

App. 11: Die Demodulation

Die Demodulation eines frequenzmodulierten UKW-Senders ist von der theoretischen Seite her relativ kompliziert, wir werden diese daher aussparen. Bei amplitudenmodulierten MW-Sendern sind die Verhältnisse wesentlich einfacher, daher wollen wir diese jetzt unter die Lupe nehmen. Hierfür werden wir zunächst die Senderseite, also die Modulation betrachten. Der Vorgang läßt sich anhand des untenstehenden Diagrammes leicht erklären:



Ganz zuoberst ist zunächst die Hochfrequenz abgebildet, die sog. Trägerfrequenz. Diese wird in einem elektronischen Generator, dem Oszillator erzeugt. Der Sender ist später auf der Frequenz der Trägerfrequenz im Rundfunkband zu empfangen.

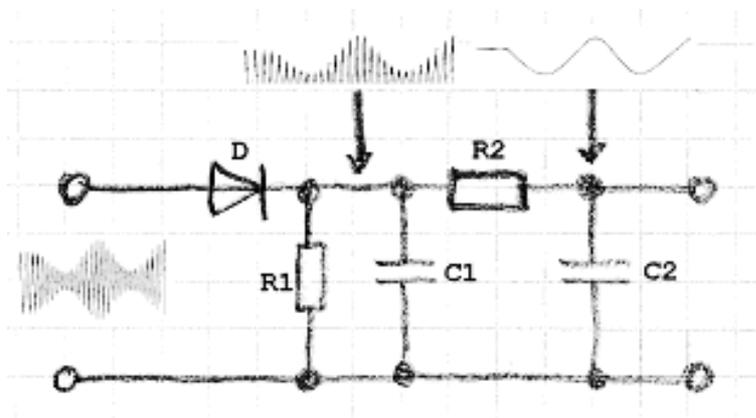


In der Mitte ist die Niederfrequenz dargestellt, die übertragen werden soll. Die NF wird in einer elektronischen Einrichtung, dem Modulator, der Trägerfrequenz aufmoduliert das Ergebnis ist



die nebenstehend gezeigt modulierte Welle, die über die Sendeantenne ausgestrahlt -und vom Radio empfangen wird. Sie kann im Empfänger am Eingangsschwingkreis abgegriffen werden.

Um aus der modulierten Trägerfrequenz wieder die NF rückzugewinnen, muß diese demoduliert werden, was bei amplitudenmodulierten Signalen auf einfache Weise möglich ist. Einen hierfür geeigneten Demodulator zeigt das folgende Schaltbild.



Die dem Schwingkreis entnommene Senderspannung wird links dem Demodulator zugeführt. Die Diode D läßt nur die positiven Halbwellen durch und sperrt die negativen Anteile. Der Widerstand R1 dient als Arbeitswiderstand für die Diode, er hat in der Regel einige kOhm. Er dient zur Verminderung von Verzerrungen durch die Diode. Der Widerstand von Kondensatoren fällt mit zunehmender Frequenz, mit C1 und C2 werden die hochfrequenten Anteile des durch die Diode gleichgerichteten Signales gegen Masse kurzgeschlossen und so entfernt. R2 unterstützt die Wirkung der beiden Kondensatoren. Die Kondensatoren liegen im allgemeinen im Bereich von ca. 1nF, R2 hat etwa 10...20kOhm. Am Ausgang auf der rechten Seite kann die Niederfrequenz abgenommen werden. Durch die erforderliche Gleichrichtung des Signales sind in der Ausgangsspannung Gleichspannungsanteile enthalten, die analog zur Höhe des Empfangssignales sind. Durch einen -hier nicht eingezeichneten- Kondensator, der in Reihe zum Ausgang geschaltet wird, kann diese Gleichspannungskomponente unterdrückt werden -nur die reine NF-Wechselspannung gelangt an den Ausgang. Dies ist auch einer der Gründe für den Einsatz von R1, denn ohne R1 würde sich der Reihenkapazitor im Ausgang einfach aufladen -und der Stromkreis wäre unterbrochen, da es weiter keine -gleichspannungsmäßige- Ableitung in diesem Stromkreis geben würde.

Bei sehr einfachen Demodulatorschaltungen kann u. U. auch auf R2 und C2 verzichtet werden, C1 reinigt die Ausgangsspannung dann im Alleingang von HF. Die Schaltung funktioniert jedoch nicht sauberer durch diese Maßnahme.

App. 12: Die Konstruktion eines praxistauglichen Gerätes aus dem Bausatz

Durch den sehr geringen Preis des Bausatzes hat die Schaltung einige Mängel, die eine Benutzung als 'normales' Radio verhindern, was aufgrund der an sich recht ordentlichen Qualität ansonsten durchaus möglich wäre. Diese Mängel sind:

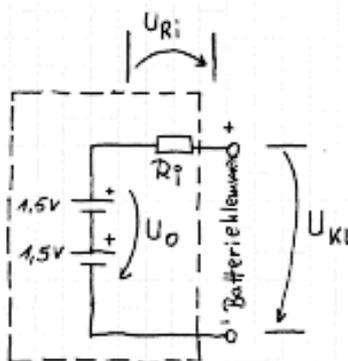
- > Verwendung von zwei Batteriesätzen, von denen nur einer durch einen Schalter abgeschaltet werden kann
- > Keine Lautstärkeregelung am Gerät
- > Änderung der Verdrahtung zum Wechsel von AM auf FM

Durch das hinzufügen von einigen Bauelementen können diese Mängel jedoch behoben werden. Zunächst wenden wir uns der Stromversorgung des Gerätes zu.

Der Entwickler hat nur deshalb zwei Batteriesätze verwandt weil es für die Produktion des Gerätes billiger war -die Batterien sind im Original ja nicht Teil des Bausatzes. Beim Betrieb des Gerätes aus einem Batteriesatz taucht nämlich ein technisches Problem auf: der Innenwiderstand der Batterien. Der kleine, im Gehäuse befindliche Endverstärker, der den Lautsprecher betreibt, braucht von allen Stufen die meiste Energie, auch wenn das schon nicht viel ist. Der Energieverbrauch des Endverstärkers ist aber nicht konstant, er verändert sich mit der Lautstärke (Amplitude) des Signals (also der Musik), die gerade verstärkt wird. Das ist logisch, denn wenn Musik anliegt wird ja Energie an den Lautsprecher abgegeben, und zwar umso mehr, je lauter die Musik ist. Hierdurch verändert sich die Stromaufnahme des Verstärkers -im Takt der Musik. Aus den Batterien wird hierdurch permanent ein anderer Strom entnommen. Diese ständigen Stromänderungen haben am Innenwiderstand der Batterien einen andauernd wechselnden Spannungsabfall zur Folge. Dies bedeutet aber nichts anderes, als daß die Batteriespannung, die entnommen werden kann, leicht schwankt, sie wird vom Verstärker regelrecht 'moduliert'. Diese Schwankungen betragen zwar nur einige mV (wenn die Batterien voll sind und ihr Innenwiderstand klein), bei zunehmend entladenen Batterien steigt jedoch auch der Innenwiderstand -und daher der 'aufmodulierte Wechselspannungsanteil' auf der Batteriespannung.

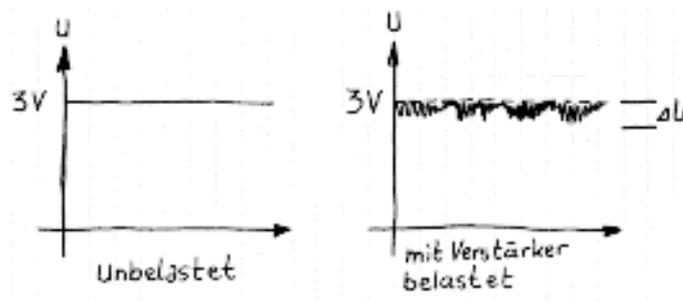
Dieser Wechselspannungsanteil auf der Batteriespannung ist, wie wir gesehen haben, eine Folge des verstärkten Signales. Würde man nun die Vor- und Empfangsstufen des Gerätes einfach so an die gleichen Batterien wie den Endverstärker anschließen, so bekämen diese Stufen -über die Batteriespannung- Teile des bereits verstärkten Signales wieder zugeführt, was die Funktion der einzelnen Stufen stark beeinträchtigt. Meist kommt es dabei zu Schwingerscheinungen (also einer Rückkopplung über die Betriebsspannung), die sich als Rauschen, Pfeifen oder Blubbern im Lautsprecher bemerkbar machen. Diese Erscheinungen können so stark sein, daß ein Empfang vollkommen unmöglich wird.

Bis hierhin alles klar?! Ich hoffe nicht.....! Daher für alle Physikwürstchen hier nochmal die Theorie, die dahinter steht:



Das nebenstehende Ersatzschaltbild zeigt die beiden Batteriezellen und den Innenwiderstand R_i , der (durch die Reihenschaltung der Zellen) zusammengefasst werden kann. Die Batterien liefern die 'Urspannung' U_0 , in unserem Fall also $\sim 3V$. Sobald Strom fließt, fällt an R_i Spannung ab. Dieser Spannungsabfall U_{ri} geht nach aussen hin verloren. Die 'Klemmenspannung' U_{kl} , die tatsächlich entnommen werden kann, ist also $U_0 - U_{ri}$. Bei unbelasteter Batterie fällt an R_i keine Spannung ab, in diesem Fall ist $U_{kl} = U_0$.

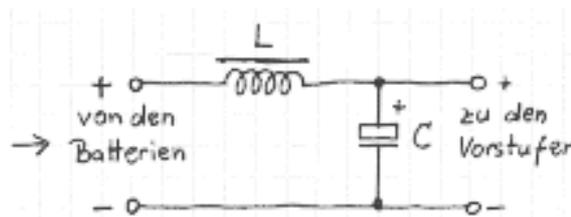
Die folgenden Diagramme zeigen nun die Klemmenspannung der Batterien im unbelasteten Zustand bzw. bei Belastung mit dem Endverstärker.



Die Spannungsschwankungen ΔU im rechten Bild entsprechen der 'Modulation' des Verstärkers; sie sind ein reiner Wechselspannungsanteil, der der Batteriegleichspannung überlagert ist.

Um nun das gesamte Gerät aus einem Batteriesatz betreiben zu können, sind also weitere Maßnahmen erforderlich. Praktisch geht es nur darum, den Wechselspannungsanteil ΔU auf der Batteriespannung von den Vorstufen fern zu halten, um eine saubere Funktion aller Stufen zu gewährleisten. Prinzipiell würde sich dies durch eine Zusatzschaltung lösen lassen, die die Batteriegleichspannung möglichst ungehindert passieren läßt, dem Wechselspannungsanteil jedoch einen möglichst großen Widerstand entgegensetzt.

Eine solche Filterschaltung ist im folgenden Diagramm dargestellt. Nach der Anordnung der Bauelemente werden diese Filter auch LC-Filter genannt.

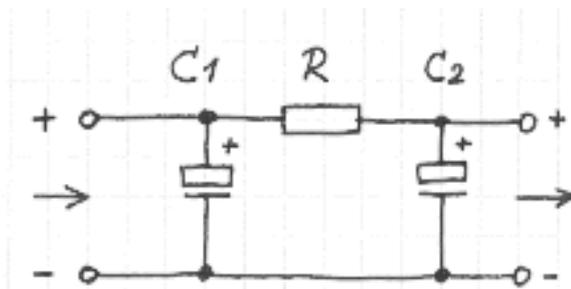


Die Gleichstromkomponente kann das Filter recht ungehindert passieren, da hierbei nur der -kleine- ohmsche Widerstand des Kupferdrahtes in der Spule L zum tragen kommt. C hat für die Gleichspannungskomponente einen unendlich hohen Widerstand; er fällt hierfür nicht ins Gewicht. Die Wechselspannungskomponente wird jedoch stark abgeschwächt, weil hierbei der -große- induktive Blindwiderstand von L zuschlägt. Hinter der Drossel L ist der Wechselspannungsanteil also schon stark geschwächt. Für Wechselspannung hat C jedoch einen relativ geringen Widerstand, so daß die Wechselspannungsreste durch C gegen Masse zusätzlich kurzgeschlossen werden. Die Filterwirkung einer solchen Schaltung ist sehr stark, die Verluste für den Gleichspannungsanteil gering. In den 30er und 40er Jahren des letzten Jahrhunderts waren Kondensatoren mit großen Kapazitätswerten sehr teuer -und meist auch riesengroß von den Abmessungen-, sofern sie überhaupt erhältlich waren. LC-Filter wurden daher in dieser Zeit sehr häufig benutzt.

Prinzipiell kann man die Drossel L in dieser Schaltung auch durch einen ohmschen Widerstand R ersetzen, dies würde man entsprechend RC-Filter nennen. Der Widerstandswert von R wäre jedoch für Gleich- und Wechselspannungskomponente gleich, d.h. man müßte den Widerstand -um die Gleichspannungsverluste gering zu halten- relativ niederohmig wählen. Da er damit auch für den Wechselspannungsanteil niederohmig wäre, braucht man für den Kondensator große Kapazitätswerte (gegenüber der LC-Schaltung), um eine genügende Filterwirkung zu erzielen.

Seither sind jedoch viele Jahre vergangen, wir verfügen heute über kleine, billige Kondensatoren mit -aus damaliger Sicht- unglaublichen Kapazitätswerten. Wenn es nicht gerade um sehr große Ströme -und Leistungen- geht, bei denen die großen Verluste in einem Widerstand unerwünscht sind, findet man daher heute für solche Anwendungen fast nur noch RC-Filterschaltungen, besonders wenn es nur um ganz kleine Leistungen geht, wie es bei unserer Anwendung der Fall ist. Technisch läßt sich diese Schaltung -ohne die unangenehmen Verluste für die Gleichspannung zu steigern- dadurch verbessern, daß man ein drittes Glied in die Schaltung aufnimmt.

Wir kommen damit zum CRC-Filter, der aus zwei Kondensatoren und einem Widerstand besteht.



Die Funktion kann man sich so vorstellen: C1 verringert durch die in ihm enthaltene Ladung bereits das Entstehen einer größeren Wechsellspannungskomponente auf der Batteriespannung, er wirkt als eine Art 'Puffer', er wird daher auch 'Ladekondensator' genannt. R bildet den Siebwiderstand, C2 soll die restlichen Wechsellspannungsanteile gegen Masse kurzschließen -er wird meist 'Siebkondensator' genannt. Wir haben nur 3V Betriebsspannung aus den Batterien, können uns daher also keinen großen Gleichspannungsabfall an R leisten. R muß daher niederohmig sein. Die ganzen Vor- und Empfangsstufen, die wir aus dem Filter mit Spannung versorgen wollen, 'ziehen' zusammen etwa 20mA (geschätzt). Ein Spannungsabfall von 200mV im Filter erscheint in jedem Falle vertretbar -der Widerstand sollte also etwa 10 ohm haben. Der Wechsellspannungswiderstand unserer Kondensatoren soll gegenüber dem Wert von R klein sein, um eine gute Siebwirkung zu erzielen. Da der Wechsellspannungswiderstand von der Frequenz abhängig ist, müssen wir also zuerst nach der Frequenz fragen. Dabei müssen wir von der Frequenz ausgehen, bei der die Kondensatoren am schlechtesten wirken -also von der tiefsten. Es geht um Musik dabei, unser Gehör würde Frequenzen zwischen etwa 20....15000Hz hören. Da es nicht um 'High End' sondern um Radio geht, werden hiervon auf UKW etwa 50....15000Hz übertragen, auf Mittelwelle noch erheblich weniger. Unser einfacher Bausatz reizt auch das technisch Mögliche nicht ganz aus; wir gehen daher für UKW von 100Hz als tiefster Audiofrequenz aus.

Ein Kondensator von 1000µF hat bei 100Hz einen Scheinwiderstand von ca. 1,6 ohm -er wäre also im Verhältnis zu den 10ohm unseres Widerstandes ziemlich niederohmig. Daher werden wir einen CRC-Filter aus 1000µF / 10ohm / 1000µF verwenden, dessen Filterwirkung mit Sicherheit für einen stabilen Betrieb des Gerätes ausreicht.

Für die Physikwürstchen, denen ich einen 'all in one Service' bieten wollte (das dürften vor allem die sein, die Frauenphysik machen und nicht Löten können ;-)): die beiden Kondensatoren und der 10 ohm Widerstand befinden sich in dem Tütchen mit den Appendix-Bauteilen, gemeinsam mit einer kleinen Lüsterklemme, mit der die + Leitungen der Elkos mit dem Widerstand verbunden werden sollen.

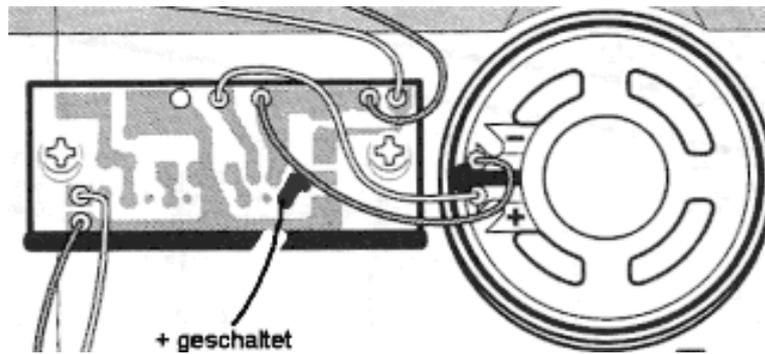
Für alle anderen: Elkos 1000µF/16V und Widerstände 10 ohm 0,6W gibt's beim Onkel Conrad in Saarbrücken für kleines Geld. Dort gibt's auch den Poti & den Schalter sowie die anderen Kleinteile, die wir später noch brauchen werden.

Anmerkung: Elkos mit geringerer Spannungsfestigkeit (z.B. 10V) würden hier latürrnisch auch gehen -doch sowas gibt es für Geld nicht mehr so häufig zu kaufen.....

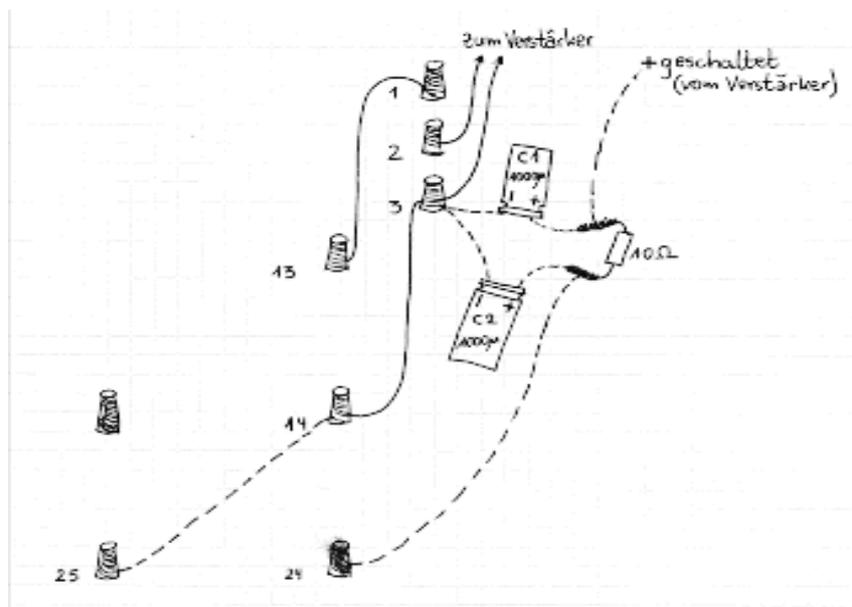
Doch nun zum Einbau des Betriebsspannungsfilters:

Der Batteriehalter des Verstärkers ist schon fest in's Gehäuse eingebaut und richtig mit der Endverstärkerplatine verdrahtet -wir sind faul und werden darum genau den benutzen. Auf der Verstärkerplatine sitzt auch schon ein Schalter, mit dem das Ganze in Betrieb genommen werden kann (Lautsprecher ein/aus). Dieser Schalter bedient nachher das ganze Gerät. Wir müssen uns also zuerst die geschaltete + Leitung der Batterie auf der Endverstärkerplatine krallen. Für die 'all inclusive' Würstchen: die Strippe hab' ich schon angelötet; sie ist wunderbar rot und von dem Klebeschild "diesen Draht ignorieren bis Appendix Punkt 12, + geschaltet" seitlich neben der Platine ins Gehäuse geklebt. Also: Aufkleber abziehen -fertig.

Für alle anderen: Lötkolben anheizen, Elektroniklot und 'Klingeldraht' bereitlegen und entsprechend dem folgenden Bild die Strippe anlöten:

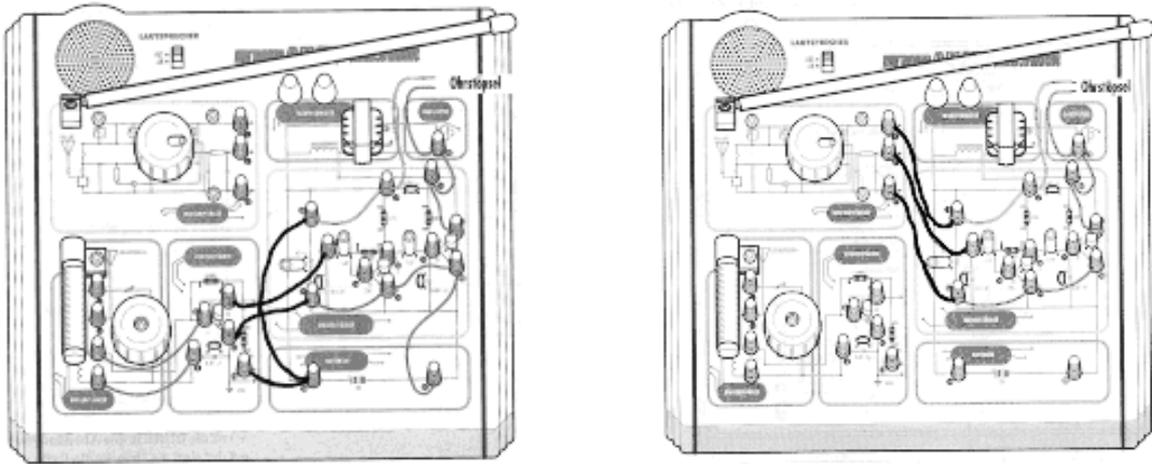


Die nun in jedem Falle vorhandene '+ geschaltet' Strippe führt die Betriebsspannung zu unserem Filter. Das im folgenden dargestellte Übersichtsbild zeigt die Anschlußfedern auf der UNTERSEITE des Gehäuses; die Nummern der Anschlüsse entsprechen denen der Original-Anleitung. Die Durchführung dieses Arbeitsschrittes setzt -wie alle weiteren- das Vorhandensein des entsprechend der Originalanleitung zusammengebauten Gerätes voraus. Die gestrichelt eingezeichneten Verbindungen kommen neu hinzu, die durchgezogenen Drähte existieren bereits.

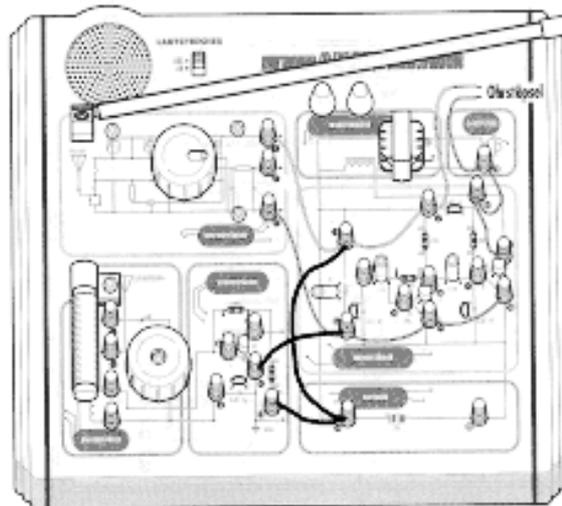


Der externe Batteriehalter für die Vorstufen, der an Anschlüssen 24 & 25 angeschlossen werden sollte, ist ab hier überflüssig und wird nicht mehr benötigt. Bitte nochmals überprüfen, daß Ihr die beiden Elkos C1 + C2 mit richtiger Polarität angeschlossen habt! Der erste Schritt zum 'vernünftigen' Radio ist nun schonmal getan.....

Als nächstes müssen wir nun die gesamte Kiste unter Dampf bekommen, denn: was keinen Strom hat geht auch nicht. Also: die 'Umschaltung' zwischen den Wellenbereichen erfolgt im Original durch Veränderung der Verdrahtung. Das ist scheiße! Um zunächst einen klar definierten Ausgangszustand herzustellen entfernt Ihr bitte alle auf den beiden Bildern dick ausgezogenen -und eventuell vorhanden- Verbindungen auf der OBERSEITE der Platte:

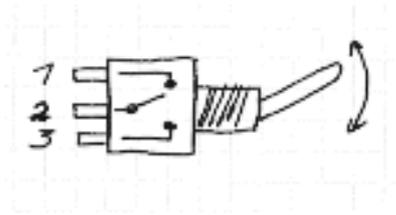


Wenn von den Strippen nix mehr zu sehen ist, verdrahtet Ihr bitte wie folgt:

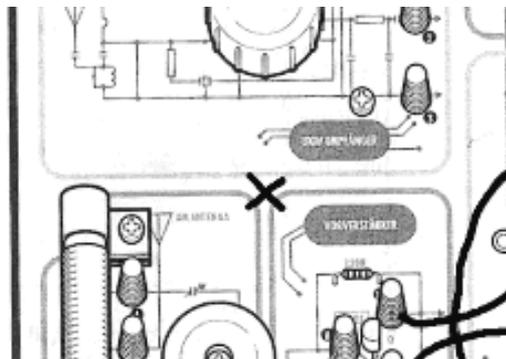


Diese Schaltungsänderung versorgt die AM und FM-Vorstufen nun ständig mit Saft -sie funktionieren daher immer. Um mit einem einfachen Schalter zwischen den beiden Wellenbereichen wechseln zu können, brauchen wir nun nur noch das NF-Signal der beiden Stufen nach Wunsch der Verstärkerzuleitung zuzuführen. Dies kann über einen einfachen 'UMSCHALTER' geschehen. Für die 'all inclusive Würstchen': der ist im Beutel mit den Appendixbauteilen; die Strippen sind schon dran. Für alle anderen: bei Conrad gibt's sowas für Geld zu kaufen (ohne Strippen, die dürft Ihr anlöten), das nennt sich dann offiziell "Kippschalter mit Zentralbefestigung, 1 x UM! Das kleinere Modell tut's.....

So ein Schalter macht nix großartiges -er kann schalten. Doch unser Schalter schaltet auf eine besondere Art und Weise: er kann umschalten! Daher heißt er auch Umschalter. So einfach ist das! Genauer betrachtet stellt sich das so dar:



Zunächst einmal hat das Ding drei Anschlüsse. Einer davon befindet sich eindeutig in der Mitte -auf den müssen wir auch aufpassen. Wenn man den Kipphebel von einer in die andere Stellung drückt geschieht im Inneren folgendes: in der Ausgangsstellung war Anschluß 2 z.B. leitend mit Anschluß 1 verbunden. Kippen wir nun den Hebel 'rum, so ist plötzlich Anschluß 2 leitend mit Anschluß 3 verbunden. Mit einem solchen Schalter ist es also möglich, EINEN Verstärkereingang nach Wunsch auf ZWEI Signalquellen zu schalten. Wir haben nur EINEN Verstärker, aber zwei Signalquellen, nämlich den AM und den FM Empfangsteil. Das sollte damit also funzen..... Doch nun zum Anschluß des Schalters.



Der Schalter muß eingebaut werden, hierzu brauchen wir ein Loch, das groß genug ist, um das Gewinde am Schalter durchstecken zu können (je nach Schalterbauform sind etwa 6...10mm erforderlich). Auf der Abbildung oben ist ein zum löchern geeigneter Platz markiert. Wer 'ne Bohrmaschine & Bohrer hat: fein! Wem sowas fehlt: es ist nur Plastik. Ich würde eine Schneide einer spitzen Schere benutzen (macht' Euch nicht weh dabei!).

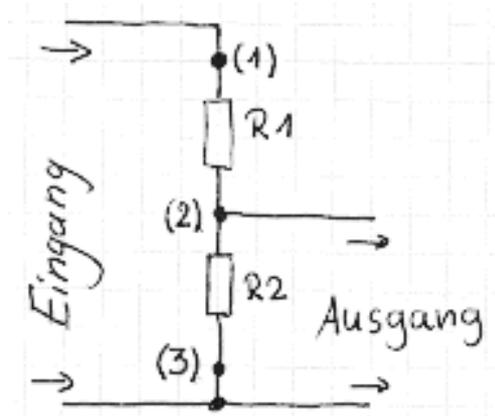
Wenn der das Loch glücklich im Gehäuse angebracht ist: den Schalter von hinten durchstecken und von vorne die beigefügten Muttern draumdrehen. Festziehen -fertig. Die drei Anschlußstippen des Schalters befinden sich auf der Unterseite des Chassis, wo auch verdrahtet wird. Die Verdrahtung ist so einfach, daß ich mir an dieser Stelle eine Abbildung erspare. Die Anschlußleitungen des Schalters sollten nicht viel länger sein, als unbedingt erforderlich ist; was zuviel ist: abschneiden.

Am wichtigsten ist der Ausgang des Schalters; also der mittlere Anschluß. Der **muß** mit Eingang des Verstärkers verbunden werden, also mit Anschlußfeder 15. Die beiden äußeren Anschlüsse des Schalters müssen an die NF-Ausgänge von AM und FM-Vorstufe; es spielt dabei keine Rolle, welcher Draht an welche Vorstufe kommt. Die eine Strippe muß jedenfalls an Anschlußfeder 2 (was der Ausgang der FM-Baugruppe ist), der andere Draht kommt an Anschlußfeder 11, was der Ausgang des AM-Empfängers ist.

An diesem Punkt sollten wir das Ganze ausprobieren: der Eingang des eingebauten Lautsprecherverstärkers (weißer Draht) bleibt unbeschaltet, der Ohrhörer muß angeschlossen sein. Batterien in den internen Batteriehälter einlegen, den Schalter auf 'Lautsprecher ein' (sonst haben wir keinen Saft in der Maschine). Im Ohrhörer sollten nun AM und FM Sender hörbar sein, am neuen Kippschalter kann gewählt werden welcher Wellenbereich zu hören ist.

Wenn das bis hierhin klappt: fein. Wenn nicht ist Fehlersuche angesagt. Entweder hat eine der Stufen keine Betriebsspannung (bitte Verdrahtung überprüfen, insbesondere muß der grüne Draht des Lautsprecherverstärkers an Klemmfeder 3 angeschlossen sein), oder der Schalteranschluß wurde nicht korrekt durchgeführt (dito). Wenn alles in Ordnung ist, können wir uns dem letzten Punkt dieses Sermons zuwenden: dem Lautstärkereger. Zunächst wollen wir jedoch untersuchen, wie die Lautstärke überhaupt geregelt werden kann.

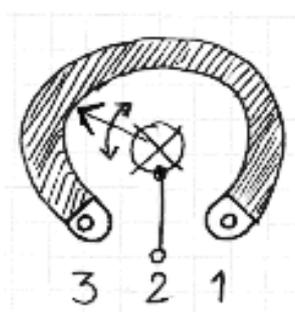
Das Bauelement, das hierfür zur Verwendung gelangt ist ein POTENTIOMETER. Elektrisch ist das nichts anderes als eine Reihenschaltung aus zwei Widerständen mit Mittelabgriff, also ein Spannungsteiler. Das stellt sich wie folgt dar:



Das Eingangssignal gelangt durch den oberen linken Anschluß (1) an den Widerstand R1. Da der Ausgang von R1 über R2 mit Masse (unserem Nullpotential) verbunden ist, fließt ein Strom durch R1 und R2. Dieser Strom hat einen Spannungsabfall an R1 zur Folge um dessen Betrag die Ausgangsspannung an Anschluß 2 geringer ist als die Eingangsspannung. Wie groß diese Abschwächung ist, hängt vom Verhältnis der Widerstandswerte von R1 zu R2 ab. Haben beide Widerstände den gleichen Wert ($R1=R2$), dann ist die Ausgangsspannung exakt halb so groß wie die Eingangsspannung. Ist R1 niederohmiger als R2 dann ist die Ausgangsspannung größer als 50% der Eingangsamplitude, ist R2 hochohmiger als R2 dann hat die Ausgangsspannung weniger als 50% des Eingangswertes.

Die beiden sich hieraus ergebenden Extremfälle wären $R1=0\text{ ohm}$: keine Abschwächung des Eingangssignales, $R2=0\text{ ohm}$: Ausgangsspannung = 0.

Bei einem Lautstärkereger muß dieser Vorgang ja variabel sein. Ein solches 'Poti' schaut prinzipiell daher folgendermaßen aus:

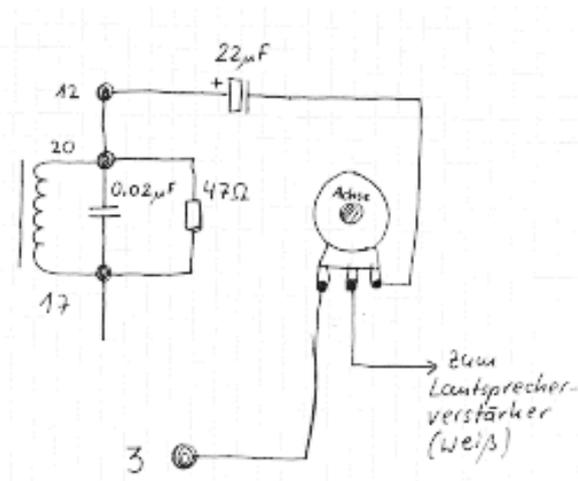


Das runde, schraffierte Teil ist ein Ring aus Isoliermaterial, auf dem eine dünne Kohleschicht aufgebracht ist. Diese Kohleschicht bildet die beiden Widerstände. Der Anschluß für den Ausgang wird durch einen Schleifer gebildet, der mit einer Achse verbunden ist, und damit auf der Kohleschicht bewegt werden kann. Der Widerstandswert eines Potis versteht sich immer an den Endpunkten der Widerstandsschicht, also zwischen Anschluß 1 und 3. Der Gesamtwiderstand der beiden Spannungsteilerwiderstände eines 10kOhm-Potis wäre also 10000 ohm. Stellt man den Schleifer genau in die Mitte der Widerstandsbahn (also auf 12:00 Uhr), dann bildet sich rechts vom Schleifer R1, links vom Schleifer R2, genau wie wir es oben gesehen haben. Drehen wir den Schleifer an den rechten Anschlag, dann ist $R1=0$, drehen wir an den linken Anschlag, dann ist $R2=0$. Alle Stellungen dazwischen funktionieren natürlich genauso....

Wie wir gerade gesehen haben, können wir mit dem Lautstärkereglern große Signale nach Wunsch bis auf 0 abschwächen. Der Lautsprecherverstärker in der Kiste ist für den Betrieb OHNE Lautstärkereglern ausgelegt, er bringt nur eine sehr moderate Verstärkung des Signales auf die Beine. Bei einem starken (bzw. besser: lauten) Sender wäre es noch in Ordnung, den Lautstärkereglern einfach vor den Lautsprecherverstärker zu schalten, ein leiser Sender würde jedoch eher noch leiser werden -nix gut. Da wir große Signale jedoch problemlos mit dem Regler kleiner machen können, wäre mehr Verstärkung also angenehm -ein Vorverstärker muß her. Der zweistufige Transistorverstärker, der im Originalaufbau den Ohrhörer betreibt, kommt uns da gerade recht. Wenn wir den in die Schaltung miteinbeziehen, haben wir 'Verstärkung satt', daher werden wir genau das tun.

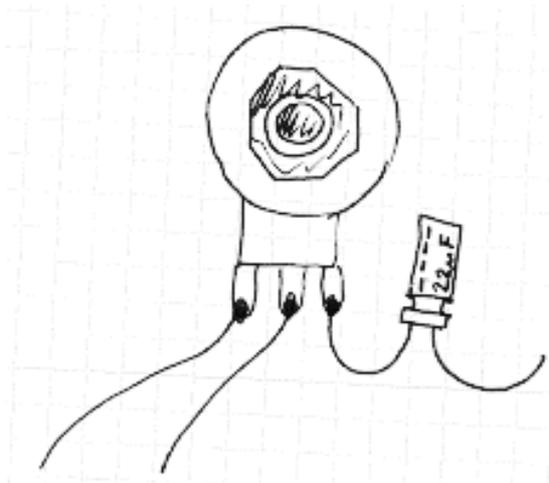
Die Verstärkerschaltung muß dafür ein klein wenig modifiziert werden, was jedoch kein Aufwand und sehr einfach ist. Anstelle des Ohrhörers soll der Verstärker unseren Lautstärkereglern betreiben, d.h. als erstes klemmen wir den Ohrhörer ab. Der Lautstärkereglern ist hochohmiger als der Ohrhörer, d.h. er 'zieht' weniger Energie am Verstärkerausgang ab. Das ist an sich nicht weiter schlimm, in unserem Fall haben wir es jedoch mit einer Drossel im Verstärkerausgang zu tun (dem berühmten 'Transformator'). Die geringere Belastung durch den Poti kann Verzerrungen durch die Spannungen des zusammenbrechenden Magnetfeldes bei Aussteuerung in der Drossel zur Folge haben (kann, muß nicht). Um diesem Fehler gleich aus dem Weg zu gehen, 'imitieren' wir einfach den nicht mehr vorhandenen Ohrhörer -durch einen kleinen Widerstand. Der muß etwa 47 Ohm haben (die 'All inclusive' Würstchen finden den im Tütchen mit den Appendixbauteilen) und wird zwischen den Kontaktfedern 17 und 20 eingesetzt (egal ob über oder unter dem Chassis). Damit liegt er -wie vorher der Ohrhörer- parallel zur Ausgangsdrossel.

Als nächstes müssen wir den Lautstärkepoti einsatzbereit machen. Der Poti ist eine 1 kOhm-Type (All inclusive: fertig verlötet im Tütchen, alle anderen: Onkel Conrad). Der gesamte Anschluß ist schematisch zunächst unten dargestellt.



Die Drossel und ein 0,02µF-Kondensator gab's in der Schaltung schon, den 47 Ohm Widerstand haben wir gerade eben eingebaut. Der 22µF-Elko kommt mitsamt dem Poti neu dazu. Mit dem neuen Elko hat es folgende Bewandnis: den 'Nulllautstärkeanschluß' (3) des Potis müssen wir mit Masse verbinden, unserem Nullpotential. Gegenüber Masse hat die Drossel jedoch an beiden Anschlüssen -mehr oder minder- Batteriespannung, also ein Gleichspannungspotential von etwa 3V. Wir brauchen nur die Niederfrequenz, die Musik auf dem Poti, nicht die Gleichspannung, die muß unbedingt weg. Der Elko 'sperrt' die Gleichspannung, läßt die Niederfrequenz jedoch zum Poti durch -wir haben alles, was wir wollten.

Der Poti braucht ein Loch zum festmachen -wie der Kippschalter zuvor. Ein guter Mittelpunkt für das Loch wäre das 'Ö' im Aufdruck 'Ohrstöpsel'. Wie das Loch reingeht: siehe Schalter. Wie der Poti montiert wird: siehe Schalter. Wer noch keinen fertig verlöteten Poti sein eigen nennt: hier kommt's.



An den linken Potianschluß einen etwa 20cm langen Draht anlöten, an den mittleren einen von etwa 10cm. An den rechten Anschluß den - Pol des 22µF Elkos löten. Fertig. Die Muttern etc. vom Poti abdrehen, die Potiachse durch's hierfür vorgesehene Loch stecken, Mutter etc. wieder drauf -festziehen- : gegessen!

Der eigentliche Anschluß des Potis ist sehr einfach: den Draht vom mittleren Potianschluß mit dem Eingang des Lautstärkereglers verbinden (weißer Draht). Den Draht vom äußeren Anschluß an Klemmfeder 3 anschließen, den Pluspol des Elkos mit Klemmfeder 12 verbinden: fertig.....

Das Konstrukt kann nun getestet werden, es sollte eigentlich keine weiteren Probleme damit geben. Wer doch welche hat: meine Nummer kennt Ihr. Fragt einfach nach.

Viel Spaß noch damit!!

P.S.: Wie gesagt, die Schaltung ist kein Super-Hifi, aber doch besser, als die eingebaute Lautsprecherquäke. Wer will, kann die Strippen an dem kleinen eingebauten Lautsprecher abwickeln und jeden -besseren- 8 Ohm Lautsprecher da anschließen.....