesem Falle ca. 2.000 Coulomb. Wenn man zu C12 einen 8 $\mu\text{F}/350\text{ V}$ Kondensator parallelschaltet, kann man diesen Wert auf 4.000 C erhöhen. Ohne extra Kondensator ist die Brennzeit auf ca. 10 min. begrenzt, mit extra Kondensator auf ca. 3 min. Jedesmal muß man dann 10 min. Pause machen. Der Grund für diese Brennzeitbegrenzung ist die Aufwärmung der Röhren. Die Lebenszeit erhöht sich beträchtlich, wenn man diese Regel einhält.

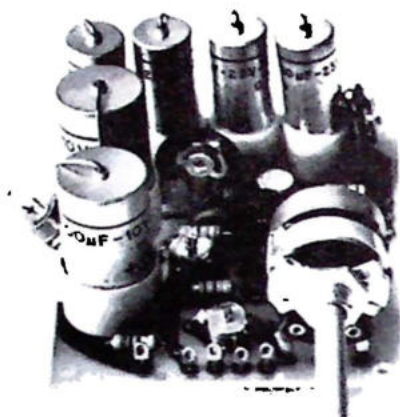


Masse



R1	470	Ohm	1/4 W	R18	100	Ohm	1/4 Watt
R2	1	M	Ohm	1/4 W	R19	100 k	Ohm
R3	15	k	Ohm	1/4 W	R20	270	Ohm
R4	1,2	k	Ohm	1/4 W	R21	270	Ohm
R5	22	k	Ohm	1/4 W	R22	100 k	Ohm
R6	330	k	Ohm	1/4 W	C1	0,1	uF
R7	10	k	Ohm	1/4 W	C2	0,47	uF
R8	1	M	Ohm	1/4 W	C3	10	uF
R9	27	k	Ohm	1/4 W	C4	0,47	uF
R10	6,8	k	Ohm	1/4 W	C5	10	uF
R11	47	k	Ohm	1/4 W	C6	10	uF
R12	330	k	Ohm	1/4 W	C7	10	uF
R13	18	k	Ohm	1/4 W	C8	10	uF
R14	10	k	Ohm	1/4 W	C9	10	uF
R15	1,8	k	Ohm	1/4 W	C10	1000	uF
R16	15	k	Ohm	1/4 W	C11	22	nF
R17	470	Ohm	1/4 W	C12	8	uF	

(als Bastelsatz nicht lieferbar)



25. TONGENERATOR

Dies ist ein Tongenerator von professionellem Zuschnitt, der ausgezeichnet für die Messung und Analyse von NF-Verstärkern geeignet ist.

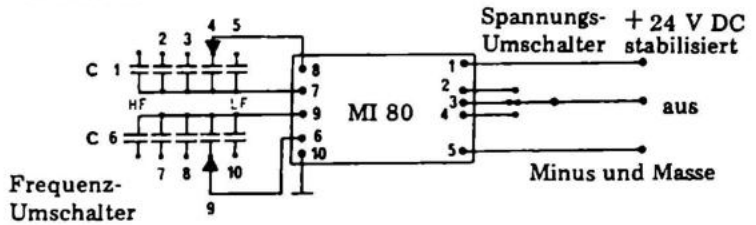
Er ist auch zur Messung von harmonischer Verzerrung und Intermodulation zu gebrauchen. Die Anordnung zeigt eine Wien-Brücke und einen dreistufigen Gleichspannungsverstärker.

Der Gleichspannungsverstärker wird dazu gebracht, bei Rückkopplung von R14 nach R6 durch C5 zu schwingen. Die frequenzbestimmenden Komponenten sind Cx, R1, R2 und R3 — ein Stereopotentiometer. Mit Hilfe eines Umschalters kann man die Höhe der Ausgangsspannung stufenweise, und mit R10 feineinstellen. Mit dem Trimpotentiometer R14 justiert man bis zu minimaler Verzerrung. Die Stufe hört dann fast auf zu schwingen.

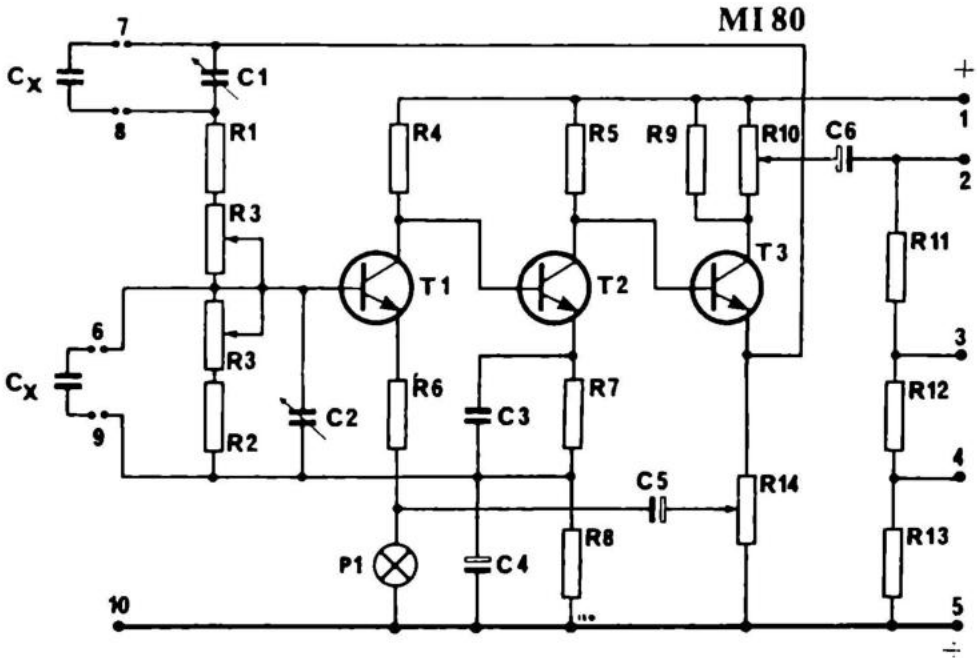
In Hinsicht auf die Messungen muß man den Tongenerator an eine stabile Batterie oder eine sehr stabile und brummfreie Stromversorgung anschließen.

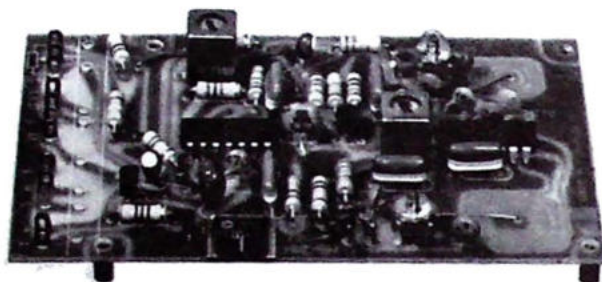
Man kann durch Einsetzen verschiedener Kondensatoren den Frequenzbereich beliebig wählen. Man kauft dann am besten einen Umschalter, mit dem man den Frequenzbereich einstellt.

R1	820 Ohm	R9	270 Ohm
R2	820 Ohm	R10	470 Ohm
R3	10 kOhm LIN	R11	820 Ohm
R4	12 kOhm	R12	82 Ohm
R5	3,9 kOhm	R13	10 Ohm
R6	1 kOhm	R14	470 Ohm
R7	330 Ohm		
R8	1 kOhm		



C1	20 pF	C6	1600 uF/10 V
C2	20 pF	P1	6 volt/0,05 Amp
C3	1 nF	T1	BC 170
C4	1600 uF/10 V	T2	BC 170
C5	1000 uF/10 V	T3	40 452



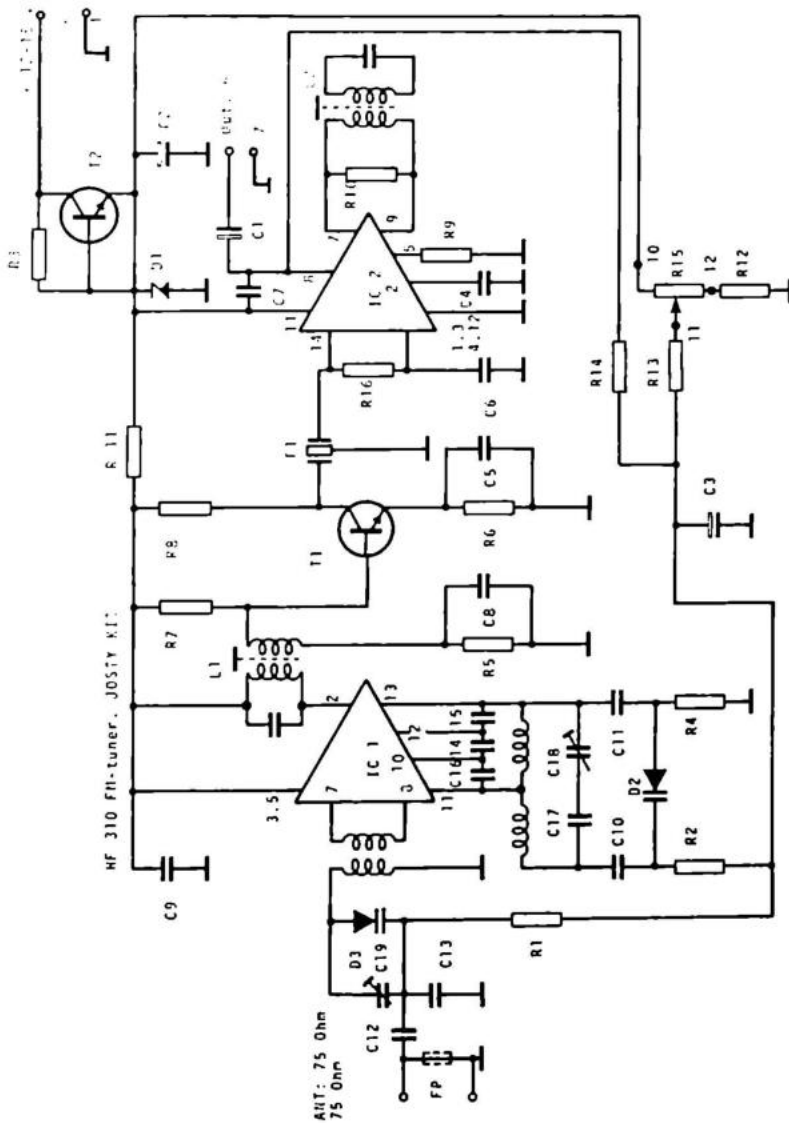


26. UKW – VORSATZ

Hier ist ein UKW-Vorsatz für den Anschluß an Stereodekoder und Verstärker. Die Konstruktion ist mit Kapazitätsdioden und abgestimmtem keramischen Filter aufgebaut, wodurch der Abgleich leicht ist und der Preis niedrig gehalten werden kann.

Die Werte sind verhältnismäßig gut, z.B. liegt die Empfindlichkeit unter 10 μV , wenn der Vorsatz genau abgeglichen ist. Dies ist sehr einfach und ohne Meßinstrumente durchzuführen. Durch Anwenden eines Kopfhörers von min. 1 k Ω und einer Batterie werden Brummschleifen und falsche Masseverbindungen leicht vermieden. Der Abgleich wird durch Ablöten des Widerstandes R14 (Anschluß an AFC-Kreislauf) und Anschließen einer 1-Meter-Antenne und Trimpotentiometer R15 vorgenommen.

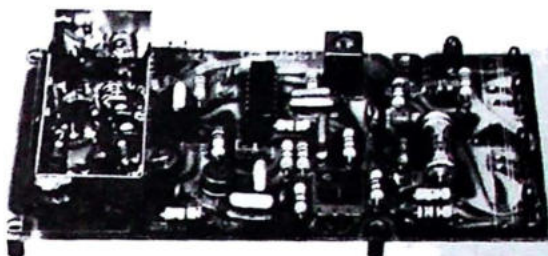
Ein Stereodekoder, der für diesen UKW-Vorsatz gut geeignet ist, wird unter Nr. 28 beschrieben. Beide Geräte arbeiten bei 12 V Betriebsspannung gut zusammen. Bei größerer Spannung muß ein Vorwiderstand in Serie mit dem Netzteil eingebaut werden.



STÜCKLISTE

R1	68	k Ω	D1	ZPD 12
R2	68	k Ω		
R3	560	Ω	D1	ZPD 12
R4	10	k Ω	D2	BB142
R5	10	k Ω	D3	BB142
R6	1,8	k Ω		
R7	47	k Ω	T1	BC 173
R8	5,6	k Ω	T2	BC 173
R9	5,6	k Ω		
R10	820	Ω	IC1	SO 42 P
R11	470	k Ω	IC2	TBA 120 S
R12	15	k Ω		
R13	39	k Ω	L1	0024A-23L (MITSUMI)
R14	220	k Ω	L2	0024B-23L (MITSUMI)
R15	100	Ω		
R16	330	Ω	F1	SFE 10.7 MA (MURATA)

C1	2,2 $\mu\text{F}/35\text{V}$
C2	10 $\mu\text{F}/25\text{V}$
C3	1 $\mu\text{F}/35\text{V}$
C4	22 nF
C5	22 nF
C6	22 nF
C7a	10 nF
C7b	470 pF
C8	10 nF
C9	10 nF
C10	1 nF
C11	1 nF
C12	100 pF
C13	100 pF
C14	27 pF
C15	10 pF
C16	10 pF
C17	10 pF
C18	2-20 pF
C19	2-20 pF



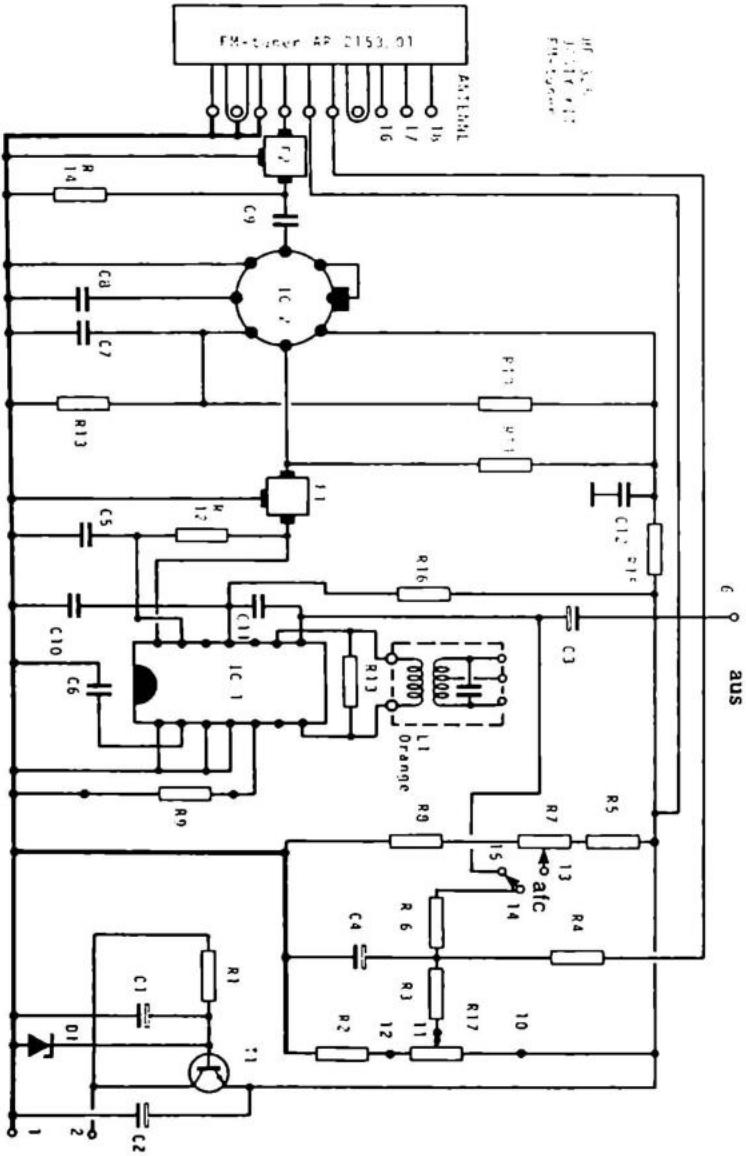
27. UKW – VORSATZ

Dieser Vorsatz ist mit einem Philips Tuner der Type AP 2153/01 gebaut. Hierbei bleibt einem der Abgleich des HF-Teils erspart, und das Bauen ist einfach zu bewältigen. Es bleibt einem nur noch das einfache Abgleichen der Detektorspule L1. Feinschmeckern ist immer noch die Möglichkeit gegeben, auch den Tuner auf maximale Empfindlichkeit zu bringen. (NIE VERGESSEN: Beim Abgleichen nur nichtmetallische Werkzeuge verwenden.)

Zusammen mit einem Stereo-Dekoder (z.B. unter Nr. 28 erwähnt) aber auch ohne Dekoder, an einen Verstärker angeschlossen, bekommt man mit diesem Vorsatz einen UKW-Empfänger mit sehr guten Daten. Die Empfindlichkeit nach IHF-Normen beträgt 1,8 μ V.

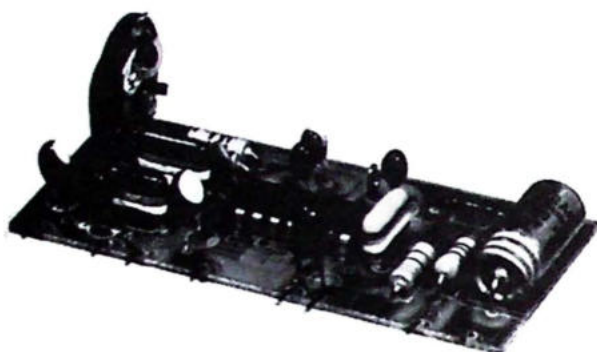
Die Betriebsspannung des Vorsatzes ist 12 bis 24 Volt DC. Bei größerer Spannung muß ein passender Vorwiderstand in Serie mit dem Netzteil eingebaut werden.

Damit Brummen vermieden wird, muß bei Verbindungen zwischen Vorsatz und Verstärker von über 10 cm Länge abgeschirmtes Kabel verwendet werden. Der Schirm muß an Punkt 5 oder 7 angelötet werden.



STÜCKLISTE

R1	820	Ω
R2	270	Ω
R3	39	k Ω
R4	1	k Ω
R5	3,9	k Ω
R6	180	k Ω
R7	4,7	k Ω
R8	4,7	k Ω
R9	4,7	k Ω
R10	2,2	k Ω
R11	330	Ω
R12	330	Ω
R13	3,3	k Ω
R14	390	Ω
R15	100	Ω
R16	120	Ω
R17	100	k Ω
C1	10 μ F/25V	
C2	220 μ F/16V	
C3	2,2 μ F/35V	
C4	1 μ F/35V	
C5	22 nF	
C6	22 nF	
C7	1 nF	
C8	47 nF	
C9	1 nF	
C10	47 nF	
C11a	10 nF (MONO)	
C11b	470 pF (STEREO)	
C12	47 nF	
D1	ZPD 12	
T1	BC 173	
IC1	TBA 120 S	
IC2	CA 3028 A	
F1	SFE 10.7 MA	
F2	SFE 10.7 MA	
L1	0024B-23L (MITSUMI)	



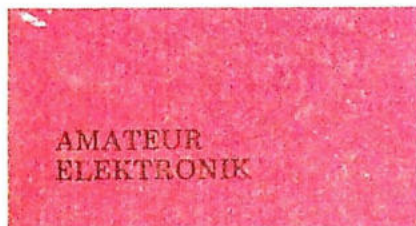
28. STEREO-DEKODER

Ein Stereo-Dekoder — wie der hier beschriebene — ist, obwohl der Aufbau einfach ist, für viele Empfängertypen gut verwendbar. Die einzige Voraussetzung ist, daß der Empfänger eine passende Bandbreite hat, d.h. über 50 kHz wiedergeben kann.

Die Betriebsspannung ist 12 V. Bei Empfängern mit größerer Betriebsspannung muß ein passender Vorwiderstand, in Serie mit der Stromversorgung, in der Plus-Leitung eingebaut werden.

Es ist wichtig, den in dem Empfänger eingebauten Überbetonungskondensator von normalerweise 2 bis 47 nF durch einen 20 mal kleineren Kondensator zu ersetzen.

Bei einigermaßen guten Empfängern kann mit diesem Stereo-Dekoder eine Kanaltrennung von 40 bis 45 dB erreicht werden.



Dieses Buch ist ein ausgezeichnetes Lehrbuch sowohl für Schulen als auch zum Selbststudium.

Die Grundidee des Buches, dem Leser nach jedem Abschnitt entsprechende Fragen zu stellen, ihn unter mehreren Antworten wählen zu lassen und schließlich in der Feed-back Liste sowohl die richtige Antwort als auch Erklärungen und Anleitungen bei einer falschen Antwort zu geben, ist nicht neu aber trotzdem sehr effektiv. Es hat sich praktisch erwiesen, daß Schüler den Stoff bis zu fünfmal schneller lernt als bei herkömmlichen Methoden.

Die dem Buch beigelegten vorgedruckten Platinen geben dem Leser die Möglichkeit, sofort seine Fähigkeiten zu versuchen. Die notwendigen Teile werden Sie vielleicht schon in der Schublade haben, oder Sie bekommen sie für wenig Geld, fertig in einem kleinen Plastikbeutel verpackt, bei Ihrem Fachhandel.

Verspürt der Leser die Lust, kompliziertere elektronische Geräte selbst zu bauen, sind im Buch eine ganze Reihe Verstärker, Meß - instrumente, Netzteile und automatische Einheiten beschrieben, von denen mehrere als komplette Bausätze erhältlich sind.

Alles in allem ist AMATEUR ELEKTRONIK ein Buch, das sowohl als Geschenk für den neuen Amateur-Elektroniker als auch als Nachschlagewerk für den erfahrenen Elektrotechniker gut zu gebrauchen ist.