

Schwingkondensator mit elektrostatischem Antrieb

Ein Schwingkondensator wandelt eine an seinen Elektroden liegende elektrische Ladung in Wechselspannung um. Das bekannteste Beispiel hierfür ist das Kondensatormikrofon. Durch auftretende Schallwellen wird die Membrane zum Schwingen angeregt. Sie stellt zugleich die eine Elektrode eines Kondensators dar, der über einen hochohmigen Vorwiderstand an einer hohen Gleichspannung liegt. Die schwingende Elektrode ändert proportional der Schallwelle die Kapazität und damit die Ladung des Kondensators. Die Ladungsänderungen werden als Wechselspannung weiter verarbeitet.

Das Prinzip des Schwingkondensators wird andererseits in der elektronischen Meßtechnik angewendet, um elektrische Ladungen und Gleichspannungen aus Quellen mit hohem inneren Widerstand in Wechselspannungen umzuwandeln, die der zu messenden Größe proportional sind. Ein typisches Beispiel hierfür sind pH-Meter, wie sie in der Reihe „Elektronik ohne Ballast“ im Abschnitt 6.02 (FUNKSCHAU 1965, Heft 15, Seite 423) beschrieben wurden. In der dort besprochenen Schaltung wurde die bewegliche Elektrode des Schwingkondensators durch einen Elektromagneten mit einer Frequenz von 50 Hz angetrieben.

Vor einiger Zeit hat nun die Firma Valvo eine vollständig neue Konstruktion eines solchen Schwingkondensators herausgebracht. Der elektromechanische Antrieb ist hierbei durch einen elektrostatischen ersetzt worden, und die gesamte Anordnung wurde in einen evakuierten Hartglaskolben untergebracht und mit einem Röhrensockel versehen (Bild 1). Dieser Röhrensockel schützt das Bauelement wirksam gegen Staub, Feuchtigkeit und Korrosion.

Die Schwingelektrode wird durch ein hochfrequentes elektrisches Feld mit einer Frequenz von etwa 1 MHz angetrieben. Damit entfallen bereits alle Brummstörungen, die bei elektromechanischen Antrieben aus dem 50-Hz-Lichtnetz leicht zu Störungen Anlaß geben können. Das hochfrequente Feld wird mit der bei 6 kHz liegenden Eigenfrequenz der Schwingmembrane amplitudenmoduliert. Die relativ hohe mechanische Eigenfrequenz ergibt einen niedrigen Rauschpegel.

Bild 2 zeigt die Prinzipschaltung eines Elektrometerverstärkers mit Schwingkondensator zum Messen von Gleichspannungen an sehr hochohmigen Spannungsquellen. Die zu messende Spannung U_x ladet über den Vorwiderstand R_s den Schwingkondensator C_1 auf. Der Kopplungskondensator C_k verhindert das Fließen eines Gleichstromes über den Eingangswiderstand des Verstärkers. Infolge der Kapazitätsänderung des Kondensators C_1 im schwingenden Zustand entsteht daran eine Wechselspannung. Sie gelangt über den Kopplungskondensator zum Verstärker, wird nach dem Verstärken gleichgerichtet und angezeigt. Sind Schwing- und Koppelkondensator ideal isoliert, dann wird der zu messenden Gleichspannung keine Energie entzogen (außer zum Aufladen der Kondensatoren).

Trotzdem wird jedoch Energie an den Eingang des Verstärkers abgegeben. Diese Energie wird von dem System geliefert, das die Schwingplatte antreibt. Deshalb läßt sich ein Schwingkondensator auch als parametrischer Verstärker auffassen.

Wie ist nun das Antriebssystem des Schwingkondensators XL 7900 aufgebaut? Bild 3 zeigt einen schematischen Schnitt zusammen mit der bereits in Bild 2 skizzierten Eingangsschaltung. M ist in diesem Schnittbild eine kreisförmige Glasmembrane (0,135 mm dick). Ihr Rand ist zwischen den Hartglasisolatoren I1 und I2 eingeklemmt. Die stark ausgezogenen Linien sollen dünne

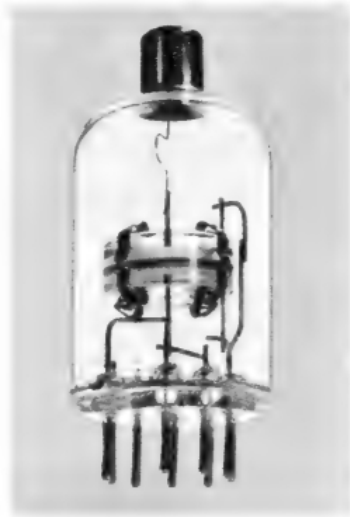


Bild 1. Valvo-Schwingkondensator XL 7900 mit elektrostatischem Antrieb

Tantalschichten andeuten, die als Elektroden dienen (E1, E1', E2, E3). Die Elektroden E1 und E2 bilden den Schwingkondensator C_1 . Die Elektroden E1' und E3 bilden einen zweiten Kondensator C_2 . Er gehört zu einem Hf-Oszillator, der eine hochfrequente Spannung (1 MHz) an diesen Kondensator C_2 liefert. Die bewegliche Membrane E1' wird dadurch zum Schwingen angestoßen, sie schwingt jedoch in ihrer Eigenfrequenz, so daß die hochfrequente Spannung des

Tabelle 1. Daten des Schwingkondensators

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Kapazität des Schwingkondensators | 35 pF |
| Kapazität des Antriebskondensators | 35 pF |
| Isolationswiderstand | $10^{16} \Omega$ |
| Meßgrenze | $\approx 10^{-16} A$ |
| Antriebsfrequenz | $\approx 1 MHz$ |
| Resonanzfrequenz der Membran | $\approx 6 kHz$ |
| Eingangsspannung (Meßspannung) | max. 25 V |
| Antriebsspannung | max. 25 V _{eff} |

Tabelle 2. Wickeldata zu Bild 5

| |
|----------------------------------|
| Transformator Tr |
| Kern: Valvo S 14/8 aus FXC 4 B 1 |
| n 1 = 5 Wdg. 0,24 CuL |
| n 2 = 50 Wdg. 0,24 CuL |
| n 3 = 50 Wdg. 0,24 CuL |
| Drossel D |
| Kern: Valvo S 14/8 aus FXC 4 B 1 |
| 100 Wdg. 0,24 CuL |

Oszillators mit dieser Eigenfrequenz von 6 kHz moduliert wird. Die schwingende Membrane ändert in gewünschter Weise die Kapazität des Kondensators C_1 .

Tabelle 1 enthält einige technische Daten dieses Antriebssystems. In Bild 4 sind das Schaltsymbol und die Sockelschaltung dargestellt. Bemerkenswert ist, daß der Anschluß C_1 oben isoliert am Glaskolben herausgeführt ist. Dies ergibt einen sehr hohen Isolationswiderstand, wie er für solche Elektrometer-Messungen notwendig ist.

Bild 5 zeigt oben nochmals die Eingangsschaltung und darunter einen Transistoroszillator, der die 1-MHz-Antriebsspannung

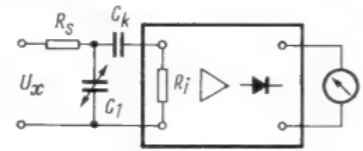


Bild 2. Prinzipschaltung eines Elektrometerversätkers mit Schwingkondensator

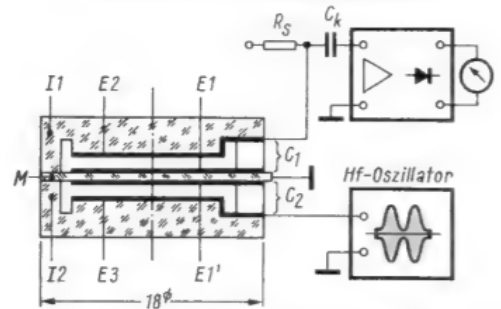


Bild 3. Innerer Aufbau des Schwingkondensators mit angeschlossener Verstärker und Oszillator

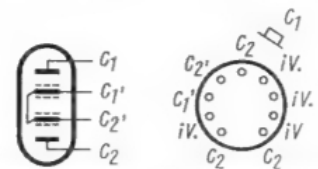


Bild 4. Schaltsymbol und Sockelschaltung des Schwingkondensators XL 7900

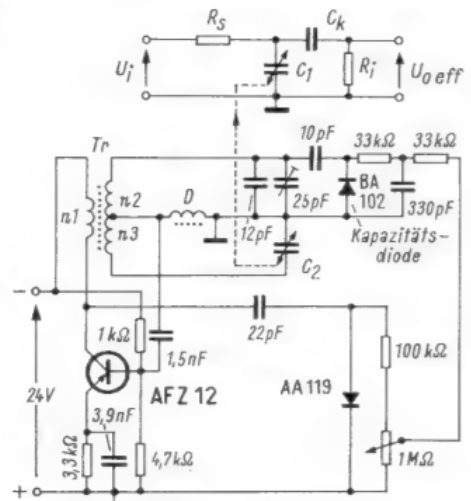


Bild 5. Oszillatorschaltung für den Schwingkondensator

für den Schwingkondensator liefert. Tabelle 2 enthält die Wickel­daten der Spulen. Die Kapazität C_2 des Schwingkondensators stellt einen Teil der Kreiskapazität dar. Die daran auftretende Hf-Spannung treibt, wie beschrieben, statisch die bewegliche Platte an. Bemerkenswert ist noch folgende Schal­tungs­einzelheit: Der Oszillatorkreis wird mit Hilfe einer Kapazitätsdiode BA 102 auf die günstigste Frequenz abgeglichen. Die dazu erforderliche Steuerspannung wird ihrerseits aus der Oszillatorwechselspannung durch Gleichrichten mit Hilfe einer Diode AA 119 gewonnen. Die Gleichspannung wird an dem 1-M Ω -Potentiometer abgegriffen, gesiebt und der Kapazitätsdiode zugeführt.

Zf-Baustein für den Selbstbau

Der Selbstbau von Empfängern wird heute durch fertige Bausteine für die einzelnen Stufen sehr vereinfacht. Ein solcher Baustein für einen kompletten AM/Zf-Verstärker ist der in Bild 1 dargestellte Zf-Modul IF 5. Auf einem Hartpapiergrundbrettchen von nur 24 mm \times 57 mm sind zwei Transistoren, drei Zf-Filter und die zugehörigen Schaltelemente untergebracht.

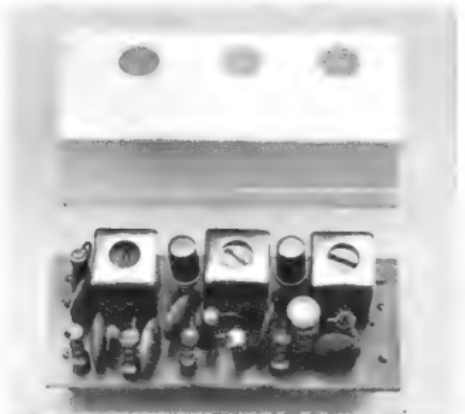


Bild 1. Ansicht des Zf-Moduls IF 5, das einen vollständigen AM/Zf-Verstärker darstellt. Die Abmessungen betragen nur 24 mm \times 57 mm (Werco)

Die Unterseite in gedruckter Schaltungstechnik enthält nur sechs Anschlußstifte. Damit kann der Baustein in eine größere Druckschaltplatte eingelötet werden.

Bild 2 gibt die Schaltung wieder. Die drei Zf-Spulensätze A bis C sind primärseitig durch Schwingkreisanzapfungen an die Kollektorkreise der vorhergehenden Transistoren angepaßt. Getrennte Koppelwicklungen passen an die Basiswiderstände der folgenden Zf-Transistoren bzw. an die Detektor­diode an. Die Verstärkung des ersten Zf-Transistors wird über 5,6 k Ω von der Diode her geregelt, um Übersteuerungen bei großen Eingangssignalen zu vermeiden. Die Filter werden fertig auf 455 kHz abgeglichen und richtig neutralisiert geliefert. Eine

Kunststoffhaube schützt den Baustein gegen Staub und Beschädigungen.

Folgende technische Daten werden genannt:

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Frequenz | 455 kHz |
| Bandbreite bei 3 dB Abfall | 3,9 kHz |
| Durchgangsverstärkung | > 66 dB |
| Nf-Ausgangsimpedanz | \approx 10 k Ω |
| Betriebsspannung | 9 V |
| Gewicht | 25 g |

Der Baustein ist zum Selbstbau von Transistorempfängern gedacht, er erleichtert die Arbeit ganz beträchtlich. Außerdem ist der Preis mit rund 15 DM bedeutend geringer, als wenn man die Teile für eine solche Stufe einzeln kaufen müßte. Vertrieb Werco, Hirschau/Bayern.

Nordsuchender Kreisel

Bis vor einiger Zeit waren die bei der Seefahrt eingeführten Kreiselkom­pas­se in schnellfliegenden Düsenmaschinen nicht brauchbar, denn die hohe und sich schnell ändernde Geschwindigkeit verfälscht die Anzeige des üblichen Kreiselkompasses. Erst in letzter Zeit hat man Kurskreisel entwickelt, die auch über mehrere Stunden hinweg von der einmal eingestellten Richtung nur geringfügig abweichen. Eines der neuen Geräte dieser Art ist der Nordsuchende Kreisel, Typ NSK 3, der Teldix-Luftfahrt-Ausrüstungs GmbH. Nunmehr braucht die Mißweisung, d. h. der Winkel zwischen der geografischen und der magnetischen Nordrichtung, nicht mehr berücksichtigt zu werden.

Der Nordsuchende Kreisel dient dazu, die Kurskreiselkom­pas­se vor dem Start auf den geografischen Nordpol hin auszurichten, er bleibt während des Fluges abgeschaltet. Auch wird er als Richtungsgeber für Funkpeilanlagen, Behelfsflugplätze und kleine Küstenstationen benutzt. Um mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5^\circ$ auf die geografische Nordrichtung einzuschwingen, braucht das Gerät weniger als fünf Minuten, während herkömmliche Kreiselkom­pas­se bis zu eine Stunde benötigen. Elektrische Felder und benachbarte Eisenteile haben keinen Einfluß auf den Nordsuchenden Kreisel.

Das Gerät enthält ein kleines, elektrisch angetriebenes Schwungrad, den eigentlichen „Kreisel“, das in einem senkrecht aufgestellten Zylinder mit waagerechter Drehachse rotiert. Diese Kreisel­do­se wird in einem zweiten, pendelnd aufgehängten Hohlzylinder durch ein praktisches reibungsloses Luftlager in der Schwebe gehalten; die zur Druckluf­terzeugung nötige Pumpe befindet sich ebenfalls im Pendelkörper. Dieser Einbau fesselt den Kreisel nahezu starr an das Erdlot. Steht die Kreiselachse z. B. in Ost-West-Richtung, so übt die sich drehende Erde auf den Kreisel ein Kippmoment aus, das ihn veranlaßt, sich um die senkrechte

Luftlagerachse so lange zu drehen (präze­dieren), bis seine Achse in Nord-Süd-Richtung steht, d. h. bis das Kippmoment Null geworden ist.

Ein zwischen Pendelkörper und Gehäuse eingebauter Drehmelder liefert ein dem rechtweisenden Kurs entsprechendes Wechselspannungssignal, mit dem ein Anzeigegerät gespeist bzw. ein Kurskreisel oder eine Kreiselplattform auf den geografischen Nordpol ausgerichtet wird. – Stromversorgung: 24 V Gleichspannung, 80 W. –r

Hochspannungs-Stabgleichrichter für tragbare Fernsehempfänger

Eine etwas mißverständliche Formulierung in unserem Beitrag *Das tragbare Fernseh-Zweitgerät* (FUNKSCHAU 1965, Heft 17, Seite 453) hat den Eindruck erweckt, als ob alle tragbaren Fernsehgeräte auf die Hochspannungs-Gleichrichterdiode nicht verzichten können. Tatsächlich ist aber das Modell Chico von Imperial mit einem Hochspannungs-Stabgleichrichter Typ TV 11 von Siemens anstatt der sonst üblichen Hochspannungs-Gleichrichterröhre ausgerüstet (Bild). Dieser Stabgleichrichter kann ohne technische Änderung am Gerät anstelle der Hochspannungsdiode eingesetzt werden und beeinträchtigt die kapazitive Abstimmung des Zeilenübertragers nicht. Dessen Belastung wird durch den Wegfall der Heizleistung geringer, auch wird die Hochspannungswicklung weniger bedämpft. Die dadurch höhere Impulsspannung wirkt sich aber in der Gleichspannung wegen des höheren Durchlaßwiderstandes beim Selengleichrichter nicht aus.

Der Aufbau eines mit diesem Stabgleichrichter versehenen Fernsehempfängers wird durch Wegfall der Diodenfassung und der Heizschleife einfacher und damit billiger. Die häufig in der Bildröhrenzuleitung eingesetzten Dämpfungswiderstände und Siebglieder entfallen, da sich der gegenüber einer Röhre höhere Durchlaßwiderstand des TV 11 ähnlich auswirkt. Auch sind mögliche Hochspannungsüberschläge wenig wirksam; die Zeilenstörstrahlung ist geringer. Schließlich hat der TV 11 einen endlichen Sperrwiderstand; dieser entlädt die Bildröhrenkapazität und unterdrückt nach dem Ausschalten des Empfängers den Leuchtpunkt zusätzlich.

Neue Fertigungsverfahren verhindern die bei früheren Selengleichrichtern lästige gewesene Erhöhung des Durchlaßwiderstandes während der Lebensdauer. Daher ergeben sich ähnlich lange Betriebszeiten wie bei Transistoren und Siliziumgleichrichtern; der Gleichrichter TV 11 ist überdies gegen Sperrspannungsdurchschläge unempfindlich. Die Spannungsfestigkeit liegt über 20 kV. –r

(Nach Unterlagen aus dem Siemens-Werk für Röhren.)

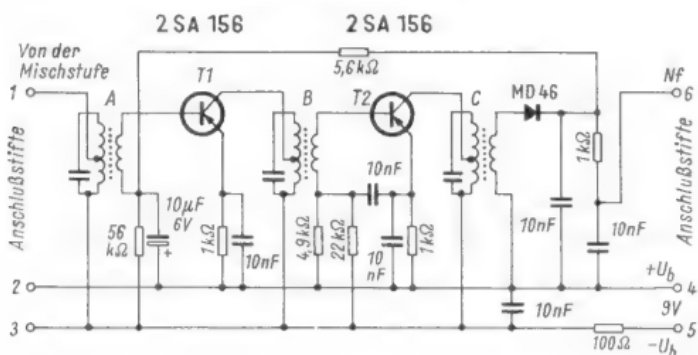
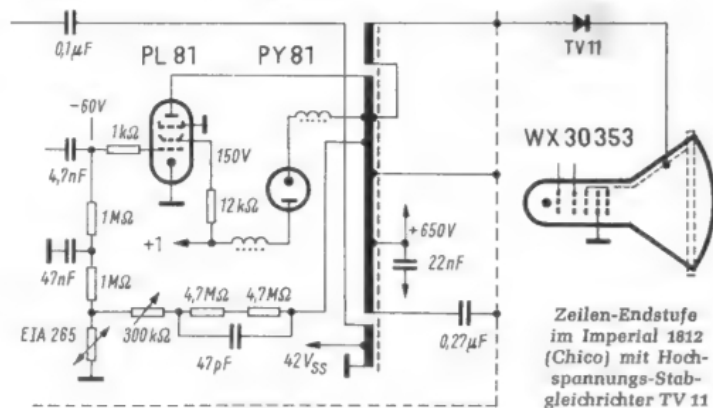


Bild 2. Die Schaltung des Zf-Verstärkerbausteines



Zeilen-Endstufe im Imperial 1812 (Chico) mit Hochspannungs-Stabgleichrichter TV 11