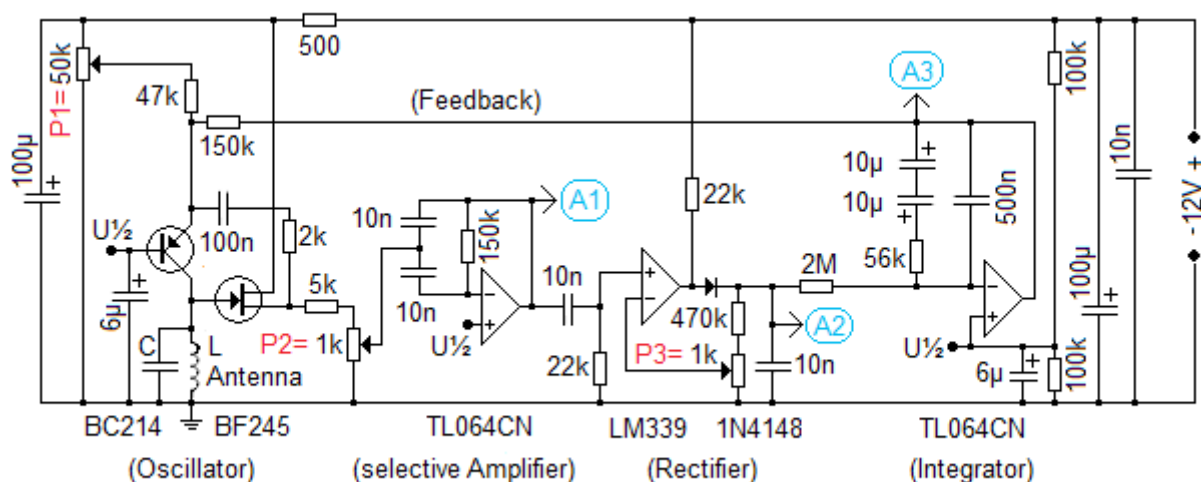


Ein stabilisierter Oszillator geringer Amplitude

Herbert Weidner, Am Stutz 3, 63864 Glattbach, Email: herbertweidner@gmx.de

Zusammenfassung: Ein üblicher Oszillator reagiert kaum auf externe elektromagnetische Felder. Wenn die Amplitude so gering ist, dass sie gerade noch den Rauschpegel überschreitet, reagiert das System empfindlich auf Störungen aus der Umgebung. Dadurch eignen sich „schwache Oszillatoren“ als Antennen für Signale ähnlicher Frequenz.

Einführung: Oszillatoren sind elektronische Schaltungen, um Wechselspannung zu erzeugen. Schaltungsdetails entscheiden über Eigenschaften wie Kurvenform oder Frequenzstabilität. Die nachfolgend beschriebene Schaltung hat die Aufgabe, eine Sinusspannung besonders geringer Amplitude im Niederfrequenzbereich erzeugen. Da der nichtlineare Bereich der aktiven Bauelemente nicht erreicht wird, muss die Amplitudenbegrenzung durch einen PI-Regler erfolgen. Wenn das Eigenrauschen der Bauteile etwa genauso stark ist wie die erzeugte Wechselspannung, reagiert diese auf geringste Störungen ähnlicher Frequenz und kann als empfindliche Antenne für schwache magnetische Wechselfelder dienen.



Beschreibung der Schaltung: Die Oszillatorschaltung mit BC214 und BF245 ist so entworfen, dass die Gütezahl des Schwingkreises L/C nur unwesentlich beeinträchtigt wird. Der Emitterstrom des BC214 ($I \approx 50 \mu\text{A}$) bestimmt die Schleifenverstärkung. Die Ausgangsspannung des Integrators ändert diesen Strom (bei geschlossenem Regelkreis) so, dass die Schleifenverstärkung der Oszillators mit steigender Amplitude abnimmt.

Es ist beabsichtigt, dass die Amplitude der erzeugten Wechselspannung extrem gering ist, deshalb verschwindet das Signal fast im Rauschen. Da aber nur die Amplitude des Signals – und nicht des Rauschens – gemessen und geregelt werden soll, muss man das Signal vor der Gleichrichtung schmalbandig verstärken. Die Werte der beiden Kondensatoren dieser Stufe sind an die gewünschte Frequenz des Oszillators anzupassen, die Resonanzfrequenz stellt man mit P2 ein. Wenn man eine höhere Oszillatorspannung und schlechtere Amplitudenregelung akzeptiert, kann man auf diese Stufe verzichten.

Die Amplitude des schwachen Oszillatorsignals kann man nicht mit einem üblichen Gleichrichter messen, weil die Schwellenspannung von mindestens 200 mV nicht erreicht wird. Stattdessen verwendet man einen Präzisionsgleichrichter, dessen Herzstück ein Komparator ist. Dieser vergleicht einen Bruchteil der gespeicherten Spitzenspannung (wählbar mit P3) mit der Signalspannung. Falls die bisher gemessene Spitzenspannung zu klein ist, wird ein Kondensator sofort über den 22 k Ω -Widerstand nachgeladen. An diesem Kondensator kann man ständig die aktuelle (und kräftig verstärkte) Spitzenspannung des Signals messen (Ausgang A2).

Die Abweichung der Spitzenspannung vom Sollwert $U_{1/2}$ wird mit hoher Zeitkonstante integriert, um ein ruhiges Regelsignal für den Oszillator zu erhalten (Feedback, A3). Der Grund für die eigenartige Polung der beiden Aluminium-Elkos des Integrators ist: Die Eingangsspannung des OP ist immer +6 Volt, während die Ausgangsspannung jeden Wert zwischen 0 V und +12 V annehmen kann. Diese Schaltung verhindert eine Beschädigung der Elkos. Selbstverständlich kann man diese Kombination durch einen einzigen Kondensator ersetzen, der eine Umkehrung der Polarität aushält.

Alle in der Schaltung angegebenen Werte sind für $f \approx 2000$ Hz dimensioniert.

Inbetriebnahme: Die Wahl von L und C definiert die erzeugte Frequenz. Der Ohmsche Widerstand der Spule L soll möglichst gering sein, ein Wert bis 200Ω ist akzeptabel. Bei extrem tiefer Frequenz können sehr viele Windungen erforderlich sein, wodurch der Drahtwiderstand ansteigt. Um dann parasitäre Schwingungen zu unterbinden, kann man die Werte der beiden Bauteile im Rückkopplungsweig (100 nF und $2 \text{ k}\Omega$) deutlich vergrößern oder die Grenzfrequenz des BC214 durch einen kleinen Kondensator zwischen Basis und Kollektor reduzieren.

Zunächst unterbricht man die Amplitudenregelung (Feedback) und stellt das Potentiometer P1 so ein, dass schwache Oszillationen entstehen. Nach der Prüfung der Frequenz stellt man P2 so ein, dass die Ausgangsspannung des selektiven Verstärkers (A1) maximal wird. Der Verstärker darf nicht übersteuert werden und die mittlere Spannung an A2 soll $6 \text{ V} \pm 3 \text{ V}$ betragen. Die Spannung an P1 ist entsprechend zu korrigieren. P3 in Mittelposition.

Nun kann man die Verbindung zwischen Integrator und Oszillator (Feedback) wieder herstellen. Es dauert einige Sekunden, bis sich die Kondensatoren der Integrators auf die korrekte Spannung umgeladen haben, dann ist die Schaltung betriebsbereit und der Feinabgleich kann erfolgen:

- a) P1 variieren, bis die mittlere Spannung an A3 $6 \text{ V} \pm 2 \text{ V}$ beträgt. Temperaturänderungen vergrößern die Abweichung. Also Reserve lassen, damit der Integrator nicht übersteuert wird.
- b) Der Wechselspannungsanteil an A3 *muss* kleiner als 20 mV sein und darf keine Regelmäßigkeit oder „Pumpen“ zeigen. Notfalls ersetzt man die Kondensatoren und Widerstände des Integrators durch Bauteile mit anderen Werten, bis die Regelschwingungen verschwinden. Das geht schneller und ist einfacher als die Berechnung des Regelkreises.
- c) P3 in Richtung 0 V drehen, um die Amplitude der erzeugten Oszillation verringern. Dabei die Wechselspannung an A1 beobachten: Wenn das Signal im Rauschen verschwindet, kann die Regelung nicht mehr korrekt arbeiten. In den Testaufbauten gelang problemlos und reproduzierbar die Erzeugung von Schwingungen mit nur 0,2 mV Amplitude. Geringere Werte erfordern eine Kühlung der Bauelemente.
- d) Eine Überwachung der mittleren Spannung an A2 erübrigt sich, denn dort misst man immer $U_{1/2} \pm 2 \text{ mV}$. Instruktiver ist es, diese Spannung aufzuzeichnen, das Spektrum zu analysieren und zu erforschen, was die unerwarteten Seitenbänder verursacht.

Herbert Weidner (31. August 2020)