

# ELV-Präzisions-Quarz-Oszillator (OCXO)

**1000fache Genauigkeitssteigerung im Vergleich zu einem herkömmlichen Quarz-Oszillator wird mit diesem Temperatur-stabilisierten Präzisions-Oszillator erreicht.**

## Allgemeines

Gestiegene Genauigkeitsanforderungen in der Meßtechnik, insbesondere bei Frequenzzählern, aber auch in zunehmendem Maße bei Signalgeneratoren, erfordern hochgenaue und konstante Referenzsignale. In der Regel werden diese über Quarz-Oszillatoren erzeugt. Reichen die Absolutgenauigkeit und die Konstanz eines solchen einfachen Quarz-Oszillators nicht mehr aus, so gibt es im wesentlichen zwei

Möglichkeiten, diese zu verbessern. Der Temperatur-Frequenzverlauf eines Quarzes entspricht einer Funktion dritten Grades, dessen Wendepunkt bei ca. 27°C liegt und dessen Umkehrpunkte bei ca. -10°C bzw. bei +52°C liegen.

Möglichkeit Nr. 1 besteht darin, eine geeignete Komplementärfunktion zu finden, diese durch entsprechende Bauelemente zu realisieren, um dann durch Überlagerung beider Funktionen einen kompensierten, geradlinigen Temperaturverlauf zu erzeugen. Solche fertigen Oszillatoren werden unter der Bezeichnung TCXO (Temperaturkompensierter-Quarz-Oszillator) angeboten.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Quarz-Oszillatorschaltung auf einer konstanten Temperatur zu halten. Hierbei bietet sich der zweite Umkehrpunkt bei ca. +52°C an.

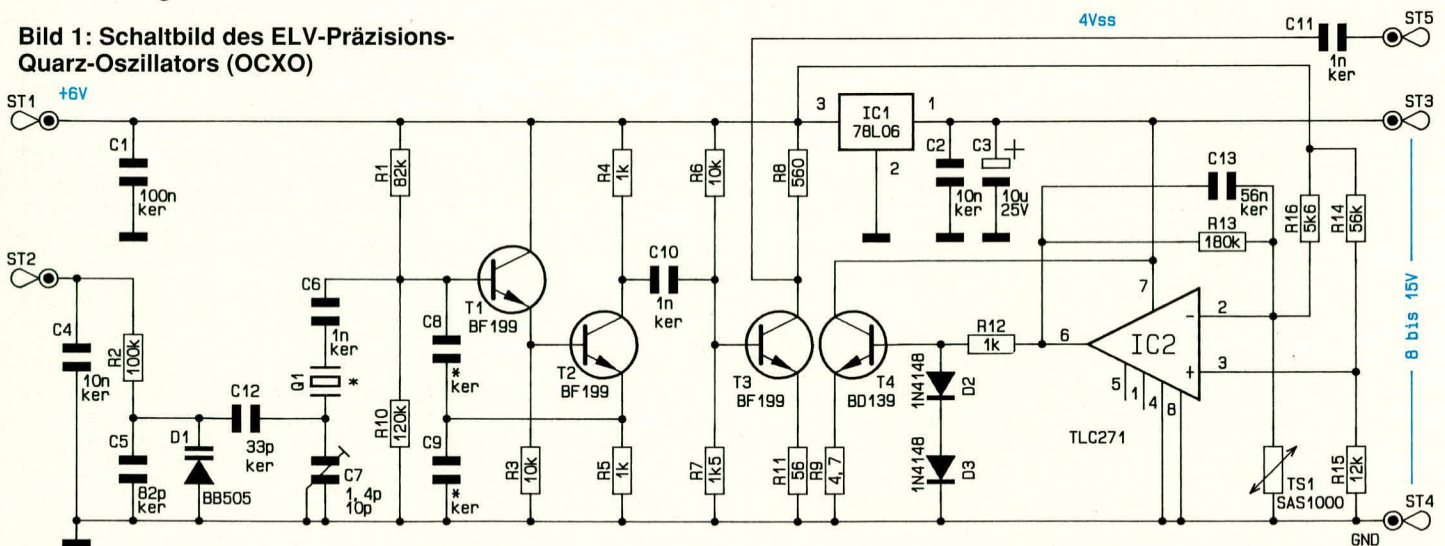
Schaltungen, die nach diesem Prinzip

Tabelle 1:

### Technische Daten ELV-Quarz-Präzisions-Oszillator

|  |   |
|--|---|
| Frequenzbereich:   | 2-25 MHz je nach verwendetem Quarz  |
| Betriebsspannungsbereich:  | 8-15 V DC   |
| Quarz:   | Grundwellen, AT-Quarz   |
| Quarzhalter:   | HC - 49/U   |
| Frequenzeinstellbereiche:  | mechanisch über C-Trimmer $\pm 4 \cdot 10^{-5} \frac{\Delta f}{f}$<br>elektronisch über externes Potentiometer $\pm 3 \cdot 10^{-6} \frac{\Delta f}{f}$ |
| Ausgangssignal:  | ca. 4 V <sub>ss</sub>   |
| Arbeitstemperatur-Bereich:   | + 10 bis 40°C *   |
| max. Anheizstrom:  | 170 mA  |
| Arbeitsstrom:  | 50 mA bei U <sub>b</sub> = 12 V *   |
| Abmessungen:   | H x B x T (30 x 53 x 44)  |
| Frequenzabweichung durch Temp.:                                      | $2 \cdot 10^{-8} \frac{\Delta f}{f/°C}$ *   |
| durch Versorgungsspannungsänderung                                   | um $\pm 10\%$ bei 12 V:<br>kleiner als $2 \cdot 10^{-8} \frac{\Delta f}{f}$   |
| durch Belastungsänderung:  | 1MΩ/1kΩ : kleiner als $1 \cdot 10^{-7} \frac{\Delta f}{f}$  |
| Frequenzeinlauf nach Einschalten bei 22°C und U <sub>b</sub> = 12 V: |   |
| Abweichung $\frac{\Delta f}{f}$ von Sollfrequenz nach 10 Minuten     | kleiner $2 \cdot 10^{-7}$   |

Bild 1: Schaltbild des ELV-Präzisions-Quarz-Oszillators (OCXO)





arbeiten, werden auch mit OCXO (Thermostatisierter Quarz-Oszillator) bezeichnet, und mit ihnen wird in der Regel auch die höhere Genauigkeit erzielt, wie die von ELV entwickelte Schaltung eindrucksvoll dokumentiert.

In Tabelle 1 sind die erlesenen technischen Daten des ELV-OCXOs zusammengefaßt.

Die gesamte Schaltung ist auf einer ca. 41 x 30 mm großen, doppelseitig kupferkaschierten Platine aufgebaut und findet in einem ca. 53 x 44 x 27 mm großen Kunststoffgehäuse Platz. Die HF-Abschirmung wird durch eine eingelegte Alufolie in Verbindung mit dem Gehäuseunterdeckel erreicht. Zur besseren Wärmedämmung ist das Kunststoffgehäuse innen mit ca. 5 mm starkem Styropor ausgekleidet. Die mit einem \* gekennzeichneten technischen Daten lassen sich durch eine bessere Wärmeisolation (ca. 1-2 cm Styropor) noch weiter verbessern, wobei die Verwendung des Kunststoffgehäuses mit der angegebenen Isolation einen vernünftigen Kompromiß zwischen Gehäusegröße und anspruchsvollen technischen Daten darstellt.

## Zur Schaltung

Bild 1 zeigt das komplette Schaltbild der Oszillatorschaltung. Den eigentlichen Oszillator des OCXOs bilden die beiden Transistoren T 1 und T 2 mit entsprechender Zusatzbeschaltung. Hierbei handelt es sich um einen zweistufigen Colpitts-Oszillator. Die Schaltung ist für Grundton-AT-Quarze ausgelegt und besitzt keine zusätzlichen Selektionsmittel, daher wird diese Schaltung auch als aperiodischer Oszillator bezeichnet.

Der Arbeitspunkt der beiden Transistoren T 1 und T 2 wird durch den Widerstandsteiler R 1/R 10 festgelegt. Die Kondensatoren C 8 und C 9 bilden den für diesen Schaltungstyp erforderlichen kapazitiven Dreipunkt. Je nach Frequenzbereich, in dem der Oszillator betrieben wird, müssen diese beiden Kondensatoren dimensioniert werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2:

| Frequenz | 2-6 MHz | 6-15 MHz | 15-25 MHz |
|----------|---------|----------|-----------|
| C 8      | 680pF   | 560pF    | 220pF     |
| C 9      | 560pF   | 220pF    | 100pF     |

Das frequenzbestimmende Bauelement, der Quarz Q 1, ist über C 6 mit der Basis des ersten Oszillatortransistors T 1 verbunden. Für den mechanischen Grobgleich des Oszillators auf Sollfrequenz ist der C-Trimmer C 7 vorgesehen.

Eine zweite, elektrische Abgleichmöglichkeit wird durch die Kapazitätsdiode D 1 realisiert. Die Abstimmspannung für D 1 wird über ein extern anzuschaltendes

Spindelpotentiometer (siehe Bild 2) vorgegeben. Vom Platinenanschlußpunkt ST 2 gelangt die Abstimmspannung über den Widerstand R 2 auf die Katode von D 1.

Eventuell vorhandene hochfrequente Störsignale auf der Abstimmspannung werden durch C 4 abgeblockt. Über das Kapazitätsverhältnis des Ankoppelkondensators C 12 zu dem Kondensator C 5 wird der elektrische Frequenzeinstellbereich vorgegeben.

Am Kollektor des Transistors T 2 wird das Oszillatorsignal über den Kondensator C 10 ausgekoppelt und gelangt auf die Basis der mit T 3 sowie R 6-R 8 und R 11 aufgebauten Ausgangsverstärkerstufe. Mit Hilfe dieser Stufe wird der relativ kleine Signalpegel des Oszillators auf ca. 4 V<sub>ss</sub> verstärkt, bevor er über C 11 auf den Signalausgangspin ST 5 des OCXO-Moduls gelangt. Zusätzlich wird über diese Stufe die erforderliche Rückwirkungsfreiheit des Oszillatorsignals auf die angeschlossene Last erreicht.

Die hohen Genauigkeitsanforderungen bezüglich der Ausgangsfrequenz sind nur durch eine präzise Temperaturregelung zu erreichen, d. h. alle frequenzbeeinflussenden Bauelemente müssen auf einer konstanten Temperatur gehalten werden. Ein Zweipunktregler scheidet wegen der systembedingten Temperatur-Restwelligkeit aus, außerdem wäre eine präzise Justierung auf beispielsweise 1/5°C praktisch unmöglich. Aus diesen Gründen wurde ein P-Regler, aufgebaut mit dem Operationsverstärker IC 2, verwendet.

Die Verstärkung des Reglers wird durch den Widerstand R 13 in Verbindung mit dem Meßbrückenweig R 16 sowie dem Temperatursensor TS 1 vorgegeben. Den zweiten Brückenweig bilden die Widerstände R 14 und R 15, deren gemeinsamer Anschlußpunkt mit dem nicht-invertierenden OP-Eingang Pin 3 verbunden ist. Der invertierende Eingang dieses OPs liegt am Mittelpunkt des zuvor genannten Brückenweiges. C 13 dient zur hochfrequenten Schwingneigungsunterdrückung des P-Reglers.

Der BD-Leistungstransistor T 4 wird als Temperaturstellglied verwendet. Zur besseren Wärmeverteilung wird zum einen am Leistungstransistor ein „Kühlwinkel“ mittels einer M 3 x 6 mm Schraube und Mutter befestigt, zum anderen wird dieses über die extrem kurzen Anschlußdrähte des Transistors und die Platine selbst gewährleistet. Der maximale Heizstrom und damit in Grenzen auch die Heizleistung wird durch die beiden Dioden D 2 und D 3 an der Basis von T 4 in Verbindung mit dem Widerstand R 9 im Emitterweig auf ca. 170 mA begrenzt. Die Basis von T 4 wird direkt über R 12 vom Ausgang des P-Reglers (IC 2 Pin 6) angesteuert.

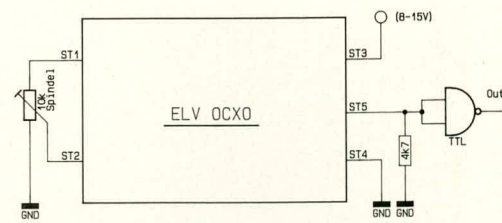


Bild 2: Ankopplung des ELV-OCXO an TTL-Gatter

Über den Platinenanschlußpunkt ST 3 wird die Versorgungsspannung (8-15 V) zugeführt. Der P-Regler sowie die eigentliche Heizung der Schaltung werden direkt mit dieser Spannung betrieben, während alle übrigen Schaltungssteile mit der durch IC 1 auf 6 V stabilisierten Spannung versorgt werden. Hierdurch wird sichergestellt, daß bei einer Änderung oder Schwankung der Betriebsspannung sich die Ausgangsfrequenz und -spannung des Oszillators nur sehr gering ändert (siehe technische Daten). Die Kondensatoren C 1-C 3 dienen zur allgemeinen Stabilisierung bzw. zur Schwingneigungsunterdrückung.

Bevor wir mit der Beschreibung des Nachbaus fortfahren, soll noch kurz auf die Ankopplung des OCXOs an Logik-Gatter eingegangen werden. In Bild 2 ist eine Möglichkeit dargestellt, die bei der Ankopplung an TTL-Gatter verwendet werden kann. Grundsätzlich gilt, daß zunächst durch geeignete Widerstände die Gattereingänge in die Nähe der Schaltschwelle gezogen werden müssen, bevor sie mit dem kapazitiv getrennten Oszillatorsignal beaufschlagt werden.

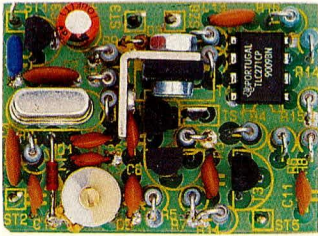
## Zum Nachbau

Wir beginnen den Nachbau mit der Bestückung der ca. 41 mm x 30 mm kleinen Leiterplatte. Alle Widerstände sowie die Dioden D 2 und D 3 werden stehend auf der Leiterplatte montiert. Wegen der relativ hohen Packungsdichte sind insbesondere die beiden Anschlußdrähte (Katode) der besagten Dioden D 2 und D 3 vorher möglichst nah am Diodenkörper umzulegen. Sämtliche Bauelemente werden so tief wie möglich in die Platine eingesetzt und verlötet. Die maximal vorkommende Bauhöhe (Oberkante der Bauelemente/Unterkante der Platine) darf 16 mm nicht überschreiten.

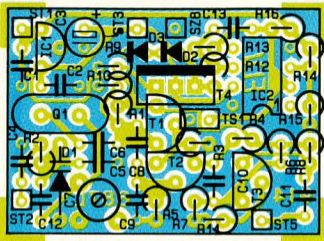
Nachdem alle Bauelemente bis auf den Temperatursensor TS 1 bestückt sind, wird der kleine „Kühlwinkel“, wie in der Schaltungsbeschreibung beschrieben, montiert (vergleiche Bild 3).

Ganz zum Schluß ist der Temperatursensor TS 1 einzulöten. Hierbei ist darauf zu achten, daß die metallische Anschlußfahne des Sensors sich nach dem Einlöten





**Bild 3:** Oben: Ansicht der fertig bestückten Leiterplatte des ELV-OCXO. Unten: Bestückungsplan der Platine des ELV-OCXO.



in Höhe der M 3 x 6 mm Befestigungsschraube befindet, diese jedoch nicht berührt. Nachdem auch die fünf Anschlußdrähte, wie in Bild 3 gezeigt, eingelötet wurden, ist der Aufbau der Platine abgeschlossen.

Im nächsten Arbeitsschritt wird das Gehäuse für den Einbau der Schaltung vorbereitet. Zunächst sind aus der mitgelieferten Alufolie je ein Stück der Größe 32 mm x 120 mm bzw. 42 mm x 110 mm auszuschneiden. Diese beiden Folien werden dann über Kreuz in das Kunststoffgehäuse, jeweils zwischen den Schraubstegen, eingelegt.

Anschließend sind aus der ebenfalls beiliegenden Styroporplatte (100 x 110 x 5 mm) die insgesamt 6 für die Auskleidung erforderlichen Einzelstücke auszuschneiden. Es werden jeweils 2 Stücke der Größe 42 mm x 27 mm, 32 mm x 27 mm und 40 mm x 32 mm benötigt. Zuerst sind jetzt die Seitenwände des Gehäuses mit den entsprechenden Styroporzuschnitten auszukleiden, ehe das Einlegen der Wärmeisolation am Gehäuseboden erfolgt.

Bevor jetzt die Schaltung endgültig in das Gehäuse eingebaut wird, sollte diese zuvor an eine entsprechende Betriebsspannung angeschlossen und auf ihre Funktion überprüft werden. Hierzu wird zunächst das Ausgangssignal am Anschlußpunkt ST 5 mit einem Oszilloskop aufgenommen. Die Amplitude des Signals sollte einen Wert von ca. 4 V<sub>SS</sub> aufweisen. Nachdem an den Anschlüssen ST 1, ST 2 sowie dem Masseanschluß ST 4 ein entsprechendes Potentiometer (evtl. auch der mitgelieferte Spindeltrimmer) angeschlossen wurde und sich dieses in Mittelstellung befindet, kann der Grobabweich auf Sollfrequenz erfolgen. Mit einem Zähler wird die Frequenz des Ausgangssignals

**Stückliste: Präzisions-Quarz-Oszillator**

**Widerstände:**

|         |       |                |
|---------|-------|----------------|
| 4,7Ω    | ..... | R 9            |
| 56Ω     | ..... | R 11           |
| 560Ω    | ..... | R 8            |
| 1kΩ     | ..... | R 4, R 5, R 12 |
| 1,5kΩ   | ..... | R 7            |
| 5,6kΩ   | ..... | R 16           |
| 10kΩ    | ..... | R 3, R 6       |
| 12kΩ    | ..... | R 15           |
| 56kΩ    | ..... | R 14           |
| 82kΩ    | ..... | R 1            |
| 100kΩ   | ..... | R 2            |
| 120kΩ   | ..... | R 10           |
| 180kΩ   | ..... | R 13           |
| SAS1000 | ..... | TS 1           |

**Kondensatoren:**

|                     |       |                 |
|---------------------|-------|-----------------|
| 33pF/ker            | ..... | C 12            |
| 82pF/ker            | ..... | C 5             |
| 560/220/100pF *     | ..... | C 9             |
| 680/560/220pF *     | ..... | C 8             |
| 1nF/ker             | ..... | C 6, C 10, C 11 |
| 10nF/ker            | ..... | C 2, C 4        |
| 56nF/ker            | ..... | C 13            |
| 100nF/ker           | ..... | C 1             |
| 10µF/25V            | ..... | C 3             |
| C-Trimmer, 1,4-10pF | ..... | C 7             |

\*Die Werte von C 8 und C 9 sind von der gewählten Quarz-Frequenz abhängig

**Halbleiter:**

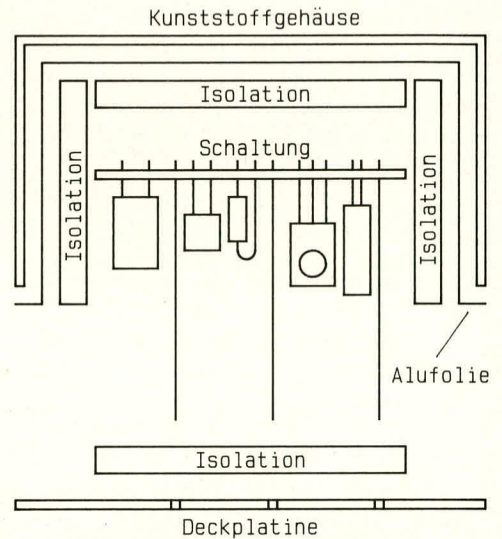
|        |       |          |
|--------|-------|----------|
| TLC271 | ..... | IC 2     |
| 78L06  | ..... | IC 1     |
| BD139  | ..... | T 4      |
| BF199  | ..... | T 1- T 3 |
| BB505  | ..... | D 1      |
| 1N4148 | ..... | D 2, D 3 |

**Sonstiges:**

- Quarz (Frequenz nach Wahl aus dem ELV-Programm) ..... Q 1
- 1 Styroporplatte 5 mm
- 1 Alufolie
- 1 Messingwinkel (einseitig mit Gewinde)
- 1 Schraube M 3 x 6 mm
- 1 Mutter M 3
- 4 Knippingschrauben 2,9 x 9,5 mm
- 1 Kunststoffgehäuse
- 18 cm Schaltdraht, blank, versilbert

gemessen und mit dem C-Trimmer C 7 auf Sollfrequenz eingestellt.

Nachdem diese Messungen/Einstellungen zufriedenstellend durchgeführt wurden, kann mit dem Gehäuseeinbau fortgefahren werden. In Bild 4 ist schematisch der Gehäuseaufbau des OCXOs dargestellt. Die fertige und vorabgeglichene Platine wird in das bereits mit Styropor ausgekleidete Gehäuse eingesetzt. Anschließend



**Bild 4:** Schematischer Gehäuseaufbau des ELV-OCXO. Die Leiterplatte wird mit den Bauteilen nach unten weisend in das Kunststoff-Abdeckgehäuse eingesetzt.

wird der noch fehlende Isolationsdeckel auf die Anschlußdrähte aufgesteckt und so weit aufgeschoben, bis die Isolation rundherum vollständig geschlossen ist.

Bevor das Gehäuse mit der Deckplatte verschlossen wird, muß auf dieser in der Bohrung rechts neben dem Masseanschluß ein Stückchen Draht (z. B. Abschnitt eines Widerstandes) eingesetzt, auf beiden Seiten verlötet und anschließend kurz abgeschnitten werden. Hierdurch wird die Verbindung der Abschirmung zur elektrischen Masse der Schaltung erzeugt. Nachdem die Anschlußdrähte durch die entsprechenden Bohrungen geführt sind, wird die Deckplatte durch 4 Knippingschrauben 2,9 x 9,5 mm mit dem Kunststoffgehäuse verschraubt. Die zwischen Kunststoffgehäuse und Deckplatte eingeklemmte und außen überstehende Alufolie kann nun mit einem Messer bündig abgeschnitten werden. Abschließend werden die Anschlußdrähte mit der Deckplatte verlötet, womit der Nachbau des kleinen kompakten Moduls abgeschlossen wäre.

Zum Schluß sei hier noch einmal darauf hingewiesen, daß der elektrische Abgleich mit dem Spindeltrimmer erst nach einer Betriebszeit von ca. 1 Stunde erfolgen sollte. Gute Langzeitstabilität kann aufgrund der Quarzalterung erst nach einigen Tagen Betriebszeit erreicht werden. Es empfiehlt sich daher, nach ca. 1 Woche Betriebszeit ein Neuabgleich, der gegebenenfalls einmal jährlich wiederholt werden sollte.

Mit dem OCXO wird den gestiegenen Anforderungen in der professionellen Meßtechnik in besonderem Maße Rechnung getragen.

Unter Berücksichtigung der speziellen Abgleich-Hinweise steht dem erfolgreichen Einsatz dieses Gerätes nichts mehr im Wege. **ELV**