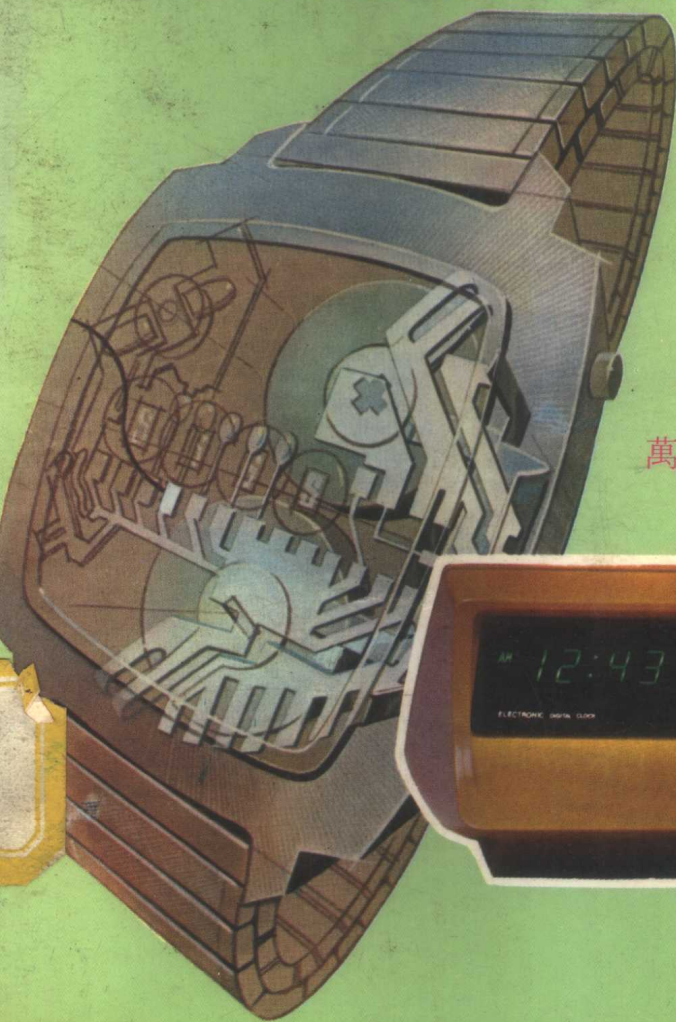


# 數字電子鐘表

DIGITAL CLOCK AND WATCH



李超倫編著

萬里書店出版



---

## 數字電子鐘表

李超倫編著

出版者：萬里書店有限公司

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：嶺南印刷公司

香港德輔道西西安里13號

定價：港幣六元

版權所有 \* 不准翻印

---

(一九七九年一月印刷)

## 寫在前面

數字電子鐘表是近年來迅速發展起來的電子計時器件，它準確性高，售價低，大有取代傳統機械鐘表的趨勢。可以斷言，數字電子鐘表在今後幾年內將有較大的發展。

隨着電子鐘表製造業的蓬勃發展，關心這方面技術的人必然越來越多。本書的主要目的是給電子數字鐘表裝配企業的工程技術員、管理人員及工人提供較系統的基本知識。文字力求簡明通俗，內容包括電子鐘表的基本原理、生產過程和檢修方法。

此外，隨着電子鐘表在市場上的銷售越來越多，購買者對電子鐘表的工作原理多少會感到興趣，本書也可供上述無綫電業餘愛好者閱讀參考。

編著者

1977年8月

# 萬里書店出版

## 「模型製作」叢書



模型製作是一項有益身心的活動。青少年朋友，甚至已屆中年的朋友對模型製作大多具有濃厚興趣。本叢書通過一台起重機、一輛架空纜車、一艘活動船、一座望遠鏡、一架滑翔機以至一個光學模型的製作，來啓發青少年的智慧，加深對光學、電學、力學、熱學、機械結構原理等的了解。也進一步幫助青少年熟識材料和工具的使用。養成愛科學、愛自己動手的好習慣。是青少年們的良知益友。

自製望遠鏡	李明編著	4.20
小型馬達應用模型	秦焜編著	4.60
太陽能應用模型	陳文編著	4.00
滑翔飛機模型	秦明編著	4.60
物理實驗模型		即出
自製反射式天文望遠鏡	唐唯清編著	3.40
電動機械模型	秦焜編著	4.60
電動模型船	梁偉華編著	3.60
電動模型車	馮立編著	4.00
電動玩具	鮑書劍編著	5.00
光學模型製作	李明編著	4.80
少年科學製作圖解①	曾近榮編著	3.80
少年科學製作圖解②	曾近榮編著	3.80
少年科學製作圖解③	曾近榮編著	3.80
少年科學製作圖解④		3.80

# 目 錄

## 寫在前面

<b>第一章 數字電子鐘表的基本原理</b> .....	1
一、概述.....	1
二、石英穩頻振盪器.....	7
三、觸發電路.....	14
四、分頻電路.....	16
五、計時部分的數字計數電路.....	20
六、數字電路的顯示.....	26
七、數字管.....	30
<b>第二章 CMOS場效應集成電路</b> .....	36
一、CMOS 集成電路的優點.....	36
二、場效應管的種類.....	38
三、MOS 場效應管的工作原理.....	40
四、MOS 場效應集成電路的製造過程.....	50
五、CMOS 基本邏輯電路.....	54
<b>第三章 數字電子鐘表的裝配</b> .....	64
一、材料的檢驗.....	64

二、清潔處理	70
三、黏結	70
四、焊接	75
五、測試	80
六、封膠	80
七、校準	81
八、裝配工場注意事項	83
<b>第四章 數字電子鐘的製作實驗</b>	<b>84</b>
一、各種電子鐘集成電路	84
二、電子鐘製作實例	103
<b>第五章 數字電子鐘表的檢修</b>	<b>108</b>
一、常用測試儀表	108
二、檢修方法	110

# 第一章 數字電子鐘表的基本原理

## 一、概 述

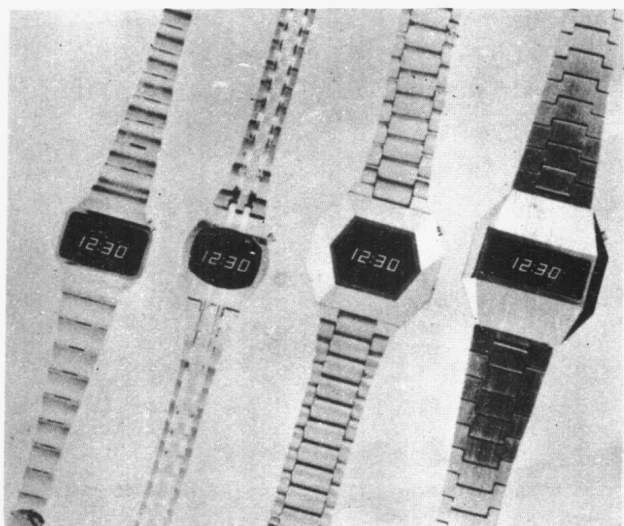
### 1. 數字電子鐘表簡介（以下簡稱電子鐘表）

電子表是什麼？它和一般傳統式手表又有什麼分別？電子表的表身是裝在石英晶體(Quartz crystal)上的，表內裝有電池，接通電流後，機件便會工作。表內有一個微型積分電路，由數以百計的電子元件構成，這些元件與袖珍計算機所採用者類似。時間每過一秒，積分電路便將這些擺動變成一個脈衝，然後再將秒積聚成分，將分積聚成時，積小時成爲日，這類手表顯示時間的型式可分三種：

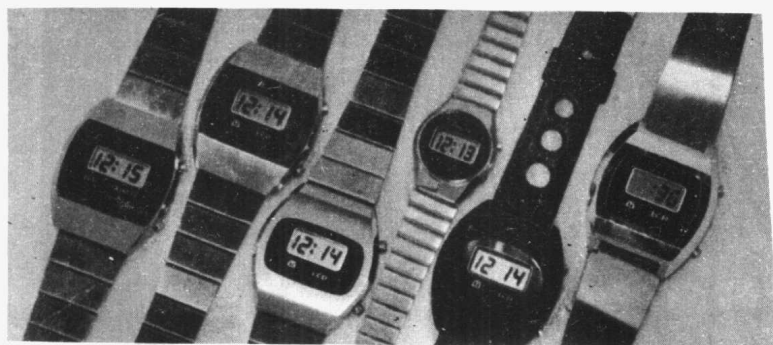
①發光二極管 (Light emitting diode)顯示型 這類表的表面會顯示出小型紅色數字，需要看時間的時候，按動按鈕，時分便會顯示出來，呈現一、二秒鐘後，這些數字燈又自動熄滅。

大多數的電子表除了能顯示時分兩種數字外，還可以顯示日期和秒，不過並非與時、分的數字同時出現，如要顯示不同的數字，便要按動不同的按鈕，顯示秒的數字亦可繼續不斷地呈現。

②液晶體 (Liquid crystal display , 簡稱LCD) 顯示型顯示



發光二極管(LED)顯示型



液晶體(LCD)顯示型



的數字是由各劃聯接起來，時與分的數字繼續不斷地在表面上呈現，無須按鈕。

電子鐘所用積分電路與電子表相同，LCD顯示型積分電路同時適用於作鐘或表完全可以代用，所不同的只是顯示元件較大，款式各有不同而已。本書所論述的就是以上兩類電子鐘表。

③石英模擬形 (Quartz analogue) 這類表的表面與時分秒針都和普通手表一樣。表內晶體所控制的微型電動機促使表面的時、分、秒針運行。

電子鐘表的優點是非常準確。凡是電子石英表（鐘），不論價格便宜或昂貴，都是異常準確，在一個月內的快慢相差不出數秒，與傳統式手表比較，可以省回一筆保養費用，因為購買電子表所需的電池費用，可能比良好的傳統手表抹油費用便宜。電子表本身的售價也隨着工藝技術的進步而日益下降，最後可能下降到這樣一個程度：當你發現表內電池電量將要用盡的時候，就把

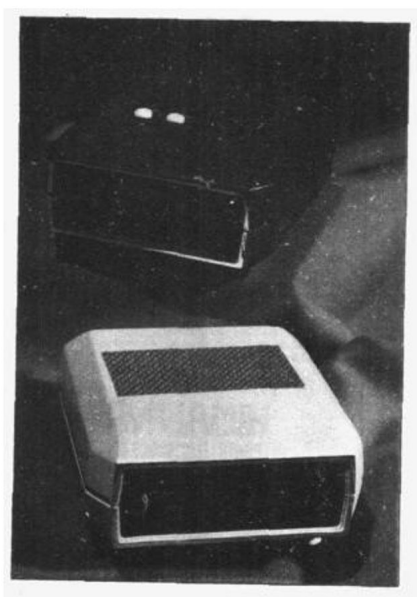
石英模擬(Quartz Analogue)型



它扔掉，因為買新電池的費用並不比買新電子表的價錢貴許多。

電子表也有它的缺點，凡是戴發光二極管顯示型手表的，如果要看時間，都必須用另一隻手按動表上的按鈕。假如因某種場合下需要看時間而又騰不出手來按動按鈕（例如雙手提着東西走路時）顯示時間的時候，就感到不方便了。至於液晶體顯示型手表，在黑暗中是看不見表上的數字的，需要有背光或外加光源才能看見數字。這類表用上幾年之後，液晶體會逐漸老化，顯示出來的數字變得模糊不清。這時需要更換上一塊新的 Display。

在電子技術日新月異的今天，電子表目前的缺點在不久的將來是完全可以在技術上取得突破的。



電子鐘

## 2. 電子鐘表電路設計原理

我們知道，時間是以秒為基準，每60秒為一分，而每60分為1小時，每12小時為一晝，它們在數學上的關係就是逢60進1及逢12進1，而逢60進1又可以分成逢10進1及逢6進1，它們的乘積就是逢60進1，這些進位制數，我們可以利用邏輯電路組合而獲得。

問題是首先產生一個穩定的基頻，將這個基準頻率減至1Hz，即每秒鐘輸出一個脈衝訊號作為秒的計時頻率。再按照以上的數學關係，將秒積聚成分，分積聚成時，如此類推，可作出年、月、日、星期的脈衝頻率。

獲得振盪頻率的方法很多，如由綫圈、電容組成的LC振盪；由電阻、電容組成的RC振盪。但這兩者很難得到穩定性高的振盪頻率。目前，大多數電子鐘表所用的是市電頻率（50Hz）或石英晶體振盪器所產生的穩頻，這兩者頻率的穩定性很高，前者是由發電廠發電機轉子轉速決定，發電機轉子有嚴格的轉速控制系統，所以交流電頻率相當穩定。後者的穩頻作用是由石英晶體獨有的特性所決定，這一點將在以後的論述中加以說明。

不論是何種類型的顯示元件，不管是發光二極管型還是液晶體型；不管是「鐘」還是「表」，電路元件不管採用的是晶體管還是集成電路(IC)，它們的電路結構都可由如下幾個部分構成：

穩頻振盪電路→脈衝電路→分頻電路→計時部分的數字計數電路→譯碼電路→數字顯示電路

### (1) 穩頻振盪電路

如上所述，市電頻率相當穩定，市電頻率有50Hz，也有60Hz，

可通過變壓器而獲得適合於晶體管或集成電路所需電壓。石英晶體振頻可用晶體管、電阻、電容、石英晶片所組成的振盪電路而獲得。

### (2) 脈衝的產生

市電或石英晶體振盪器所產生的振盪是屬正弦波，不能直接觸發數字電路，必須把正弦波變成方波脈衝，才能觸發分頻電路，如圖 1.1 所示。

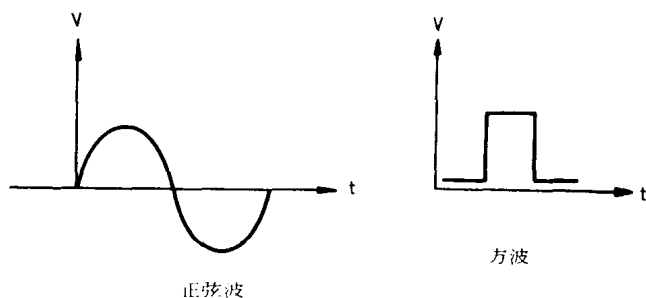


圖 1.1 正弦波和方波波形圖

### (3) 分頻電路

市電電頻一般為 50Hz 或 60Hz，石英振頻就更高了，在 10,000Hz 以上。這樣高頻的脈衝波不能作為計時頻率，必須把它降至 1Hz 才能作為計時脈衝。將較高的頻率降低，叫做「分頻」。頻率降低的倍數稱「分頻係數」，通常以  $n$  表示。若市電頻率為 50Hz，只需通過分頻係數為 5 和 10 的二級分頻即可得到 1Hz 的計時脈衝。石英晶體振盪頻率較高，因而採用多級分頻。

#### (4)計時部分的數字計數電路

如前所述，時間是以60秒構成1分鐘，60分構成1小時，它們的數學關係是逢60進1。在得到1Hz的秒脈衝訊號後，爲了得到分和時等的脈衝訊號，就要一個逢60進1的數字計數電路，這種進位數字必須很準，因此在電路結構上與前面所述的分類電路又有所區別。

#### (5)數字電路的顯示

數字電路輸出的是計時頻率的脈衝電流，要把電訊號變成相應的數字顯示出來，才能爲我們的習慣所接受，否則沒有什麼意義。這個任務由譯碼器和數字管來完成。由譯碼器出來的電能很小，在大多數情形下譯碼器之後加一級放大器，放大後的電訊號驅動數字管工作。

#### (6)數字管

按發光類型劃分，數字管有熒光數字管、半導體發光二極管及液晶體場效應管。從電路特性的角度來說，這些都是十進制數字顯示管，由7劃或9劃組成一個數字管，它能直接反映出十進制計數器所處的狀態。

## 二、石英穩頻振盪器

除市電作穩頻之基頻外，大多數電子鐘表都是以石英晶體作爲諧振子，以獲得極穩定的基頻。

什麼是石英諧振器呢？石英諧振器爲什麼能代替LC諧振回

路呢？用石英諧振器做成的振盪器爲什麼能有高的頻率穩定度呢？要回答這些問題，首先必須了解石英晶體結構和它的特性，以及它在電路中的作用。下面分別加以說明：

### 1. 石英諧振器的結構及其電特性

石英是一種結晶體，在結晶體不同方位切割成的薄片叫石英晶片。石英晶片所以能做成諧振器是基於它的壓電效應。

當機械力作用於石英晶片，晶片兩面將產生電荷，反之，當晶片兩面加不同極性的電壓時，晶體的幾何尺寸將壓縮或伸張，這種現象叫壓電效應。由於晶片本身的固有機械振動頻率只與晶片的幾何尺寸有關，所以非常穩定，而且可以做得非常精確。因此是一個十分理想的諧振系統。

石英晶片產生的諧振現象實質上是晶片在電路中相當於一個LC串聯諧振回路，如圖1.2所示。

$L_1C_1$  和  $R_1$  是晶片在振動時的等效電感、等效電容和等效電阻。 $C_0$ 是晶片兩面的敷銀層電極、支架和引綫電容的總和。 $C_0$ 的大小決定於晶片的幾何尺寸和電極面積，一般在幾PF~幾十PF。

根據測定結果，石英諧振器具有極大的等效電感 $L_1$ 和非常小

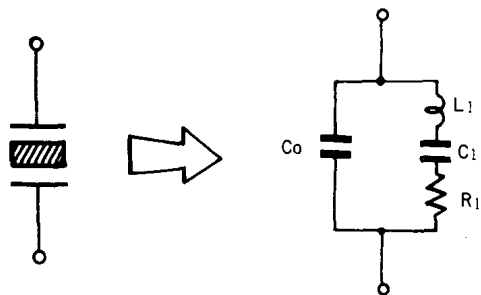


圖 1.2 石英諧振器的符號和等效電路

的等效電容 $C_1$ ，因此它具有很大的 $Q$ 值， $Q$ 是回路元件的品質因數， $Q$ 值愈高，則表示諧振回路的損耗愈少。所以用石英諧振器代替一般 $LC$ 回路可獲得很高的頻率穩定度。

從圖 1.2 可知，石英諧振器具有兩個諧振頻率——串聯諧振頻率 $f_s$  和並聯諧振頻率 $f_p$ ：

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \quad f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot \frac{C_1 C_0}{C_0 + C_1}}}$$

兩個頻率很接近，即 $f_p - f_s$ 非常小。

## 2. 石英諧振器的阻抗特性

石英諧振器的阻抗特性如圖 1.3 所示，從圖中可以看出，頻率在 $f_s$ 與 $f_p$ 之間石英諧振器的等效電抗為電感性，換句話說，石英諧振器相當於一個電感，在振盪器中正是利用這一頻率範圍的特性，做成各種晶體振盪器電路，其振盪頻率就在 $f_s$ 和 $f_p$ 之間。

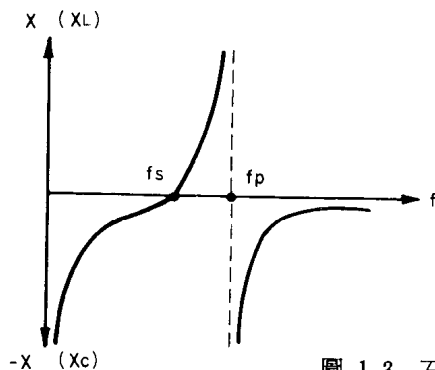


圖 1.3 石英諧振器阻抗特性圖

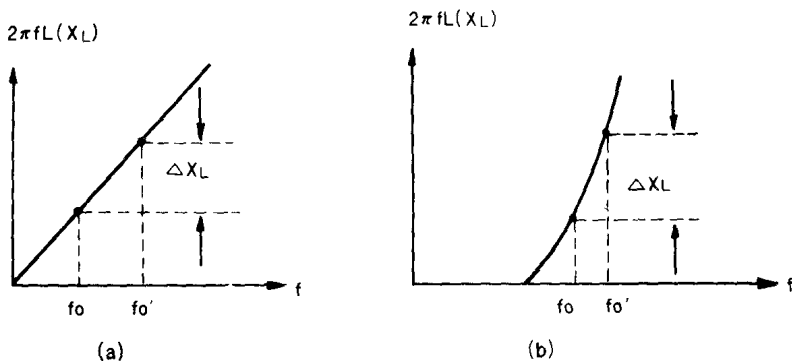


圖 1.4 普通綫圈石英的感抗與頻率的關係曲綫

下面我們以一般電感綫圈的感抗與頻率的關係直綫同石英諧振器的感抗與頻率關係曲綫作一個比較。如圖1.4所示，一般電感綫圈，如振盪回路中 $X_C$ 增大，則 $X_L$ 必須隨之增大才能繼續滿足振盪條件（ $X_C$ 為振盪回路中電容容抗）這時頻率便由原來的 $f_0$ 增加到 $f_0'$ 。從圖中可以看出，頻率變化較大。而在石英諧振器中，等效感抗隨頻率 $f$ 的變化陡峭，從圖中可見，頻率只要變化一個很少的 $\Delta f$ ，就能產生很大的 $X_L$ 來補償外部容抗 $X_C$ 的變化。也就是說外部容抗的變化對振盪頻率的影響很小，這就是晶體振盪器的頻率穩定度為什麼會比LC振盪器高的根本原因。

### 3. 石英諧振器的頻率溫度特性

石英諧振器只是在一個較窄的溫度範圍內頻率溫度係數較小，當溫度範圍較寬時，石英諧振器的頻率也將隨溫度的變化而變化。不同切型的石英諧振器的頻率溫度變化的規律也不相同。



圖1.5舉出幾種切型晶片的頻率溫度特性，其中AT切形的頻率溫度特性比較好，所以用得最廣。掌握石英諧振器的頻率溫度特性對於製造高準確性的電子石英鐘表有着很實際的意義。

石英振盪器短期的頻率不穩定主要是由溫度和元件參數的無規律變化所造成，而長期穩定度主要取決於石英的老化。由於石英諧振器在長期工作或存放中，它的參數要作緩慢的變化，從而引起頻率有規律的緩慢變化，這種頻率漂移要在長時期內才看得出來。

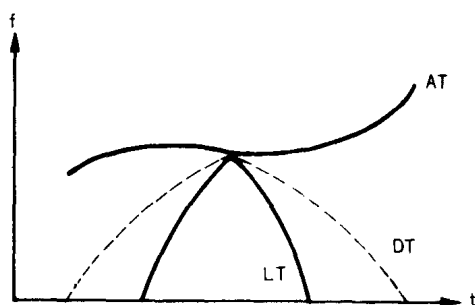


圖 1.5 石英諧振器的  
頻率溫度特性

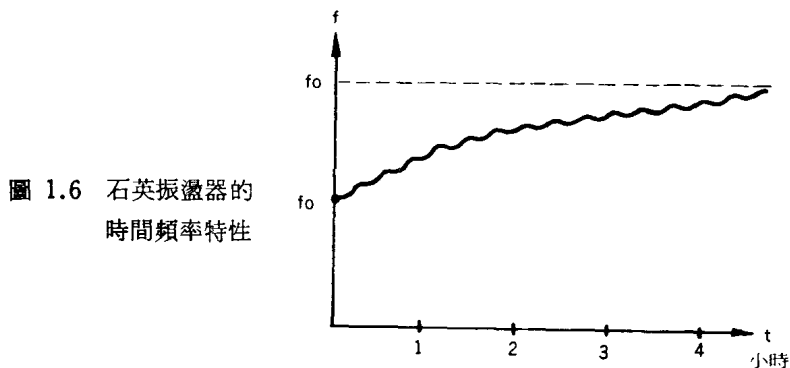


圖 1.6 石英振盪器的  
時間頻率特性