

實驗單元(三)－時脈與單擊脈波產生器電路

◎實驗單元摘要

在此項實驗中，將使用一個 IC 型定時器單元，並將它製作好以產生指定頻率的計時脈波。此電路需要外接兩個外部電阻及兩個外部電容。使用示波器『DC 耦合』方式，可以來觀察波形及測量頻率。

另外使用另一型式史密特 CMOS IC 來製作單擊脈波電路，就是單一脈波產生器。參閱 IC Data Sheet 的內容，可以運用 RC 積分電路或是 RC 微分電路來製作出單擊前緣觸發脈波產生器或單擊負緣觸發脈波產生器，脈波寬度可以依 RC 常數來適當調整其寬度。使用示波器『DC 耦合』方式，可以來觀察波形及測量其脈波寬度

以上兩電路為後續數位電路的時脈輸入使用，請同學組裝電路時，應適當配置您的麵包板空間，並力求接線整齊，以免造成後續測試電路的困擾。

◎學習目標

1. 了解 IC555 的電路結構及工作原理。
2. 學習使用 IC555 製作一個非穩態振盪器電路。
3. 學習使用 IC555 製作一個單穩態多諧振盪器電路。
4. 學習使用 CMOS IC 製作一個單擊脈波產生器及防止彈跳電路。

◎實驗單元目錄

一、實驗儀器設備與實驗材料表(P.03)

二、實驗預習(P.04)

三、零組件介紹(P.04)

■IC 555 計時器(Timer) (P.04)

四、電路說明(P.06)

■脈波產生器(P.06)

1.非穩態操作電路(P.07)

2.單穩態操作(P.10)

3.單擊脈波產生器電路(P.12)

五、實驗計算(P.14)

六、電路模擬(P.16)

七、實驗步驟與實驗測試項目(P.18)

八、實驗數據分析與討論(P.21)

九、撰寫實驗結論與心得(P.22)

十、實驗綜合評論(P.22)

十一、附上實驗進度紀錄單(照片檔)及麵包板電路組裝圖檔(照片檔) (P.23)

十二、實驗參考資料來源(P.23)

十三、實驗電路麵包板的接線參考圖(P.23)

◎實驗內容

一、實驗儀器設備與實驗材料表

表(一)：實驗儀器設備

項次	儀器名稱	數量
1	萬用電錶或三用電錶	1 部
2	示波器	1 台
3	電源供應器	1 台
4	線性 IC 測試器	1 台
5	數位 IC 測試器	1 台

表(二)：實驗材料表

項次	位 置 碼	元 件 說 明	用 量
1	R11	3.6K Ω 1/4W 5% 碳膜電阻	1 個
2	R12、R6	100 Ω 1/4W 5% 碳膜電阻	2 個
3	R21	12K Ω 1/4W 5% 碳膜電阻	1 個
4	R22	2.2K Ω 1/4W 5% 碳膜電阻	1 個
5	R3	VR 5K Ω 可變電阻	1 個
6	R4	330 Ω 1/4W 5% 碳膜電阻	1 個
7	R5	10K Ω 1/4W 5% 碳膜電阻	1 個
8	R7	100K Ω 1/4W 5% 碳膜電阻	1 個
9	C1	120 μ F/50V 電解質電容	1 個
10	C2、C5、C6、C7、C8	0.1 μ F PE 電容	5 個
11	C4	39 μ F/50V 電解質電容	1 個
12	D1	發光二極體	1 個
13	U1	單組 Timer IC 555	1 個
14	U2	CD4093	1 個
15	SW1	按鍵開關	1 個

二、實驗預習

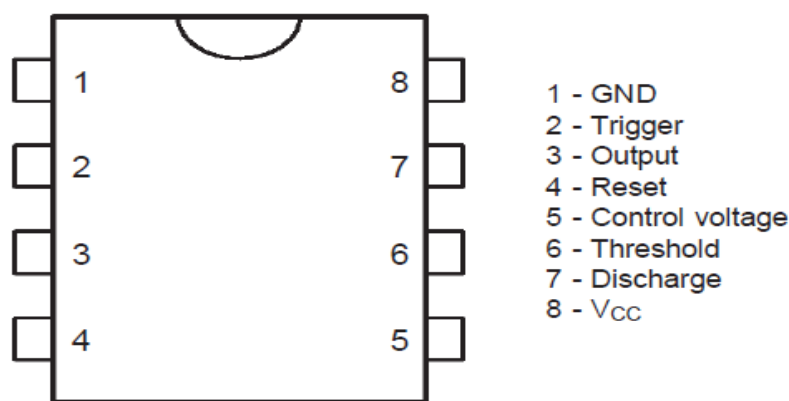
預習下列各問題，並了解其涵義，並能夠依要求設計元件。

- 1.實驗電路圖(3-1)中，能夠說明電容 C_4 的作用何在？
- 2.實驗電路圖(3-1)中，IC555 計時器內部所組成的基本元件。
- 3.能夠說明圖(六)：IC 內部連接圖與脈波邊緣觸發電路中， V_{IN} 、 V_I 及 V_{OUT} 此三節點波形的關係。
- 4.能夠了解實驗電路圖(3-2)中，節點[VO2]的脈波寬度 t_w 計算及原理，並能夠以更換元件，選用適當元件阻值來設計脈波寬度。

三、零組件介紹

■ IC 555 計時器(Timer)

IC 555 是一種單石(Monolithic)構造的高精確度 Timer 用 IC，如圖(一)所示。只需要少數的外加零件，即可容易的產生定時振盪波形。基本上 IC 555 是非常有用且便宜的 IC。有關此 IC 的資料，可參考所提供的 IC Data Sheet。[1]



圖(一)：電路元件 IC555[1]

1. IC 555 的一般特性：
 - a.只需簡單周邊元件(電阻及電容)，就能完成特定的頻率設定。
 - b.寬廣的時序設定，其範圍數小時至微秒。
 - c.可調整的工作週期(duty cycle)。
 - d.與 TTL(雙電晶體邏輯閘)相容。
 - e.輸出端能提供 200mA 的電流。

f.精確的計時特性高溫度穩定性佳且價格便宜。

2. IC 555 的內部結構：

它包含兩個電壓比較器，一個 SR 正反器，一個內部電晶體及一個電阻分壓器，如圖(二)所示。由 $V_{cc}=5V$ 經過 3 個內部電阻再至接地間的電壓分壓可產生 V_{cc} 的 $2/3$ 及 $1/3$ 值(即 $3.3V$ 及 $1.7V$)，來送入比較器的固定輸入。當接腳 6 的臨限輸入高於 $3.3V$ 時，上面的比較器可將正反器重定(Reset)，而輸出變成約為 $0V$ 的低準位。當接腳 2 的觸發輸入低於 $1.7V$ 時，下面的比較器可置定正反器(Set)，而輸出變成約為 $5V$ 的高準位。當輸出為低準位時， Q' 為高準位，電晶體的基-射極接面為順向偏壓。當輸出為高準位時， Q' 為低準位，電晶體變為截止。藉由外部 RC 控制，時脈電路具有產生高精確產生時脈波形的能力。

3.IC555 接腳圖及接腳說明：

- a.接腳 1：接地。
- b.接腳 2：觸發輸入(Trigger input)。
- c.接腳 3：脈波輸出。
- d.接腳 4：重置輸入(Reset input)，此接腳不用時，需接至 V_{cc} 。
- e.接腳 5：控制輸入電壓(Control input voltage)。

當作觸發電壓及臨界電壓之比較器的基準參考電壓，可以由外界輸入來設定，因此，可由外部控制輸出脈波的頻率或脈波寬度。如果不用時，為防止由外部感應而來的雜訊，一般將此接 $0.01\mu F$ 旁路電容接地。

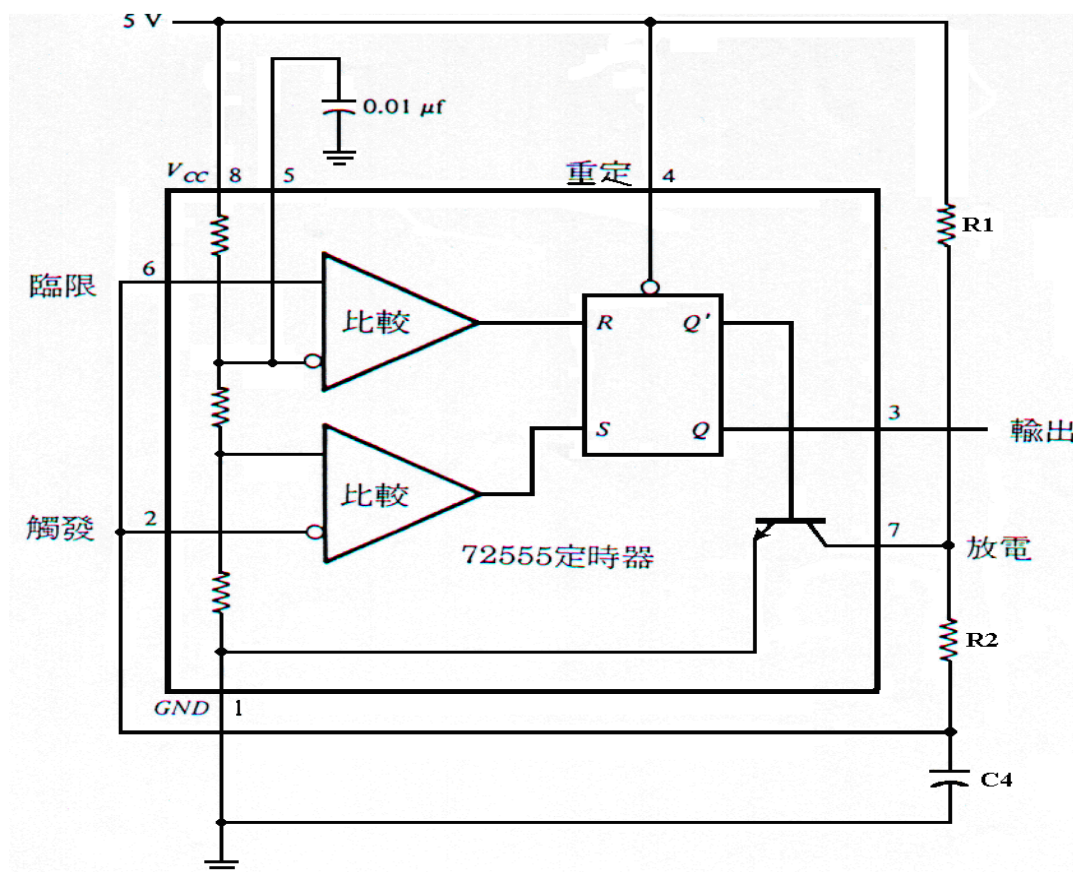
f.接腳 6：臨界輸入(Threshold input)。

在臨界輸入電壓之正緣上升至 $2/3V_{cc}$ 時，臨限比較器輸出重置(reset)正反器，使得 $Q=0$ 。

g.接腳 7：放電(Discharge)。接一外加之計時電容至地。

- ①.當正反器重置(Reset)時， $Q=0$ 、 $Q'=1$ ，電晶體 $Q1$ 導通，外接電容為放電狀態。
- ②.當正反器置定(Set)時， $Q=1$ 、 $Q'=0$ ，電晶體 $Q1$ 截止，外接電容為充電狀態。

h.接腳 8： $V_{CC}=5V$ 。



圖(二)：IC 555 內部結構與非穩態操作的外部接線

四、電路說明

■脈波產生器

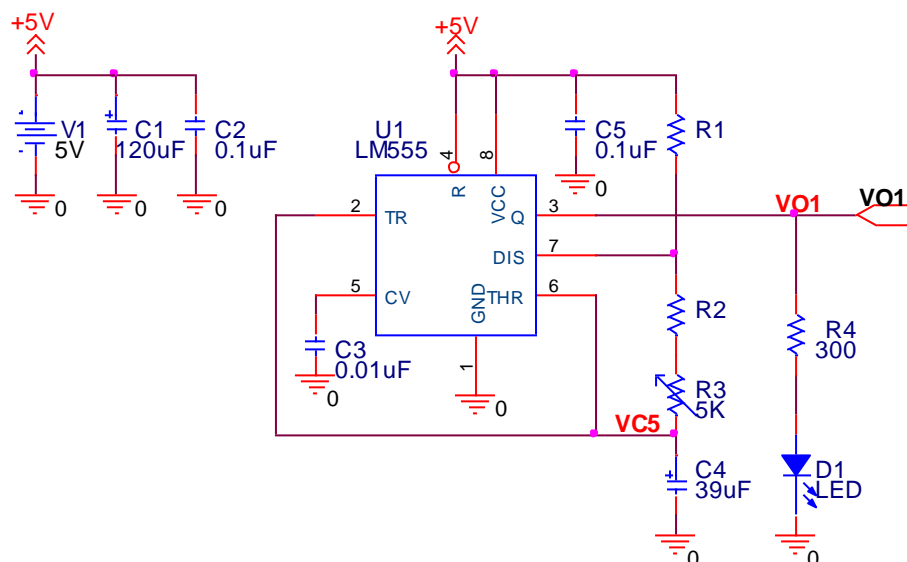
IC 555 在應用電路上，可以操作在非穩態電路、單穩態電路、寬度調變、脈波位置調變及順序計時器等應用電路。

現在就介紹二種電路的操作方式。

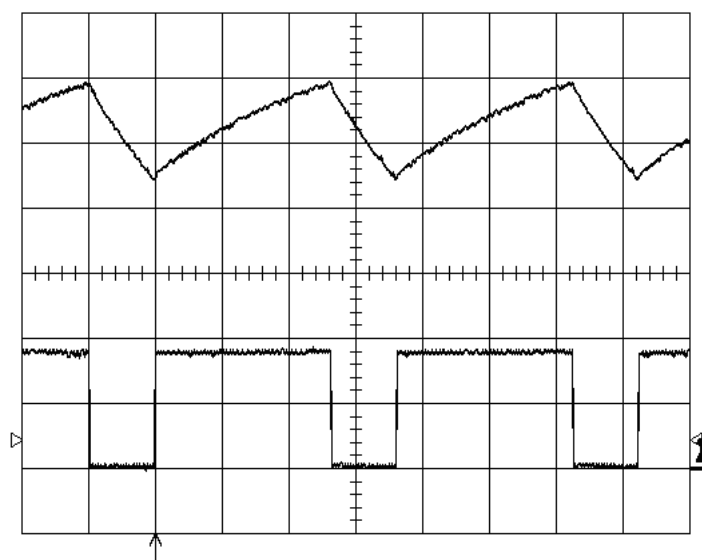
IC 555 在應用電路上，可以操作在非穩態電路、單穩態電路、寬度調變、脈波位置調變及順序計時器等應用電路，相關資料可參閱 IC Data Sheet。

現在就介紹二種電路的操作方式。

1. 非穩態操作電路



圖(三)：非穩態操作電路圖



圖(四)：非穩態多諧振盪器電路輸出波形

a. 計算公式(實驗計算使用此兩式)

由計算推導結果，可得下列公式。

$$t_H = 0.693RC \dots \dots \dots (1)$$

$$t_L = 0.693RC \dots \dots \dots (2)$$

$$T = t_H + t_L$$

$$D = \frac{t_H}{T}$$

b. 計算公式說明

①. RS-FF 之真值表

表(三)：RS-FF 之真值表

S	R	Q(t+1)	說明
0	0	Q(t)	維持原態
0	1	0	清除為 0
1	0	1	設定為 1
1	1	?	未定值


②. 電容充放電， $V_C(t) < \frac{1}{3}V_{CC}$ 時

 BJT OFF 電容經(R1 及 R2)充電。

③. 當電容充電之電壓為 $\frac{1}{3}V_{CC} < V_C(t) < \frac{2}{3}V_{CC}$ 時

 BJT OFF 電 C4 繼續充電。

④. 當電容充電之電壓為 $V_C(t) \geq \frac{2}{3}V_{CC}$ 時

 BJT ON 電容停止充電，電容電壓則經(R2)放電。

⑤. 當電容放電之電壓為 $\frac{1}{3}V_{CC} < V_C(t) < \frac{2}{3}V_{CC}$ 時

 BJT ON 電容電壓繼續經(R2)放電。

⑥. 當電容放電之電壓為 $V_C(t) \leq \frac{1}{3}V_{CC}$ 時

 BJT OFF 電容經(R1 及 R2)再度充電。

c. 充、放電時間周期之計算

①. 充電時間周期：

電容充電電壓由 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 至 $\frac{2}{3}V_{CC}$ ，充電之時間常數 $\tau_H = (R1 + R2)C4$ ，IC555 輸出為 H。

依電路學電容充、放電之計算公式：

$$V_C(t_H) = [V_C(0^+) - V_C(\infty)]e^{-\frac{t_H}{\tau_H}} + V_C(\infty)$$

$$\frac{1}{3}V_{CC} = \frac{2}{3}V_{CC}e^{-\frac{t_H}{\tau_H}}$$

②.放電時間周期：

放電電壓由 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 至 $\frac{1}{3}V_{CC}$ ，放電之時間常數 $\tau_L = R \times C$ ，IC555 輸出為 L。

依電路學電容充、放電之計算公式：

$$\frac{1}{3}V_{CC} = \frac{2}{3}V_{CC}e^{-\frac{t_L}{\tau_L}}$$

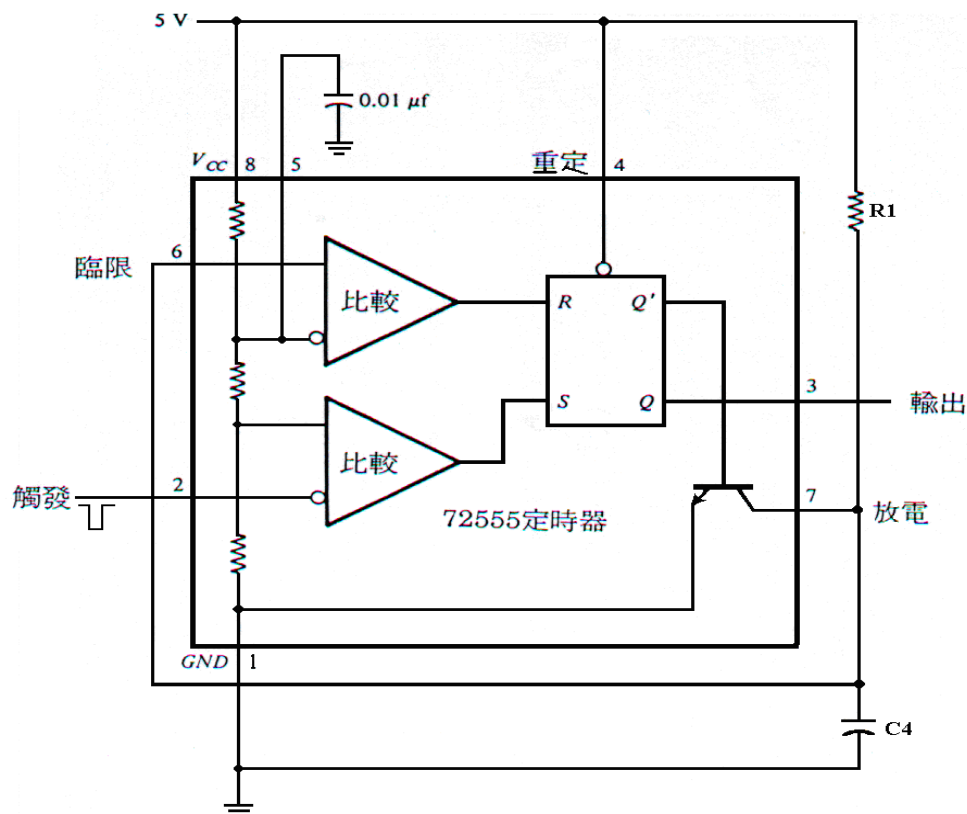
d.元件說明

- ①.C1、C2 及 C5 電容器：電源去耦合電容使用，消除電源雜訊的影響。
- ②.C3 電容器：旁路電容器使用，去除接腳 5 控制電壓之雜訊。
- ③.C4 電容器：計時電路中充、放電使用。
- ④.R1、R2、R3：計時電阻使用，R3 可變電阻為調整脈波寬度使用。實用範圍— $R1 > 1K\Omega$ ， $R1+R2+R3 < 1M\Omega$ 。
- ⑤.R4：作為 LED 限流電阻使用。
- ⑥.D1 LED：輸出顯示 ON—Hi 位準(V_{OH})，輸出顯示 OFF—Low 位準(V_{OL})。
- ⑦.IC555 無穩態電路振盪頻率之最高頻率為 100KHz。

2.單穩態操作

此電路具有一穩定狀態(輸出 L)及暫穩定狀態(輸出 H, Quasistable)。因為只具有一個穩定狀態，又稱為單穩態多諧振盪器(Monostable Multivibrator)，此時 IC 555 計時器改接成單穩態電路亦稱為單擊電路(One-Shot)，電路一旦電路進入暫穩態就不再接受觸發，除非在重置接腳輸入負信號。基本單穩態電路，當輸入端有信號觸發，則輸出端可得預先設定好的脈波寬度。

a.單穩態操作的外部接線



圖(五)：IC 555 內部結構與單穩態操作的外部接線[3]

b.電路說明

①.在穩定狀態(Stable state)

①.正反器－Reset State $\bar{Q} = \text{Hi}$ ，BJT ON，BJT Saturated， $v_{ce} \approx 0.2V$ ，電容 $V_C \approx 0V$ ，Pin6(Threshold)－Low 位準，比較器 1 輸出為 Low，R = Low。

②. Pin2(Trigger) = The voltage at the trigger input terminal：

$v_{\text{trigger}} \approx V_T$ ，比較器 2 輸出為 Low，S = Low。

③.SR-FF：“SR=00”，正反器－Reset State，Q=Low，輸出 $v_o \approx 0V$

=Low。

②.觸發負向脈波，輸入電容充電

①. $V_{trigger} < V_{TL}$ ，比較器 2 輸出為 Hi，S=Hi。

②.SR-FF：“SR=10”， \square 正反器—Set State，Q=Hi， \square 輸出 $v_o \approx V_{OH} = \text{Hi}$ ，

BJT： $\bar{Q} = \text{Low}$ ，BJT OFF，C4 開始經 R1 充電， $V_C \rightarrow V_{CC}$ 。

③.充電過程

①. 若 $V_{triggerL} = V < V_T$ ， $V_C < V_{TH}$ ，“SR=10”，Q=Hi，BJT OFF，C4 繼續充電。

②. 若 $V_{triggerL} = V < V_T$ ， $V_C \geq V_{TH}$ ，“SR=11”，SR-FF 未定義，Q?，則不可行。

③. 若 $V_{triggerH} = V > V_T$ ， $V_C < V_{TH}$ ，“SR=00”， $Q(t+1) = Q(t)$ ，Q=Hi，BJT OFF，C4 繼續充電。

④. 若 $V_{triggerH} = V > V_T$ ， $V_C \geq V_{TH}$ ，“SR=01”，SR-FF Reset Q=Low，BJT =ON，電容放電。

④.充電過程

①.SR-FF Reset BJT 導通，電容之電荷經 BJT 快速地放電(因低阻抗)， $V_C \rightarrow 0V$ ，Q(輸出)=Low，“SR=00”，SR-FF 維持原態，單穩態電路回復穩態狀態。

②.單穩態電路回復穩態狀態，等待下一次觸發。

c.計算脈波寬度

電容電壓 。

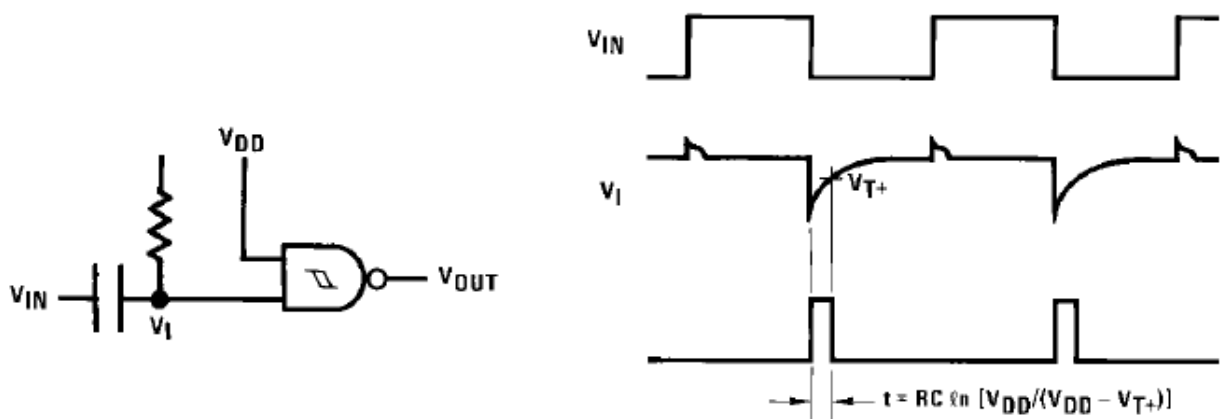
在 $t=T$ 時，



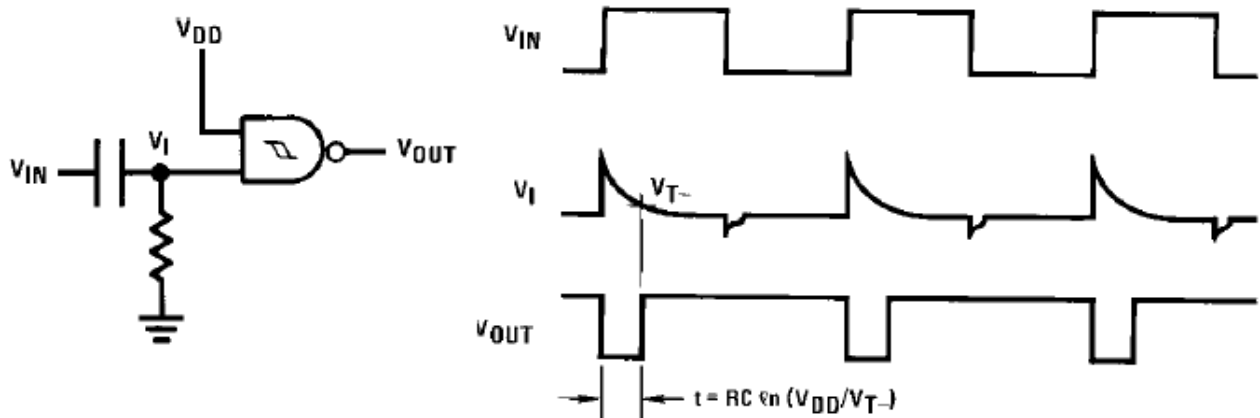
3.單擊脈波產生器電路

所有的機械式開關，其接點由閉合變成打開或由打開轉變成閉合時，都會發生接點反彈跳(即實際上接點是經過接合'離開'再接合'再離開，終至靜止狀態)。因此按一次按鈕，實際上卻輸出了好幾個脈波。接點反彈跳會使邏輯電路產生錯誤的結果。

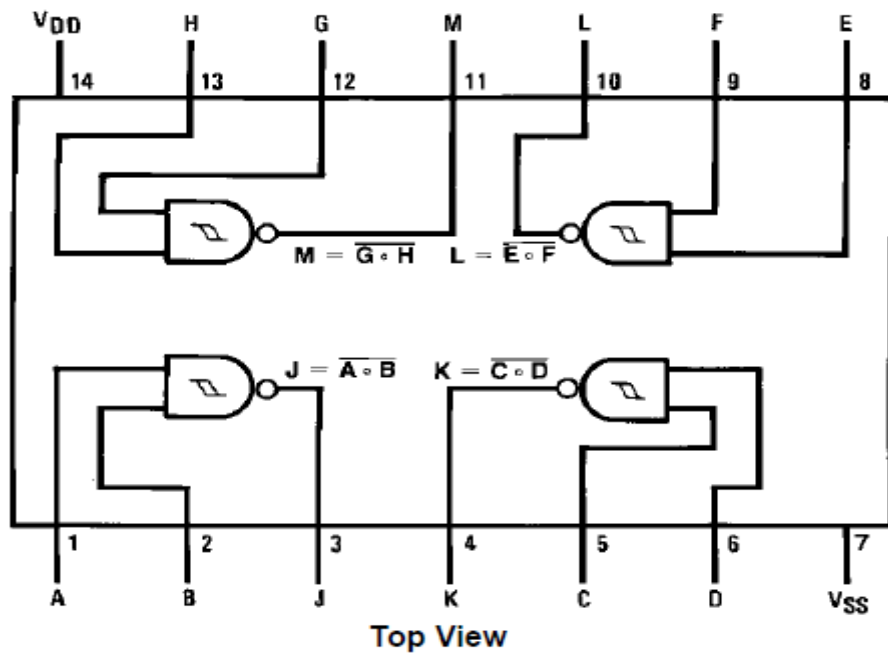
查閱 4093 Data Sheet 內容，使用 RC 積分、微分組態可以來產生脈波邊緣觸發電路，見圖(九)：脈波邊緣觸發電路。**注意 IC 要接+5V(PIN14)及接地端『GND』(PIN7)。**



(a) Negative-Edge Triggered



(b) Positive-Edge Triggered



圖(六)：IC 內部連接圖與脈波邊緣觸發電路[2]

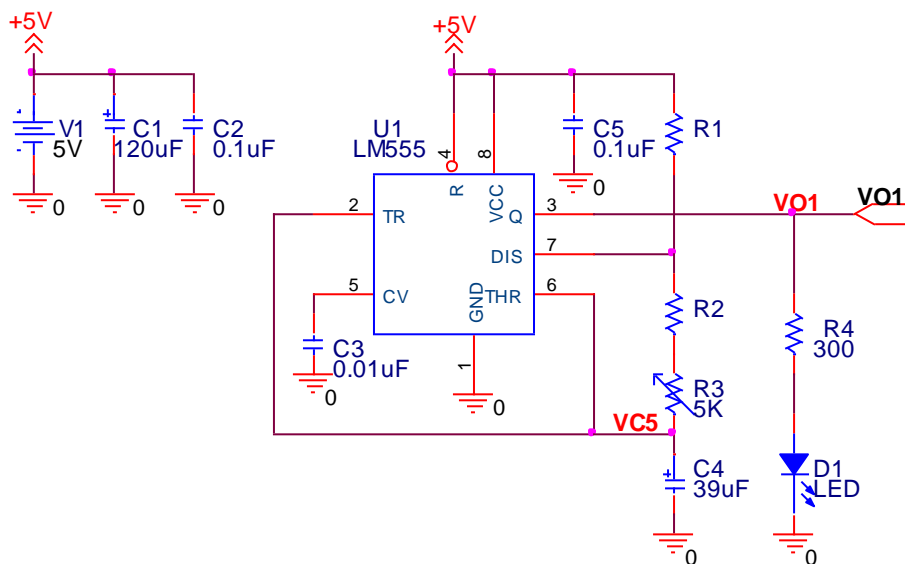
運用 RC 微分電路及 RC 積分電路，並使用 CMSO IC 4093 Schmitt-trigger circuit Threshold Voltage Positive-Going, $V_{T+} = 3.3(\text{typ})$, Negative-Going, $V_{T-} = 1.8(\text{typ})$ 電壓特性，完成 Gated One-Shot 電路，參閱 IC Data Sheet CD4093BC.pdf 內容，可完成單擊脈波產生器輸出，作為單一脈波訊號使用。

圖(八)：實驗電路圖－單擊脈波產生器及防止彈跳電路所示，為接點反彈跳之消除電路，每當按鈕被按一下（或開關被動一次）僅輸出一個脈波。此種電路稱為手動脈波產生器。

五、實驗計算

1.實驗要求：依據圖(七)：非穩態時脈振盪器，選用 $C4=39\mu\text{F}$ 電容，利用計算公式、選用適當電阻 $R1$ 、 $R2$ 及 VR $5\text{K}\Omega$ ，使得 IC555 輸出頻率約為 1Hz 的低

頻率脈波輸出，設定 duty cycle $\square \frac{t_H}{t_L+t_H} \times 100 = 55\%$ 。



圖(七)：非穩態時脈振盪器

2.計算列式：如材料包 $C4$ 為其他數值之電容值，請自行將之值代入公式計算。

設定 $T=t_H+t_L=1(\text{sec})$ ， $Duty\ Cycle = 55\%$

$t_L = 0.693 \times R2 \times C4 = 0.45(\text{sec})$ ，此電阻包含可變電阻 $R3$ 。

$$R2 = \frac{0.45}{0.693 \times 39 \times 10^{-6}} \cong 16.65\text{K}\Omega$$

可變電阻為 $R3=5\text{K}\Omega$ ，選用固定電阻 $=16.65\text{K}\Omega - \frac{5\text{K}\Omega}{2} = 14.15\text{K}\Omega$ ，使用串接

$12\text{K}\Omega + 2.2\text{K}\Omega$ 兩顆 $\frac{1}{4}\text{W}$ 碳膜電阻。

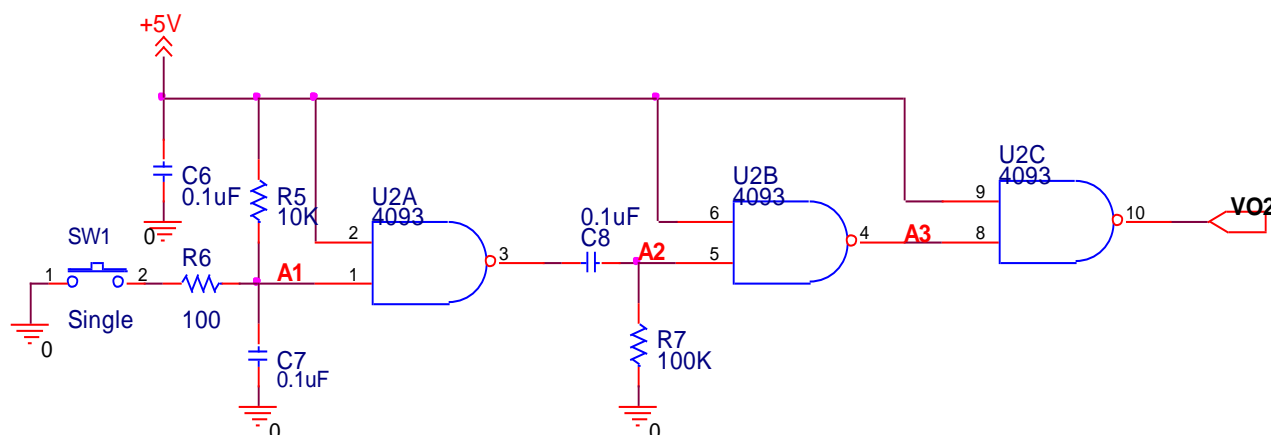
$$t_H = 0.693 \times (R1 + R2) \times C4 = 0.55(\text{sec})$$

$$R1 + R2 = \frac{0.55}{0.693 \times 39 \times 10^{-6}} \cong 20.35\text{K}\Omega$$

$R1 \cong 20.35\text{K}\Omega - 16.65\text{K}\Omega = 3.7\text{K}\Omega$ ，使用串接 $3.6\text{K}\Omega + 100\Omega$ 兩顆 $\frac{1}{4}\text{W}$ 碳膜電

阻。

3.參閱圖(八)：單擊脈波產生器及防止彈跳電路，計算節點[A1]的 RC 充、放電時間常數。計算節點[A2]的 RC 放電時間常數，時脈寬度。



圖(八)：單擊脈波產生器及防止彈跳電路

4.計算列式：

- a.節點[A1]充電時間常數： $\tau_1 = R5 \times C7 = 10K\Omega \times 0.1 \times 10^{-6} = 10^{-3} = 1(ms)$
- b.節點[A1]放電時間常數： $\tau_2 = R6 \times C7 = 100\Omega \times 0.1 \times 10^{-6} = 10^{-5} = 10(us)$
- c.節點[A2]放電時間常數： $\tau_3 = R7 \times C8 = 100K\Omega \times 0.1 \times 10^{-6} = 10^{-2} = 10(ms)$

DC Electrical Characteristics (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	$ I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$	1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$	2.85	4.5	3.0	4.1	4.5	3.0	4.65	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	4.35	6.75	4.5	6.3	6.75	4.5	6.9	V

參考 IC Data Sheet，選用 $V_{T-} = 1.8V$ 。

- d.計算節點[A3]的時脈寬度： $t_w = R7 \times C8 \times \ln\left(\frac{V_{DD}}{V_{T-}}\right) = 0.01 \times \ln\left(\frac{5V}{1.8V}\right) = 10.22(ms)$

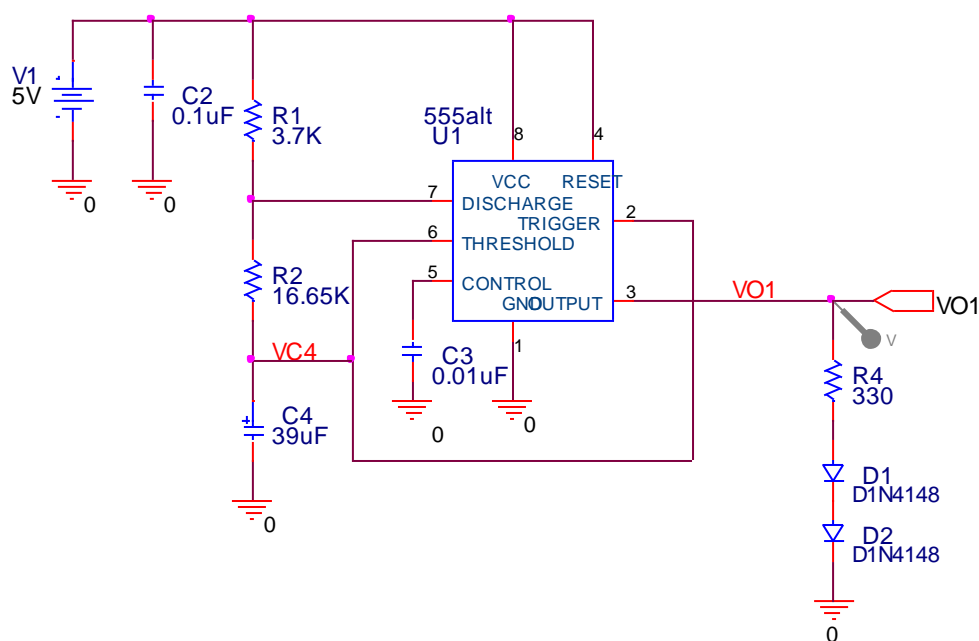
六、實驗電路模擬

使用模擬軟體可以完成 IC555 模擬。

1. 實驗電路圖

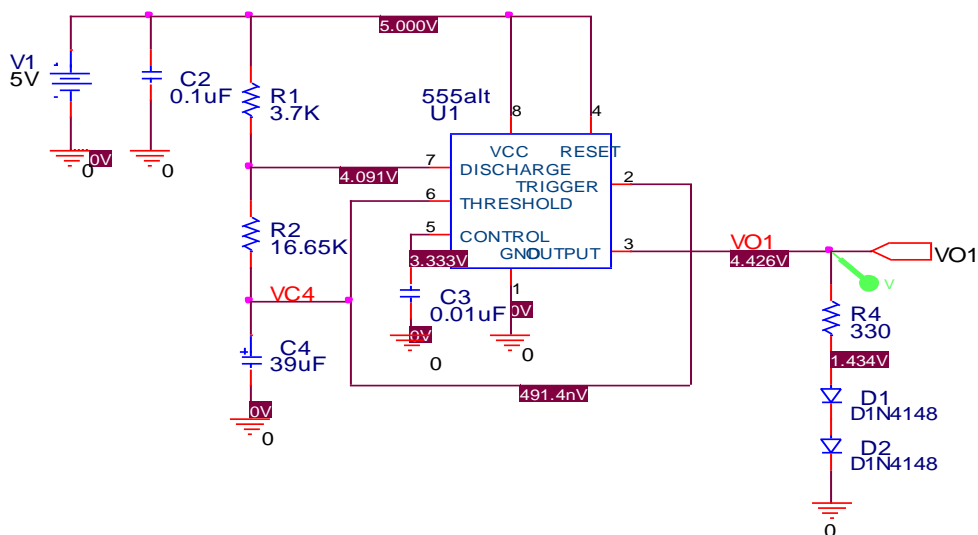
經實驗計算之後，將數值代入到實驗元件中，其電路圖如圖(九)所示，其中二極體是使用兩顆 1N4148 來代替 LED 的導通電壓值，經計算 LED 限流電阻選用 330Ω 。

$$\text{計算 LED 限流電阻：} R4 = \frac{5V - V_{LED(ON)}}{10mA} = \frac{5V - 1.7V}{10mA} = 330\Omega。$$

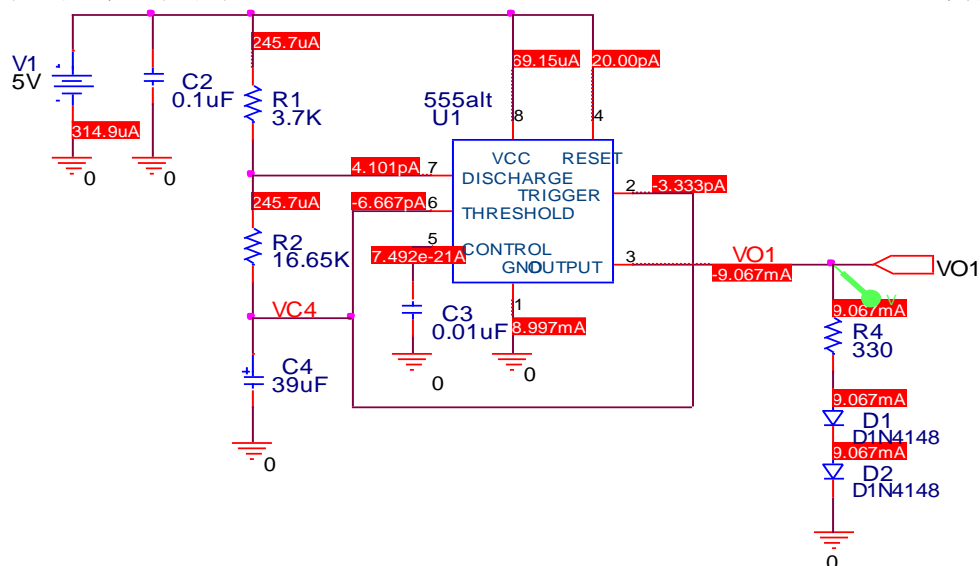


圖(九)：IC555 模擬電路圖

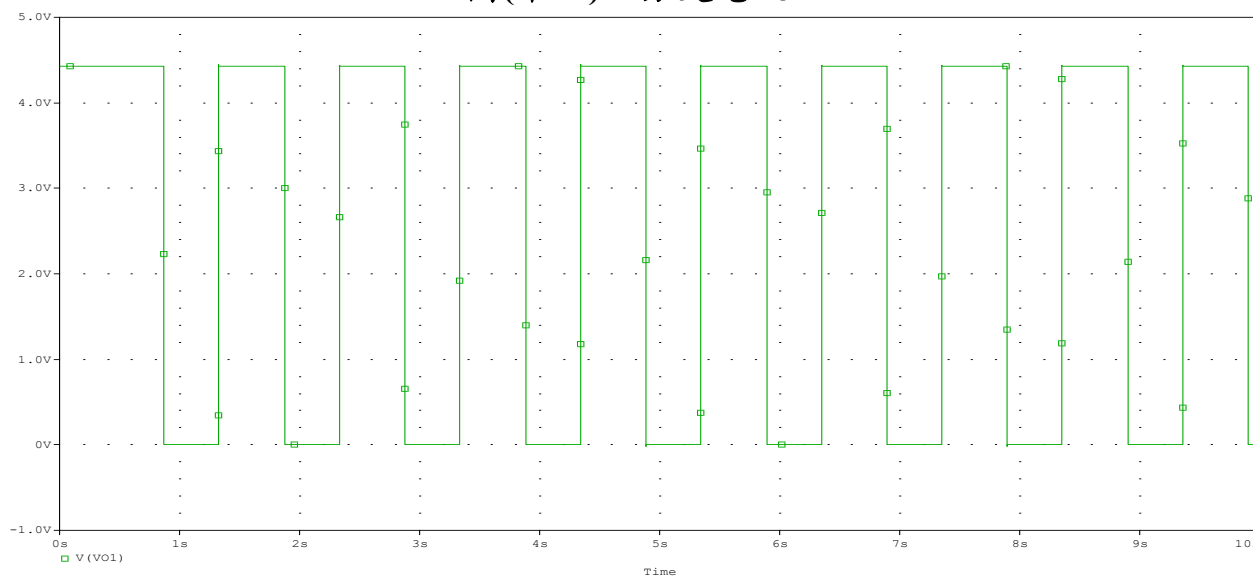
2. 模擬結果



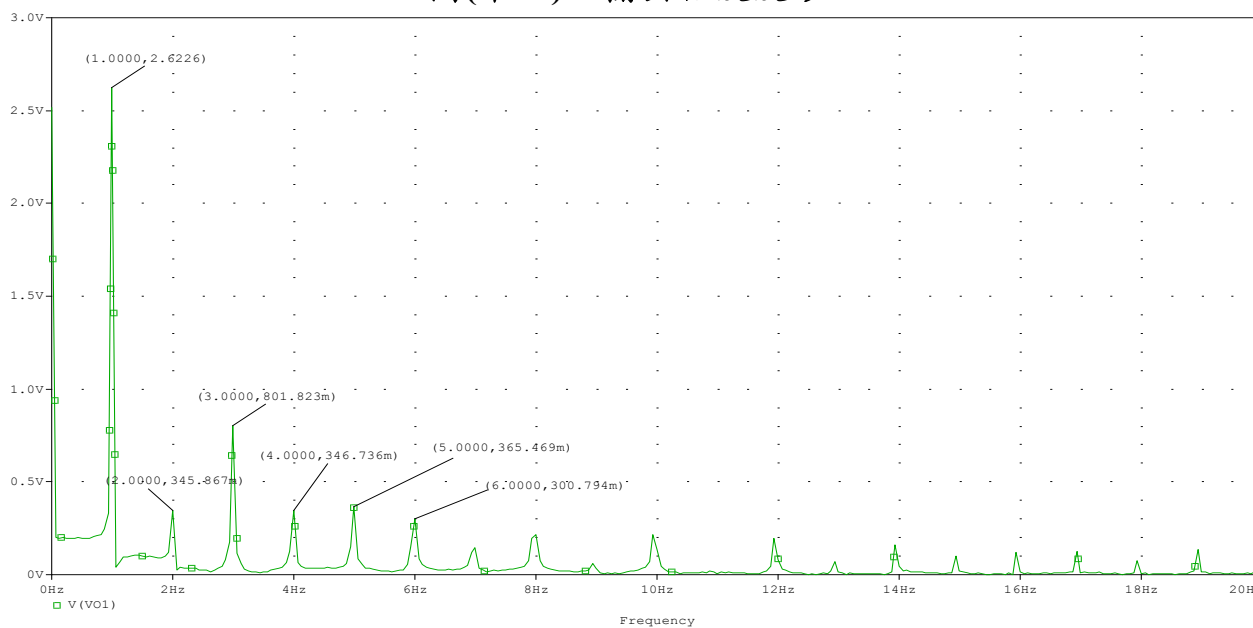
圖(十)：節點電壓



圖(十一)：分支電流



圖(十二)：輸出脈波波形



圖(十二)：FFT 輸出(頻域)

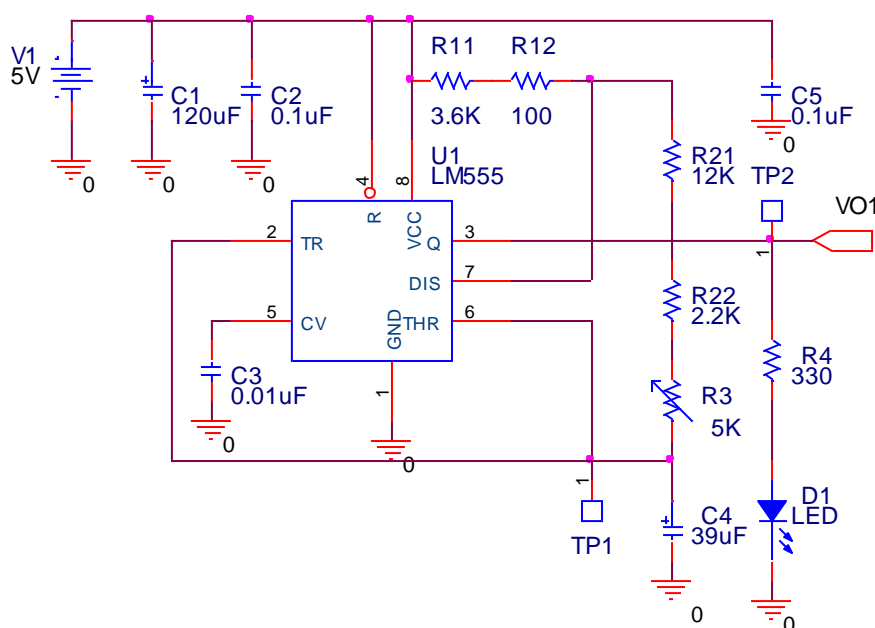
週期性方波波形的 **Fourier Series 展開**，頻域展開，可得到方波的諧波分量。

七、實驗步驟與實驗測試項目

★各項實驗紀錄(藍色字體)、撰寫實驗波形分析與實驗數據分析(藍色字體)、撰寫實驗問題與討論(藍色字體)、撰寫實驗結論(藍色字體)、按時繳交實驗報告(遲交扣分)，非(藍色字體)扣分。

※完成本實驗單元後，實驗電路為後續實驗單元所使用，所以請好好保留下列實驗電路，所以麵包板接電路時，務必要求接線及元件佈置平面整齊，元件不可架高，接線貼平，此項要求，列入實驗檢查項目中。

■實驗項目(一)：非穩態時脈振盪器



圖(3-1)：實驗電路圖－非穩態時脈振盪器

1. 選用依前述電路計算所得元件值，測量上述元件數值，使用萬用電表測量電阻(4位半顯示)，使用 RLC Meter 測量電容，將元件測量值記錄在表(3-1)中，並將元件數值代入前計算式，完成實驗數值計算，將結果記錄在表(3-2)中。

表(3-1)：元件測量值與數值計算值

元件名稱	元件設計值	元件測量值
R11	3.6K Ω	
R12	100 Ω	
R21	12K Ω	
R22	2.2K Ω	

元件名稱	元件設計值	元件測量值
C4	39uF	

2.依圖(3-1)：實驗電路圖－非穩態時脈振盪器，組裝此電路。接上 5V 電源，使用示波器(直流耦合)測量節點[VO1]波形，完成表格(3-2)內容。測量輸出節點[VC4]的電壓值及頻率值等實驗波形，完成表格(3-3)內容。

表(3-2)：節點[VO1]實驗數值設計值、數值計算值與實驗測量值

節點[VO1] 實驗數據	數值設計值	數值計算值	實驗測量值
頻率	1Hz		
週期	1sec		
T_H	0.55sec		
T_L	0.45sec		
duty-cycle	55%		

表(3-3)：節點[VC4]實驗數值設計值與實驗測量值

節點[VC4] 實驗數據	數值設計值	實驗測量值
frequency	1Hz	
週期	1sec	
電壓(V_{\max})	3.33V	
電壓(V_{\min})	1.67V	
電壓峰-峰值 (V_{p-p})	1.67V	

3.擷取實驗波形：示波器輸入為設定直流耦合方式。

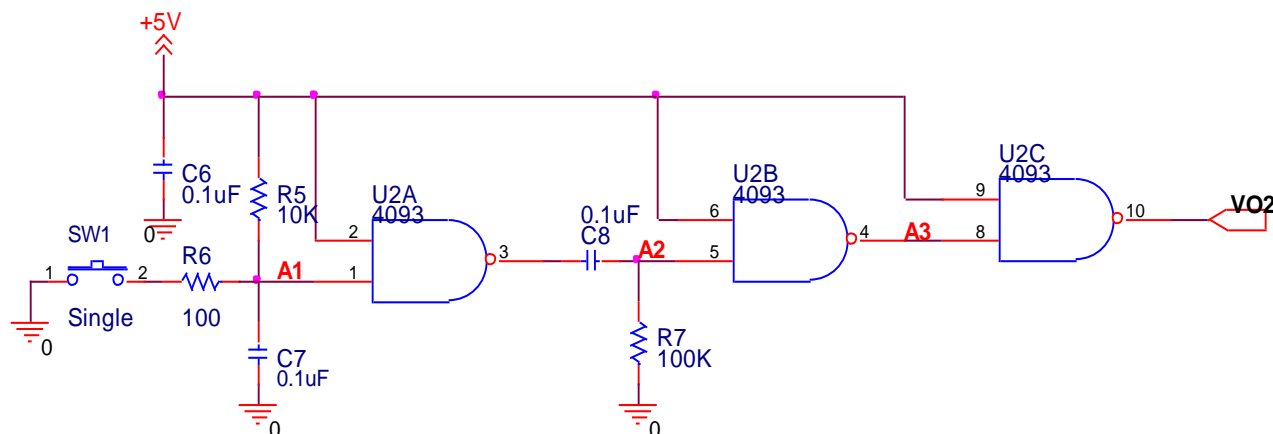
a.測試節點[VC4]波形---需標示 frequency、 V_{\max} 及 V_{\min} 。

b.測試節點[VO1]波形 ---需標示 frequency、duty-cycle 及 V_{\max} 。

※實驗電路檢查紀錄

◎完成實驗項目(一)檢查時間：____年____月____日

■實驗項目(二)：單擊脈波產生器電路及防止彈跳電路



圖(3-2)：單擊脈波產生器及防止彈跳電路

- 1.依圖(3-2)：單擊脈波產生器及防止彈跳電路，使用萬用電表測量電阻，使用 RLC Meter 測量電容，並將數值代入前計算式，完成數值(τ_1 、 τ_2 、 τ_3 、 t_w)計算，將元件測量、數值計算值記錄在表格(3-4)及表格(3-5)中。

表(3-4)：元件設計值與元件測量值

元件名稱	元件設計值	元件測量值
R5	10K Ω	
R6	100 Ω	
R7	100K Ω	
C7	0.1 μ F	
C8	0.1 μ F	

- 2.依圖(3-2)：實驗電路圖－單擊脈波產生器及防止彈跳電路，組裝此電路。若 SW1 按鍵開關無法直接裝在麵包版上，此時需要使用焊接方式，焊接兩條單心線，接在麵包版上。
- 3.擷取實驗波形：充、放電暫態波形之擷取，可參閱實驗單元 RLC 電路內容。示波器輸入為設定直流耦合方式，觸發方式選擇單一觸發模式，適當選擇觸發位準，適當選擇正緣觸發或是負緣觸發。適當選擇時間軸刻度，擷取節點 [A1]、[A2]、[A3] 暫態波形，完成表格(3-5)內容。

表(3-5)：數值計算值與實驗測量值

項 目	數值計算值
節點[A1] 充電時間常數(τ_1)	$\tau_1 =$
節點[A1] 放電時間常數(τ_2)	$\tau_2 =$
節點[A2] 放電時間常數(τ_3)	$\tau_3 =$
節點[A3] 脈波寬度(t_w)	$t_w =$

◎擷取波形

- 測試、擷取節點[A1、A2] 波形。
- 測試、擷取節點[A1] 充電波形。
- 測試、擷取節點[A1] 放電波形。
- 測試、擷取節點[A2] 放電波形。
- 測試、擷取節點[A1、A3]波形，需測量脈波寬度(t_w)。
- 測試、擷取節點[A1、VO2]波形。

※實驗電路檢查紀錄 ◎完成實驗項目(二)檢查時間：____年____月____日

八、實驗數據分析與討論

- 試分析表格(3-2)的測試資料，寫下您的結論。

表(3-2)：節點[VO1]實驗數值設計值、數值計算值與實驗測量值

節點[VO1] 實驗數據	數值設計值	數值計算值	實驗測量值
頻率	1Hz		
週期	1sec		
T_H	0.55sec		
T_L	0.45sec		
duty-cycle	55%		

2. 試分析表格(3-3)的測試資料，寫下您的結論。

表(3-3)：節點[VC4]實驗數值設計值與實驗測量值

節點[VC4] 實驗數據	數值設計值	實驗測量值
frequency	1Hz	
週期	1sec	
電壓(V_{\max})	3.33V	
電壓(V_{\min})	1.67V	
電壓峰-峰值 (V_{p-p})	1.67V	

3. 試分析表格(3-5)的測試資料，寫下您的結論。

表(3-5)：數值計算值與實驗測量值

項 目	數值計算值
節點[A1] 充電時間常數(τ_1)	$\tau_1 =$
節點[A1] 放電時間常數(τ_2)	$\tau_2 =$
節點[A2] 放電時間常數(τ_3)	$\tau_3 =$
節點[A3] 脈波寬度(t_w)	$t_w =$

九、撰寫實驗結論與心得

十、實驗綜合評論

1. 實驗測試說明、實驗補充資料及老師上課原理說明，是否有需要改善之處。
2. 實驗模擬項目內容，是否有助於個人對實驗電路測試內容的了解。
3. 實驗測量結果，是否合乎實驗目標及個人的是否清楚瞭解其電路特性。
4. 就實驗內容的安排，是否合乎相關課程進度。
5. 就個人實驗進度安排及最後結果，自己的評等是幾分。
6. 在實驗項目中，最容易的項目有那些，最艱難的項目包含那些項目，並回憶一下，您在此實驗中學到了那些知識與常識。

十一、附上實驗進度紀錄單(照片檔)及麵包板電路組裝圖檔(照片檔)

十二、實驗參考資料

[1].NE 555 IC Data Sheet

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThompsonMicroelectronics/mXvzqv.pdf>.

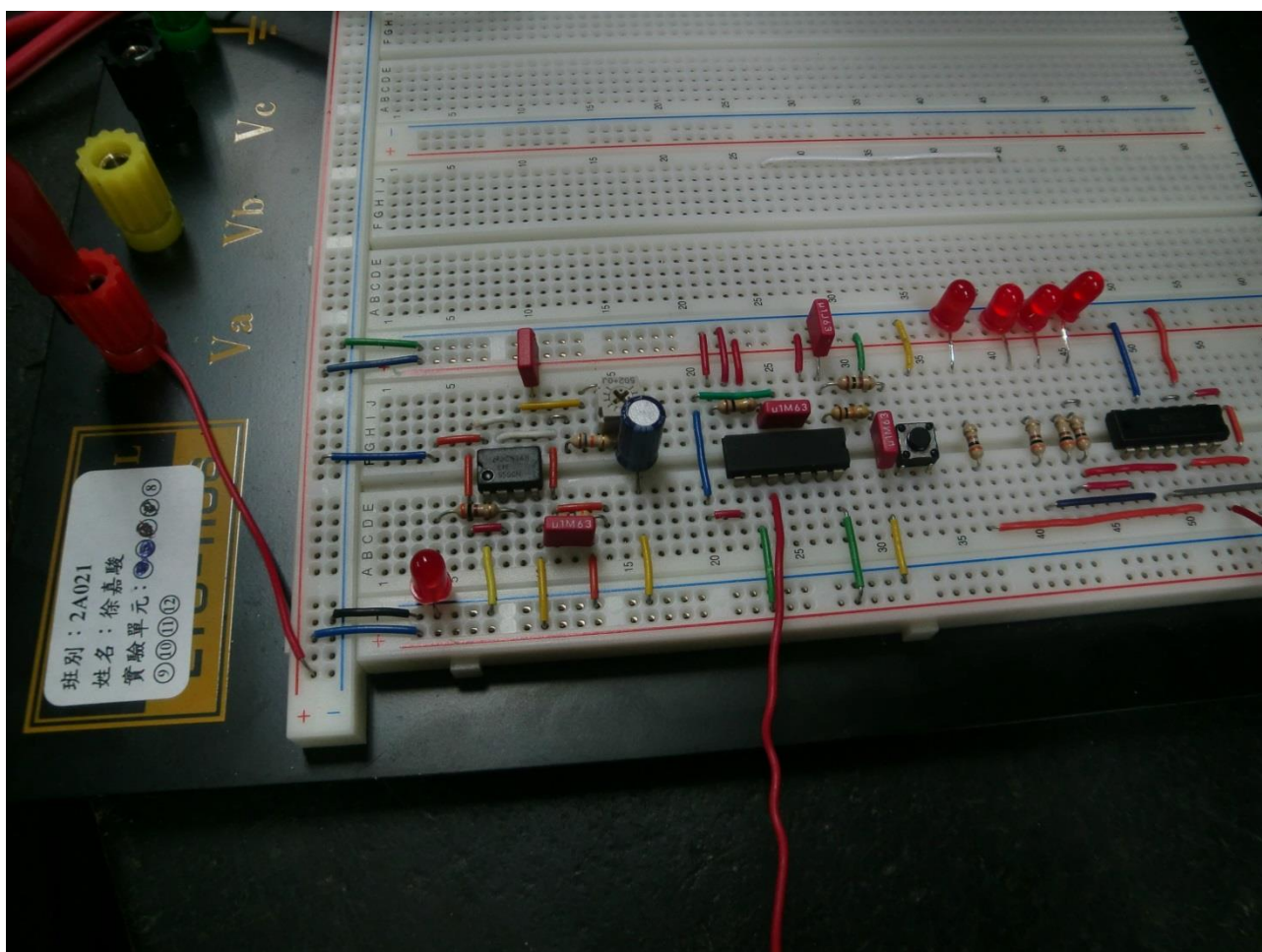
[2].CD4093 IC Data Sheet

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4093bc.pdf>

[3].M.MORRIS MANO,“Digital design”,second edition,東華書局出版,第三版,P.11-42～P.11-44,1995.

[4].M.MORRIS MANO,“Digital design”,second edition,東華書局出版,第三版,P.11-6～P.11-10,1995.

十三、實驗電路麵包板的接線參考圖



圖(3-3)：單元(三) 麵包板接線