

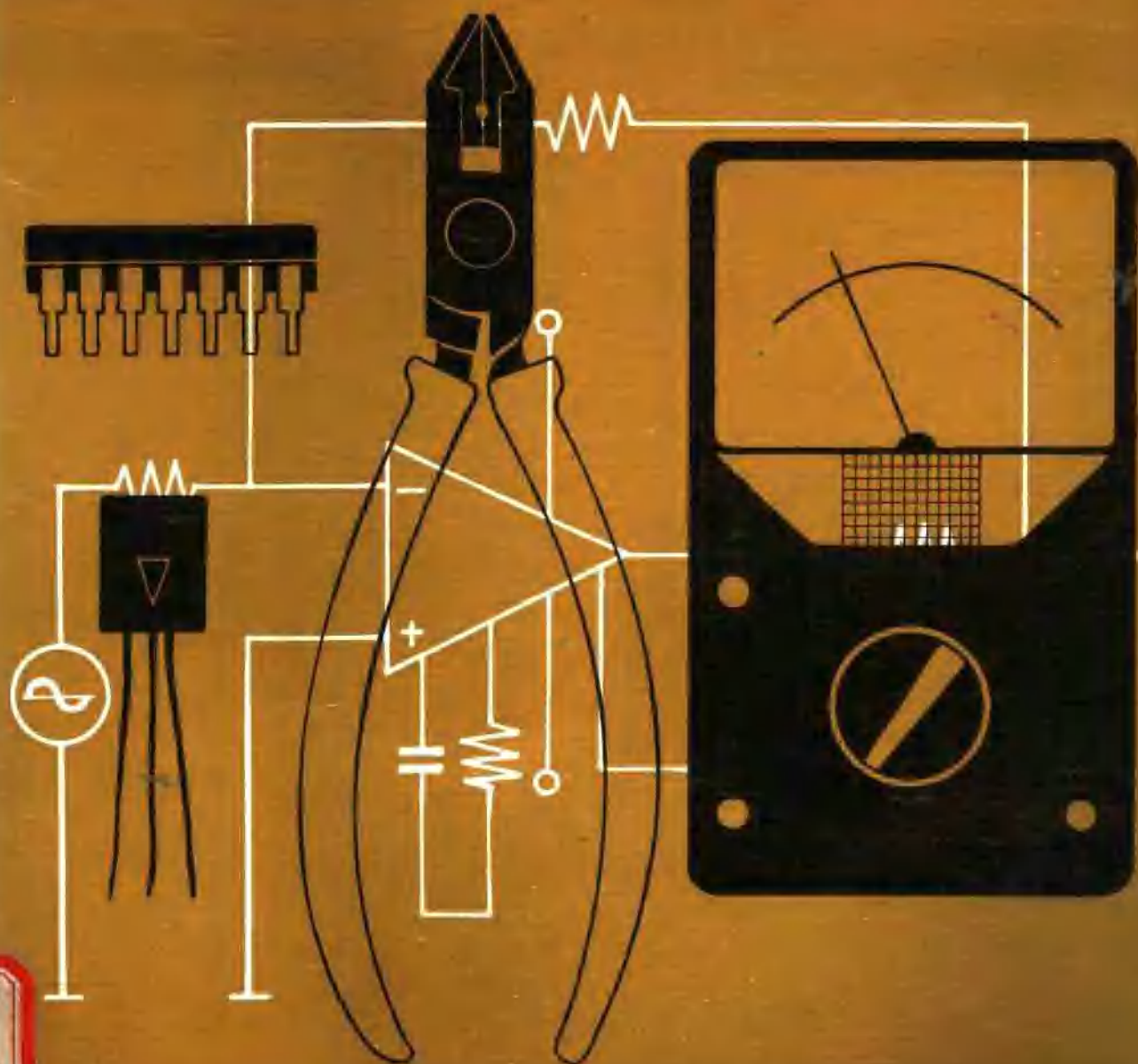
修訂版

最新部訂課程標準

# 電子實習 (2)

陳本源 編著

戚立 校訂



全華科技圖書公司印行

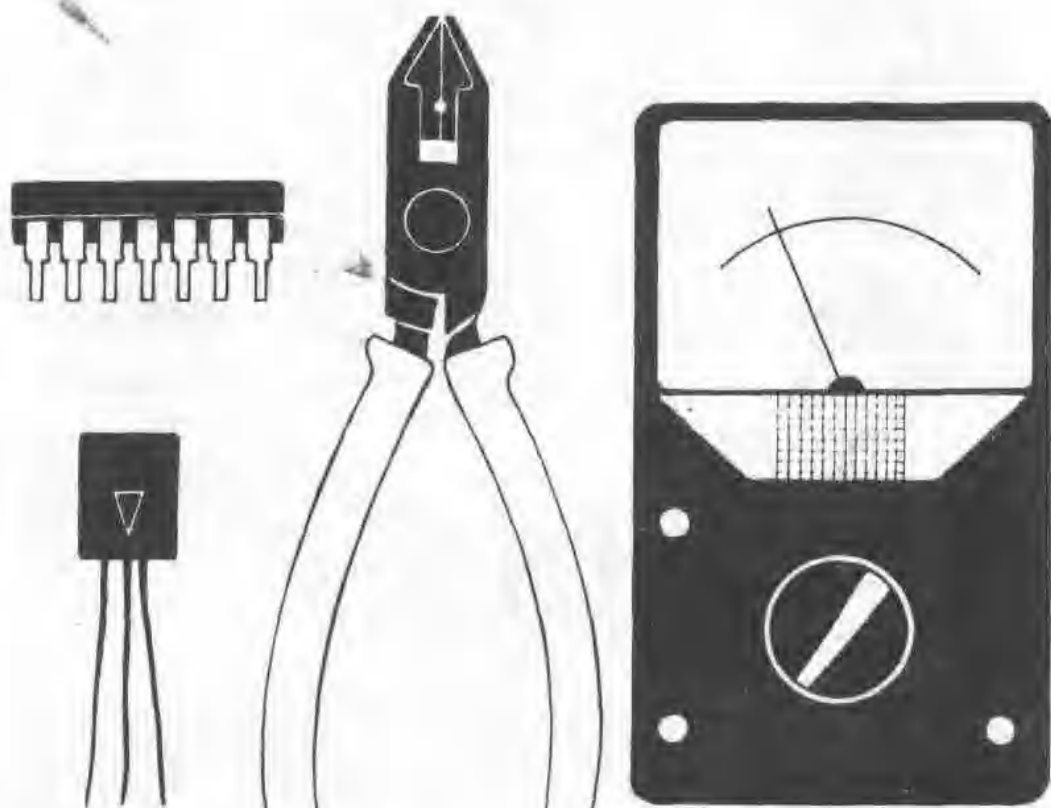
672631

最新部訂課程標準

# 電子實習(2)

陳本源 編著

戚立 校訂



施世筑 贈送  
華僑大學圖書 認藏



A0166875



全華科技圖書公司印行

# 我們的宗旨：

---



---

感謝您選購全華圖書  
希望本書能滿足您求知的慾望

---

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！

## 編輯大意

1. 本書係遵照教育部民國六十三年二月修訂頒佈之電子科專業實習課程標準編輯而成。
2. 本書著重創造力與解決問題能力的訓練。至於實習中可能發生的問題與困難，則將原因予以分析，並提示讀者應如何解決。爲了適應電子工業發展的趨勢，且兼顧部訂課程標準，此書編撰費盡極大心思。
3. 本書共分六冊，除可供高工六學期電子實習教學之用外，同時也適於作五專電子科及電子工程技術人員之參考資料。讀者應於實習前先將相關知識研讀，各校可斟酌設備與學生程度將相關知識與實習項目加以增刪。
4. 本書曾實際充作省立彰化高工電子科及省立台中高工電子科之教材，經試教結果，尚稱良好。
5. 本書係利用公餘課畢閒暇執筆而成，不妥或錯誤之處恐所難免，至祈先進專家惠賜指正，俾再版時加以訂正是幸。
6. 本書承恩師戚立主任校閱，教育學院余家聲老師、台北工專蕭培雄老師提供意見，謹此致謝。

陳本源 謹識於台中

# 目 錄

## 實習一 交流電壓測量

|                      |   |
|----------------------|---|
| 一、實習目的.....          | 1 |
| 二、相關知識.....          | 1 |
| 三、實習項目.....          | 5 |
| 工作一：用 VOM 測交流電壓..... | 5 |
| 工作二：交流電壓表製作.....     | 6 |
| 四、問 題.....           | 9 |

## 實習二 R、L、C 電路

|                     |    |
|---------------------|----|
| 一、實習目的.....         | 11 |
| 二、相關知識.....         | 11 |
| 三、實習項目.....         | 17 |
| 工作一：R、C 串聯電路.....   | 17 |
| 工作二：R、L 串聯電路.....   | 18 |
| 工作三：R、L、C 串聯電路..... | 19 |
| 四、問 題.....          | 20 |

## 實習三 電子儀錶的使用(I)

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 一、實習目的.....           | 23 |
| A. 電子電壓表.....         | 23 |
| (一) 相關知識.....         | 23 |
| (二) 實習項目.....         | 31 |
| 工作一：電子電壓表面板的認識.....   | 31 |
| 工作二：電子電壓表的使用.....     | 32 |
| B. 音週信號產生器的使用.....    | 34 |
| (一) 相關知識.....         | 34 |
| (二) 實習項目.....         | 36 |
| 工作一：音週信號產生器面板之認識..... | 36 |
| 二、問題.....             | 37 |

## 實習四 電子儀錶的使用(II)

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 一、實習目的.....              | 39 |
| 二、相關知識.....              | 39 |
| 三、實習項目.....              | 54 |
| 工作一：熟悉示波器面板控制鈕的操作.....   | 54 |
| 工作二：用示波器觀測整流電路.....      | 57 |
| 工作三：用示波器測量電壓.....        | 58 |
| 工作四：利用示波器測量未知頻率.....     | 60 |
| 工作五：利用示波器觀測 RC 相移電路..... | 65 |
| 四、問題.....                | 66 |

## 實習五 電晶體直流偏壓電路

|                    |    |
|--------------------|----|
| 一、實習目的.....        | 69 |
| 二、相關知識.....        | 69 |
| 三、實習項目.....        | 76 |
| 工作一：固定偏壓電路.....    | 76 |
| 工作二：電壓回授偏壓電路.....  | 76 |
| 工作三：射極回授的偏壓電路..... | 78 |
| 工作四：自給偏壓電路.....    | 79 |
| 工作五：雙電源射極偏壓電路..... | 81 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 工作六：電晶體 $P_c$ 測量  | 83 |
| 工作七：用示波器觀測電晶體特性曲線 | 84 |
| 工作八：用示波器觀測電晶體崩潰電壓 | 87 |
| 四、問題              | 89 |

## 實習六 剪裁電路與箝位電路

|                  |     |
|------------------|-----|
| 一、實習目的           | 91  |
| 二、相關知識           | 91  |
| 三、實習項目           | 98  |
| 工作一：觀察串聯二極體剪裁器   | 98  |
| 工作二：並聯二極體剪裁電路    | 100 |
| 工作三：不加偏壓的二極體箝位器  | 100 |
| 工作四：加有偏壓的二極體箝位電路 | 103 |
| 四、問題             | 105 |

## 實習七 電晶體單級放大電路

|                |     |
|----------------|-----|
| 一、實習目的         | 105 |
| 二、相關知識         | 105 |
| 三、實習項目         | 115 |
| 工作一：基極接地放大電路測試 | 115 |
| 工作二：射極接地放大電路測試 | 117 |
| 工作三：集極接地放大電路測試 | 119 |
| 工作四：單級放大簡單應用   | 120 |
| 四、問題           | 122 |

## 實習八 變壓器與喇叭阻抗測試

|               |     |
|---------------|-----|
| 一、實習目的        | 123 |
| 二、相關知識        | 123 |
| 三、實習項目        | 127 |
| 工作一：電源變壓器測試   | 127 |
| 工作二：輸出變壓器測試   | 128 |
| 工作三：最大輸出功率的測試 | 129 |
| 工作四：喇叭阻抗的測定   | 131 |

|       |     |
|-------|-----|
| 四、問 題 | 131 |
|-------|-----|

## 實習九 電晶體串級放大電路

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 一、實習目的              | 133 |
| 二、相關知識              | 133 |
| 三、實習項目              | 143 |
| 工作一：RC 交連兩級放大電路     | 143 |
| 工作二：直接交連放大電路        | 146 |
| 工作三：單晶體甲類功率放大電路     | 148 |
| 四、問 題               | 150 |
| 相關知識補充：甲類單端輸出電路設計圖表 | 150 |

## 實習十 串聯諧振電路之特性

|              |     |
|--------------|-----|
| 一、實習目的       | 153 |
| 二、相關知識       | 153 |
| 三、實習項目       | 157 |
| 工作一：串聯諧振電路測試 | 157 |
| 工作二：並聯諧振電路測試 | 159 |
| 四、問 題        | 161 |

## 實習十一 雙端推挽放大電路

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 一、實習目的             | 163 |
| 二、相關知識             | 163 |
| 三、實習項目             | 171 |
| 工作一：低功率雙端推挽放大電路    | 171 |
| 工作二：對講機製作          | 176 |
| 四、問 題              | 182 |
| 相關知識補充：電晶體使用的低頻變壓器 | 182 |

## 實習十二 印刷電路板簡單線路之製作與設計

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 一、實習目的                      | 187 |
| 二、相關知識                      | 187 |
| 三、實習項目                      | 208 |
| 工作一：用電路筆（亦可用油質簽字筆）製作一塊印刷電路版 | 208 |
| 工作二：絲網印刷法製作一塊印刷電路版          | 208 |



## 實習十三 AM接收機

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 一、實習目的                     | 209 |
| 二、相關知識                     | 209 |
| 三、實習項目                     | 221 |
| 工作一：AM接收機套件製作              | 221 |
| 工作二：電晶體收音機的調整（用RF信號產生器）    | 227 |
| 工作三：利用掃描信號產生器及示波器調收音機      | 228 |
| 工作四：不用儀器的調整方法              | 228 |
| 四、問題                       | 231 |
| 相關知識補充A：測試收音機用的環天線         | 232 |
| 相關知識補充B：工廠收音機生產過程          | 233 |
| 相關知識補充C：電晶體收音機檢修           | 235 |
| 相關知識補充D：超外差接收機知識——三點跟踪     | 237 |
| 附錄A：HAMEG示波器HM412-5規格與面板說明 | 243 |
| 附錄B：聲寶牌FG617函數波產生器         | 248 |
| 附錄C：聲寶牌DM758數字式萬用電錶—使用說明   | 258 |
| 附錄D：電晶體接腳辨別圖               | 262 |
| 附錄E：常用儀表上的一些註字及符號的意義       | 264 |
| 附錄F：電晶體規格單                 | 265 |
| 附錄G：本書實習必備設備與材料            | 271 |

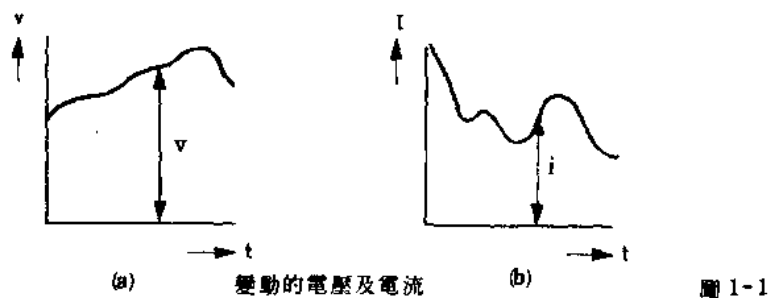
# 實習一 交流電壓測量

## 一、實習目的

1. 認識正弦波。
2. 交流電壓表的認識與製作。

## 二、相關知識

研討過直流電以後，我們已瞭解直流電壓的極性固定不變，而其電流為單一方向，且保持在定值。不過在電子學方面所討論的電壓電流，大都並非是恒定的電壓與電流，而是隨時間在變化的電壓與電流，如圖 1-1 所示。



這種任何時刻都在變化的電壓或電流值，稱為瞬間值，電壓用小寫字“ $v$  或  $e$ ”表示，電流用“ $i$ ”表示。

隨時間而變化的電流及電壓都稱為波，而特殊波的形狀就稱為波形（waveform）。其波形具有一定間隔的波，稱為週期波。

## 2 電子實習(2)

每一次完整的往返，在周期性波形瞬時值的連續，稱為週 ( Cycle )。波的整週所佔的時間，稱為該波的週期，用大寫字 “ T ” 表示。

在一秒之內所發生的週數稱為波的頻率 ( Frequency ) 用 “ f ” 表示，其中  $f = \frac{1}{T}$ ，以赫 ( Hz ) 為量度單位。

圖 1-2 (a)(b) 兩電壓的基本波形是一樣，而其平均值則不同，(a) 圖的電壓平均值 (  $V_{av}$  ) 為零，(b) 的  $V_{av}$  等於 2V。

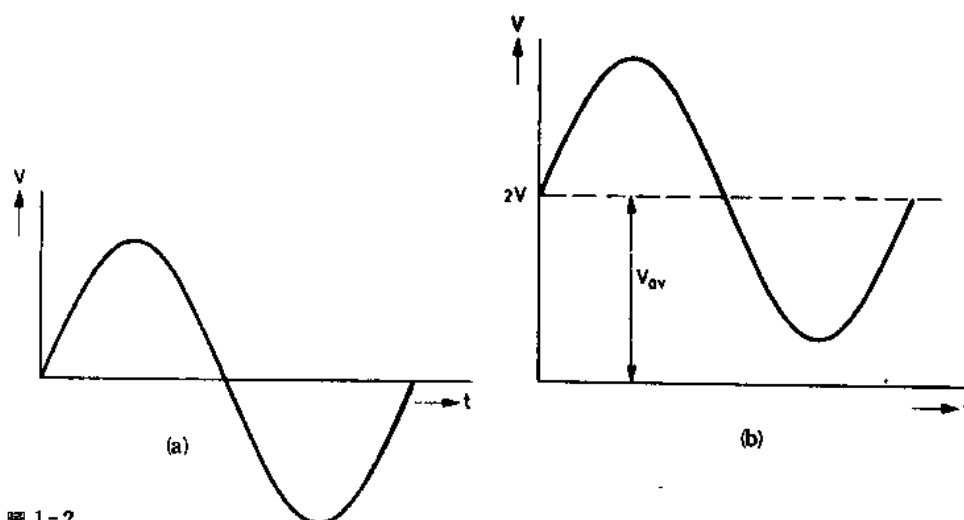


圖 1-2

圖 1-3 (a)(b) 的波形相加起來即成為(c)的週期性波形，平均值不等於零的週期性波形，可以視為直流與交流波形的相加。

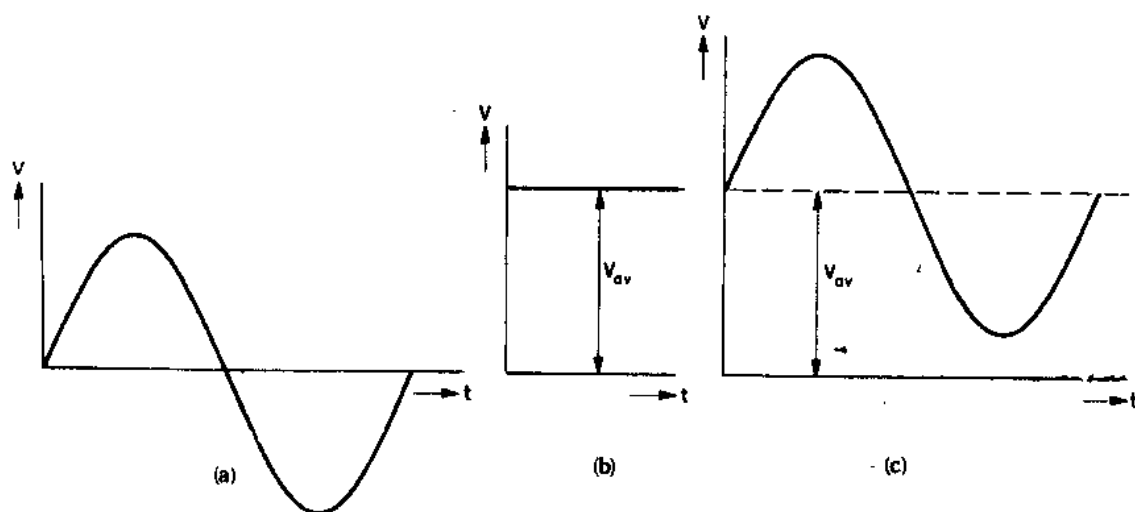


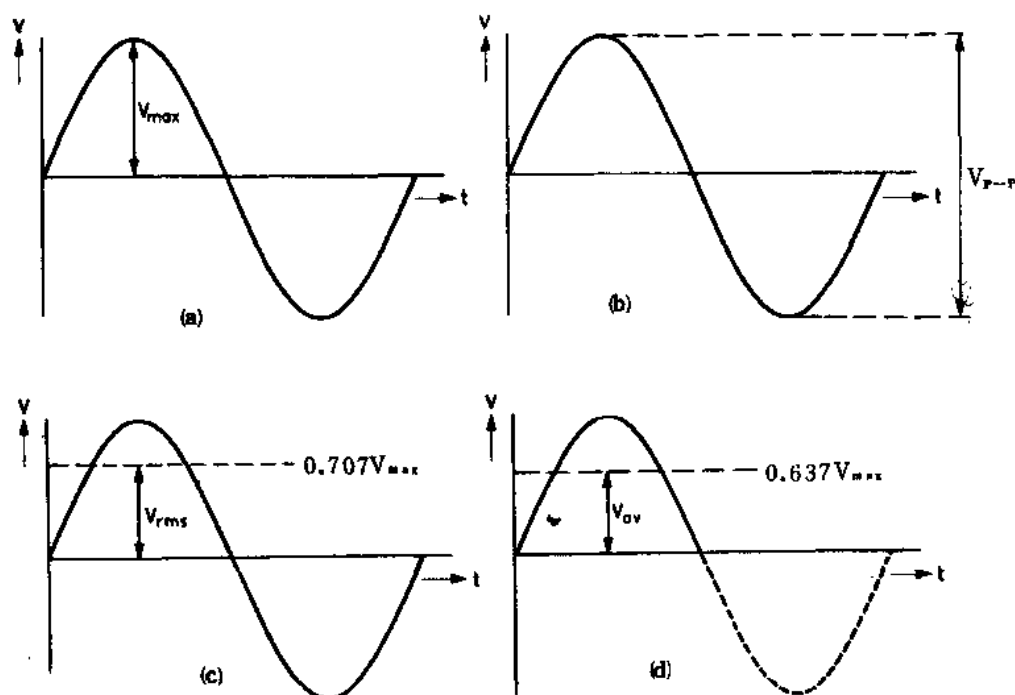
圖 1-3

在電子學中經常遇到的交流波形為正弦波 (sine wave)。用來標示正弦波電壓波形特性的有下列幾項：

$V_{max}$ ：最大值，是該波一週中最大的瞬間電壓，也稱為該波的振幅，如圖 1-4(a)所示。

$V_{P-P}$ ：峯對峯值，就是在一週中，最大正值與最大負值之間的電壓， $V_{P-P} = 2 V_{max}$  如圖 1-4(b)所示。

$V_{rms}$ ：均方根值或有效值。在圖 1-5 中， $R_1 = R_2$ ，若  $R_1$ 、 $R_2$  上所產生的熱相同，則  $E$  的電壓值即為  $V_{ac}$  的有效值。均方根值與波幅之間的關係為  $V_{rms} = V_{max} / \sqrt{2} = 0.707 V_{max}$ ，如圖 1-4(c)所示。



正弦波

圖 1-4

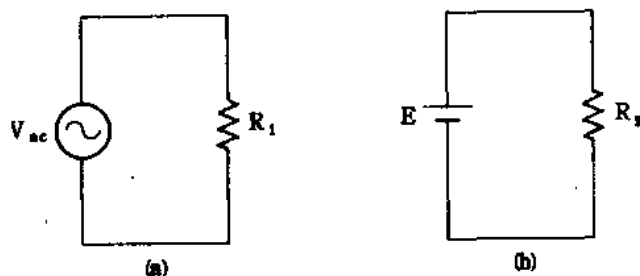


圖 1-5

$V_{av}$ ：平均值，就是該波形半週曲線所含的面積除以該面積所佔的長度。平均值與波幅之間的關係為

$$V_{av} = \frac{2}{\pi} V_{max} = 0.637 V_{max}$$

以上所標示正弦波電壓特性亦同樣適合於正弦波電流。

有效值與平均值的關係：

$$V_{av} = 0.637 V_{max}$$

$$V_{av} = 0.637 \times \sqrt{2} \times V_{rms}$$

$$V_{rms} = \frac{1}{0.637 \times \sqrt{2}} \times V_{av} = 1.11 V_{av}$$

正弦波電壓方程式為：

$$v = V_{max} \sin \theta$$

式中  $v$  為瞬間值， $V_{max}$  為最大值， $\theta = \omega t$ ，亦可寫成

$$v = V_{max} \sin \omega t$$

在一週中  $t = T$  及  $\theta = 2\pi$  弧度，所以可得

$$2\pi = \omega T, \quad \omega = 2\pi / T$$

由於  $f = 1/T$ ，則  $\omega = 2\pi f$ ，代入電壓方程式則

$$v = V_{max} \sin \theta = V_{max} \sin \omega t = V_{max} \sin 2\pi f t$$

$\theta = \omega t$  從  $0^\circ \sim 4\pi$  ( $720^\circ$ ) 所描繪出來的圖形如圖 1-6 所示。

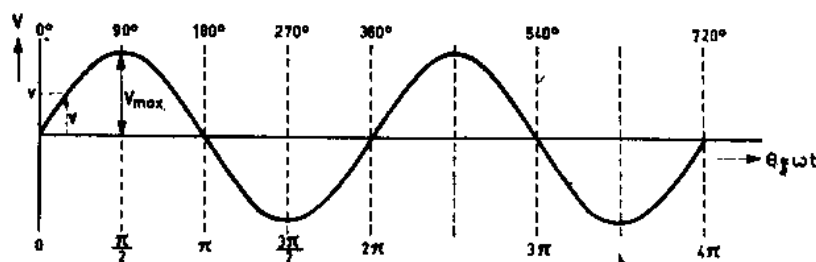


圖 1-6

同樣地正弦電流方程式亦可表示之：

$$i = I_{max} \sin \theta = I_{max} \sin \omega t = I_{max} \sin 2\pi f t$$

任何電阻性網路接於交流電源時，歐姆與克希荷夫定律都一樣可用，而與電源頻率無關。當正弦波電源接上電阻  $R$  時，歐姆定律的數學式如下：

$$V_{rms} = I_{rms} \times R \quad (\text{正弦波電壓中 } V_{rms}、I_{rms} \text{ 通常都用爲 } V, I \text{ 或 } E、I \text{ 表示})$$

$$V_{max} = I_{max} \times R$$

$$V_{p-p} = I_{p-p} \times R$$

$$V_{av} = I_{av} \times R$$

動圈式電壓表實際上是由表頭本身串聯一個電阻而組成的，將此種電壓表如圖 1-7 連接即可用來測量交流電壓，但電壓表指示的 AC 電壓是平均值而非我們所需要的有效值。

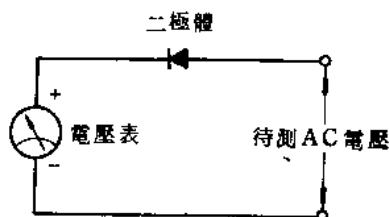


圖 1-7

圖 1-8(a)  $R_L$  上電壓的平均值  $V_{av} = \frac{2}{\pi} V_{max} = 0.637 V_{max}$ ，(b) 圖  $R_L$  上電壓的平均值  $V_{av} = \frac{1}{\pi} V_{max} = 0.318 V_{max}$ 。測量 AC 電壓若按(a)圖連接，則電壓表指數的平均值再乘以 1.11 即為 AC 電壓的有效值，若按(b)圖連接，則電壓表指數的平均值再乘以 2.22 即為 AC 電壓的有效值。

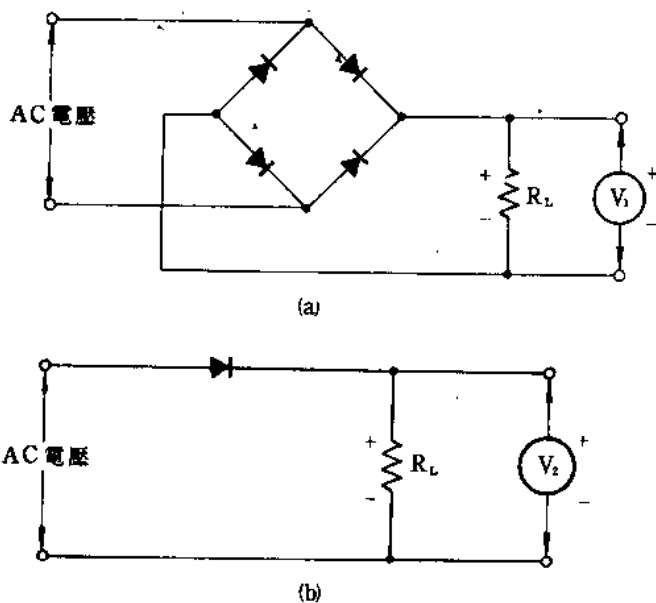


圖 1-8

### 三、實習項目

#### 工作一：用 VOM 測交流電壓

工作程序：

- (1) 取一 PT-20 (其他型式亦可) 電源變壓器接上電壓，如圖 1-9 所示，取一 VOM 轉至 AC50V。

## 6 電子實習(2)

- (2) 用VOM測AB端電壓 $V_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$  V, 此值是AC電壓的  $\underline{\hspace{2cm}}$  值, 平均值  $\underline{\hspace{2cm}}$  V。  $V_{max} = \underline{\hspace{2cm}}$  V。  $V_{P-P} = \underline{\hspace{2cm}}$  V。
- (3) 用VOM測CD端電壓 $V_{CD} = \underline{\hspace{2cm}}$  V, 此值是AC電壓的  $\underline{\hspace{2cm}}$  值, 平均值 =  $\underline{\hspace{2cm}}$  V,  $V_{max} = \underline{\hspace{2cm}}$  V,  $V_{P-P} = \underline{\hspace{2cm}}$  V。
- (4) 按圖1-9(b)接電路,  $R_1 = R_2 = 1\text{ k}\Omega$ , 用VOM測 $V_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$  V。(若發現0V將C、D接頭調換),  $V_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  V,  $V_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  V,  $V_1 + V_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  V。  
 $I = V_{AB} / (R_1 + R_2) = \underline{\hspace{2cm}}$  mA, 此值是AC電流的  $\underline{\hspace{2cm}}$  值。  $I_{max} = \underline{\hspace{2cm}}$  mA  
 $I_{av} = \underline{\hspace{2cm}}$  mA。  $I_1 = V_1 / R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  mA。  $I_2 = V_2 / R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  mA。
- (5) 圖1-9(b)中取 $R_1 = R_2 = 100\text{ K}$ , 用歐姆定律計算值與用VOM測試值分別記錄於表1-1中。

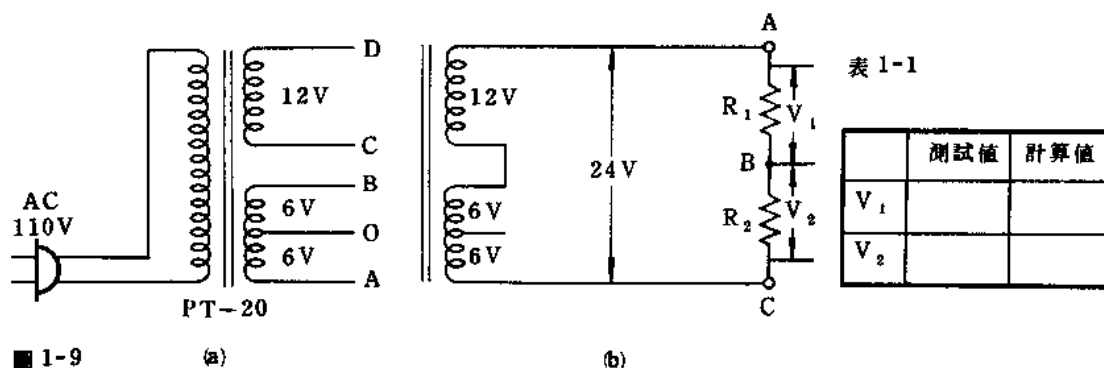


表 1-1

|       | 測試值 | 計算值 |
|-------|-----|-----|
| $V_1$ |     |     |
| $V_2$ |     |     |

## 工作二：交流電壓表製作

### 工作程序：

- (1) 利用1mA電流表, 製作一有效值10V的交流電表。
- (2) 測出1mA表頭(電流表)的內阻 $R_M = \underline{\hspace{2cm}}$   $\Omega$ 。(常用表頭約在50  $\Omega$ 左右), 測試方法如圖1-10所示, 調VR 100  $\Omega$ 使1mA表頭指示電流值等於VOM電流檔的 $\frac{1}{2}$ , 此時VR的電阻值即為 $R_M$ 值。

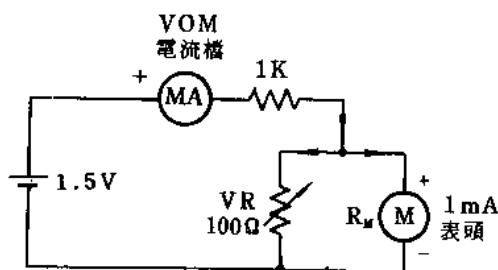


圖 1-10

- (3) 電流表所指示之數值為電流平均值，而非有效值，故欲讀交流電壓之有效值應將電流表之平均值讀數，刻以對應之有效值，圖 1-11 是半波整流方式，其關係如下：

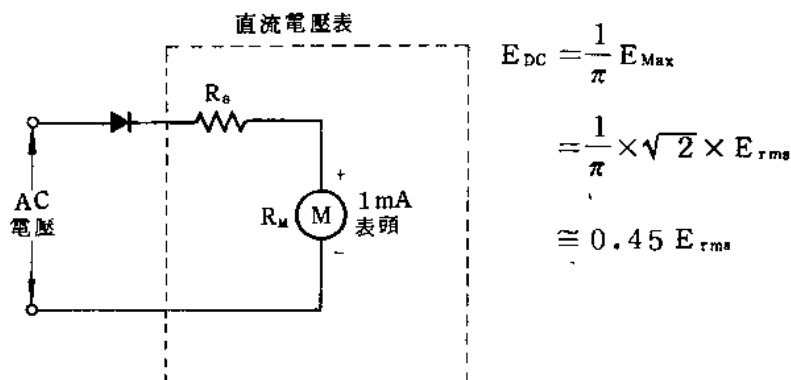


圖 1-11

設計的交流電壓表為 AC 10V 時，則

$$I_{DC} = 1 \text{ mA} = \frac{E_{DC}}{R_s + R_M}$$

$$\text{求得 } R_s = \frac{E_{DC}}{1 \text{ mA}} - R_M \quad (E_{DC} \cong 0.45 E_{rms} = 4.5 \text{ V})$$

$$= \text{ } \text{ K } \Omega \text{。}$$

- (4)  $R_s$  的獲得可用一固定電阻與可變電阻串聯獲得。按圖 1-12 接妥電路， $R_1 = \text{ } \Omega$ ， $VR = \text{ } \Omega$ ， $R_1 + VR = R_s$ 。

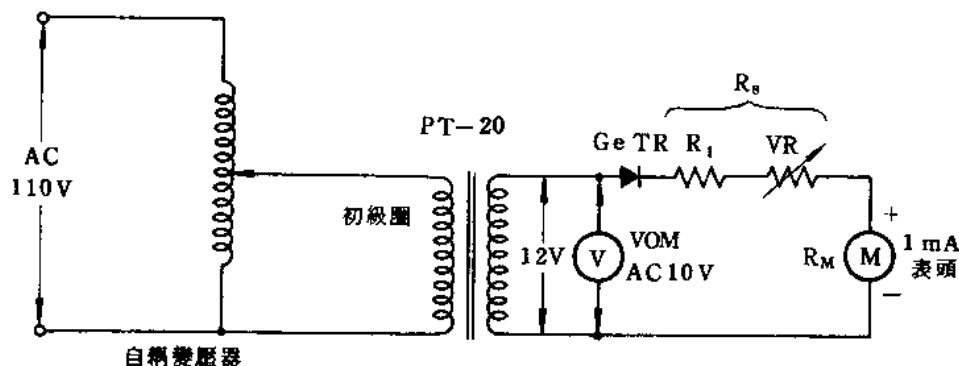


圖 1-12

- (5) 調自耦變壓器，使 VOM 電壓表的指示為 10V，此時若電流表不在滿刻度位置則略調 VR，使電流表恰為滿刻度。
- (6) 調自耦變壓器，使輸出端之電壓如表 1-2 所示，並依次記下對應電流表之讀數於表 1-2 中。



8 電子實習(2)

表 1-2

| 輸出端電壓 $E_{rms}$    | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 電流表指示 $I_{D0}(mA)$ |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

- (7) 將圖 1-12 的電壓表改成 100V 電壓表, 則  $R_s =$  \_\_\_\_\_  $K\Omega$ , 取  $R_1 =$  \_\_\_\_\_  $K\Omega$ ,  $VR_1 =$  \_\_\_\_\_  $K\Omega$ , 按圖 1-13 接妥電路, 調自耦變壓器使輸出端電壓為 100V。

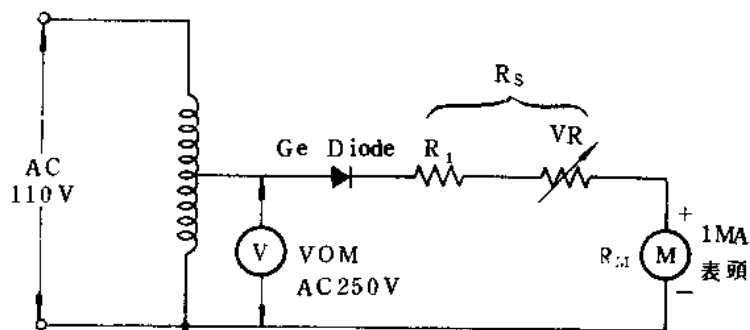


圖 1-13

觀察電流表之讀數是否恰好滿刻度, 若指示不在滿刻度位置 (1mA), 則略調 VR 使電流表恰為滿刻度。

- (8) 調自耦變壓器, 使輸出端之電壓如表 1-3 所示, 並依次記錄所對應電流表之讀數於表中。

表 1-3

| 輸出端電壓 $E_{rms}$    | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
|--------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 電流表指示 $I_{D0}(mA)$ |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

- (9) 根據表 1-2 與表 1-3 之數據, 繪一 10V, 100V 電壓表刻度於下列空格中。

