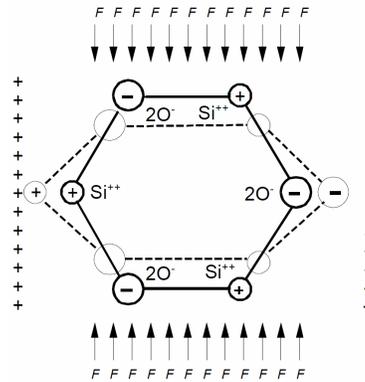


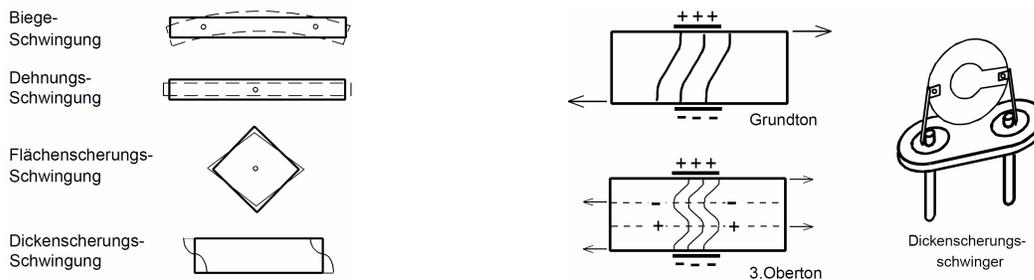


## Piezoeffekt:

- Beim Anlegen einer Spannung ändert sich die Form des Kristalls.
- Wird die Form geändert, entsteht an der Oberfläche des Kristalls eine Spannung.
- Anwendung in Lautsprechern, Feuerzeugen, Drucksensoren, Beschleunigungsmessern.



## Schwingungsformen bei Resonanz durch elektrische Anregung mit Wechselspannung



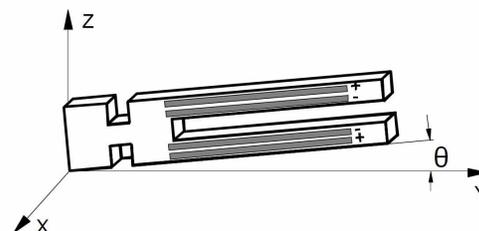
Durch Anlegen einer elektrischen Spannung wird der Quarz zum mechanischen Schwingen angeregt. Die Schwingung erzeugt wiederum eine Wechselspannung, ähnlich wie im Parallelschwingkreis. Die Energie wird abwechselnd in elektrische Energie und mechanische Energie umgewandelt.

Die Frequenz wird durch die mechanische Schwingung bestimmt. Höhere Frequenzen werden in Schwingungsmoden höherer Ordnung durch Oberton-Anregung erreicht.

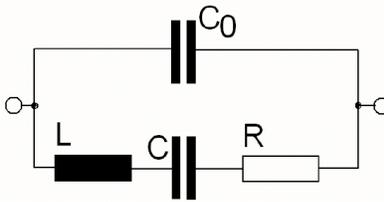
## Gabelschwinger als Uhrenquarz

Quarze mit einer Resonanzfrequenz unterhalb von 30 kHz sind nicht im Elektronik-Handel erhältlich. Die Form einer Stimmgabel realisiert beim Uhrenquarz die niedrige Resonanzfrequenz von 32,768 kHz. Mit einem Frequenzteiler kann diese Frequenz auf exakt 1 Hz, also den Sekudentakt für Quarzuhren geteilt werden. Die Genauigkeit liegt dabei zwischen 0,0006 % und 0,0030 %, was im Schnitt eine halbe Sekunde Abweichung pro Tag bedeutet.

- $32768 \text{ kHz} / 2^{15} = 1 \text{ Hz} = \text{Sekudentakt}$



## Einfaches Ersatzschaltbild eines Quarzes:

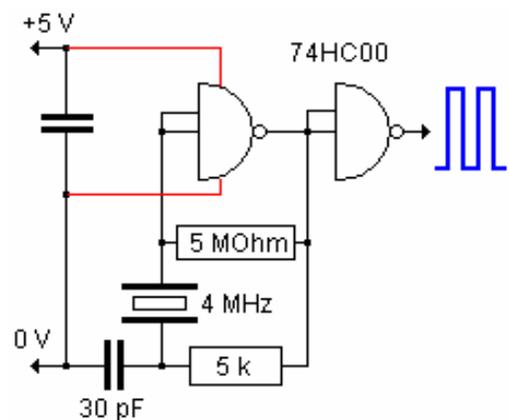


Die Induktivität  $L$ , Die Kapazität  $C$  und der Widerstand  $R$  bilden einen Reihenschwingkreis, der bei Resonanz den niedrigsten Widerstand, also den rein reellen Ohmschen Widerstand besitzt.  $L$  und  $C$  sind durch die Form des Quarzes wohl definiert, der Widerstand  $R$  bestimmt die Güte des Schwingkreises, die bei Quarzen sehr hoch ist.

Der parallel geschaltete Kondensator  $C_0$  beinhaltet die Kapazitäten der Elektroden und Anschlüsse. Der Schwingkreis besitzt somit auch eine parallele Resonanz. Da die parasitären Kapazitäten aufgrund von Lötstiften, Gehäuse und Leiterbahnen je nach Einsatz variiert und somit die Resonanzfrequenz verändert, ist der Betrieb in Parallelresonanz nicht für zeitkritische Anwendungszwecke geeignet.

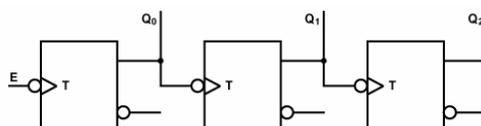
## Quarz-Oszillator

Die abgebildete Schaltung zeigt eine einfache Möglichkeit, einen Schwingquarz zu betreiben und basiert auf dem Prinzip der Rückkopplung. Der Ausgang des linken Inverters ist über einen  $5\text{ M}\Omega$  Widerstand an den Eingang zurückgekoppelt, und legt den DC Arbeitspunkt fest. Der Quarz hat bei Resonanz den niedrigsten Widerstand weshalb nach dem Anschwingen über den  $5\text{ k}\Omega$  zurückgekoppelt wird. Der Quarz bestimmt die Ausgangsfrequenz des Oszillators. Über den  $30\text{ pF}$  Kondensator kann die Resonanzfrequenz des Quarzes leicht verstimmt werden. Das Signal wird über einen zweiten Inverter ausgekoppelt, um die Schaltung nicht zu beeinflussen.



## Frequenzteiler

Eine Möglichkeit, die Frequenz von  $32768\text{ Hz}$  auf  $1\text{ Hz}$  zu verringern ist mit einer Frequenzteilerschaltung gegeben – die auch als binäre Zählschaltung verwendet werden kann. An der letzten Stufe von 15 hintereinander geschalteten T-Flip-Flops, wird der Sekundentakt abgenommen.



## Wichtige Eigenschaften von Quarzen:

- Quarze haben eine hohe Güte und somit schmale Bandbreite. Handelsübliche 4MHz-Quarze haben eine Güte von  $Q=26000$ . Zum Vergleich: Ein LC-Schwingkreis besitzt eine Güte von ungefähr 100.
- Frequenzen im Grundton: 30 kHz – 30 MHz. Von 30 MHz bis 300 MHz in Obertonresonanz.
- Je höher die Frequenz, umso aufwendiger der Herstellungsprozess, die Kosten und die Empfindlichkeit auf mechanische Stöße.
- Alterungsprozess macht sich in Frequenzabweichung bemerkbar. Abhilfe schafft künstliche Alterung: 2-3 Tage bei höherer Temperatur „einbrennen“ vermindert die anfänglich größte Abweichung.

## Quellenangaben:

Tietze und Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik, Heidelberg 1999

<http://www.qsl.net/dk1ag/buch.html>

<http://www.rn-wissen.de/index.php/Schwingquarz>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Schwingquarz>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Quarzoszillator>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrizitat>

## Abbildungen:

<http://images.villageorigin.com/003601-006/001.jpg>

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/5/50/Quarze.jpg>

[http://www.sax.de/~zander/museum/quarze\\_c.jpg](http://www.sax.de/~zander/museum/quarze_c.jpg)

<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/dig/0212221.htm>

<http://www.mcamafia.de/nixie/images/crystal1.jpg>