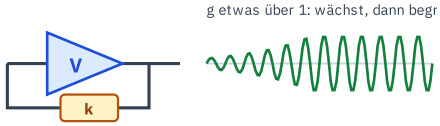
Oszillatoren

amateurfunk-oe.at
OE · ÖSTERREICH

Schwingbedingung · LC und Quarz · VCO · XO, TCXO, OCXO · GPSDO · ppm-Rechnung · Chirp · Dreipunkt-Oszillator, Puffer, Messpunkte

Schwingbedingung



Oszillator = **Verstärker mit Rückkopplung**. Ungedämpft, wenn das Signal **gleichphasig** (0°/360°, Mitkopplung) und **mindestens gleich groß** zurückkommt: $g = V \cdot k \geq 1$, zum Anschwingen > 1. Gegenphasig = Gegenkopplung, $g < 1$ = klingt ab, $g \gg 1$ = verzerrt.

LC-Oszillator und Quarz

LC: Schwingkreis aus Spule und Kondensator bestimmt $f = 1 / (2\pi \cdot \sqrt{(L \cdot C)})$. Beispiel 10 µH, 100 pF: 5,033 MHz.

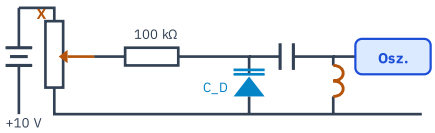
Temperatur ↑, dann …	Frequenz
C wird größer	**niedriger**
L wird größer	**niedriger**
C wird kleiner	**höher**
L wird kleiner	**höher**

Bauteil 60 ppm/K → Frequenz 30 ppm/K (Wurzel). 30 K wärmer bei 5,033 MHz: C größer → −4,5 kHz. Temperatur wirkt **träge: Frequenz ändert sich langsam**, sie wandert.

Quarzoszillator: Frequenz durch Schwingquarz bestimmt (piezoelektrisch, Güte 10^4 bis über 10^5). Vorteil: **viel bessere Frequenzstabilität**. Nicht: breitere Resonanz, größerer Abstimmbereich, oberwellenfrei.

Abschirmen: Oszillator und Puffer in ein geerdetes **Metallgehäuse**, gegen unerwünschte Abstrahlung.

VCO: spannungsgesteuerter Oszillator



Kapazitätsdiode in **Sperrrichtung** im Schwingkreis. Poti Richtung X: **U ↑ → Sperrschicht breiter → C ↓ → f ↑**. Beispiel 2-m-VCO (64 nH, 12 pF, Varicap über 12 pF): 1 V → 140,1 MHz, 3,0 V → 144 MHz, 4,6 V → 146 MHz, 10 V → 150,3 MHz. Abstimmspannung aus Poti oder PLL. **Unerwünschte HF-Rückkopplung** auf VCO/VFO → **Frequenzinstabilität**. VFO = variabel (Drehko), VXO = ziehbarer Quarz.

XO, TCXO, OCXO, GPSDO

Typ	Prinzip	typisch
LC-VFO	Spule + C	30 ppm/K
XO	Quarz, einfach	0,4 ppm/K
TCXO	Quarz, kompensiert	±0,5 ppm
OCXO	Quarz im beheizten Ofen	±0,01 ppm
GPSDO	OCXO an GPS (1PPS)	<0,001 ppm

Größte Stabilität: OCXO (von XO, TCXO, OCXO, VCO). **ppm × MHz = Hz.** ±0,5 ppm: 10 MHz → ±5 Hz, 145 MHz → ±73 Hz, 10 489,75 MHz → **±5 245 Hz**, mehr als ein SSB-Filter (2,7 kHz). Vervielfachung: 25 MHz × 390 = 9 750 MHz, 1 ppm = 25 Hz → 9 750 Hz. **SSB-SDR für 3 cm: mindestens TCXO.** VFO **thermisch isoliert** von Wärmequellen einbauen (kein Ventilator, kein PA-Kühlkörper).

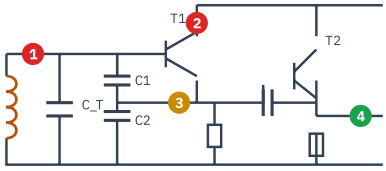
GPSDO, Versorgung, Chirp

GPS/Galileo-Atomuhren → Empfänger → 1PPS → Phasenvergleich mit OCXO ÷ 10^7 → langsame Regelung (PLL). OCXO: kurzzeitig ruhig, langfristig Drift. 1PPS: kurzzeitig verrauscht, langfristig exakt. GPSDO: **hohe Kurz- und Langzeitstabilität durch externes Referenzsignal**.

VFO-Frequenz hängt an der Betriebsspannung. VFO mit **stabilisierter Gleichspannung** (Festspannungsregler) versorgen, **gefiltert und von der PA-Versorgung entkoppelt**, Masse gemeinsam. Nicht: Wechselspannung, ungesiebt vom Gleichrichter, stromstabilisiert, Hochpass, Gehäusematerial.

Chirp: Betriebsspannung des Oszillators bricht beim Tasten ein → Ton beginnt zu hoch/tief und gleitet. Beispiel 0,3 V · 100 ppm/V · 7,03 MHz ≈ 211 Hz. Steile Flanken = Tastklicks (anderer Fehler).

Dreipunkt-Oszillator und Messpunkte



Kapazitiv rückgekoppelter Dreipunkt (Colpitts): Kreis an der Basis, **C1/C2 = kapazitiver Spannungsteiler zur Rückkopplung**, Abgriff am Emitter, Kollektor über C an Masse = **Kollektorschaltung**. Mit Quarz statt Kreis und ohne selektiven Kreis: **Grundfrequenz**. Ausgang an eine **Pufferstufe**. **1** Kreis/Basis hochohmig (15 pF: −224 kHz), **2** Kollektor: keine HF, **3** Emitter = **niederohmigster Punkt, dort auskoppeln** (−7,5 kHz), **4** hinter dem Puffer: **hier messen**. Tastkopf am Oszillator → Frequenz verändert sich.

Quellen: Grundlagen der HF-Schaltungstechnik (Barkhausen-Kriterium, Thomsonsche Formel, Kapazitätsdiode, Quarz); Stabilitätswerte typische Größenordnungen, Rechnungen selbst nachgerechnet; Idee nach 50ohm.de (Oszillatoren, VCO, TCXO/OCXO, GPSDO, Spannungsstabilität, Oszillatorschaltungen). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/oszillatoren/

Stand November 2026

ÜBUNGSBOGEN

Quiz: Oszillatoren

Name: _____

Kreuzen Sie jeweils die richtige Antwort an. Die Lösungen stehen unten auf der Seite.

Ergebnis: ____ / 12

1. Bedingung für eine ungedämpfte Schwingung?

- ☐ **A** gleichphasig zurück, Schleifenverstärkung ≥ 1
- ☐ **B** gleichphasig zurück, Schleifenverstärkung < 1
- ☐ **C** gegenphasig zurück, Schleifenverstärkung ≥ 1
- ☐ **D** gegenphasig zurück, Schleifenverstärkung < 1

2. LC-Oszillator wird warm, C wird größer. Folge?

- ☐ **A** Die Frequenz wird niedriger.
- ☐ **B** Die Frequenz bleibt stabil.
- ☐ **C** Die Frequenz wird höher.
- ☐ **D** Die Schwingungen reißen ab.

3. Was bewirken Temperaturschwankungen am VFO?

- ☐ **A** Die Frequenz springt schnell hin und her.
- ☐ **B** Der Oszillator setzt kurz aus.
- ☐ **C** Die Amplitude schwankt im Takt.
- ☐ **D** Die Frequenz ändert sich langsam.

4. Vorteil des Quarz- gegenüber dem LC-Oszillator?

- ☐ **A** eine deutlich breitere Resonanzkurve
- ☐ **B** eine deutlich bessere Frequenzstabilität
- ☐ **C** ein Signal ganz ohne Oberschwingungen
- ☐ **D** ein deutlich größerer Abstimmbereich

5. VCO: Sperrspannung der Kapazitätsdiode steigt?

- ☐ **A** Die Kapazität steigt, die Frequenz sinkt.
- ☐ **B** Die Kapazität sinkt, die Frequenz steigt.
- ☐ **C** Die Kapazität steigt, die Frequenz steigt.
- ☐ **D** Die Kapazität sinkt, die Frequenz sinkt.

6. Was ist ein TCXO?

- ☐ **A** ein mit Kapazitätsdiode abgestimmter Quarz
- ☐ **B** ein temperaturkompensierter Quarzoszillator
- ☐ **C** ein auf konstanter Temperatur gehaltener Quarz
- ☐ **D** ein temperaturkompensierter LC-Oszillator

7. Welcher Oszillator ist am frequenzstabilsten?

- ☐ **A** XO
- ☐ **B** TCXO
- ☐ **C** VCO
- ☐ **D** OCXO

8. ±0,5 ppm bei 10 489,75 MHz (QO-100) sind …

- ☐ **A** etwa ±5,2 kHz
- ☐ **B** etwa ±5,2 Hz
- ☐ **C** etwa ±52 kHz
- ☐ **D** etwa ±0,5 kHz

9. Was zeichnet einen GPSDO aus?

- ☐ **A** hohe Kurz- und Langzeitstabilität, Referenz extern
- ☐ **B** schlechte Kurz-, aber gute Langzeitstabilität
- ☐ **C** hohe Kurz- und Langzeitstabilität, Referenz intern
- ☐ **D** gute Kurz-, aber schlechte Langzeitstabilität

10. Was verursacht „Chirp“ bei einem CW-Sender?

- ☐ **A** zu steile Flanken des Tastsignals
- ☐ **B** eine zu schnelle Tastung der Pufferstufe
- ☐ **C** Amplitudenänderungen in der Treiberstufe
- ☐ **D** Spannungsänderungen am Oszillator beim Tasten

11. Wie versorgen Sie einen VFO frequenzstabil?

- ☐ **A** stabilisierte Wechselspannung über einen Hochpass
- ☐ **B** stromstabilisierte Gleichspannung vom Gleichrichter
- ☐ **C** direkt aus der Versorgung der PA, ohne Regler
- ☐ **D** stabilisierte Gleichspannung, entkoppelt von der PA

12. Quarzoszillator mit Puffer: Wo messen Sie?

- ☐ **A** am Ausgang hinter der Pufferstufe
- ☐ **B** an der Basis des Oszillatortransistors
- ☐ **C** direkt an einem Anschluss des Quarzes
- ☐ **D** am Emitter des Oszillatortransistors

LÖSUNGEN

1 **A** · Mitkopplung (0°/360°) und V · k ≥ 1, zum Anschwingen etwas mehr.

2 **A** · f = 1 / (2π · √(L · C)): L oder C größer → f sinkt.

3 **D** · Bauteile erwärmen sich träge: Die Frequenz wandert langsam.

4 **B** · Sehr hohe Güte, schmale Resonanz, kaum temperaturabhängig.

5 **B** · U↑ → Sperrschicht breiter → C↓ → f↑ (Poti Richtung X).

6 **B** · Temperature Compensated Crystal Oscillator; beheizt = OCXO.

7 **D** · Quarz im geregelt beheizten, isolierten Gehäuse.

8 **A** · ppm × MHz = Hz: 0,5 · 10 489,75 ≈ 5 245 Hz.

9 **A** · Lokaler OCXO für kurz, GPS-Impulse von außen für lang.

10 **D** · Oszillatorspannung bricht beim Tasten ein; Flanken = Klicks.

11 **D** · Stabilisiert, gefiltert, von der PA entkoppelt, Masse gemeinsam.

12 **A** · Der Tastkopf hat einige pF und verstimmt den Oszillator.

Quellen: Grundlagen der HF-Schaltungstechnik (Barkhausen-Kriterium, Thomsonsche Formel, Kapazitätsdiode, Quarz); Stabilitätswerte typische Größenordnungen, Rechnungen selbst nachgerechnet; Idee nach 50ohm.de (Oszillatoren, VCO, TCXO/OCXO, GPSDO, Spannungsstabilität, Oszillatorschaltungen). Angaben ohne Gewähr.
Online mit Übungen: amateurfunk-oe.at/lernmaterial/oszillatoren/

Stand November 2026