

投稿類別：工程技術類

篇名：

自製方波產生器的探討

作者：

洪偉強。台北市立松山高級工農職業學校。電子科三年級智班  
何昱緯。台北市立松山高級工農職業學校。電子科三年級智班

指導老師：

郭盈顯老師

## 壹●前言

從高一開始上實習課時，我們就開始接觸信號產生器、示波器、電源供應器，以及各類儀器。但在高二換實習教室後，儀器的型號也跟著有所轉變，其中令我們最感興趣的是信號產生器，它的每個按鍵功能都深深的吸引我們，經過一段時間的探索，發現 CD4046 也可以做出方波產生器，故嚐試自己做出方波產生器。

以下是我們的研究目的：

- 一、利用面板上波段開關，選擇想要頻率的範圍所在。
- 二、通過可變電阻的調整，可以調到所需的頻率。
- 三、CD4046 頻率範圍調整的研究。

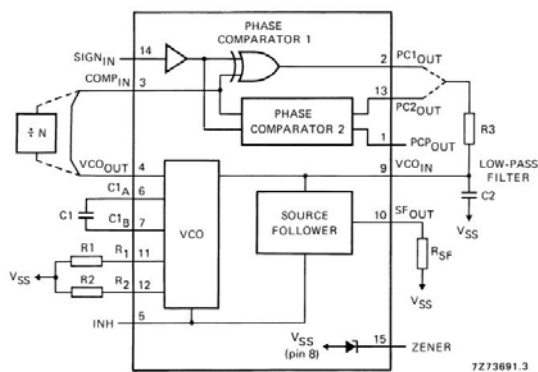
## 貳●正文

我們製作方波產生器的核心主要元件為 CD4046，而我們想要做出的方波產生器頻率範圍如表一所示，再由【圖 1】可知 CD4046 的內部有兩個比較器及一個電壓控制振盪（Voltage Controlled Oscillator, VCO）、phase-locked loop (PLL) 相位鎖定，不過我們只利用了 VCO 的部份來完成此電路。

表一 頻率範圍

頻率範圍
1~1kHz
1k~10kHz
10k~100kHz
100k~1MHz

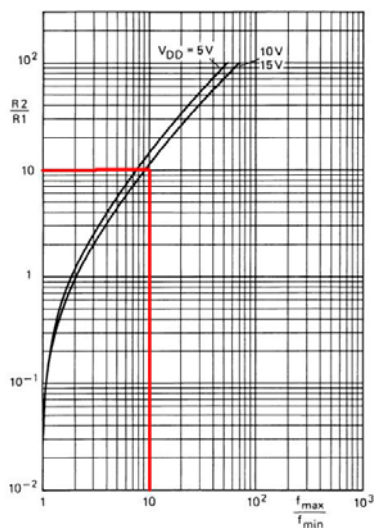
## 自製方波產生器的探討



【圖 1】CD4046 的內部電路

### 一、CD4046 的元件特性

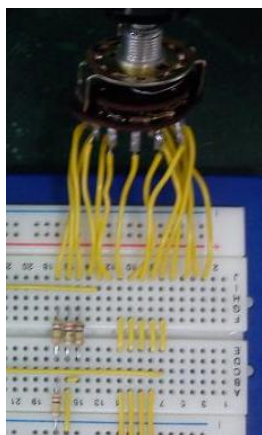
#### (一) $R_1$ 和 $R_2$ 決定開始頻率



【圖 2】 $R_1$ 和 $R_2$ 的曲線圖

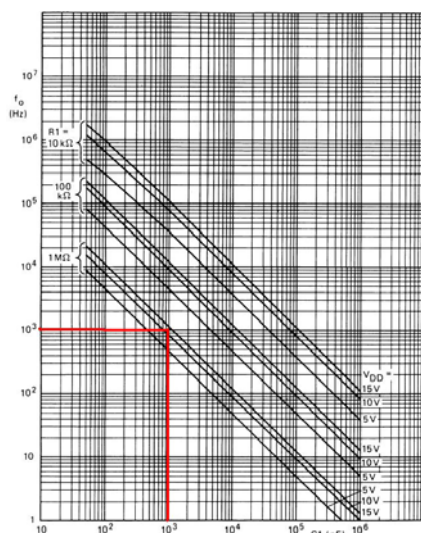
從【圖 2】可以看出 $R_1$ 和 $R_2$ 要如何選擇才能達到我們所要的頻率，例如當 $V_{DD}$ 使用 10V 時，若最高頻率與最低頻率的比值為 10 倍時，則  $R_2/R_1$  約為 11 倍，所以我們不斷透過測試的比較，使頻率寬度可以縮減或是擴大，為了使電路更簡易我們利用 $R_1$ 固定調整 $R_2$ 的數值，當我們測試到所想要的頻率寬度後紀錄數值，再繼續換下一個頻寬繼續測試，因此要使電路增加一個開關用來選擇 $R_2$ 。

## 自製方波產生器的探討



【圖 3】使用開關選擇 $R_2$

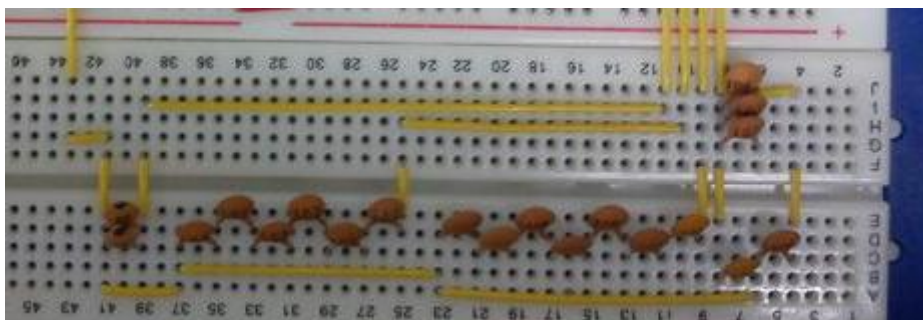
### (二) $C_1$ 和 $R_1$ 決定頻率最小值



【圖 4】 $C_1$ 和 $R_1$ 的關係曲線

透過【圖 4】我們知道 $C_1$ 和 $R_1$ 會因不同的組合會出現的頻率最大值也會有所不同，例如：4046 電源接 15V 時，若  $R=1\text{M}\Omega$ ， $C=1000\text{pF}$ 則可得到輸出頻率為 1000Hz我們先把 $C_1$ 固定，再用開關的另外一段選擇電容的大小，因為要到適當的電容量，所以使用了串並聯的原理來接電容，使頻率到達理想的數值。

## 自製方波產生器的探討



【圖 5】開關選擇電容

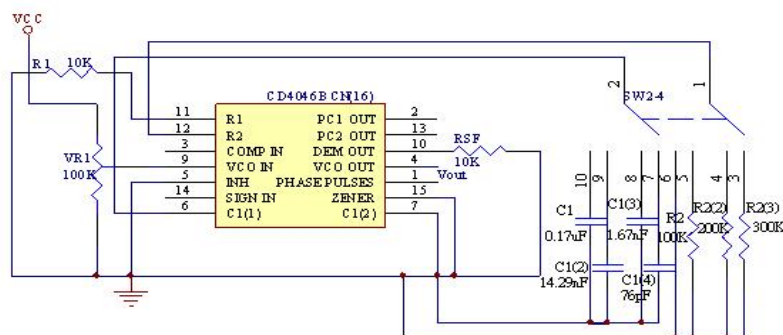
### (三) 可變電阻調整大小



【圖 6】可變電阻調整

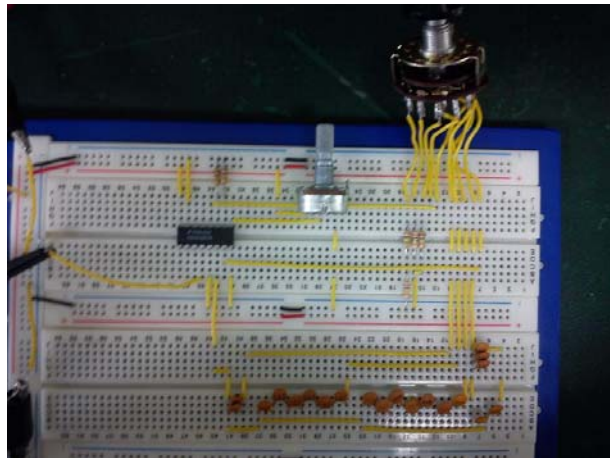
透過可變電阻的轉動，可以使得頻率由最低到最高，例如：  
以  $f_{max}=10\text{KHz}$ 、 $f_{min}=1\text{KHz}$ ，當可變電阻轉到最小時，頻率將會 1KHz，反之，轉到最大時，頻率將會是 10kHz 左右。

## 二、電路圖

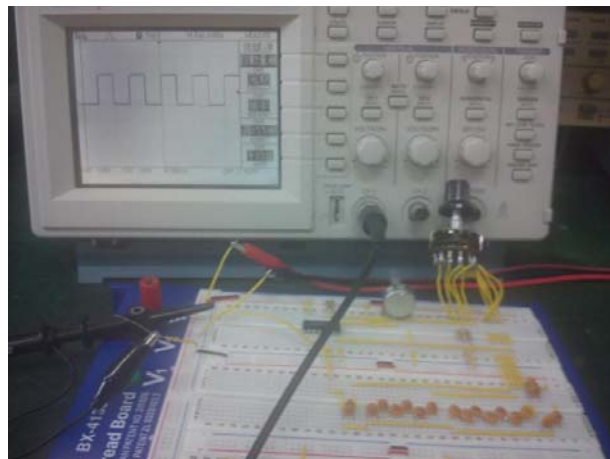


【圖 7】電路圖

### 三、實作功能



【圖 8】麵包板實驗電路

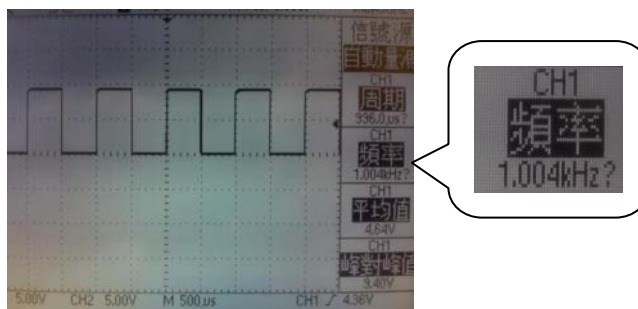


【圖 9】測試過程

#### (一) 頻率 2Hz~1KHz

如【圖 8】之麵包板開關切換到電容值  $0.17\mu\text{F}$  [( $0.1\mu\text{F}$  串聯  $0.1\mu\text{F}$ ) //  $0.1\mu\text{F}$  //  $0.01\mu\text{F} * 2$  串聯]、 $R_2$  接地，示波器將出現波形，當可變電阻調到最大，頻率會顯示在 1KHz 左右；當可變電阻調到最小，頻率則顯示在 2Hz 左右。理論  $R_1=10\text{K}\Omega$ ， $R_2=10\Omega$ ，所以最高與最低頻率  $f_{\text{max}}/f_{\text{min}}=R_2/R_1=10\text{K}/10=1\text{K}$ 。

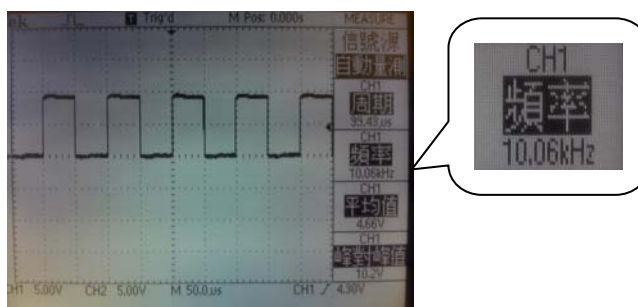
## 自製方波產生器的探討



【圖 10】最大值 1K 波形

### (二) 頻率 1K~10KHz

如【圖 8】之麵包版開關切換到電容值  $14.29 \text{ nF}$  ( $0.1 \mu\text{F} * 7$  串聯)、 $R_2=100\text{K}\Omega$ ，示波器將出現波形，當可變電阻調到最大，頻率會顯示在 10KHz 左右；當可變電阻調到最小，頻率則顯示在 1KHz 左右。理論  $R_1=10\text{K}\Omega$ ， $R_2=100\text{K}\Omega$ ，所以最高與最低頻率  $f_{\text{max}}/f_{\text{min}}=R_2/R_1=100\text{K}/10\text{K}=10$ ，可能是電容與電阻的誤差，所以使得數值有些微變動，尤其因為我們電容數值是使用串並聯來完成所以會與理論數值不同。

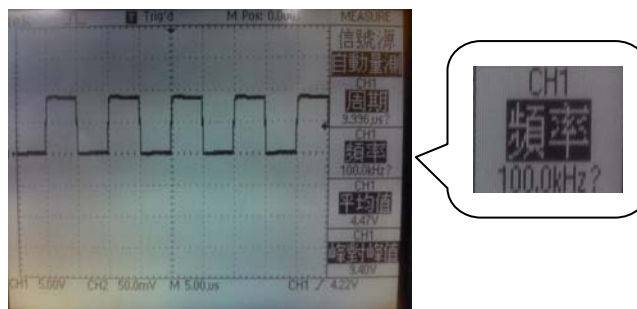


【圖 11】最大值 10K 波形

### (三) 頻率 10K~100KHz

如【圖 8】之麵包版開關切換到電容值  $1.67\text{nF}$  ( $0.01 \mu\text{F} * 6$  串聯)、 $R_2=200\text{k}\Omega$ ，示波器將出現波形，當可變電阻調到最大，頻率會顯示在 100KHz 左右；當可變電阻調到最小，頻率則顯示在 10KHz 左右。理論  $R_1=10\text{K}\Omega$ ， $R_2=100\text{K}\Omega$ ，所以最高與最低頻率  $f_{\text{max}}/f_{\text{min}}=R_2/R_1=100\text{K}/10\text{K}=10$ ，可能是電容與電阻的誤差，所以使得數值有些微變動，尤其因為我們電容數值是使用串並聯來完成所以會與理論數值不同。

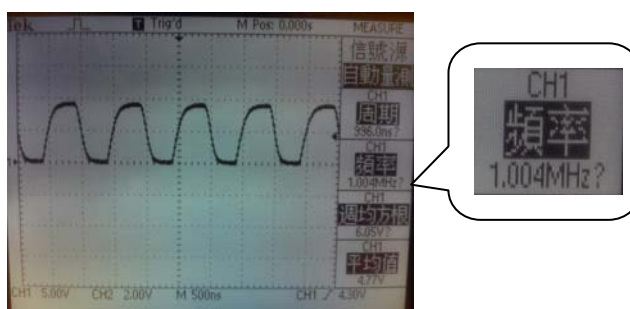
## 自製方波產生器的探討



【圖 12】最大值 100K 波形

### (四) 頻率 100K~1MHz

如【圖 8】之麵包版開關切換到電容值 76pF（56pF 串聯 20pF）、 $R_2=300K\Omega$ ，示波器將出現波形，當可變電阻調到最大，頻率會顯示在 1MHz 左右；當可變電阻調到最小，頻率則顯示在 100kHz 左右。理論  $R_1=10K\Omega$ ， $R_2=100K\Omega$ ，所以最高與最低頻率  $f_{max}/f_{min}=R_2/R_1=100K/10K=10$ ，因為我們電容數值是使用串並聯來完成所以數值會與理論數值不同。



【圖 13】最大值 1M 波形

## 參●結論

透過 C1 電容大小可以調整輸出頻率的精確度，而 VR1 可變電阻可以調整頻率的大小，經過這兩項的配合，就可以調出多種想要的頻率，CD4046 也就會顯示出最大可調整的頻率。

老師建議將來可再接著經由鍵盤輸入想要的頻率，輸入到 89S52 控制 CD4046，使 CD4046 輸出我們想要的頻率，LCM 將會顯示出鍵盤輸入的頻率，最後完成一個 PLL 的信號產生器。



肆●引註資料

- 一、alldatasheet。檢索日期 100/10/22，取自  
<http://html.alldatasheet.com/html-pdf/17720/PHILIPS/4046B/244/1/4046B.html>
- 二、全華科技圖書股份有限公司 (1991)。89 **最新 CMOS IC 規格表**。  
臺北市：全華科技圖書股份有限公司。
- 三、全華科技圖書股份有限公司 (1983)。IC **應用電路集**。臺北市：全華科技圖書股份有限公司。
- 四、MagV 線上雜誌。擷取日期 2011/11/01。http://tw.magv.com/