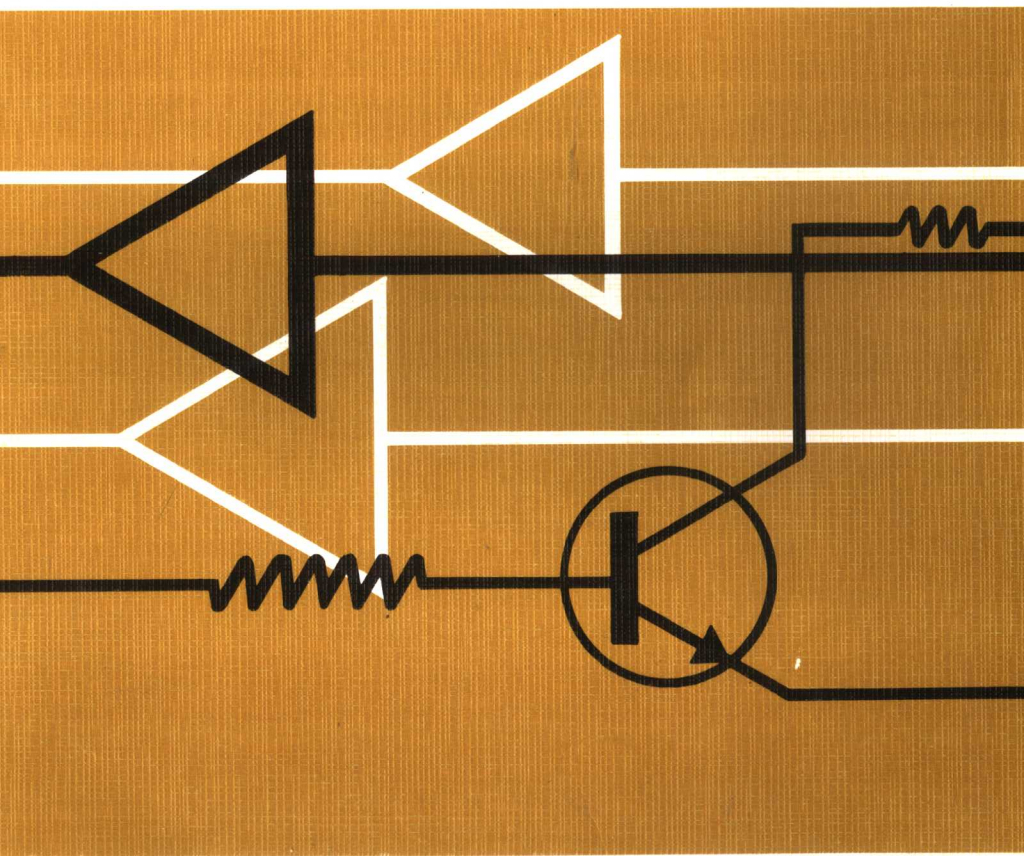


教育部審訂 高工適用

電子電路(下)

陳家源編著

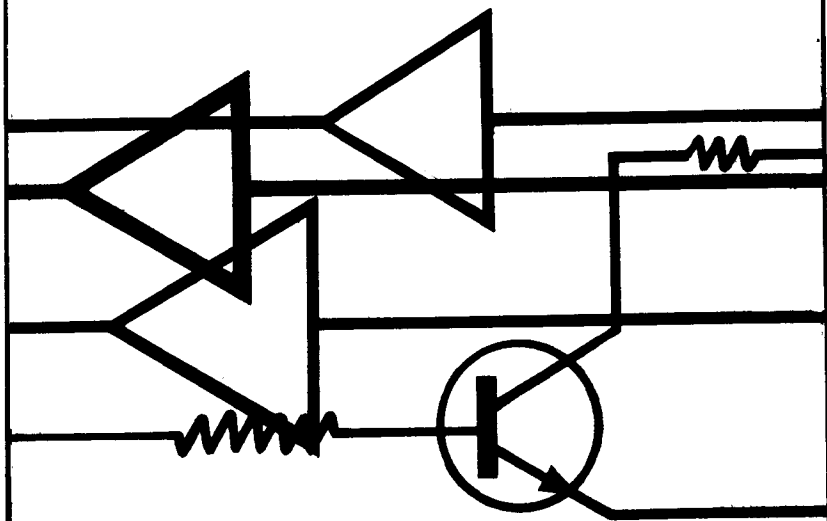


全華科技圖書公司 印行

教育部審定 高工適用

電子電路(下)

陳家源 編著



全華科技圖書公司印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

電子電路(下)

陳家源 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司
地址 / 台北市麗江路76巷20-2號2樓
電話 / 5071300 (總機)
郵政帳號 / 0100836-1號

發行人 陳 本 源
印刷者 宏懋打字印刷股份有限公司
電話 / 5084250 • 5084377

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)
地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓
電話 / 3612532 • 3612534

基 價 2.72 元
十八版 / 78年12月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0418081

編輯大意

1. 本書係遵照教育部民國六十三年二月修訂公佈的高級工業職業學校電子設備修護科電子電路課程標準編輯而成。
2. 本書計分二冊，上冊供電子設備修護科第三學年上學期，下冊供第三學年下學期每週三小時授課之用。
3. 本書所用名詞，係依照教育部公佈之電機工程名詞為準，並附英文原名，以資對照。
4. 本書附有插圖甚多，同時對各重要公式之應用，皆附例題，以期學者能徹底了解。
5. 本書雖經悉心校訂，仍難免有瑕疵之處，敬祈諸先進不吝指正是幸！

編者謹識

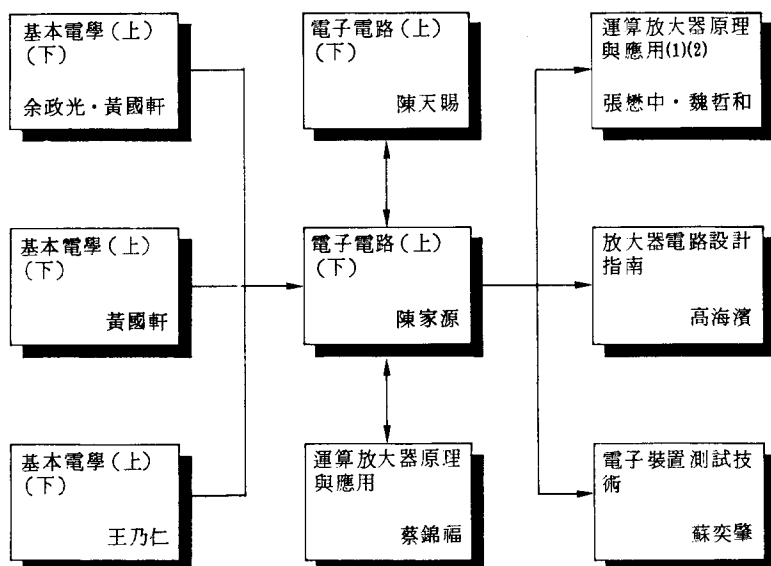
編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這方面的所有知識，它們由淺入深，且循序漸進。

現在，我們將這本「電子電路」呈獻給您。本書以流暢筆法，詳細介紹電子電路的應用與原理，其範圍自一般被動元件的電子電路，至運算放大器，與數位系統中的基本邏輯閘。故本書將提供您電子學中極其廣泛的知識，以了解各種基本電子電路之原理。故極適合高工學生作為教科書。

本書的特色是各種基本電路均做一般性介紹，故涵蓋範圍較廣，能指引初學者研究電子電路之方向。為方便您作有系統的研究此門學問，我們特地以流程圖方式列出相關圖書之閱讀次序，這將不但減少您研習此門學問時之摸索時間，同時可得到完整的知識。相信這對您將有很大幫助。若您有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流程圖



目 錄

第六章 單穩定及不穩定多諧振盪電路	173
6-1 集極交連單穩定多諧振盪電路	173
6-2 射極交連單穩定多諧振盪電路	179
6-3 單穩定多諧振盪電路的觸發	185
6-4 氧化金屬半導體場效電晶體單穩定多諧振盪電路	189
6-5 射極交連不穩定多諧振盪電路	191
習題	198
第七章 負電阻交換電路	203
7-1 負電阻特性	203
7-2 單穩定操作	205
7-3 雙穩定操作	207
7-4 非穩定操作	208
7-5 隧道二極體的應用	209
7-6 單接合電晶體的應用	214
習題	219
第八章 電壓時基產生器	221
8-1 概說	221

8-2	時基波的產生方法	223
8-3	負電阻交換產生方法	225
8-4	電晶體掃波產生電路	230
8-5	定幅掃波	234
8-6	定流掃波	236
8-7	密勒掃波產生電路	237
8-8	靴帶時基產生器	244
	習題	254
第九章	電流時基產生器	257
9-1	概說	257
9-2	電晶體電流時基產生電路	262
9-3	線圈分佈電容	264
9-4	線性改進方法	266
9-5	電視用掃波電路	272
	習題	276
第十章	間歇振盪電路	279
10-1	電晶體觸發間歇振盪電路	279
10-2	間歇振盪波寬控制方法	291
10-3	不穩定間歇振盪器	295
10-4	間歇振盪器的應用	303
	習題	303
第十一章	同步及分頻電路	305
11-1	弛張電路的脈波同步	305
11-2	掃波電路的分頻	308
11-3	單穩定弛張電路分頻器	315

11-4	弛張分頻電路的穩定性	317
11-5	掃波電路用對稱信號的同步	320
11-6	正弦波分頻使用掃波電路法	323
11-7	正弦波振盪器使用脈波同步法	325
	習題	328
附錄一 光電元件		331
1-1	導光體	331
1-2	光電池	334
1-3	光二極體	336
1-4	光電晶體	337
1-5	發光二極體	339
附錄二 各種半導體說明書		341
2-1	然納二極體	343
2-2	壓變電容二極體	345
2-3	中功率、乙類放大器用 NPN 電晶體	349
2-4	高性能放大器、振盪用 NPN 電晶體	351
2-5	N 通道接合場效電晶體	355
2-6	N 通道氧化金屬半導體場效電晶體	357
2-7	N 通道場效電晶體	361
2-8	P 通道場效電晶體	365
2-9	N 通道雙閘門氧化金屬半導體場效電晶體	369
2-10	PNP 功率電晶體	375
2-11	PN 單接合電晶體	379
2-12	參數可控制的單接合電晶體	383
2-13	用來觸發閘流體的雙向觸發體	387

2-14 開關電路用四層二極體	389
2-15 矽控整流體	393
2-16 雙向三極體	397
2-17 二極體光源	401
2-18 NPN 光電晶體	403
2-19 單穩定多諧振盪器積體電路	407
英文名詞索引	411

單穩定及不穩定多諧振盪電路

(Monostable and Astable Multivibrator)

前章敘述的雙穩定多諧振盪電路有兩個穩定狀態，電路可能存在於其中任何一個狀態，故名之為雙穩定。而所謂單穩定多諧振盪電路，即指電路只能穩定於一個特定狀態，如果外加觸發信號，則穩定狀態將轉換成另一暫存狀態，但隔一段時間後，電路又自動回復到原來的穩定狀態，不須再加任何觸發信號使電路恢復。其結果是，一個觸發信號輸入，即輸出一個方波信號，方波的週期遠大於觸發脈衝的週期。此種電路就好像槍隻的撞針觸擊後，即發射一顆子彈般的，故通常積體電路所謂的“ONE SHOT”，即指單穩定多諧振盪電路。而所謂不穩定振盪電路，則是指電路有兩個暫存狀態，一旦電源開上後，電路無法永遠保持於某一狀態，而在兩個暫存狀態之間交替轉換，形成振盪，輸出為週期性方波。由於它不須觸發信號，故可作為方波產生器。

6-1 集極交連單穩定多諧振盪電路

圖 6-1 顯示一集極交連單穩定多諧振盪電路，當電路處於穩定狀態時， Q_1 截止， Q_2 則飽和。此時，電容 C_1 上的電壓幾近於 V_{CC} ，此乃由於流經 R_{B2} 的電流使 Q_2 飽和，故 V_{BE2} 電壓極低，而由於 Q_1 截止，故 $V_{C1} = V_{CC}$ ，如此， C_1 上的電壓 $V = V_{CC} - V_{BE2} \approx V_{CC}$ 。

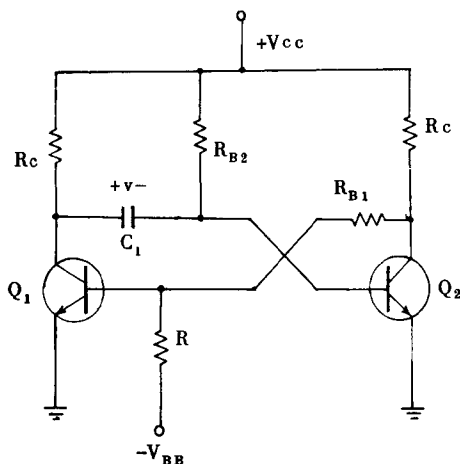
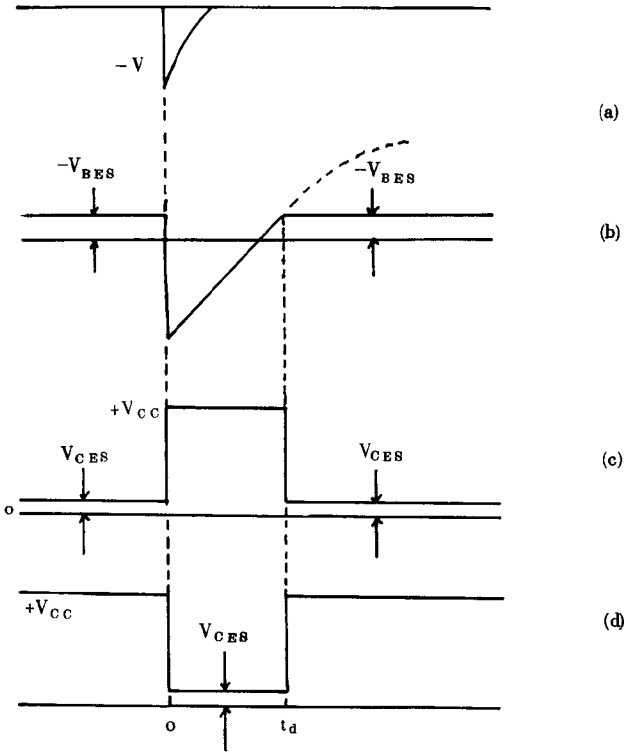


圖 6-1 集極交連單穩定多諧振盪電路

如果我們能加一負脈衝觸發信號至 Q_2 的基極，使 Q_2 截止，則電路即改變狀態。當 Q_2 截止後，其集極電壓上升成 V_{CC} 。因此， Q_1 的基極電壓亦跟着變正，使 Q_1 導通， V_{C1} 便降為飽和電壓約為 0.3 V 。此時 C_1 上積聚的電荷並不能忽然間放電，故如圖中極性所示， Q_2 的基極便受到負壓。因此，負的脈衝觸發信號使電路改變了狀態。此時， Q_1 流過的電流包含流經 R_C 的電流，及電容 C_1 的放電電流，故 C 上的電壓便開始下降，事實上亦即 $+V_{CC}$ 經電阻 R_{B2} 向電容充電。當充到使 Q_2 的基極導通後，約為 0.4 V ，便使 Q_2 飽和， Q_1 亦隨着截止，電路便恢復到原來的穩定狀態。如果沒有觸發信號再輸入，電路就一直保持在這個穩定狀態，

波形如圖 6-2 所示。圖中 t_d 稱為延遲時間，可以下式表示：

$$t_d = 0.69 R_{B2} C \dots\dots\dots (18-7)$$



(a) 加到 Q_2 基極的負脈衝觸發信號 (b) Q_2 基極的電壓， V_{BES} 表示電晶體飽和時的射基極間電壓 (c) Q_2 集極的電壓波形， V_{CES} 表示電晶體飽和時的射極集極間電壓 (d) Q_1 集極的電壓波形

圖 6-2 單穩定多諧振盪器的輸入及輸出波形

【例 6-1】 圖 6-3 顯示一集極交連單穩定多諧振盪器，元件數值如圖中所

示，矽電晶體的 $h_{FE} = 30$ 。試求出圖 6-2 中各電壓值，並繪出 V_{C1} ， V_{C2} 波形。

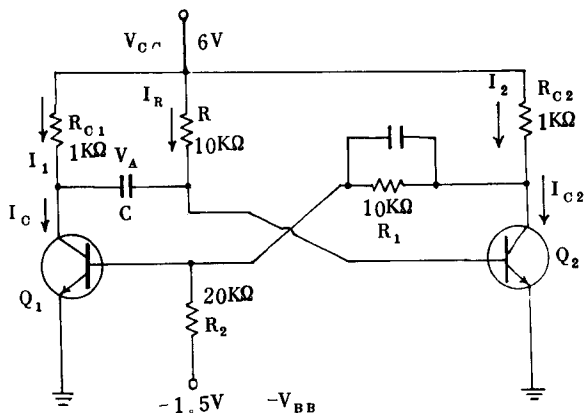


圖 6-3 例 1 的電路圖

【解】

- a. 由於為矽電晶體，故 $V_{CE(sat)} = 0.3 \text{ V}$ ， $V_{BE(sat)} = 0.7 \text{ V}$ 。首先我們假設穩定時 Q_2 飽和，然後再來證明此假設是正確的。由於 Q_2 飽和，故 $I_{C2} \approx I_2$ ，且 $V_{C2} \approx 0.3 \text{ V}$ ，故 R_{C2} 兩端的電壓降便為 $V_{CC} - V_{C2} = 6 - 0.3 = 5.7 \text{ V}$ ，

$$\text{得 } I_2 = 5.7 / 1 = 5.7 \text{ mA}$$

$$\text{故 } I_{C2} = 5.7 \text{ mA}$$

而 $V_{B2} \approx 0.7 \text{ V}$ ，故電阻 R 兩端的壓降為 $6 - 0.7 = 5.3 \text{ V}$

$$\text{得 } I_{B2} = 5.3 / 10 = 0.53 \text{ mA}$$

Q_2 飽和所須的 $I_{B2} = I_{C2} / h_{FE} = 0.19 \text{ mA}$ ，今由電路中計算出 I_{B2} 為 0.53 mA ，故 Q_2 確能飽和，前面的假設正確。假設既然正確，便可斷定

$$\text{電路穩定時 } V_{B2} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{C2} = 0.3 \text{ V}$$

- b. Q_2 既然飽和, Q_1 必定截止, 故 $I_1 = 0$ 。跨於電容 C 兩端的電壓 V_A 便為 $V_{CC} - V_{B2} = 6 - 0.7 = 5.3 \text{ V}$ 。

其次把 $-V_{BB}$ 及 V_{C2} 各看成獨立電源, 利用重疊定理得

$$V_{B1} = -V_{BB} \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{C2} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = -0.3 \text{ V}$$

此電壓值確能使 Q_1 截止。故可斷定

$$\text{電路穩定時} \quad V_A = 5.3 \text{ V}$$

$$V_{B1} = -0.3 \text{ V}$$

$$V_{C1} = 6 \text{ V}$$

現在假設有一負觸發信號加到 Q_1 的集極或 Q_2 的基極, 電路開始單穩定操作。則 Q_1 依本節所述, 當被推入飽和區操作, 此時之等效電路可繪如圖 6-4 所示。

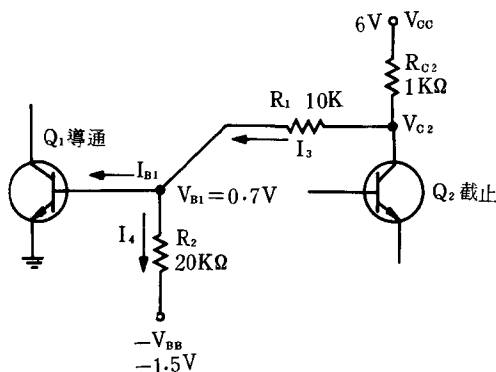


圖 6-4 單穩定電路進入操作時的等效電路

底下我們就來證明 Q_1 確能飽和。

- c. 依據假設, $V_{B1} = 0.7 \text{ V}$, $I_{C2} = 0$, 故

$$I_3 = \frac{V_{CC} - V_{B1}}{R_1 + R_{C2}} = \frac{6 - 0.7}{10 + 1} = 0.48 \text{ mA}$$

$$I_4 = \frac{V_{B1} - (-V_{BB})}{R_2} = \frac{1.5 + 0.7}{20} = 0.11 \text{ mA}$$

$$\text{故 } I_{B1} = I_3 - I_4 = 0.48 - 0.11 = 0.37 \text{ mA}$$

然後由圖 6-3 計算 I_{C1} 。由於電容 C 放電，而 Q_2 截止，故 I_R 必然經電容 C 進入電晶體 Q_1 。得 $I_{C1} = I_1 + I_R$

$$\text{今 } I_1 R_{C1} = V_{CC} - V_{C1} = 6 - 0.3 = 5.7 \text{ V}$$

$$\text{故 } I_1 = 5.7 \text{ mA}$$

$$\text{而 } I_R R = I_1 R_{C1} + V_A = 5.7 + 5.3 = 11 \text{ V}$$

$$\text{故 } I_R = 1.1 \text{ mA}$$

$$\text{得 } I_{C1} = 5.7 + 1.1 = 6.8 \text{ mA}$$

因此使 Q_1 飽和的最小基極電流 I_{B1} 便應為 $I_{C1} / h_{FE} = 0.23 \text{ mA}$ 。

在假設中求得 $I_{B1} = 0.37 \text{ mA} > 0.23 \text{ mA}$ ，故電晶體 Q_1 確能飽和，如此便可斷定當電路轉換狀態時， Q_1 飽和， Q_2 截止。得電路轉換時

$$V_{B1} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{C1} = 0.3 \text{ V}$$

b. 最後我們再來證明 Q_2 截止。首先亦假設 Q_2 已截止，則

$$V_{B2} = -I_R R + V_{CC} = -11 + 6 = -5 \text{ V}$$

V_{B2} 電壓確能使 Q_2 截止。

再利用重疊定理，得

$$\begin{aligned} V_{C2} &= \frac{V_{CC} R_{C1}}{R_1 + R_{C1}} + \frac{V_{C1} R_{C1}}{R_1 + R_{C1}} \\ &= \frac{6 \times 10}{10 + 1} + \frac{0.7 \times 1}{10 + 1} = 5.52 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{故得} \quad V_{B2} &= -5\text{V} \\ V_{C2} &= 5.52\text{V}\end{aligned}$$

現在便利用步驟 a, b, c, d 來繪出 V_{C1} 及 V_{C2} 的波形，如圖 6-5 所示。

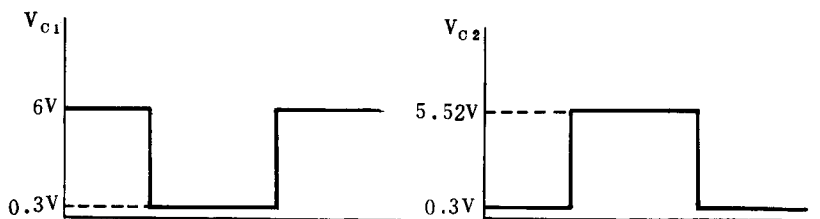


圖 6-5 (a) V_{C1} 的波形 (b) V_{C2} 的波形

6-2 射極交連單穩定多諧振盪電路

圖 6-6 顯示一射極交連單穩定多諧振盪電路。由圖中可以看出 Q_2 的集極至 Q_1 的基極間並無任何交連元件，卻由共同的射極電阻 R 。來提供回授，故稱為射極交連。此電路中不須加負電源。由於 Q_2 集極的電壓並不加入再生迴路裡動作，故自此點取輸出，不影響電路動作，甚為理想。同時，由於 Q_1 的基極並不連接到其他地方，故觸發信號可自此點加入，觸發信號源並不對電路構成負載。

圖 6-6 中，當電路穩定時，亦即沒有觸發信號輸入時， Q_1 截止， Q_2 飽和。此時， Q_2 集極的電壓 $V_{C2} = V_{CC} - I_2 R_{C2}$ ，由於 Q_1 不流過任何電流，故 V_{EN} 此時便等於 R 。($I_2 + I_{B2}$)，於是 Q_2 的集極電壓又可表成 $V_{C2} = V_{EN2} + V_{CE(sat)}$ 。而 Q_1 的集極電壓便為 $V_{C1} = V_{CC}$ 。現在假設於 $t=0$ 時，經 C_1 送入一個正脈衝信號，使得 Q_1 開始導通而流過一電流 I_1 ，這使得 Q_2 基極電壓亦瞬間下降，把 Q_2 推入截止區， Q_2 的集