Quarzgesteuerte Transistor-Oszillatoren

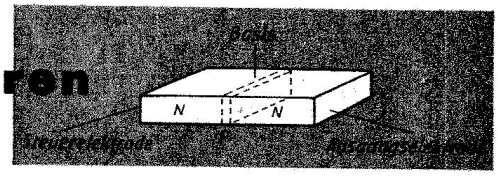

Abb. 1. Aufbau des N-P-N-Transistors

Zahlreiche Entwicklungslaboratorien sind z. Z. damit beschäftigt, neue Schaltungen für Transistoren auszuarbeiten. Recht vielseitige Anwendungsmöglichkeiten gestattet der N-P-N-Transistor. Dieser besteht aus einem einheitlichen Germaniumkristall, dessen beide Enden als N-Gruppen formiert sind und eine dünne P-Schicht zwischen sich enthalten. Die Zwischenschicht ist die Basis, während die beiden Enden die Steuer- und Ausgangselektrode darstellen (Abb. 1). Gegenüber anderen Transistorausführungen, die

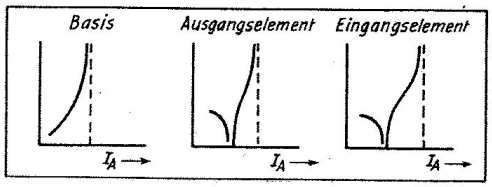

Abb. 2. Impedanzwerte der Transistor-Elemente in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom

nur schwache Strombelastungen von einigen zehn Milliwatt vertragen, gibt der N-P-N-Transistor Ausgangsleistungen um 2 Watt ab. Zu den weiteren Vorzügen gehören mechanische Einfachheit und Robustheit, fast unbegrenzte Lebensdauer, ein wegen des Fehlens der Heizleistung viel höherer Gesamtwirkungsgrad und niedrige Speisespannungen.

Die Anwendungsmöglichkeiten des N-P-N-Transistors sind bereits durch die Röhrentechnik vorgezeichnet, doch müssen Schaltungen und Schaltelemente genau an die Transistor-Technik angepaßt werden. Wertvolle Unterlagen für den Übergang von Röhrenschaltungen zu Transistor-Anordnungen liefert das „Dualitätsprinzip" (Principle of Duality). Demnach müssen beim Übergang von Röhren auf Transistoren Spannungen durch Ströme, Widerstände durch Leitwerte, Induktivitäten durch Kapazitäten usw. ersetzt werden. Im übrigen entspricht der Transistor einer besonderen Form von Vakuumröhren, den aperiodisch arbeitenden Bremsfeldröhren, die gleichfalls reine Stromverteilungssteuerung benutzen und deren Verstärkerwirkung auch auf niedrigen Eingangs- und hohen Ausgangswiderständen beruhen.

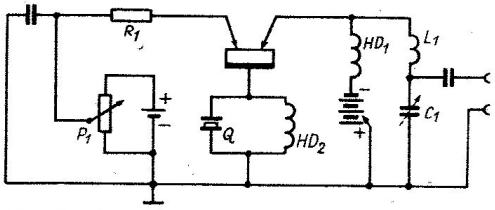

Abb. 3. Transistor-Oszillatorschaltung mit ausgangsseitigem Abstimmkreis und Steuerquarz

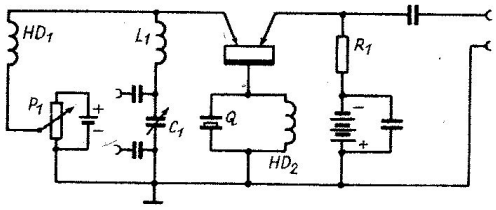

Abb. 4. Transistor-Oszillatorschaltung mit eingangsseitigem Serienresonanzkreis und Steuerquarz in der Basisleitung

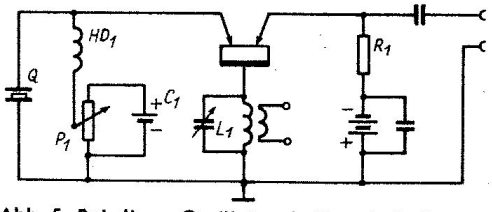

Abb. 5. Bei dieser Oszillatorschaltung befindet sich der Abstimmkreis in der Basisleitung und der Quarzkristall im Eingangselektrodenkreis

Von der RCA sind nunmehr verschiedene Transistor-Oszillatoren mit Quarzsteuerung entwickelt worden, die hohe sinusförmige Ausgangsspannungen abzugeben vermögen und sich durch ausgezeichnete Frequenzstabilität bewähren konnten. Die neuen Transistor-Schaltungen zeigen verschiedene Varianten. Der Kristall Q wird entweder im Steuer- oder Basiskreis oder im Ausgangszweig angeordnet. In einem dieser Kreise ist ferner der Abstimmkreis unterzubringen. Die im Basis-Kreis auftretende Impedanz soll einen hohen Wert aufweisen, damit eine zur Aufrechterhaltung des Schwingungsvorganges erforderliche Rückkopplung entstehen kann. Ferner kommt es darauf an, die hohe Impedanz des Quarzkristalls Q an den Transistor anzupassen. Die Anpassung nimmt man durch ein Potentiometer vor. Aus Abb. 2 geht hervor, wie sich die Impedanz des Transistor-Elements mit dem Ausgangselektrodenstrom I_A ändert. Für jedes Element gibt es einen kritischen Strom, der dem maximalen Impedanzwert entspricht. Befindet sich z. B. der Quarzkristall Q im Ausgangskreis des Transistors, so muß die Impedanz dieses Transistor-Elementes so erhöht werden, daß der Kristall angepaßt wird. In Abb. 2 ist der Ausgangsstrom für einen Arbeitspunkt in der Nähe der gestrichelten Linie eingestellt. Dieser Strom läßt sich in den neuen Oszillatorschaltungen durch Ändern der Eingangselektrodenspannung steuern.

In den Abb. 3 und 4 befindet sich der Quarzkristall in der Basis-Elektrodenleitung, die gleichstrommäßig über die HF-Drossel HD_2 mit Masse Verbindung hat. Der Serienkreis L_1, C_1 ist auf die Quarzfrequenz abgestimmt und liegt entweder im Ausgangselektrodenzweig (Abb. 3) oder im Eingangselektrodenkreis (Abb. 4). Der Widerstand R_1 hat die Aufgabe, einen Kurzschluß des Transistors zu verhindern, der etwa durch einen schadhaften Ableitungskondensator entstehen könnte. In beiden Schaltungen wird der Ausgangsstrom I_A mit Hilfe des Potentiometers P_1 eingeregelt. Am vorteilhaftesten ist jener Wert, bei dem sich ein maximaler und stabiler Strom ergibt. Durch übliche Schaltungselemente (z. B. HF-Drossel, Überbrückungskondensator) wird die Hochfrequenz von den Batterien ferngehalten. An den Ausgangsklemmen steht eine sinusförmige Spannung zur Verfügung.

Die Abb. 5 und 6 zeigen den Quarzkristall im Eingangskreis. In Abb. 5 ist der Abstimmkreis L_1, C_1 im Basiszweig angeordnet und als Parallel-Resonanzkreis ausgeführt. Dieser Kreis wird auf die Quarzfrequenz abgestimmt und hat die erforderlich hohe Impedanz. In Abb. 6 befindet sich der Abstimmkreis als Serienresonanzkreis im Ausgangselektrodenzweig. Im Vergleich zu Abb. 5 hat die Vorspannung im Eingangskreis umgekehrte Polung. Diese Maßnahme ist notwendig wegen der Höhe der Vorspannung, die sich über den Basis-Widerstand R_1 ausbildet. Diese Spannung macht die Eingangselektrode positiv gegen Masse. Die negative Batteriespannung überwindet einen Teil dieses Spannungswertes und läßt im Eingangskreis ein kleines positives Potential bestehen.

In den Schaltungen Abb. 7 und 8 finden wir den Quarzkristall im Ausgangskreis, während der Abstimmkreis in der Basisleitung angeordnet ist (L_1, C_1). Auch in diesen Schaltungen kann die Vorspannung der Eingangselektrode genau eingestellt werden.

Die in den Schaltungen 3 bis 8 verwendeten Vorspannungen betragen für die Eingangselektroden 1,5 Volt und für die Ausgangselektroden 22,5 Volt. Die Eingangselektrodenspannung für Schaltung

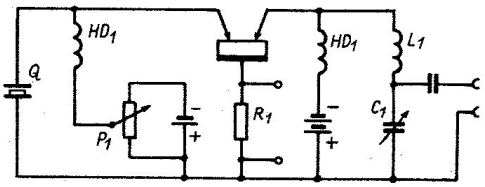

Abb. 6. Transistor-Oszillatorschaltung mit ausgangsseitigem Serienresonanzkreis und Steuerquarz im Eingangskreis

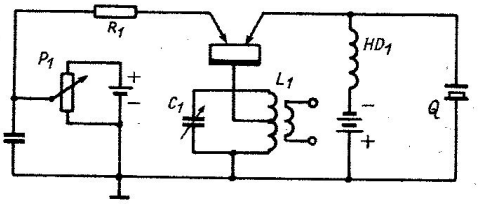

Abb. 7. Diese Transistor-Oszillatorschaltung verwendet einen Parallelschwingkreis in der Basisleitung und einen ausgangsseitigen Quarzkristall

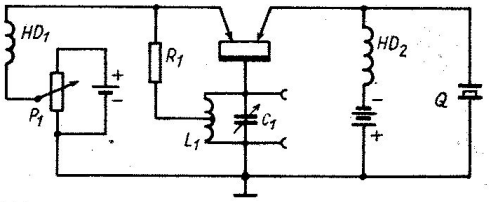

Abb. 8. Abart der in Abb. 7 gezeigten Schaltung

Abb. 6 muß jedoch höher sein als in den anderen Schaltungen, da der Widerstand auf der Basisseite zu überwinden ist.

Die neuen RCA-Oszillator-Schaltungen zeigen ein interessantes Anwendungsgebiet der Transistor-Technik, das für die Empfangs-, Sende- und Meßtechnik von Bedeutung ist. *d.*

Schrifttumshinweise

Prof. Dr.-Ing. H. Hollmann, „Der Transistor", Elektro-Technik, Nr. 16/17 [1952], S. 58.

N. Rhita, „Transistor oszillators with crystal control", Radio-Electronics [1952], April-Heft, S. 56.

R. L. Wallace and G. Raisbeck, „Duality as a guide in transistor circuit design", Bell System Techn. Journal, *30*, [1951], S. 381.