

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學科(一)科

第三名

052319

掌上型智慧實驗室

學校名稱：國立東勢高級工業職業學校

作者： 職二 顏廷宇 職二 魏邦丞	指導老師： 王允上
---------------------------------	------------------

關鍵詞：手機/平板示波器、手機/平板信號產生器、
電源供應器

壹、摘要

信號產生器及示波器是電機電子群學生實習課程必備的儀器，通常也只有學校的實習工場才会有這樣的設備，在學校沒完成的實習作業，當然也就沒辦法在家裡完成，必需等到下次的實習課程才能儘快利用有限的時間趕上，一但作業的進度落後，很難再有機會趕上來。於是，我們製作及研發了一台【掌上型智慧實驗室】來解決這樣的學習困境，這一台【掌上型智慧實驗室】結合了信號產生器、示波器以及電源供應器，把這三台笨重的機器，濃縮成一小塊電路，並且用手機來取代螢幕顯示，大大的降低重量、成本，只要有它的地方，就能立刻變身為實驗室。

貳、研究動機

電機電子群的實習課程裡，幾乎都得依靠俗稱電機電子群的三寶：電源供應器、信號產生器及示波器等這三台儀器。因為它的體積龐大，要外借也不太可能，且高達約 5 萬多元的價錢，也非人人可擁有，另外，高職學校的實習工場因管理方式不同，不像大學裡的實驗室 24 小時開放，所以有時候想進行實驗或追趕落後的實習進度，都因為這些設備在學校而打消念頭，而即使在學校，每週三小時的實習課，扣掉老師講解、開工及收工打掃的時間，實際操作及練習的時間根本不夠，這樣不但實際操作的時間不夠，落後的進度，恐怕也很難再追回。

基於以上原因，我們想研究發展出一套簡便的電路及設備來取代電源供應器、信號產生器及示波器，利用學生人手一機的智慧型手機或平板來替代信號產生器的控制面板，其高畫質螢幕來取代示波器的波形顯示螢幕，如此，隨時隨地都可以是實驗室，讓在家、在圖書館完成實習作業不再是夢想。

參、研究方法(過程)

一、系統研究

透過學校的儀器設備，並以結合本作品為主軸，進行下列研究過程：

(一)先針對高職電機電子群課程標準範圍內的各個出版社的教材實驗，去歸納出實驗所需

的波形種類、波形振幅、波形頻率以及電源範圍大小，如下：

- 1、所需波形種類：正弦波、方波、三角波。
- 2、所需波形振幅：0.5V、1V、5V、10V。
- 3、所需頻率範圍：1kHz~5kHz
- 4、電源需求種類：5V、6V、9V、12V

(二)設計產生各式波形的電路，實驗過的電路如下：

- 1、利用運算放大器與波形產生器產生出三種波形，優點：電路小，結構簡單。
- 2、找到 TDA2030 IC，運用裡面的偏置電路結構，將單電源轉變成雙電源，優點：無需再多接負電源。
- 3、為了去除掉作品上信號產生器的旋鈕，利用 DAC-0800 數位轉類比電路，微電腦輸出埠接到 Arduino，利用 Arduino 控制輸出電壓，再接到 ICL8038 波形產生器的第 8 腳(調頻)，再利用藍牙連結到手機切換各種頻率。
- 4、CD4051 是一顆類比開關，我們運用電阻分壓還有它來切換振幅。

(三)設計及研究示波器功能

- 1、讀取波形的方法：使用箝位電路、分壓電路，再透過 Arduino 單晶片讀取波形類比值。
- 2、分壓電路設計：Arduino 單晶片最大量測電壓為 5V，這樣使用者就無法讀取振幅超過 5V 的波形，為了讀取到更高大的振幅我們透過電阻分壓將能讀取到的範圍提高至 10V。

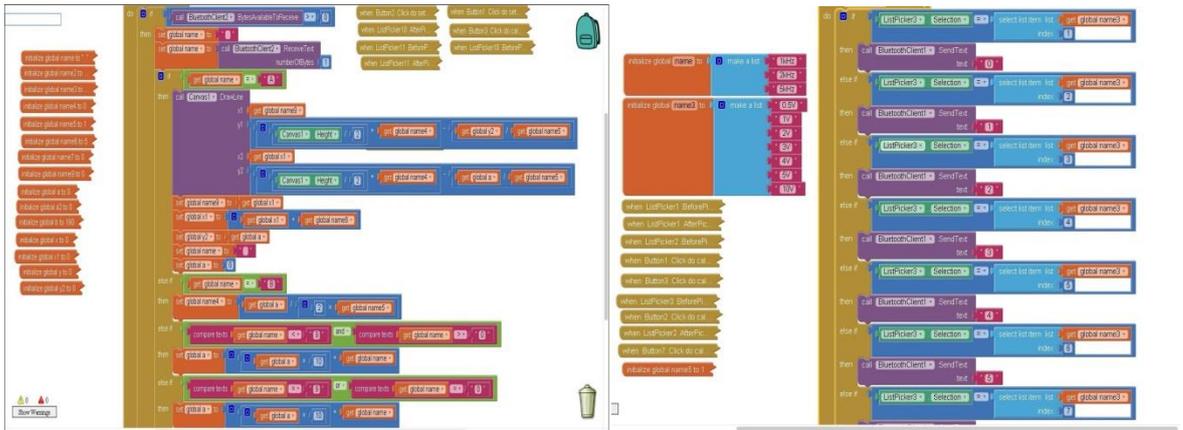
(四)手機與單晶片透過藍牙傳輸資料及數據：

我們將讀取到的數據透過藍牙傳送到手機端進行處理，因我們傳送的數據量較大，而藍牙模組傳送的速率預設為 9600bps 這樣的速率不夠，為了提昇傳輸資料的速度，所以找尋各種資料及方法，最後研究出要先讓藍牙進入設定模式，才能改變它的傳輸速率，我們將傳輸速率改 115200bps。

(五)學習手機 APP 程式撰寫：

手機程式的部分，我們是使用 APP INVENTOR 來撰寫手機程式，實驗過程中利用各種指令繪製出三種波形，一開始繪製出來的波形直流準位並沒有在中間，經過方

法及公式的修改之後，才把直流準位調整回來。此外，頻率以及振幅的顯示，也是經過程式的撰寫來呈現波形。



(六)、系統整合

1、本系統主要分為 5 大部份：

- (1)數位轉類比電路
- (2)波形產生電路
- (3)類比開關電路
- (4)單電源轉雙電源電路
- (5)箝位與分壓電路

2、整合上做了哪些研究及實驗

我們透過 IC:8038 製作出波形產生電路，因 IC:8038 是經由電壓改變輸出頻率，我們使用單晶片控制 DAC-08 數為轉類比電路，並將輸出接到 IC:8038 控制輸出頻率，改變振幅的部分是經由單晶片控制 IC:4051 切換使用者所需要的振幅，電源的部份我們電路所需正負電源，如果我們使用一般變壓器的話，體積會太過龐大，所以我們使用單電源轉雙電源電路，將變壓器縮小成一小塊電路。

二、基礎理論

(一)、基本特性與量測計算

1.分壓計算：

因為單晶片最大能讀取的電壓只能到 5V，所以我們利用分壓的方法來把單晶片可測得的電壓增大到 25V，如公式一。

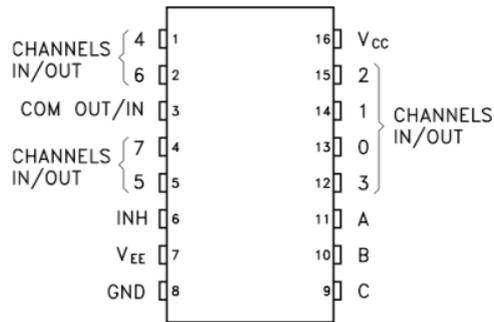
$$\text{待測電壓 } V_{in} = 1M/(1M+3.9M)*5 \quad \text{〈公式一〉}$$

2. 箝位電路、分壓電路：

單晶片只能量測到正電壓，無法量測到負電壓，為了讀取交流的波形，於是我們利用箝位電路來解決此問題，後續有更詳細的電路說明。

3. 數位 IC4051 使用方法：

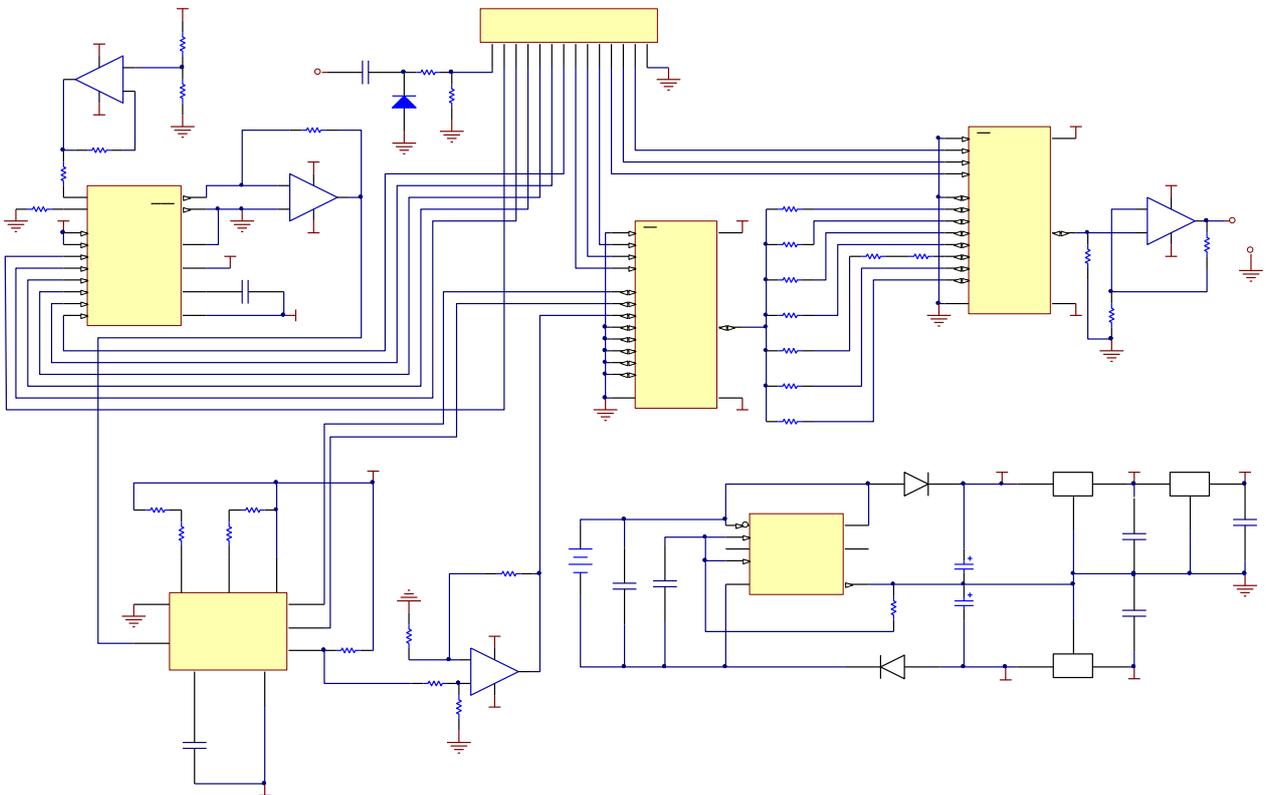
數位 IC4051 其實就是一個開關，利用 COM 腳來操控 ON/OFF，以及 A、B、C 腳的二進制控制哪一腳輸出，如圖(1)所示。



圖(1) 4051 腳位圖

三、電路設計及說明：

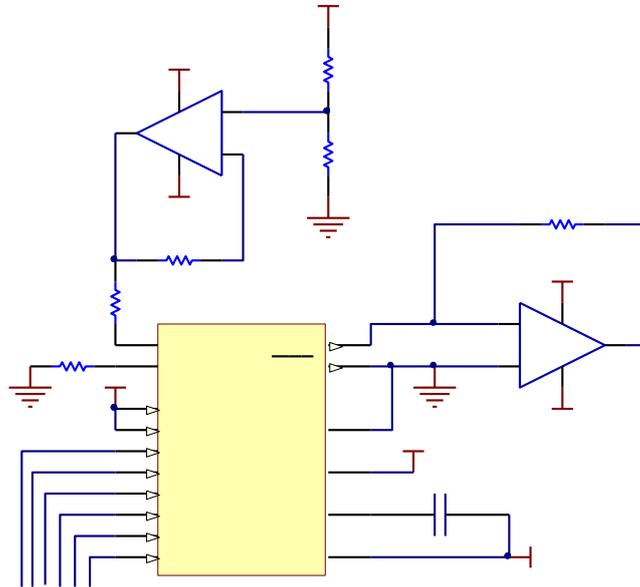
本作品的電路圖如圖(2)所示，主要可分為以下五大部份並說明如下：



圖(2)完整電路圖

(一)數位轉類比電路

如圖(3)所示，本電路在作品中主要的功能更改波行輸出頻率，其原理說明及調整實驗如下：

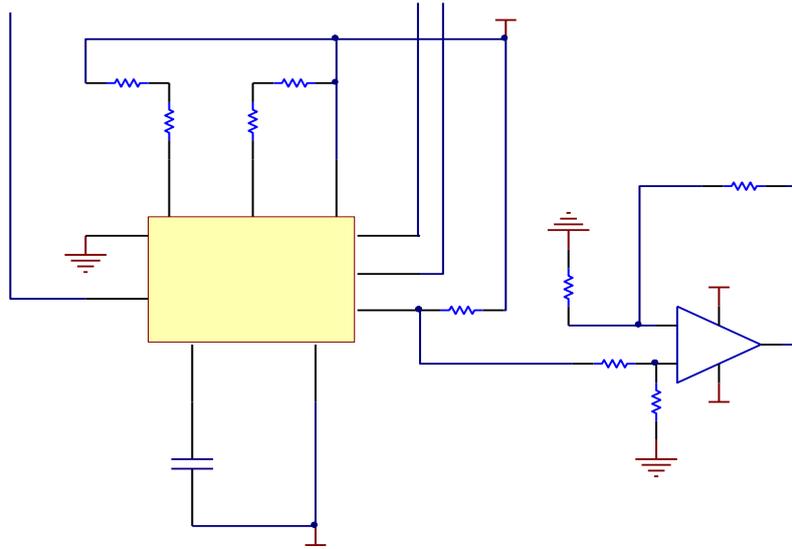


圖(3)DAC-08 應用電路

- 1、微電腦利用輸出埠連續送出 0~255，255~0 的數位信號給 DAC-08，轉換成類比電流由 I_{out} 輸出，經由 OPA LM324 組成之電流至電壓轉換器轉成電壓輸出，在輸出端接示波器可觀察到三角波。
- 2、本電路設計 $R7$ 為 1mA， $VR2$ 為 2V，所以決定輸出 $R7$ 為 $2/1m=2K\Omega$ 。調整 $VR10K\Omega$ 電阻使 $R7$ 為 2V。
- 3、因為 $I_{out}=IR7*(B1/2+B2/2^2+B3/2^3+\dots+B8/2^8)$ ，所以當 $B1\sim B8$ 為 FFH 時，可得最大輸出電流，也就是滿刻度電流，本電路設計 $IR7$ 為 1mA。所以 I_{out} 最大值為 $1m*255/256=0.996mA$ 。
- 4、由此可決定出 V_o 的最大值為 $I_{out}*10K=9.96V$ 改變可變電阻 $R1$ 的大小，就可以得到不同的輸出振幅。

(二)波形產生器電路

如圖(4)所示，本電路在作品中主要的功能為產生波形，其原理說明及調整實驗如下：

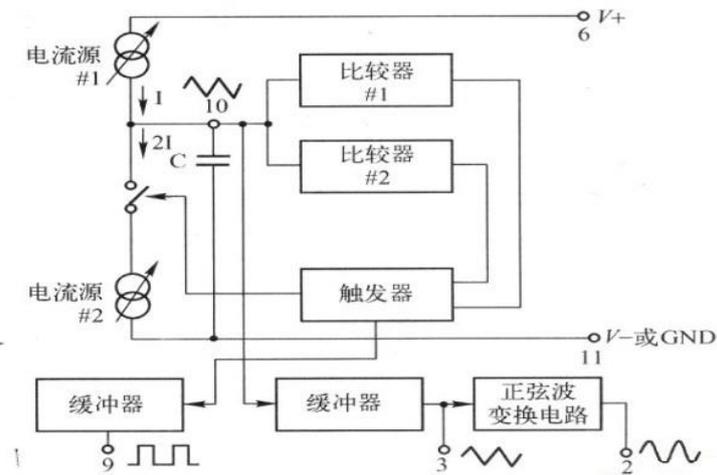


圖(4)ICL8038 波形產生電路

ICL8038 是單片集成函數信號發生器，其內部框圖如圖(5)所示。它由電流源 1 及電流源 2、電壓比較器 A 和 B、觸發器、緩衝器和三角波變正弦波電路等組成。

ICL8038 內部框圖 ICL8038 內部框圖 外接電容 C 由兩個電流源充電和放電，振盪電容 C 由外部接入，它是由內部兩個電流源來完成充電放電過程。

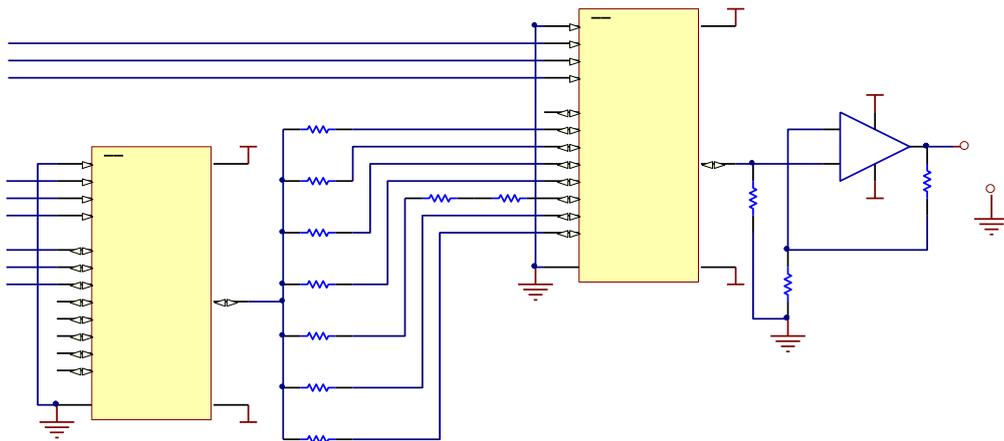
電流源 2 的工作狀態是由電流源 1 對電容器 C 連續充電，增加電容電壓，從而改變比較器的輸入電平，比較器的狀態改變，帶動觸發器翻轉來連續控制的。當觸發器的狀態使電流源 2 處於關閉狀態，電容電壓達到比較器 1 輸入電壓規定值的 $\frac{2}{3}$ 倍時，比較器 1 狀態改變，使觸發器工作狀態發生翻轉，將模擬開關 K 由 B 點接到 A 點。由於電流源 2 的工作電流值為 $2I$ ，是電流源 1 的 2 倍，電容器處於放電狀態，在單位時間內電容器端電壓將線性下降，當電容電壓下降到比較器 2 的輸入電壓規定值的 $\frac{1}{3}$ 倍時，比較器 2 狀態改變，使觸發器又翻轉回到原來的狀態，這樣週期性的循環，完成振盪過程。



圖(5)ICL8038 內部方塊圖

(三)類比開關電路

如圖(6)所示，本電路在作品中主要的功能為切換輸出波形及輸出振幅，其原理說明及調整實驗如下：

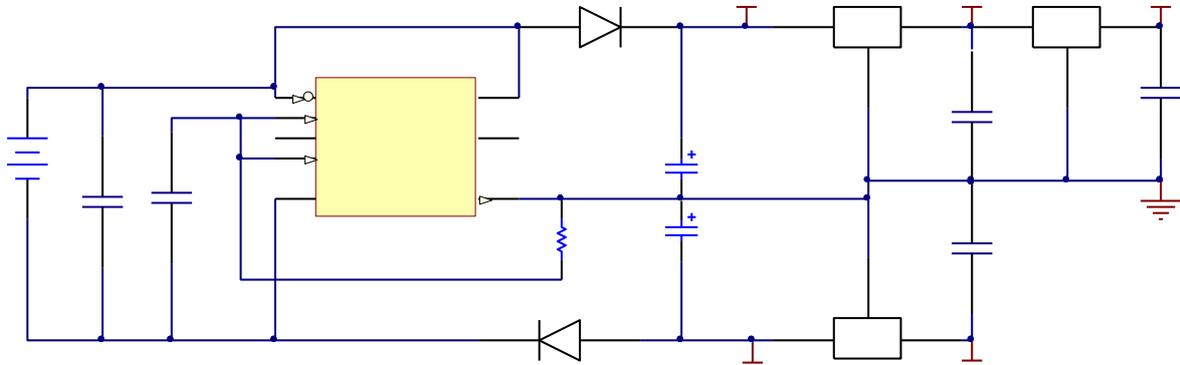


圖(6)CD4051 控制電路

CD4051 相當於一個單刀八擲開關，開關接通哪一通道，由輸入的 3 位地址碼 ABC 來決定。“INH”是禁止端，當“INH”=1 時，各通道均不接通。此外，CD4051 還設有另外一個電源端 VEE，以作為電平位移時使用，從而使得通常在單組電源供電條件下工作的 CMOS 電路所提供的數字信號能直接控制這種多路開關，並使這種多路開關可傳輸峰—峰值達 15V 的交流信號。例如，若模擬開關的供電電源 $V_{DD}=+5V$ ， $V_{SS}=0V$ ，當 $V_{EE}=-5V$ 時，只要對此模擬開關施加 $0\sim 5V$ 的數字控制信號，就可控制幅度範圍為 $-5V\sim +5V$ 的模擬信號。

(四)電源電路(單電源轉雙電源電路)

如圖(7)所示為本作品主要的電源電路，本電路主要功能為提供電源正負 12V、正負 9V、正 5V。

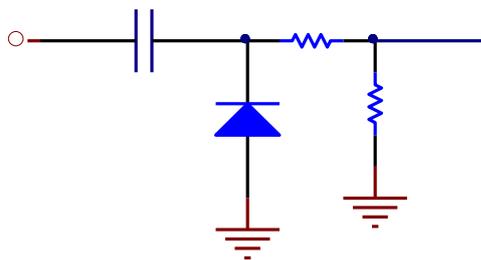


圖(7)電源電路

圖(7)電路中，時基電路 555 接成無穩態電路，3 腳輸出頻率為 20KHz、占空比為 1:1 的方波。3 腳為高電平時，C4 被充電；低電平時，C3 被充電。由於 VD1、VD2 的存在，C3、C4 在電路中只充電不放电，充電最大值為 EC，將 B 端接地，在 A、C 兩端就得到 +/-EC 的雙電源。本電路輸出電流超過 50mA。

(五)箝位與分壓電路

如圖(8)所示為本作品主要的示波器波形輸入電路，本電路主要功能為增加讀取波形振幅電壓、將輸入波形負半週提升成正電壓。



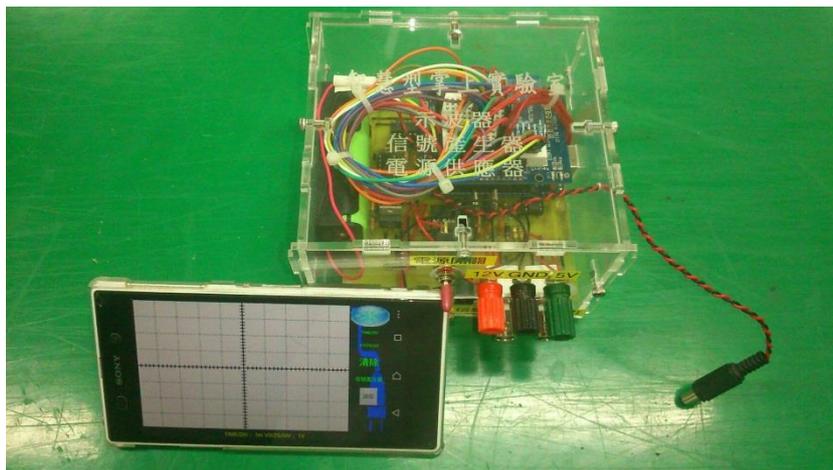
圖(8)箝位電路、分壓電路

單晶片 Arduino 無法讀取到負電壓，所以我們透過箝位電路將輸入波形提升到正電壓，讓單晶片 Arduino 能讀取完整波形，在透過程式讓顯示波形為輸入波形的原樣。

因為單晶片 Arduino 最高讀取電壓為 5V，如果使用者輸入振幅高於 5V 的波形，便會無法讀取，為了提升能讀取的電壓範圍，我們使用了分壓電路使可讀取到的振幅提升至 10V。

肆、研究結果

本作品針對高職電機電子群的實習課程，實現了三台儀器合而為一的功能，如圖(9)為其外觀，主要分為手機及硬體電路兩大部份，實現的功能如下：



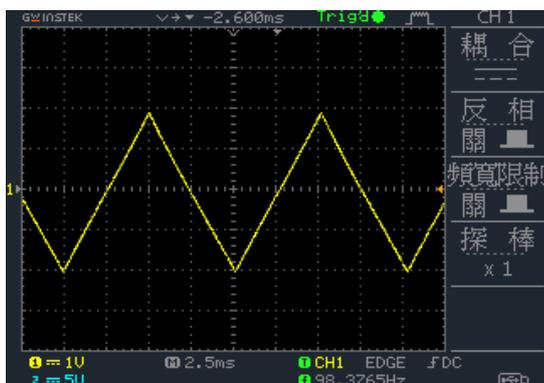
圖(9) 作品實體圖

一、示波器部分：

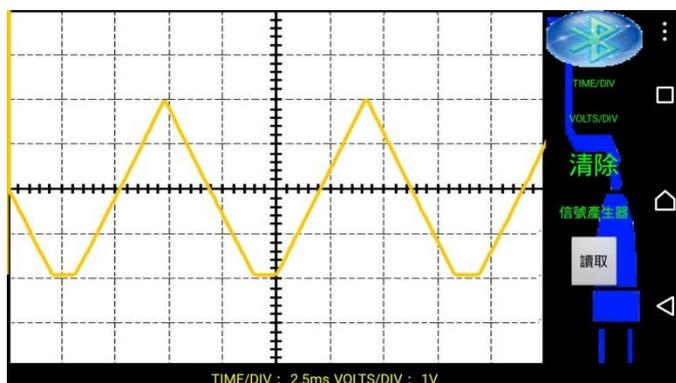
使用 Arduino 單晶片配合程式和分壓電路成功把量測電壓增大到 25V，箝位電路也成功把負半波顯示出來，圖(10)為三角波觀測，圖(11)為正弦波觀測，圖(12)為方波觀測。

(一)三角波的量測對照

我們比較標準示波器和掌上型智慧實驗室示波器顯示三角波，比較結果如圖(10)所示。



(a) 利用標準示波器觀測三角波

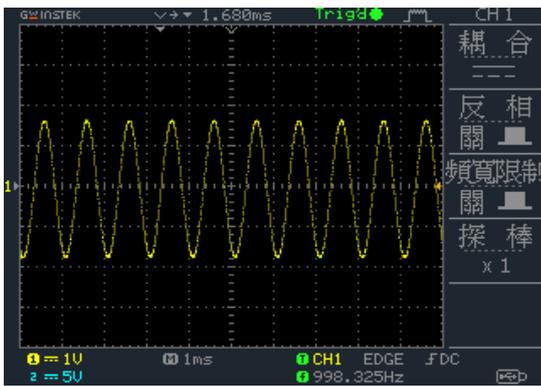


(b) 手機觀測三角波

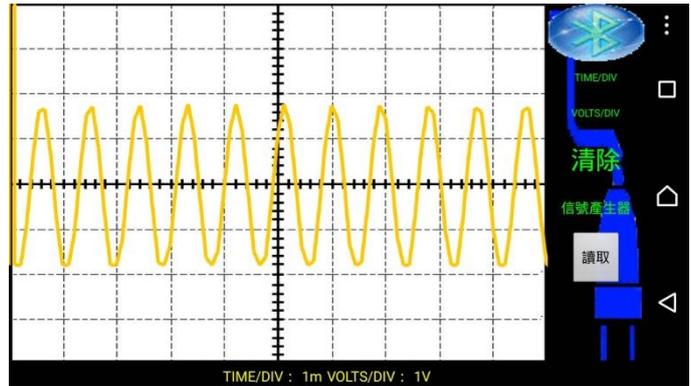
圖(10)三角波的觀測

(二)正弦波的量測對照

我們比較標準示波器和掌上型智慧實驗室示波器顯示正弦波，比較結果如圖(11)所示。



(a)利用標準示波器觀測正弦波

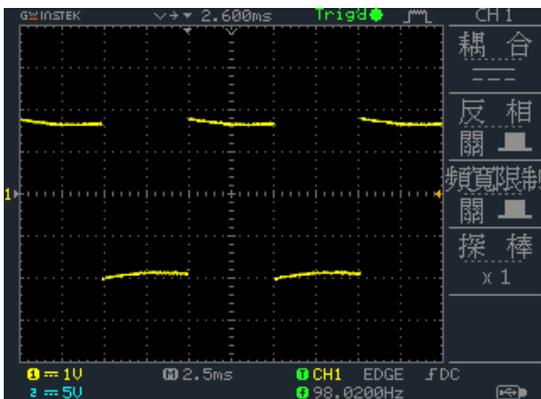


(b)手機觀測正弦波

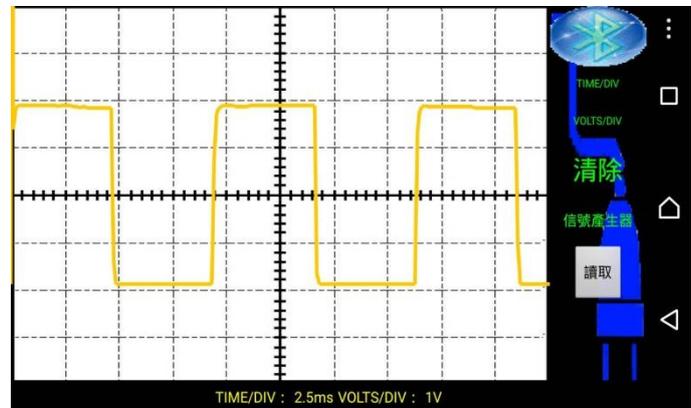
圖(11)正弦波的觀測

(三)方波的量測對照

我們比較標準示波器和掌上型智慧實驗室示波器顯示方波，比較結果如圖(12)所示。



(a)利用標準示波器觀測方波

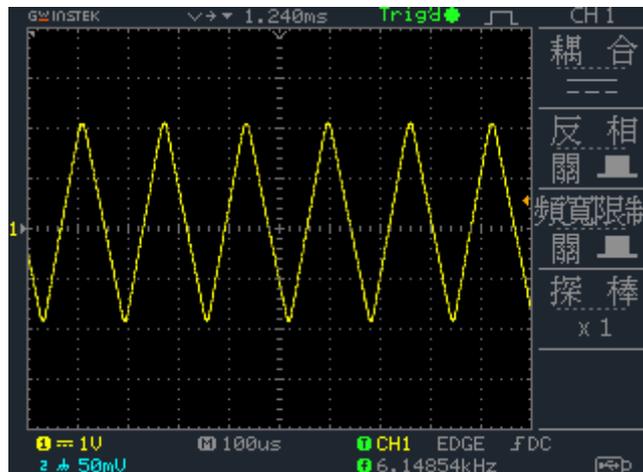


(b)手機觀測方波

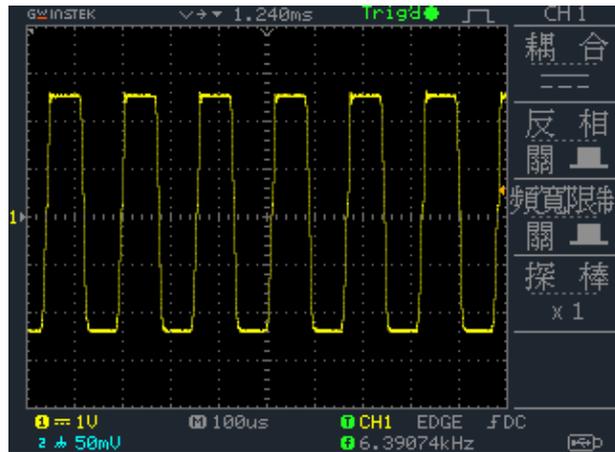
圖(12)方波的觀測

二、信號產生器部分：

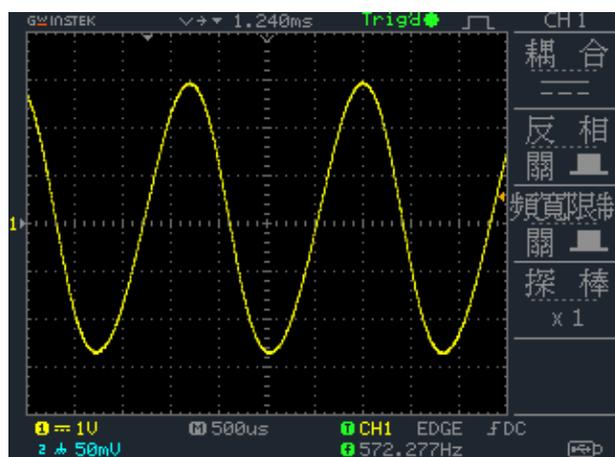
信號產生器的功能，是利用手機透過藍芽配合單晶片和 4051 切換波形，讓使用者能方便的操作，如圖(13)、圖(14)、圖(15)。



圖(13) 信號產生器三角波產生圖



圖(14) 信號產生器方波產生圖



圖(15) 信號產生器正弦波產生圖

伍、討論

一、數位 IC4051 使用時遇到的問題？

因為一開始我們不知道 4051 這顆 IC 的正負電源 $V_{DD} - V_{EE} = 18V$ ，所以我們正負電源給它 12V， $12 - (-12) = 24V$ ，我們把第一顆 4051 燒掉了，但最後我們用 7809 與 7909 穩壓 IC，解決了這個問題。

二、三角波調頻率為何振幅會降低？

我們在測試功能的時候，發現調三角波的頻率，振幅會跟著降低，後來用示波器檢查出來，前面控制高頻、中頻、低頻 IC，會隨著輸入電阻而改變輸出訊號的振幅。

陸、結論

許多學生因為在家裡沒有儀器，而沒辦法及時的利用儀器檢查電路，或是做實驗，我們製作的【掌上型智慧實驗室】，可以輕鬆解決這些學生的困擾，不管是做實驗、練習丙級，或是檢查電路錯誤時，都可以不必再煩惱，也可以隨身的攜帶，隨時隨地的使用示波器與訊號產生器，也不必擔心這些儀器的價錢會不會太貴，這樣可以方便學習又輕鬆。

柒、參考資料及其他

一、書本:

(一)超圖解 Arduino 互動設計入門

作者：趙英傑 出版社：旗標 出版日期：2013/03/31

(二)App Inventor 2 零基礎入門班

作者：鄧文淵 出版社：文淵閣工作室 出版日期：2014/04

(三)電子電路實作與應用(第二版)

作者：張榮洲、張宥凱 出版社：全華圖書 出版日期：2015/02

(四)新例說 Altium Designer

編著者：張義和 出版社：新文京開發出版股份有限公司 出版日期：2013/10/15

二、網站:

(一) Arduino 官網：<http://arduino.cc/>

(二)App Inventor 2 中文學習網：http://www.appinventor.tw/ai2_chinese

【評語】 052319

1. 能將多種功能集中。
2. 雖非屬完全智慧設計但卻是頗為周全。