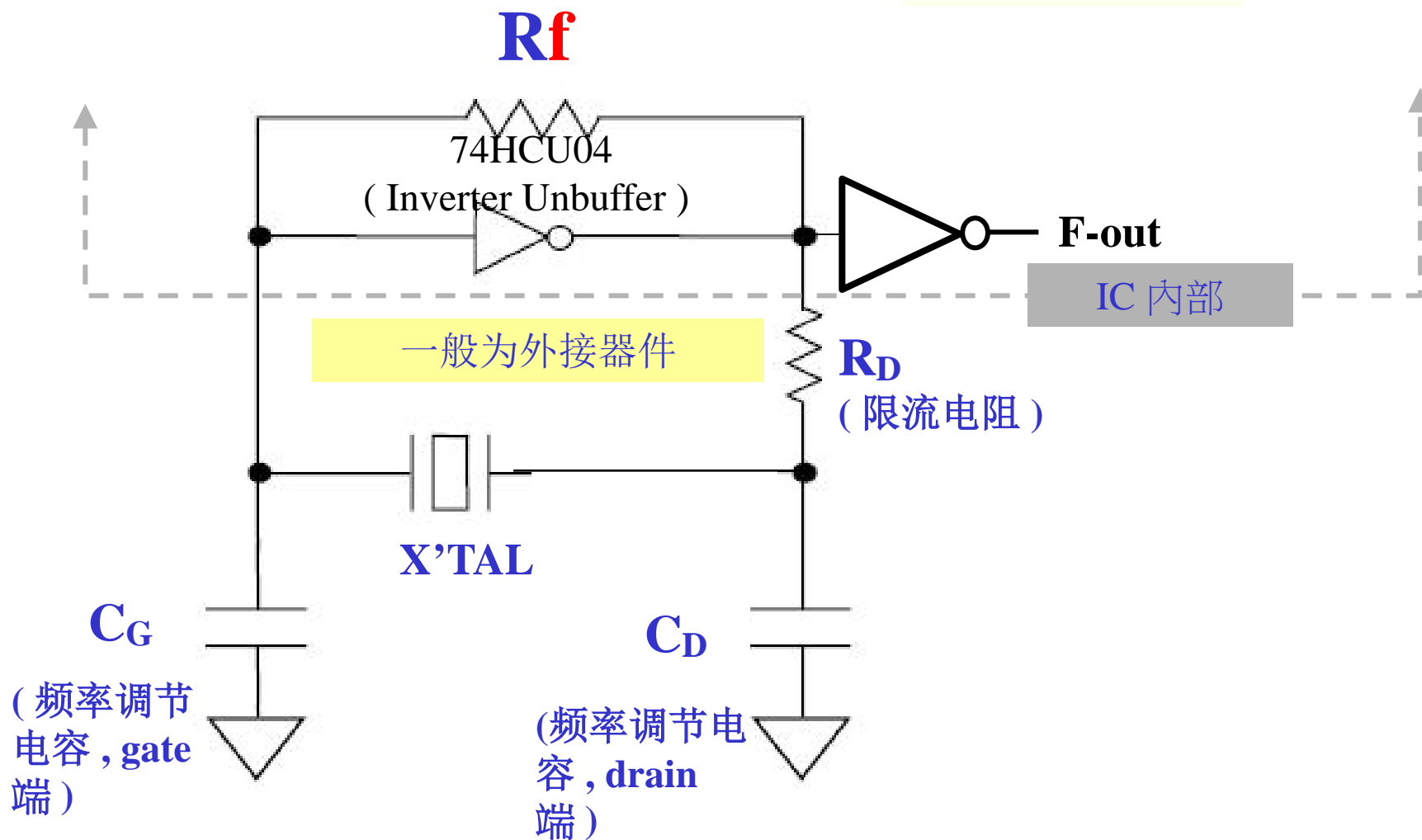


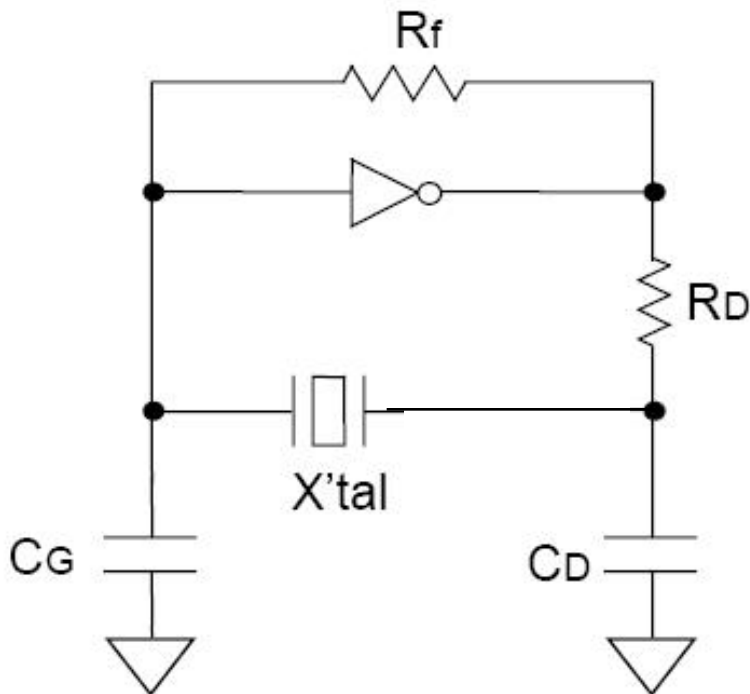


# EPSON Crystal

# 1. 晶体振荡电路



## 2. 负载电容计算方式:



[ 公式 ]:

$$CL = ( C_G // C_D ) + C_s$$

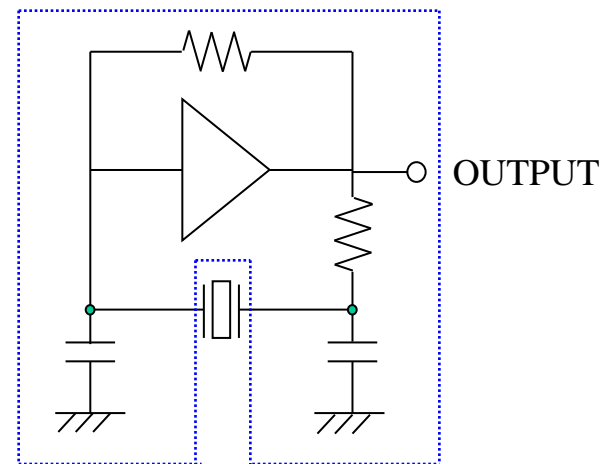
$$CL = [ ( C_G \times C_D ) / ( C_G + C_D ) ] + C_s$$

**C<sub>s</sub>** ( **Stray Capacity of the circuit** )

**Example :**

当 Crystal 的  $CL=12.5\text{pF}$  ,  
且  $C_G = C_D = 18.0\text{pF}$  ( 换算 =  $9.0\text{pF}$  ) ,  
测量频率接近 **0ppm 误差** 时 ,  
此时  $C_s = 12.5 - 9.0 = 3.5\text{pF}$

**$C_s = 3.5\text{pF}$  ( approx. )**



起振电路的负载电容为晶体外所有电容的等效值。该值需要和晶体本身参数 $C_1$ 相匹配。

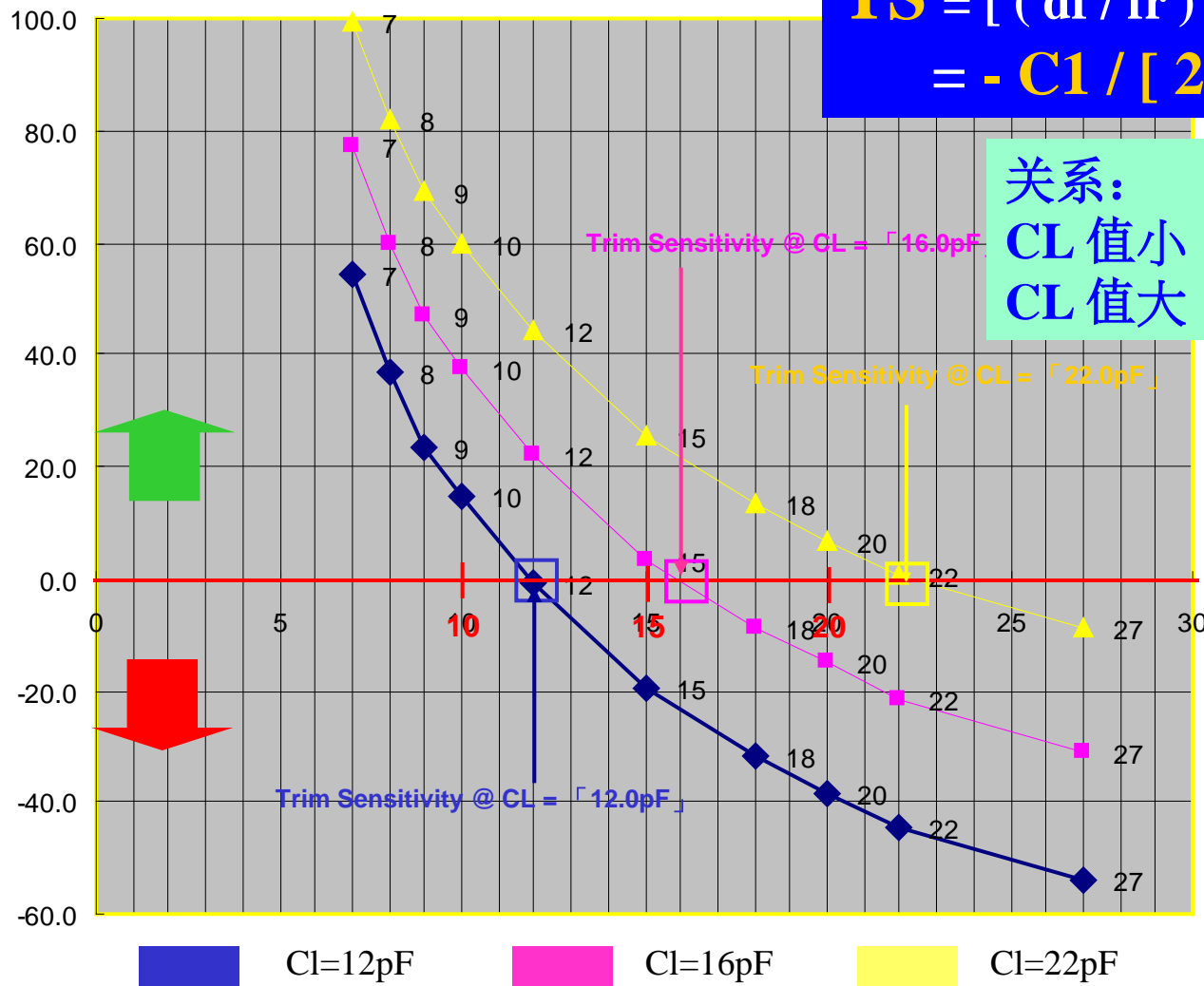
# 3. 晶体敏感度及电容对频率的影响

\* Image only , different Crystal may has different trim sensitivity

[公式]

$$TS = [ (df / fr) / CL ]$$

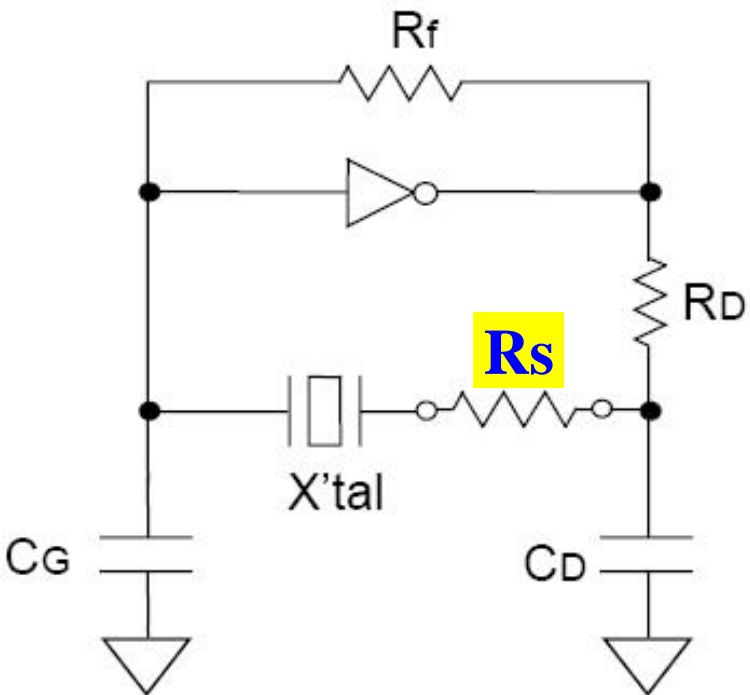
$$= - C1 / [ 2 x ( C0 + CL )^2 ]$$



关系:  
 CL 值小, Cs 影响大、耗电小  
 CL 值大, Cs 影响小、耗电大

同时关系:  
 CL 变大, 频率变低  
 CL 变小, 频率变高

# 4. 负性阻抗 -R

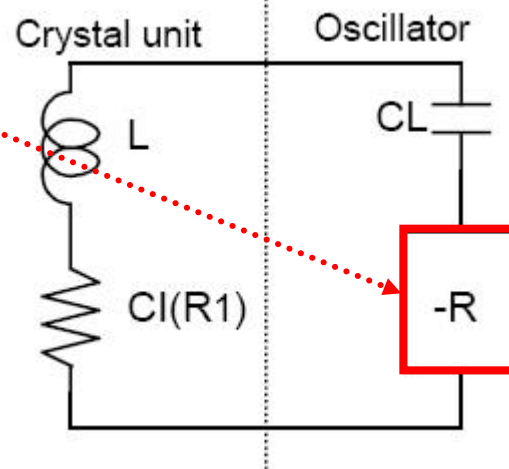


**$-R = R_s + R_e$**   
 **$R_e = R_1 (1 + C_0 / C_L)^2$**

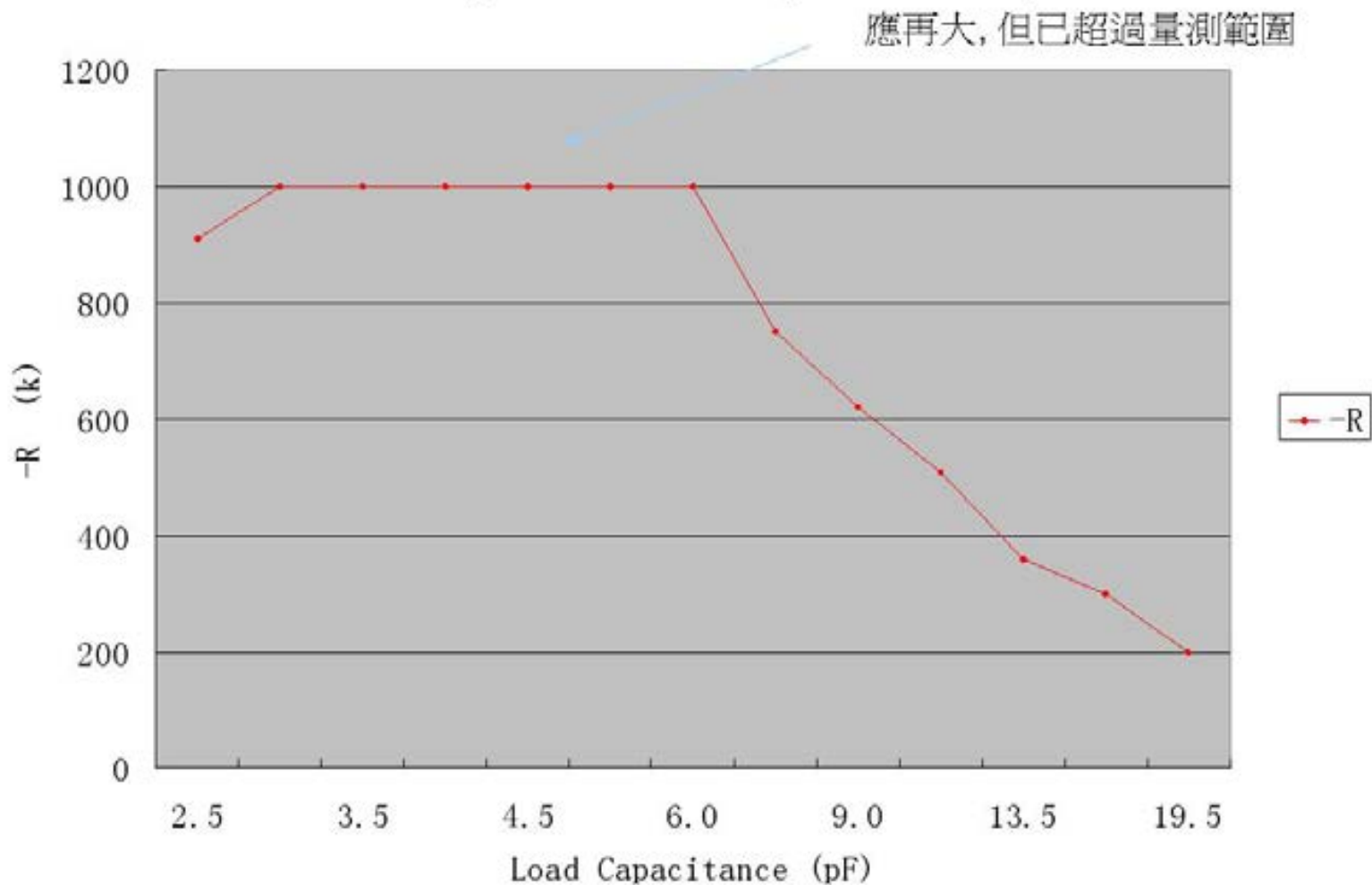
$R_e$  水晶振子 “负荷时” 之等价阻抗

- \* - R ON - OFF
- \* - R OFF - ON

-R为回路的起振冗余度的表现形式，可通过测试得到，当-R不足时会导致起振时间变长，晶体不能稳定工作，甚至停振。  
 因此，建议  $-R > 5 * ESR$  （晶体静态等效阻抗）



## 5. 负载电容对-R的影响



注：图示为实际测量案例，其数据不代表每一个晶体的实际参数。



## 6. 温频特性曲线-1:

QZ-适用

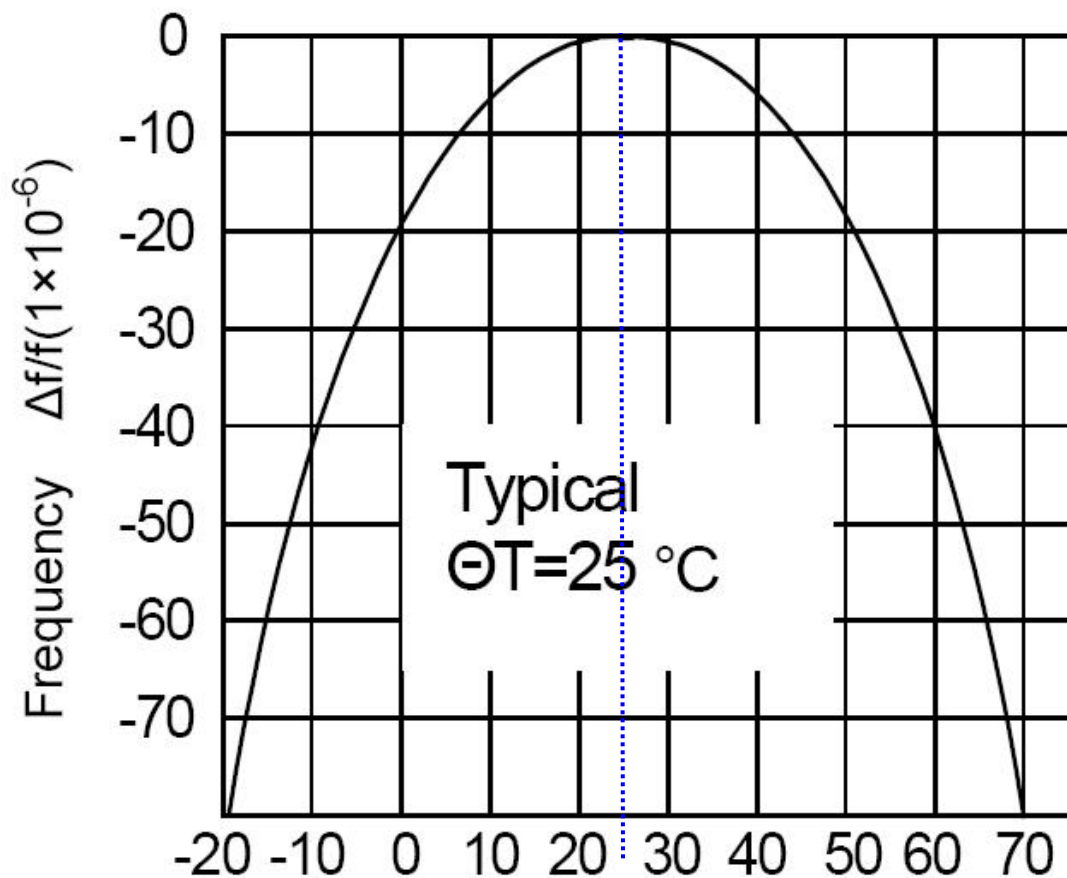
Parabolic coefficient ( B ) = - 0.04 ppm / °C<sup>2</sup> max.

[公式]

$$\Delta f / f = B (\theta T - \theta X)^2$$

examples

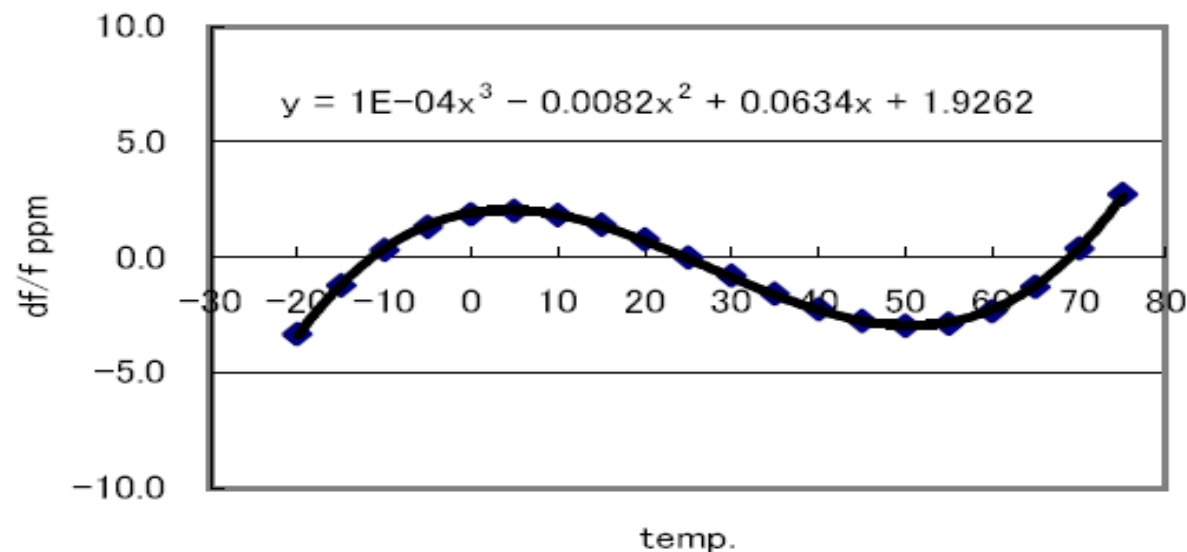
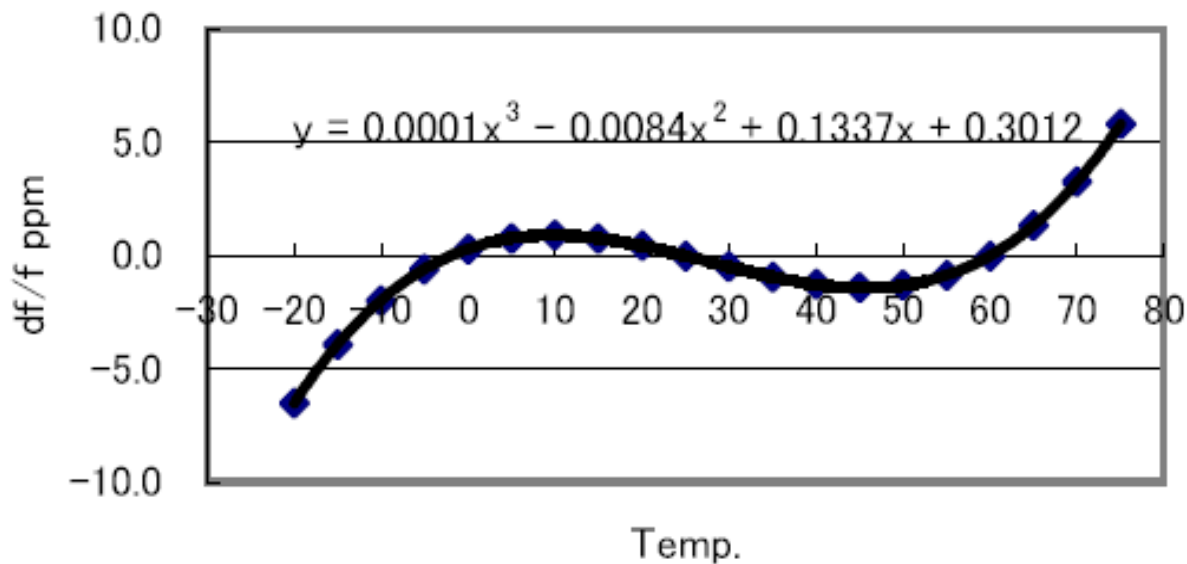
● 50°C or 0°C = - 25 ppm



## 6. 温频特性曲线-2:

AT-适用

对于不同系列的  
AT型晶体，其温  
频特性曲线不同。





## 7. 晶体的驱动功率DL

定义: **Drive Level (P) =  $i^2 * R_e$**

$i$  为通过晶体的等效电流

$$R_e = R_1 (1 + C_o / C_L)^2$$

$R_1 \rightarrow$  ESR

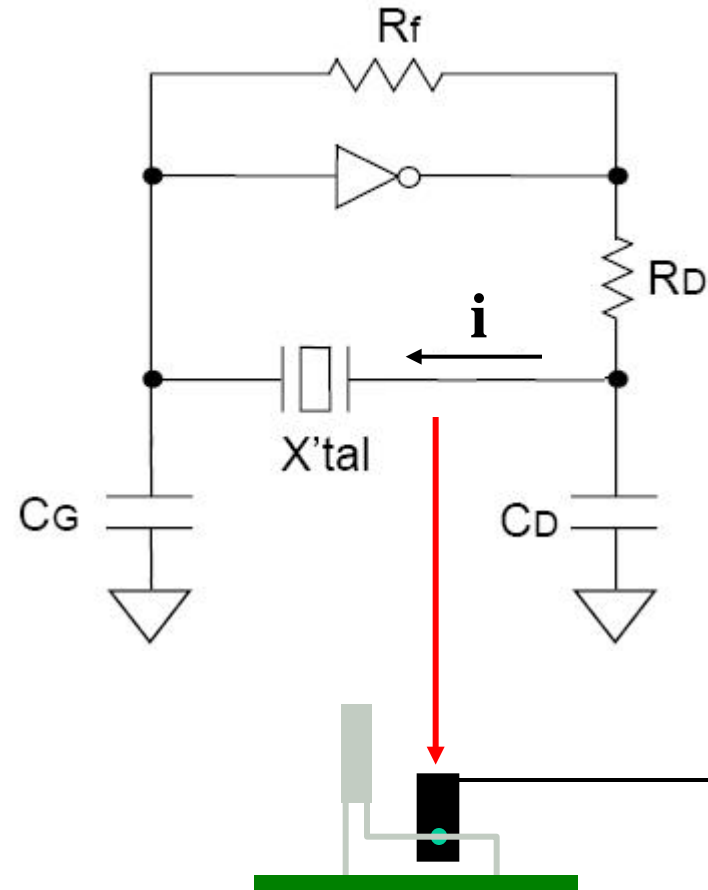
$C_o$  0.5pF  $\rightarrow$  几pF

$C_L$  5pF  $\rightarrow \infty$

**DL range:**

**QZ: 0.5 uW or 1.0 uW (Max)**

**AT: 10uW to 200uW**

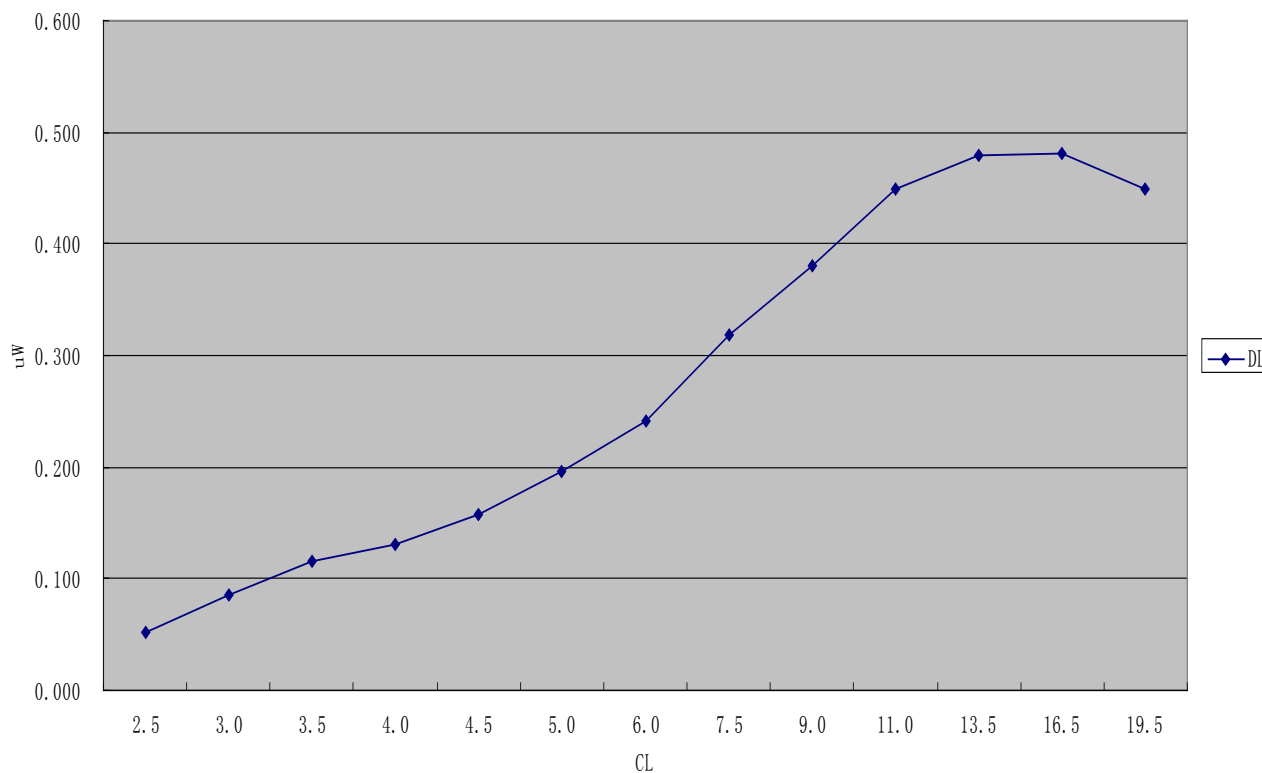


过驱动的危害: 过大的电流会使晶体振幅加大, 温度升高, 频率偏移, 长期工作在过驱动情况下会对晶体本身造成损害。

## 8. 负载电容对DL的影响

DL

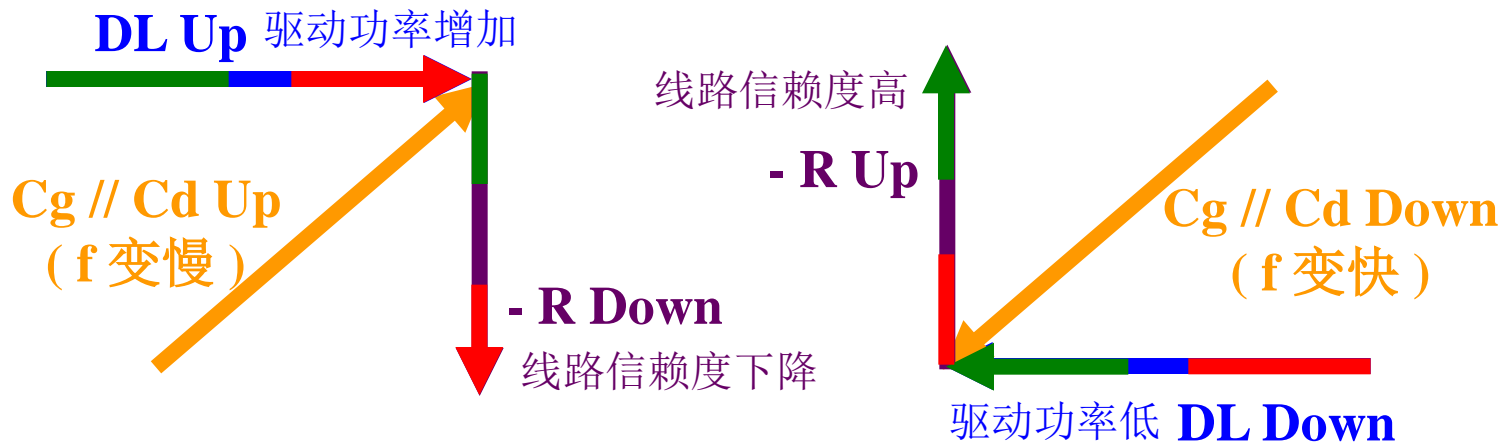
样品测试图表



负载电容增加，导致驱动功率增加；  
负载电容减小，导致驱动功率减小。

## 小结:

当  $R_d$  固定、 $C_g // C_d$  不固定,  $f$ ,  $-R$ ,  $DL$  变化趋势





**THE END**