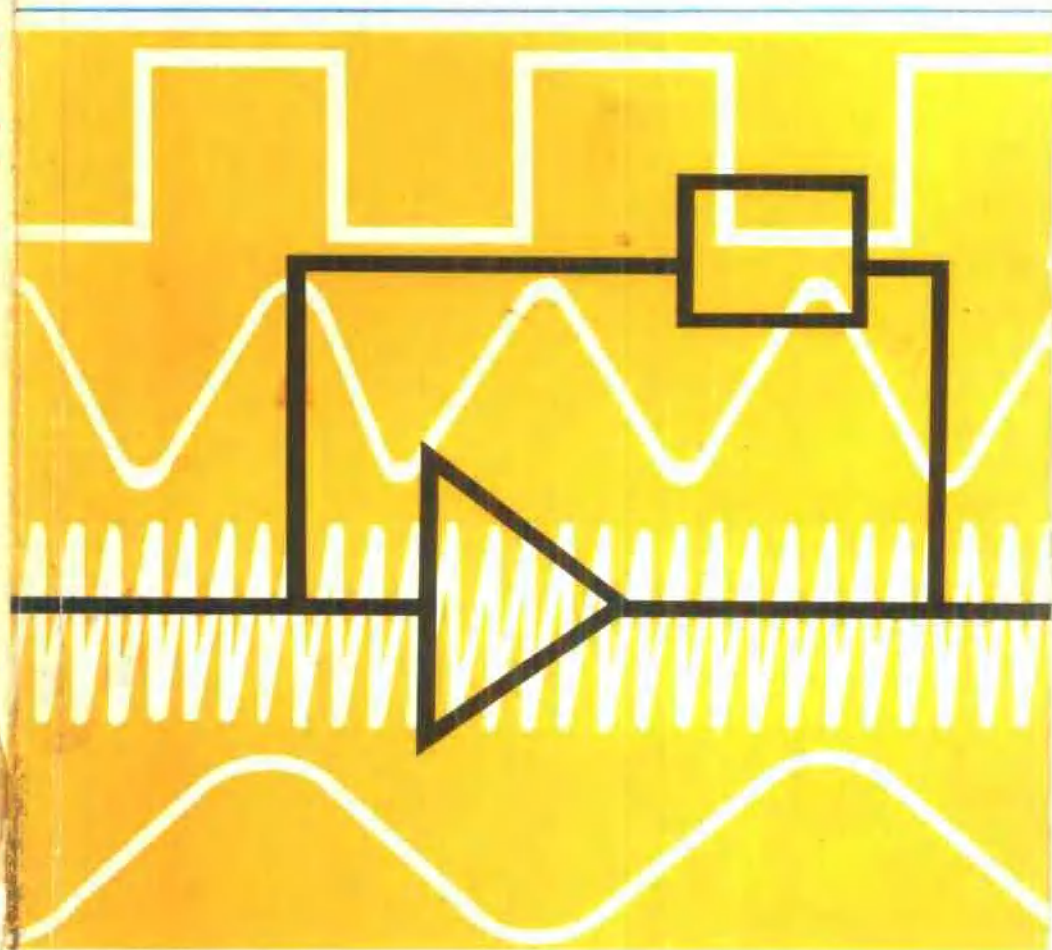


電子振盪器

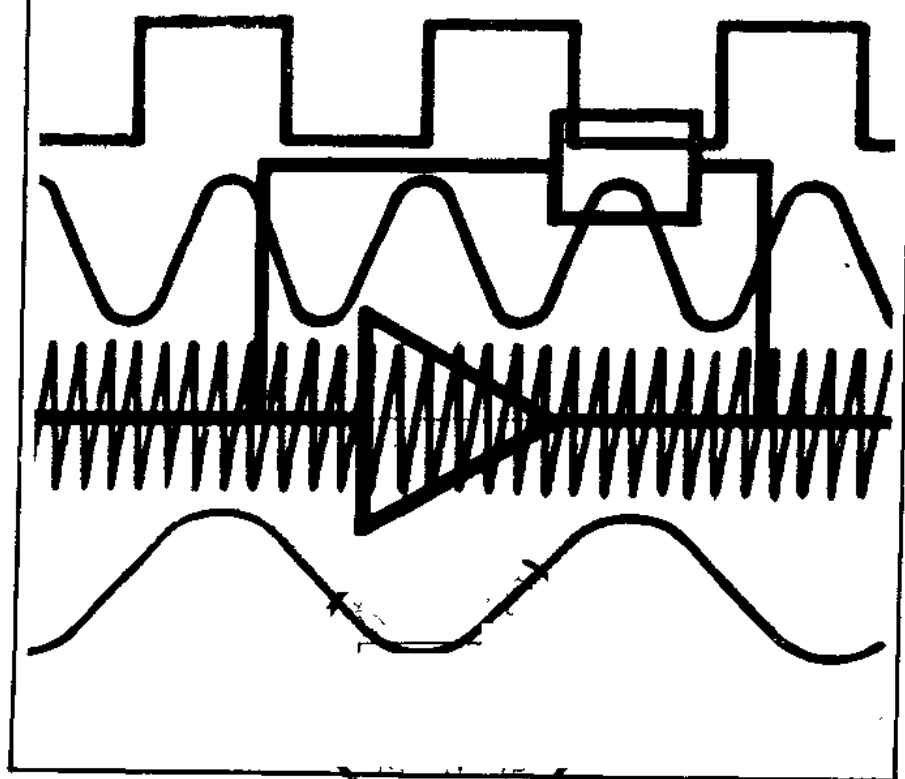
王秀仁編著



啟學科技系列 27

電子振盪器

王秀仁 編著



啟學科技系列

啟學科技系列 ●
● 出版者：啟學出版社
● 香港彌敦道樂德商業大廈808室
● 承印者：美都印刷公司
● 九龍官塘鴻圖道偉強工業大廈二樓
● 版權所有 請勿翻印
● PUBLISHED & PRINTED IN HONG KONG ●

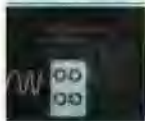
電子計算器



作者：陳國治

示波器

原理及操作



電晶體迴路

原理及設計



電子振盪器

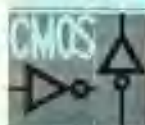


Hi-Fi 擴大器

原理及設計



CMOS 積體電路



圖解自動控制

原理及設計



空調原理與維修

原理及設計



SCR

原理及設計



自動化-省力化

實用原理



實用揚聲器技術

原理及設計



實用自動控制入門



圖解自動控制

原理及設計



示波器

原理及操作



音·响·技·術

原理及設計

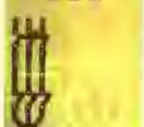


電感調諧器



產業控制系統

原理及設計



電力控制系統

原理及設計



錄音機原理

原理及設計



工業電氣

自動控制實務



三用電表的應用

原理及設計



圖解自動控制

原理及設計



AM-FM收音機原理

原理及設計



港澳東南亞各大書局均有經售

H.K.\$8.00

啟學科技系列

1. 實用自動控制入門·····	周賢溪編著	6.00
2. 圖解自動控制—入門篇·····	陳憲雄編著	10.00
3. 圖解自動控制—實用篇·····	陳憲雄編著	10.00
4. 工業電氣與自動控制實務·····	陳憲雄編著	24.00
5. 實用順序控制回路解說·····	陳憲雄編著	10.00
6. 自動化·省力化實用圖集·····	黃博治編著	10.00
7. 電氣接線圖入門·····	謝賢仁、簡輝龍編著	8.00
8. 產業控制系統接線圖·····	陳憲雄、謝賢仁編著	18.00
9. 電力控制系統接線圖·····	陳憲雄編著	18.00
10. 鑽模與夾具實例要覽·····	周賢溪、施成惠編著	10.00
11. Hi-Fi擴大器·····	曾金龍編著	8.00
12. 錄音機原理·····	黃政協編著	8.00
13. 音響技術·····	簡章華、林昆龍編譯	16.00
14. AM—FM收音機原理·····	黃政協編譯	12.00
15. 實用電晶體電路設計·····	陳逢春編著	14.00
16. 電晶體迴路設計與分析·····	林昆龍編譯	18.00
17. 電子計算器·····	洪添進編譯	8.00
18. 空調原理與維修·····	崔承慰編著	14.00
19. 實用揚聲器技術·····	陳文華編著	10.00
20. 微型電腦·····	簡世源編譯	20.00
21. 三用電表的應用·····	李台生、謝耀宗編著	6.00
22. 示波器原理及操作·····	李台生、謝耀宗編著	8.00
23. 示波器測試與應用·····	李台生、謝耀宗編著	8.00
24. SCR矽控整流器·····	歐文雄編著	7.00
25. 超高頻電視調諧器·····	戴奎生編著	13.00
26. RCA CMOS積體電路·····	胡曾淵、李海冰編著	8.00
27. 電子振盪器·····	王秀仁編著	8.00
28. HAKIAS MILLMAN積體電子學(上下)·····	薛興國、謝祖望合譯	各20.00
29. HAKIAS MILLMAN積體電子學題解·····	薛興國、謝祖望合譯	24.00

科技新知·應用技術·精編精譯·陸續出版·

E → C ? C → E ?

每一個學習英語的中國人，在研讀時都會碰到一些困難……………。
讓這兩位老師幫助你！

A NEW COMPLETE ENGLISH-CHINESE DICTIONARY

英漢 求解 作文 例句 五用辭典
文法 辨義



- 收錄基本單字一千七百餘個，次要單字六千三百餘個，分別以星號註明。均用國際音標註音。
- 字體醒目清晰，查閱不傷視力。
- 全書厚一千四百餘頁，廿五開本精裝，美觀實用。

◁ 每冊定價港幣四十元正 ▷

A NEW COMPLETE CHINESE-ENGLISH DICTIONARY

漢英 求解 名詞 四用辭典
辨義 成語

- 依據一般中文字典習慣查字法，亦即辭源、辭海等所用之部首順序排列，檢字方便。
- 單字特用陰文體編排，查閱時省時省力。
- 每一單字均有注音符號及羅馬字音表，以供參攷。

◁ 每冊定價港幣三十五元正 ▷



總經銷：



馬健記圖書發行公司

香港九龍旺角道順街103號 電話：K 956689(批發) K 956685(門市)

新法英語視聽教材

(錄音帶全部以國語講解)

編著：陳容柏

錄音：MISS LIZA COOPER, MRS. MARY P. JACKSON
MISS ALICE BROWN, MISS AMY FANG,
MR. PAUL Y. HOWARD, MR. STEPHEN MARJOS
MR. J. STEWARD

1. 學習英語・基礎課程 STEP BY STEP TO ENGLISH

• 適合初學者・全書三百多頁 附錄音帶三捲 定價港幣七十元

2. 日用英語進階 GRADED ENGLISH CONVERSATION

• 適合初中程度・全書三百多頁 附錄音帶三捲 定價港幣七十元

3. 萬用英語九百句型 900 SENTENCE PATTERNS OF ENGLISH

• 適合高中以上程度・全書五冊 附錄音帶六捲 定價港幣一百四十元

此套教材乃編者費了不少心血，請教過多位對英語教學深具經驗的教授，採用了語言學的研究成果，編纂而成。從簡單淺顯的單字開始，而至日常與英美人士相處交往的應用會話，逐步加深學習程度。

課文均中英對照，以助理解；而每課之後均附有單字片語選解、文法剖析，基本句型練習，對一般讀者所共同易犯的錯誤，更特別提出糾正，務使在學習時，更易領悟接受。

錄音者均為美籍男女教授，發音標準清晰，讀者可一面聽、一面自行模仿，並矯正發音上的錯誤，澈底訓練本身的表達能力，務期能自由地聽、自由地講。

本教材分為三輯，讀者可因應本身的程度，分輯選讀。

希望這套教材，能做你良好的家庭教師，以學會實用的流利英語。

總經銷：



馬健記圖書發行公司

香港九龍旺角通菜街103號 電話：K 956689(批發) K 956685(門市)

學習英語發音的幾種參考書

(錄音帶以國語講解)

英語拼音練習 -----附錄音帶一捲-----H.K.\$25.00

編著：陳容柏 錄音：MISS TERESA LI

適合一般初學者。從認識字母開始，列舉了音母音的拼法、淺近單字的拼法和讀法，此外，更將子音與母音配合而成各組不同的發音使初學者習慣於讀和聽，對以後的英語發音將有極大的幫助。

K.K.音標入門 -----附錄音帶一捲-----H.K.\$25.00

編著：陳容柏 錄音：MR. STEPHEN H. GREEN
MISS AMY FANG

K.K.音標又稱美國音標，乃由美國語言家KENYON和 KNOTT 兩人所創造。它有一句著名的口號：「一音一符」(ONE SOUND ONE SYMBOL)。因表現極科學，應用也方便，故現在一般英語教科書及字典均加以採用。

國際音標 -----附錄音帶二捲-----H.K.\$35.00

編著：陳容柏 錄音：MR. SIMON ANCHOR
MR. ROBERT K. CHAO
MISS ALICE CHAN

採用最新語音學方法，着重發音與字彙訓練。由易而難，由淺入深，固然適合初學者，而對一般英文有相當基礎者亦可藉以矯正發音上的錯誤。

總經銷：



馬健記圖書發行公司

香港九龍旺角通菜街 103 號 電話：K 956689 批發：K 956685 門市

目 錄

第一章 電子振盪器概論	1
1-1 電子振盪器分類與頻率範圍	1
1-2 振盪器各項特性	3
1-3 反饋振盪電路	10
1-4 負電阻振盪電路	18
1-5 微波振盪裝置	25
習題一	28
第二章 自控頻率 (Self - Control Frequency) 振盪器	31
2-1 電阻—電容振盪電路	31
2-2 電感—電容振盪電路	37
2-3 弛張 (Relaxation) 振盪電路	45
2-4 間歇 (Blocking) 振盪電路	50
2-5 多諧 (Multivibrators) 振盪器	57
2-6 雙腔電子調速管振盪器	60
習題二	68
第三章 晶體控制頻率振盪器	71
3-1 晶體構造與等效電路	71
3-2 晶體特性與振盪電路	77
3-3 部份飽和皮爾斯 (Pierce) 電路	83
3-4 場效電晶體皮爾斯電路	87
3-5 諧波與雙倒相級電路	92

3-6 密勒 (Miller) 振盪電路	95
3-7 高頻緩衝級與輸出級	96
習題三	101
第四章 音叉控制頻率振盪器	103
4-1 雙合金音叉 (Bimetal Fork) 結構與特性	103
4-2 音叉振盪電路分析	108
4-3 穩態飽和信號分析	112
4-4 振盪級設計	115
4-5 緩衝級與輸出級電路	125
4-6 整體音叉振盪器結構	128
習題四	132
第五章 濾波與相關電路	133
5-1 π 形低通濾波網路	133
5-2 低通有源濾波器 (Active Filter)	138
5-3 降頻 (Frequency Dividing) 積體電路的應用	142
5-4 低失真正弦波信號輸出級	146
5-5 精密百分比脈波	151
5-6 自動溫度控制電路	153
習題五	156
第六章 電子振盪器的測試與校準	157
6-1 振盪器特性測試	157
6-2 頻率校準, 溫度補償, 與音叉平衡 (Balance)	160
6-3 電熱爐溫度精密測試	164
6-4 極低頻率測試電路	165
6-5 絕緣耐壓測試電路	167

6-6 密封度測試裝置.....	169
習題六.....	170
附錄一 參考書籍與論文名錄.....	173
附錄二 實用整體振盪器電路.....	177
附錄三 濾波器設計表.....	187
附錄四 衰減器表.....	189
附錄五 分貝 - 功率換算表.....	190
附錄六 頻率 - 電抗表.....	191
附錄七 符號與記號.....	194
索 引.....	200

電子振盪器概論

將直流電能轉變成週期性交變信號的電路，稱為振盪電路。通常都是自激起始振盪，而不須外界加入觸發信號。高穩定度的振盪器，常常指包括振盪、緩衝、輸出等多級所組成的整體。這一章將作振盪器的分類，並介紹各類振盪器的實用頻率範圍與重要特性；接着分析各類振盪器基本結構與原理。

1-1 電子振盪器分類與頻率範圍

電子振盪器的分類，有多種不同的分法。舉常用的幾種，分項列述：

- (一)按照振盪電路基本結構來分，可分成反饋振盪器與負電阻振盪器兩種。
- (二)依照頻率穩定度來分，可分成自控頻率振盪器與機械振動元件控制頻率振盪器。實用的控制頻率振動元件有晶體、音叉、音片等。
- (三)依照振盪器輸出的波形來分，可分成弦式（Sinusoidal）信號振盪器與非弦式信號振盪器。最常用的非弦式信號是方波。
- (四)依振盪電路的工作點不同，可分成甲、乙、丙等類。甲類振盪電路產生近於弦式的信號，可供直接輸出。

微波振盪器多利用游離電子，饋放能量到諧振裝置以維持振盪。但因

2 電子振盪器

爲物理結構與一般個別電抗元件組成反饋有所不同。故將分開討論。微波段超高頻的信號亦可由某些負電阻振盪電路產生。例如透納 (Tunnel) 二極體振盪器。

各類電子振盪器的實用頻率範圍，可以列表表示，如表 1-1。

表 1-1 各類電子振盪器實用頻率範圍。表中①爲音叉，
②爲晶體，③爲自激，④爲微波振盪器

頻帶名稱與用途	頻 率 區 間	振 盪 頻 率 範 圍
實驗頻帶 SHF	470 至 7.5×10^5 百萬赫	
電視頻帶 UHF VHF	54 至 890 百萬赫	
海岸及飛航通訊， 警用等	1.6 至 54 百萬赫	
商用廣播	550 至 1600 千赫	
海岸及越洋通訊 等	10 至 550 千赫	
工業控制，計時 器，飛彈	20 赫至 10 千赫	
特殊儀表，工業 用等	0.0001 至 20 赫	

每種電子振盪器所能產生的最高頻率，通常是由有源裝置的結構，電

路，和元件等決定。由於降頻（Frequency Dividing）積體電路的廣泛被採用於振盪器，使得很多振盪器的最終輸出低頻極限，移向 0.0001 赫或更低的範圍。

表 1-1 中，音叉振盪器的頻率範圍不廣。但是因為機械結構強固而又具高穩定度，故成了最適於飛彈或火箭中使用的振盪器。目前美國正研究使用鎖相環（Phase-Lock Loop）電路，將音叉振盪器的基本頻率倍頻，以增廣其實用頻率範圍。此技術已獲致相當的成功。

表 1-1 中，晶體振盪器的範圍，並非一般石英晶體基本頻率的範圍。而是包括了晶體諧波振盪器的範圍。超過 40 百萬赫基本頻率的石英晶體，結構過薄難以實用。

表 1-1 中，自控振盪電路是泛指所有不使用天然振動元件控制頻率的振盪器。包括各種電阻 - 電容，電感 - 電容振盪器，負電阻振盪器等。大多數的可調頻率振盪器，都屬於這一類。微波振盪器亦可歸屬於自控振盪。但是因為僅限於超高頻振盪，故另列一範圍。可調頻率的微波振盪器中，以反向波振盪器（Backward Wave Oscillator）的頻率可調範圍最大。一般振盪頻率約在 2000 至 5000 百萬赫之間。可由一單獨的電源電壓改變，獲得 2 與 1 甚至 5 與 1 之頻率比。

1-2 振盪器各項特性

比較重要的電子振盪器特性有：(一)頻率 - 溫度穩定度，(二)長時期與短時期頻率漂移度，(三)機械結構強度，(四)頻率 - 電源穩定度，(五)負荷特性等。其他的特性，一般都屬次要。

(一)頻率 - 溫度穩定度：是指電子振盪器在沒有自動溫度控制裝備情況下，

4 電子振盪器

因溫度改變而造成頻率漂移的程度。各種不同用途所需考慮的溫度範圍不一。美軍軍用電子產品的溫度範圍是由 -55°C 到 $+125^{\circ}\text{C}$ 。一般商用振盪器的溫度範圍較小，而且都在上述溫度範圍之內。就各類電子振盪器的頻率—溫度穩定度加以比較時，以音叉振盪器為最佳。具有廣頻率範圍零溫度係數的晶體振盪器，亦具極佳的特性曲線。經過多次精密溫度補償的音叉振盪器，在軍用品溫度範圍內，往往可以得到 ± 25 百萬分之頻率差的特性。實際上，每一個音叉的頻率—溫度特性都不同。而且每一次溫度補償後，特性曲線亦經改變。在電動機械和人工的雙重修正後，可得近似於圖 1-1 所示的曲線。

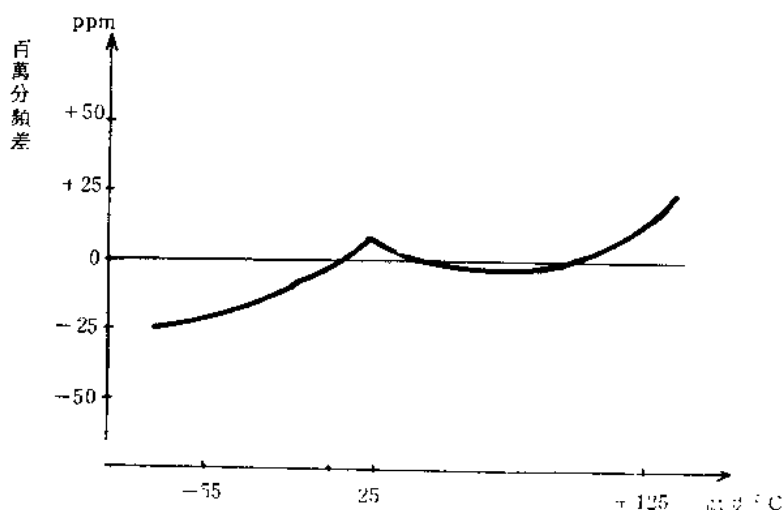


圖 1-1 音叉頻率—溫度特性

高穩定度的電子振盪器，常取百萬分之 (Parts Per Million) 頻率差作為頻率精確度的單位。一般習用三個英文字第一字母所組成的 ppm 作計量單位，其計算的公式是

$$\frac{f - f_0}{f_0} \times 10^6 = N \text{ ppm} \quad (1-1)$$

式中 f_0 爲所需的正確頻率， f 爲實際的振盪頻率， N 是一實數。 N 的數值就是百萬分之頻率差值。

【例 1-1】一系統中須用兩個 30 千赫的振盪器。經製造而得的兩個振盪器頻率各爲 30002 赫與 29996 赫。該二振盪器的百分之頻率差與百萬分之頻率差各爲多少？

解：先計算百分之頻率差

$$\frac{f - f_0}{f_0} \times 10^2 = M\%$$

$$\frac{30002 - 30000}{30000} \times 10^2 = 0.00667 \%$$

$$\frac{29996 - 30000}{30000} \times 10^2 = -0.01333 \%$$

再以公式 1-1 計算百萬分之頻率差

$$\frac{30002 - 30000}{30000} \times 10^6 = 66.7 \text{ ppm}$$

$$\frac{29996 - 30000}{30000} \times 10^6 = -133.3 \text{ ppm}$$

由例 1-1 可以看出，高精確度的振盪器，計算頻率誤差時，以使用百萬分之頻差單位 ppm 計算爲方便。另外，當實際振盪頻率低於正確頻率時，其百萬分之頻差爲負數值。

頻率—溫度穩定度稍遜於音叉振盪器的是 AT 切石英晶體振盪器。其

6 電子振盪器

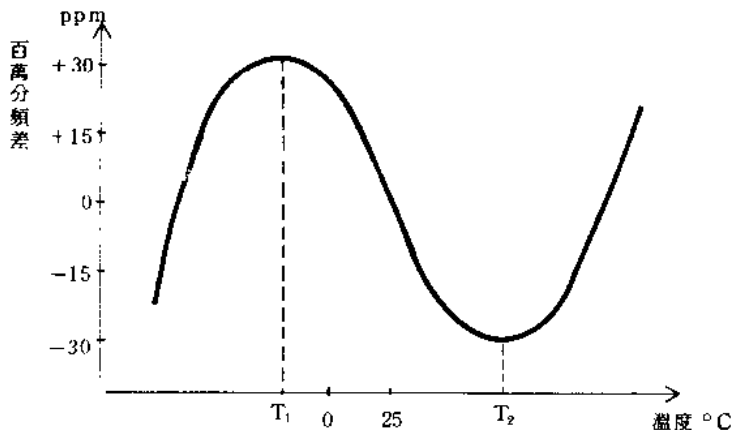


圖 1-2 AT 切石英晶體頻率—溫度特性

特性曲線常為橫的反 S 形曲線如圖 1-2 所示。

由圖 1-2 可以看出在溫度等於 T_1 和 T_2 時，晶體具有「零溫度係數」。也就是由於溫度變化所構成的頻率變化為零。

$$\left(\frac{df}{dT}\right)_{T=T_1} = \left(\frac{df}{dT}\right)_{T=T_2} = 0 \quad (1-2)$$

某些特殊角度割切而成的石英晶體，可以有相當廣溫度範圍的「近似」零溫度係數特性。換言之，其零溫係數並不只限於某些特定溫度點上。以一般 AT 切石英晶體言， T_1 的溫度低於攝氏零度，而 T_2 的溫度在攝氏 70 至 75 度上下。如果以自動溫度控制電熱裝置，將晶體振盪器的溫度維持在 T_2 的溫度，則頻率—溫度穩定度要比圖 1-1 和 1-2 所示特性優良得多。若再配合自動「溫度—頻率」補償電路，就構成了目前的尖端穩頻技術。

在比較圖 1-1 和 1-2 時，可以看出在室溫 25°C 上下 50°C 的範圍內，音叉振盪器特性要平坦得多。因此幾乎在所有情形下，都不須要將音叉加

以自動溫度控制。

自控振盪器在溫度變化時，電路元件如電感，電容，電阻數值的變化，構成大幅度的頻率漂移。漂移的數值常在100至10000 ppm之間。因此頻率—溫度穩定度比音叉與晶體振盪器差很多。

(二)長時期與短時期頻率漂移度 由於電路中元件的衰老，變值所造成的振盪頻率漂移程度謂之。長時期常指數個月以上的期間。短時期常指數星期以下，以至數小時為間隔的期間。就長時期漂移度而言，晶體振盪器具有最佳的特性。也就是平均的漂移值最低。特性曲線如圖1-3所示。

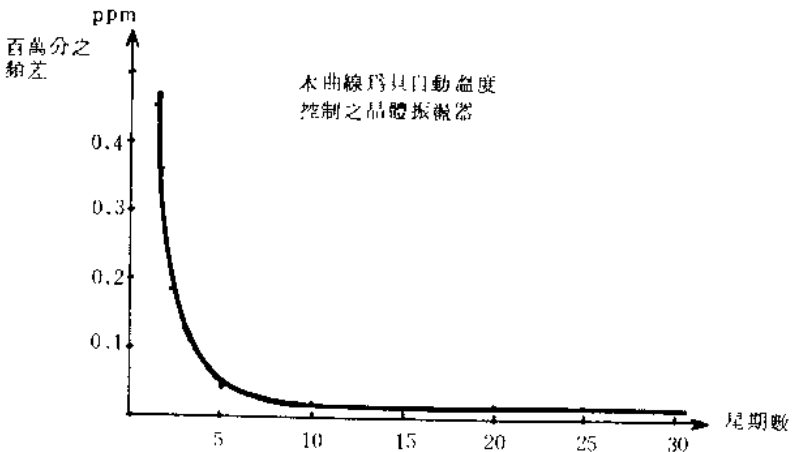


圖 1-3 晶體振盪器長時間漂移曲線

僅次於晶體振盪器的，是音叉振盪器。音叉振盪器的長時間漂移度常決定於焊封振盪器金屬外殼的良好與否而定。用於軍事用途的常須達到 10^{-6} 每小時立方厘米，一般的也要以沸水測試法，使其達到 10^{-5} 每小時立方厘米的標準。典型的音叉振盪器長時間漂移曲線如圖 1-4 所示：