

科學圖書大庫

工業儀器測定訓練課程

電 子 儀 器

譯者 楊家輝

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十九年三月三日初版

工業儀器測定訓練課程

電 子 儀 器

基本定價 2.60

譯者 楊家輝 國立台灣大學電機碩士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
7815250號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

原 序

許多儀器技術員在機械 / 壓縮裝置方面很有才幹，但對於電子裝置則一籌莫展，這些情形發生的原因不是他們覺得電子學太難而逃避之；便是認為機械是看得到的東西而電却無法看到。初學者對一些奇怪的符號更感到恐懼。這些含有數學的電子符號遂成為學習中的阻礙。

由於這些符號的怪異，可能有些人會以為除非能先認識所有的數學符號，否則便無法瞭解電子學。事實上，這種想法是錯誤的，因為我們可以直接研究實際的工業儀器以瞭解其操作並不須事先精研數學理論。此外，電也不是無法看到，只要我們對示波器的功能有概括的認識，就可以利用示波器來觀察電的動作。

本書的主要目的在提供訓練課程協助儀器人員能對於電子學有概括的瞭解。從而增強本身的能力；另一方面亦可讓電機人員在瞭解儀器動作之餘，對電子與機械方面的關係有更進一步的認識。

本書內容共分四個電子控制的觀念：測量電路及其基本裝置，真空管電路，電晶體電路與電磁學。

譯 序

近年來工業的發展，突飛猛進。而工業上所有的重要精密儀器幾乎離不開電，本書作者便利用儀器以漸進淺顯的方式，避開了艱深的數學理論，向讀者闡明電學的重要觀念。對於極欲窺知電學堂奧的工程人員，尤其是機械，化工人員，提供研讀電機課程的捷徑。對於電機工程人員而言，此書更提供工業儀器與電學之間的重要知識，有助於他們對自動控制電路的認識與設計。

本書之編譯承好友陳景輝鼎力協助，提供意見，方能如期完成，謹此致謝，惟譯者才疏學淺，匆促完稿，遺誤之處在所難免，祈讀者先進，不吝指正。

楊家輝 謹識於
台 大
民國六十八年七月

目 錄

原 序

譯 序

第一章 測量電路和基本裝置

電子流	1
電池的工作原理暨標準電池	6
滑阻器與歐姆定律	8
熱偶原理	11
參考接面	14
用熱偶測量溫度	20
檢流計	22
基本電位計	26
標準化基本電位計	28
標準化電路與參考接面補償電位計	30
惠斯頓電橋	33

第二章 明尼波利 - 哈尼威電子記錄器

組件機能	37
交變電流	40
變壓器動作原理	44
整流器	46

濾波	49
電容	49
電源供給	54
轉換電路操作原理	55
電壓放大器	59
完整電壓放大器	66
功率放大器 (馬達控制電路)	67

第三章 史氏H型零檢測器—放大器

電源供給	72
轉換電路	76
電壓放大器	77
功率放大器	79
相位	81
零檢測器的相位關係	92

第四章 史氏G型放大器

電源供給	97
轉換電路	99
電壓放大器	99
功率放大器	101
相位關係	102

第五章 泰勒傳訊器

電源供給	103
穩壓器	104
轉換電路	106
電壓放大器	106
相位檢測器	108
D - C 放大器 (直流放大器)	110

測量電路	112
------	-----

第六章 李氏和拿斯拉酸鹼度指示器

概 論	114
電源供給	116
轉換電路	117
陰極隨偶器	118
電壓放大器	119
電子轉換器	120
相 位	122
回授環路	122

第七章 貝克曼酸鹼度指示器

電源供給	124
真空管穩壓器	129
D·C 放大器	130
回授網路	131

第八章 電晶體基本理論

介 紹	133
真空管和電晶體的比較	133
晶 體	135
電流和漏壓	136
電晶體動作	142
電晶體電路	146

第九章 費斯和波特流量指示器

介 紹	152
電源供給	152
磁流量錶	154

差動放大器	156
電壓和功率放大器	158
功率放大器	161
回授電路	162

第十章 傳訊器

介紹	164
哈特萊振盪器	165
傳訊器振盪器	167
變換器	169

第十一章 記錄器和指示器

介紹	173
電源供給	173
筆伺服	174
誤差伺服	176
自動・手動操作	180

第十二章 控制器

介紹	182
真空管控制器	185
電晶體控制器	190

第十三章 轉換器

介紹	197
測量電路和電源供給	199
濾波器及輸入轉換器	202
放大器及輸出電路	202

第十四章 磁放大器

一般特性	203
飽和鐵心反應器	203
磁放大器	208
第十五章 磁傳訊器和磁轉換器	
一般特性	211
差壓傳訊器	211
電阻·電流轉換器	214
電壓·電流轉換器	217
加法放大器	219
平方根轉換器	219
乘法器·除法器	221
電流源	223
第十六章 磁記錄器和磁指示器	
一般特性	224
64 型記錄器	224
68 型積分器	226
第十七章 磁控制器和磁變換器	
一般特性	228
流量控制器	228
通用控制器	233
貝屈控制器	233
電流·空氣變換器	235
第十八章 附屬機件	
一般特性	236
自動選擇控制器	236
比例器	236

設定器	238
警報器	238

索引

第一章 測量電路和基本裝置

電子流 (Electron flow)

【提示】 在本冊書中，我們將在各種不同的電路圖中，使用一些電子符號，典型的例子如圖 1-1 中所示，其他一些常用的電子零件的符號則如圖 1-2 中所示。

伺服放大器和伺服馬達的作用相當於平衡式電壓錶和惠斯頓電橋中所使用的電流錶和機械恢復裝置。伺服放大器和馬達的組合就是一個檢測器 (detector) 。

檢測器的功能有兩個：

1. 檢測信號的存在。
2. 檢測信號的極性。

電子檢測器之所以會工作，是受到電子流動的影響；當電子流停止時，檢測器的改變亦將停止。現在，在討論放大器如何整飾電流之前，我們先考慮一下，電子的流動、影響電流流動的因素、及如何才能使電子流動等問題。

電 (electricity) ，就是電子的流動，它產生的方法有許多種，此處，我們先就熟偶生電的事實加以討論。

如圖 1-3，當兩不同的金屬連接成一環路時，便會產生電流。

電流，簡單的說，便是電子的流動；而電子就是構成物質的基本粒子 (particle) 。所有的物質都是由於基本粒子排列的不同構成。以氫為例，氫為最簡單的物質，它由一個核心 (原子核， nucleus) 和環繞原子核周圍運轉的單個電子 (electron) 組成；電子帶負電荷，原子核帶正電荷，此兩電荷互相中和，所以氫原子呈中性，既不帶正電荷

也不帶負電荷。

所有原子的構成都和氫原子一樣，所不同的祇是電子的數目不同而已；例如，氧有 16 個電子，天然銅的成份為含 65 個電子的銅佔 32 %，含 63 個電子的銅佔 68 %，而常見的鐵原子則含有 56 個電子。

當不同的兩個金屬接合在一起時，由於金屬的自然特性，金屬中原子結構的平衡被破壞，於是電子就會從一金屬跑至另一金屬。例如，銅和銅鎳合金 (Constantan) 接合時，合金中的電子就會離開合金而流進銅中，此時銅中的電子必須溢出而把位置空給合金的電子，溢出的電子則如圖 1-4，經由導線回至合金上；也就是有電流產生了。電流量取的單位為安培 (A, Ampere)，每秒流過一庫倫的電量便是一安培，一庫倫的電量等於 6.28×10^{18} 個電子。

在熱偶中，電子受到一無形力量的作用而流動，此種力量的產生則由於有不同的金屬線和溫度差而來，這個力量我們稱為電動勢 (emf, electromotive force)，其單位為伏特 (V, Volt)。

我們也能預料到，所有的物質均會阻止電子的流動，即使是良導體 (conductor) 如銅、銀、金也是如此；因此，為了使電流流動，我們必須加給電子力量 (即電壓)，使電子能夠流過物質。

有些物質是電的不良導體，我們稱為絕緣體 (insulator) 例如玻璃、瓷器、木材、紙和大部份的塑膠、橡皮都是絕緣物質。

通常金屬、碳、游離氣體和離子溶液都是電的良導體，其他的則是電的不良導體。

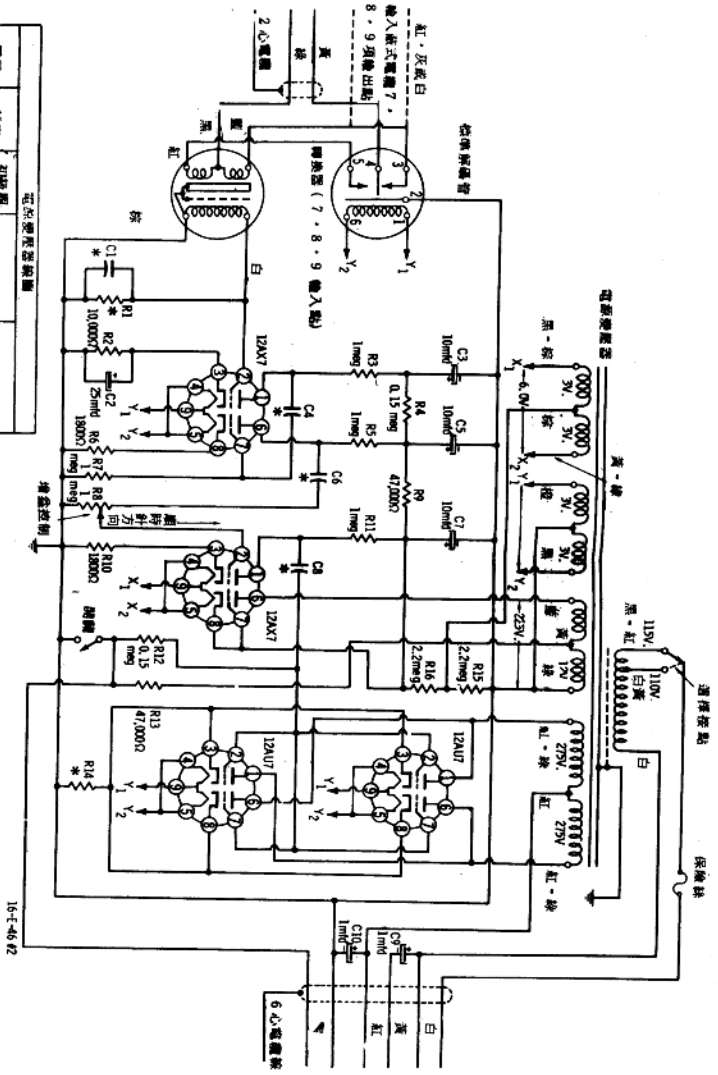
電阻的單位是歐姆 (ohm, Ω)，電流的單位為安培，電動勢 (電壓) 的單位是伏特。

這三個單位的基本關係是：假如一伏特的電壓加在一歐姆的電阻上，便會產生一安培的電流。

反過來說，若一安培的電流流過一歐姆的電阻，便會建立一伏特的電壓 (即在電阻上有一伏特的電壓降)。

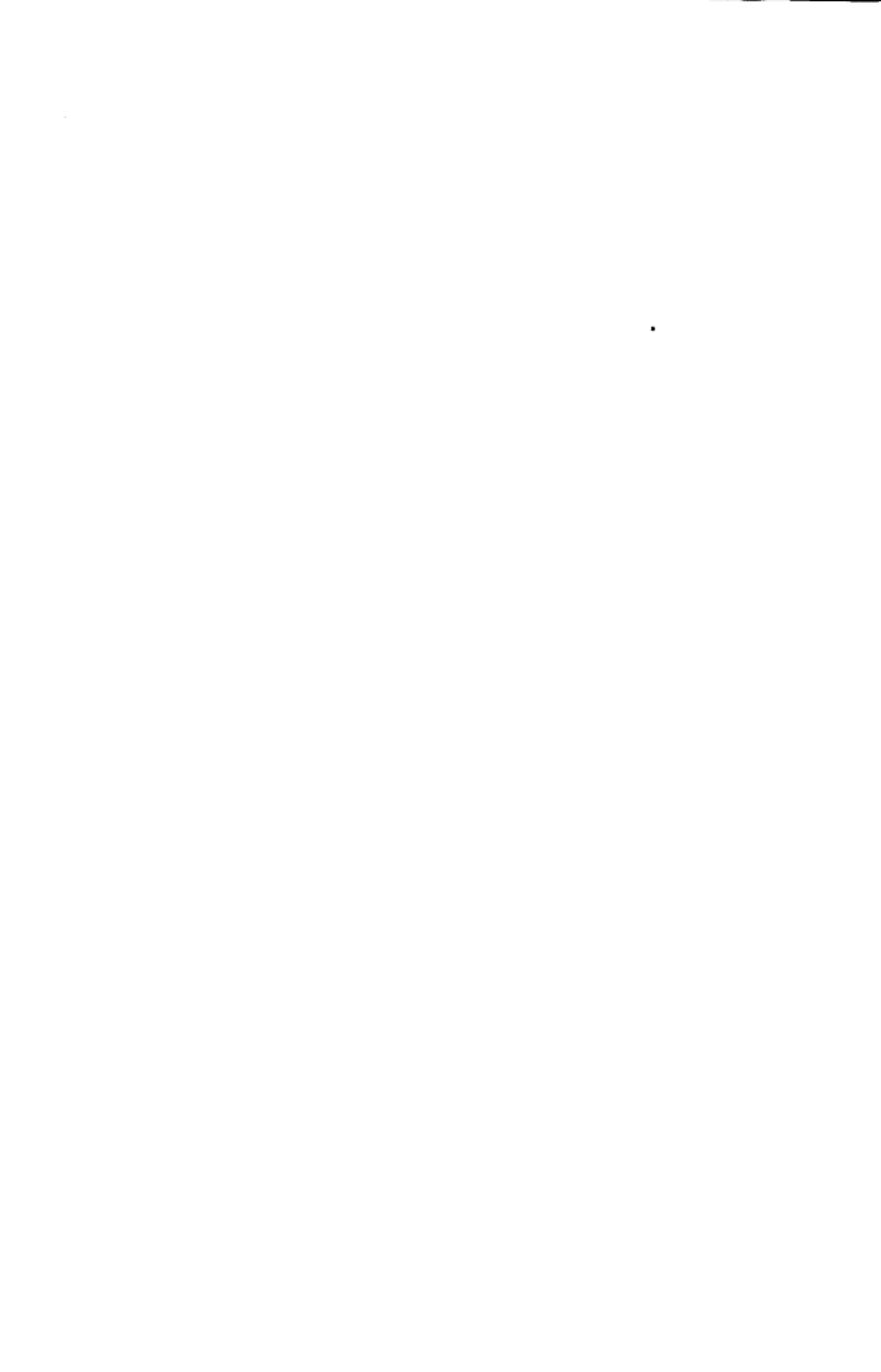
我們不說“用電來燒”，因為，事實上有多少電子流出就會有多少電子流入；如果說電是用燒的，則電子將被阻塞在電子元件上。由此，我們可知道，電子流入你家中的數目一定和電子流出的數目一樣，所耗

電阻變壓器線圈			
電壓	頻率	初級圈電阻	次級圈電阻
115V.	50-60~	7.5Ω	610Ω
115V.	25-40~	11.0Ω	760Ω
			變流器電阻
			440Ω
			590Ω



16-E-46 82

圖 1-1 電子線路



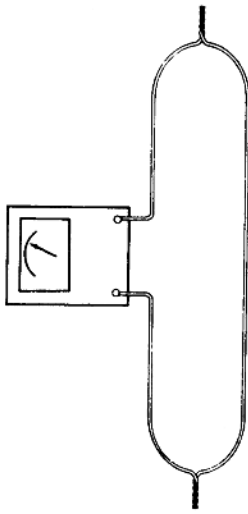


圖 1-3 簡單的閉路。

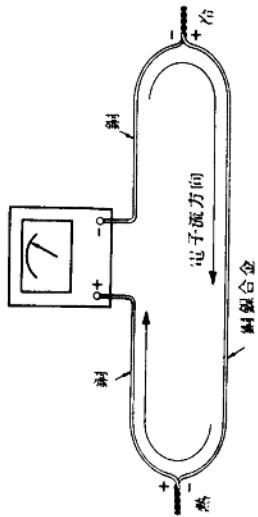


圖 1-4 熱偶電路中的電子移動。

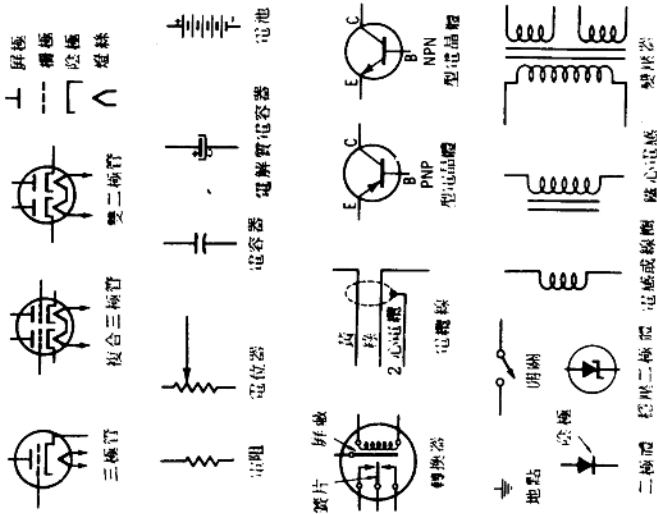


圖 1-2 電子符號。

費的祇是電子做功的能力；電子做功的能力則由推電子的力量（電壓）決定；所以，你並不是在燒電子，而是消除或減低驅動電流流動的電壓罷了。

電流、電壓和電阻的關係可以下列式子表示：

$$E = I \times R$$

E為電壓，I為電流，R為電阻，這個公式就是歐姆定律；即電壓=電流×電阻，因此；祇要有電流流過物體，則一定會有電壓存在，因為所有物體本身多少都有些電阻。往後在分析電路時，若已知某電流，則我們可以選擇電阻的大小來決定所須的電壓。

電壓、電流和電阻都可用一般的儀器量得。另外有一點要注意的是電壓永遠是兩個電位之間的差，不可能說是電壓存在於一點之上。日常口語中常說“導線的電壓”或“某一點的電壓”它的意思均是“導線對另一導線的相對電壓”或“導線對於大地的電壓”，同樣的“某一點的電壓”即是“此點相對另一點的電壓”。

相反的，電流則是經過“某一點”的電流，也就是量取流過導線上某定點的電子數目，所以測量電流時，必須將電路斷開，使電流流過測量儀器；又因為同一迴路中的電流均相同，所以電流可在迴路上的任一點量取。

電阻的測量是由儀器中流出一電流，此電流再經過待測電阻來量取的；量取時，必須將待測電阻從電路中移出來，然後才能加以測量。

電池的工作原理暨標準電池（Battery Action - standard Cell）

標準電池的性質和一般電池不同；如果使用方法正確時，則標準電池兩極之間的電壓永遠保持不變；由於此種穩定的電壓，所以常被用作為標準電壓，以讓其他電壓和它比較，這也就是稱為標準電池的由來。

電池的種類有許多種，但它們的工作原理則完全一樣；電池的構造為兩個不同的極板放在同一個電解質溶液中，此電解質溶液可使電子由一極板通過電解質溶液到另一極板。

電極的材料通常都是金屬或具有金屬特性的物質（例如碳）；一般

我們常用的電極組合是鋅和碳，電解質溶液則用硫酸鹽水溶液；若此組合略加變化就成了乾電池，其實乾電池並不完全是“乾”的，而是把液體電解質溶液（氯化銨， NH_4Cl ）做成糊狀而已；其外殼為鋅電極，中央的碳棒則為碳極，兩電極之間為糊狀電解液，然後用焦油加以密封便成為所謂的乾電池。

水銀電池（mercury battery）也是一種“乾”的型式；正電極為氧化汞（ HgO ），負電極為鋅（ Zn ），電解液則是氫氧化鉀（ KOH ）。

汽車電池（又稱鉛-酸電池）的正電極為氧化鉛（ PbO_2 ），負電極為鉛（ Pb ），電解液為硫酸溶液；此外，亦有用鎳（ Ni ）、鎘（ Cd ）和氫氧化鉀溶液或是鐵（ Fe ）、氧化鎳（ NiO ）和氫氧化鉀溶液組合的電池；其中後者亦稱做愛迪生電池（Edison cell）。

有些電池能再充電，即電能可以再加回去，但有些則不能夠充電。

我們可以注意到電池的工作和熱偶的工作形式有些類似，接下來我們要討論一下極性的問題（由極性可以表示電流流動的方向）。

標準電池，又稱魏斯頓電池（Weston），以水銀為電極，另一電極則以汞合金（amalgam）做成，電解液為硫酸鎘溶液；硫酸由硫（ S ）、氧（ O ）、氫（ H ）等元素組成，若以化學式表示硫酸，則是 H_2SO_4 ；化學式的阿拉伯數字表示三種元素間的相對數量。硫酸溶於水時，硫酸解離成氫離子（ H^+ ）和硫酸根離子 SO_4^{2-} ；氫離子失去了一電子故帶正電，硫酸根離子多二電子故帶負電；由於氫離子帶正電（少了一電子）故可做為電子轉移的最佳“墊腳石”。

若將鎘加入硫酸中，由於鎘和硫酸根離子的結合力大於氫，故氫變成氣泡被趕走，於是便形成硫酸鎘溶液。此時電子移轉的墊腳石便是解離的鎘離子了。

圖 1-5 為標準電池的構造，先用玻璃做成 H 狀，再將鎘汞合金放入其中一腳當電極，另一腳則放入水銀當電極，然後在水銀上再放一層水銀和硫酸鹽的漿狀混合物，最後再加入硫酸鎘溶液。

電池工作時，鎘解離成鎘離子進入鎘溶液中並放出電子，此電子聚積在鎘汞電極的白金接頭上，故鎘汞電極為負極（-）；若將兩電極接通，則電子由鎘汞電極流至水銀電極上，然後和汞離子結合成汞。這整