

科學圖書大庫

最新電晶體電路圖集

編譯者 安守中

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

最新電晶體電路圖集

編譯者 安守中

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 陳俊安

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國七十二年十一月八日初版

最新電晶體電路圖集

基本定價 2.30

編譯者 安守中 中正理工學院電子系畢

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763
9271575
9271576
9286842

電話 9719739

序

本書的全部電路圖集包含五類電路圖及其說明，除了電路知識外，尚可學到實際應用的技能。第一篇包括雙極和場效電晶體和線性積體電路。第二篇包含TTL數位積體電路，和CMOS裝置。每個介紹的電路，都經著者製作及小心的檢查過。每個電路圖上標明各元件的數值。每個電路也有解釋及一些建議的實作步驟。

第一篇的電路1-1到第二篇的電路5-31，這些電路均經仔細安排，可以循序漸進的學習到固態電子的知識。每個電路都可實作，以得到實際的經驗。

如果你是初學者，建議你從本書的第1章讀起。本書的三大類電路有相互關係，對第1類電路的瞭解是瞭解第2類電路的基礎。如果你是老師或有經驗的技術員，你可以直接參考某一個電路，讓本書作為你最好的參考書。

本書所有電路，除電路4-1的5伏電源供應之外，都可製作在不需要銲接的電路板上。如此可免除焊接的麻煩，並可隨時拆除。電路的組合很容易，並立即可以應用。此書所有實習用電源，可用6到12伏的小電池。

電路4-5和5-1介紹的計時器和通用信號產生器非常重要，它將用在其他的電路實作中。

免焊接電路板市面有現貨，圖1是一塊電路板的照片圖例。本書大部分實習電路，只要用兩塊電路板連合，即可製作完成。此種電路板每個接腳由5個連接點組成。各接點有兩個獨立行。總接總數是94。電路板每側有一個連續的接點帶，供連接正和負電源電壓。

連接線可用AWG 24 號鉤線。記住電路板主要區內，每5點接在一起，對於幹線，從一端到另一端有連續連接。積體電路可以跨插於兩個接腳行之間。

電路的元件都是經常使用者，可以在電子元件零售商處找到。積體電路裝置，可以查看電子雜誌的廣告，找到代理商，如此可節省許多時間。特殊元件如果不易找到，也可查出手冊中可以替換的元件，其工作性能是相同的。

本書易讀易學，希望讀者能在輕鬆和愉快的心情下，學習更多固態電子學的必須知識。

安 守 中 謹誌

西元一九八三年八月五日

目 錄

序	I
第一篇 雙極電晶體、場效電晶體及線性積體電路	1
第一章 雙極電晶體電路	2
電路 1-1 雙極共射極放大器	2
電路 1-2 共基極放大器	5
電路 1-3 共集極電路級 (射極隨偶器)	6
電路 1-4 雙T形聲頻振盪器	7
電路 1-5 小信號聲頻放大器	7
電路 1-6 達令吞電路	8
電路 1-7 聲頻功率輸出電路級	10
電路 1-8 互補對稱放大器	11
電路 1-9 Pierce 雙極晶體振盪器	12
電路 1-10 有調諧輸出的晶體振盪器	13
電路 1-11 雙極C類放大器	18
電路 1-12 可變頻率雙極振盪器	20
電路 1-13 雙穩態複振器	21
電路 1-14 單接面電晶體振盪器	22
電路 1-15 發光二極體驅動器	23

第二章 場效電晶體電路..... 25

電路 2-1	場效電晶體共源極放大器.....	25
電路 2-2	共閘極放大器.....	28
電路 2-3	共排極電路 (源極隨偶器)	29
電路 2-4	穩定的共源極放大器.....	30
電路 2-5	分相器電路.....	31
電路 2-6	推挽式聲頻功率放大器.....	32
電路 2-7	場效電晶體 100 kHz 晶體振盪器	33
電路 2-8	Pierce 場效電晶體晶體振盪器	34
電路 2-9	場效電晶體調諧輸出晶體振盪器	35
電路 2-10	場效電晶體射頻振盪器放大器.....	36
電路 2-11	推挽式晶體振盪器	37
電路 2-12	場效電晶體雙穩態複振器.....	38
電路 2-13	場效電晶體變頻振盪器	39
電路 2-14	直接轉換檢波器	40
電路 2-15	雙邊帶信號產生器.....	41
電路 2-16	特高頻 (V H F) 振盪器放大器	43
電路 2-17	脈波 / 鋸齒波信號產生器.....	44
電路 2-18	金氧半導體場效電晶體共源極放大器.....	45
電路 2-19	垂直型金氧場效電晶體功率振盪器.....	49
電路 2-20	垂直型金氧半導體調諧輸出振盪器	52
電路 2-21	垂直型金氧半導體振盪器放大器.....	53

第三章 線性積體電路..... 55

電路 3-1	聲頻功率放大器.....	55
電路 3-2	運算放大器.....	58
電路 3-3	單電源運算放大器.....	61
電路 3-4	電壓隨偶器運算放大器.....	62
電路 3-5	高通濾波器	62

電路 3-6	低通濾波器	63
電路 3-7	通頻帶濾波器	64
電路 3-8	寬頻帶通頻濾波器	65
電路 3-9	不穩定脈波產生器	66
電路 3-10	可調頻率方波產生器	69
電路 3-11	555 固定頻率和可變延時脈波產生器	70
電路 3-12	100 kHz 555 晶體振盪器	71
電路 3-13	脈波位置調變器	71
電路 3-14	脈波寬度調變器	73
電路 3-15	波形產生器：正弦波和方波	74
電路 3-16	脈波和斜波產生器	75
電路 3-17	電碼練習振盪器和聲頻產生器	77
電路 3-18	555 方波產生器	78
電路 3-19	L E D 閃光器和振盪器	78
電路 3-20	低頻產生器	80
電路 3-21	長時間延時電路	82
電路 3-22	頻率合成器	85
電路 3-23	長計時範圍計時器	87
電路 3-24	搖控式電子衰減器	89
電路 3-25	點 / 線顯示驅動器	90

第二篇 TTL 及 CMOS 電路 95

第四章 電晶體至電晶體邏輯 (TTL) 數位電路 96

電路 4-1	5 伏調整電源供應器	96
電路 4-2	T T L 晶體振盪器	97
電路 4-3	10 進位分頻器	98
電路 4-4	百萬至 1 分頻器	100
電路 4-5	通用時鐘和脈波產生器	101
電路 4-6	數位反相器	103

電路 4-7	兩輸入及閘 (AND gate)	105
電路 4-8	兩輸入反及閘 (NAND gate)	108
電路 4-9	兩輸入或閘 (OR gate)	111
電路 4-10	兩輸入反或閘 (NOR gate)	114
電路 4-11	兩輸入 XOR 閘	116
電路 4-12	7 字段共陽極數位顯示器	119
電路 4-13	7447 BCD 至 7 字段解碼器	121
電路 4-14	BCD 十進位計數器和雙穩態開關	122
電路 4-15	BCD 十進位計數器和時鐘脈波產生器	124
電路 4-16	使用 NAND 閘的 RS 正反器	125
電路 4-17	時鐘 NAND RS 正反器	127
電路 4-18	使用 NOR 閘的 RS 正反器	129
電路 4-19	單穩態可調脈波產生器	131
電路 4-20	J - K 雙穩態正反器	133
電路 4-21	D 類邊緣觸發正反器	135
電路 4-22	四工鎖定器和顯示器電路	137
電路 4-23	16 進位 TTL 顯示器	140
電路 4-24	BCD 10 分之 1 解碼器	141
電路 4-25	8 數元位移記錄器	144
電路 4-26	雙電壓控制複振器	146
電路 4-27	4 數元加法電路	148
電路 4-28	4 數元大小比較器	151
電路 4-29	開集極 NAND 閘	152
電路 4-30	3 段選擇器和分配器	154
第五章 CMOS 積體電路		159
電路 5-1	通用時鐘和 CMOS 計數器	159
電路 5-2	CMOS 反相器	162
電路 5-3	CMOS AND 閘	164
電路 5-4	CMOS NAND 閘	167

電路 5-5	CMOS OR 閘	169
電路 5-6	CMOS NOR 閘	171
電路 5-7	CMOS XOR 閘	173
電路 5-8	CMOS XNOR 閘	175
電路 5-9	CMOS 預置計數器	177
電路 5-10	7 字段共陰極數位顯示器	178
電路 5-11	4511 BCD 至 7 字段解碼器	179
電路 5-12	BCD 正 / 倒十進位計數器	181
電路 5-13	計數器, 解碼器 / 驅動器組合	182
電路 5-14	CMOS RS 正反器	183
電路 5-15	CMOS NAND RS 正反器	185
電路 5-16	CMOS 鎖定 RS 正反器	186
電路 5-17	CMOS J-K 正反器	188
電路 5-18	CMOS D 類正反器	189
電路 5-19	CMOS 100 kHz 或 1 MHz 晶體振盪器	190
電路 5-20	晶體控制複頻率產生器	191
電路 5-21	100kHz - 50kHz - 25 kHz 或 1 MHz - 0.5 MHz - 0.25MHz 晶體頻率校準器	192
電路 5-22	二進位級進計數器 / 分頻器	193
電路 5-23	60 Hz 晶體控制信號產生器	194
電路 5-24	12 級級進計數器 / 分頻器	195
電路 5-25	1 秒至 1 分鐘計時器	196
電路 5-26	鎖相迴路	197
電路 5-27	四工雙投開關	201
電路 5-28	資料選擇器和分配器	203
電路 5-29	振盪器和 14 級二進位計數器	203
電路 5-30	CMOS 9400 電壓至頻率轉換器	206
電路 5-31	CMOS 順序產生器	207

第一篇 雙極電晶體、場效電 晶體及線性積體電路

第一章 雙極電晶體電路

電路 1-1 雙極共射極放大器

雙極電晶體是一種由射極，基極，和集極（圖 1-1）組成的裝置。射極和集極是正極性，分別在基極的兩側。基極在這個位置，可以控制電荷在射極和集極間的運動。雙極電晶體有兩個接面。射極接面在射極和基極之間，是前向偏壓，集極接面在基極和集極之間，是逆向偏壓。

當射極接面前向偏壓時，跨於接面有電荷運動（電流）。這些電荷載體能擴散通過集極接面，雖然它是逆向偏壓。電荷載體因集極電位的吸引，而跨過其接面並產生電流。當基極偏壓電流增加時，射極接面的前向偏壓更大，產生的集極電流更多。如果基極電流隨著信號改變，則集極電流產生相似並放大的改變。圖 1-1 的共射極放大電路中，跨於輸出產生一個電壓的變化。其電壓變化大於電路的輸入變化。所以共射極放大器沒有電壓和電流的增益。輸入和輸出電壓之間，有 180° 的相位轉變。

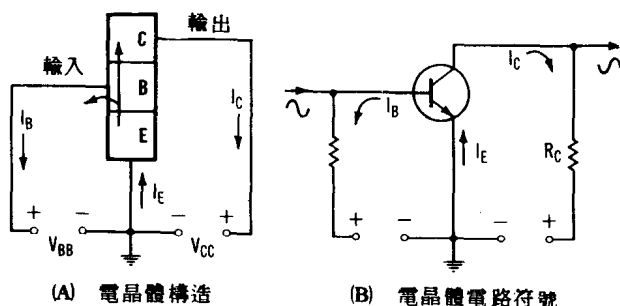


圖 1-1 基本雙極電晶體操作狀況。

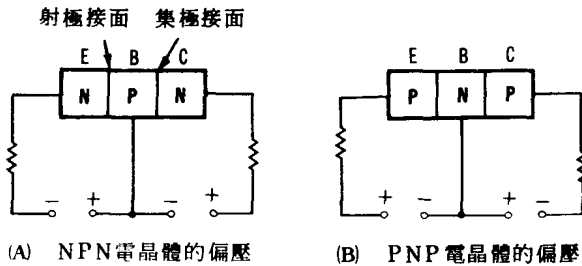


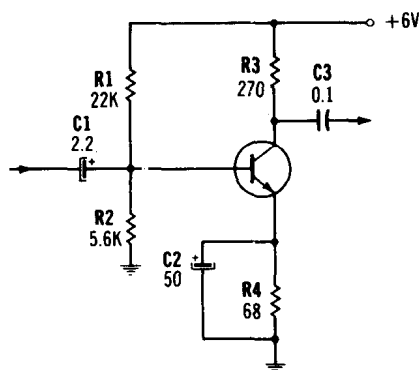
圖 1-2 雙極電晶體的偏壓。

雙極電晶體的射極接面是前向偏壓。此接面的電導高，且有較大基極電流。所以雙極性電路的輸入電阻很低，作為前級電路的負載時，必須考慮這個重要因素。級間交連系統必須配合此雙極電路的低輸入電阻，而設計匹配電阻。並且前級必須供給適當的信號電壓位準，使放大器級能在正常範圍內工作。

雙極電晶體有兩種基本形態：即有 P 型基極者，與有 N 型基極者（圖 1-2）。一個 npn 電晶體在正常操作時，集極為正電壓、基極對集極來說是負極性，故集極接面是負偏壓。射極接面必須前向偏壓，故射極對基極必須為負。基極加正偏壓，即可使射極接面前向偏壓。因為基極對 n 型射極為正，故射極電子跨過接面進入基極。這些電子擴散過基極，而被集極的正電壓吸引。最後電子再跨過集極接面，流入輸出電路。

pnnp 電晶體與此相反，它應該使集極加上負電壓。如此集極接面方能反向偏壓。同樣基極對射極必須為負，方能使射極接面成前向偏壓。這種情形在 P 型射極的電荷載體是正電荷，即電洞。它被基極的負偏壓吸引，跨過射極接面進入基極。正電荷擴散過基極，再被集極的負電位吸引。電荷跨過集極接面後，進入輸出電路。

圖 1-3 是實用的共射極放大器電路，它使用一般功能的雙極電晶體。電阻 R 3 是集極負載電阻，它選用的數值，使集極直流電流保持在約 1 毫安。電阻 R 4 是保持直流穩定的射極電阻。電容器 C 2 和電阻 R 4 產生一個時間常數，可使低聲頻的衰減降到最低程度。電容器 C 1 和 C 3 也影響低頻響應。它們選擇的數值，使最佳響應點保持到 100 Hz 以下。電路的高頻響應，保持在超過 20,000 Hz 的位置。



所有電阻均 $\frac{1}{4}$ 瓦

圖 1-3 使用一般功能雙極電晶體的共射極電路。

電阻 R_1 和 R_2 設定電晶體的基極偏壓操作電流。所給予的數值，用於 2N 2222 和 Radio Shack 的普通功能電晶體，可給予適當的偏壓。使用其他一般電晶體時，電阻 R_1 和 R_2 的數值必須調整。調整的方法是如圖 1-4 所示，在電路中插入一個電位計。輸出端跨接一個示波器。加一個 1000 Hz 聲頻信號於輸入端。調節電位計以獲得一個對稱而不失真的聲頻輸出。輸入端要確定不可被聲頻信號源過度驅動。為了獲得足夠低的測試信號位準，聲頻源和 C_1 之間可能需要插入幾個串聯降壓電阻。

如果沒有現成的示波器，可以調整電位計，使集極電壓約 3 伏，此

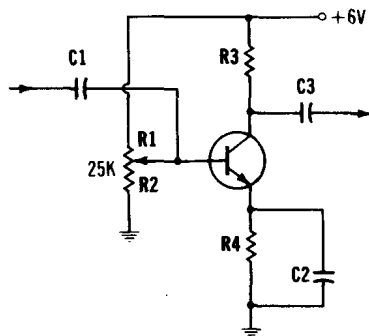


圖 1-4 使用電位計設定 R_1 和 R_2 的數值。

即為大約良好的工作狀態。注意此值是電源供應電壓的半值。將電源拆除，然後測量電位計 R 1 和 R 2 的電阻。此兩電阻即可用於圖 1-3 的電路中。

電路 1-2 共基極放大器

共基極電路中（圖 1-5），信號是加於射極和共用極之間，由集極和共用極之間取輸出。圖 1-1 的共射極電路中，信號加於基極，而由集極取輸出。共基極放大器的電壓增益很大，電流增益小於一個單位。共射極放大器的電壓和電流增益均很大。

共基極放大器的輸入阻抗很低，而輸出阻抗較高。故它可以用於普通需要變壓器，作低輸入和高輸出阻抗匹配的任何電路，它同時又可以得到電壓增益。

圖 1-6 是實際使用的共基極放大器級。使用同一個 Radio Shack 的 2009（與 2N 2222 相似）電晶體。元件均相同，但重新作了安排。電阻 R 1 現在是輸入阻抗。電容器 C 2 和 R 2 並聯，它與 R 2，和 R 3 合併，提供必須的基極偏壓電流。由於共基極電路的輸入阻抗較低，電容器 C 1 的數值必須增加為 $220\ \mu\text{F}$ 。它使頻率響應低到約 120 Hz。高頻響應可超過 20,000 Hz。

共基極電路的輸入和輸出電壓是同相。前面共射極電路的輸入和輸出電壓有 180° 的反相。

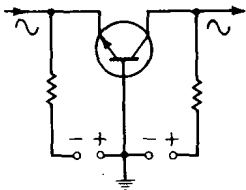
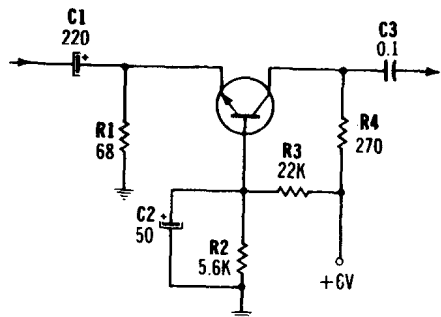


圖 1-5 基本共基極組態。



所有電阻均 $\frac{1}{4}$ 瓦

圖 1-6 共基極電路。

作電路測試時，所加的輸入電壓通常高於共射極電路的測試電壓，因為射極輸入電路的低阻抗負載影響。其電壓增益與共射極電路相似。適當調整電阻 R_2 和 R_3 的數值，可以得到最大不失真輸出。同樣如未要得到最大不失真輸出時的準確電阻值，可以使用電位計作測量。

電路 1-3 共集極電路級（射極隨偶器）

在共集極組態中，輸入信號以加於基極，輸出由射極取得（圖 1-7）。共集極或射極隨偶器電路是一種有效的阻抗匹配電路。其輸入阻抗稍高，而輸出阻抗非常低。此種電路的電流增益很大，而沒有電壓增益。設計適當的射極隨偶器電路，其輸出電壓可略低於輸入電壓。它通常作為高阻抗信號源和低阻抗負載之間的匹配。

輸出電壓和輸入電壓同相，共集極電路的另一個優點是，它能掌握高輸入信號位準，不致有失真，同時對於信號源的負載很低。

圖 1-8 是射極隨偶器電路。它使用的是 Radio Shack 的 2009（與 2N 2222 相似）電晶體。元件與電路 H 和電路 1-2 大約相同，但經重新安排。270 歐姆的負載電阻現在放在射極電路中。集極和地之間連接一個 $50\ \mu\text{F}$ 電容器，構成一個共集極電路。

此放大器的工作在聲頻輸入信號位準範圍內，低頻響應可低至 100 Hz。高頻響應可超過 20,000 Hz。

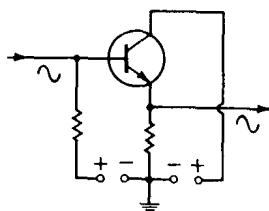
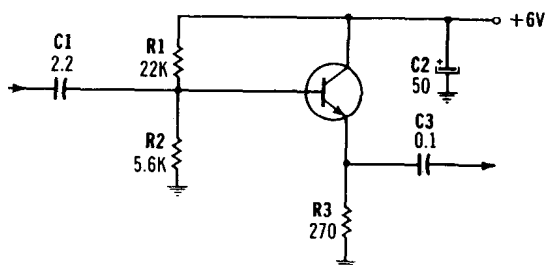


圖 1-7 基本共集極電路。



所有電阻均 $\frac{1}{4}$ 瓦

圖 1-8 射極隨偶器電路。

電路 1-4 雙 T 形聲頻振盪器

一個電晶體，如果輸出電路的信號，以相同相位送回輸入端，即可製作一個振盪器電路。因為共射極放大器電路有 180° 的相位移，故必須使用一個有 180° 相位移的濾波器網路。注意圖 1-9 中，雙 T 形網路連接在電晶體振盪器的集極輸出和基極輸入之間。同相位迴授只能在振盪頻率的某點發生，此頻率由雙 T 形網路的時間常數決定。圖 1-9 中各元件的數值，產生的輸出頻率約為 $1,000\text{ Hz}$ 。

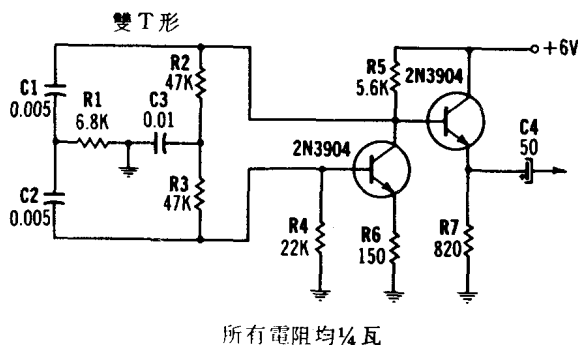


圖 1-9 電晶體聲頻振盪器。

振盪器使用一個 2 N 3 9 0 4 電晶體，其後的另一個相同型號電晶體，連接為射極隨偶器，以獲得低阻抗輸出。輸出端使用任何合理的負載，都不致改變振盪頻率。

欲改變振盪頻率，可更換電容器 C 1 和 C 2 的數值。使用 500 pF 電容器時，可得到 $10,000\text{ Hz}$ 振盪頻率；使用 $0.05\text{ }\mu\text{F}$ 電容器時，輸出為 100 Hz 。電阻 R 1 用一個電位計取代，可作網路特定頻率的細部調整。調整良好後，再以固定電阻取代之。振盪器射極電路中電阻 R 6 的數值，可以調整改變，以更改電路的輸出位準。

電路 1-5 小信號聲頻放大器

圖 1-10 是一個穩定的小信號，高增益放大器。注意其輸入級的集極直接交連到輸出級的基極。輸出級的信號和電流偏壓，均經此路徑獲