

修平科技大學 電機工程系

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
HSIUPING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

實務專題報告書

以 Arduino 製作定電流源



指導老師：趙維和 老師

專題製作學生：四技電機四甲 吳秉忠 BD101001

中華民國 一 百 零 五 年 一 月 六 日

摘要

- 本專題討論的是在交流系統中，定電壓源與定電流源對於負載的供電情形。
- 由於定電壓源與一般供電系統原理相同，所以本專題針對定電流源設計。
- 本專題的定電流源，是以 Arduino 進行調控。使用 Triac 由 Arduino 訊號調整其導通角，來控制電壓。達到定電流的目的。
- 由實驗後得知，定電壓源與定電流源對於負載的供電情形，並對二者作出比較。

關鍵字(Keyword)：Arduino、Triac、定電壓源、定電流源

目錄

摘要	I
目錄	II
一、研究動機	1
二、設計之結構圖	2
三、動作流程圖	3
四、相關知識	4
五、實際測試	16
六、結語	32
參考資料	33

一、研究動機

在地球暖化、氣候異常的現在，人們慢慢開始了解到環境保護及節約能源的重要性。不少綠色能源漸漸的被開發出來，有潮汐發電、地熱發電、太陽能發電、風力發電等。可見電與現代人類生活的關係密不可分。

在節約能源方面，也有不少的方式能節省電能的消耗。除了我們自身的節能意識外。在科技發達的現代，不少為節能設計的電器，也慢慢的能在市面上看到。

本專題在探討的是交流系統中，定電流源與定電壓源的差異。「定電流源」運作方式與一般供電系統不同。是以固定電流為輸出，相對的電壓會隨之改變。由於交流電的電流是不固定的，所以本專題的定電流源是以有效電流為參考基準，而加以設計。

本專題的定電流源是以 Arduino 進行控制。Arduino 是方便的單晶片微控制器，在程式方面編寫較為簡單。

本專題使用相同負載來比較，一般定電壓源與所要探討的定電流源，兩者所消耗的電能，看何者較為省電。

二、設計之結構圖

電源使用的是市電 110V，60Hz 交流電。由 GY712 模組偵測負載的交流電流，並將測得數值送至 Arduino 進行運算。運算過後，發送控制訊號給 PWM 產生電路。Triac 接收到 PWM 訊號後，改變後端負載的電壓。負載如果有變化，電壓便會改變，使其電流(有效值)穩定。

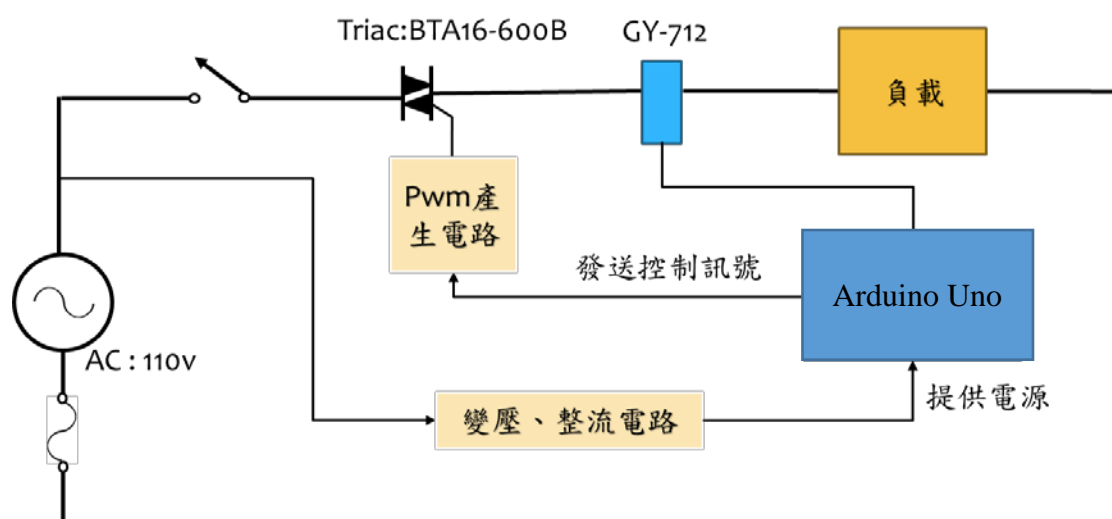


圖 1、設計之結構圖

三、動作流程圖

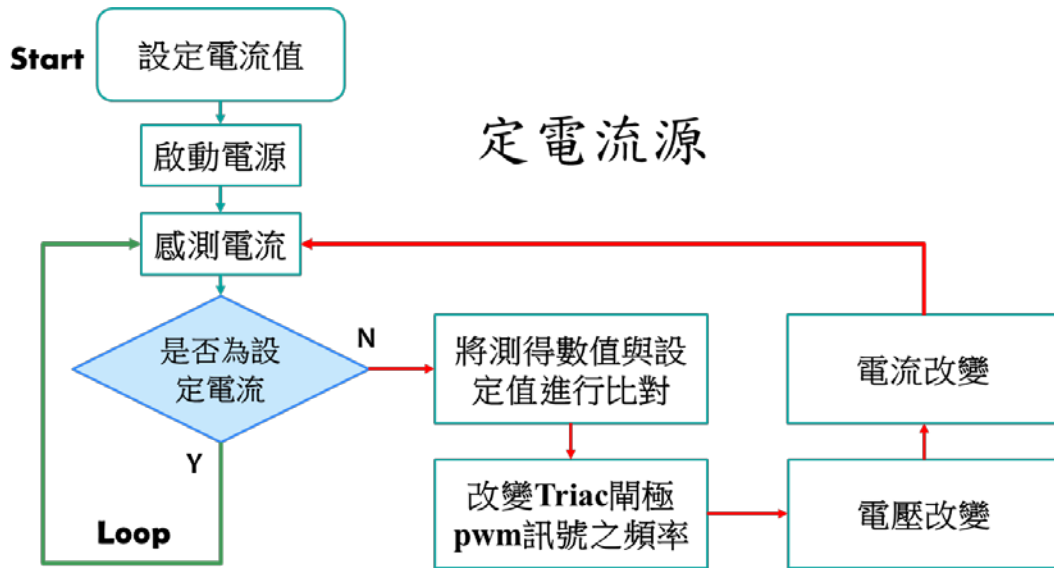


圖 2、系統動作流程圖

- 設定一個固定的需求電流值。
- 供給電路電源。
- 將感測器檢測電流訊號。
- 將電流訊號與設定電流值進行比對。
- 感測數值若比設定值大，對電壓進行回授控制(減少)。
- 感測數值若比設定值小，對電壓進行回授控制(增加)。
- 電流達至需求值。

四、相關知識

電學知識

電荷

電荷 (electric charge) 是物質的一種物理性質。稱帶有電荷的物質為「帶電物質」。電荷是屬於雙極性的，分為「正電荷」與「負電荷」。帶有正電荷的物質稱為「帶正電」，反之稱為「帶負電」。若兩物質的極性相同，則兩物質相互感受到對方施加的排斥力；若兩物質的極性相反，則兩物質相互感受到對方施加的吸引力。

電荷的量稱為「電荷量」。在國際單位制里，電荷量的符號以 Q 為表示，單位是庫倫 (C)。是由一堆稱為基本電荷的單獨小單位組成的。基本電荷以符號 e 標記，大約帶有電荷量 (電量) 1.6022×10^{-19} 庫倫(C)。

電

電的效應主要是由電荷的分離及電荷的運動造成。

在電路理論中，將電荷的分離稱為產生電勢(電壓)；將電荷的運動稱為產生電流體(電流)。

電壓

電壓 (Voltage, electric tension 或 electric pressure), 也稱作電勢差 (electrical potential difference) 或電位差, 是衡量單位電荷在靜電場中由於電勢不同所產生的能量差的物理量。

電壓的國際單位是伏特 (V)。1 伏特等於對每 1 庫倫的電荷做了 1 焦耳的功。

$$v = \frac{dw}{dq}$$

v(電壓)單位為伏特(V)。w(能量)單位為焦耳(J)。

q(電量)單位為庫倫(C)。

電流

電流 (Current) 是指一群電荷的流動。電流的大小稱為電流強度, 是指單位時間內通過導線某一截面的電荷。

電流的國際單位是 1 安培 (A)。每秒通過 1 庫倫的電荷量稱為 1 安培。

$$i = \frac{dq}{dt}$$

i(電流)單位為安培(A)。q(電量)單位為庫倫(C)。

t(時間)單位為秒(s)。

直流電

直流電(Direct current，縮寫：DC)，是指方向不隨時間發生改變的電流。

具有正極、負極。對於一般直流設備正負極不得反接。

交流電

交流電 (Alternating Current，縮寫：AC) 是指大小和方向都發生週期性變化的電流。

交流電可以有效傳輸電力。通常波形為正弦波。生活中使用的市電就是具有正弦波形的交流電。不同國家的電力系統的頻率有所不同，通常為 50 赫茲或者 60 赫茲。台灣的電力系統為 60 赫茲的交流電。

交流電相位模式主要為下列兩種：

單相交流電，其電纜有一條火線和一條中線。

三相交流電，其電纜有三條火線和一條中線，三條火線的正弦波互相有 120° 相位差，主要做為工業用。只使用其中任一相火線及中線便是單相電。

電源

電源供應(Power supply)，通常是指電力的來源，供應電力的系統或裝置。

理想電壓源(ideal voltage source)，無論電流多大，都能維持兩端電壓為定值。

但實際上因為內阻等多類原因，理想電壓源是不存在的。常見的電實際電源工作原理較接近實際電壓源。

理想電流源(ideal current source)，無論電壓多大，都能維持兩端電流為定值。

但實際上因為內阻等多類原因，理想電流源是不存在的。此類型式的電源供應為本專題之探討。

負載


負載是指連接在電路中的電源兩端的電路元件。相對於電源供能，負載為消耗電能。

基本原件介紹

電阻

電阻 (Resistance) 是一個物體對於電流通過的阻礙能力。

假設這物體具有均勻截面面積，則其電阻與電阻率、長度成正比，與截面面積成反比。

採用國際單位制，電阻的單位為歐姆 (Ω , Ohm)。電阻的倒數為電導，單位為西門子 (S)。電路符號為 。

歐姆定律 (Ohm's law) 表明，導電體兩端的電壓與通過導電體的電流成正比。

$$V=IR$$

v (通過物體兩端的電壓)單位為伏特(V)。

I (通過物體的電流)單位為安培(A)。



R (電阻)單位為歐姆(Ω)。

此外電阻照外觀大小有瓦數之分，越大的電阻瓦數越高，能承受的電流就越大。若在電路中，使用瓦數較低的電阻，其有可能會因為電流過大而燒毀。

電容

電容器 (Capacitor) 是兩金屬板之間存在絕緣介質的一種電路元件。利用二個導體之間的電場來儲存能量。

採用國際單位制，電容的單位是法拉 (farad)，標記為 F。電路符號為

 (無極性) 或  (有極性)。

$$C = \frac{Q}{V}$$

C(電容量)單位為法拉(F)。Q(兩塊導板的電荷量)單位為庫倫(C)。V(兩塊導板間的電勢差)單位為伏特(V)。

此外電容有耐壓之分，耐壓的電容能接受的電壓就越大。若在電路中，使用耐壓較低的電容，其有可能會因為電壓過大而燒毀。

電感

電感 (Inductance) 是閉合迴路的一種屬性，當通過閉合迴路的電流改變時，會出現電動勢來抵抗電流的改變。

採用國際單位制，電感的單位是亨利 (henry)，標記為「H」。電路符號為



$$H = \frac{Wb}{I}$$

H(電感量)單位為亨利(H)。Wb (產生的磁通量)單位為韋伯(Wb)。

I(通過物體的電流)單位為安培(A)。

電阻的阻值、電感的自感、電容的容量大小 的識別方法

直標法

直接值的大小標是於原件上。

色標法



由左往右數。四個色環分別為第一色環、第二色環、倍數、誤差。

第一色環(十位)第二色環(個位) $\times 10^{\text{倍數}}$ ， $_{-}^{+}$ 誤差%。

其顏色黑、棕、紅、橙、黃、綠、藍、紫、灰、白，分別代表數字 0~9。第一、二色環為有效數字。倍數色環為指數(十的 N 次方)，出現金、銀二色時，分別代表 -1 次方及 -2 次方。誤差色環為金、銀、透明等顏色，分別代表 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 。

電阻單位為歐姆(Ω)。電感單位為微亨利(μH)。



數標法

判別方法同色標法。第一、二位數為有效數字，第一位數代表十位數，第二位數代表個位數。第三位數代表指數(十的 n 次方)。

電阻單位為歐姆(Ω)。電容單位為皮法拉(pF)。電感單位為微亨利(μH)。

半導體

半導體(Semiconductor)是指一種導電性可受控制，範圍可從絕緣體至導體之間的材料。常見的半導體材料有矽、鍺、砷化鎵等。材料中載子(carrier)的數量對半導體的導電特性極為重要。這可以通過在半導體中有選擇的加入其他「雜質」(IIIA、VA 族元素)來控制。假設我們在純矽中摻雜(doping)少許的砷或磷(最外層有 5 個電子)，就會多出 1 個自由電子，這樣就形成 N 型半導體；如果我們在純矽中摻入少許的硼(最外層有 3 個電子)，就反而少了 1 個電子，而形成一個電洞(hole)，這樣就形成 P 型半導體(少了 1 個帶負電荷的原子，可視為多了 1 個正電荷)。

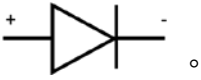
二極體

二極體(Diode)，是一種具有不對稱電導的雙電極電子元件。理想的二極體在順向導電時它的兩個電極(陽極和陰極)間擁有無窮小電阻，而逆向時則有無窮大電阻，即電流只允許由單一方向流過二極體。通常用作「整流」功能。

二極體有許多種類，以下大略簡述幾種常見的二極體。

PN 接面二極體

PN 接面二極體(PN Diode)是利用半導體中 PN 接合的整流性質，是最

基本的半導體二極體。其電路符號為 。

發光二極體

發光二極體（Light-Emitting Diode，縮寫：LED）是一種能發光的半導體

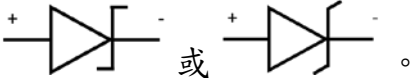
電子元件。順向偏壓時，可發出單色光。其電路符號為 。

稽納二極體

稽納二極體（Reference Diode），被施加反方向電壓的情況，超過特定電壓

時發生的逆向崩潰電壓隨逆向電流變化很小，具有一定的電壓穩定能力。

利用此性質做成的元件被用於電壓基準。順向特性與一般二極體相同。其

電路符號為 。

二極體使用時要注意標是於表面的型號。不同型號的耐受電壓、電流不同，並分別適用於不同的電路上。

電晶體

電晶體（transistor）是一種固態半導體元件，可以用於放大、開關、穩壓、訊號調變和許多其他功能。電晶體由半導體材料組成，至少有三個對外端點（稱為極）可以連接外界電路，其中一個端點是控制極，另外兩個端點之間的伏安特性關係是受到控制極的非線性電阻關係。電晶體基於輸入的電流或電壓，改變輸出端的阻抗，從而控制通過輸出端的電流。

電晶體主要分為兩大類：雙極性電晶體（BJT）和場效應電晶體（FET）

雙極性電晶體 (BJT)

雙極性接面型電晶體(bipolar junction transistor, BJT)，有三個極，射極 (Emitter)、基極 (Base) 和集極 (Collector)，射極到基極的微小電流，會使得射極到集極之間的阻抗改變，從而改變流經的電流。依結構區分，又可分為 NPN 型及 PNP 型兩種。

BJT 的工作模式

電晶體有兩個接面：基-射極接面(CB)及基-集極接面(BE)。

由接面所受的偏壓方式不同，可得到四種工作模式：

作用區(active region)：(CB)順向偏壓，(BE)反向偏壓。

飽和區(saturation region)：(CB)順向偏壓，(BE)順向偏壓。

截止區(cutoff region)：(CB)反向偏壓，(BE)反向偏壓。

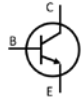
反向作用區：(CB)反向偏壓，(BE)順向偏壓。

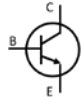
作用區內的電晶體特性，可將電晶體當成放大器。

截止區內的電晶體像是一個切斷(OFF)的開關。

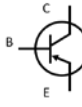
飽和區內的電晶體像是一個閉合(ON)的開關。

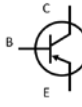
NPN 型



其電路符號為 。射極(E)具有高參雜濃度，主要將自由電子基極(Base)。基極(B)很薄且參雜濃度較低，主要將射極(E)電子傳送至集極(C)。

PNP 型



其電路符號為 。PNP 電晶體電流的方向與 NPN 電晶體電流的方向相反。

五、實際測試

主要電路

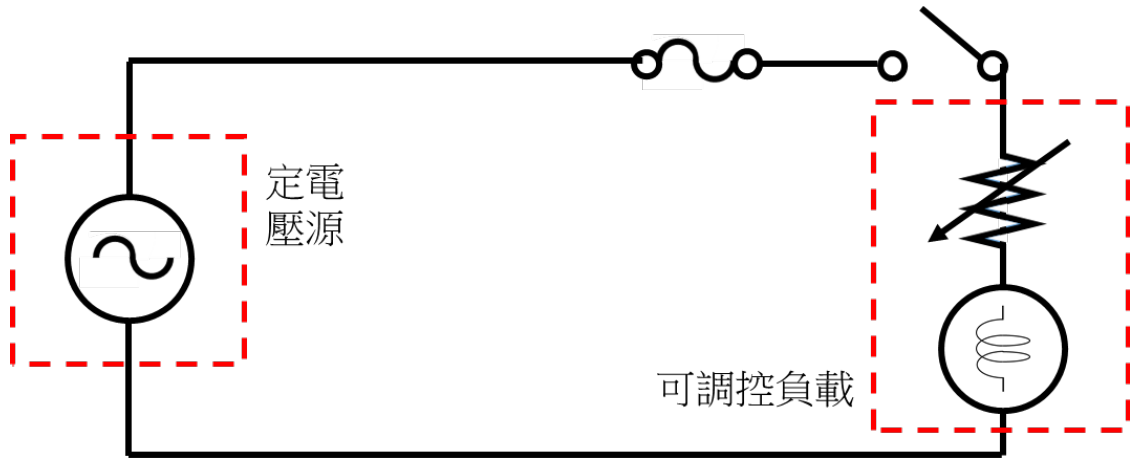


圖 3、定電壓源及負載的電路圖

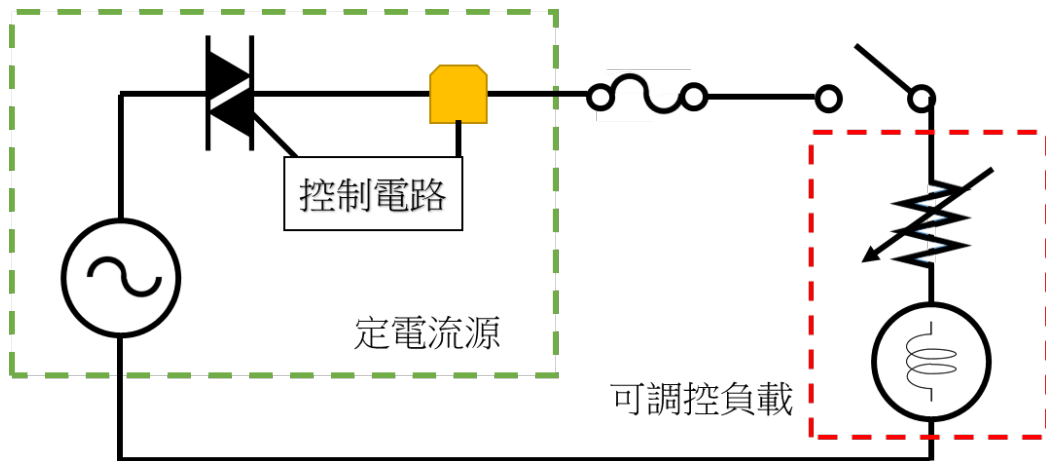


圖 4、定電流源及負載的電路圖

BTA16-600B



BTA16 B
BTB16 B

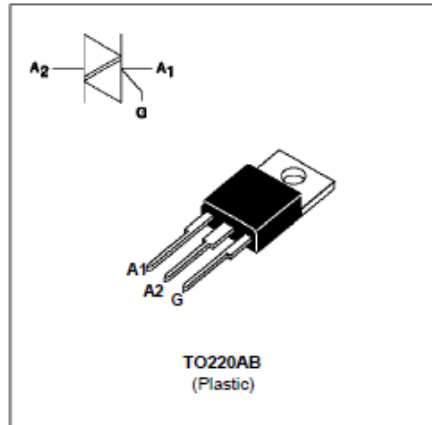
STANDARD TRIACS

FEATURES

- HIGH SURGE CURRENT CAPABILITY
- COMMUTATION : $(dV/dt)_c > 10V/\mu s$
- BTA Family :
INSULATING VOLTAGE = 2500V_(RMS)
(UL RECOGNIZED : E81734)

DESCRIPTION

The BTA/BTB16 B triac family are high performance glass passivated PNP devices. These parts are suitable for general purpose applications where high surge current capability is required. Application such as phase control and static switching on inductive or resistive load.



ABSOLUTE RATINGS (limiting values)

Symbol	Parameter		Value	Unit	
$I_T(RMS)$	RMS on-state current (360° conduction angle)	BTA	$T_c = 80\text{ }^\circ\text{C}$	16	A
		BTB	$T_c = 90\text{ }^\circ\text{C}$		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (T_j initial = 25°C)		$t_p = 8.3\text{ ms}$	170	A
			$t_p = 10\text{ ms}$	160	
I^2t	I^2t value		$t_p = 10\text{ ms}$	128	A ² s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current Gate supply : $I_G = 500\text{mA}$ $di_G/dt = 1\text{A}/\mu\text{s}$		Repetitive $F = 50\text{ Hz}$	10	A/ μs
			Non Repetitive	50	
T_{stg} T_j	Storage and operating junction temperature range		- 40 to + 150 - 40 to + 125	$^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}$	
T_l	Maximum lead temperature for soldering during 10 s at 4.5 mm from case		260	$^\circ\text{C}$	

Symbol	Parameter	BTA / BTB16-... B				Unit
		400	600	700	800	
V_{DRM} V_{RRM}	Repetitive peak off-state voltage $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	400	600	700	800	V

BTA16 B / BTB16 B

THERMAL RESISTANCES

Symbol	Parameter	Value	Unit
Rth (j-a)	Junction to ambient	60	°C/W
Rth (j-c) DC	Junction to case for DC	BTA	2.9
		BTB	2.3
Rth (j-c) AC	Junction to case for 380° conduction angle (F = 50 Hz)	BTA	2.2
		BTB	1.75

GATE CHARACTERISTICS (maximum values)

$P_G (AV) = 1W$ $P_{GM} = 10W$ ($t_p = 20 \mu s$) $I_{GM} = 4A$ ($t_p = 20 \mu s$) $V_{GM} = 16V$ ($t_p = 20 \mu s$).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Symbol	Test Conditions	Quadrant		Suffix	Unit	
				B		
I _{GT}	V _D =12V (DC) R _L =33Ω	T _J =25°C	I-II-III	MAX	50	mA
			IV	MAX	100	
V _{GT}	V _D =12V (DC) R _L =33Ω	T _J =25°C	I-II-III-IV	MAX	1.5	V
V _{GD}	V _D =V _{DRM} R _L =3.3kΩ	T _J =125°C	I-II-III-IV	MIN	0.2	V
t _{gt}	V _D =V _{DRM} I _G = 500mA dI _G /dt = 3A/μs	T _J =25°C	I-II-III-IV	TYP	2	μs
I _L	I _G =1.2 I _{GT}	T _J =25°C	I-III-IV	TYP	40	mA
			II		70	
I _H *	I _T = 500mA gate open	T _J =25°C		MAX	50	mA
V _{TM} *	I _{TM} = 22.5A t _p = 380μs	T _J =25°C		MAX	1.6	V
I _{DRM} I _{RRM}	V _{DRM} Rated V _{RRM} Rated	T _J =25°C		MAX	0.01	mA
		T _J =125°C		MAX	2	
dV/dt *	Linear slope up to V _D =67%V _{DRM} gate open	T _J =125°C		MIN	250	V/μs
(dV/dt) _c *	(dI/dt) _c = 7A/ms	T _J =125°C		MIN	10	V/μs

* For either polarity of electrode A2 voltage with reference to electrode A1.

控制電路

Arduino 介紹

Arduino，使用了 Atmel AVR 單晶片，是一個開放原始碼的單晶片微控制器。它採用了開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸出/輸入 (simple I/O) 介面板，並且具有使用類似 Java、C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。

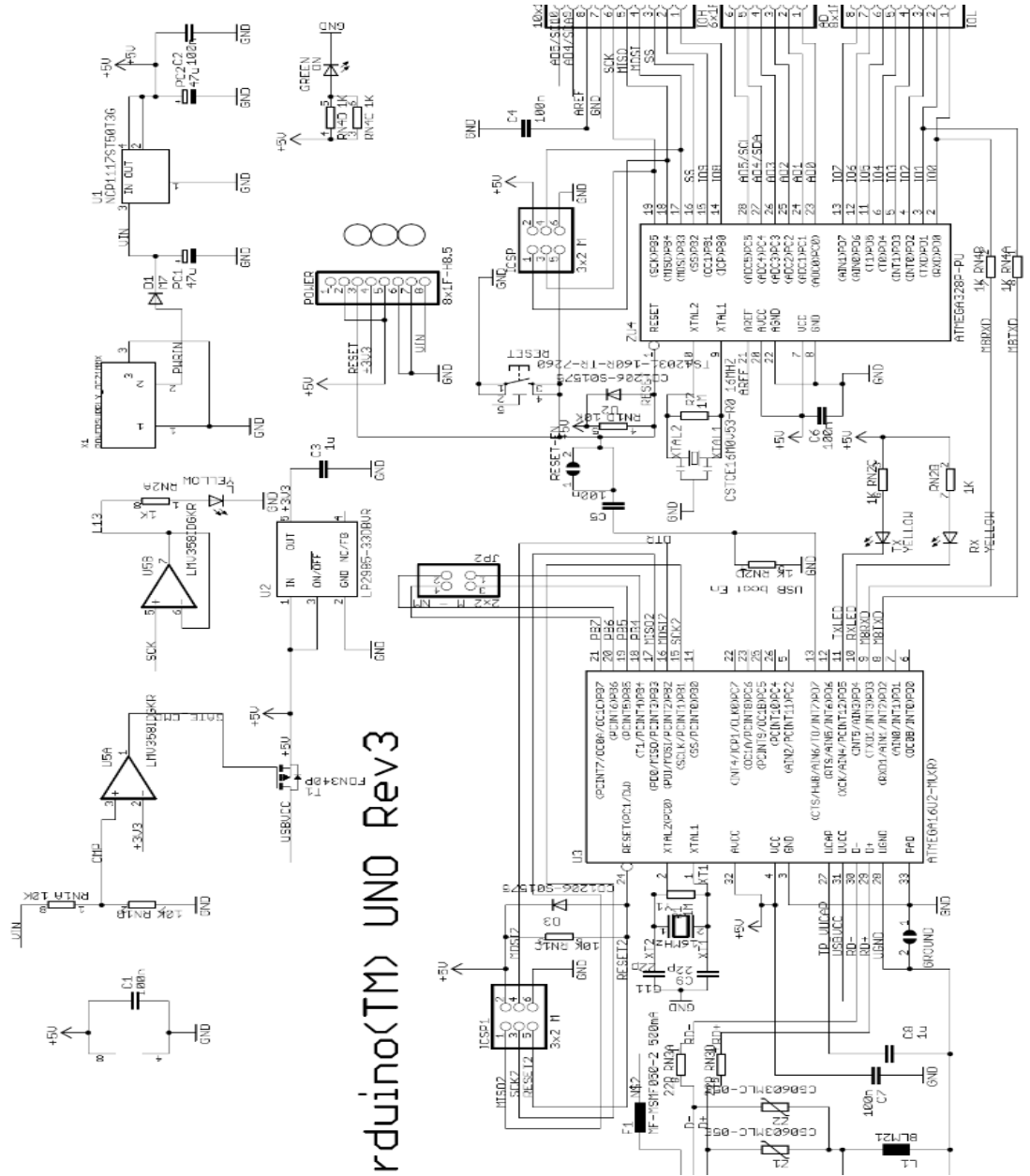
Arduino 可以使用 Arduino 語言與 Macromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 和 SuperCollider 跟 Java 和 make block.cc 等軟體，結合電子元件。

Arduino 也可以獨立運作成為一個可以跟軟體溝通的介面。



圖 5、Arduino UNO R3

圖 6、Arduino UNO R3 的 電路圖

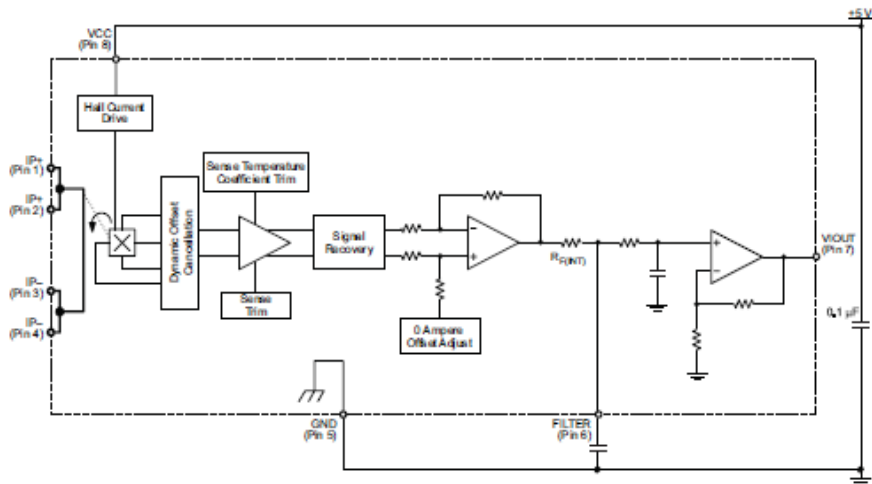


GY-712 霍爾電流感測模組 20A

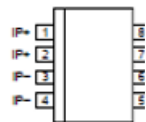
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _{OP} (°C)	Optimized Range, I _P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{RIOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{IOUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{IOUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _P	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	I _{R(max)}	Junction Temperature, T _J < T _{J(max)}	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C



TUV America
Certificate Number:
U8V 06 05 54214 010

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

2

Arduino 控制程式

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
int analog=0,PINpwm=6;
int i,i2,s=21,s2=40;
int valA[30];
float valB[30],valC,valsum,valsum2,val2B[5],val2C,Ival,
sI=5,d,PWM=127;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(PINpwm, OUTPUT);

  lcd.begin(16, 2);

  lcd.print("Set I:  ");
  lcd.print(sI);
  lcd.print(" A");
}

void loop() {
  val2C=0;
  i2=0;
  while(i2<s2)
  { val2B[i2]=valsum;
    val2C=val2C+val2B[i2];
    i2=i2+1;
  }
  i=0;
  valC=0;
  while(i<s)
  { valA[i]=analogRead(analog);
    valB[i]=sq((valA[i]-512)*0.05059);
    valC=valC+valB[i];
    i=i+1;
  }
}
```

```

valsum=sqrt(valC/s);
}

Ival=(val2C/s2);

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("RLY I: ");
analogWrite(PINpwm,PWM);

while(sI<Ival)
{
PWM=PWM-0.05;

lcd.print(PWM);
lcd.print(" A");
lcd.setCursor(8, 1);
}
while(sI>Ival+0.001)
{
PWM=PWM+0.05;

lcd.print(PWM);
lcd.print(" A");
lcd.setCursor(8, 1);
}
Serial.print("I : ");
Serial.print(Ival);
Serial.print("A \n");
}

```

PWM 控制訊號產生電路

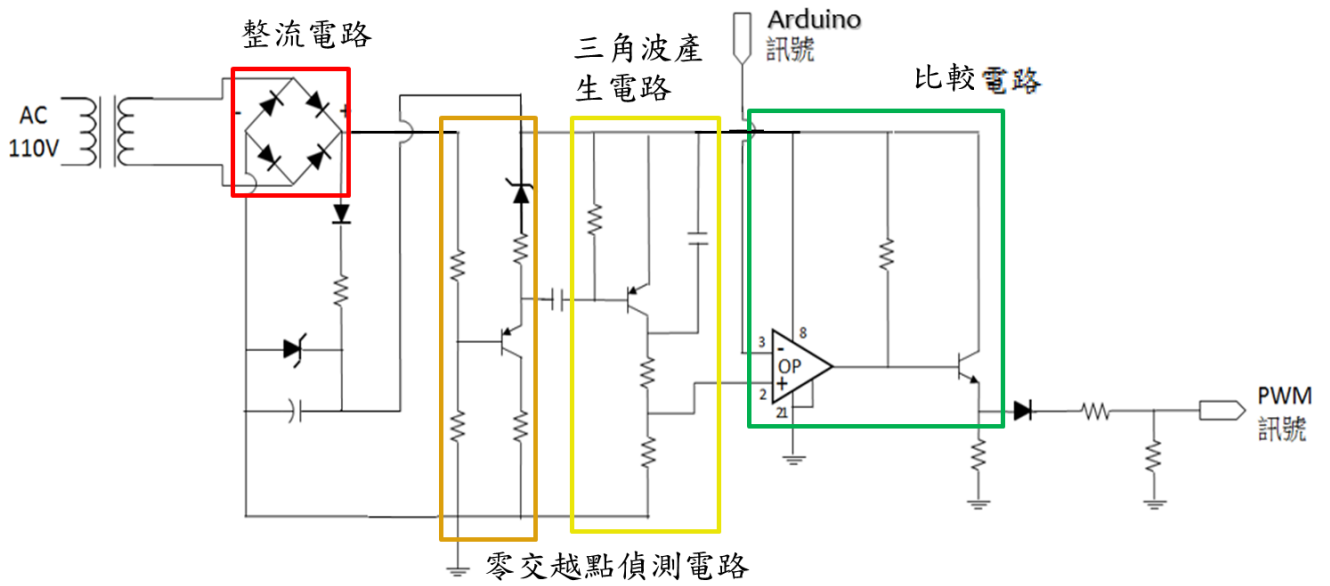


圖 7、PWM 控制訊號產生電路的電路圖

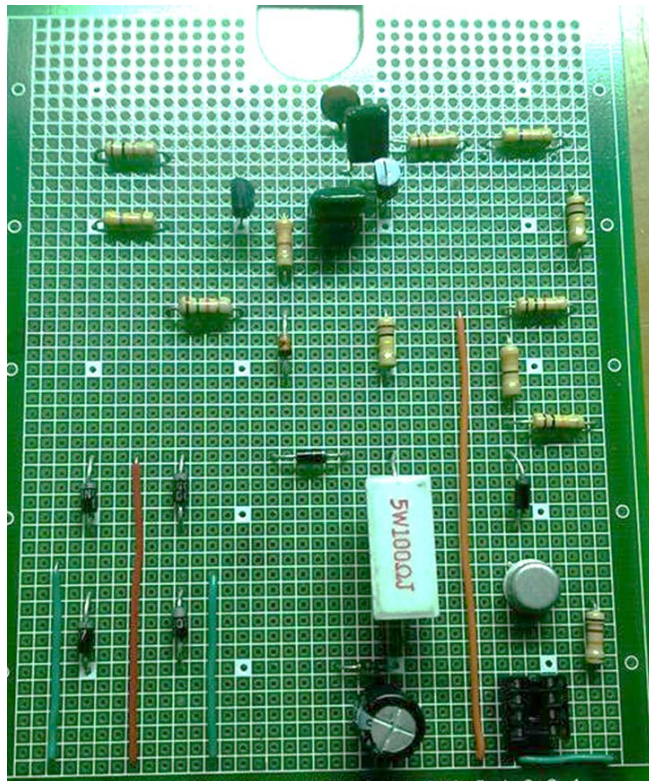
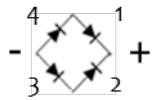


圖 8、PWM 控制訊號產生電路的實際電路

全波橋式整流電路



共有四個二極體構成，其動作為分相動作。二極體 1、2 負端交接處作為電路的電源端；二極體 3、4 正端交接處供應電路負端。

交流電正半週時，二極體 1、3 導通；二極體 2、4 截止，輸出正電壓。其波形為圖 10。

交流電負半週時，二極體 2、4 導通；二極體 1、3 截止，輸出正電壓。其波形為圖 11。

最後得其波形為圖 12、，為正負半週的波形重疊，形成一個連續的半旋波，測得頻率為原本交流電頻率的兩倍。



$$V_{\max}=33.2 \quad V_{pp}=30.4$$

圖 9、全波橋式整流電路的波形圖

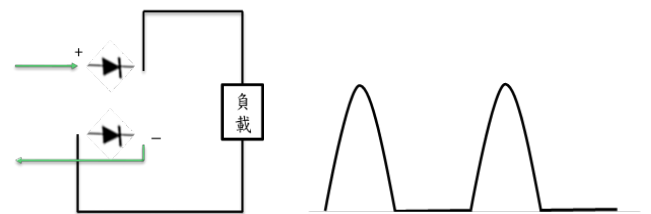


圖 10、全波橋式整流電路正半週時的電路圖與波形圖

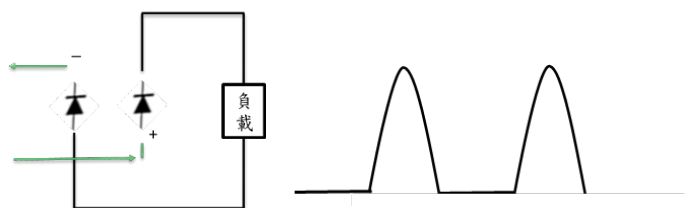


圖 11、全波橋式整流電路負半週時的電路圖與波形圖



圖 12、全波橋式整流電路正負半週的波形圖

穩壓電路

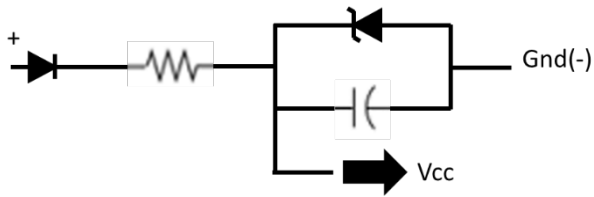


圖 13、穩壓電路的電路圖

電路中稽納二極體反接，可使得電壓穩定。電容作為濾波的功用。前面的二極體作用是防止逆向的電流產生。此電路提供後端電力。

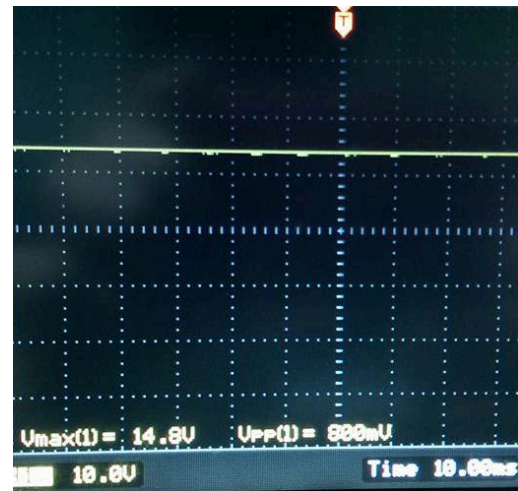


圖 14、穩壓電路的波形圖

零交越點偵測電路

PNP 電晶體的基極(B)有全波整流的訊號輸入。當其電壓小於射極(E)時，電晶體便會導通。射極(E)的稽納二極體及電阻作為降壓的功用，目的是使射極(E)為一個極小的電壓(趨近於 0)。這樣電晶體便會在交流頻率的零交越點導通。並給予後端，與交流同步的訊號。

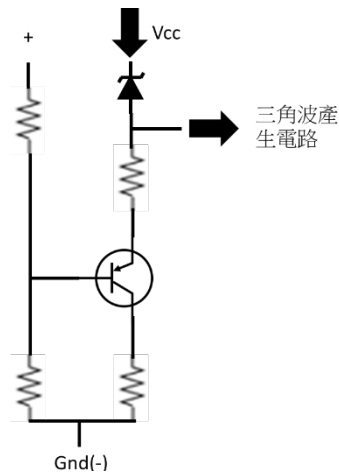


圖 15、零交越點偵測電路的電路圖

三角波(鋸齒波)產生電路

PNP 電晶體的基極(B)在一般情況下，電壓大於其射極(E)，所以電晶體為截止狀態。但在前面電路(零交越點偵測電路)中的 PNP 電晶體導通時，Vcc 對其基極(B)的電容充電。此時 PNP 電晶體的基極(B)電壓會小於電壓大於其射極(E)，並導通。

當 PNP 電晶體截止時，連接 PNP 電晶體集極(C)、射極(E)兩端的電容會放電；當 PNP 電晶體導通時，連接 PNP 電晶體集極(C)、射極(E)兩端的電容會充電。

PNP 電晶體集極(C)電壓在導通時，急速上升。在電晶體截止時，連接 PNP 電晶體集極(C)、射極(E)兩端的電容會放電，電壓就會慢慢下降。

經過分壓後，就能得到所需要的三角波(鋸齒波)。

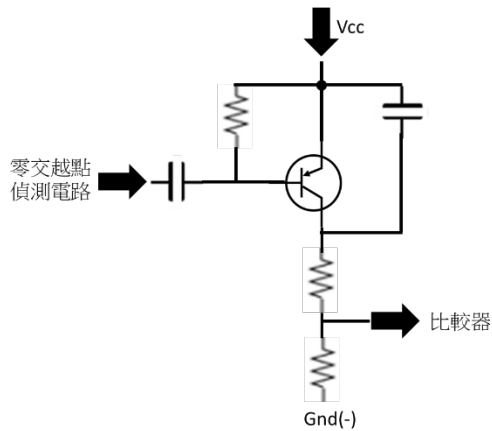


圖 16、三角波產生電路的電路圖



圖 17、三角波產生電路的波形圖

比較電路

Vcc 提供比較器 OP 工作電壓，供其運作。比較器 OP 將 Arduino 運算過後的直流控制訊號與前面電路(三角波產生電路)的訊號進行比對。比較器 OP 會產生相對應的 PWM 控制訊號。

當三角波的電壓大於 Arduino 的控制訊號時，比較器 OP 訊號會由 low 轉至 high；當三角波的電壓小於 Arduino 的控制訊號時，比較器 OP 訊號會由 high 轉至 low。這 high/low 訊號便是與交流同步的 PWM。

NPN 電晶體對此 PWM 進行功率放大。

二極體防止逆向的電流產生。

最後經過分壓後便取得控制 Triac 導通角的 PWM 控制訊號。

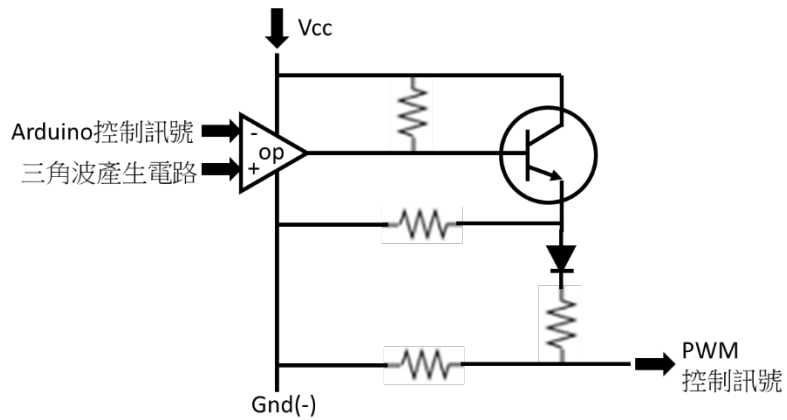


圖 18、比較電路的電路圖

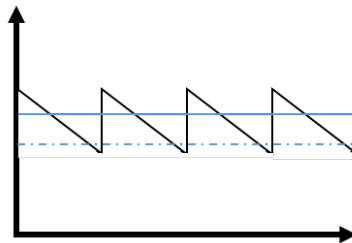


圖 19、三角波及兩直流訊號(實線、虛線)的波形圖

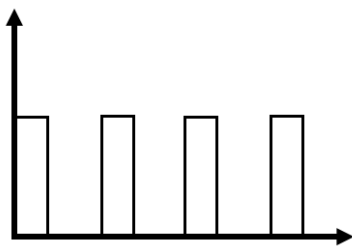


圖 20、三角波與直流訊號(實線)



圖 21、三角波與直流訊號(虛線)

比對後產生的 PWM 訊號之波形圖

比對後產生的 PWM 訊號之波形圖

六、結語

經過實驗後，得知不管是定電壓源，或者是定電流源。由於功率是電壓與電流的乘積，其消耗功率都會因為負載改變而有所變動。了解到，負載自身決定了其消耗功率，在電源方面作調整無法達到改變消耗功率的目的。在實驗中還發現。在電源是定電壓源時，負載上升，源至負載阻抗下降；但是在電源是定電流源時，負載上升，源至負載阻抗上升。

感謝老師細心指導，才能在遇到困難時，迎刃而解。雖然實驗所得到的結果並不是期望的。但是在過程中，將過去所學的知識，實際運用在電路中。更能將所學知識運用的更加靈活。也補足了過去為學好的相關知識。對我來說還是有不小的收穫。

參考資料

電路學 第六版(精簡本)

台灣東華書局股份有限公司

電子學

新加坡商聖智學習亞洲私人有限公司台灣分公司

Arduino 開發實戰指南

上奇資訊股份有限公司

Google 搜尋引擎

<https://www.google.com.tw>

廣華電子商誠:

<http://shop.cpu.com.tw/>

IT's 通訊:

http://newsletter.ascc.sinica.edu.tw/news/read_news.php?nid=2782

alldatasheet.com:

<http://www.alldatasheet.com/>

Augmented Reality Technology:

https://www.youtube.com/watch?v=_W3LXy0rJMs

Arduino 官網:

<https://www.arduino.cc>

網昱多媒體:

<http://swf.com.tw>

Cooper Maa

<http://coopermaa2nd.blogspot.tw>

Amazon try prime

<http://www.amazon.com/>

教材資源庫

http://elect.taivs.tp.edu.tw/course/webguide_text.htm

thit.ee

http://pub.tust.edu.tw/mechanic/mclab/public_html/_private/electronics/bjt/concept.htm

維基百科