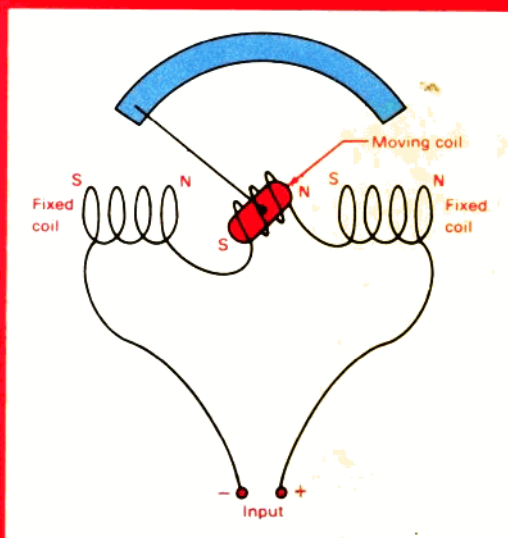


電子儀器與量測

Electronic Instruments and Measurements

原著者：Patrick Crozier

譯述者：吳志文



科技圖書股份有限公司

電子儀器與量測

Electronic Instruments and Measurements

原著者：Patrick Crozier

譯述者：吳志文

科技圖書股份有限公司

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：電子儀器與量測
原著者：Patrick Crozier
譯述者：吳志文
發行人：趙國華
發行者：科技圖書股份有限公司
 台北市重慶南路一段49號四樓之一
 電話：3118308・3118794
 郵政劃撥帳號 0015697-3

七十七年六月初版

特價新台幣150元

原 序

電子技師，並不只需知道如何去做，而是要真正能做。在許多實做時尚需借用量測儀器來分析電路。這類程序可能十分簡單，不必力求精確。例如，看電路是否通路。但也可能十分複雜而需做精密的量測與數學分析，例如如何在各種配合的電阻分類中，選用一個合用的電阻元件。因此，量測工作，並非只將兩條線接在電路上而已。尚包括量測儀器的選用，量測的程序以及證明文件的準備。

本書目的是幫助學生了解量測工作在電子學中的重要性，並使在使用量測儀器方法步驟兩方面學習到正確的知識、技術與態度。對量測技術而言，具備基本電子學的知識是必需的，但卻不是其最終目的。原理，只有在了解儀器的操作、功能與限制時，才需論及。同樣，數學步驟，在有助於解釋觀念，或電路分析時，才會用到。

本書將先說明一些名詞的定義，例如：量測、精密度、可靠度以及誤差、電路常數，單位以及規格等亦會談到。至於數學程序，要談的計有平均值、中值，模數與標準差的計算。我們亦將談到誤差的種類與其分析。

再者，量測儀器的操作原理，特性等也應予述及。傳統的儀器，諸如：類此電錶，電橋，示波器，分壓計等皆包括在內。另外，數位電錶與最新的網路分析器，用電腦介面的自動測量儀器，亦有說明。最後，談到儀器的校正。

在習題中，有需要下定義的，計算，比較與分析。有時尚需做些實驗以加強印象。這些實驗依內容分類不依器材分類，是因所有實驗所用的器材並不相同之故。

作者在某些量測工作中故意避免涉及繁複的原理，其主要原因有二：首先，這樣反使學生以為需要去設計這些電路，而事實上，學生只是在使用儀器而已。其次是，對一電子技師而言，他並不要成為一

11/16/77

2 電子儀器與量測

位設計師，那是需要更深入的工作。事實上，絕大部份時間都花在儀器外殼之外的，很少會修改儀器殼內的電路設計。因此，作者加強各種儀器的目錄與使用手冊，使學生熟悉量測儀器的比較再選用，並有正確的操作觀念。當然，最重要的是多做些實驗工作，以增進這些技能。

高級的量測，並不常用，但技師仍需具備這種能力，以備不時之需。本書亦在幫助學生發展這種能力。這些基本的實驗，皆有助於量測電子元件的參數與使電路可在安全而有效範圍內工作。

許多位對本書的完成，曾予不少幫助，代作者搜集資料與校對的工作，在此謝謝他們。

P .Crozier

電子儀器與量測

目 錄

原 序

第一章 量測程序

1-0 目 的	1
1-1 簡 介	1
1-2 選擇一個程序	4
1-3 進行量測	7
1-4 量測後的工作	8
1-5 結 論	10
1-6 問 題	10

第二章 參數、單位與標準量

2-0 目 的	12
2-1 單位制	12
2-2 單 位	14
2-3 物理標準	19
2-4 結 論	23
2-5 問 題	24
2-6 習 題	25

第三章 資料分析法

3-0 目 的	26
3-1 量測的層次	26

2 電子儀器與量測

3-2	誤 差	29
3-3	中間逼近值的量測	33
3-4	變異數法	36
3-5	結 論	42
3-6	問 題	43
3-7	習 題	44

第四章 記錄與報告

4-0	目 的	46
4-1	實驗工作的文書作業	46
4-2	文書作業項目	48
4-3	實驗報告	54
4-4	實驗報告的實例	55
4-5	結 論	58
4-6	問 題	58
4-7	習 題	59

第五章 類比電表

5-0	目 的	61
5-1	類比三用電表的理論	61
5-2	類比三用電表的規格說明	78
5-3	類比三用電表的應用	83
5-4	其他類比儀器	86
5-5	結 論	91
5-6	問 題	92
5-7	習 題	92

第六章 數位電表

6-0	目 的	95
6-1	數位伏特計原理	95

6-2	數位三用電表的電路	104
6-3	數位三用電表規格	108
6-4	數位三用電表的應用	110
6-5	結 論	112
6-6	問 題	113
6-7	習 題	114

第七章 電 橋

7-0	目 的	116
7-1	DC 電橋之電路	116
7-2	AC 電橋的電路	121
7-3	阻抗電橋	129
7-4	自動RLC電橋	132
7-5	結 論	132
7-6	問 題	134
7-7	習 題	134

第八章 示波器

8-0	目 的	137
8-1	工作原理	137
8-2	規格與功能	152
8-3	應 用	155
8-4	結 論	164
8-5	問 題	166
8-6	習 題	167

第九章 振盪器與波形產生器

9-0	目 的	169
9-1	振盪器	169
9-2	產生器	176

4 電子儀器與量測

9-3	功能產生器	180
9-4	其他產生器	186
9-5	結 論	190
9-6	問 題	191
9-7	習 題	192

第十章 電子計數器

10-0	目 的	194
10-1	工作原理	194
10-2	規格及功能	204
10-3	應 用	206
10-4	結 論	211
10-5	問 題	213

第十一章 DC電壓源

11-0	目 的	214
11-1	DC 電壓	214
11-2	DC 電壓源	216
11-3	調整器	222
11-4	實驗用的電源	227
11-5	實驗用電源器的規格	230
11-6	結 論	232
11-7	問 題	233
11-8	習 題	234

第十二章 電位計、記錄器與轉換器

12-0	目 的	236
12-1	電位計	236
12-2	記錄器	242
12-3	轉換器	246

12-4 結 論	251
12-5 問 題	252

第十三章 分析儀

13-0 目 的	254
13-1 頻譜分析儀電路	254
13-2 頻譜分析儀規格	260
13-3 頻譜分析儀的應用	261
13-4 網路分析儀	264
13-5 結 論	267
13-6 問 題	269

第十四章 自動測試用具

14-0 目 的	270
14-1 自動量測的基本觀念	270
14-2 待測物件的處理	272
14-3 自動測試裝置	278
14-4 結 論	282
14-5 問 題	284

第十五章 儀器校正

15-0 目 的	285
15-1 校正程序	285
15-2 校正服務	288
15-3 校正的檢查	290
15-4 結 論	297
15-5 問 題	299

參考文獻

附錄A 四位常用對數值

附錄B 統計機率

附錄C 部分習題解答

第一章 量測程序

1-0 目 的

本章在說明電子量測的範疇。將談到有關量測的目的，專有名詞與技師需考慮到的量測因素。

指出量測時對安全考慮的三個因素。

定義“量測”(measurement)，“準確度”(accuracy)，“精確度”(precision)以及“可靠度”(reliability)。

指出在開始作任何量測前，需考量的若干因素。

指出在建立量測工作時需考量的若干因素。

說明在量測後需做的工作。

1-1 簡 介

[1] 歷史的回顧

人們長久已來，就開始利用某些儀錶來測量電路以了解電路的工作狀況。三十年前的儀器都為大型的真空管組成，需經長時間來暖機與穩定。那時的儀器比起今天的儀器頗不方便，而且準確性低。量測的步驟也較複雜而費時。另外，在規格與特性上也定義不清楚。在資料分析上，也因電腦不發達而相當耗時。這些量測上的問題，在今天已十分戲劇化的被改進了。

到今日，大部份技師僅需少許時間便可由電子儀器量測到電壓、頻率等的電路特性。今天的儀器，比起數十年前更為精確，耐用而方便，也更複雜。因此，對量測設備與量測條件的要求也比過去更要嚴格。故電路的特性更需清楚的定義，且需更高品質的電子元件。

現今在量測工作的趨勢是，準確度的提升，更高的精確度，儀器

2 電子儀器與量測

的小型化以及計算能力高，且以極快的速度進展。為降低製造成本，而需高的生產能力，亦將導致更多的自動測試與量測系統。積體電路，也將導致高準度的小型儀器，且更易使用，以及功能的多元化。電腦的連接，也提供計算的控制，監督以及資料的分析。

技師的職責，即在選擇並使用電子儀器時考慮電路的特性，而決定量測時的精度與安全性。因此應對儀器的特性與限制，故需了解，並應具備對電路理論的知識。不僅如此，對電路、電子元件、裝置與規格等亦需知悉。因此，一位電子技師需對瞬息萬變的電子工業要保持一貫持續性的了解。

〔2〕 重要名詞

在電子學中若干名詞常用在量測上的，其中最重要的即是“安全性”(safety)。這一點將在後面再詳細論述。其他的名詞如“量測”(measurement)、“測試”(test)、“參數”(parameter)、“誤差”(error)、“準確度”(accuracy)、與“分解”(resolution)等。這些名詞的定義，並非唯一的，許多個人或團體爲了個別情況而給予不同的定義。因此，本書所用的定義，將綜合一般的用法。以後在你工作時將會發現工廠各有其自己的定義。

“量測”(measurement)可定義爲，使用儀器對某個參數予以數量化；亦即給參數一個值的過程。“參數”(parameter)是電路的因次(dimension)或元素(element)，例如電壓、功率或電阻。“測試”(test)爲一種觀察或檢驗的過程。量測與測試間最大的差別在於，量測需決定出一個值，而測試並不需如此。

假設當收音機無法收聽時，你可用一個電錶看在牆上插座的電壓。也可接個燈泡在插座上看是否有電源。這兩者的差別，即在前者有數值，而後者沒有。“數量化”(quantify)即在決定一個數字或數量，這是量測的工作。“儀器”(instrument)是用來決定未知參數的數量的裝置。溫度計，即爲一典型的儀器，可用來量測溫度。典型的電子儀器，爲電錶(meter)，示波器(oscilloscopes)與電橋(bridge)。

一個儀器的兩個最重要特性為準確度與精確度。“準確度”(accuracy)在描述儀器顯示值與其真值接近的程度。“精確度”(precision)為儀器所能給的數值分解度(resolution)。準確度與精確度兩者，相互獨立，在本質是相同的。

對每個參數而言，在其量測當時是有一定的值。當儀器顯示的值越接近這個真值時，表示它越準確。一個相差兩分鐘的鐘，比誤差兩秒的鐘不準確。後面的那個鐘比前面的誤差要小，因此，對“誤差”(error)可定義為與真值間的差值。

一個可指出秒數的鐘，不能只能指示時數與分數的精確，但也可能並非如此。因列秒針的鐘，可能時間正確但却因沒秒針而很難讀出時間，會使人發生誤差。故前面的鐘是精確而不準確，後面的鐘是準確而不精確。再度強調，準確度與精確度是精密量測中的兩個重要考量。

“可靠度”(reliability)為儀器顯示的單一性。假如一個電錶正顯示着2.4伏特(縮寫為2.4 V)，其是否在稍後電壓不改變時仍指着2.4 V？任何改變，應該只隨參數而變化。

一個每天工作都遲到10分鐘的人，是較可靠的。因你可相信其一致性。不幸，這類人並不受歡迎，因他在到達時間上並不準確。

[3] 量測時的決定

就一般而言，量測程序，包括以下各步驟：

1. 決定開始量測
2. 選擇一個程序
3. 設置儀器
4. 分析資料
5. 報告結果

有時需要設一個量測工作。當然，也可能這個量測工作常在做而十分熟練了。在此，不考慮這種情況。假設的是一個從來沒做過的量測，或是一個你不熟悉的某種電路或某個參數的量測。

在開始接線量測前，你需先做好一些決定。這些決定是基於你必

需回答的問題上。什麼是你要測量的參數？什麼是這個參數的特性？需要什麼量？當量測參數決定後，才可決定採取什麼程序。你的決定，將會影響到量測到的值，而“數值，正是量測的首先考慮的量。”至於選擇量測程序所需考量的其他因素，在下一節中再加討論。

〔4〕 參數值的決定

你可能在以前量過某參數而得到若干不同的結果。這些不同結果可能由某些因素所引起。其一是儀器本身的損壞，其二是參數在不同量測時間值已經改變。或是儀器依其設計時的功能去做，而却非你認為的功能。

參數值常會隨量測而改變。若是如此，這種改變不應忽略。最後的資料，一定要描述這些變化。至於應如何表示這種變化，在第三章中將會談到。再度要強調的是，電子系統中的參數，在任一時刻皆有固定貢獻，且可被量測出來。你的工作，即是決定這個值。

1-2 選擇一個程序

選擇量測程序的主要考慮因素如下：

參數的特性

量測的次數

需要的品質

儀器的選用

安全

以下是對這些因素的討論。

〔1〕 參數的特性

很明顯，在開始測量前，一定要瞭解什麼是要量的參數與其在電路中的位置。為要做好一次量測，只是如此是不夠的，尚需知道此參數的某些特性。

假若想量一個交流 (alternating current, AC) 電壓 (volt -

age)，一定需知道接近的頻率（frequency）值，方可選用合適的儀器來測量。另外，並不是所有的交流電壓計在相同的工作頻率時皆可操作。尚需知道波形（waveshape），單調性（harmonic）或直流（direct current, DC）電補償（offset）。這些因素都會影響結果。看來十分可笑，在開始量測一個參數前，先要知道這些特性。但是，這正是必需要做的。因此，由其他電子課程中已學到的某些參數特性的知識，在本課程中是十分重要的。

當用如圖 1-1 中的電子計數器（electronic counter）量測頻率時，可能因使用太大的訊號（signal）而將其燒毀。在此例中，量測某一特性時，一定需考慮另一個特性。在後面幾章中的重點，即在討論不同量測儀器的那些能力與限制。



圖 1-1 用電子計數器量測頻率

〔2〕 要求的品質

在決定量測程序的最主要因素是量測品質的要求。亦即要付出在時間與花費上的所需代價。在任何量測中，一定會有花費。時間與儀器都是十分昂貴的。需化多少時間才得到結果？所要儀器的品質又如何？因此，在選擇量測程序，必需決定要花費多少。例如，若十分精良的設備，僅爲了決定電壓約在 117 V 的電路是否通路，就會十分不合宜。

常因所欲量測的結果而決定要花較多的錢。例如爲公司設計一個新型產品而做測試時，此測試的結果將使公司據此決定是否生產 1000 個新產品。假如測試錯誤，將會造成公司在金錢與材料上的損失。若對量測結果的重要性有了預先的了解就可避免這些損失。這種了解，使你決定量測所需時間與儀器的限制與費用。

〔3〕 儀器及選擇

需做的另一個決定是，選擇要用的儀器。假如你的實驗室不大，可能不需作選擇。但也可能有許多型式的產品可供選擇。可用電錶或示波器來量測電壓。也可用示波器或電子計數器來量頻率。什麼是該選用的儀器？又如何決定？一定需要知道量測參數，需求品質，可用的儀器與儀器本身的限制。

雖然示波器可顯示電壓的形成，但却不如電錶那樣準確。但却比電錶更可量測較小的電壓。另外，示波器在測量頻率上也不比電子計數器準確，但可顯示一些計數器無法表示的電路特性。總之，對於儀器與參數特性的了解，在選用量測儀器時是十分重要。

〔4〕 建立量測程序

只要了解什麼是想要量測的，要用什麼來量，尚需決定如何去量。這並不是只將儀器接上，並開啓使用而已。例如，是否需拔掉什麼接線？假如要如此做，應先將電源關掉，再接上儀器，開啓電源，再繼續做下去。