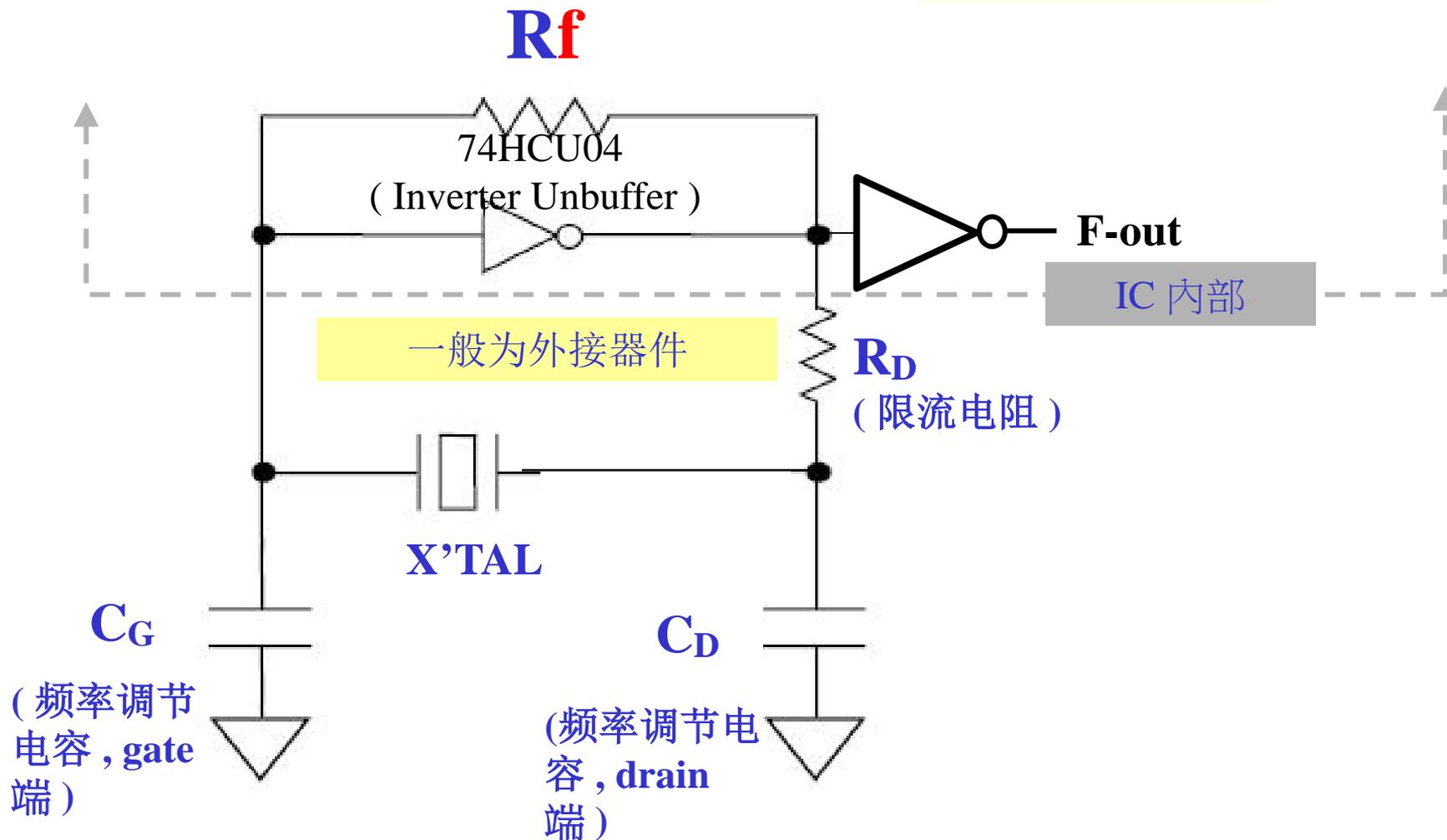


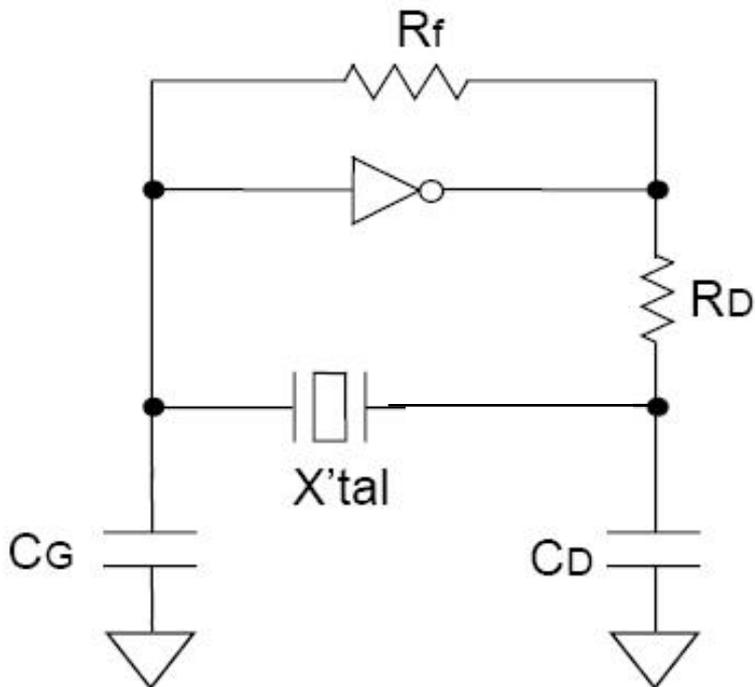


EPSON Crystal

1. 晶体振荡电路



2. 负载电容计算方式:



[公式]:

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

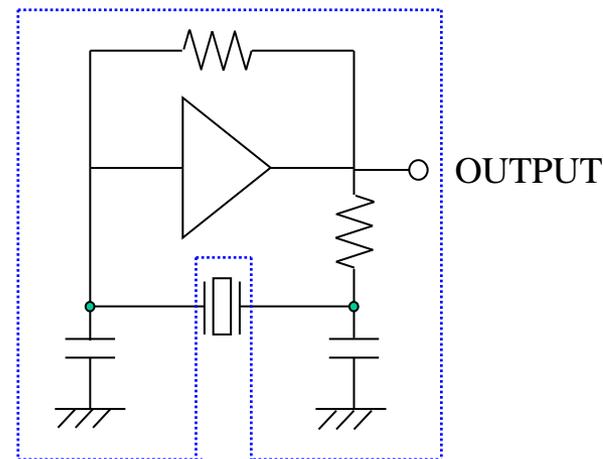
$$CL = [(C_G \times C_D) / (C_G + C_D)] + C_s$$

C_s (**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 = 9.0pF) ,
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。

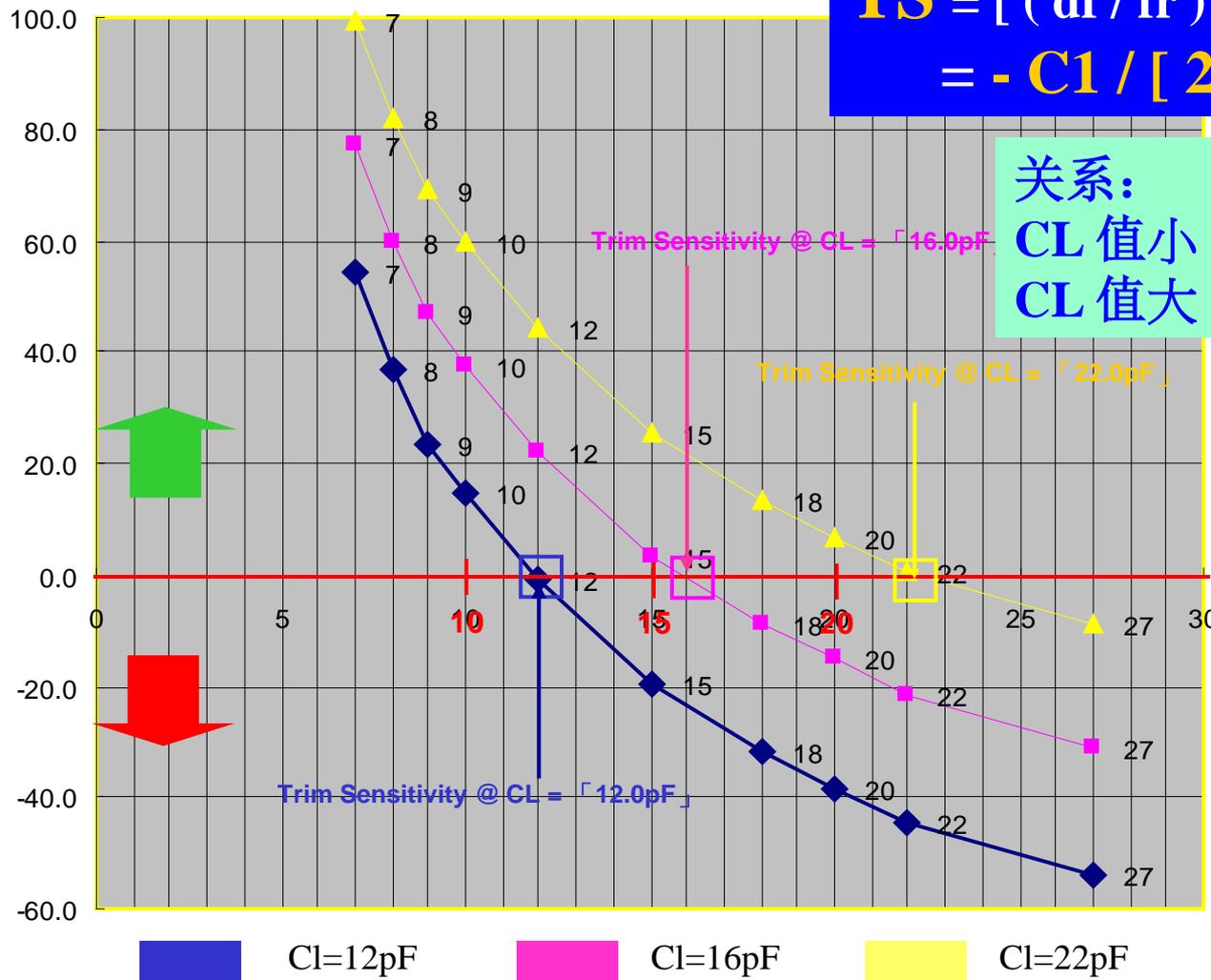
3. 晶体敏感度及电容对频率的影响

* Image only , different Crystal may has different trim sensitivity

[公式]

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

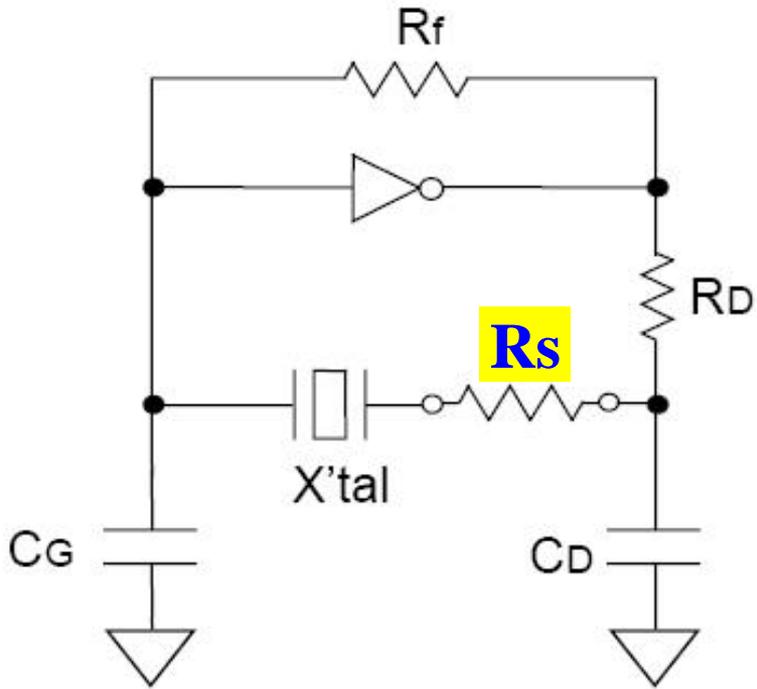
$$= - C1 / [2 x (C0 + CL)^2]$$



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 = Rs + Re

. Re = R1 (1 + C0 / CL)^2

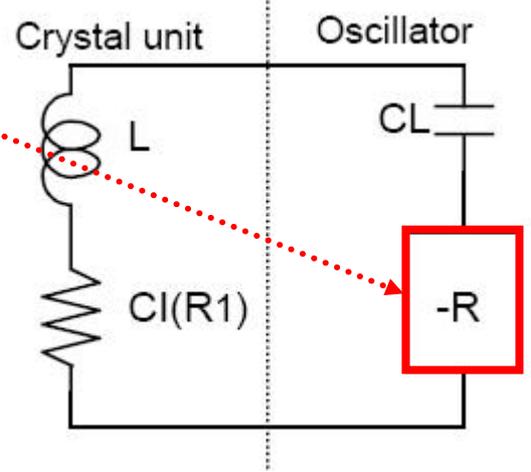
Re 水晶振子 “ 负荷时 ” 之等价阻抗

*** - R ON - OFF**

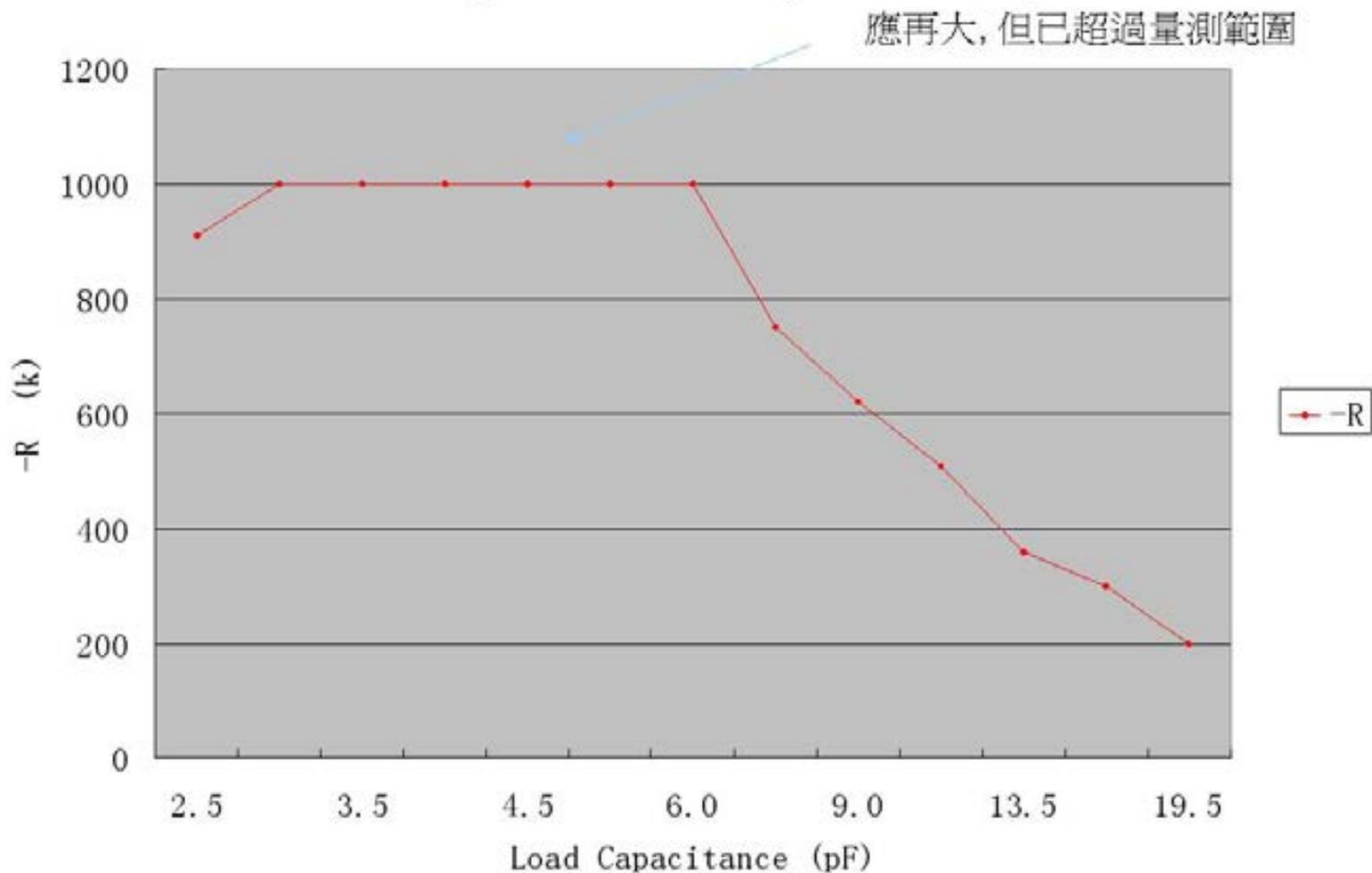
*** - R OFF - ON**

-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

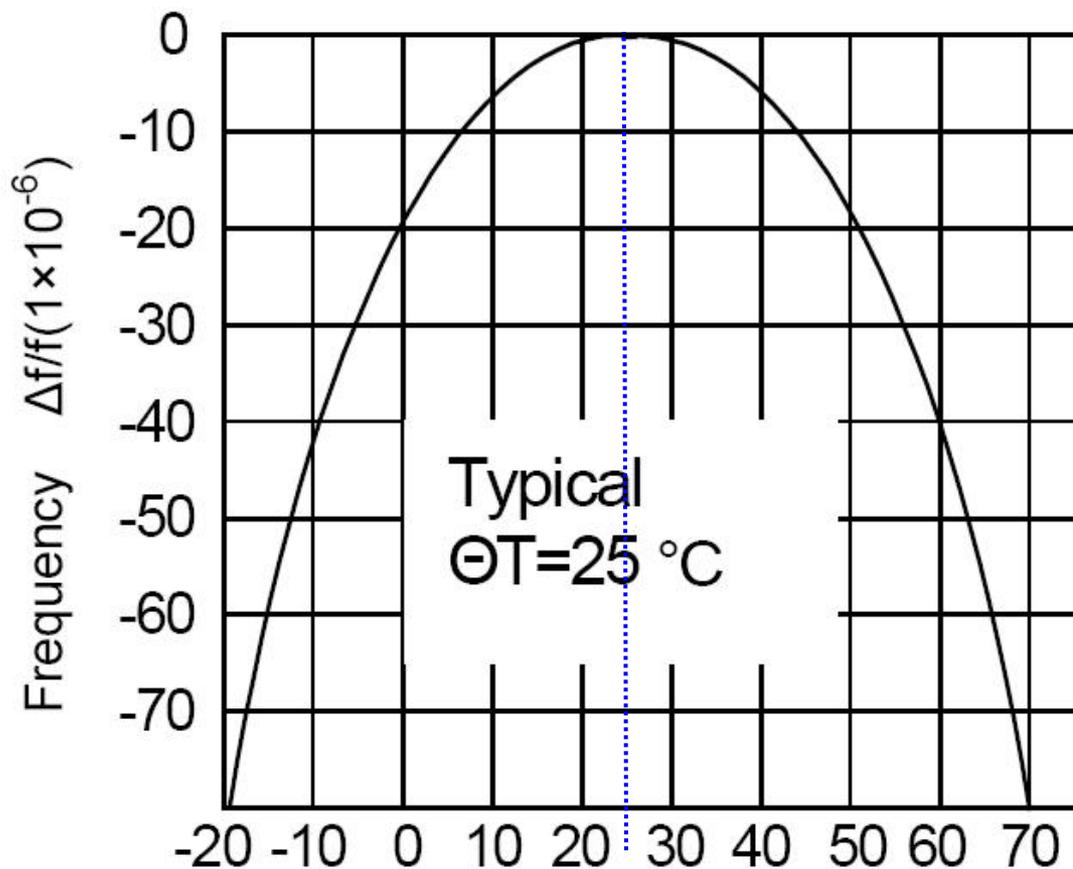
Parabolic coefficient (B) = - 0.04 ppm / °C² max.

[公式]

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

examples

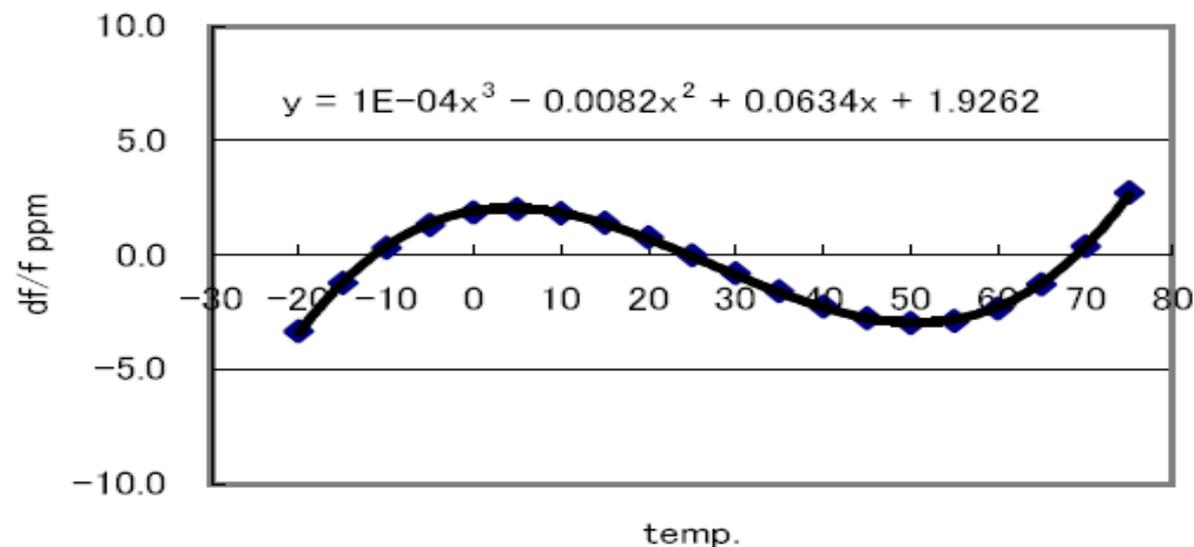
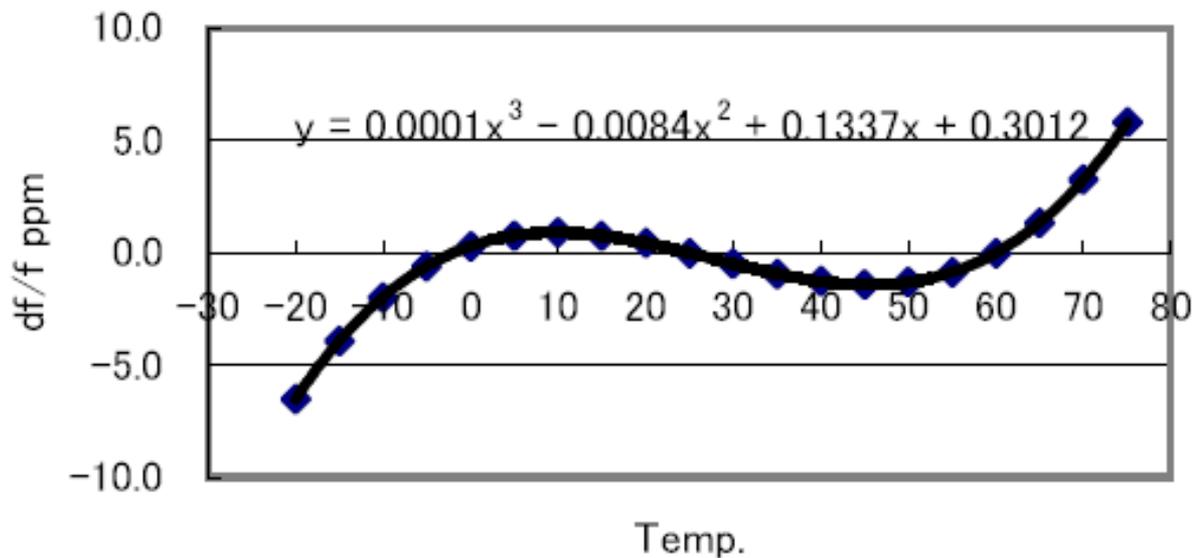
● 50°C or 0°C = - 25 ppm



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

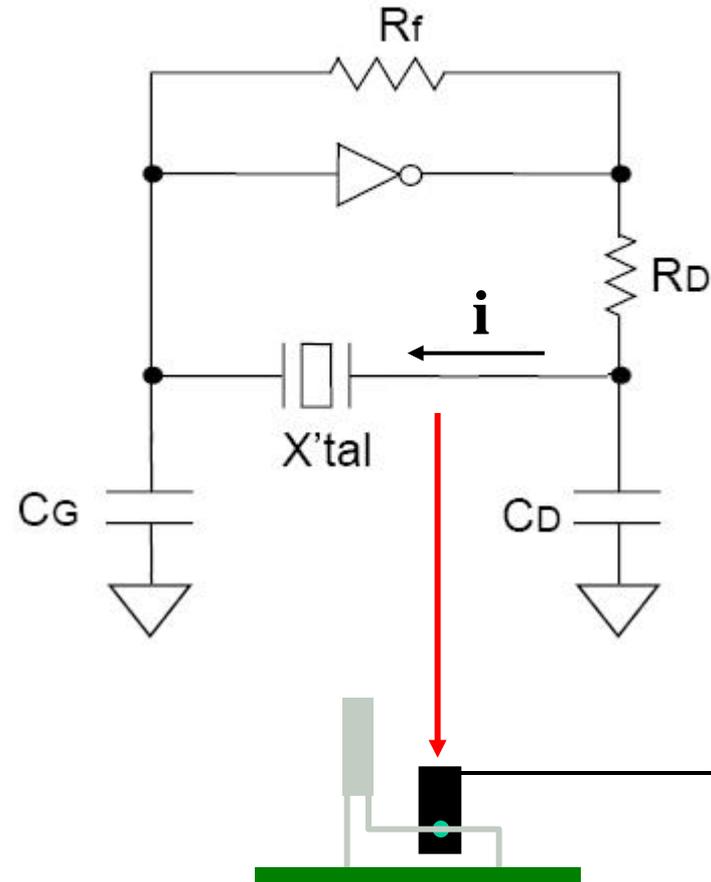
C_o 0.5pF \rightarrow 几pF

C_L 5pF $\rightarrow \infty$

DL range:

QZ: 0.5 uW or 1.0 uW (Max)

AT: 10uW to 200uW

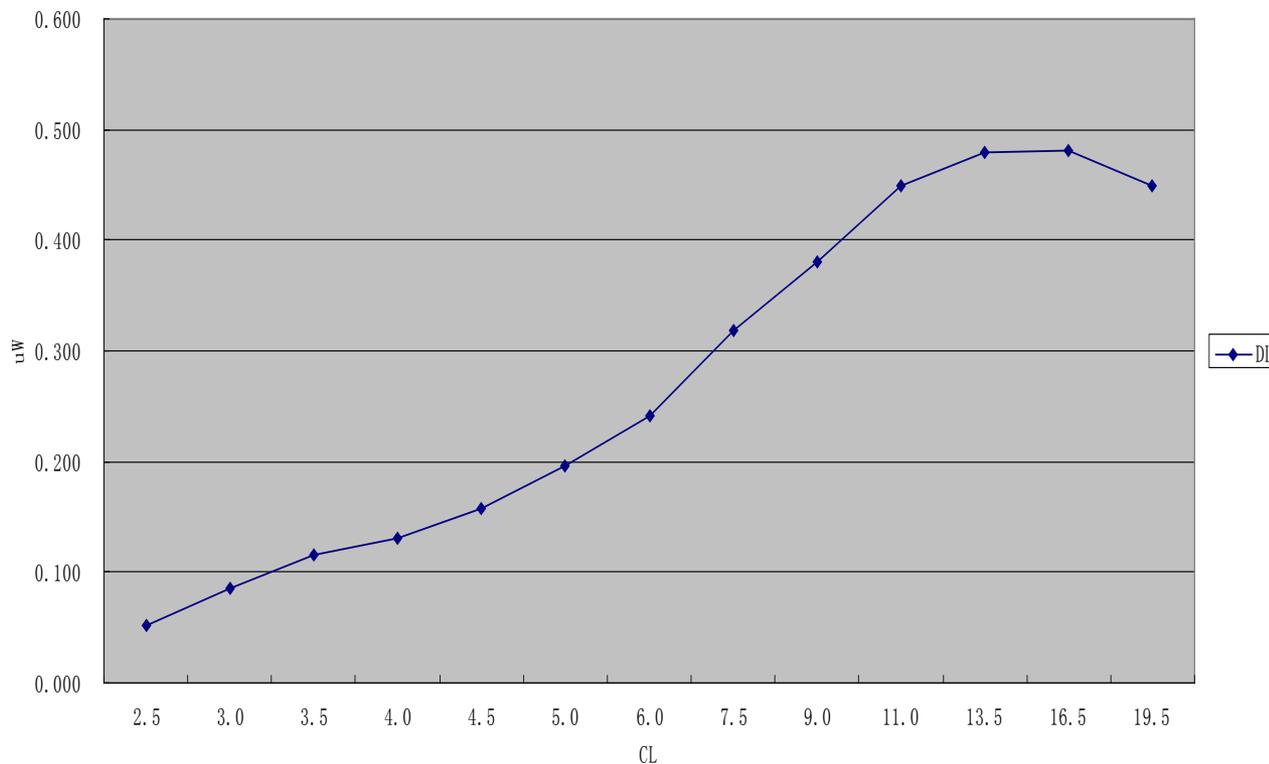


过驱动的危害: 过大的电流会使晶体振幅加大, 温度升高, 频率偏移, 长期工作在过驱动情况下会对晶体本身造成损害。

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