

# Os Cristais de Quartzo

J. Martin

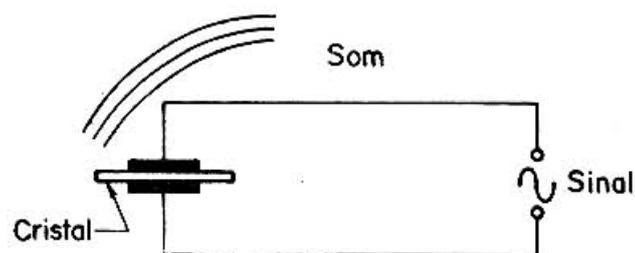
O efeito piezoelétrico é conhecido desde 1880, mas foi somente em 1921 que se descobriu que os cristais de quartzo poderiam ser usados no controle da frequência de circuitos osciladores. Veja neste artigo como funcionam os cristais de quartzo e de que modo eles são usados na eletrônica moderna.

Certas substâncias como o cristal de quartzo e o sal de Rochelle apresentam propriedades piezoelétricas. Estas propriedades se resumem no fato de que, quando submetidas a esforços mecânicos estas substâncias geram tensões elétricas e quando submetidas à tensões elétricas elas apresentam deformações mecânicas.

Os cristais de sal de Rochelle, por exemplo, assim como o titanato de bário podem ser usados para a fabricação de microfones e fones de ouvido.

No caso dos fones, quando submetidos à tensões elétricas os cristais se deformam e vibram produzindo sons.

No caso dos microfones, ao receber as vibrações sonoras, os cristais se deformam



Um sinal aplicado ao cristal o faz vibrar emitindo som. O efeito inverso também ocorre

FIGURA 1

produzindo uma tensão de forma de onda correspondente. Veja a **figura 1**.

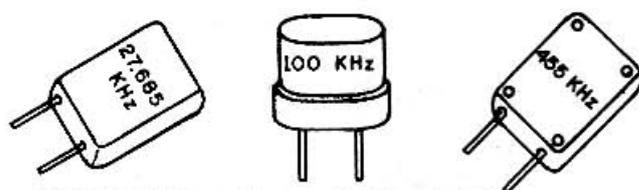
Os cristais de quartzo apresentam as mesmas propriedades em menor nível, mas têm uma característica muito mais importante para a eletrônica: em vista da sua estrutura atômica e conforme o corte a que são submetidos eles tendem a vibrar numa certa frequência quando excitados eletricamente.

Foi W.G. Cady em 1921 que descobriu que os cristais de quartzo poderiam ser ligados nos circuitos eletrônicos de modo a manter sua frequência em valores precisos, aproveitando-se sua vibração própria.

Um ano mais tarde G.W. Pierce da Universidade de Harvard, desenvolveu diversos circuitos osciladores com a frequência controlada por cristais os quais patenteou.

Hoje, os cristais de quartzo são usados em todos os osciladores de alta frequência que se deseja manter numa frequência precisa.

Na **figura 2** temos alguns cristais de quartzo comerciais, com a frequência própria indicada em seu invólucro.



Alguns cristais usados em circuitos eletrônicos

FIGURA 2

A precisão de tais cristais na manutenção da frequência de um oscilador é tal que um desvio de apenas 1 parte por milhão (1 ppm) é perfeitamente normal.

### Como Funciona

Na figura 3 temos as diversas maneiras segundo as quais pode ser feito o corte do cristal para se obter um componente eletrônico de controle de frequência. Observe que os cortes dependem dos ângulos e das posições relativas.

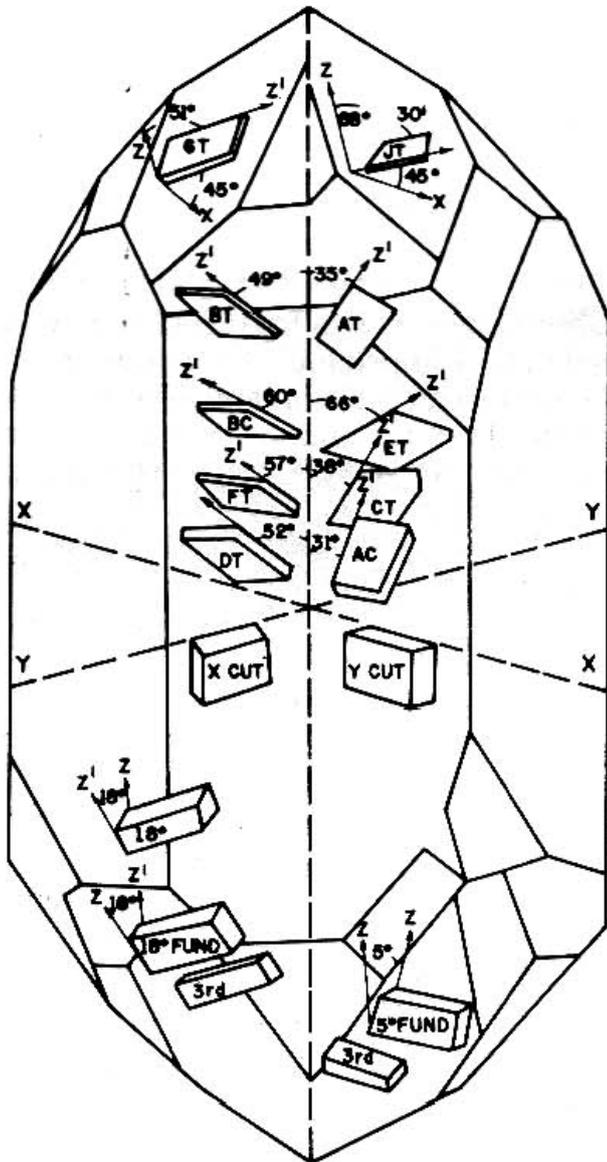


FIGURA 3

Podemos dar então uma tabela resumida com as aplicações dos cristais obtidos dos diferentes cortes (os principais):

**Corte Duplex 5°X** – este cristal tem a designação J e vibra no sentido longitudinal sendo recomendado para controlar a frequência na faixa de 0,8 à 10 KHz. Este cristal é recomendado para o controle de frequência na temperatura ambiente quando apresenta um coeficiente de temperatura nulo.

**Corte XY** – Este cristal vibra também no sentido longitudinal e é indicado para operação em frequências entre 3 e 50 KHz.

**Corte NT** – Este corte recebe a designação N e vibra também no sentido longitudinal, sendo indicado para a faixa de frequências entre 4 e 150 KHz. É indicado para ser usado em osciladores e filtros de baixas frequências com uma estabilidade da ordem de 5 ppm. Sua estabilidade é de 0,0025% na faixa de temperaturas ambientes.

**Corte +5°X** – Este corte recebe a designação H e vibra no sentido de haver flexão, sendo indicado para trabalhar em frequências entre 5 e 140 KHz. É recomendado para ser usado principalmente em filtros.

**Corte BT** – Recebe a designação H e vibra no sentido de sua espessura, sendo indicado para a faixa de frequências situada entre 1 e 75 KHz.

**Corte -18-1/2°X** – Designação F, vibra no sentido longitudinal, sendo indicado para operar em frequências entre 50 e 250 KHz. Suas principais aplicações são em filtros.

**Norte +5°X** – designação E, vibrando no sentido da extensão, pode operar na faixa de 50 a 250 KHz. É indicado para aplicações em filtros de baixas frequências.

**Corte DT** – designação D – vibrando com ondas superficiais, este cristal pode operar em frequências entre 80 e 500 KHz. É indicado para ser usado como base de tempo para contadores e em transmissores de FM e TV.

**Corte MT** – designação M, vibrando no sentido da extensão. Pode operar em frequências na faixa de 50 a 250 KHz, apresentando baixo coeficiente de temperatura.

**Corte GT** – designação G, vibrando no sentido da extensão, este cristal tem frequências entre 85 e 400 KHz. É o corte que permite obter maior estabilidade com 1 parte por milhão na faixa de 100°C. É recomendado para ser usado em padrões de frequência.

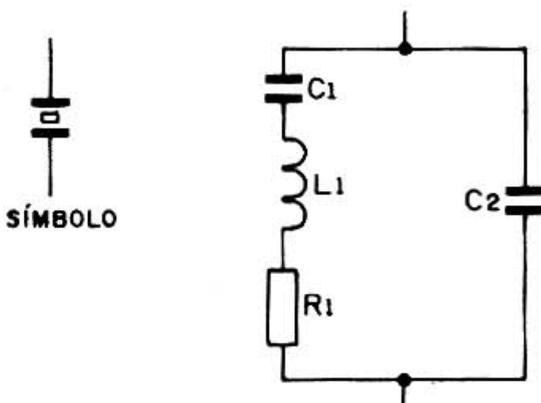
**Corte CT** – designação C, vibrando com ondas superficiais na faixa de frequências entre 300 e 1 100Khz. É recomendado para ser usado em osciladores e filtros. É popular nos circuitos osciladores acima de 400 KHz dada sua baixa resistência-série.

**Corte X** – com vibração no sentido da extensão, este cristal opera nas frequências entre 350 e 20 000 KHz. É mecanicamente estável e econômico.

**Corte SL** – este cristal é indicado para operar nas frequências situadas entre 300 e 800 KHz com características similares ao corte DT, mas tem melhor Q e uniformidade de características acima de 300 KHz. É indicado para ser usado em filtros.

**Corte Y** – designação Y, vibrando no sentido da espessura pode oscilar em frequências entre 500 e 20 000 KHz. É mecanicamente forte.

**Corte AT** – designação A, vibrando no sentido da espessura, pode vibrar em frequências entre 550 e 20 000 KHz (fundamental) e entre 10 000 e 60 000 KHz (3º sobretom) e até 100 000 KHz (5º sobretom). Este cristal tem excelentes características de frequência sendo recomendado para os casos em que a frequência não pode ser alterada por influência da indutância do oscilador.

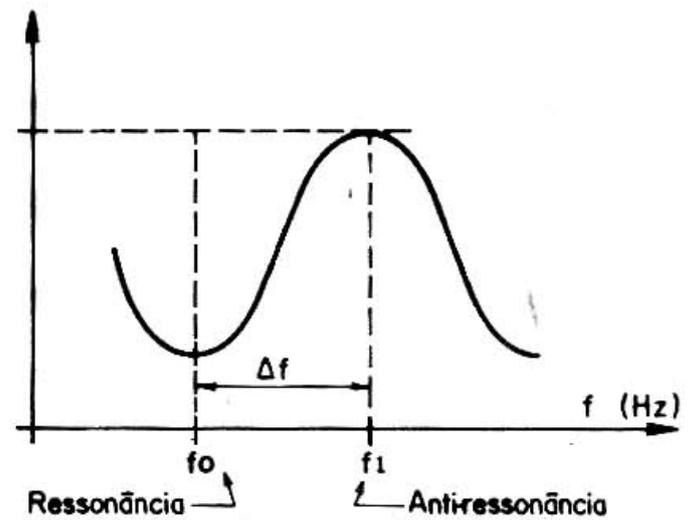


Circuito equivalente a um cristal.  
C2 é a capacitância entre os eletrodos

**FIGURA 4**

Na **figura 4** temos o símbolo de um cristal e o seu circuito equivalente.

A curva característica de um cristal é mostrada na **figura 5**.



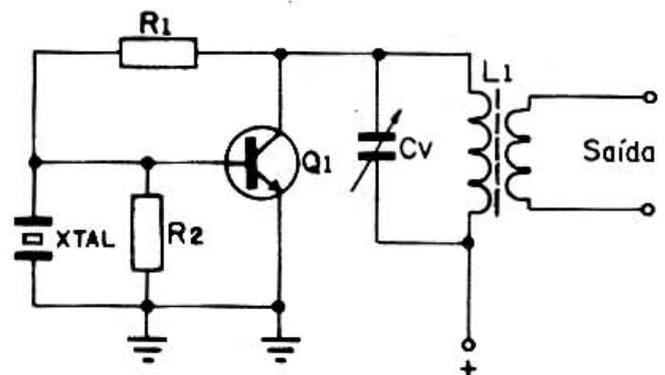
**FIGURA 5**

Observamos que na frequência de ressonância ( $f_s$ ) a impedância do cristal ideal é nula, e na frequência  $f_a$  (anti-ressonante) a impedância é máxima. A variação entre estes dois pontos dá o fator Q do cristal.

Num circuito eletrônico oscilador ou num filtro o cristal tem sua frequência própria atuando diretamente sobre as características do sinal que deve passar.

Assim, temos os seguintes exemplos:

Na **figura 6** temos um oscilador transistorizado usando um cristal.



**FIGURA 6**

Neste circuito, o cristal atua sobre a realimentação de modo a fixar a frequência de operação.