Der junge Funktechniker

MHS

TRANSISTOR - EXPERIMENTIER - BAUKASTEN

FÜR FUNKEMPFANGS-TECHNIK
FÜR HOCHFREQUENZGENERATOREN

ANLEITUNGSBUCH
zum

TRANSISTOR-
EXPERIMENTIER-
BAUKASTEN

MHS

DER JUNGE FUNKTECHNIKER

Hersteller: Moritz Hädrich KG., Saalfeld (Saale)

Gestalter: Peter Grube, Entwickler der Firma Moritz Hädrich KG.

Unter Mitwirkung: Horst Fischer, Mitarbeiter am Pädagogischen Institut Karl-Marx-Stadt

Dipl.-Ing. Ralf Riebel, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im VEB Carl Zeiss, Jena, Kammer der Technik

Die Rundfunktechnik und Elektronik wird von Jahr zu Jahr wichtiger und interessanter. Welcher technisch interessierte Junge oder welches Mädchen hätte nicht den Wunsch, dieses Gebiet durch eigene praktische Versuche kennenzulernen.

Der MHS-Transistor-Experimentier-Baukasten erfüllt das Interesse eines jeden in vollem Ausmaße. Jeder, der die einzelnen Versuche durcharbeitet, gewinnt bald einen Überblick über die wichtigsten Vorgänge der Funkempfangstechnik.

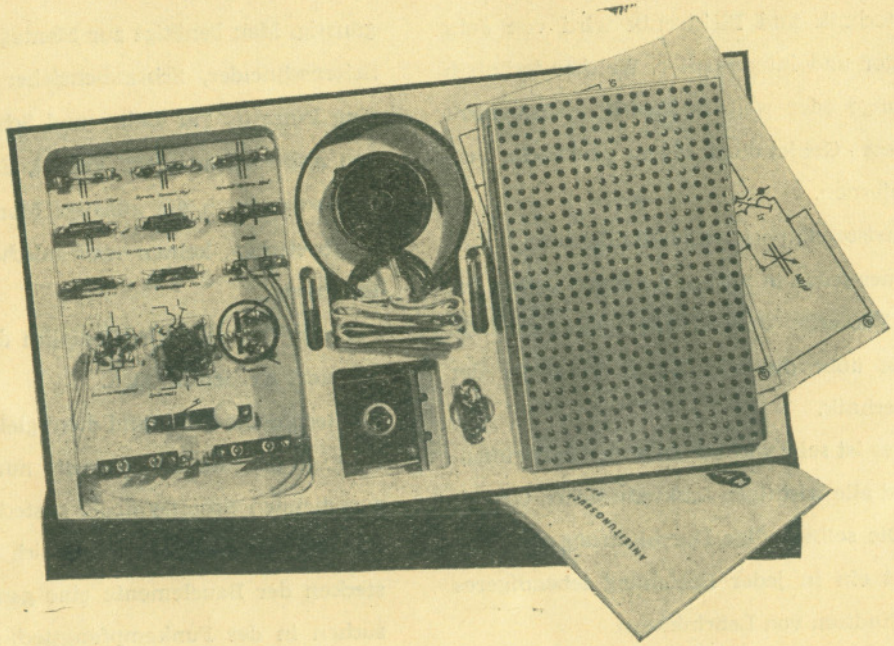
Daneben, und das ist sehr wichtig, lernt der Experimentierende spielend alle wichtigen funktechnischen Grundlagen kennen. Die selbständige Durchführung der Versuche vermittelt ein in jeder Beziehung lebendigeres Wissen als das Studium von Lehrbüchern.

Bei der Durchführung der Versuche zeigen sich die Schraubverbindungen für die Bauelemente als besonders günstig. Man benötigt zur Montage ausschließlich einen Seitenschneider, Schraubenzieher und eventuell noch eine Pinzette. Für Lehr- und Schulungszwecke ist das von außerordentlichem Vorteil, da die einzelnen Bauelemente, durch die günstige Montage auf den Kunststoffbrettchen, keinen mechanischen Abnutzungen unterliegen.

Für die Versuche wird lediglich der beiliegende Draht erneuert werden müssen.

Das technische Schaltbild dient gleichzeitig als Steckvorlage, so daß die Bauelemente nur noch über die entsprechenden Schaltsymbole gesteckt werden brauchen.

Mit diesem Baukasten lassen sich durch einfaches Umstecken der Bauelemente eine ganze Anzahl von Versuchen in der Funkempfangstechnik im Mittelwellen- und Langwellenbereich sowie im Niederfrequenzbereich durchführen.



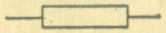
Auf der linken Seite deines Baukastens befinden sich eine Reihe Bauelemente und deren Bezeichnung, Schaltsymbol und elektrische Größe. Vielleicht weißt du vorerst nichts damit anzufangen. Deshalb erfolgt eine kurze Erläuterung eines jeden Bauelementes.

1M = 1000K
0,1M = 100K
0,5M = 500K

Mit **Widerstand** bezeichnet man in der Elektrotechnik sowohl ein bestimmtes Bauelement als auch die Eigenschaft, die dieses Bauelement oder ein elektrischer Leiter gegenüber dem elektrischen Strom hat. Der Widerstand leistet also dem Stromfluß Widerstand. Die zwei Widerstände, die in diesem Baukasten verwendet werden, sind Schichtwiderstände.

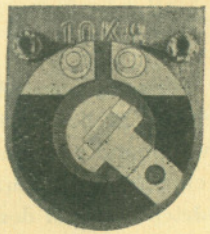
Ein **Schichtwiderstand** besteht aus einem Porzellankörper, auf welchem eine Schicht aus Kohle aufgetragen ist. Diese Schicht kann entweder direkt als Widerstand benutzt oder durch Einschleifen einer Wendel in ein schraubenförmiges Band aufgeteilt werden. Die Größe des elektrischen Widerstandes wird je nach Länge, Stärke und Durchmesser sowie der speziellen Leitfähigkeit der Kohle bestimmt. Der Widerstand wird nach dem deutschen Physiker Georg Ohm in „Ohm" angegeben. Das Kurzzeichen Ω ist der letzte Buchstabe im griechischen Alphabet – Omega. Sowie bei den Gewichten 1000 g gleich 1 kg sind, sind bei den Widerständen 1000 Ω gleich 1 kΩ.

Der **Regelwiderstand** besteht aus einer Kohleschicht, die auf einer Hartpapierplatte befestigt ist. Ein drehbar angeordneter Schleifer ermöglicht das Abgreifen entsprechender Widerstandswerte. Der durch den gesamten Regelwiderstand fließende Strom ruft an ihm einen Spannungsabfall hervor.

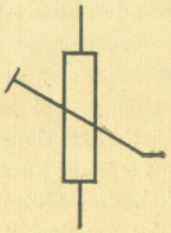


Schaltsymbol Widerstand

Aufbau eines Schichtwiderstandes



Regelwiderstand



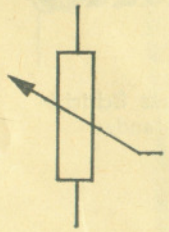
Schaltsymbol

Da sich die Spannungen wie die W i d e r s t ä n d e verhalten,

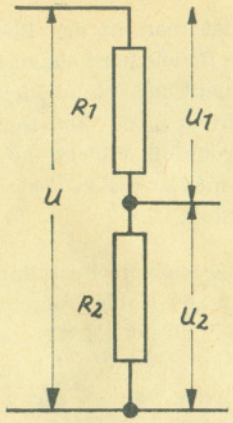
großer Widerstand – große Spannung,

kleiner Widerstand – kleine Spannung,

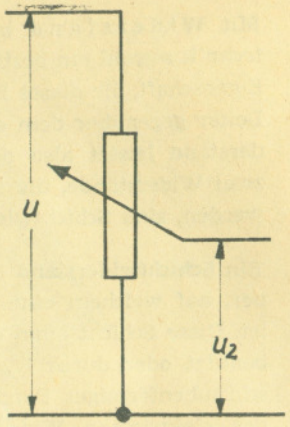
so greift der Schleifer, je nach Stellung, eine mehr oder weniger große Spannung ab. Die am gesamten Widerstand anliegende Spannung kann also mit diesem Regelwiderstand beliebig geteilt werden.
Hierbei handelt es sich um einen einstellbaren oder variablen Spannungsteiler, auch Potentiometer genannt.



Schaltsymbol
Potentiometer

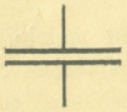


Spannungsteiler



Schaltung eines
Potentiometers

Der **Kondensator** ist in der Funkempfangstechnik ein vielfach verwendetes Bauelement. Er besteht in seiner einfachsten Form aus zwei voneinander isolierten Metallplatten, wobei jede mit einem Anschlußdraht versehen ist. Nach dem verwendeten Material des Dielektrikums (sprich: Di-e-lektrikum), die isolierende Schicht zwischen den Metallbelägen, richtet sich die Bezeichnung des Kondensators.



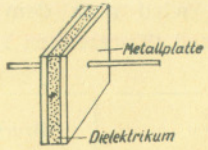
Schaltsymbol
Kondensator

Besteht also das Dielektrikum aus einer keramischen Masse, so haben wir es mit einem Keramik-Kondensator zu tun. Der elektrische Wert eines Kondensators, die sogenannte Kapazität, ist von der Größe der sich gegenüberstehenden Metallflächen, ihrem Abstand voneinander sowie der Art des Dielektrikums abhängig. Je größer die Fläche und je kleiner der Abstand sind, um so größer ist seine Kapazität. Der Kondensator ist für Gleichstrom undurchlässig, da zwischen den Platten keine leitende Verbindung besteht. Dagegen stellt er keinen großen Widerstand für einen Wechselstrom dar. Der kapazitive Widerstand wird kleiner, je größer die Frequenz des angelegten Wechselstromes ist.

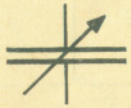
So wie es regelbare Widerstände gibt, so hat man auch einstellbare oder verstellbare Kondensatoren, die Drehkondensatoren oder auch „Drehko" genannt.

Durch Herausdrehen einer der beiden gegenüberliegenden Platten wird die wirksame Fläche verkleinert, um so verschiedene Kapazitätswerte einstellen zu können. Der in diesem Baukasten verwendete Drehko besitzt im Verhältnis zu seiner Baugröße eine große Kapazität. Hier stehen sich nicht nur zwei Platten, sondern ganze Plattenpakete gegenüber. Diese sind durch Kunststoff-Folienscheiben voneinander isoliert.

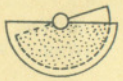
Die feststehenden Platten nennt man Statorplatten, die drehbar angeordneten Rotorplatten.



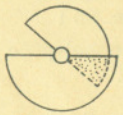
Einfachste Form eines Kondensators



Schaltsymbol – Drehkondensator



große Kapazität



kleine Kapazität

Prinzip des Drehkondensators

Die Kapazität wird nach dem englischen Physiker Faraday in Farad (Kurzzeichen F) angegeben.

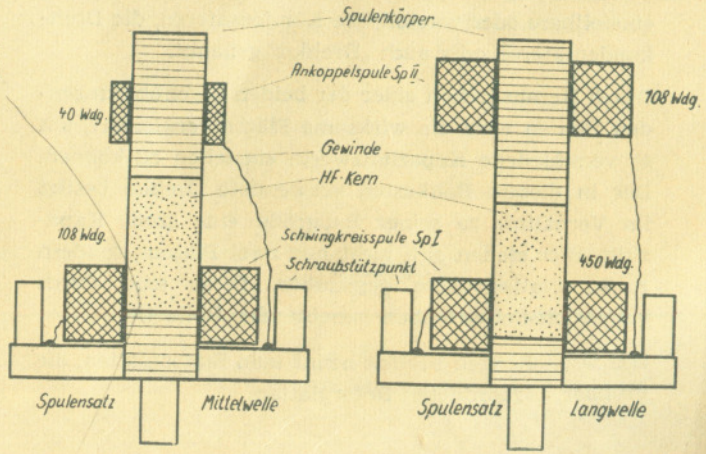
Dieser Wert ist jedoch für die Praxis bei weitem zu groß. Gebräuchlich sind nur Bruchteile davon:

In Worten	Bruchsdreibweise	Potenzsdreibweise	Ausdruck	Kurzzeichen
Ein millionstel Farad	$\frac{1}{1000\,000}$ F	10^{-6} F	Mikrofarad	µF
Ein milliardstel Farad	$\frac{1}{1000\,000\,000}$ F	10^{-9} F	Nanofarad	nF
Ein billionstel Farad	$\frac{1}{1000\,000\,000\,000}$ F	10^{-12} F	Picofarad	pF

Unsere beiden **Spulensätze** bestehen je aus zwei Spulen, auch Induktivitäten genannt, aus einer großen Spule Sp I und einer kleinen Spule Sp II.

	Mittelwellen-spulensatz	Langwellen-spulensatz
Schwingkreis-spule Sp I	108 Wdg. (mit Kern 0,18 mH)	450 Wdg. (mit Kern 3,6 mH)
Ankoppelspule Sp II	40 Wdg.	40 Wdg. (Wdg. = Windung)

Beide Spulen sind über einen Spulenkörper gesteckt, in dessen Innern ein Hochfrequenzeisenkern eingeschraubt ist. Die elektrische Größe einer Spule, die In-



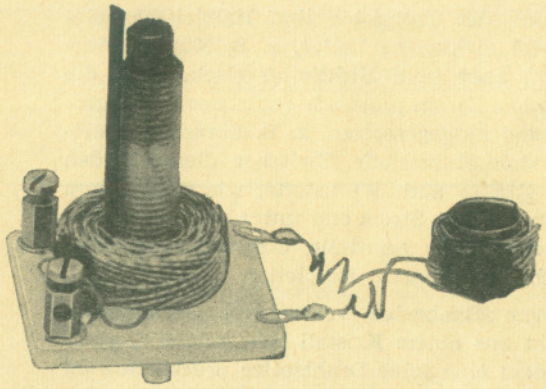
duktivität, ist von der Windungszahl, dem Spulendurchmesser, der Spulenbreite und von den magnetischen Eigenschaften des HF-Kernmaterials abhängig.
Die Einheit der Induktivität ist das Henry

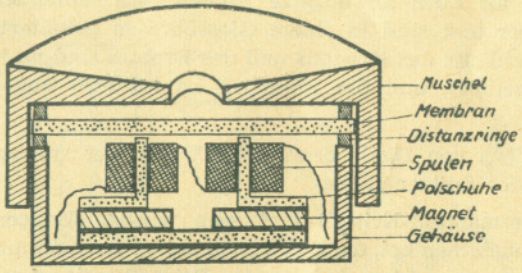
1 H = 1000 mH (Millihenry) oder
1 000 000 µH (Mikrohenry)

Legt man an eine Spule eine Gleichspannung an, so fließt ein Strom, der nur durch den Ohmschen Widerstand der Spulenwicklung bestimmt wird. Dagegen wirkt bei einer Wechselspannung ein induktiver Widerstand, der mit zunehmender Frequenz steigt.

Im Innern der Kopfhörermuschel befinden sich zwei Spulen. Sie besitzen magnetische Eisenkerne, deren Magnetfeld auf die Blechmembrane einwirkt, welche auf der Muschel aufliegt. Der durch die Spulen fließende Strom ruft ebenfalls eine Magnetfeld hervor, bei gleichbleibender Stromstärke ein gleichbleibendes Magnetfeld, bei wechselnder Stromstärke ein im Rhythmus der Stromschwankungen unterschiedlich starkes Magnetfeld.

Dieses Wechselfeld läßt die bereits durch den Dauermagnet vorgespannte Membrane mitbewegen. Die Membrane bringt die sie umgebende Luft zum Mitschwingen.





Schnitt durch einen Kopfhörer

Schaltsymbol – Kopfhörer

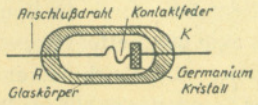
Die Diode und der Transistor sind Halbleiterbauelemente. Es gibt elektrische Leiter, z. B. Kupfer, Aluminium usw., aber auch Nichtleiter (Isolatoren), die dem elektrischen Strom praktisch einen unendlich großen Widerstand entgegensetzen, z. B. Porzellan, Hartpapier und viele Kunststoffe. Zwischen diesen beiden Grenzfällen gibt es auch Werkstoffe, wie Germanium oder Silizium, die den Strom erst unter besonderen Bedingungen leiten. Man nennt sie, um eine Unterscheidungsmöglichkeit zu haben, Halbleiter.

Die in diesem Baukasten verwendete Germanium-Diode besteht aus einem Kristall sehr reinen Germaniums, auf dem eine feine Drahtspitze drückt. Sowohl Kristall als auch Drahtspitze stehen sich einander gegenüber und sind in einem Glasröhrchen gehaltert. Die Anschlüsse des Kristalls und des Drahtes sind nach außen geführt, und das Röhrchen ist luftdicht abgeschlossen.

Diesen Typ von Diode nennt man wegen der spitzen Drahtfeder Spitzen-Diode.

Dem Germanium-Kristall fügt man winzige Mengen an Fremdatomen bei, die Elektronen an das Germanium abzugeben vermögen (n-leitend). Beim Formierungsprozeß zwischen dem Germaniumkristall und der Spitze bildet sich eine dünne Zone Germaniums aus, die Elektronen aufzunehmen bestrebt ist (p-leitend). Die Schicht zwischen der negativ leitenden Zone und der positiv leitenden Zone nennt man Sperrschicht oder pn-Übergang.

Schaltsymbol - Diode



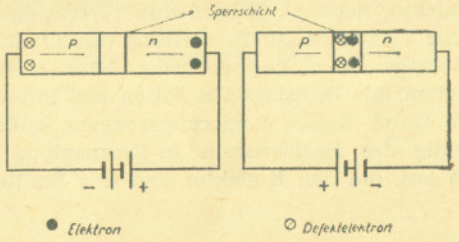
Schnitt durch eine Diode

Legt man nun von außen eine Spannung derart an die Diode, daß das n-Germanium negativ gegenüber dem p-Germanium ist, so werden von ersteren Elektronen und von p-Germanium Defektelektronen (Mangelelektronen) zur Sperrschicht getrieben. Die Elektronen sowie die Defektelektronen sind Ladungsträger, die zu einer Verminderung des Widerstandes der Sperrschicht führen. Die Diode ist in Durchlaßrichtung gepolt. Vertauscht man die Anschlüsse der Spannungsquelle, so vollzieht sich der umgekehrte Vorgang.

Die Ladungsträger werden von der Grenzschicht fortgetrieben, diese verarmt an Ladungsträgern, und der Widerstand .der Diode ist sehr groß, sie ist in Sperr-Richtung gepolt.

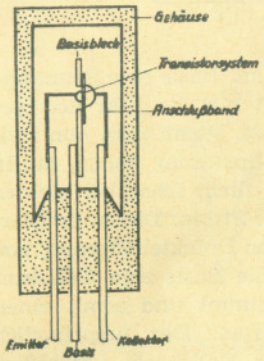
Da es nur auf die Polarität der angelegten Spannung ankommt, ob die Diode den Strom sperrt oder durchläßt, somit also eine Ventilwirkung besitzt, verwendet man Dioden zum Gleichrichten von Wechselströmen, die ja bekanntlich die Polarität oder die Richtung dauernd umkehren.

Gegenüber der Halbleiter-Diode besitzt der **Transistor** zwei pn-Übergänge. Besteht der erste Kristall aus p-Germanium, der zweite aus n-Germanium und der dritte wiederum aus p-Germanium, so spricht man von einem pnp-Transistor. Der mittlere Kristall ist wesentlich dünner als die beiden äußeren Kristalle und heißt Basis. Die beiden äußeren werden Emitter

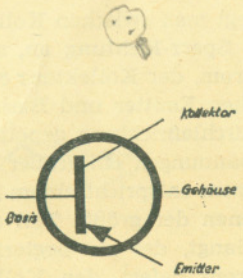


Diode in Sperrichtung gepolt

Diode in Durchlaßrichtung gepolt

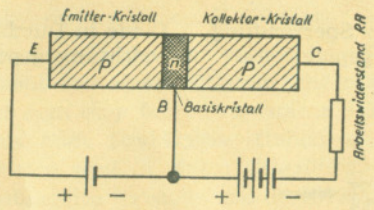


Schnitt durch einen Transistor



Schaltsymbol Transistor

und Kollektor genannt. Es gibt nun verschiedene technologische Verfahren zur Herstellung von Transistoren. Zum Beispiel beim Legierungstransistor werden in beide Seiten des Basiskristalls Pillen aus Indium eingelagert. Durch diesen Legierungsvorgang bilden sich beiderseitig des Basiskristalls (n-Germanium) dünne p-Zonen aus, die den Kollektor und den Emitter darstellen.



Legt man zwischen Kollektor und Basis eine Spannung in Sperr-Richtung an, so fließt nur ein sehr geringer Strom, der Kollektor r e s t strom. Wenn man nun zwischen Emitter und Basis eine Spannung anlegt, die in Durchlaßrichtung gepolt ist, so fließt schon bei kleinen Spannungen ein großer Emitter-Strom. Dieser Emitter-Strom entspricht einem Fluß von Defektelektronen, von denen der größte Teil durch die Basis zum Kollektor gelangt, der sie begierig aufnimmt und somit einen Strom liefert, den Kollektorstrom. Der ursprünglich sehr schwache Sperrstrom des Kollektors vergrößert sich also weitgehend, weil der Emitter positiv gegenüber der Basis ist. Der Kollektorstrom ist dabei ein wenig kleiner als der Emitter-Strom, weil ein gewisser Teil der Defektelektronen zur Basis abfließt.

Nur eine kleine Emitterspannung ist nötig, um einen hohen Emitter-Strom fließen zu lassen, weil in Durchlaßrichtung gepolt ist. Da der Kollektor in Sperrichtung gepolt ist und der Kollektorstrom fast gleich dem Emitter-Strom ist, fällt an einem Arbeitswiderstand, der in dem Kollektorkreis liegt, eine wesentlich höhere Spannung ab, als dem Emitter angelegt werden muß, um den Emitter-Strom zu verursachen. Wir haben es mit einer Spannungsverstärkung zu tun.

Der Strom wird in der vorhergehenden Schaltung nicht verstärkt, da der Kollektorstrom etwas kleiner als der Emitter-Strom ist.

In dieser Schaltung ist die Basiselektrode des Transistors der gemeinsame Anschluß für Eingangs- und Ausgangskreis. Deswegen wird diese Schaltung als Basis-Schaltung bezeichnet.

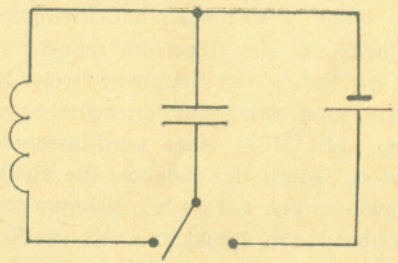
Man kann aber auch die Basis steuern bei der Emitterschaltung. In diesem Fall genügen bereits sehr kleine Basisströme, um einen wesentlich kräftigeren Kollektorstrom auszulösen, denn in der Basis fließt immer nur die Differenz zwischen Emitter- und Kollektorstrom. Infolgedessen bringt diese Schaltung eine beträchtliche Stromverstärkung und natürlich auch eine Spannungsverstärkung. Diese Tatsache hat der Emitterschaltung eine besonders große Bedeutung in der Transistor-Schaltungspraxis verschafft.

Erzeugung und Empfang elektromagnetischer Wellen

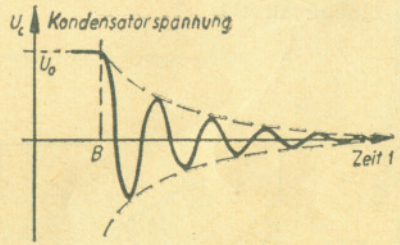
Zur drahtlosen Übertragung von Sprache und Musik benutzt man die elektromagnetischen Wellen. Um sich darunter etwas vorstellen zu können, wird in diesem Abschnitt ganz kurz darauf eingegangen. Elektromagnetische Wellen können erst dann entstehen, wenn entsprechende elektrische Schwingungen erzeugt worden sind.

Bei der Entladung eines Kondensators über eine Spule entstehen Schwingungen, deren Amplitude (Schwingungsweite) rasch abnimmt, bis keine Schwingungen mehr vorhanden sind. Man nennt diese Schwingung gedämpfte Schwingung. Spule und Kondensator bilden einen elektrischen Schwingkreis.

Die Kapazität des Kondensators und die Induktivität der Spule bestimmen die Frequenz der im Schwingkreis entstehenden elektromagnetischen Schwingungen. Vergrößert man die Kapazität oder Induktivität, so vermindert sich die Frequenz. Um ungedämpfte Schwingungen in einem Schwingkreis zu erzeugen, muß man den Anteil der elektrischen Energie ersetzen, der in Wärme umgewandelt wird. Die Energiezufuhr muß im richtigen Zeitpunkt geschehen. Zur Übertragung elektromagnetischer Schwingungen, die in Generatoren er-

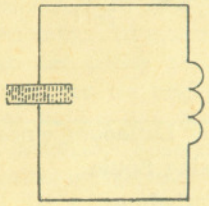


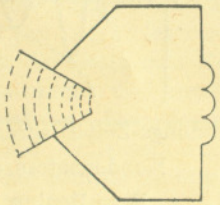
Entladung eines Kondensators über einer Spule

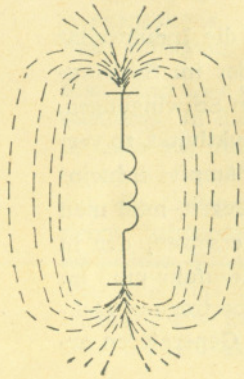


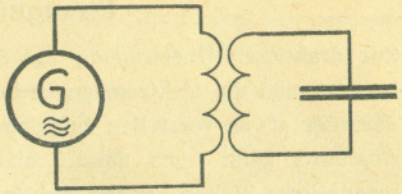
Spannungs-Zeit-Diagramm der Entladung eines Kondensators über eine Spule
B = Beginn der Entladung

zeugt werden, verwendet man induktiv- oder kapazitivgekoppelte Resonanzkreise. Als Resonanzkreis bezeichnet man einen angekoppelten Schwingkreis, dessen Eigenfrequenz auf die Generatorfrequenz abgestimmt wird. Bei der induktiven Kopplung zweier Kreise wird die Energie durch die Induktion zwischen den Spulen übertragen. Mit Hilfe eines geschlossenen Schwingkreises ist es jedoch nur möglich, die elektromagnetischen Schwingungen auf andere gekoppelte Resonanzkreise zu übertragen. Denkt man sich die Kondensatorplatte auseinandergezogen, so ist der Schwingkreis ein offener Schwingkreis geworden. Der offene Schwingkreis unterscheidet sich vom geschlossenen Schwingkreis vor allem dadurch, daß sein elektrisches Feld nicht nur in engem Raum zwischen den Kondensatorplatten wirksam ist, sondern daß es sich weit in die Umgebung hineinerstreckt.

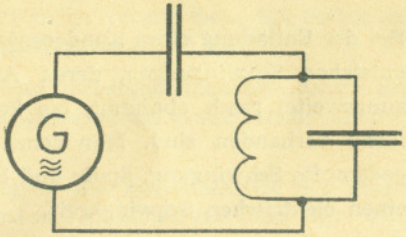






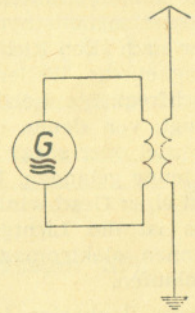


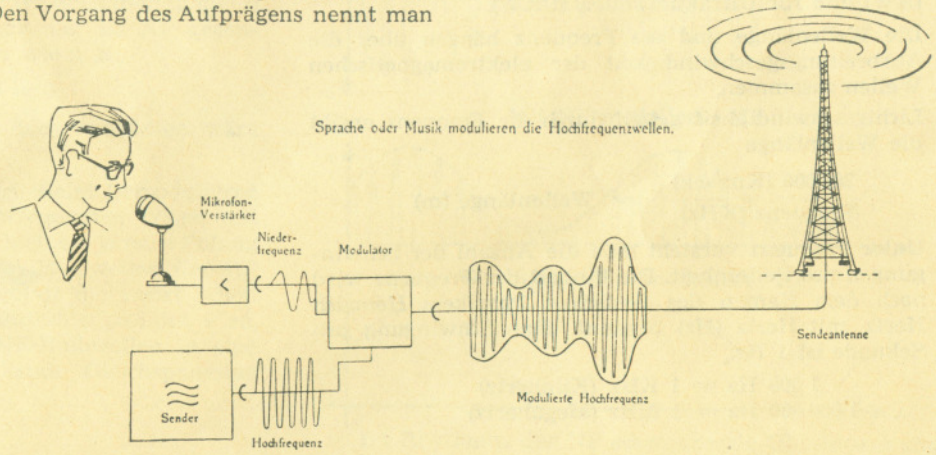
Generator mit induktiv gekoppelten Resonanzkreis



Generator mit kapazitiv gekoppelten Resonanzkreis

Dadurch ist es möglich, elektromagnetische Schwingungen und damit elektromagnetische Energie auf große Entfernungen drahtlos zu übertragen. Elektromagnetische Wellen entstehen aus elektromagnetischen Schwingungen. Sie werden von einem offenen Schwingkreis, oder auch Antennenkreis genannt, abgestrahlt. Zur Erhöhung seines Strahlungsvermögens verbindet man die Enden des Kondensators mit Antenne und Erde. Damit der Antennenkreis elektromagnetische Wellen abstrahlen kann, muß er durch einen Generator erregt werden. Tonfrequente Schwingungen der Sprache oder Musik können zwar in entsprechende elektromagnetische Schwingungen umgewandelt werden, jedoch sind die Eigenschaften dieser niederfrequenten elektromagnetischen Wellen technisch nicht nutzbar. Dies umgeht man, indem man die niederfrequenten Schwingungen einer hochfrequenten Schwingung aufprägt. Den Vorgang des Aufprägens nennt man Modulation.





Die Empfangsantenne ist das Auffangorgan für die elektromagnetischen Wellen, die von den Senderantennen nach allen Richtungen abgestrahlt werden. Elektromagnetische Wellen werden im Sender durch starke hochfrequente Leistungen von mehreren Kilowatt erzeugt, von denen dann nur winzige Bruchteile (millionstel oder sogar milliardstel W) in die Empfangsantenne gelangen. Die Ausbreitung der Wellen erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km pro Sekunde, das ist die Lichtgeschwindigkeit. In einer Sekunde können elektromagnetische Wellen $7^1/_2$mal die Erde umlaufen.

Dieser Baukasten ist für den Empfang von elektromagnetischen Wellen im Mittelwellenbereich (MW) 550–1600 KHz und Langwellenbereich (LW) 120–250 KHz geeignet. Es gibt auch Empfänger für Kurzwellen (KW) und für Ultrakurzwellen (UKW).

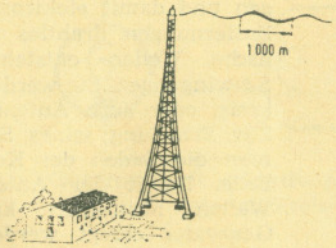
Die Wellenlänge und die Frequenz hängen über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen zusammen.

Lichtgeschwindigkeit geteilt durch die Frequenz ergibt die Wellenlänge

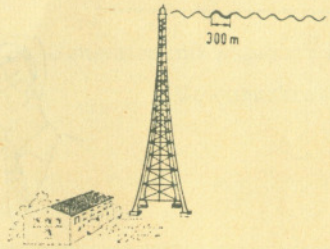
$$\frac{300\,000\ (\text{Km/sek})}{\text{Frequenz (KHz)}} = \text{Wellenlänge (m)}$$

Unter Frequenz versteht man die Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit. Die Einheit der Frequenz wird nach dem Namen des deutschen Physikers Heinrich Hertz mit Hertz (Hz) benannt. Eine Schwingung pro Sekunde ist 1 Hz.,

1 000 Hz = 1 KHz (Kilohertz)
1 000 000 Hz = 1 MHz (Megahertz)



Bildliche Darstellung der Wellenlänge
Langwelle



Mittelwelle

Auf die Antenne des Empfängers wirken stets die Funkwellen vieler Sender ein. Würde man diese Vielzahl von Schwingungen entsprechend umformen, dann könnte man keinen Sender einzeln heraushören.

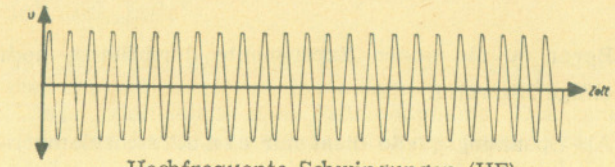
Das Aussieben der richtigen Antennenspannung nach Wellenlänge oder Frequenz erreicht man mit Hilfe von einem oder mehreren Schwingkreisen. Der Antennenstrom verursacht nun einen Spannungsabfall an dem durch Induktivität und Kapazität gebildeten Schwingkreis. Ein hoher Widerstand entsteht nur für eine Frequenz, für die Resonanzfrequenz, also die Frequenz, die mit der des zu empfangenden Senders übereinstimmt.

Die so ausgewählten modulierten hochfrequenten Schwingungen können jedoch immer noch nicht direkt hörbar gemacht werden. Weil die positive sowie die negative Hälfte der modulierten HF-Schwingung gleich groß ist, heben sie sich in bezug auf die NF gegenseitig auf, wenn man sie addiert, wie z. B.

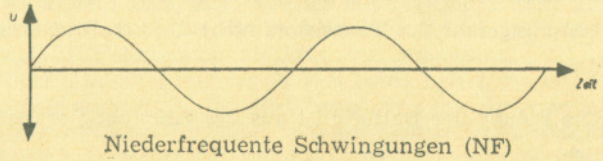
$$(+2) + (-2) = 0$$

ist. Würde man die HF noch so hoch verstärken, wäre trotzdem nichts zu hören.

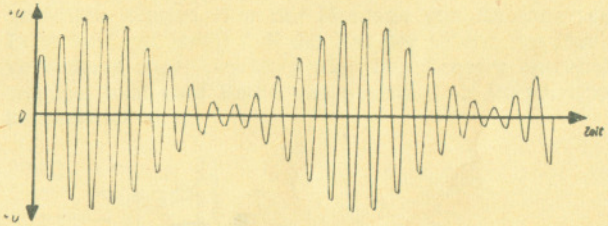
Es muß erst demoduliert werden. Beim Demodulieren wird die Tonfrequenz vom hochfrequenten Träger mit Hilfe einer Diode abgetrennt. Es bleiben, je nach Polung der Diode, negative oder positive Halbwellen der HF übrig. Durch eine kleine Kapazität, die meist schon durch parallel verlaufende Schaltdrähte gebildet wird, werden die noch modulierten HF-Halbwellen in eine im Rhythmus der NF schwankende Gleichspannung umgewandelt.



Hochfrequente Schwingungen (HF)

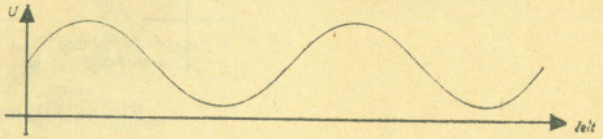


Niederfrequente Schwingungen (NF)



Mit NF modulierte HF

Gleichgerichtete modulierte HF

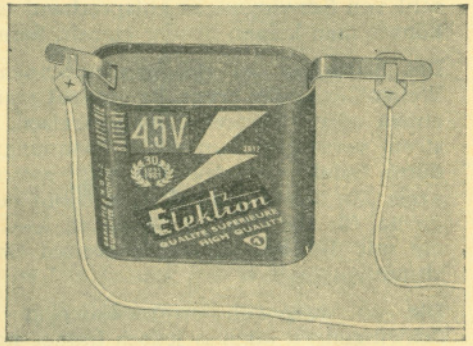


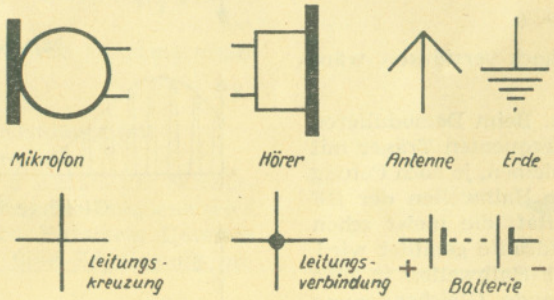
Im Rhythmus der NF schwankende Gleichspannung

Bevor du die ersten Experimente durchführst, noch einige Hinweise:

Als Spannungsquelle dient nur e i n e Taschenlampenbatterie von 4,5 Volt. Diese Spannung darf wegen Überlastungsgefahr des Transistors nicht überschritten werden.

Die Polung der Batterie ist aus der Abbildung ersichtlich.





Einige allgemeine Schaltsymbole

Der Bau von „Antenne" und „Erde"

Die Erde: Als Erdanschluß eignen sich das Zuflußrohr einer Wasserleitung, ein Gasrohr oder ein Dampfheizungsrohr. Der Drahtanschluß wird an einer Blechschelle, welche um das metallisch blankgeschabte Rohr geschlungen wird, vorgenommen. Der Anschluß der Erdleitung an Dachrinnen oder deren Ableitungen ist unzweckmäßig. Blitzableiter oder Erdleitungen an Netzsteckdosen sind für die Benutzung als Erdanschluß für Rundfunkempfangsgeräte sehr gefährlich und deshalb verboten. In Einzelfällen besteht die Möglichkeit, auf einer Wiese einen Eisenstab in den Boden einzuschlagen (30 bis 100 cm tief).

Die Antenne: Beim Versuch 17 reichen bereits einige Meter Draht als Antenne. Für einen Detektorempfänger nach Schablone 1 ist eine Antennenlänge von ca. 30 Metern nötig. Die Antenne sollte so hoch wie möglich angebracht werden. Das Material von Antenne und Erdleitung soll Kupfer sein. Kupferdraht gewinnt man am einfachsten aus einer ausgedienten elektrischen Klingel oder einem alten Fahrraddynamo. Das eine Ende der Langdrahtantenne wird an einem Bodenfenster des Hauses oder an einem Baum befestigt und das andere Ende zum Fenster hereingeführt. Sehr gut eignet sich auch die Bandkabelableitung von vorhandenen UKW-Antennen als Mittelwellenantenne.

Hierbei schaltet man am besten beide Leiter des Bandkabels zusammen. Bei Nichtbenutzung der Antenne ist diese mit dem Erdkabel zusammenzuschließen, damit Aufladungen der Antenne bei Gewitter keinen Schaden anrichten können. Vor der Montage von Antenne und Erde muß auf jeden Fall der Rat der Eltern, des Hausverwalters oder -besitzers oder des Lehrers eingeholt werden, weil eine Reihe von gesetzlichen Vorschriften zu beachten sind.

Wir bauen einen Empfänger!

Dir werden als junger Funk-Techniker 17 Grundschaltungen vorgeschlagen. Damit kannst du einen einfachen Empfänger für Mittel- oder Langwelle aufbauen, der immer weiter verbessert wird. Gleichzeitig werden eine Reihe von Begriffen eingeführt, die in der Elektrotechnik gebräuchlich sind. Das macht dir keine Schwierigkeiten, denn du arbeitest damit.
Für jede Schaltung liegt eine Schablone bei, die das Verdrahten wesentlich erleichtert. Du verbindest so die lebendige Anschauung mit dem davon abgeleiteten Schaltbild oder Schaltskizze.
Die ersten Schaltungen wirst du aufbauen und dich über deinen Erfolg freuen. Im Kopfhörer erklingt Musik. Dein Empfänger arbeitet. Um die wirkenden Gesetze zu ergründen, muß man experimentieren, einzelne Größen (Widerstände, Spulen, Kondensatoren) verändern und deren Auswirkung feststellen. Versuche, danach stets ein Urteil zu fällen. Für einige Schaltungen sind solche Untersuchungen angeführt, bei anderen wirst du selbst welche finden.
Mit den 17 Empfänger- und Verstärkerschaltungen sind die Möglichkeiten des Baukastens keineswegs erschöpft. Kleine Veränderungen kannst du dir selbst überlegen, und in den greifbaren Büchern zur Transistortechnik und den Jugendzeitschriften findest du weitere Anregungen.

Versuch 1:

Ein einfacher Empfänger

Vom Sender werden Rundfunkwellen (elektromagnetische Wellen) ausgesendet. Du willst diese empfangen und hörbar machen. Wir brauchen prinzipiell drei Teile:

die Antenne und Erde zum Empfang der Rundfunkwellen;

den Schwingkreis, in dem Schwingungen angeregt werden;

den Kopfhörer mit Hochfrequenzgleichrichter und Glättungskondensator als Prüfgerät zum Nachweis der tonmodulierten HF-Schwingungen.

1. Aufgabe:

Stelle aus diesen drei Teilen und einer Diode einen Detektorempfänger her!

Der Name des Empfängers wird von einem wesentlichen Bauelement der Schaltung dem Detektor, der hier aus einer Germaniumdiode besteht, abgeleitet. Das Wort Detektor ist lateinischen Ursprungs und bedeutet hier in übertragenem Sinne etwa Umwandler zum Hörbarmachen.

Versuchsdurchführung: Verwende Schablone 1. Stecke die Bauelemente entsprechend des Vordruckes in die Grundplatte, wähle selbst, welchen Spulensatz du verwendest. Schneide den Draht so zu, Schaltskizze übereinstimmen. Verbinde zuerst den Drehkondensator C 500 pF mit der Spule L_1 (große Spule, achte auf die Anschlüsse!). Verdrahte Antenne und Erde mit dem Schwingkreis, schließe die Buchsenleiste für den Kopfhörer über die Diode OA 625 an den Schwingkreis an. Stelle den Kondensator so ein, daß die Sprache oder Musik von einem Sender hörbar sind.

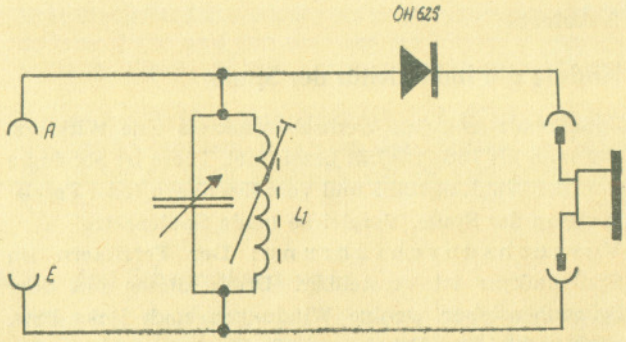
Ergebnis: Mit einem Schwingkreis, an dem Antenne und Erde angeschlossen sind, können die Rundfunkwellen eines Senders, dessen Sendefrequenz mit der Resonanzfrequenz des Schwingkreises übereinstimmt, empfangen werden.

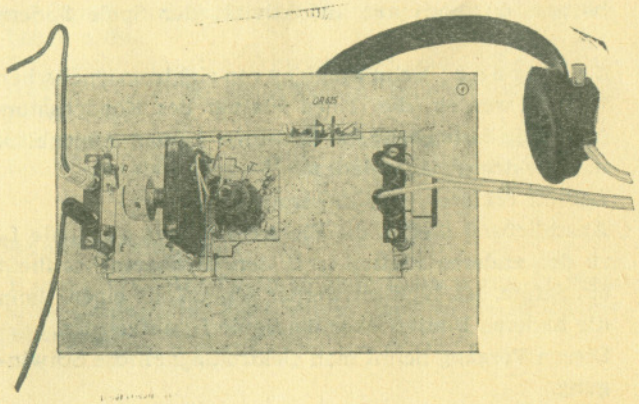
2. Aufgabe:

Ändere die Kapazität des Kondensators, bis ein zweiter Sender gut hörbar ist

Versuchsdurchführung: Der Drehkondensator besteht aus einer Reihe feststehender Platten mit den drehbaren dazwischen (betrachte den Kondensator beim Drehen von der Seite!). Mit der Stellung der Platten zueinander ändert sich deren Kapazität.

Ergebnis: Ein bestimmter Sender wird nur bei einer bestimmten Schwingkreiskapazität empfangen.





3. Aufgabe:

Ändere die Induktivität der Spule

Jede Spule zeigt im Wechselstromkreis eine Wirkung, die man als Induktivität bezeichnet. Diese ist abhängig von der Windungszahl und vom Eisenkern (oder Ferritkern) in der Spule. Vergleiche beide Spulensätze!

Versuchsdurchführung: Der Ferritkern im Spulenkörper ist verstellbar. Drehe diesen mit dem Schraubenzieher wenige Windungen nach links bzw. nach rechts! Der Empfang müßte dann verändert sein.

Ergebnis: Durch Verändern der Induktivität wird der Schwingkreis verstimmt.

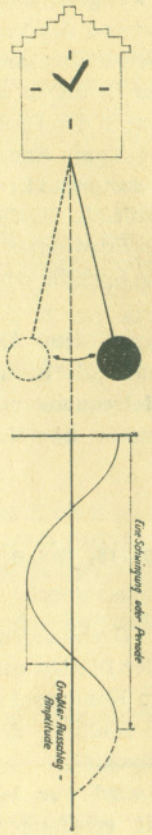
Stelle über den Kondensator wieder Empfang her! Wie hättest du noch die Induktivität der Spule ändern können?

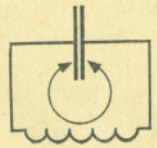
Erklärung: Beim Empfang von elektromagnetischen Wellen werden die einen Platten des Kondensators (z. B. die feststehenden) für einen kurzen Augenblick mit Elektronen aufgeladen.

Laß dir erklären, was Elektronen sind.

Anschließend fließen die Elektronen über die Spule L_1 zu den anderen Platten (z. B. den drehbaren); es fließt ein Strom. Im Wechsel werden einmal die einen, dann die anderen Platten über die Spule L_1 aufgeladen.

Diesen Vorgang nennt man elektromagnetische Schwingung.





Vergleich der Schwingungen eines Uhrenpendels und eines Schwingkreises

Entsprechend der Schwingung kann eine Schwinglinie gezeichnet werden

Die Frequenz der Schwingungen ist durch die Kapazität und Induktivität L des Schwingkreises bestimmt. Empfang ist nur möglich, wenn die Frequenz des Senders und des Schwingkreises übereinstimmen. Diesen Zustand nennt man Resonanz.
Die Vorgänge im Schwingkreis sind mit der Bewegung eines Uhrenpendels vergleichbar. Der Pendelkörper wird angehoben und befindet sich in Ruhe. Er schwingt über die tiefste Lage wieder bis zum Ruhepunkt auf der anderen Seite und von dort aus zurück zur Ausgangsstellung. Einen solchen Vorgang nennt man Schwingung.
Wenn der Pendelkörper unten befestigt ist, schwingt das Pendel langsam, man sagt, die Frequenz sei klein. Ist es weiter oben befestigt, hat es eine große Frequenz.

Aufgabe 4:

Schließe den Kopfhörer direkt an den Schwingkreis an!

Überlege erst, welches Ergebnis du mit deinem Kopfhörer erhalten wirst.

Versuchsdurchführung: Halte die Enden eines Drahtstückes fest an die Anschlüsse der Diode OA 625. Die Diode ist dadurch überbrückt. Du kannst die Diode auch vollkommen aus der Schaltung herausnehmen.

Ergebnis: Ohne Gleichrichtung des Stromes durch eine Diode ist im Kopfhörer nichts hörbar (Demodulation).

Die empfangenden Wellen sind von hoher Frequenz, genauso die Schwingungen im Schwingkreis.

Öffne den Kopfhörer und betrachte den Stromverlauf im Innern! Vom Schwingkreis ausgehend, fließt Strom durch die beiden Spulen, der sich im Rhythmus der Schwingungen ändert. Vor den Spulen befindet sich eine Metallplatte, als Membran bezeichnet, die im gleichen Rhythmus schwingt. Wenn die Stromänderungen zu schnell sind, kann die Membran nicht folgen; wir hören nichts.
Den hochfrequenten Schwingungen sind die niederfrequenten, auch tonfrequente genannt, aufgeprägt (moduliert).
Die Trennung der hochfrequenten und niederfrequenten Schwingungen geschieht durch die Diode.

Aufgabe 5:

Pole die Diode in verschiedene Richtungen!

Versuchsdurchführung: Bei den bisherigen Versuchen war die Katode (schwarzer Strich) am Kopfhörer angeschlossen. Schließe diese jetzt an den Schwingkreis an, die Anode (anderer Anschluß) an den Kopfhörer.

Ergebnis: Am Empfang ändert sich nichts. Es fließt stets pulsierender Gleichstrom, nur in verschiedener Richtung.

Versuch 2:

Verbesserter Empfang

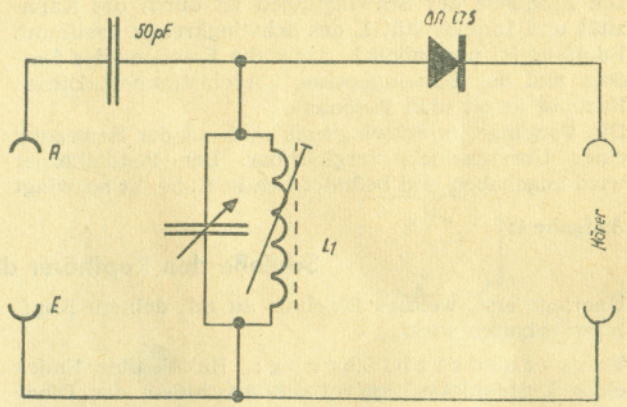
Bei dem einfachen Empfänger wurde noch nicht die Antenne untersucht. Vergleiche den Empfang mit und ohne Antenne bzw. mit und ohne Erde! Antenne und Erde sind für den Empfang wichtig. Sie sind mit den beiden Polen einer Netzsteckdose vergleichbar. Bei Transistor-Rundfunk-Apparaten ist der Ferritkern der Empfangsspule so groß ausgebildet, daß der äußere Anschluß von Erde und Langdrahtantenne meist überflüssig ist.

Aufgabe 1:

Vergleiche die Lautstärke bei Anschluß einer Hochantenne bzw. einer Zimmerantenne!

Versuchsdurchführung: Verdrahte nach Schablone 2. Schließe eine Hochantenne an. Überbrücke vorerst den Koppelkondensator zwischen Antenne und Schwingkreis mit einem Draht. Stelle die Lautstärke fest. Schließe jetzt eine Zimmerantenne an und vergleiche den Empfang.

Ergebnis: Mit einer langen Antenne ist die Lautstärke größer, die Sender überlagern einander. Durch eine kurze Antenne ist die Trennschärfe größer, aber die Lautstärke kleiner.



Ein winziger Teil der von den Sendern ausgehenden Rundfunkwellen trifft auf die Antenne. Dadurch entsteht zwischen Antenne und Erde eine Spannung, ähnlich wie auch zwischen den Polen einer Taschenlampenbatterie bzw. einer Steckdose. Die Spannung an der Antenne ist aber viele Male kleiner.

In der Antenne fließt Strom, der den Schwingkreis zu Schwingungen anregt. Als Gegenpol zur Antenne dient die Erde.

Klemme die Erde ab und berühre mit dem Finger den Erdanschluß der Buchsenleiste. Was stellst du fest?

Aufgabe 2:

Vergleiche den Empfang mit und ohne Koppelkondensator

Versuchsdurchführung: Schalte nach Schablone 2, ohne Überbrückung des Kondensators 50 pF. Stelle verschiedene Sender ein! Die Sender sind besser voneinander zu unterscheiden.

Ergebnis: Die Ankopplung der Antenne durch einen Kondensator wirkt derart, daß die dämpfende Wirkung der Antenne auf den Schwingkreis verringert wird. Die Lautstärke nimmt ab, die Trennschärfe nimmt zu.

Aufgabe 3:

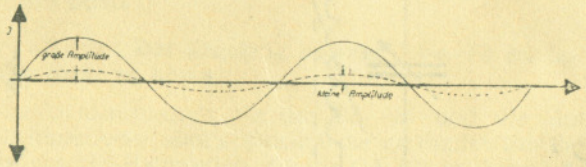
Ändere die Ankopplung der Antenne

Versuchsdurchführung: Schalte statt dem 50-pF-Kondensator zuerst den 330-pF-Kondensator, dann den 20-pF-Kondensator zwischen Antenne und Schwingkreis und stelle verschiedene Sender ein. Vergleiche Lautstärke und Trennschärfe mit den einzelnen Kapazitätswerten!

Ergebnis: Der Koppelkondensator wirkt als Widerstand. Je größer die Kapazität, desto kleiner ist der Wechselstromwiderstand eines Kondensators. Bei kleinem Koppelwiderstand zwischen Antenne und Schwingkreis ist die Lautstärke groß, aber die Trennschärfe nimmt ab.

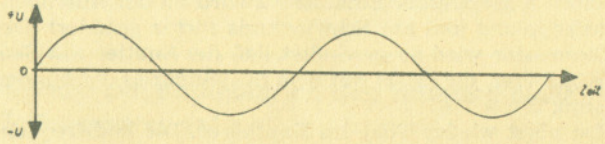
Wir veranschaulichen Lautstärke und Frequenz an Hand der Schwinglinien.

Große Lautstärke △ größe Amplitude

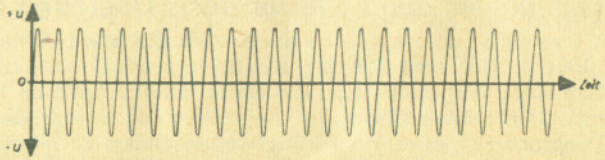


Kleine Lautstärke △ kleine Amplitude

Niedrige Frequenz △ tiefer Ton



Hohe Frequenz △ hoher Ton



Versuch 3:

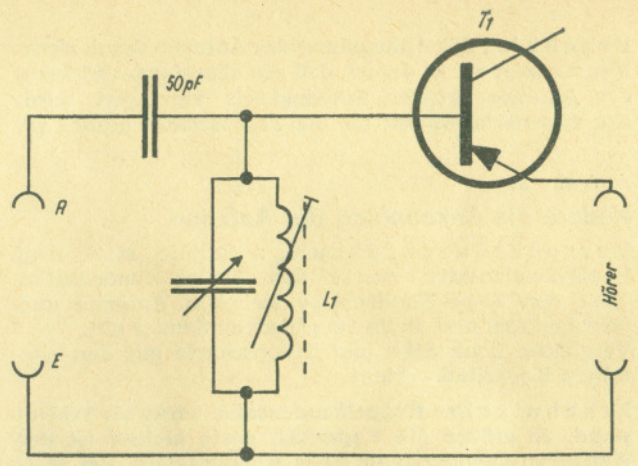
Der Transistor als Gleichrichter

Verwende an Stelle der Diode den Emitter-Basisübergang (auch Emitterdiode genannt) als Gleichrichter.

Versuchsdurchführung: Verdrahte nach Schablone 3. Gegenüber Schablone 2 wird an der Antennenankopplung und am Schwingkreis nichts geändert. Der Transistor wird so geschaltet, daß der Emitter mit dem Kopfhörer, die Basis mit dem Schwingkreis, verbunden sind.

Du hörst wieder Töne im Kopfhörer. Die hochfrequenten Schwingungen sind durch die Emitterdiode des Transistors demoduliert worden.

Ergebnis: Der Emitter-Basis-Übergang wirkt wie ein Gleichrichter.



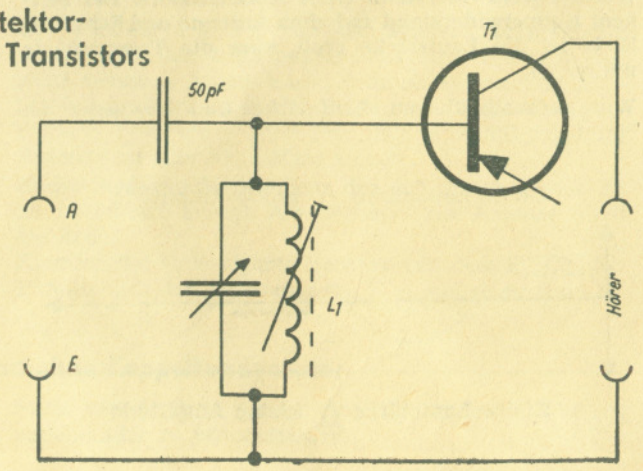
Versuch 4:

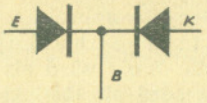
Verwende an Stelle der Diode OA 625 des Detektor-Empfängers den Kollektor-Basis-Übergang des Transistors

Versuchsdurchführung: Schalte nach Schablone 4. Der eine Pol des Kopfhörers wird mit dem Kollektor verbunden und die Basis, wie in Aufgabe 1, mit dem Schwingkreis. Im Kopfhörer ist wieder das Programm eines starken Mittelwellensenders zu hören. Es ist deutlich festzustellen, daß die Lautstärke gegenüber der Anordnung in Versuch 3 größer geworden ist.

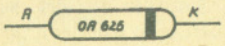
Ergebnis: Der Kollektor-Basis-Übergang des Transistors wirkt wie ein Gleichrichter und eignet sich besser als Mittelwellendetektor als der Emitter-Basis-Übergang in Versuch 3.

Gelegentlich vergleicht man den Transistor, wenn man den Basis-Kollektor- und den Basis-Emitter-Übergang getrennt betrachtet, mit zwei gegeneinandergeschalteten Dioden.





Schaltung der Diodenstrecken eines Transistors



Anschluß der Diode

Aufgabe 3:

Schalte zusätzlich zwischen Basis und Schwingkreis noch die Diode OA 625! Schließe dabei zuerst die Katode der Diode an den Schwingkreis und die Anode an den Transistor an

Ergebnis: Im Kopfhörer ist das Rundfunkprogramm gut zu hören. Sperr- und Durchlaßrichtungen von Diode und Basis-Kollektorstrecke stimmen überein.

Aufgabe 3a:

Pole die Diode um! Das heißt verbinde die Anode der Diode mit dem Schwingkreis und die Katode mit der Basis

Ergebnis: Der Empfang ist sehr leise. Es ist fast nichts mehr zu hören.

Beide Diodenstrecken, die der OA 625 und die der Kollektorstrecke, sind gegeneinander geschaltet. Für die positiven HF-Halbwellen, die die OA 625 in Durchlaßrichtung passieren, ist die Kollektordiode gesperrt.

Versuch 5:

NF-Signale werden durch einen Transistor verstärkt

(Niederfrequenzverstärker, thermisch stabilisiert)

Aufgabe 1:

Schließe den Kopfhörer an den Ausgang eines Plattenspielers an!

Versuchsdurchführung: Über die Nadel des Tonabnehmers wird eine Membrane zu niederfrequenten Schwingungen angeregt. Schließe den Kopfhörer an.

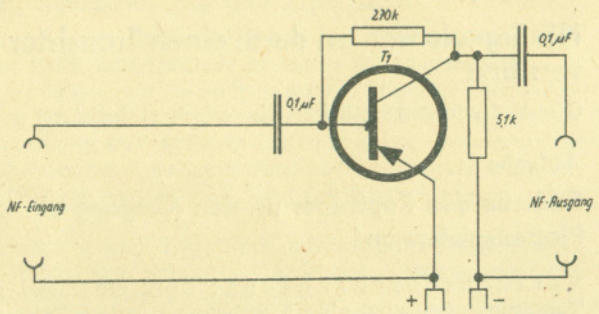
Ergebnis: Du wirst fast nichts hören. Die Stromschwankungen sind zu gering, um die Membrane des Kopfhörers zu Schwingungen anzuregen.

— Als Signalerzeuger muß nicht unbedingt ein Plattenspieler verwendet werden! —

Aufgabe 2:

Verwende den Kopfhörer als Mikrofon!

Kopfhörer sowie permanentdynamische oder Freischwinger — Lautsprecher lassen sich als Mikrofon verwenden. Bei Betrieb als Schallquelle bewegt ein niederfrequenter Wechselstrom, der in der Spule fließt, eine Membran. Umgekehrt erzeugt eine durch Schallwellen bewegte Membran in der Kopfhörerspule eine Wechselspannung.



Aufgabe 3:

Verstärke die Mikrofon-Wechselspannung durch einen Transistor!

Versuchsdurchführung: Verdrahte nach Schablone 5. Schließe den Verstärker an ein Rundfunkgerät (Tonabnehmereingang) an.

(Achtung: Verbindungsdrähte zwischen Verstärker und Rundfunkgerät nicht zu lang wählen, sonst tritt ein Brummton auf. Sollen größere Entfernungen überbrückt werden, dann muß abgeschirmtes Kabel verwendet werden.)

Der eine Pol des Plattenspielerausgangs wird über den Kondensator 0,1 µF an die Basis angeschlossen, der andere an den Emitter.

Von der Spannungsquelle ausgehend existieren zwei Stromkreise. Der eine vom Pluspol der Taschenlampenbatterie (+) über Emitter und Kollektor, dem Kopfhörer als Arbeitswiderstand Ra zum Minuspol (–) der Taschenlampenbatterie; der andere besteht aus Pluspol, Emitter und Basis, Widerstand = 270 K Ω Arbeitswiderstand Ra und Minuspol.

Der Emitter gehört zu beiden Stromkreisen. Diese Schaltung wird deshalb Emitter-Schaltung genannt. Der Stromkreis über die Basis wird als Basiskreis, der über den Kollektor wird als Kollektorkreis bezeichnet.

Dadurch, daß der Widerstand 270 K Ω nicht direkt an der Batterie, sondern am Kollektor angeschlossen ist, wird der Kollektorstrom auch bei Temperaturschwankungen nahezu konstant gehalten. Diese Verstärkerstufe ist thermisch stabilisiert.

Aufgabe 4:

Vergleiche die Verstärkung mit und ohne Verstärker!

Versuchsdurchführung: Schließe das Mikrofon einmal über den Verstärker und einmal direkt an das Rundfunkgerät an.

Die Lautstärke ist mit Verstärker bedeutend größer.

Ergebnis: Der Transistor dient zum Verstärken kleiner Wechselströme.

Aufgabe 5:

Verändere die Größe des Arbeitswiderstandes!

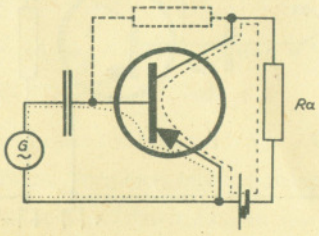
Versuchsdurchführung: Schalte statt den Widerstand 5,1 k Ω den Widerstand 1 k Ω ein und vergleiche die Verstärkung.

Der schwache NF-Strom (Niederfrequenzstrom) im Basiskreis, hervorgerufen durch das Mikrofon, wird im Transistor verstärkt! Es fließt im Kollektorkreis ein

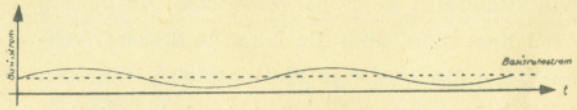
wesentlich stärkerer NF-Strom als im Basiskreis. Am Arbeitswiderstand R_a wird der Wechselstrom in eine Wechselspannung umgewandelt.

Ergebnis: Die Ausgangsspannung mit Arbeitswiderstand $R_a = 5{,}1\ k\Omega$ ist größer als mit $R_a = 1\ k\Omega$. Der Kondensator $C = 0{,}16\ \mu F$ hat die Aufgabe, den Ausgang gleich spannungsfrei zu halten.

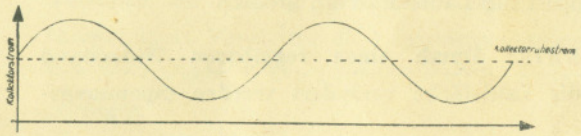
Basiskreis



Kollektorkreis



Strom im Basiskreis (vor der Verstärkung)



Strom im Kollektorkreis (nach der Verstärkung)

Versuch 6:

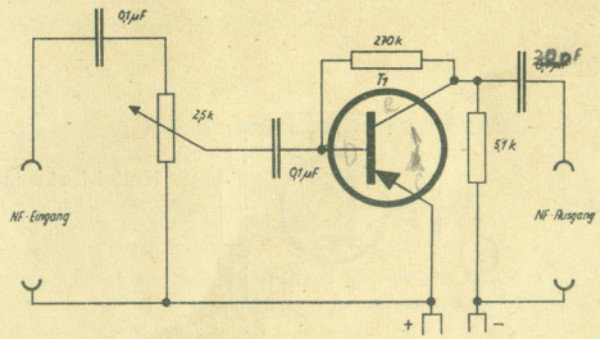
Die Lautstärke wird eingestellt

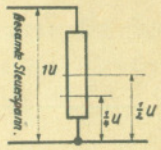
Aufgabe:

Verändere über einen Widerstand die Lautstärke

Versuchsdurchführung: Verdrahte nach Schablone 6. Über den Kondensator C = 0,1 µF wird der Eingang mit den beiden äußeren Klemmen des einstellbaren Widerstandes R = 2,5 KΩ verbunden. An diesem Widerstand liegt dann auch die gesamte Steuer-Wechselspannung an, die z. B. vom Plattenspieler, Mikrofon (oder einer anderen Quelle) herrührt. Am halben Widerstand kann nur die halbe Spannung abgenommen werden, die auch etwa nur den halben Strom über Basis und Emitter zuläßt. Je nach Stellung des Abgriffs wird die Spannung aufgeteilt Schaltest du den Widerstand voll ein, ist die Lautstärke am größten.

Ergebnis: Durch einen regelbaren Widerstand kann die Lautstärke verändert werden (Spannungsteiler).





Spannungsteiler

Versuch 7:

Verstärkter Detektorempfang

Die weiteren Versuche sind eine Kombination der Versuche 1 und 2 mit den Versuchen 5 und 6.

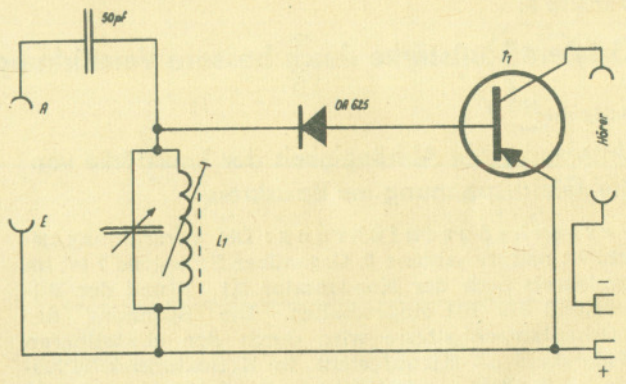
Aufgabe 1:

Verstärke die Sprache bzw. Musik eines Detektorempfängers

Entsprechend der Versuche 5 und 6 kann eine größere Lautstärke erwartet werden.

Versuchsdurchführung: Verwende Schablone 7. Beim Vergleich mit Schablone 2 fällt auf, daß die demodulierten Schwingungen des Detektorempfängers nicht gleich auf den Kopfhörer, sondern erst in den Basiskreis des Transistors gegeben werden. Gegenüber Versuch 2 ist die Lautstärke bedeutend größer. Der Transistor arbeitet als Verstärker.

Ergebnis: Bereits mit einer Schaltung, die nur einen Transistor enthält, können die schwachen Signale des Detektors verstärkt werden.



Aufgabe 2:

Ändere die Stromrichtung im Basiskreis!

Was erwartest du?

Versuchsdurchführung: Pole die Diode um! Verbinde die Katode (schwarzer Strich) mit dem Schwingkreis. Vergleiche die Lautstärke einiger Sender mit der Aufgabe 1. Die Lautstärke ist insgesamt etwas geringer.

Ergebnis: Die Verstärkung hängt in dieser Schaltung von der Richtung des Stromes ab.

Versuch 8:

Größere Lautstärke durch bessere Verstärkung

Aufgabe:

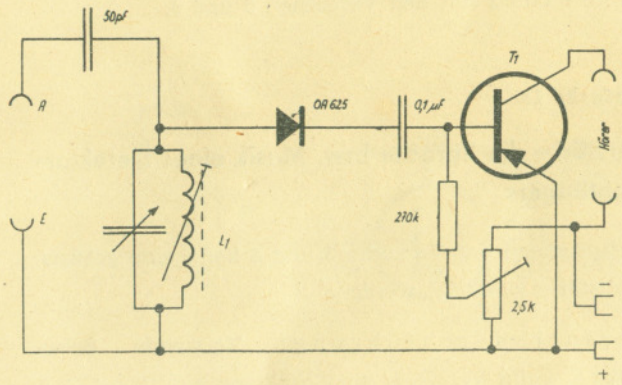
Untersuche die Abhängigkeit der Lautstärke von der Gleichspannung am Basiskreis

Versuchsdurchführung: Die Verdrahtung geschieht nach Schablone 8. Gegenüber Schablone 7 ist im Basiskreis noch der Kondensator 0,1 F und der Widerstand 270 KΩ eingeschalten. Die Spannung der Taschenlampenbatterie wird durch den einstellbaren Widerstand 2,5 KΩ aufgeteilt. Im Kollektorkreis (Pluspol — Emitter — Kollektor — Arbeitswiderstand — Minuspol) liegt die volle Spannung von 4,5 V.

Zwischen Basis und Emitter liegt jetzt noch eine zusätzliche Gleichspannung. Kollektorstrom J_C, Basisspannung U_{EB} und Basisstrom J_B bestimmen den Arbeitspunkt des Verstärkers. Indem du die Einstellung des Spannungsteilers änderst, wird die Gleichspannung im Arbeitskreis größer bzw. kleiner. Vergleiche die Lautstärke!

Ergebnis: Es ist bestimmter Basisruhestrom für eine gute Verstärkung erforderlich.

Durch die Diode OA 625 wird die hochfrequente Wechselspannung wieder demoduliert. Die niederfrequente Wechselspannung wird über den Kondensator 0,1 µF in den Basiskreis eingekoppelt. Für Gleichspannung ist der Kondensator ein großer Widerstand, der Gleichstromkreis ist dort unterbrochen.



Für Wechselstrom ist der Widerstand des Kondensators klein, wenn die Frequenz und die Kapazität groß sind.

Wie würde sich der Wechselstromwiderstand ändern, wenn die Kapazität nur 50 pF beträgt?

Versuch 9:

Schwingkreis und Verstärker werden angepaßt

Wenn du mit dem Fahrrad einen Berg hochfährst, mußt du sehr viel Kraft aufwenden. Größere Schüler haben eine Gangschaltung am Rad. Sie passen ihre Kraft dem Berg an.

Aufgabe 1:

Übertrage die Schwingungen des Schwingkreises über einen Transformator auf den Verstärker

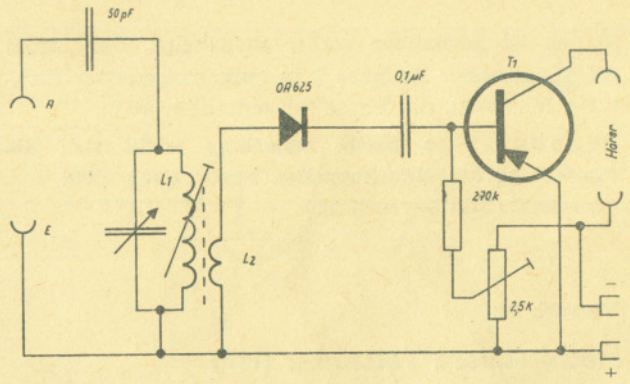
Vergleiche die Lautstärke mit dem Empfang bei direktem Anschluß!

Versuchsdurchführung: Verdrahte nach Schablone 9. Gegenüber Schablone 8 ist der Schwingkreis mit dem veränderlichen Kondensator C und der Spule L_1 nicht direkt (galvanisch), sondern über die Spule L_2 mit dem Basiskreis des Verstärkers gekoppelt. Nur je ein Anschluß von L_1 und L_2 sind verbunden. Zwischen L_1 und L_2 kann kein Strom fließen. Beide Spulen sitzen auf dem Spulenkörper mit dem Eisenkern (Ferritkern). Eine solche Zusammenstellung nennt man Transformator.

Den Schwingkreis bezeichnen wir als Generator, er erzeugt die Schwingungen. In ihm fließt Strom, er hat einen inneren Widerstand R. Der Verstärker hat auch einen Widerstand (Eingangswiderstand), er ist vom Schwingkreis aus gesehen der äußere Widerstand Ra. Beide Widerstände müssen angepaßt sein.

Ergebnis: Der Empfang ist am besten, wenn der Widerstand des Schwingkreises dem Widerstand des Verstärkers angepaßt ist.

Innerer und äußerer Widerstand müssen gleich sein.



Aufgabe 2:

Vergleiche die Lautstärke bei verschiedenem Abstand der Spulen

Versuchsdurchführung: Schiebe die kleine Spule auf dem Spulenkörper nach oben bzw. nach unten. Dadurch wird der Abstand zwischen L_1 und L_2 verändert. Bei kleinem Abstand ist die Ankopplung groß.

Ergebnis: Der Empfang ist von der Ankopplung der beiden Spulen abhängig.

Aufgabe 3:

Untersuche den Einfluß des Windungssinns der Spulen

Versuchsdurchführung: Ziehe die Spule L_2 vom Kern ab. Drehe diese um und schiebe die Wicklung wieder über den Kern. Der Wicklungssinn der

Spulen ist gegenüber vorher umgekehrt. Der Strom fließt gegenüber Aufgabe 2 in entgegengesetzter Richtung. Man sagt, die Phase sei gedreht worden.

Ergebnis: In dieser Schaltung wirkt sich die Phasenlage der eingekoppelten Schwingung nicht aus. (Vergleiche mit Versuch 16!)

Versuch 10:

Hochfrequenz-Verstärker (HF)

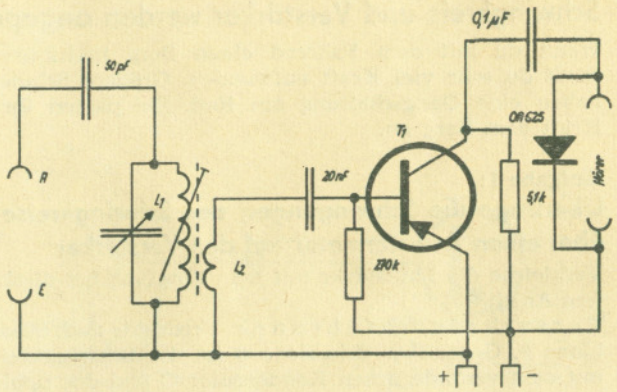
In den Versuchen 5 bis 9 wurden niederfrequente Schwingungen verstärkt (NF-Verstärker). Jetzt wenden wir uns einem neuen Problem zu.

Aufgabe:

Verstärke die hochfrequenten Schwingungen und richte dann erst gleich!

Versuchsdurchführung: Vergleiche die Lage der Diode in Schablone 9 und 10. Wenn du dir deren Aufgabe überlegst, versteht du den Unterschied im Aufbau eines NF- und eines HF-Verstärkers.

Die hochfrequenten Schwingungen des Schwingkreises werden über den Transformator L_1/L_2 auf den Basiskreis übertragen. Der Kondensator 20 nF ist für die HF ein kleiner Widerstand.



Im Kollektorkreis fließt der Gleichstrom über den Arbeitswiderstand 5,1 k Ω. Über die Kapazität 0,1 µF wird die HF dem Gleichrichter zugeführt. Die im Gleichrichter gewonnene NF fließt durch die Spule des Kopfhörers.

Im Kopfhörer sind Sender hörbar.

Ergebnis: Durch einen Transistor können hochfrequente Schwingungen verstärkt werden.

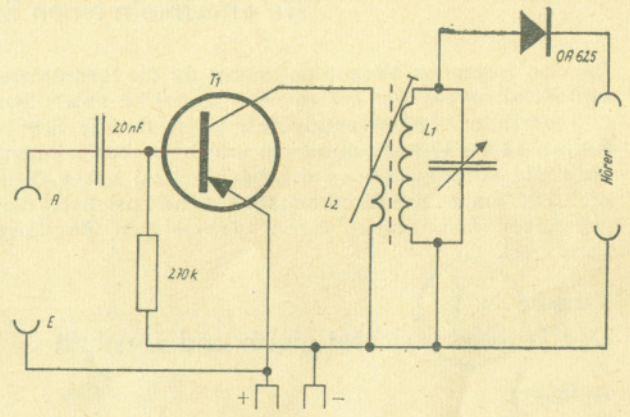
Nicht alle Transistoren können dazu verwendet werden. Der im Baukasten liegende Transistor ist dafür ausgewählt.

Versuch 11:

Der Transistor arbeitet als Hochfrequenzverstärker

Versuchsdurchführung: Verdrähte nach Schablone 11. Die hochfrequenten Schwingungen aller Sender, die mit der vorhandenen Antenne empfangen werden können, werden über den Kondensator 20 nF der Basis des Transistors zugeführt und gleichzeitig verstärkt. Die Ausfilterung nur eines Senders geschieht erst im Kollektorkreis durch den über L_2 angekoppelten Schwingkreis. Als Detektor wird die Germaniumdiode verwendet.

Ergebnis: In dieser Schaltung wird eine gute Kopfhörerlautstärke erzielt.



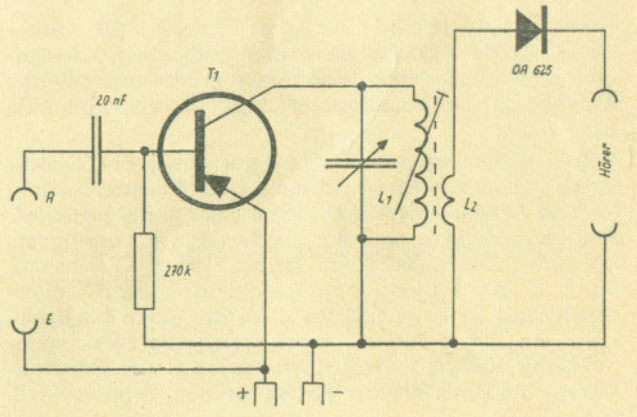
Versuch 12:

Verdrähte nach Schablone 12

Versuchs durchführung: Der Unterschied zur Schablone besteht darin, daß hier die Schwingkreisspule L_1 (108 Windungen bei Mittelwelle bzw. 450 Windungen bei Langwelle), direkt in der Kollektorleitung liegt und die Diode über die Ankopplungsspule L_2 (40 Windungen bzw. 108 Windungen bei Langwelle) angeschlossen ist.

Ergebnis: Der Empfang ist leiser.

Im Versuch 11 wird die HF-Spannung von L_2 nach L_1 hinauf- und im Versuch 12 von L_1 auf L_2 heruntertransformiert.



Wir entwickeln einen Rundfunkempfänger (Audion)

Bei den folgenden Versuchen kannst du die Kenntnisse und Erfahrungen der ersten neun Versuche anwenden und vertiefen. Selbstverständlich wirst du die Schaltungen 13 bis 17 auch aufbauen und betreiben können, ohne die vorhergehenden durchgeführt zu haben. Das Ziel ist, einen Rundfunkempfänger herzustellen, der gegenüber dem ersten einen verbesserten Empfang garantiert.

Versuch 13:

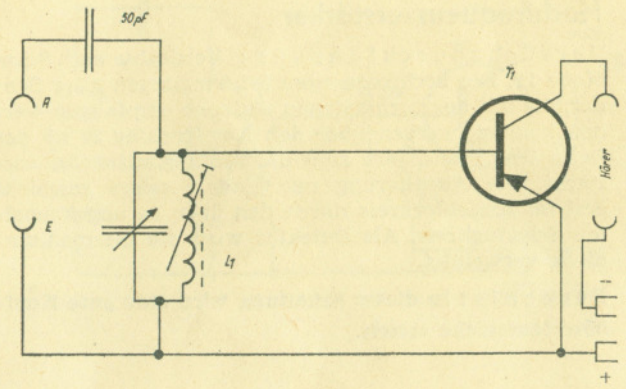
Der Transistor richtet gleich und verstärkt

Aufgabe:

Kopple Schwingkreis und Verstärker

Versuchsdurchführung: Verdrahte Schablone 13. Die Antenne ist wieder über einen Kondensator 50 pF an den Schwingkreis geschalten. (Welche Aufgabe hat der Kondensator 50 pF?) Vergiß eine gute Erde nicht!

Von der Spannungsquelle (+) aus fließt der Gleichstrom (technische Stromrichtung) über Emitter, Kollektor und Arbeitswiderstand Ra zur Spannungsquelle (—). Emitter und Basis sind am gleichen Pol angeschlossen. Dadurch besteht zwischen beiden keine Gleichspannung, d. h. es fließt kein Basisgleichstrom JB (Vergleiche mit Schablone 7). Es kann nur dann im Basiskreis ein Strom fließen, wenn durch die Steuerspannung der hochfrequenten Schwingungen des Schwingkreises die Basis negativ gegenüber dem Emitter wird.



Das geht nur für eine Halbwelle. (Vergleiche Versuch 2 und 3.)

Im Kopfhörer sind einige Sender deutlich zu hören. Vergleiche Schaltung 7 und 13. In Schablone 13 ist keine Diode vorgesehen.

Ergebnis: Der Transistor richtet die hochfrequenten Schwingungen gleich (Demodulation) und verstärkt die niederfrequenten.

Eine solche Schaltung nennt man Audion.
In dem Wort Audion steckt das lateinische Verb „audire", das heißt hören.

Versuch 14

Aufgabe:

Passe Eingangswiderstand R_e des Transistors und den Generatorwiderstand R_G des Schwingkreises an

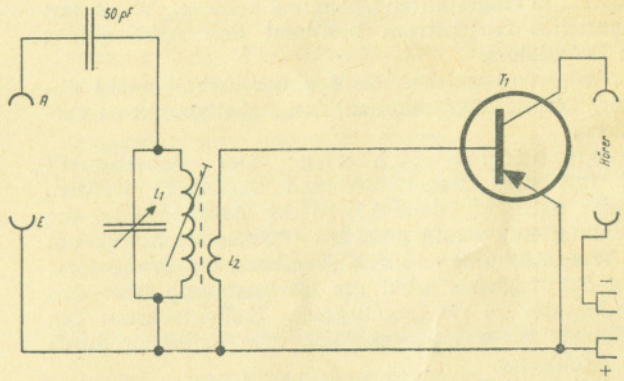
Vergleiche dazu den Versuch 9. Der Schwingkreis erzeugt die Schwingungen, er wird deshalb G e n e r a t o r genannt. Sein Widerstand RG (etwa 100 kΩ) dämpft die Schwingungen. Durch den kleinen Eingangswiderstand R_e des Transistors (kleiner als 1 kΩ) wird der Schwingkreis zusätzlich stark bedämpft. Aus diesem Grunde muß R_e über den Transformator L_1/L_2 transformiert werden und erscheint dann größer.

V e r s u c h s d u r c h f ü h r u n g : Schalte nach Schablone 14. Beim Vergleich mit Schablone 13 fällt auf, daß die Basis nicht mit der Spule L_1, sondern mit der Spule L_2 verbunden ist.

Verdrahte geschickt! Schaltskizze und Drahtführung müssen nicht unbedingt übereinstimmen.

Überlege, in welchem Verhältnis die Widerstände R_e und R_G nach der Transformation stehen. (Erläutert in Versuch 11 bzw. 12, L_1 = 108 Wdg. oder 450 Wdg., L_2 = 40 Wdg. oder 108 Wdg.) Die Lautstärke ist größer als bei Versuch 13.

E r g e b n i s : Durch den Transformator werden Eingangswiderstand R_e des Transistors und Schwingkreis-



widerstand angepaßt. Bei günstiger Anpassung ist die Übertragung besser.

In diesem Versuch kannst du auch die Aufgaben aus Versuch 9 wiederholen. **Ändere den Kopplungsgrad!** (Verschieben der Spulen gegeneinander.)

Versuch 15:

Aufgabe:

Vergleiche den Empfang mit einem Transistor in Audionschaltung bei großer und bei kleiner Basisgleichspannung

Über den Widerstand 270 kΩ fließt über Basis und Emitter ein Gleichstrom, der u. a. von der am Regelwiderstand eingestellten Spannung abhängt. Dieser fest eingestellte Gleichstrom bestimmt den Arbeitspunkt des Transistors.

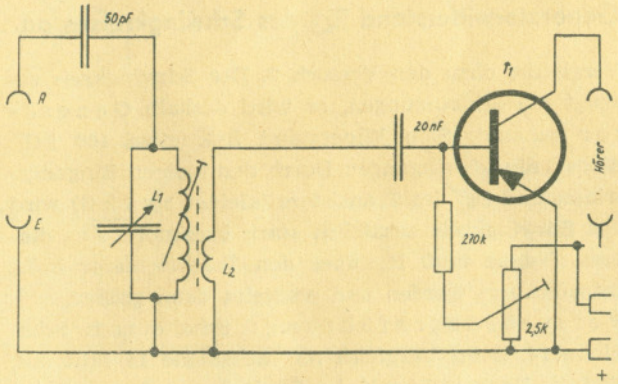
Überlege, von welchen Größen der Arbeitspunkt abhängt! Nenne Möglichkeiten, den Arbeitspunkt zu verändern.

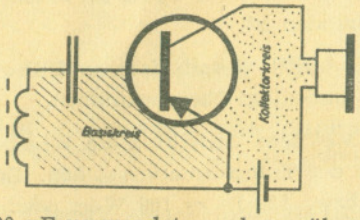
Versuchsdurchführung: Der Arbeitspunkt soll mit dem Regelwiderstand verändert werden. Schalte nach Schablone 15! In der Abbildung ist die Schaltung nur wenig geändert (Prinzipschaltbild), um das Wesentliche zu erklären. Basiskreis des Transistors: Vom Schwingkreis wird die HF-Spannung über den Kondensator 20 nF angekoppelt. Kollektorkreis: Die verstärkte Niederfrequenz fließt vom Kollektor durch den Kopfhörer.

Die Notwendigkeit, den Audiontransistor mit einem zusätzlichen Basisgleichstrom zu betreiben, ergibt sich aus der Überlegung, daß der Transistor nicht nur als Gleichrichter, sondern auch als NF-Verstärker arbeitet. Die Gleichrichtung ist durch die Eigenart der Basisdiode trotz des Basisruhestroms gewährleistet.

Verändere die Basisgleichspannung über den regelbaren Spannungsteiler, indem du mit einem kleinen Schraubenzieher den Schleifkontakt drehst (nach links klein, nach rechts groß).

Warum kann in dieser Schaltung ein Koppelkondensator von 20 nF verwendet werden, während im Versuch 8 ein Kondensator von 0,1 µF (fünffache Kapazität) benötigt wurde?





Ergebnis: Bei der Erhöhung der Spannung am Regelwiderstand steigt die Lautstärke im Kopfhörer an.

Versuch 16:

Verbesserter Audionempfang

Ehe du die Schaltung ausführst, sollen erst einige physikalische Grundlagen durchdacht werden, die den Weg für die Verbesserungen weisen. Ziel ist ein lautstarker Empfang.

Die Lautstärke des Kopfhörers nimmt zu, wenn die Amplituden des tonfrequenten Wechselstromes im Kollektorkreis größer werden. Das kann durch eine bessere Verstärkung erreicht werden oder dadurch, daß bereits größere Signale an die Basis des Transistors gelangen.

Wir untersuchen den letzten Fall.

In der Schaltung nach Schablone 16 hat der Transistor folgende Funktionen:

1. Gleichrichtung
2. NF-Verstärkung
3. HF-Verstärkung

Nach erfolgter Verstärkung erscheint die HF am Kollektor des Transistors. Sie kann infolge der hohen Induktivität des Kopfhörers nicht durch diesen abfließen. Über den Kondensator 20 nF, den Regelwiderstand und den Kondensator 20 pF wird die verstärkte HF vom Kollektor auf den Schwingkreis zurückgeführt. Wir sprechen von einer Rückkopplung. Dadurch, daß man die Anschlüsse von der Ankopplungsspule L_2 oder auch die Wickelrichtung derselben vertauschen kann, existieren zwei Möglichkeiten des Zusammenwirkens der aus der Antenne kommenden und der vom Kollektor zurückgeführten HF.

1. Treffen Wellenberge oder Wellentäler der einen HF-Spannung mit Wellenbergen oder Wellentälern der anderen HF-Spannung zusammen, dann summieren sich beide Spannungen. Es entsteht an der Basis des Transistors eine höhere Spannung.

   Anders ausgedrückt: Es stoßen also positive Halbwellen mit positiven Halbwellen und negative Halbwellen mit negativen Halbwellen aufeinander. Die Spannungen addieren sich. Man sagt, die Spannungen sind phasengleich.

   Dieser Fall der Rückkopplung heißt „Mitkopplung".

2. Treffen immer Wellenberge der einen HF-Spannung und Wellentäler der anderen HF-Spannung aufeinander, dann subtrahieren sich beide Spannungen. Die an der Basis anliegende Spannung wird kleiner als die von der Antenne kommende Spannung. Mit anderen Worten: Es treffen jeweils negative und positive Halbwellen zusammen. Es tritt durch diese Art der Rückkopplung eine Abschwächung ein. Diesen Fall, bei dem Spannungen entgegengesetzter Phasenlage aufeinandertreffen, bezeichnet man mit „Gegenkopplung".

Aufgabe 1:

Vergleiche den Empfang eines Senders mit und ohne Rückkopplung

Versuchsdurchführung: Verdrahte nach Schablone 16. Achte auf den richtigen Anschluß der Spulen L_1 und L_2 (L_1 an die Antenne und L_2 an die Basis). Überlege, mit welchen Bauteilen der Regelwiderstand verbunden ist, damit du richtig anschließt. Unterbrich die Verbindungen des Rückkopplungskreises am Abgriff des Spannungsteilers (Regelwiderstand). Verbinde wieder und beachte Lautstärke und die Anzahl der empfangenen Sender.

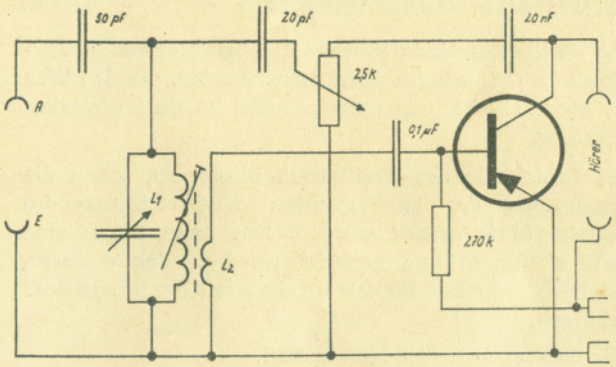
Hinweis: Wenn sich keine „Rückkopplung" (das heißt Mitkopplung) erreichen läßt (Knacken und Rauschen bei einem bestimmten Bereich des Regelwiderstandes bzw. Pfeifen bei der Betätigung des Drehkondensators), muß L_2 vom Spulenkörper abgezogen und umgedreht wieder aufgesteckt werden.

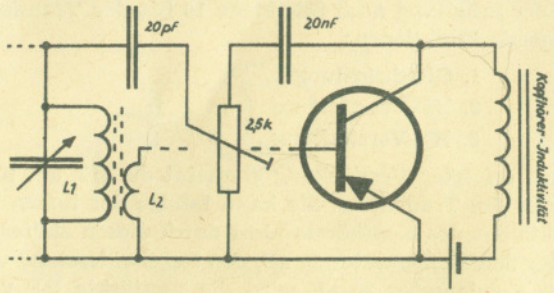
Ergebnis: Die Audionschaltung mit Rückkopplung ist sehr empfindlich und vermittelt eine große Lautstärke im Kopfhörer. Sender, die im Detektorempfänger gleichzeitig gehört werden, weil ihre Frequenzen benachbart liegen, können voneinander getrennt werden.

Aufgabe 2:

Verändere den Grad der Rückkopplung

Versuchsdurchführung: Erhöhe die rückgekoppelte Spannung, indem du den Abgriff des Regelwiderstandes mit einem Schraubenzieher verstellst. Je größer die rückgekoppelte Spannung ist, desto größer ist der Grad der Rückkopplung. Wenn ein Pfeifen einsetzt, war die Rückkopplung zu stark.





Zur Erklärung des Rückkopplungskreises ist die Schaltskizze der Schablone 16 etwas anders gezeichnet. Vergleiche, indem du die Stromkreise mit einem Stift umfährst.

Ergebnis: Die Lautstärke nimmt mit dem Grad der Rückkopplung zu.

Aufgabe 3:

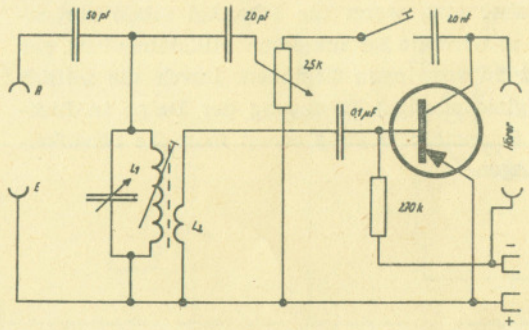
Vergleiche Sondereinstellung mit und ohne Rückkopplung!

Versuchsdurchführung: Schalte nach nebenstehendem Schaltbild die Taste in den Rückkopplungszweig. Drücke die Taste so weit, bis der Tastenknopf sich bei der Schraube des Schraubstützpunktes verklemmt (s. Abb.) Die Taste wirkt also in diesem Fall als Schalter mit zwei stabilen Zuständen, „ein" oder „aus". Stelle sorgfältig einen Sender mit größtmöglichem Rückkopplungsgrad ein (kurz vor dem Schwingeinsatz). Öffne den Schalter und stelle den empfangenen Sender mittels Drehkondensators wieder richtig ein. Was stellst du fest?

Ergebnis: Der Sender kommt bei einer anderen Drehkondensator-Stellung, der Schwingkreis ist durch den Wegfall der Rückkopplung verstimmt worden.

Eine Dämpfungsänderung des Schwingkreises bringt eine Änderung der Resonanzfrequenz mit sich.

Jeder Schwingkreis wird durch seine elektrischen Verluste gedämpft. Die Dämpfung des Schwingkreises kann je nach dem Grad der Rückkopplung verringert werden. Bei einem bestimmten Grad der Rückkopplung tritt ein Pfeifen ein. Dieses Pfeifen ist unter Umständen auch in anderen Rundfunkempfängern zu hören.

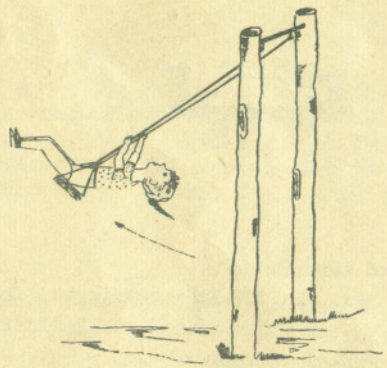


Das Audion wird zum Sender.

Es „schaukelte" sich eine HF-Schwingung auf. An folgendem Beispiel einer Schaukel soll die Funktion der Rückkopplung deutlich werden.

Bei der Bewegung der Schaukel nach vorn, streckst du die Beine, und nach rückwärts wirfst du die Beine nach hinten.

So unterstützt du das Schwingen der Schaukel. Streckst du dich aber erst, wenn die Schaukel schon zurückschwingt, so wird die Schaukel bald stillstehen bzw. gar nicht erst zu schwingen beginnen. Durch die zeitlich richtige (gleichphasige) Bewegung der Beine in Richtung der Schaukelbewegung erregt man die Schaukelschwingungen.



Aufgabe 4:

Ändere die Phasenlage der rückgekoppelten Spannung

Versuchsdurchführung: Ändere den Windungssinn der Spule L_2. (Siehe unter „Hinweis" bei Aufgabe 1.) Prüfe die bei der Erklärung von Mit- und Gegenkopplung gemachten Behauptungen nach.

Versuch 17:

Audionstufe mit Reflexschaltung

Unter der Bezeichnung Reflexschaltung versteht man eine Schaltungsanordnung, bei der der Nachrichteninhalt (z. B. Musik oder Sprache) in verschiedenen Zuständen (als NF und auf HF moduliert) wiederholt eine Röhre oder einen Transistor durchläuft. Derartige Schaltungen mit zwei Funktionen heißen Duplexschaltungen und solche mit drei Funktionen entsprechend Triplexschaltungen.

Bei dem Schaltbild auf der Schablone 17 erfüllt der Transistor alle Funktionen, wie bei der Schablone 16 auch. Das Besondere der Schaltung ist die Tatsache, daß ein Teil der sonst nur zur Rückkopplung verwendeten HF-Spannung am Regelwiderstand durch die Diode OA 625 gleichgerichtet wird. Die dabei entstehende NF-Spannung wird zusätzlich im Transistor verstärkt.

Achte auf die Polung der Diode! Die Anode wird mit der Basis verbunden!

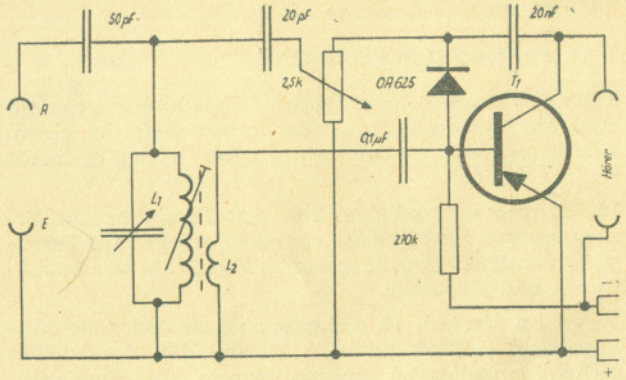
Aufgabe 1:

Vergleiche die Lautstärke der NF im Kopfhörer mit und ohne Diode

Ergebnis: Mit Diode wird eine größere Lautstärke erzielt.

Aufgabe 2:

Vergleiche die Schwingeinsatzpunkte (Pfeifen) mit und ohne Diode



Versuchsdurchführung: Stelle ohne Diode am Regelwiderstand den Schwingeinsatzpunkt ein. Schließe die Diode an. Wie muß der Regelwiderstand verändert werden, damit der Schwingeinsatzpunkt wieder erreicht wird?

Ergebnis: Der Schleifer des Regelwiderstandes muß in Richtung höherer HF-Spannung (Spannungsteiler) gedreht werden. Die Diode entzieht dem Rückkopplungskreis HF-Energie.

Mit diesem Versuch hast du dich in das Gebiet des „Einkreis-Rundfunk-Empfängers" für Mittelwellen eingearbeitet. Vor allem solltest du Freude am Experimentieren finden. Vertiefe deine Kenntnisse über diese Anleitung hinaus.

Versuch 18:

Der Tonfrequenzgenerator

Tonfrequenzgeneratoren (auch NF-Oszillatoren genannt) erzeugen Schwingungen, die unmittelbar in einem Kopfhörer oder einem Lautsprecher hörbar gemacht werden können.

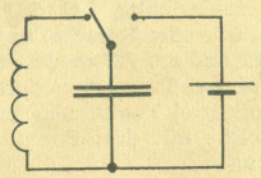
Im Prinzip unterscheidet sich eine Schaltung zur Erzeugung von Hochfreqenz von einer solchen zur Erzeugung von Niederfrequenz nur in der Größe von Induktivität und Kapazität.

Wenn im Versuch 16 (Rückkopplungsaudion) die Mitkopplung so groß gemacht wurde, daß ein Pfeifen (Schwingungseinsatz) auftrat, wurde die Empfangsschaltung zum Hochfrequenzerzeuger. In der Schaltung nach Schablone 18 wird die Induktivität durch die Spule des Kopfhörers gebildet. Die Schwingkreiskapazität besteht aus zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren 0,1 μF.

Beide Kondensatoren bilden zusammen einen kapazitiven Spannungsteiler für die Tonfrequenz.

Um die Funktion des Transistors zu erklären, müssen die Eigenschaften des Schwingkreises näher betrachtet werden.

Angenommen, du würdest den Kondensator C über den Schalter S an eine Batterie B anschließen und aufladen und danach den Schalter umlegen, so daß sich der Kondensator über die Spule L entladen kann. Dann käme in dem durch C und L gebildeten Schwingkreis eine Schwingung zustande. Die Amplitude der Schwingung (Schwingungsweite) in einem solchen einmalig angereg-

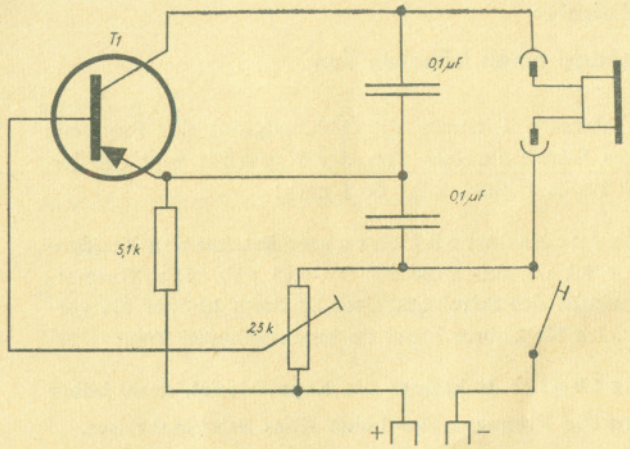


ten Schwingkreis nimmt schnell ab, bis sie schließlich ganz verschwindet. Durch den fortwährend fließenden Strom hat sich die elektrische Schwingungsenergie in Wärme-Energie umgewandelt. Man spricht von einer gedämpften Schwingung. Dieser Vorgang ist mit einer Schaukel vergleichbar, die nur einmal angestoßen wurde. Infolge des Luftwiderstandes und der Reibung der Haken, an denen sie aufgehangen ist, schwingt die Schaukel aus. Dir ist aus dem Versuch 16 bekannt, wie man die Schaukel in Gang hält:

Man führt ihr synchron, das heißt mit gleicher Schwingungszahl pro Zeiteinheit und in der richtigen Phasenlage Impulse zu (Schwingung deines Körpers), die die obengenannten Energieverluste ausgleichen. Man sagt, die Schaukel oder der Schwingkreis werden entdämpft.

Merke: In entdämpften Schwingkreisen finden ungedämpfte Schwingungen statt, deren Amplitude eine gleichbleibende Höhe hat.

In deiner Tongeneratorschaltung hat der Transistor die Aufgabe, durch entsprechende Impulse die Schwingung aufrechtzuerhalten. An der Anzapfung des kapazitiven Spannungsteilers erhält der Transistor an den Emitter einen Teil der im Schwingkreis befindlichen Wechselspannung. Diese wird im Transistor verstärkt. Sie wird zur Steuerung des kräftigen Kollektorstromes benutzt, der dem Schwingkreis nicht nur zur Aufrechterhaltung der Schwingung genügend Energie abgibt, sondern darüber hinaus noch Wechselspannung für weitere Verbraucher liefern kann.



1. Aufgabe:

Aufbau eines „Morsesummers"

Die Bezeichnung „Morsesummer" wurde gewählt, weil du mit der Taste „Morsetaste" kurze und lange Töne erzeugen kannst. Du kannst dich durch Morsezeichen mit Freunden im Zimmer oder mit Hilfe von Kabel auch außerhalb des Raumes über größere Entfernungen verständigen.

Die Schaltung wird nach Schablone 18 durchgeführt. Es ist darauf zu achten, daß der Schleifer des Regelwiderstandes vor dem Einschalten zum Schutze des Transistors zum positiven Pol der Batterie gedreht wird.

1. Lege über den Regelwiderstand den Arbeitspunkt fest.
2. Wenn du die Taste drückst, hörst du im Kopfhörer einen Ton gleichbleibender Lautstärke (Amplitude) und Tonhöhe (Frequenz).

Ergebnis: Schwingungen werden durch einen Schwingkreis erzeugt, der im Arbeitskreis eines Verstärkers liegt und von dem ein Teil der Spannung auf den Eingang rückgekoppelt wird.

2. Aufgabe:

Erzeuge einen höheren Ton

Im Versuch 1 wurde die Abhängigkeit der Frequenz eines Schwingkreises von der Kapazität und der Induktivität erklärt. Lies dort nach!

Versuchsdurchführung: Ersetze den Kondensator 0,1 µF durch 20 nF (= 0,02 µF). Die Gesamtkapazität des Schwingkreises ist dann kleiner als vorher. Im Kopfhörer hörst du einen höheren Ton.

Ergebnis: Je kleiner die Kapazität ist, desto höher wird die Frequenz (Tonhöhe) eines Schwingkreises.

Umgekehrt könntest du einen tieferen Ton durch eine größere Kapazität erzeugen. Schalte in der letzten Schaltung die beiden Kondensatoren 0,1 µF parallel. (Für den zweiten sind keine Löcher vorgesehen.) Zur Rückkopplung dient der Kondensator 20 nF. Der Ton ist tiefer und etwas leiser. Hättest du die beiden Kondensatoren in Reihe geschaltet, wäre der Ton höher, die Kapazität also kleiner geworden.

Merke: Durch Parallelschaltung von Kondensatoren wird die wirksame Kapazität größer, der Ton tiefer. Durch Reihenschaltung von Kondensatoren wird die Kapazität kleiner, der Ton höher.

Inhaltsverzeichnis – Funkempfang

	Seite
Vorwort	1
Widerstände	3
Kondensatoren	4
Spulen	6
Kopfhörer	7
Halbleiter	8
Erzeugung und Empfang elektromagn. Wellen	11
Der Bau von Antenne und Erde	17
Einfache Detektorschaltung	18
Verbesserte Detektorschaltung	22
Der Transistor als Gleichrichter	24
NF-Schaltung – Mikrofon-Verstärker	25
NF-Verstärker mit Potentiometer	28
Verstärker Detektorempfang	29
Detektorschaltung mit verbessertem NF-Verstärker	30
Anpassung von Schwingkreis und Verstärker	31
HF-Verstärker	32
Einfache Audionschaltung	34
Arbeitspunkt des Audionempfängers	36
Audion mit Rückkopplung	37
Reflexaudion	41
Tonfrequenzgenerator	42

Stückliste des Baukastens

Stück-zahl	Bezeichnung	Elektr. Maße
1	Keramik-Kondensator	18–22 pF
1	Styroflex-Kondensator	47–51 pF
1	Keramik-Kondensator	330 pF
1	Keramik-Kondensator	20 nF
2	Duroplast-Kondensator	0,1 µF
1	Schichtwiderstand	1 K Ω 0,25 W
1	Schichtwiderstand	5,1 K Ω 0,25 W
1	Schichtwiderstand	270 K Ω 0,25 W
1	Regelwiderstand	2,5 K Ω 0,1 W
1	Spulensatz-MW	L_1 = 108 Wdg., L_2 = 40 Wdg.
1	Spulensatz-LW	L_1 = 450 Wdg., L_2 = 108 Wdg.
1	Transistor	LA 30 (ausgem.) oder GF 105
1	Germanium-Diode	OA 625
1	Dreh-Kondensator	ca. 500 pF
1	Kopfhörer mit Bügel	Z = 2 K Ω

Stück-zahl	Bezeichnung	mechan. Maße
10 m	Schaltdraht	0,8 mm Cu verzinnt
1	Taste	
1	Batterieanschluß	
2	Buchsenleisten	
2	Bananenstecker	
1	Lochplatte	
18	Steckvorlagen	
44	Zylinderkopfschrauben	M 2,6x5
1	Zylinderkopfschraube	M 3 x3
1	Mutter	M 3
1	Anleitungsbuch	

ACHTUNG!

Das Ministerium für Post und Fernmeldewesen hat die Festfrequenz 135 KHz zum Experimentieren mit diesem Baukasten freigegeben. Beim Bau und Betreiben der HF-Generatoren muß deshalb unbedingt beachtet werden:

1. Daß nur die Bauelemente verwendet werden dürfen, die auf den Schaltungen oder im Anleitungsbuch angegeben sind.

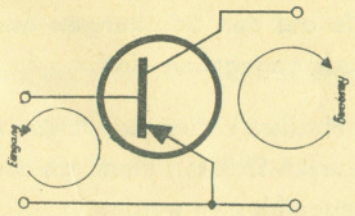
2. Der zum Nachweis dienende Empfänger muß mit zwei kurzen Drähten direkt an den HF-Generator angeschlossen werden.

3. Alle Anweisungen des Buches müssen unbedingt befolgt werden! Der Besitzer dieses Experimentierbaukastens wird darauf hingewiesen, daß jeder Mißbrauch beim Betreiben von HF-Anlagen nach den Bestimmungen des Post- und Fernmeldegesetzes bestraft werden kann. Eltern haften für ihre Kinder!

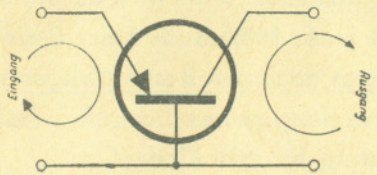
In den nachfolgenden Versuchen wirst du den Transistor in den drei verschiedenen Grundschaltungen betreiben

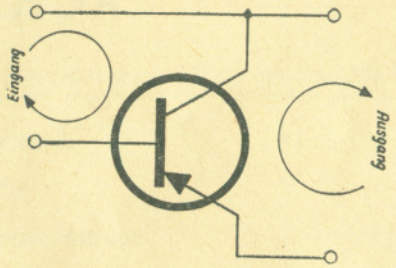
1. Emitterschaltung
2. Basisschaltung
3. Kollektorschaltung

Die gemeinsame Elektrode für Eingangs- und Ausgangskreis bestimmt den Namen der Schaltung. Der Eingangskreis schließt sich bei der Emitterschaltung über Basis und Emitter. Der Ausgangskreis enthält die Emitter-Kollektorstrecke des Transistors.



In der Basisschaltung bleibt der Eingangskreis bis auf die Stromrichtung in der Zeichnung gegenüber der Emitterschaltung unverändert. Der Ausgangskreis enthält Basis und Kollektor.





In der Kollektorschaltung sind die Verhältnisse analog.

In den nachfolgenden Versuchen führst du die drei Grundschaltungsarten praktisch durch.

Stelle jeweils Vergleiche an.

Wann verwendest du die einzelnen Schaltungen?

Beim Einsatz des Transistors als Verstärker ist es notwendig, den Widerstand des Eingangs- bzw. des Ausgangskreises an die weiteren Schaltelemente anzupassen. Ziel ist es, nach Möglichkeit Gleichheit von Transistorwiderstand und Widerstand der vorhergehenden oder folgenden Stufe zu erreichen. Das kannst du durch richtige Auswahl der Schaltung (Emitter-, Basis-, Kollektorschaltung) oder durch zusätzliche Anpassungsglieder erreichen.

Unter günstigsten Bedingungen ergibt sich folgende Zusammenstellung:

	Eingangs-widerstand	Ausgangs-widerstand	Verhältnis von Eingangs- und Ausgangs-Widerstand
Basisschaltung	klein	am größten	R_E viel kleiner als R_A
Emitterschaltung	groß	groß	R_E kleiner als R_A
Kollektorschaltung	am größten	klein	R_E viel größer als R_A

Welche Schaltung verwendest du, wenn ein großer Arbeitswiderstand folgt?

Mit welcher Schaltung kann ein großer Widerstand an einen kleinen Widerstand angepaßt werden?

Es gibt noch weitere Gesichtspunkte für die Auswahl, die hier nicht näher erläutert werden sollen. Hier sollte vor allem stets eine Verstärkung bewirkt werden. Dies ist bei der Emitterschaltung am günstigsten.

Versuch 19:

HF-Generator in Emitterschaltung

1. Aufgabe:

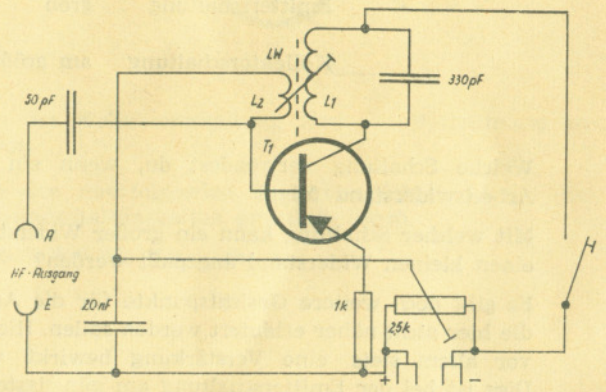
Erzeuge Schwingungen hoher Frequenz

Gelegentlich benötigt man zum Prüfen von Schaltungen hochfrequente Schwingungen. Bisher hattest du nur niederfrequente Quellen. Jetzt sollst du dir einen Schwingungserzeuger (Generator) für Hochfrequenz selbst herstellen.

Du weißt aus Versuch 18, wie die Frequenz vergrößert werden kann. Neben der Kapazität muß auch die Induktivität der Spule klein sein. Diese wurde in Versuch 18 nicht geändert.

Im Versuch 19 besteht der Schwingkreis aus der kleinen Induktivität L_1 (Langwellenspulensatz) und der kleinen Kapazität, dem Keramikkondensator 330 pF. Der Transistor arbeitet in Emitterschaltung. Die Rückkopplung erfolgt nicht wie im Versuch 18 kapazitiv, sondern induktiv über Spule L_2 wie im Versuch 16 (Rückkopplungsaudion). Im Emitterkreis des Transistors liegt ein Widerstand von 1 KΩ.

Der Widerstand ist zur Einstellung eines günstigen Arbeitspunktes und zur Stabilisierung desselben nötig. Am Regelwiderstand kann die Lage des Arbeitspunktes verändert werden. Die Größe der HF-Spannung am Kollektor ist von der Einstellung des Arbeitspunktes abhängig. Die HF wird von der Spule II über den Kondensator C = 50 pF den Ausgangsbuchsen zugeführt.



Versuchsdurchführung: Verdrahte nach Schablone 19. Überbrücke vorerst die Morsetaste mit einem Draht. Drehe vor Anschluß der Batterie den Schleifkontakt des Regelwiderstandes an den Anschluß, an welchem der positive Pol der Batterie angeschlossen ist. Dann kannst du die Batterie anschließen und den Arbeitspunkt einstellen, indem du den Regelwiderstand soweit zu dem negativen Batterieanschluß hindrehst, bis die Schaltung zu schwingen anfängt.

Achtung! Den Einstellwiderstand nicht viel über die Mittelstellung hinausdrehen. Der günstigste Arbeitspunkt liegt etwa bei waagerechter Schleiferstellung. Sollten die aufgebauten Schaltungen nicht zu schwingen anfangen, so ist die Spule L_2 vom Spulenkörper abzuziehen und umgekehrt wieder aufzustecken. Lies Versuch 16 nach.
Zum Nachweisen der erzeugten Hochfrequenz eignet sich jedes handelsübliche Rundfunkgerät, welches einen Langwellenbereich besitzt.

Oder dein Freund, der den gleichen Baukasten besitzt, baut den Langwellenempfänger. Am besten eignet sich dazu das Reflexaudion nach Schablone 17. (Bei Empfängern, die die Frequenz 135 KHz nicht mehr empfangen, ist es ratsam, die 1. Oberwelle = 270 KHz zu benutzen.)

Ergebnis: Mit der Schablone 19 können hochfrequente Schwingungen erzeugt werden.

2. Aufgabe:

Ändere die Phasenlage (Richtung) der rückgekoppelten Schwingung

Durchführung: Ziehe die Spule L_2 ab und schiebe diese in umgekehrter Richtung wieder über den Spulenkörper. Im Empfänger ist nichts mehr nachzuweisen.

Ergebnis: Die Rückkopplung muß in der richtigen Phasenlage erfolgen. Diese hängt ab vom Windungssinn der Spulen. (Vergleiche Versuch 16).

3. Aufgabe:

Untersuche die Abhängigkeit vom Kopplungsgrad

Durchführung: In Versuch 18 war die Lautstärke von der Kapazität des Koppelkondensators abhängig. Ändere den Abstand der beiden Spulen! Die Lautstärke nimmt ab! Die Schwingungsweite wird kleiner. Bei Rundfunkempfängern, die ein magisches Auge besitzen, ist der Versuch gut nachzuweisen.

Ergebnis: Der Kopplungsgrad hängt vom Abstand der Spule ab.

4. Aufgabe:

Ändere den Arbeitspunkt

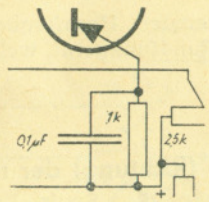
In Aufgabe 1 wurde bereits erwähnt, daß die HF-Spannung von der Einstellung des Arbeitspunktes abhängig ist. Außerdem ändert sich auch die Frequenz des Generators.

Ergebnis: Die Amplitude und die Frequenz des Generators sind vom Arbeitspunkt abhängig.

5. Aufgabe:

Ändere die Gegenkopplung

Durch den im Emitterkreis liegenden 1 kΩ Widerstand, wird der eingestellte Arbeitspunkt automatisch festgehalten. Außerdem wirkt der Emitterwiderstand für die Hochfrequenz – und bei den modulierten HF-Generatoren auch für die Niederfrequenz – als Gegenkopplung. (Gegenkopplung = lies bei Versuch 16 nach!) Schaltet man parallel zu dem Emitterwiderstand einen Kondensator, so schließt er die an dem Widerstand abfallende Hochfrequenz kurz. Der Widerstand wird für die HF im Basis-Emitterkreis unwirksam.



Ergebnis: Wird die Gegenkopplung dadurch verkleinert, daß ein Kondensator parallel zum Emitterwiderstand geschaltet wird, so wird die HF-Amplitude größer.

Versuch 20

HF-Generator in Emitterschaltung – Fremdmodulation

In Versuch 19 war nur ein Geräusch zu hören, das erschwert den Nachweis.

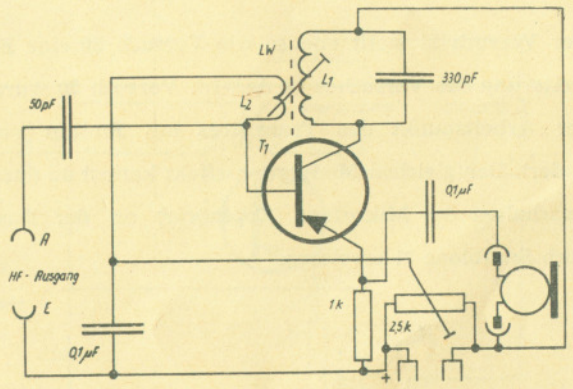
Aufgabe:

Moduliere deinen HF-Generator mit niederfrequenten Schwingungen

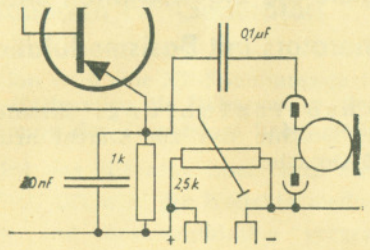
Versuchsdurchführung: Für diesen Versuch ist Schablone 20 vorgesehen. Diese weist gegenüber Versuch 19 keine prinzipiellen Änderungen auf. Es fehlt die Taste. Zusätzlich sind ein Kondensator 0,1 µF und ein Mikrofon hinzugekommen. Kopfhörer lassen sich als Mikrofon verwenden. Bei Betrieb als Schallquelle bewegt ein NF-Wechselstrom, der in der Spule fließt, eine Membrane. Umgekehrt erzeugt eine durch Schallwellen bewegte Membrane in der genannten Spule eine NF-Wechselspannung, die in der Schaltung nach Schablone 20 am Emitter des Transistors eingekoppelt wird.

Wenn du die Gegenkopplung verkleinern willst, wie im Versuch 19, Aufgabe 5, so verwende hier den 20nF-Kondensator, da sonst die vom Mikrofon eingespeiste Niederfrequenz, und damit auch der Modulationsgrad, stark verkleinert wird.

Im Versuch 19 hast du festgestellt, daß sich die Höhe der HF-Spannung mit dem Arbeitspunkt des Transistors ändert. Im vorliegenden Versuch wird der Arbeitspunkt und damit die Höhe der HF-Spannung im Rhythmus der Mikrofonspannung verändert. Du erzeugst eine Amplitudenmodulation.



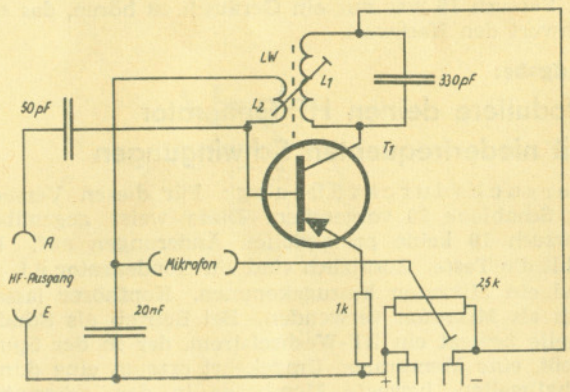
Ergebnis: Durch das Ändern des Arbeitspunktes im Rhythmus der NF wird die Hochfrequenzspannung moduliert.



Versuch 21:

Amplitudenmodulierter HF-Generator mit Basismodulation

Der Versuch 21 stellt ebenso wie Versuch 20 eine Erweiterung des Versuches 19 dar. Im Versuch 20 wurde der Arbeitspunkt des Transistors am Emitter verändert. Den gleichen Modulationseffekt kannst du durch Anschalten des Mikrofons (Kopfhörer) an der Basis nach Schablone 21 erreichen.



Aufgabe:

Untersuche die Eigenschaften eines einstufigen amplitudenmodulierten HF-Generators mit Basismodulation!

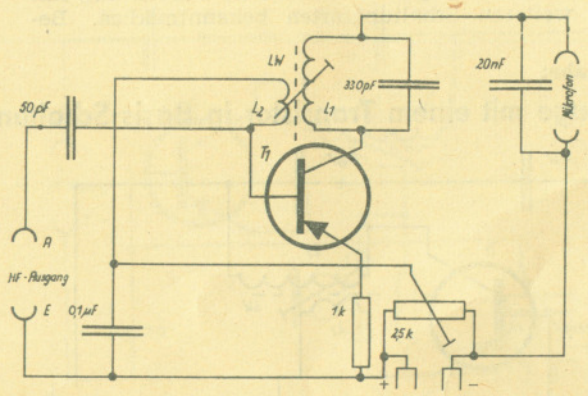
Versuchsdurchführung: Schalte nach Schablone 21! Beachte das zur Durchführung des Versuches 19 Gesagte.

Ergebnis: Die Schaltungsanordnung nach Schablone 21 ist der nach Versuch 20 nahezu gleichwertig.

Versuch 22:

Amplitudenmodulierter HF-Generator mit Kollektormodulation

Auch dieser Versuch ist eine Erweiterung der Schaltung nach Schablone 19. Das Mikrofon wird in den Kollektorkreis des Transistors geschaltet. Hier wird nicht der Arbeitspunkt des Transistors gesteuert. Die Mikrofonwechselspannung erhöht und erniedrigt die Betriebsspannung des Transistors im Rhythmus der NF-Wechselspannung.



Aufgabe:

Untersuche die Eigenschaften eines einstufigen amplitudenmodulierten HF-Generators mit Kollektormodulation!

Versuchsdurchführung: Schalte nach Schablone 22! Beachte das zur Durchführung des Versuches 19 Gesagte.

Ergebnis: **Die Lautstärke im Rundfunkempfänger ist geringer als in den Versuchen 21 und 22. Die Höhe der HF-Amplitudenschwankungen im Rhythmus der NF, der sogenannte Modulationsgrad, ist geringer. Zur Kollektormodulation wird eine NF-Spannungsquelle benötigt, deren NF-Halbwellen die Höhe von ca. der halben Betriebsspannung des Transistors haben sollten.**

In der Praxis wird das Mikrofon über einen NF-Verstärker angeschaltet. Oft wird die Kollektormodulation vor der Emitter- und Basismodulation vorgezogen, weil die Übertragung klarer ist.

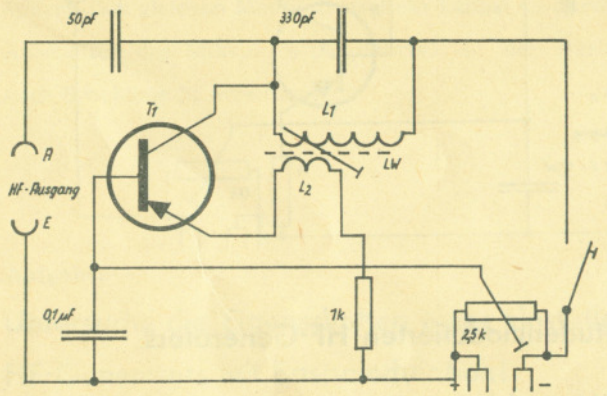
Versuch 23:

Hochfrequenzgenerator in Basis-Schaltung

Die Versuche 23 bis 26 und 27 bis 29 werden dich mit zwei weiteren Schaltungsarten bekanntmachen. Beachte, welche Elektrode jeweils zwei Stromkreisen gemeinsam angehört.

Aufgabe:

Erzeuge mit einem Transistor in Basis-Schaltung hochfrequente Schwingungen.



Durchführung: Schalte nach Schablone 23! Vergleiche die Schablone 23 mit der Schablone 19! Du findest, daß die Spule L_2, die in Versuch 19 in den Basiskreis geschaltet war, im Emitterkreis angeschlossen wird. Der Transistor arbeitet in Basisschaltung. Die Spule L_2 muß wegen der Eigenart der Schaltung umgedreht aufgesteckt werden. In dieser Schaltungsart lassen sich mit Transistoren sehr hohe Frequenzen erzeugen.

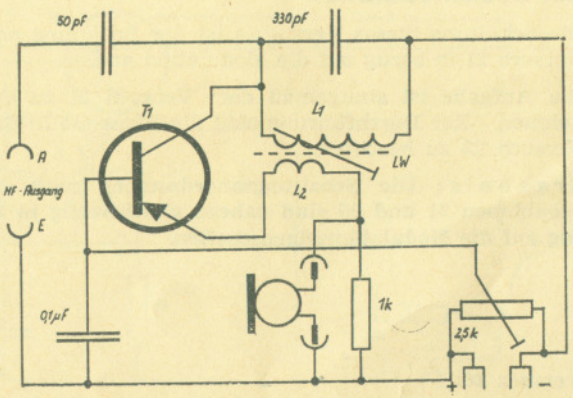
Den Einstellwiderstand nicht viel über die Mittelstellung hinausdrehen. Der günstigste Arbeitspunkt liegt etwa bei waagerechter Schleiferstellung.

Ergebnis: Die Basisschaltung nach Schaltung 23 ist der Emitterschaltung nach Schaltung 19 nahezu gleichwertig.

Versuch 24:

HF-Generator in Basis-Schaltung mit Emittermodulation

Dieser Versuch ist dem Versuch 20 in bezug auf die Modulation ähnlich. Der Unterschied besteht darin, daß erstens die HF in Basisschaltung erzeugt wird (siehe Versuch 23) und zweitens das Mikrofon nicht über einen Kondensator angekoppelt, sondern vom Emittergleichstrom mit durchflossen wird.



Aufgabe:

Untersuche die Eigenschaften eines HF-Generators in Basis-Schaltung mit Emittermodulation

Versuchsdurchführung: Schalte nach Schablone 24! Beachte die Hinweise in dem Versuch 23!

Ergebnis: Die Schaltungsanordnung nach den Schablonen 20 und 24 erweisen sich in bezug auf die Modulationseigenschaften als gleichwertig.

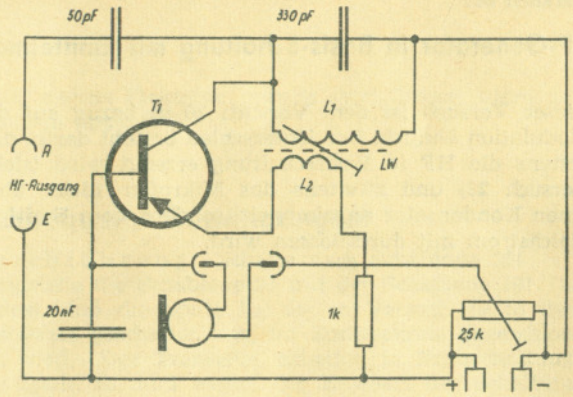
Versuch 25:

HF-Generator in Basis-Schaltung mit Basismodulation

Die Schaltung dieses Versuches ist der Schaltung nach Versuch 21 in bezug auf die Modulation analog.

Die Aufgabe ist sinngemäß dem Versuch 21 zu entnehmen. Zur Durchführung sind die Hinweise in dem Versuch 23 zu beachten.

Ergebnis: Die Schaltungsanordnungen nach den Schablonen 21 und 25 sind nahezu gleichwertig in bezug auf die Modulationseigenschaften.



Versuch 26:

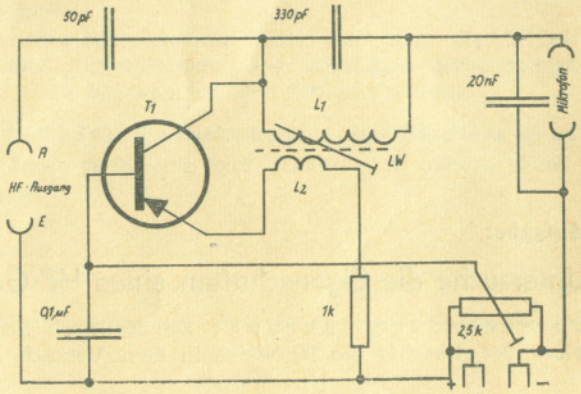
HF-Generator in Basis-Schaltung mit Kollektormodulation

Die Schaltung dieses Versuches ist der des Versuches 22 in bezug auf die Modulation ähnlich.

Die Aufgabenstellung ist sinngemäß dem Versuch 22 zu entnehmen. Zur Durchführung sind die Hinweise in dem Versuch 23 zu beachten.

Vorsicht bei der Einstellung des Arbeitspunktes.

Ergebnis: Die Schaltungsanordnungen nach den Schablonen 22 und 26 sind in bezug auf die Modulationseigenschaften gleichwertig.

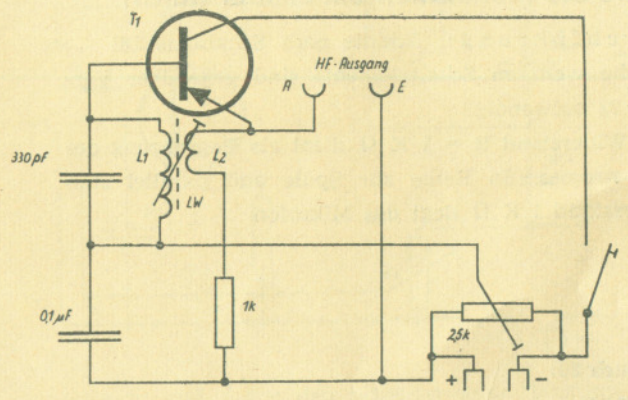


Versuch 27:

HF-Generator in Kollektorschaltung

Vergleiche die Schaltungen der Schablonen 19, 23 und 27. Du stellst fest, daß der Kollektoranschluß über die Taste direkt zur Batterie geführt wird. Der Schwingkreis mit L_1 und dem Keramikkondensator liegt im Basiskreis. L_2, die Rückkopplungsspule, liegt im Emitterkreis.

Dadurch, daß beide Spulen L_1 und L_2 im Steuerkreis (Basis-Emitterkreis) liegen, wird eine hohe Stabilität des Generators in bezug auf die Konstanz der abgegebenen HF-Spannung sowie der eingestellten Frequenz erreicht. In den anderen beiden Schaltungen (Versuche 19 und 23) ist die Abhängigkeit der Frequenz von der Temperatur des Transistors wesentlich größer.



Aufgabe:

Untersuche die Eigenschaften des HF-Generators

Versuchsdurchführung: Schalte nach Schablone 27! Drehe vor Anschluß der Batterie den Schleifkontakt des Drehwiderstandes an den Anschluß desselben, wo der positive Pol der Batterie angelegt wird. Verfahre ansonsten so, wie es in der Durchführungsbeschreibung im Versuch 19 angegeben wird.

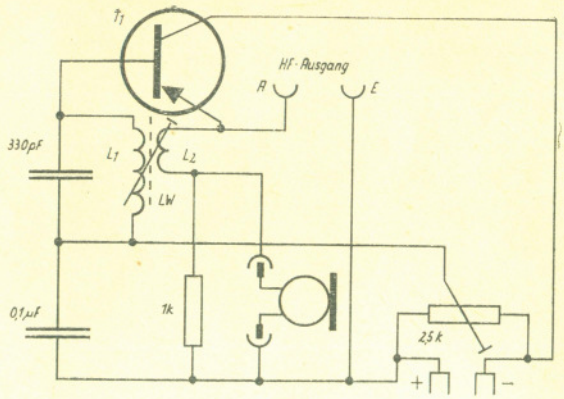
Der günstigste Arbeitspunkt liegt etwa bei waagerechter Schleiferstellung.

Ergebnis: Die Ausgangsleistung ist kleiner als bei den Schaltungen nach Schablone 19 und 23.

Versuch 28:
Aufgabe:

Führe die Modulation am Emitter durch!

Durchführung: Schalte nach Schablone 28! Welche weiteren Schaltelemente sind gegenüber Versuch 22 notwendig?
Der Widerstand R = 1 K Ω dient als Begrenzung des Basisstromes. In Reihe zur Spule und parallel zum Widerstand 1 K Ω liegt das Mikrofon.

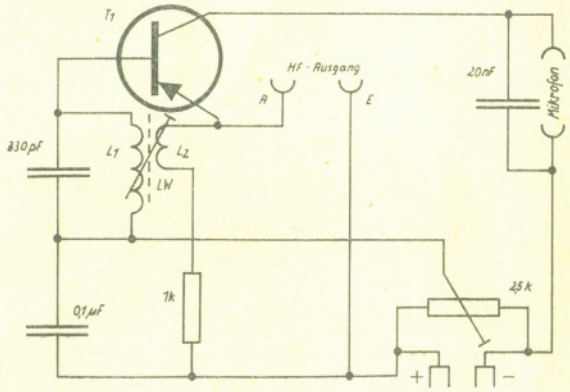


Versuch 29:
Aufgabe:

Moduliere am Kollektor

Durchführung: Die Schaltung wird nach Schablone 29 ausgeführt. Vergleiche erst mit Schablone 28, denn du brauchst nicht viel zu ändern.

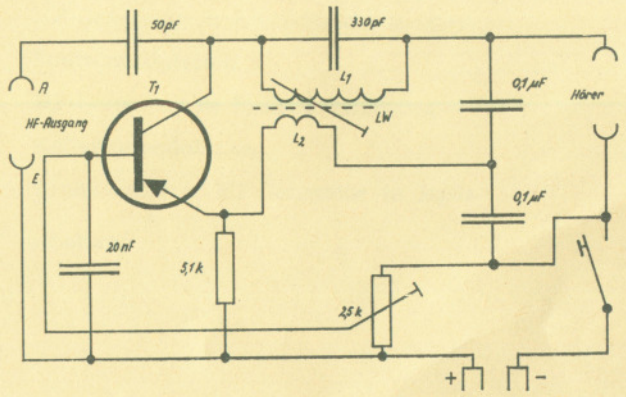
Ergebnis: Am niederohmigen Ausgang entstehen hochfrequente Schwingungen. Die Modulationseigenschaften weichen nicht wesentlich von denen in den Versuchen 20 und 24 bzw. 22 und 26 ab. Mit dem Mikrofon wird die Hochfrequenz moduliert.



Versuch 30:

Tonmodulierter HF-Generator in Basis-Schaltung – Baue dir deinen eigenen Prüfgenerator

Der Versuch 30 stellt eine Kombination der Schaltung vom Versuch 18 und vom Versuch 23 dar. Der Transistor erfüllt zwei Funktionen. Er entdämpft gleichzeitig einen Hochfrequenz- und einen Niederfrequenzschwingkreis. Der Hochfrequenzschwingkreis wird von der Spule L_1 und dem Keramikkondensator gebildet. Die Rückkopplung erfolgt für den HF-Kreis induktiv über L_2. L_2 ist für Niederfrequenz durchlässig und kann bei der NF-Rückkopplung als „langer Draht" betrachtet werden. Der NF-Schwingkreis wird durch die Kopfhörerspule und die beiden in Reihe geschalteten Kondensatoren 0,1 µF gebildet. Die Rückkopplung erfolgt über einen kapazitiven Spannungsteiler. Die Taste liegt im negativen Zweig der Betriebsspannungsleitung. Dadurch werden HF- und NF-Schwingung gleichzeitig unterbrochen. Du kannst den erzeugten Ton im Kopfhörer und im Empfänger hören. Der Generator wird mit einer eigenen NF-Quelle moduliert. Bei Prüfgeneratoren nennt man diese Modulationsart „Eigenmodulation".



Aufgabe:

Untersuche die Ubertragungseigenschaften des tonmodulierten Transistortelegrafiesenders

Versuchsdurchführung: Schalte nach Schablone 30! Drehe den Schleifer des Regelwiderstandes an den positiven Anschluß desselben. Schalte die Batterie zu und drehe den Schleifer ganz langsam zur Mittelstellung. Du wirst zwei Schwingeinsätze feststellen, einen am Anfang des Reglers und einen in der Mitte. Der Ton verändert sich mit dem Arbeitspunkt wie in Schaltung 18. Zwischen den beiden Schwingeinsätzen kann der Kopfhörer als Mikrofon verwendet werden. (Fremdmodulation.)
Der günstigste Arbeitspunkt liegt bei Mittelstellung des Schleifers.

Ergebnis: Es ist im Empfänger ein lauter Ton zu hören. Der Modulationsgrad ist nahezu 100 Prozent. Diese Schaltung eignet sich zum Prüfen von Rundfunkgeräten.

Inhaltsverzeichnis - Hochfrequenzgeneratoren

	Seite
Vorwort	
Grundschaltung von Transistoren	48
HF-Generator in Emitterschaltung	50
HF-Generator in Emitterschaltung – Fremdmodulation	53
HF-Generator in Emitterschaltung – Basismodulation	54
HF-Generator in Emitterschaltung – Kollektormodulation	55
HF-Generator in Basisschaltung	56
HF-Generator in Basisschaltung – Emittermodulation	57
HF-Generator in Basisschaltung – Basismodulation	58
HF-Generator in Basisschaltung – Kollektormodulation	58
HF-Generator in Kollektorschaltung	59
HF-Generator in Kollektorschaltung – Emittermodulation	59
HF-Generator in Kollektorschaltung – Kollektormodulation	60
Tonmodulierter HF-Generator in Basisschaltung	61

Wir hoffen, daß die Experimente einigermaßen reibungslos verliefen. Das Anleitungsbuch sollte nur das notwendige Wissen vermitteln. Wer tiefer in den Stoff eindringen will, muß sich dann die entsprechenden Fachbücher zulegen.

Es gibt bestimmt viele unter den Experimentierfreunden, die sich mit dem Gebiet der Elektronik (zum Beispiel Meß- und Regeltechnik) vertraut machen wollen. Diese können den später erscheinenden erweiterten Baukasten „Der junge Elektroniker" verwenden.

Wir wünschen allen Besitzern des MHS-Experimentierbaukastens recht viel Freude beim Experimentieren.

Mg 120/68 - V 3/15 - 62