

頻率元件在物聯網(IoT) MCU 的應用需知

現今物聯網(IoT)的興起，引發 16 & 32 位元(bit)MCU 需求上的直線上升，對於 MCU 的 System Clock 的要求也愈高。

早期 8 位元 MCU 因 I/O 介面要求單純，故僅需要 1 組高頻(MHz)的 Quartz Crystal 就能提供 MCU 所需求的 System Clock，但現今 16 & 32 位元(bit)MCU IoT 應用，因需提供更多的 I/O 與對外的傳輸介面和計時等多功能需求，故採用高、低頻兩組 Quartz Crystal (MHz & KHz)以滿足對時脈的要求。

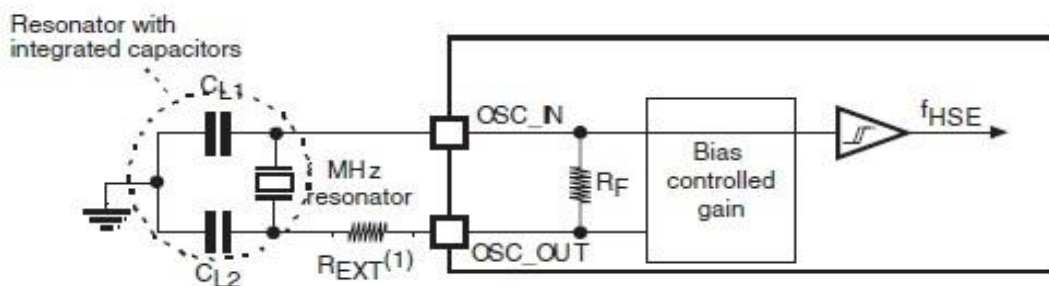
1. 高頻(MHz)石英晶體諧振器(晶振)設計時的線路圖和電容匹配:

EX.: 在 RF 2.4G 應用時，Crystal 常用頻點為 16MHz, 12pF, Tolerance: $\pm 10\text{ppm}$

如果依設計公式: $12\text{pF} = ((\text{CL1} * \text{CL2}) / (\text{CL1} + \text{CL2})) + \text{Cs} + \text{Ci}$ (Cs 為 PCBA 的雜散電容, Ci 為 MCU 的介面電容)

一般而言 $\text{Cs} + \text{Ci} = \text{約 } 3\text{pF}$ 故 $12 - 3 = 9\text{pF}$ ，導入公式: $\text{CL1} = \text{CL2} = 18\text{pF}$ $\therefore ((18 * 18) / (18 + 18)) + 3\text{pF} = 12\text{pF}$
 R_F 為內建回授電阻，在高頻 Crystal 振盪電路中為 $1\text{M}\Omega$ ，如 MCU 無內建時可外加，一般都內建， R_{EXT} 為限流電阻，一般可不加,或加上 $1\text{k}\Omega$ 以下電阻,以避免正回授反饋量過大,損壞晶體。

Typical application with an MHz crystal

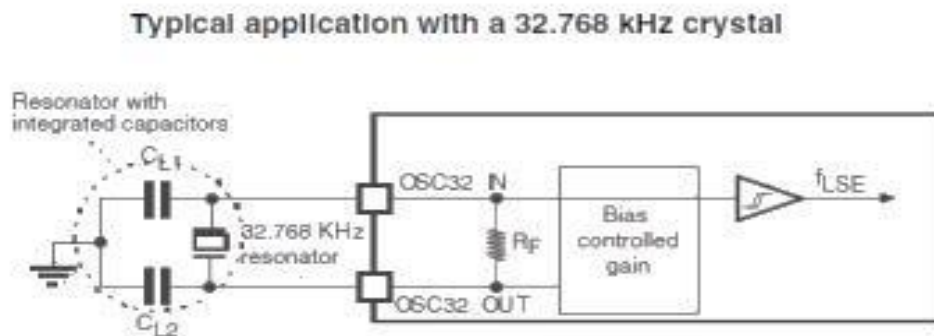


2. 低頻(KHz)石英晶體諧振器(晶振)設計時的線路圖和電容匹配:

EX.: 在 RTC & Base band 應用時，Quartz Crystal 常用頻點為 32.768KHz, $CL=12.5pF$,
Stability: $\pm 20ppm$,

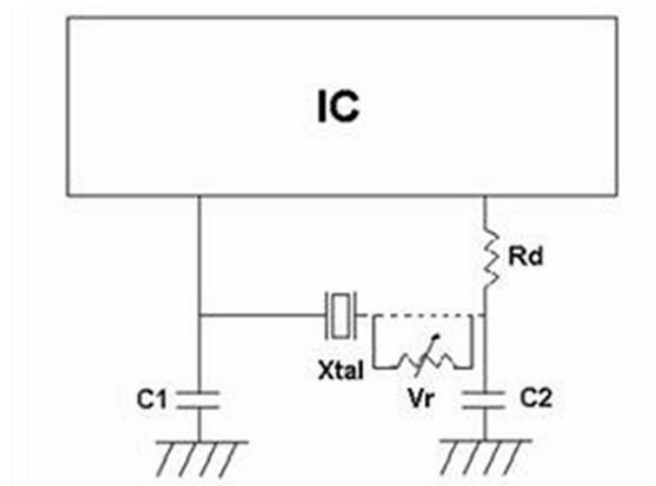
如果依設計公式: $12.5pF = ((CL1 * CL2) / (CL1 + CL2)) + Cs + Ci$ (Cs 為 PCBA 的雜散電容, Ci 為 MCU 的接面電容)

一般而言 $Cs + Ci = \text{約 } 3pF$ 故 $12.5 - 3 = 9.5pF$ ，導入公式: $CL1 = CL2 = 20pF \therefore ((20 * 20) / (20 + 20)) + 3pF = 13pF$
 R_F 為內建回授電阻，在低頻 Crystal 振盪電路中為 $10M\Omega$ ，如 MCU 無內建時可外加，一般都內建。



3. 負性阻抗 | -R | (Negative resistance) 和振盪餘裕度 (Oscillation Allowance):

一般在設計振盪電路中常有另一項重要參數容易被忽略，就是負性阻抗。



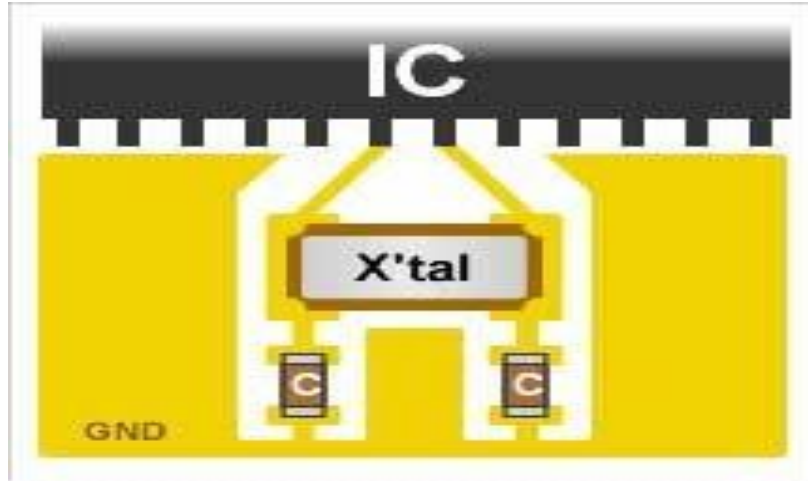
-R 測試方式如上圖所示:

在 Crystal 上串接 1 只 VR，調整 VR，調整到 Crystal 無輸出頻率止，取下 VR 量測 VR 阻值，此值就是振盪迴路中的 -R 值。

-R 值應該 $\geq (5\sim 10) * ESR \max.$ (其中 ESR 為石英晶體諧振器 Quartz Crystal 的等效電阻)，當 -R 低於 3 倍時，容易因石英晶體諧振器的振盪餘裕度 (Oscillation Allowance) 不足，而出現不起振或振盪不穩定、振盪啟動時間延長等問題。

4. PCB Layout 設計- KHz Quartz Crystals:

4-1. 下方為 YIC 的 3215E 系列 (3.2*1.5mm , 2 pads, 32.768KHz smd crystal) 的 layout 理想推薦。

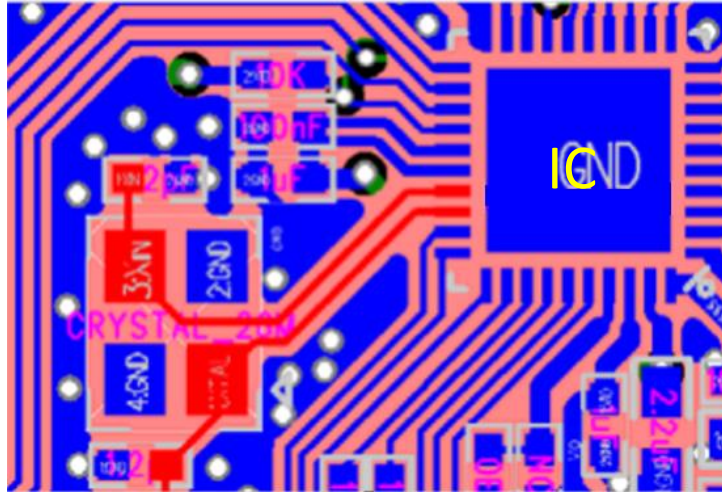


4-2. 基板 layout 設計與 Quartz Crystal 的一般注意事項:

- a. PCB 佈線應儘量短, IC 與 Crystal 距離應 $< 10\sim 15\text{mm}$ 。
- b. Crystal 下面儘量佈 GND 層。
- c. Crystal 本體下方不走震盪回路以外較敏感的訊號線。
- d. Crystal 儘量不放置在 PCB 邊緣, 避免因 PCB 掉落時造成石英晶片破裂損壞可能, 同時也可佈出較好的 GND 層。
- e. Crystal 是屬於熱敏感特性的元件, 與 R/L/C 不同, 不要放置在接近 PCBA 或整機的熱源位置。
- f. Metal Can 晶振(如 49 和圓柱 DT-26, DT-38 系列), 禁止直接對晶振本體進行手焊接地, 這非常容易造成過高溫使晶振內部因解焊而損壞。

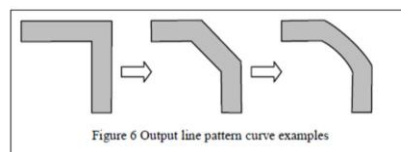
5. PCB Layout 設計 - MHz Quartz Crystals:

5-1. 下方為 YIC 的 XT324 系列 (3.2*2.5mm , 4 pads, smd crystal) 的 layout 理想推薦。



5-2. 基板 layout 設計與 Quartz Crystal 的一般注意事項:

- PCB 佈線應盡量短, IC 與 Crystal 距離應 $< 10\sim 15\text{mm}$ 。
- Crystal 下面盡量佈 GND 層。
- Crystal 本體下方不走震盪回路以外較敏感的訊號線。
- Crystal 儘量不放置在 PCB 邊緣, 避免因 PCB 掉落時造成石英晶片破裂損壞可能, 同時也可佈出較好的 GND 層。
- Crystal 是屬於熱敏感特性的元件, 與 R/L/C 不同, 不要放置在接近 PCBA 或整機的熱源位置。
- 為了能減少輸出線路上的波形反射回波, 盡可能要求輸出線路阻抗能夠一致。為能實現一致的輸出線路阻抗, 輸出線的走線設計也是重要的關鍵之一, 如下圖 所示, 可由直角轉換為 45° 角, 或者可能的話, 也可採用圓角曲線的設計以提高輸出線路阻抗的一致性。此外, 應避免使用穿孔設計或 T 型分支設計。



- Crystal 儘可能不放置在開關電源或 AC 電源旁邊, 以避免 Crystal 受到 PCB 上開關電源或 AC 電源干擾, 同時也可佈出較好的 GND 層。

- h. 多層板的空板層 (Layers) 都能鋪銅 (GND) 也是對 Crystal 穩定溫升有幫助的。
- i. 避免將 Crystal 放置在高頻元件和走線附近，以避免電容耦合。
- j. 盡可能將 Crystal 與其他設備隔離。

6. YIC 建議應用於 IoT MCU 的頻率元件

6-1. MHz Quartz Crystals

頻率 (MHz)	精準度 (ppm)	負載電容 (CL pF)	工作溫度 (°C)	尺寸 (YIC 系列) (mm)
40	10	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	1.6x1.2 (XT114) 2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
32	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	1.6x1.2 (XT114) 2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
27.12	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	1.6x1.2 (XT114) 2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
27	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	1.6x1.2 (XT114) 2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
26	10,20,30	6,8,9,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	1.6x1.2 (XT114) 2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
25	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	1.6x1.2 (XT114) 2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
24.576	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	1.6x1.2 (XT114) 2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)

24	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	1.6x1.2 (XT114) 2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
22.1184	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
20	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
18.432	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
16	10,20,30	6,8,9,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
14.31818	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
13.56	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
12	10,20,30	6,8,10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	2.0x1.6 (XT214) 2.5x2.0 (XT224) 3.2x2.5 (XT324)
8	10,20,30	10,12,18,20	-20~+70 -40~+85	3.2x2.5 (XT324) 5.0x3.2 (XT532,XT534)

※YIC 49US、49SMT和49SLMT系列也是選項

6-2. MHz Crystal Oscillators (SPXO)

頻率 (MHz)	精準度 (ppm)	電壓 (V)	工作溫度 (°C)	尺寸(YIC 系列) (mm)
1, 6, 8, 11.0592, 12, 18.432, 20, 24, 25, 26, 27, 32, 33.333, 40, 48, 54, 66.667, 100,125, 150	25,50	1.8, 2.5, 3.0, 3.3, 5	-20~+70 -40~+85	SMD 2.0x1.6 (OSC-S21) 2.5x2.0 (OSC-S22) 3.2x2.5 (OSC-S3) 5.0x3.2 (OSC-S5) 7.0x5.0 (OSC-S7) Through-Hole Full Size (OSC-F) Half Size (OSC-H)

6-3. KHz Quartz Crystals

頻率 (KHz)	精準度 (ppm)	負載電容 (CL pF)	工作溫度 (°C)	尺寸(YIC 系列) (mm)
32.768	10,20	7,9,12.5	-20~+70 -40~+85	SMD 1.6x1.0 (1610E) 2.0x1.2 (2012E) 3.2x1.5 (3215E) 6.9x1.4 (6914E) 8.0x3.8 (MC306) Through-Hole 2x6 (DT-26) 3x8 (DT-38)

6-4. KHz Crystal Oscillators

頻率 (KHz)	精準度 (ppm)	電壓 (V)	工作溫度 (°C)	尺寸(YIC 系列) (mm)
32.768	10,20,25,50	1.8, 2.5, 3.0, 3.3	-20~+70 -40~+85	2.0x1.6 (OSC-S21 RTC) 2.5x2.0 (OSC-S22 RTC) 3.2x2.5 (OSC-S3 RTC) 5.0x3.2 (OSC-S5 RTC) 7.0x5.0 (OSC-S7 RTC)

6-5. KHz RTC (DTCXO)

頻率 (KHz)	精準度 (ppm)	電壓 (V)	工作溫度 (°C)	尺寸(YIC 系列) (mm)
32.768	±5	2.2 ~ 5.5	-40~+85	SMD 10.3x5.0x3.4 (RC8025T)

※上表所列為常用規格,其他未列出的規格含寬溫-40~+125°C,歡迎洽詢 YIC