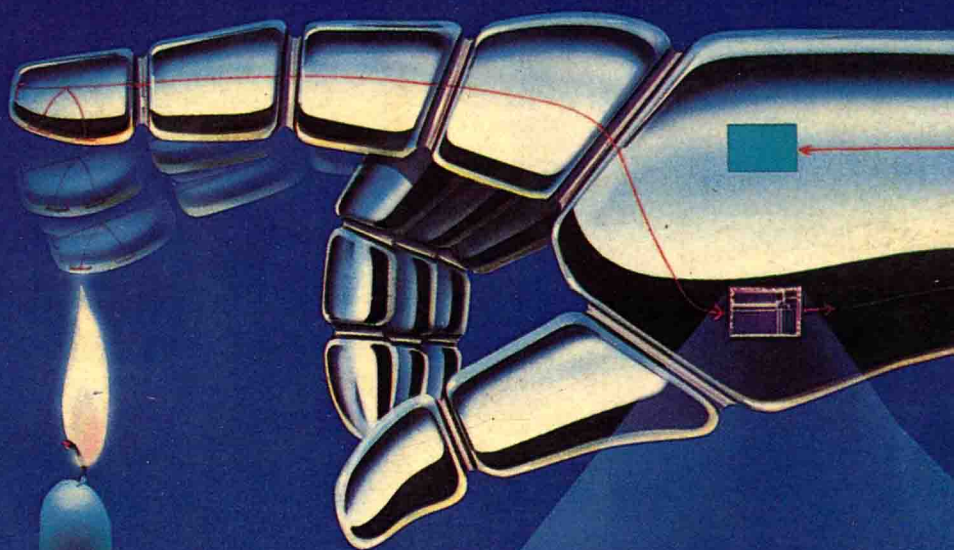
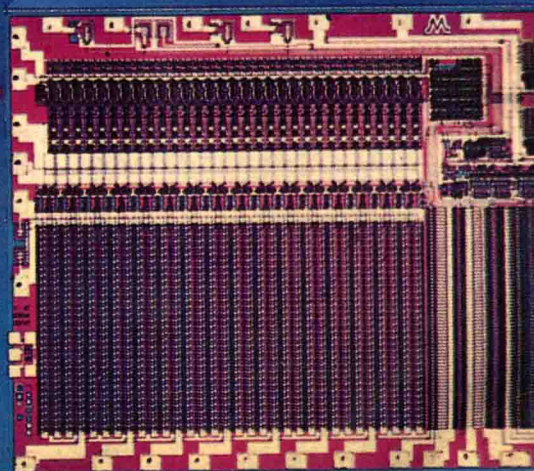


工業電子學與機械人

鄭慧玲 編譯



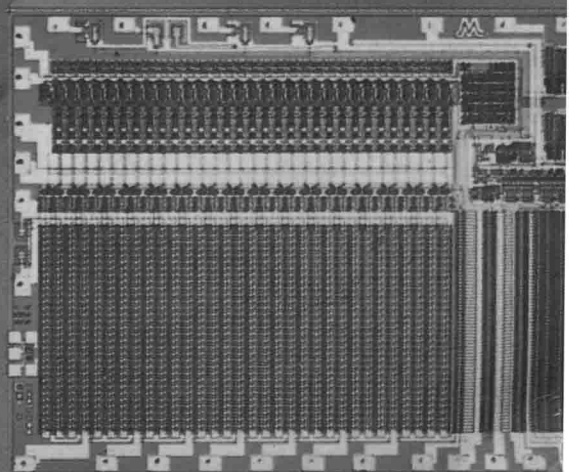
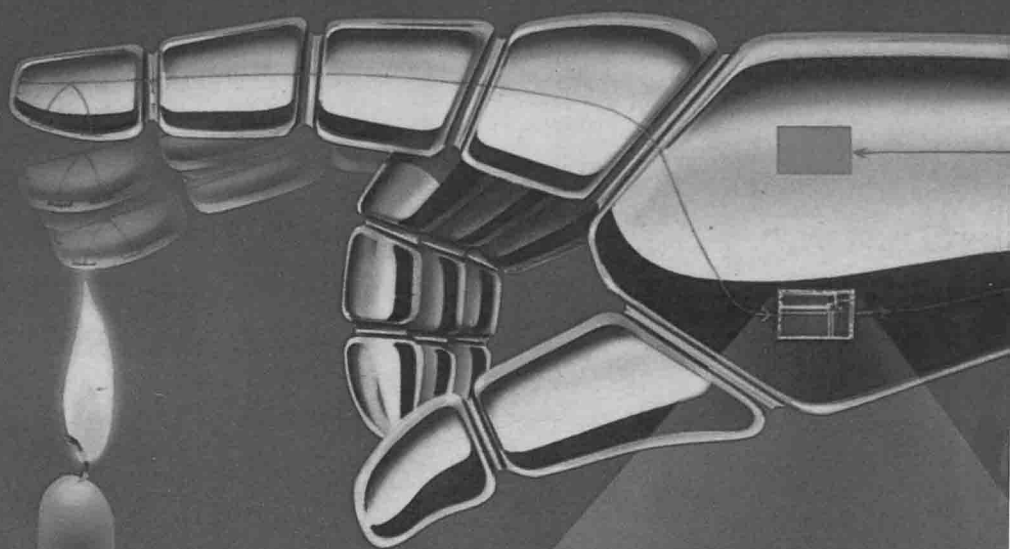
10110111010



全欣科技圖書股份有限公司

工業電子學與機械人

鄭慧玲 編譯



10110111010



全欣科技圖書股份有限公司

全欣圖書

法律顧問：陳培豪律師

工業電子學與機械人

鄭慧玲 編譯

出版者 全欣科技圖書股份有限公司
地址 / 台北市龍江路76巷20-6號4F
電話 / 5 0 7 1 3 4 7

總經銷 全華科技圖書股份有限公司
地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2F
電話 / 5 0 7 1 3 0 0 (總 機)

發行人 陳 本 源
印刷者 佳怡彩色印刷廠

行政院新聞局核准登記證
局版台業字第三二六一號

門市部 / 全友書局 (黎明文化大樓7樓)
地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓
電話 / 3 6 1 2 5 3 2 • 3 6 1 2 5 3 4

定價 / 新台幣 290 元

初版 77 年 8 月

版權所有 翻印必究

圖書編號 A011098

原 序

現代的工業由於碰到了廣大的競爭，而且爲了改良生產力，降低成本，提高品質，所以已轉變成自動化。自動化的心臟及靈魂是它的電子技術——這就是本書所要探討的內容。

本書是專爲研讀“注意工業應用”的電子技術課程的學生撰寫。學生必須已經研讀過傳統的 *dc* 及 *ac* 線路課程；本書所需要的數學只有代數及三角函數。

工業技術員必須了解理論、元件、電路及系統。所有的東西將完全在本書的十五章中討論。當技術員和其他的工作者、上司及顧客在一起時，展現個人的技術也是同等地重要。由於人對人的良好關係是技術員個人必須先要有的，所以第一章將討論這個主題。

本書所討論的元件及應用的範圍相當的廣泛。它涵蓋了基本的控制元件、半導體元件、馬達控制電路、放大器及運算放大器。它也涵蓋了數位電子學及微處理器，並且將微處理器應用在基本的控制系統中。這些主題是新穎的，而且符合現代電子技術課程的需要。學生將會發現本書的內容有趣，介紹完備而且實際。

機械人學是一項重要的課題，但是工業機械人卻大大地被誤解了。機械人是一種設備，有些機械人非常簡單，有些就很複雜。即使最複雜的機械人也不能以一換一的方式取代人的工作。

機械人最適合在設計作自動化技術的環境中。這種環境和從前建立的工業環境大不相同。在現代化的工廠中，自動化是以電腦控制及許多設備的整合性爲基礎。在電腦的控制下，材料被移動、定位、檢查、裝配及測試。機械人是自動化技術的重要單元，但不是焦點。“機械人學”的專家的確需要。然而，本書的目的是希望讀者能夠了解自動化技術的多層面觀念。

本書沒有教育學者及工業組織的合作是無法完成的。我們非常感謝他們的幫忙、支持與合作，使本書能夠如期出版。

Charles A. Schuler
William L. McNamee

譯者序

本書是將現代工業的潮流——自動化與機械人以循序漸進的方式介紹給讀者。前十四章將機械人及自動化系統所使用的各種元件及電路作一通盤的介紹，然後在第十五章中將這些

結合起來以討論機械人的功能。

書中所引用的範例多為實際應用的電路，讀者可以從中獲得不少的技術。譯者才疏學淺，錯誤再所難免。期望讀者能不吝指正。

鄭慧玲

Charles A. Schuler
William L. McNamee

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

“工欲善其事，必先利其器”，在自動化科技時代的領域內，機械人扮演的地位，日益重要。本書著重於工業電子學上的元件、電路及系統之實際應用分析，務求徹底了解，以求

融會貫通。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習計算機概論方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識，若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

16-BIT 微處理
機結構與介面技
術
謝朝和

工業電子學與機
械人
鄭慧玲

線性積體電路與
應用
蔡千姿·陶逸欣

IBM PC BASIC
程式範例——電
子學分析
鄭慧玲

目 錄

1 概 論	1	4-2 繼電器	77
1-1 展 望	1	4-3 計時器	84
1-2 必須具備的技能及知識	2	4-4 過流保護	88
1-3 安 全	3	4-5 螺線管、接觸器及起動器	91
2 固態元件	9	4-6 故障排除及維護	98
2-1 半導體原理	9	5 電 源	103
2-2 接面二極體	12	5-1 電 池	103
2-3 接面電晶體	18	5-2 整 流	108
2-4 場效電晶體	23	5-3 濾 波	113
2-5 閘流體	27	5-4 電壓調節	115
2-6 觸發元件	32	5-5 電流調節	120
2-7 積體電路	36	5-6 保護元件及電路	123
2-8 故障排除及維護	39	5-7 切換模式供應器	126
3 馬達控制的介紹	45	5-8 故障排除及維護	131
3-1 DC馬達的制動	45	6 放大器	137
3-2 DC馬達的速度控制	48	6-1 簡單的線性型態	137
3-3 步進馬達	55	6-2 差動放大器	141
3-4 制動AC馬達	62	6-3 運算放大器	144
3-5 無電刷式馬達	62	6-4 OP AMP的應用	148
3-6 AC馬達的速度控制	66	6-5 非線性的應用	151
3-7 故障排除及維護	69	6-6 特殊功能	157
4 基本的控制元件	73	6-7 振盪器	165
4-1 基本開關	73	6-8 故障排除及維護	167

7 磁性元件	171	11-3 閘扣器及正反器	293
7-1 信號及特殊用途變壓器	171	11-4 計數器及暫存器	297
7-2 磁性放大器	174	11-5 多工器及解碼器	305
7-3 故障排除及維護	184	11-6 數學元件	310
8 開迴路馬達控制	187	11-7 記憶體	314
8-1 DC 馬達的相位控制	187	11-8 邏輯家族及介面	319
8-2 DC-DC 截波控制	191	11-9 故障排除及維護	322
8-3 換向電路	195	12 微處理器	327
8-4 AC 馬達控制用的靜態頻率轉換器	199	12-1 概 論	327
8-5 故障排除及維護	208	12-2 定位址的模式	334
9 輸入轉換器	211	12-3 指令集	338
9-1 位置及位移	211	12-4 副程式及中斷	343
9-2 速度及加速度	214	12-5 系統設計	348
9-3 力及流動	218	12-6 輔助元件	353
9-4 壓力及準位面	221	12-7 軟體的發展	361
9-5 溫 度	224	12-8 故障排除及維護	366
9-6 其他的測量	229	13 資料轉換、通訊及儲存	371
9-7 信號調整	233	13-1 數位至類比轉換	371
10 伺服機構	239	13-2 類比至數位轉換	374
10-1 電位計及加碼器	239	13-3 通訊標準	380
10-2 同步器及分解器	244	13-4 磁碟儲存	386
10-3 伺服馬達及時率產生器	252	13-5 磁帶儲存	391
10-4 機械元件	257	13-6 泡沫記憶體	393
10-5 放大器及回授	260	14 光電子學	399
10-6 旋轉式放大器	269	14-1 發光體	399
10-7 故障排除及維護	274	14-2 感測器	405
11 數位電路及元件	279	14-3 顯示器	412
11-1 數位電路的特性	279	14-4 光學耦合	424
11-2 閘及組合邏輯	287	14-5 雷射	435
		14-6 光電管及光學倍乘器管	440
		14-7 故障排除及維護	442

15 自動化及機械人 445

- 15-1 程式化控制器 445
- 15-2 機械人分類及術語 448
- 15-3 氣學及機械學 453

- 15-4 控制及程式 458
- 15-5 感測系統 464
- 15-6 故障排除及維護 469

附 錄 473

奇數題的解答 481

索 引 485

1 概 論

INTRODUCTION

本章將介紹工業電子學，其中包含了一些主要的發展以及一些重要的定義。同時本章還討論了工業技術員必須具備的技能及知識，以便能夠有效地工作。最後，本章要介紹一些安全知識，這對於工作在工業環境的人是必須具備的。

1-1 展望 (PERSPECTIVE)

工業世界是處理原始材料、製造零件及裝配成品的地方，經由它所提供的產品及就業機會才能造就目前的高水準生活環境。許多人相信我們現在正經歷第2次的工業革命或是一個全新的技術革命。現在的工業正由大量勞力的經濟轉變成高度技術化及自動化的環境，這個改變正衝擊著工業的效能，未來的工作者將較常使用腦力而比較不常使用勞力了。

工業和電子是在本世紀初開始結合，這時馬達才剛剛取代其他的動力（例如蒸汽、水、獸力及人力），很快地馬達廣泛地應用在不同的工業製造中。隨著應用不斷地增加，發展比較有彈性及正確性的控制系統來取代由齒輪、離合器、傳動帶及滑輪組成的機械系統就日漸重要了。Ward-Leonard系統是第一個被廣泛應用的控制系統。在此系統中，經由直流電源供應能量至電樞電路中就能控制直流馬達（dc motor）的速率及方向，這個系統提供了平滑及連續的速率控制，這個系統的效率及良

好的控制特性使得它非常地受到歡迎（即使它很笨重、昂貴、難以維護）。

電子學是在1940年代進入工業的領域。不同的控制元件陸續地上市，並且在一些情形下取代了Ward-Leonard系統，這些元件包括了閘流管（thyatron）、汞池整流器（mercury pool rectifier）等元件。到了那個時候，直流馬達被選作控制之用，主要的理由是我們可以廣泛並且平滑地控制它們的力矩及速度。然後，交流馬達的頻率控制開啓了另一個新紀元。這是非常引人注目的發展，因為交流馬達的價格只有直流馬達的四分之一。在後來的時期，取代閘流管的固態元件—閘流體（

thyristor），更進一步擴展了交流馬達的應用。在1950年代，磁式及電子式放大器使用閉式控制迴路用在更複雜的應用。這些系統使用回授來自動地及正確地控制定位，我們稱它為伺服控制（servomechanism）。在1950年代後期及1960年代前期，電晶體及閘流體開始進入工業。在1960年代，機械人（robot）也首度出現，並且應用在焊接及噴漆工業以及對人類比較危險的工作環境中。在1960年代後期，運算放大器開始使用，而且根據數位邏輯所產生的系統亦逐漸地廣泛應用。在這段時間內，可程式的控制器（programmable controller）開始在計時及順序控制上取代了電磁式的繼電器。在1970年代，微處理機開

啓了直流及交流轉動裝置的控制新紀元。微處理機是將數位電腦中的大部份線路縮小在一個微小的矽晶片上，它很快地將自動化系統趨向複雜化了。

在現代的工廠中，有不同種類的直流馬達控制系統（從幾個馬力至 10,000 個馬力（hp））。由於有了高動力的閘流體，我們才能使用小馬力至 20,000 馬力的交流馬達，並且在許多的工業應用中取代了直流馬達。

工業電子學的主要項目

下面的幾個定義雖然簡短，但是仍可以幫助我們了解現代工業電子學的展望。

自動化 (Automation)：經由自動的方法而不由人的介入來實行一些過程，它包括自動移動、自動調整及自動控制。

過程控制 (Process control)：應用物質的物理及化學變化所作的控制。

自動控制器 (Automatic controller)：一種自動操作的元件，它根據一個指令及回授信號來調整某個變數。

可程式的控制器 (Programmable controller)：藉著軟體指令組成順序及時間方面的元件。

機械人 (Robot)：一種可程式化、多功能的執行器，經由程式後來作不同的工作時，便可以用來移動材料、零件、工具或特別的裝備。

微處理器 (Microprocessor)：它是一部電腦的中心處理單元，其電路縮小在矽晶片上。

數值控制 (Numerical control)：一種數字及字母的程式系統，它可以調整整個的機械過程及操作順序。

彈性的製造系統 (Flexible manufacturing system)：一種電腦化的生產線，它具有高度的程式能力。

CAD/CAM：電腦輔助設計／電腦輔助製造。電腦整合的製造 (Computer-integrated manufacturing)：將設計、工程、製造及商業功能集合在中心電腦或電腦網路上的一種整合過程。

問題

1. 早期使用直流電源供應直流馬達電樞電路的馬達控制系統的名稱為何？
2. 閘流體是取代 _____ 的固態元件。
3. 具有同樣額定值的交流馬達其價格是直流馬達的幾倍？
4. 伺服控制使用回授來自動地控制機械上的 _____。

1-2 必須具備的技能及知識 (KNOWLEDGE AND SKILLS REQUIRED)

工業場所是老的、新的以及藝術性技術的組合，所以工作者必須對基本知識有所了解，同時也要求工作者能夠了解他所操作的機器。

理論的重要

基本電路理論是技術員最有價值的工具之一，歐姆定律、克希何夫定律以及其他的基本定律就可以避免犯邏輯上的錯誤。除此之外，我們還必須要有使用裝備的能力。儀表、示波器、信號產生器、邏輯探棒及其他測試設備必須安全、正確及有效地使用。如果裝備與裝備之間互相影響，我們就必須了解整個的系統。熟悉電子電路及元件也是必須具備的。電子電路 (electronic circuit) 是包含主動元件（電晶體及積體電路）的電路。當我們在元件階段作故障排除時，必須了解主動元件工作的方法。當它們不能正常工作，我們就可能找出不正常的行為，並且作適當的替換。面板階段的故障排除比較不需要如此。在面板階段中，我

們只需找出故障的電路板或模組，然後再將整塊電路替換。

機械技能的重要

除了電機及電子方面的知識，技術員也必須有相當的機械技能。許多的工作包含了電路及機械的結合，有時候很難判定問題是電路上的、機械上的，還是兩者皆有。正確的拆卸及裝配裝置也需要機械技能。在拆卸裝備過程中，若能夠小心的將零件及螺絲釘等排列好，則在裝配過程中就能輕鬆的將裝備再度組合起來。

人與人之間的關係

與人相處的技能 (human skill) 常常被忽略，但是却非常的重要。有經驗而且有技術的工作者在惡劣環境下有能力保持心情的平靜，因此也得到很高的評價。另外一種人際關係就是技術員必須能夠和其他有經驗的人互相交換意見與心得。有經驗的技師不但能夠穩定緊張的情勢，而且還能繼續執行重要的工作。

另外一種必須具備的技能是能夠注意聽其他的人所說的每一件事，並且要能判定其正確性。首先，和自己一起工作的人犯了錯、損害了機器，可能就不會說出整個事情的真相，這並不表示他們不能信任，只是因為他們犯了錯而很少人願意承認是自己的錯誤，最好的技師就必須能夠認清事實。當某些事情被證實而且被注意後，就必須立刻採取下一步驟，這種邏輯上的過程可以省掉很多的時間。

軟體問題是另外一個會引起爭議的問題，許多的現代工業設備是可程式化的。程式被稱為軟體，是由程式設計師撰寫，程式設計師有時候在程式不能正確工作時就認為是硬體有問題。同樣地，有些硬體技師也會急躁的認為是軟體有問題，軟體問題是很難解決的。當某些裝備使用從未使用過的軟體來運作時，常常會造成不可思議的情形。所以必須硬體及軟體工

程師互相合作才能迅速地解決問題，這也就是為什麼我們一再強調人際關係的原因。

預防維護

除了正確的保養外，預防維護在工業電子學中也是重要的一環。裝備的操作、指令及維護手冊是相當重要的，定期的潤滑、檢查、清潔空氣濾清器以及執行其他的預維工作都是非常重要的。

在設定有效的預維程式時需要組織化的技能，每一項裝備的維護表可以用來追蹤這個預維程式。維護表必須包含日期及時間，以及對執行過的程序有簡短但是完整的描述，並且還包含替換過的每一個零件名稱。像指示燈燒壞這一類的小問題，通常可以立刻地改正解決，較複雜的問題就必須小心的解決。維護表還必須包含所有庫存的稀有零件的目錄，技師的經驗以及製造商的指示都可以指出應該庫存的零件為何。

操作指示也是預防維護的一種，它必須和其他保證正常運作的程序結合在一起，裝備也必須作整個功能及範圍的測試。

問 題

5. 我們可以在面板階段或 _____ 階段作故障排除。
6. 什麼階段的故障排除需要較多的知識？
7. 好的技師具備電子的知識、機械的技能以及 _____ 技能。
8. 可程式化的裝備可能因為 _____ 問題（除了機械及電子以外）而不能正常工作。

1-3 安全 (SAFETY)

任何環境的安全包含兩大部份：知識及態度。知識是定義危險程序、情形、材料以及所有潛在危機的本體，它也包含了正確的程序：

如何及何時使用安全裝置、如何處理遭遇到的危機。技術員必須知道心肺復甦(CPR)法以及灼傷、酸接觸及其他緊急情形的第一道處理手續，他們還必須知道所有安全裝置、滅火器、警鈴系統、設計好的逃生路徑等的位置。大部份在工廠受傷或死亡的工人都有受過訓練，有些人爲了某些原因便常常忽略了安全的程序，所以獲得知識並且實行在日常生活中是非常重要的，有知識及適當態度的技師很少會受傷的。

電擊會使人昏倒以及造成其他的身體傷害，甚至會致人死亡，不正確的程序也會損壞昂貴的裝置。下面的規則可以幫助我們建立安全程序，並且提醒技術員注意危險的情形：

1. 正在修護的電路必須上鎖，並且加上標籤。
2. 注意灰塵及濕氣。它們會改變導電率，甚至造成不正常的電流路徑。
3. 所有連接處必須小心地檢查，會移動以及受外界濫用的纜線特別對絕緣損害及連接器的損傷感到敏感。
4. 載有大電流的接觸部份必須定期的檢查，它們必須接觸緊密並且清潔。大電流流過高電阻的接點時會生熱，並產生火花。
5. 注意電池的週圍，因爲有些電池會產生爆炸性的氣體，在附近點火時可以導致爆炸。電池被撥掉時也很危險，因爲電解液具有相當的腐蝕性。
6. 當用兩隻手使用活線電壓工作時，不要同時碰到裝備，一隻手靠在箱子，而另一隻手在工作是非常危險的。當工作在有電線路時，必須使用高壓墊及任何保護的裝備。濕的衣服及鞋子是良好的導體，所以不能在有電線路的週圍穿著。
7. 測試設備必須保持在良好的工作狀態，連接器必須定期檢查，損壞的導線必須換掉。
8. 廠商的維修手冊必須保管好。
9. 所有的工作必須符合現在的 National Electrical Code。
10. 當裝備第一次試車時必須小心，相位錯誤可能導致馬達反轉，並且造成無法預料的結果，大部份的設備含有相序鎖定電路。在繞線錯誤的情形下，可以防止接觸器閉合。
11. 不要破壞連鎖(interlock)、極限開關(limit switch)、過流元件(overcurrent device)以及其他的保護裝置。
12. 功率元件—例如開流體，可能會因爲外殼破裂而無法工作，使用這種元件時就無法用眼睛看出真象。極性電容及鉭質電容加上過高電壓或反向電壓可以引起爆炸。鉭質電容會放出液體電解液，皮膚或眼睛等碰到這種物質必須立刻地處理。
13. 某些藥物的副作用可能會影響判斷力或平衡感，甚至引起昏睡，在此情形下就必須特別的小心了。
14. 裝備的地線不能夠移動，也不能使用轉換器來繞線，使用測試棒以前，電源線必須接好。
15. 工作在高度真空的元件(陰極射線管等)附近時，必須穿著保護衣及護目鏡。
16. 熟悉各種危險符號及警告標誌。
17. 只能用合適的滅火器在電機裝備上。水是導體，不能用來滅電機設備所引起的火，最好使用二氧化碳及泡沫。
18. 電容器及蓄電池會儲存能量，即使高壓電容和電源隔離了，它所產生的電擊仍會致命。
19. 小心移動裝備並且鎖緊接點，寬鬆的衣服

可能會捲入機器中。

20. 在機械人週圍工作要特別小心，它們可能會做出無法預測的移動。
21. 在機器人學中有兩種運作區域—軌跡：程式軌跡以及絕對最大可達軌跡（包含到達任何工具）。熟悉最大軌跡並且不要接近它。
22. 如果在機械人的軌跡內需要維護裝備時，就必須在地板上樹立隔離樁以防止機械人手臂打到軌跡內的人。
23. 確定機械人是正常的工作在“被教的模式”下，當技師在軌跡內時，大部份的控制系統只允許慢速的移動。
24. 許多的機械人使用連鎖控制系統以防止它又從原來的位位置作自動的循環，檢查此系統以便能夠正常運作。
25. 機械人控制可能也會連結至其他的裝備（例如傳送機），我們必須檢查整個的系統以確定能正常的工作。
26. 在機械人週圍工作必須要配戴護目鏡，焊接用機械人隨時都有可能引發弧光，在雷射週圍工作也必須特別小心。一般而言，在所有可能有危險的地方必須配戴合適的護目鏡。
27. 通常使用壓縮空氣來清掃電子裝備，許多空調器使用的空氣濾清器包含纖維玻璃，如果它們吹入眼中，可能會造成眼珠的傷害。

對於溶劑要特別的小心，許多溶劑是高度揮發性的，吸入了它們的蒸汽對身體相當有害處，溶劑也會損害電容器，有些會進入密封端並且腐蝕內部。用過的溶劑必須小心的處理，因為它們不允許丟棄在排水溝中，所以常常放置在大的貯槽中作最後的處理。

要注意 PVC 絕緣材料，它們通常使用在

電線或熱縮管中。當溫度高達攝氏 230° 時，PVC 材料會放出氣態的氯化氫。氯化氫和空氣中的濕氣結合就會產生氯化氫的酸氣，它們就是造成呼吸系統受損的最初媒介。不要使用火來起動熱縮管，使用熱槍或其他可行的方法來起動。

測試及測量的安全

浮式測量（floating measurement）是最危險而且也是最不容易了解的程序之一，浮式測量是在測量儀器（例如示波器）的基座比地電位高時所作的測量。技術員有時候必須測量電路中兩個非地電位端點之間的電壓，而一般信號相連可能對地有幾百伏特。另外一個相關的問題就是兩個不同線路之間的地線可能有幾伏特的電壓差，雖然這種情形（稱為地線迴路）是地線不良的徵兆，但是它的確會干擾測試儀器的正常工作。

示波器及其他測試儀器有一個信號共同端點連接至保護用的地（通常是儀器的基座），這個保護用的地經由綠線連接至電源的地線（當儀器插頭插入至插座後）。這是一種安全的方法，它可以防止基座、機殼、連接器及控制器受到高壓的損害。如果不如此接線，當我們碰到儀器任何一部份時就有可能遭到電擊，不過如此接線後，所有的信號就必須相對於地來測量，因此要直接測量兩個非地的端點之間的電壓就比較困難了。如果在此情形下直接使用儀器來測量，就會使電路中的某端點接地，並且造成錯誤的電流而損害了儀器，即使不會造成損害，它還有可能引入雜訊至電路中造成不正常的工作。在這些情形下，許多的技術員就使用 3 到 2 的線轉接器（three-to-two wire adaptor）或是切斷電源線的地插頭而造成不正確的電位漂浮（floating）。隔離變壓器用在示波器上也是不允許，因為它會破壞保護用

的地。

將示波器電位漂浮是很危險的，因為它可能會使機殼、連接器及測試棒和探棒地線具有相同的電壓。有一個預防的方法就是當儀器在電位漂浮狀態時，就將儀器週圍圍起來以避免人碰到機殼而遭到電擊。這個方法並不很好，而且未考慮示波器的電源變壓器可能會過度地受壓迫，也許會造成絕緣不良。這種方法另外一個問題就是電位漂浮儀器的電容性負載效應會對探棒地線所連接的電路端點造成濾波效應，這種濾波效應會干擾正常的運作與測量。基於這些理由，上面所使用的電位漂浮測量法是不允許的。

一種可以接受的電位漂浮測量是在示波器及被測電路之間加上隔離放大器（isolation amplifier），這個放大器將示波器及被測電路連接起來，並且使用隔離棒來通過測量信號。另外一種方法是使用類似地線隔離監測器的裝置作不直接的接地，這種監測器是連接在電源線和測試儀器之間，如果被隔絕的地電位超過40V峯值，它就切斷電源發出警鈴，並且恢復保護地線電路。

另外一種安全的方法是使用具有差動輸入的示波器，我們將負極的前置輸入連接至電路的共同點，並且將正極的前置輸入連接至被測試的端點。這種放大器的共模動態範圍（common mode dynamic range）及共模反抗比值（common mode rejection ratio）是非常重要的特性，因為被測量的信號可能要比共模信號小了很多。有些技術員忘記了這一點而利用雙軌跡示波器的ADD模式來嘗試使用虛差動方法。他們將波道2的信號反相，而造成信號是互相相減，並有效地除去共模信號。但不幸的是雙軌跡放大器的動態範圍太小，而且共模反抗比值只有100比1，所以得到的結

果不是很好。

另外一種可以利用的測量方法是使用全隔離的示波器。電池操作的儀器可以避免地線迴路，所以被許多技術員所使用。還有一些較好的示波器具有儲存波形的功能，不過這種示波器的價格非常的昂貴。

問題

9. 要安全工作的人必須對他們的環境及工作具有必要的知識及_____。
10. 被維修的機器必須上鎖，並且_____。
11. 灰塵及濕氣會降低電的_____。
12. 當人穿著_____時不能使用電路或機械。

本章複習問題

- 1-1 具有數位電腦大部份電路的矽晶片稱之為什麼？
- 1-2 定義一種用軟體形成序列及時間的元件名稱。
- 1-3 一種可程式化、多功能的操作器，它經由可變的程式化移動以便移動物體、工具或零件來執行不同的任務，我們稱此東西為_____。
- 1-4 定義兩大維修的分類。
- 1-5 那一種維修易被忽略？
- 1-6 一個工業技術員必須對每項裝置作每日的記錄，此記錄稱之為_____。
- 1-7 根據主要原則，如果某項裝備價值\$50,000，則_____價值的稀有零件必須有庫存。
- 1-8 相的錯誤（phase error）可能導致裝備_____運轉。
- 1-9 看上去好像“死”的機器人可能正在等待一個控制_____。
- 1-10 熱縮管不能使用_____來起動。
- 1-11 什麼方法可以防止測試儀器的基座及連

