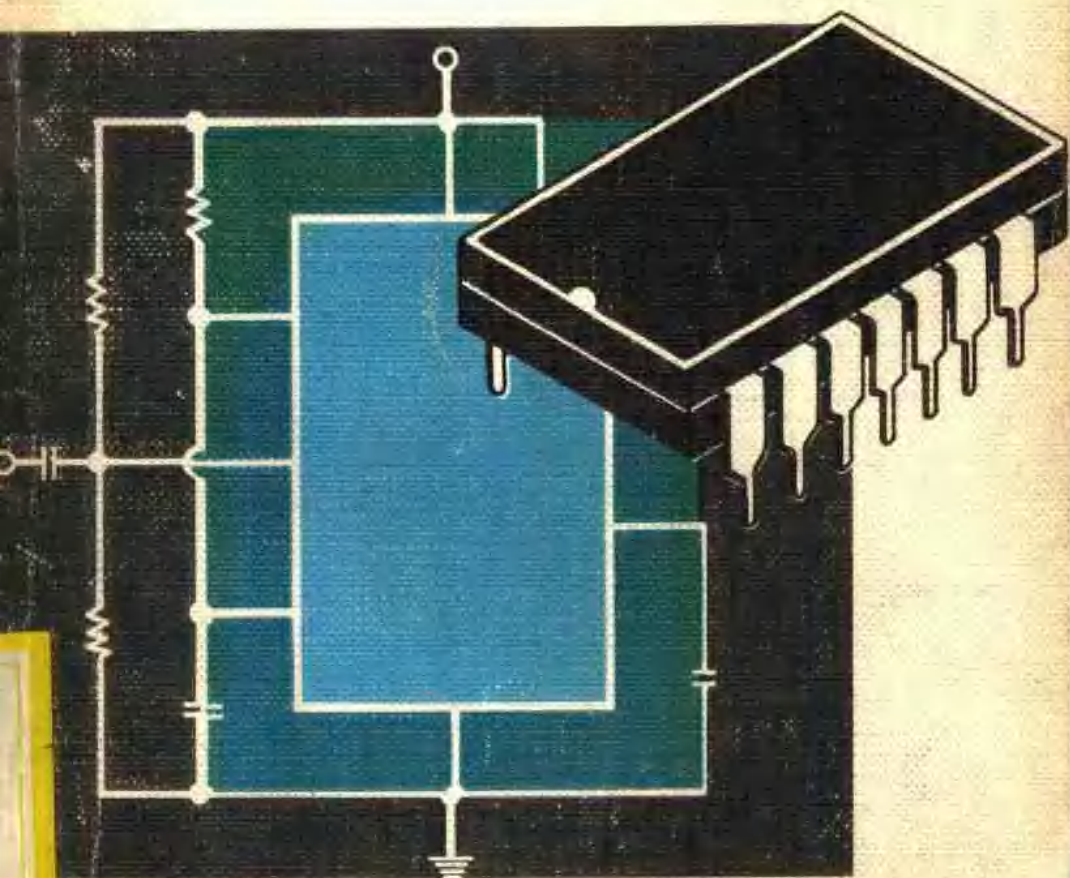


# IC定時電路設計手冊

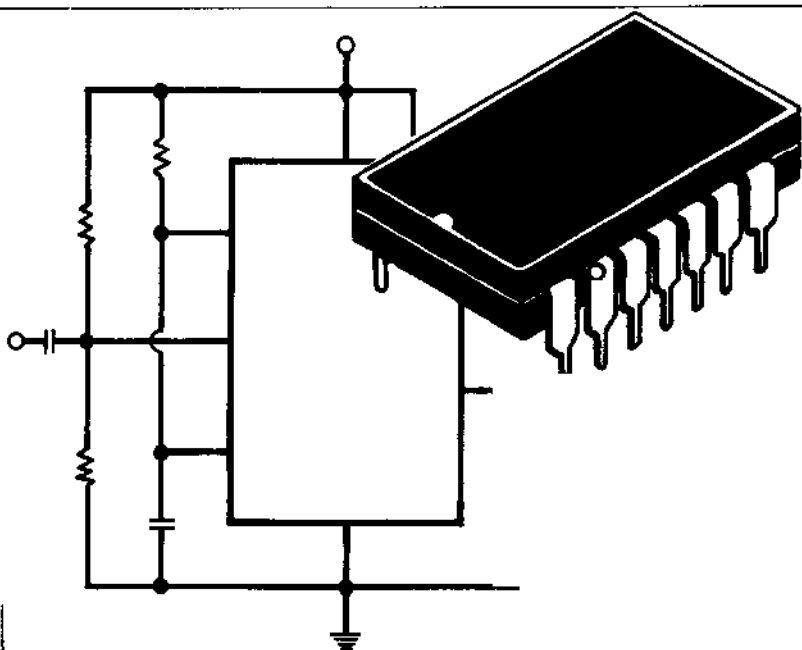
李文麟・張仲儒 編譯



全華科技圖書公司印行

# IC定時電路設計手冊

李文麟·張仲儒 編譯



印行 全華科技圖書公司印行



全華圖書 版權所有 翻印必究  
局版台業字第0223號 法律顧問：陳培豪律師

## IC定時電路設計手冊

李文麟 張仲儒 編譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司  
北市麗江路76巷20-2號  
電話：581-1300·564-1819  
581-1362·581-1347  
郵政帳號：100836  
發行者 陳本源  
印刷者 欣瑜彩色印刷廠  
定價 新臺幣 120 元  
再版 中華民國72年3月

# 原 序

在 1972 年 555 定時器被介紹之前，大部份的單穩態及不穩態 RC 定時電路均完全使用分離之半導體或 IC 做為活性元件設計之。555 之發明改變了整個電子世界，使得大部份應用中之定時器設計，只要用四至五個便宜之元件裝配即可，目前，一個 555（或其衍生元件）能滿足精確，簡單及廉價等定時器要求 75% 以上。

雖然在基本觀念或理論上並無革命性，但在 555 被介紹之後，很快就流行起來。也許是恰好碰上 IC 時代（將各組成物變成單晶片）的來臨。其流行程度雖已非其他線性電路可匹敵（運算放大器除外），不過電路設計者仍繼續生產新品及提供一些未經公佈之使用法。

當然，成功導致了較大積體方面之成長，IC 定時器很快的變成了雙體構造，而後變成了更複雜及廣範圍型，及定時器／計數器合併型，本書使用具代表性之工業用標準元件為例，討論所有類型之定時器。

如今 IC 定時器已成為週期大於  $10 \mu\text{S}$  所有 RC 定時器應用之王，且定時週期可任意擴大為數日，數週，或數月，各元件可由數家廠商取得，其具多方面性能，易於設計，易於規劃或控制，及易於成為數位元件之介面電路，IC 定時器代表了固態電子學另一進步的里程碑，且確實成為一種有利之工具。

本書所含的一些電路以前已經公佈過，本人特向提供觀念之各原作者致謝。

華特·瓊恩

## 譯 序

555 定時器之應用，真可謂千變萬化，層出不窮，讀者研讀完本書之後，一定會有同感。當然，單介紹 555 之應用未免有滄海一粟之感，本書還介紹了不少 555 的衍生元件，益增本書之可讀性。

本書所介紹的各種實用電路，不僅要求高性能，同時更要求簡單及價廉，正合乎工業界設計者之需求，有必要人手一冊，隨時參考，我想此即本書英文書名“IC TIMER COOKBOOK”之本意。

吾等於繁忙工作之餘，將本書譯為中文本，以饗同好，然而，由於吾等才疏學淺，譯文或有不盡滿意之處，同時，本書雖經數度校稿，亦或有百密一疏之誤，還望賢達之士，不吝指正，則感激不盡。

李文麟 識於電信研究所  
張仲儒

# 目 錄

<b>第一部份 積體電路定時器簡介</b> .....	1
第一章 RC 定時器基本論.....	1
1-1 單穩態 RC 定時器.....	1
1-2 不穩態 RC 定時器.....	4
第二章 積體電路定時器之類型.....	9
2-1 555 單體通用定時器.....	9
2-2 556 雙體通用定時器.....	23
2-3 322及 3905 廣範圍精確型單穩態定時器.....	26
2-4 2240, 2250, 及 8260 可規劃定時器 / 計數器.....	35
第三章 使用積體電路定時器之一般操作程序及其注意事項.....	51
3-1 標準接腳及端點標示.....	51
3-2 定時元件之考慮.....	55
3-3 一般設計注意事項.....	58
3-4 周邊元件.....	59
<b>第二部份 定時器之應用</b> .....	69
第四章 單穩態定時電路.....	69
4-1 具輔助輸出之 555 單穩態電路.....	70
4-2 反相輸出之單穩態電路.....	72
4-3 改進之反相輸出單穩態電路.....	73
4-4 手動激發單穩態電路.....	74
4-5 觸摸型開關.....	76
4-6 電源啟動之單擊 ( one shot ).....	78
4-7 可再開始之單擊.....	80

4-8	復激發之單擊	81
4-9	延時脈波產生器	83
4-10	可規劃之單穩態電路	84
4-11	可擴展範圍之單穩態電路	87
4-12	電壓控制之單穩態電路	89
4-13	線性斜坡單穩態電路	92
4-14	快速電壓 - 脈波寬變換器	94
4-15	長週期電壓控制定時器	96
4-16	比率計型之電壓 - 脈波寬變換器	98
第五章	不穩態定時電路	101
5-1	最少元件之不穩態電路	101
5-2	改進之最少元件不穩態電路	102
5-3	方波不穩態電路	103
5-4	具可擴展範圍之方波不穩態電路	105
5-5	322型方波不穩態電路	108
5-6	2240型“保證”方波不穩態電路	109
5-7	“雙體單擊”不穩態電路	110
5-8	“鏈型”不穩態電路	112
5-9	超過 555 定時週期之擴展控制	113
5-10	簡化之不穩態電路	120
5-11	閘控簡化型不穩態電路	121
5-12	可選頻率之不穩態電路	122
5-13	可規劃頻率之不穩態電路	123
5-14	線性斜坡不穩態電路	125
第六章	積體電路定時器之系統應用	133
6-1	邏輯函數中定時器之使用	133
6-2	輸出驅動電路	145
6-3	時間延遲繼電器電路	150

6-4	功能產生器	154
6-5	廣範圍脈波產生器	165
6-6	電壓 - 頻率變換器	168
6-7	頻率 - 電壓變換器	174
6-8	DC/DC 變換器	179
6-9	飛輪型電源故障振盪器	183
6-10	正弦波 / 方波振盪器	184
6-11	更精確之時序電源	185
6-12	通用定時器	197
6-13	時間標記產生器	198
6-14	相鎖迴路	200
6-15	雙極性梯形波產生器	203
6-16	A/D 變換器	205
6-17	速率警報器	207
6-18	監視電源錯誤之偵測器	208
6-19	竊盜警報器	209
6-20	警報指示器	211

### 第三部份 附 錄 ..... 215

附錄 A	廠商數據表	215
附錄 B	第二廠商指引	243
附錄 C	定時器配件製造商	245



# 第一部份 積體電路定時器簡介

## 1

### RC定時器基本論

討論 RC 定時電路最好以其動作之基本理論開始。經由吸收此等基本知識，吾人始能進行實際積體電路元件之設計工作。

#### 1-1 單穩態RC定時器

單穩態 RC 定時器之基本動作如 1-1 圖中之方塊圖所示。其由四種分離元件所構成：定時電阻器 ( $R_t$ )，定時電容器 ( $C_t$ )，開關 ( $S_1$ )，及臨限 / 控制電路。此電路動作如下：

在其未被激發或靜態狀態下，定時器之輸出為低電壓或幾為零電壓，且開關  $S_1$  為“關”，將電容器  $C_t$  定位於地。在輸入端得到激發脈波之後，控制電路使得開關  $S_1$  打開，並使輸出轉換至高電壓。此時定時器處於不穩態（即定時週期已開始）。

茲因  $S_1$  之開啓，電容器  $C_t$  開始經由電阻器  $R_t$  充電。此使得  $C_t$  兩端之電壓以指數上升，而形成一定時斜坡（見圖 1-1 中之時間圖）。此

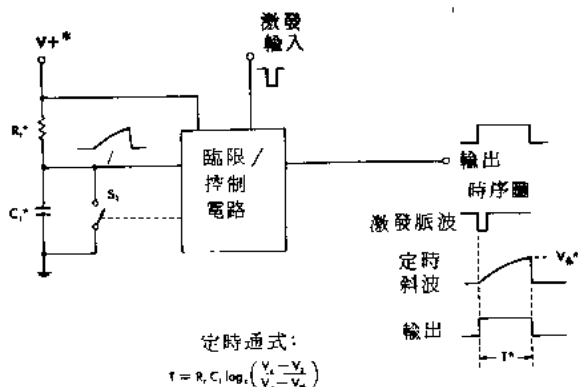


圖 1-1 說明單穩態 RC 定時器基本動作之方塊圖

電壓繼續上升直至其到達臨限電壓 (threshold voltage)  $V_{th}$  為止，此電壓為  $V_+$  之十分之幾而已。當定時斜波電壓到達  $V_{th}$  時，臨限電路則被復置 (reset)，輸出掉回零電壓，且單穩電路被中斷 (timed out)，此時電路已回至其等候 (或穩定) 狀態。

單穩態定時電路之輸出脈波具有脈波寬度  $T$ ，稱為定時週期 (time period)。此定時週期與  $R_1$ ， $C_1$ ，充電電壓 (通常為  $V_+$ ，此處為  $V$ )，及臨限電壓  $V_{th}$  有關。對  $T$  之一般表示式為

$$T = R_1 C_1 \log_e \left( \frac{V_+ - V_1}{V_+ - V_{th}} \right)$$

此處  $V_+$  為充電電壓，而  $V_1$  為  $C_1$  上之起始電壓。因  $C_1$  之起始電壓為零，對此特別情況，吾人能簡化此表示式，同時  $V_+$  以  $V$  代入，則其新表示式為

$$T = R_1 C_1 \log_e \left( \frac{V}{(V) - V_{th}} \right)$$

在此範例中，為了簡單化，故意避免指定實際之電阻值或電容值。同時，例中雖已使用正電源電壓 ( $V_+$ )，在理論上，吾人仍可使用負電源，負

向斜坡，負值  $V_{th}$  等。

圖 1-2說明如何聯接實際電路以實現此種單穩態定時器。此處  $R_1$  及  $C_1$  與圖 1-1中者相同，但  $S_1$  已被電晶體開關  $Q_1$  所取代。  $Q_1$  之功用為在等候狀態時短路  $C_1$ ，在定時週期時打開。控制功能乃由一正反器 (flip-flop) 完成之，其輸出乃波寬為  $T$  之單穩態定時脈波，此正反器同

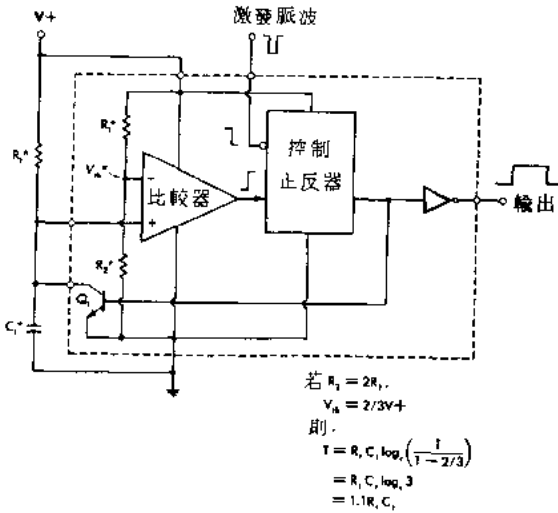


圖 1-2 基本單穩態 RC 定時器之電路結構

時亦控制電晶體  $Q_1$ ，當輸出為低電壓時， $Q_1$  “導通”，當輸出為高電壓時，則為“不導通”，臨限功能乃由比較器 (comparator) 及分壓器  $R_1 - R_2$  所構成，分壓器跨接於  $V_+$  (電源) 與地之間，其輸出電壓為臨限電壓  $V_{th}$ 。當定時斜坡等於  $V_{th}$  時，比較器之輸出改變其狀態。

此電路之動作程序已如前述，但更深一層之瞭解，須由下列得之。如若選擇電阻器  $R_2$  及  $R_1$  之比例為 2 : 1 ( $R_2 = 2R_1$ )，則分壓器之輸出電壓  $V_{th}$  為  $V_+$  之  $\frac{2}{3}$ ，依此事實，吾人可寫出週期  $T$  之特定式。因  $V_{th}$

$\frac{2}{3}V_+$ ，所有電壓均可由  $V_+$  表之。則

$$T = R_1 C_1 \log_e \left( \frac{V_+}{(V_+) - \frac{2}{3}V_+} \right)$$

其又可簡化為：

$$T = R_1 C_1 \log_e \left( \frac{1}{1 - \frac{2}{3}} \right)$$

或  $T = R_1 C_1 \log_e 3 = 1.0986 R_1 C_1$

由四捨五入得  $T = 1.1 R_1 C_1$ ，此乃臨限電壓為充電電壓  $\frac{2}{3}$  時，單穩態定時器週期之基本式。

此型電路中值得吾人注意之有趣點為其週期與  $V_+$  之絕對值無關。因  $V_{th}$  以  $V_+$  之分數表示之故。就數學上言，可謂  $V_+$  項被除掉，就電學上言，電容器由某一固定之分數電壓充電，並與之比較。兩法均得基本定時式完全與電源電壓無關。

## 1-2 不穩態RC定時器

不穩態 RC 定時器如圖 1-3 中之方塊圖所示。注意此圖中有多處與圖 1-1 相同。然而却具兩定時電阻器及兩臨限聯接線，乃因此型電路具有兩臨限值準之故。此兩臨限值準電壓為  $V_{th+}$  及  $V_{th-}$ 。電壓  $V_{th+}$  為電源電壓之某分量，而  $V_{th-}$  則為同一電源電壓較小之分量。另一說法為  $V_{th+}$  比  $V_{th-}$  更正，為電路動作之必要條件，此電路之動作如下：

首先，假設開關  $S_1$  為開路。在此狀態下，輸出為高電壓，且電容器  $C_1$  經由電阻器  $R_{1a}$  及  $R_{1b}$  充電至  $V_+$ 。此部份有些與前述單穩態定時器之情況相像。當跨越  $C_1$  之定時斜坡到達電壓位準  $V_{th+}$  時，此電路改變狀

態。此時輸出變為低電壓，其並使用開關  $S_1$  關閉。由於  $S_1$  之關閉， $R_{th+} - R_{th-}$  間之節點接地，此使  $R_{th-}$  與  $C_t$  並聯，且有效地將  $R_{th+}$  由電路移出。則  $C_t$  開始經  $R_{th-}$  放電，且定時斜波以指數下降至接地電壓。由跨越  $C_t$  兩端之電壓到達較低臨限  $V_{th-}$  時，電路復又回到其高電壓輸出狀態，由於  $S_1$  之打開， $C_t$  復又向  $V+$  充電。

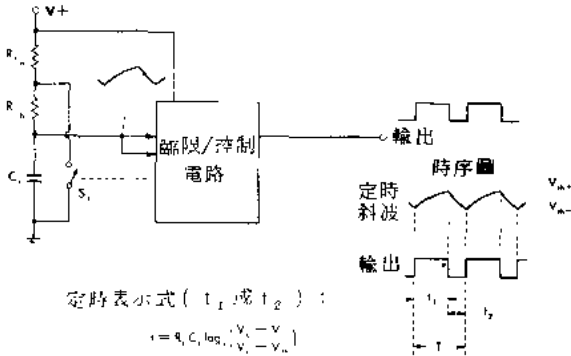


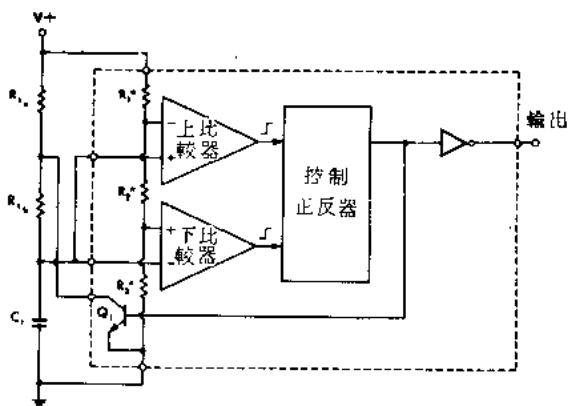
圖 1-3 說明不穩態 RC 定時器基本動作之方塊圖

此電路連續地在兩臨限電壓點  $V_{th+}$  與  $V_{th-}$  間振盪，其輸出在每當越過臨限電壓時改變狀態。參見圖 1-3 中之時間圖，正走向時期定為  $t_1$ ，即在此時期內，輸出為高電壓，負走向時期為  $t_2$ ，即在此時期內，輸出為低電壓，單一循環之總時間稱為  $T$ ，其僅為各別時期  $t_1$  及  $t_2$  之和。對每一時期而言，其通式亦為

$$t = R_t C_t \log_e \left( \frac{V_c - V_t}{V_c - V_{th}} \right)$$

實現此不穩態定時器之電路如圖 1-4 所示。此處吾人注意有兩比較器，即上限比較器及下限比較器。此等比較器建立兩臨限電壓  $V_{th+}$  及  $V_{th-}$ ，其為  $V+$  之分量，由分壓電阻串  $R_1 - R_2 - R_3$  所決定。上限比較器以較高電壓  $V_{th+}$  為參考，下限比較器以較低電壓  $V_{th-}$  為參考。電晶體  $Q_1$  進行與圖 1-3 中開關  $S_1$  相同之功能，而控制正反器驅動  $Q_2$  及輸出緩衝

器。



$$\begin{aligned}
 &\text{若 } R_1 = R_2 = R_3, & DF_{(1)} &= \frac{1}{3} \\
 &V_{th+} = 2/3V+ & &= \frac{R_1 + R_1}{R_1 + 2R_1} \\
 &V_{th-} = 1/3V+ & & \\
 &t_1 = (R_1 + R_1) C_1 \log_2 \left( \frac{2/3}{1/3} \right) & DF_{(2)} &= \frac{1}{3} \\
 &= (R_1 + R_1) C_1 \log_2 2 & &= \frac{R_1}{R_1 + 2R_1} \\
 &= 0.693 (R_1 + R_1) C_1 & & \\
 &t_2 = R_1 C_1 \log_2 \left( \frac{2/3}{1/3} \right) & & \\
 &= R_1 C_1 \log_2 2 & & \\
 &= 0.693 R_1 C_1 & & \\
 &T = t_1 + t_2 & & \\
 &= 0.693 (R_1 + 2R_1) C_1 & & \\
 &f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_1) C_1} & &
 \end{aligned}$$

圖 1-4 實現基本不穩態 RC 定時器之電路

在動作上，此電路恰似圖 1-3 所述者，且輸出及定時斜波與時間圖一致。C<sub>1</sub> 兩端之電壓在兩比較器臨限電壓 V<sub>th+</sub> 及 V<sub>th-</sub> 間振盪。R<sub>1</sub> + R<sub>1</sub> 及 C<sub>1</sub> 控制時間 t<sub>1</sub>，而 R<sub>1</sub> 及 C<sub>1</sub> 控制時間 t<sub>2</sub>。此等時間之通式已記於圖 1-3 中。在比較器臨限電壓 V<sub>th+</sub> =  $\frac{2}{3}V+$  及 V<sub>th-</sub> =  $\frac{1}{3}V+$  之情況下，t<sub>1</sub> 及 t<sub>2</sub> 之方程式如下：

對 t<sub>1</sub> 言，C<sub>1</sub> 兩端之電壓起於電壓 V<sub>th-</sub>（此即為 V<sub>1</sub>），並向 V<sub>+</sub>（此

即為  $V_c$  ) 充電，而到達其上限電壓  $V_{th+}$ 。則

$$t_1 = (R_{1a} + R_{1b}) C_t \log_e \left( \frac{(V+) - V_{th-}}{(V+) - V_{th+}} \right)$$

由於  $V_{th+}$  及  $V_{th-}$  以  $V+$  之分量表之，此寫成：

$$t_1 = (R_{1a} + R_{1b}) C_t \log_e \left( \frac{\frac{2}{3}V+}{\frac{1}{3}V+} \right)$$

其可簡化為：

$$\begin{aligned} t_1 &= (R_{1a} + R_{1b}) C_t \log_e 2 \\ &= 0.693 (R_{1a} + R_{1b}) C_t \end{aligned}$$

對  $t_2$  言，方程式均類似：

$$t_2 = R_{1b} C_t \log_e \left( \frac{0 - V_{th+}}{0 - V_{th-}} \right)$$

其簡化為：

$$\begin{aligned} t_2 &= R_{1b} C_t \log_e \left( \frac{-\frac{2}{3}V+}{-\frac{1}{3}V+} \right) \\ &= R_{1b} C_t \log_e 2 = 0.693 R_{1b} C_t \end{aligned}$$

總週期  $T$  僅為  $t_1$  與  $t_2$  之和，或

$$\begin{aligned} T &= t_1 + t_2 \\ &= 0.693 (R_{1a} + R_{1b}) C_t + 0.693 R_{1b} C_t \\ &= 0.693 (R_{1a} + 2R_{1b}) C_t \end{aligned}$$

因時間與頻率互為倒數，吾人亦可寫出動作頻率  $f$  之方程式：

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.693 (R_{1a} + 2R_{1b}) C_t} = \frac{1.44}{(R_{1a} + 2R_{1b}) C_t}$$

## 8 IC 定時電路設計手冊

各別時間 (  $t_1$  或  $t_2$  ) 與總週期  $T$  之比值稱為工作因數 ( duty factor )  $DF$ 。對時間  $t_1$  言，工作因數為

$$DF_{(t_1)} = \frac{t_1}{T} = \frac{R_{ta} + R_{tb}}{R_{ta} + 2R_{tb}}$$

對時間  $t_2$  言，工作因數為

$$DF_{(t_2)} = \frac{t_2}{T} = \frac{R_{tb}}{R_{ta} + 2R_{tb}}$$

摘要言之，有許多重要性質規定不穩態 RC 定時器之特性。定時週期由  $C_t$  及電阻器  $R_{ta}$  與  $R_{tb}$  所控制，動作頻率亦如是。工作週期由定時電阻器之比例所控制。同時，就此型及單穩態定時器而言，定時週期與電源電壓無關。

本章所陳述者，乃以  $R$  及  $C$  值定義動作為基礎，介紹極簡單且可預知形式單穩態及不穩態定時器設計之觀念。由此基本工作，吾人即可準備研究積體電路定時器之型式及其動作模式 ( modes )。



# 2

## 積體電路定時器之類型

雖然第一章沒有涵蓋所有的RC定時線路，但已足以瞭解利用此原理設計的積體電路。包括一般用途定時器555在內的許多積體電路都利用了它的全部或一部份的操作原理。在本章中，我們開始詳細說明555內部的工作情形，這些說明與第一章將是全書的基礎。

### 2-1 555一般用途定時器

NE555是Signetics公司在1972年製造出來的，不但是第一個問世的積體電路定時器，而且自那時起所設計的大部份裝置均使用它。555是一般用途的元件，可廣泛的應用於單穩及不穩兩種操作型式，事實上555的操作原理和第一章中所描述的相同，只是實際上有些微的差異，大部份製造廠商供應的555是以8腳TO-99鐵殼及8腳雙行(MINIDIP)包裝，而有些也供給14腳雙行(DIP)的包裝。