

電子電路故障檢修評量模式研究

莊謙本

國立臺灣師範大學工業教育學系

電子電路故障檢修 (Electronic Circuit Troubleshooting) 是電路技術教學中最複雜的技能單元 (Complex Adaptive Skill)。其評量模式歷來主要採用「觀察法」 (Observation of Performance) 以斷定檢修的結果是否恢復系統功能。唯在評量技術電腦化 (Computerized Evaluation) 的過程中，必須以客觀且即時的方法代替主觀的觀察法。本研究為探討電腦化技術評量的可行性，從相關理論到實際評量均加以分析。理論部分包括行為決定理論 (Behavioral Decision Theory)、能力本位技術評量理論 (Competence-Based Skill Evaluation Theory) 與模糊綜合評判理論 (Fuzzy-Based Comprehensive Assessment Theory)。實際評量部分以一般電子電路故障現象診斷為基礎，並以彩色電視機電路代表類比電路，以微電腦代表數位電路，探討其故障檢修評量方式。最後探討電腦化評量在電子電路故障檢修評量的可行性。其關鍵技術乃在評量的判斷邏輯與界面電路的功能，只要評量系統建構完成，大小系統均可實施電腦化技術評量。

關鍵詞：電子電路故障檢修 電腦化評量 判斷邏輯

一、前言

電子電路技術教學正式開始於 1911 年「實用電子學」在美國東北部開始排入學校課程。(Aitken, 1976)。其後教學內容隨著所用的主要電子元件而改變。第一階段稱為真空管時代 (1906 ~ 1946)，第二階段為電晶體時代 (1947 ~ 1960)，第三階段為積體電路時代 (1960 迄今) (莊謙本, 1991)。而在積體電路時代又分為 SSI 期 (Small Scale Integration)，MSI 期 (Medium Scale Integration)，LSI 期 (Large Scale Integration)，VLSI 期 (Very Large Scale Integration) 以及 Pentium 586 問世以後的 ULSI 期 (Ultra Large Scale Integration)。(Anderson, 1995)。當我們追溯每一時期的電子電路教學時，發現早期的教學著重於電子元件的特性實驗，以及簡單的應用 (Millman, 1967)，後來才加入設計與測試 (Greenfield, 1983)，再後才有少數的書提到故障檢修 (Liff, 1985; Stephenson, 1989)。

可見故障診斷技術的教學是在熟悉各種元件特性、電路原理與工具儀器的使用後才能實施的教育訓練項目。其在電子電路教學的發展歷程上是屬於比較新的階段，在技術能力的等級上是比較高的層級。一個故障檢修人員必須充分了解電路系統的工作，才能實施檢修與維護工作。

歷來電子電路故障診斷學習效果的評量，主要根據工作物的整體功能是否已經恢復正常，亦即根據最後的結果給予成績。然而，一個故障現象可能由數個原因造成，其檢修步驟可能有數種。評量時若只看最後的結果，就會失去檢修過程是否正確的重要訊息。這種審視檢修過程的技術評量亦可算為形成性評量 (Formative Evaluation) 的一種 (李大偉, 民 75)。至於技術評量的客觀性 (Objectivity) 與精確度 (Accuracy)，並不像認知領域評量要經過大量題目的測試後才能獲得。它只要由該種技術的

專家認定，即稱為具有客觀性。能力精確度則須視技術等級而予以定義。凡此種種均為目前技術評量急需研究改進的地方 (Wolansky, 1985)。

在教學科技電腦化的潮流中，電路技術教學的電腦化由於實施的困難度較高，大多以模擬式教學法取代實體式教學 (Towne, 1995)，而使用模型為

主的教學法 (Model-Based Instruction)。在教學效果上比較適用於「預習」或「先導練習」 (Preceding Exercise)，而不適合於全程教學 (Chuang, 1997)。本研究為探討故障檢修評量在電腦化技術教學的可行性，特以電視機和微電腦的故障加以分析，並配合技能領域評量方式，找出適用的評量模式。

二、故障診斷技術評量的理論基礎

故障診斷技術評量的理論基礎概述如下：

(一)行為決定理論 (behavioral decision theory)

行為決定理論中錯誤樹 (Fault Tree) 係用來訓

練學習者找出錯誤原因的「問題解決策略」 (Fischhoff, Slovic and Lichtenstein, 1978)。其尋找錯誤原因的路徑除了可供教學訓練之外，亦可用來評量學習成效。主要的判斷方式為「由大到小」，「由明顯到隱藏」，如圖 1 所示 (Poulton, 1994)。

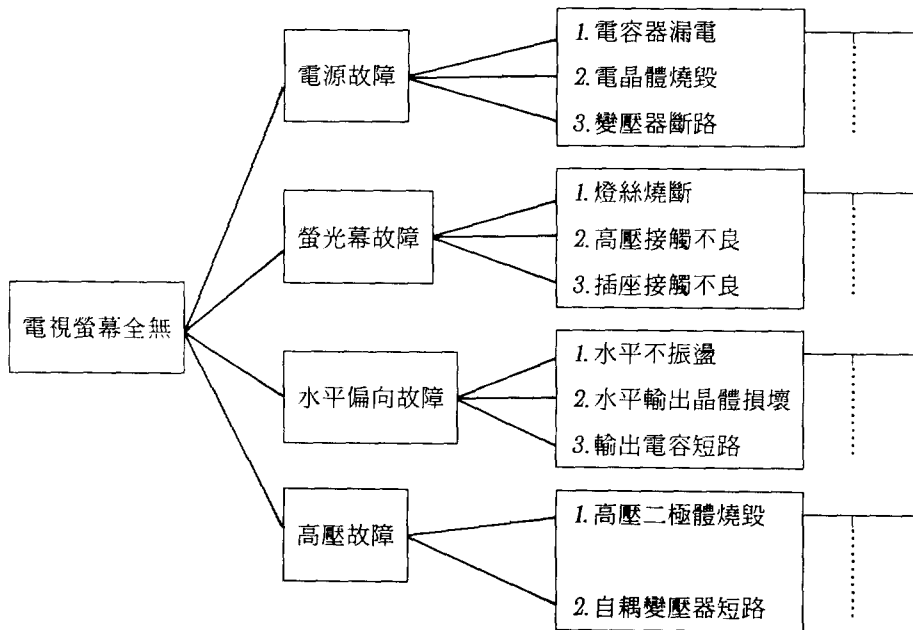


圖 1 錯誤樹結構

(二)能力本位技術評量理論 (competence-based skill evaluation theory)

本理論係根據能力本位教育的理論。主要強調教學目標應以能力本位的「行為目標」 (Behavior Objectives) 陳述。由於技術教學比理論教學具體化，

其行為目標比較容易臚列。例如：學生能在十分鐘內安裝好 40 瓦的日光燈。它也可根據「認知」、「情意」或「技能」等三個領域分別列出行為目標（康自立，1978）。圖 2 顯示三種領域的不同階層。將其應用在故障診斷評量時，可以組合方式陳述。但以認知領域和技能領域的組合較能配合故障檢修評量。

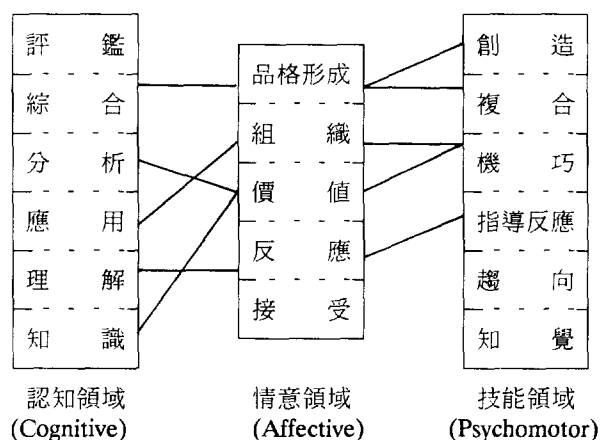


圖 2 行為目標分類與組合 (例)

例如以認知領域的「應用層」和技能領域的「機巧層」為目標整合描述時，可以寫成：

學生能夠應用歐姆定律正確算出限流電阻值，且能獨力完成限流電路的裝置。

其中前半句屬於應用層描述，而後半句則為機巧層的描述。以故障檢修的學習目標為例，可敘述如下：

* 能根據三用表的測量值判斷 IC 接腳是否正常，並能使用 IC 夾更換 IC。

* 根據電視機畫面圖形判斷可能的故障部位，並且能利用適當儀器找到故障零件。

* 能從微電腦自動測試系統 (POST) 所顯示的故障代碼查知故障零件，並且能自行將該零件更換。

目前由於行為目標分項太細時，有些檢修模式

不易套用。因此，評量時所賦予每一項技術的權值係以組合的層級之和來計算，並不再予細分。例如某項行為目標為應用層與機巧層的組合，則其權值為 $3 + 4 = 7$ 。

(三) 模糊綜合評判理論 (Fuzzy-Based Comprehensive Assessment Theory)

由於造成某一故障症狀的原因可能有多種，判斷時就有多種可能的方式。命題者可能只做一個零件故障，但是應試者可能以為是其他零件故障所造成。其檢修過程的情況正如模糊數學所表達的「亦此亦彼」的現象。因此，以模糊數學來檢修的評量可以使評量工作電腦化。模糊綜合評判係對多個相關的因素作綜合性考慮，並進行全部評價。其步驟有二（闕頌廉，1992）：

- (1) 先按每個因素單獨評判
- (2) 再按所有因素綜合評判

詳細點說，要完成綜合評判有下列工作要做：

a. 建立因素集

將各種可能的影響因素組成一個普通的集合 U 。

$U = \{ \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m \}$ 其中 $\mu_i (i=1,2,\dots,m)$ 代表各影響因素。 $\mu_i \in U$ 表示每一可能的因素都包含在因素集中。

b. 建立權重集

將各因素的重要程度，或發生的可能性賦予一個權值 $a_i (i=1,2,\dots,m)$ ， $\sum_{i=1}^m a_i = 1$ 且 $a_i \geq 0$ 。各權值所組成的集合 $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ 稱稱因素權重集。

將因素集與權重集合併表示為：

$$\tilde{A} = \frac{a_1}{\mu_1} + \frac{a_2}{\mu_2} + \dots + \frac{a_m}{\mu_m}$$

c. 建立評價集

評價集是評判者對評判對象可能作出的各種全部評判結果的集合。以下式表之：

$$V = \{ V_1, V_2, \dots, V_n \}$$

模糊綜合評判的目的即在評價集中找出最佳的評判結果。

d. 單因素模糊評判

目的在確定評判對象對評價集元素隸屬的程度。以第 i 個因素 μ_i 對評價集中第 j 個元素 v_j 的隸屬程度 r_{ij} 進行評判, 可用模糊集合 R_i 表示。

$$R_i = \left\{ \frac{r_{i1}}{V_1} + \frac{r_{i2}}{V_2} + \dots + \frac{r_{in}}{V_n} \right\}$$

可簡單表為： $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$

將隸屬度轉成單因素評判矩陣，可表為：

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{mn} \end{pmatrix}$$

e. 模糊綜合評判

從單因素評判矩陣 R 中可以看出 R 中第 i 行反映出第 i 個因素影響評判對象，第 j 列反映出所有因素影響評判對象取第 j 個評價元素的程度。因此所有因素的綜合評判可表為：

$$B = A \circ R$$

$$\text{即 } B = (a_1, a_2, \dots, a_m) \circ \begin{pmatrix} r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1n} \\ r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2n} \\ r_{m1}, r_{m2}, \dots, r_{mn} \end{pmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

其中 $b_j = \bigvee_{i=1}^m (a_i \wedge y_{ij}) (j=1, 2, \dots, n)$ 稱為模糊綜合評判指標。

將上述模糊綜合評判理論應用在電子電路故障診斷上可表為：

故障症狀集 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$

診斷集 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$

其中 S_1, S_2, \dots, S_n 與 d_1, d_2, \dots, d_n 均為故障檢修專家多年經驗所獲得的症狀情況與診斷考慮因素。 S 與 D 的模糊關係為：

	D(診斷)				
		d_1	d_2	\dots	d_m
S(症狀)					
S_1		μ_{11}	μ_{12}	\dots	μ_{1m}
S_2		μ_{21}	μ_{22}	\dots	μ_{2m}
\vdots					\vdots
S_n		μ_{n1}	μ_{n2}	\dots	μ_{nm}

寫成模糊矩陣為：

$$R(\mu_{ij})_{n \times m} = \{ \mu_{ij}(s,d) | (s,d) \in S \times D \}, \mu_{ij} \in [0,1]$$

此矩陣可貯存在電腦內，若某一故障與檢修結果形成一模糊子集 $A = \{S_k\}, S_k \in S$ ，則可由 A 與 R 合成綜合評判集 B ，而獲得評量結果。

$$\text{即 } A \circ R = B$$

應用時，故障症狀的隸屬度，必須根經驗的判斷才能決定。

三、電子電路故障情況分析

電子電路發生故障的原因主要分為兩大類，一類稱為人為的故障，另一類稱為天然的故障。兩類中又分為一些小類，如下所述：

(一)人為的故障

1. 使用不當工具工作，以致損毀零件。
2. 操作習慣不良，以致破壞電路，例如快速撥動開關，或使用後沒有關掉電源。
3. 任意轉動調整旋鈕而未歸定位。

4. 將該電子產品放置在不當位置工作，以致受干擾無法正常工作。

(二)天然的故障

1. 零件衰老，數值改變。
2. 電源電壓不穩定造成整流子或電容器損壞。
3. 原始電路設計不良，造成散熱不良以致零件損壞。

按一般情況，人為的故障比較容易診斷，而天

然的故障較不易立刻看出。故障的命題通常以人為方式模擬天然故障，因為故障檢修評量時所用的電子電路通常都是新品，而非舊貨。

若按電子元件的類別而區分故障種類，則可歸納如下：

(一)被動元件的故障

1. 電阻器：增值、斷路、短路
2. 電容器：漏電、斷路、短路
3. 電感器：短路、斷路、增值
4. 變壓器：層間短路、初次級短路、過熱、斷路

(二)主動元件的故障

1. 電晶體：極間短路、斷路、逆向漏電、振盪
2. OPA：漂移，頻率響應惡化，非線性失真

(三)邏輯電路的故障

1. TTL：斷路、短路
2. CMOS：斷路、短路、振盪
3. GAL：斷路、短路、雜波干擾

(四)界面電路的故障

1. A/D, D/A：單向傳輸、雜波
2. 各類感知器：不靈敏、不動作、斷線
3. 各類耦合器：誤動作、斷路
4. PIO：部分不通，短路

(五)開關元件的故障

1. 二極體：斷路、短路
2. SSR：吸住、斷路、雜波
3. 手動開關：接觸不良、門鎖、斷裂、漏電
4. 閘流體：斷路、雜波、誤動作

(六)其他

1. 電路板：：短路、斷路、斷裂
2. 連接線：內部斷線、接錯與外殼短路
3. 真空管：衰老、線性失真、接腳斷裂
4. 調整鈕：鎖死、磨損、鬆脫

將上述故障情況彙整後，按照次數比率排列，可得到表 1 的分佈情形。

表一 電子零件故障類型統整

序號	故障種類	序號	故障種類	序號	故障種類
1	斷路(25%)	6	振盪(3.3%)	11	部分不通(1.7%)
2	短路(21.7%)	7	非線性失真(3.3%)	12	門鎖(1.7%)
3	雜波(6.7%)	8	誤動作(3.3%)	13	磨損(1.7%)
4	漏電(5%)	9	接觸不良(3.3%)	14	不靈敏(1.7%)
5	增值衰老(5%)	10	斷裂(3.3%)	15	吸住及其他(13.3%)

(資料來源：何中庸，電子電路故障排除技術手冊，民84；
蔡錦福，電子電路故障分析與檢修，民84)

四、電子電路故障檢修模式

電子電路主要分為類比電路與數位電路兩大類，但大多數電子產品包含上述兩種電路在內。譬如電視機中雖然大部分為類比電路，也有少數數位電路；微電腦中雖然大多數為數位電路，也有少數類比電路。檢修可依其特性判斷而縮小故障檢修範圍。一般電路的故障檢修模式（或原則）可分為下列幾種：

1. 由大縮小法

即根據故障現象初步判斷為類比電路故障或數

位電路故障，然後再以檢修儀器或工具作測試，判斷可能發生故障的區塊電路 (block circuit)。接著找出發生故障的電路級 (stage circuit)，再更仔細地找出故障零件 (component)。較熟練的檢修人員可以跳躍區塊電路，而直接找到故障零件。此種由大縮小的檢修模式為通用的傳統故障檢修方式。其檢修流程如圖 3 所示。

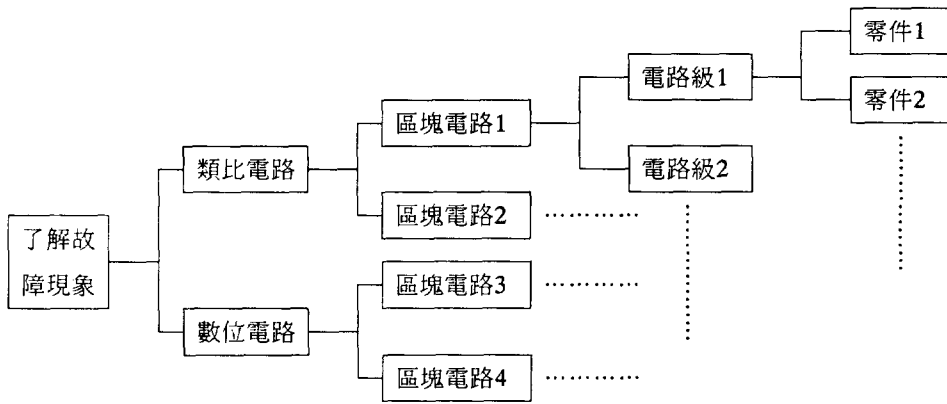


圖 3 由大縮小法的故障檢修步驟

2. 信號追蹤法 (Signal Tracing Method)

信號追蹤法係以信號產生器加入待修電路的輸入端，然後從輸入級一級一級地檢查輸出值是否正

常。直到找到故障零件為止。其檢修方式如圖 4 所示。

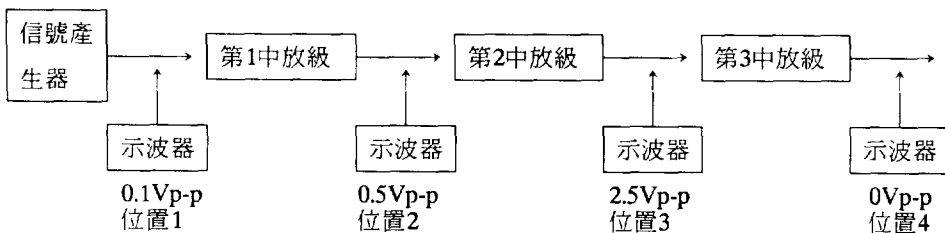
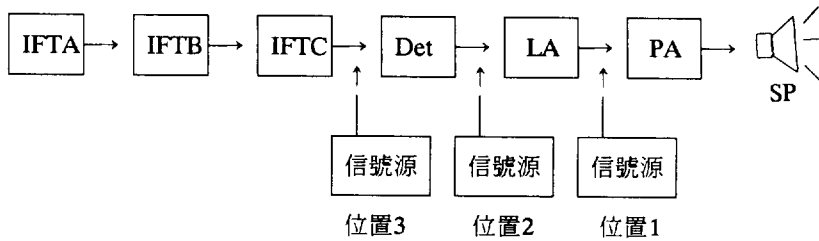


圖 4 以信號追蹤法檢查故障

3. 信號注入法 (Signal Injecting Method)

檢查輸出情況，如果沒有輸出就表示信號輸入點的下一級電路有故障。圖 5 顯示這種方法的實施方式。

信號注入法的實施方式與信號追蹤法相反。其信號加入點係從電路的最後一級開始，每加一級就



註：當信號源移到位置3時，喇叭沒有輸出就表示檢波電路Det有故障

圖 5 信號注入法的檢修方式

4. 綜合檢修法

所示，其優點為檢修仔細，缺點為浪費時間太多。但經多次練習之後，仍可加快檢修速度 (Chuang, 1990)。

綜合檢修法係將上述三種方法混合，並加上感官判斷法而形成比較完整的故障檢修模式。如圖 6

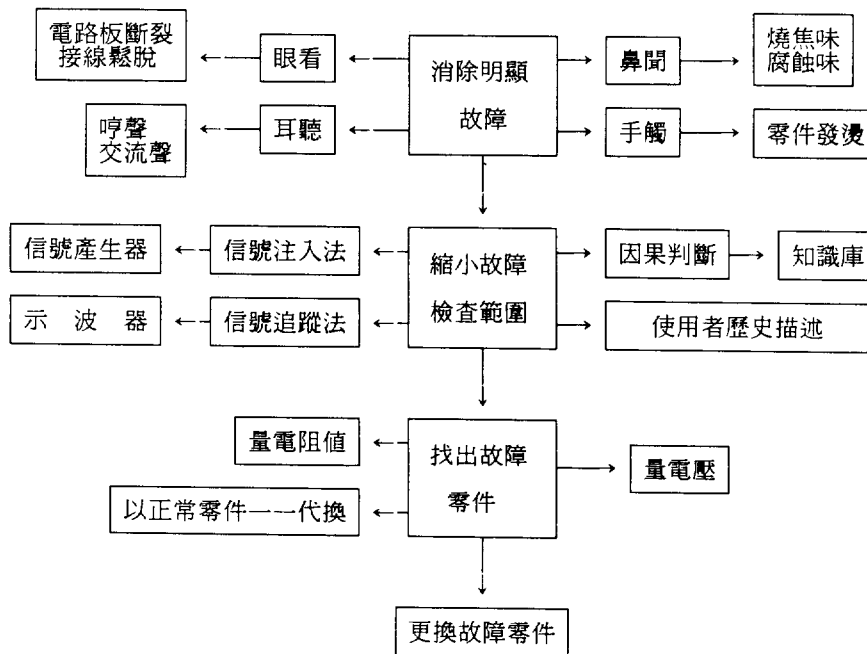


圖 6 綜合檢修法流程

五、電子電路故障診斷判斷邏輯

當檢修人員面對故障現象時，必須思考可能的故障原因，然後一步一步地尋找故障位置。因此，檢修人員必須具備豐富的電子學知識，瞭解電子零件特性，電路工作原理，以及儀器的使用技術。由於故障現象傳達的信息種類並非只有一個，所以檢修時要盡量涵蓋所有可能的現象，才會有正確的判斷。以下依「由簡入繁」的原則敘述：

(一)簡單的判斷邏輯

如果某一故障現象只有一向度可描述，則其判斷邏輯可寫成：

```
IF      A
THEN   Y
DO     W
```

例如：IF (C₁ 電容器爆破)

THEN (檢查極性是否接錯)

DO (更換電容器並將極性接對)

這個邏輯形式可用來指示下一步要做的事。

(二)兩個現象的判斷邏輯

如果可供參考的故障現象有兩個，而其原因只有一個，則其判斷邏輯可以寫成：

```
IF      A
AND    B
THEN   Y
```

例如：IF (沒有掃描畫面)

AND (沒有低壓電源)

THEN (可能電源保險絲燒斷)

(三)多數故障現象邏輯判斷

如果可供判斷的故障現象較多時，其判斷邏輯可寫成：

IF A 例如：IF (螢幕中央一條水平線)

```
AND    B      AND ( 彩色正常)
AND    C      AND ( 聲音正常)
AND    D      AND ( 垂直不同步)
THEN   Y      THEN ( 垂直偏向電路損壞)
```

(四)多數故障現象及多數原因的判斷邏輯

有時可供判斷的故障現象有數個，其可能的原因也有數個，則其判斷邏輯可以寫成：

```
IF      A
AND    B
AND    C
AND    D
THEN   Y1
OR     Y2
```

例如：IF (沒有掃描畫面)

AND (沒有影像)

AND (沒有顏色)

AND (沒有聲音)

THEN (電源電路損壞)

OR (水平電路損壞)

這時故障原因的排列就要按照該電子產品技術手冊中元件故障率的多寡而排列。

上述故障診斷的判斷邏輯適用於電腦化教學，其流程可寫成：

```
IF(A) AND (B) AND (C) THEN(Y1) OR(Y2)
```

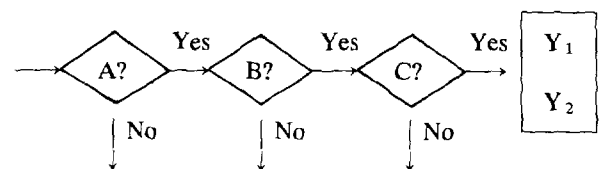


圖 7 電子電路故障判斷邏輯之流程圖舉例

(五)多重故障的判斷邏輯

有些故障的判斷需要多次測試後才能確定故障部位，所以它的判斷邏輯呈現巢狀結構，但不必反覆做同一件事。其邏輯形式如下：

```
IF      A
AND    B
THEN   Y1
ELSE IF C
AND    D
THEN   Y2
ELSE   Y3
```

例如在檢修微電腦時，可能遇到如下的情況：

```
IF ( 電源打開後，指示燈有亮，但硬碟不動 )
AND ( 電源風扇有轉動 )
THEN ( 測量 + 5V 是否正常 )
ELSE IF ( + 12v 有輸出 )
AND ( 電源接線正常 )
THEN ( 檢查硬碟驅動馬達 )
ELSE ( 檢查硬碟控制器 )
```

較複雜的電路在判斷故障部位時，不易一眼就看出。因此需以「抽絲剝繭」的方式，深入了解各有關部門的工作情況，才能確定故障零件。如果同時有兩個以上的零件損壞，其判斷邏輯將更複雜，但須先將故障現象分開才容易判斷。

六、彩色電視機故障診斷的評量方式

電子類產品中較能代表類比電路的當屬彩色電視機。雖然目前業界正朝著「數位電視」的方向邁進。但是高頻電路仍採用類比電路。因此，本文以彩色電視機的故障檢修評量作為類比式電子電路故障檢修的評量範例，仍然具有其時代性。

(一)彩色電視機電路故障的比率

目前統一型彩色電視機約有 800～900 個零件，並且由於 IC 化，有逐漸減少零件數的趨勢。根據聲寶、大同、歌林等公司產品故障統計，各級電路可能發生故障比率如表 2 所示（施純協，1977）。

(二)彩色電視機故障檢修命題方式

一般彩色電視機故障修命題，在檢定或技藝競賽中，命題的題型有下列數種：

1. 將 5～10 個人為故障零件替換正常零件，裝置在電視機基板上，規定在時間內找出故障零件，並裝上正常零件，使電視機恢復正常。
2. 製作數個故障點，受檢者或選手只要找到故障零件，將其代碼記錄在答案紙上即可，不需更換

新零件。

表 2 彩色電視機電路故障比率

電 路 別	故障現象	比 率
水平同步電路	48	18.3%
垂直同步電路	44	16.7%
影像放大電路	38	14.4%
選台器電路	32	12.2%
電 源 電 路	26	9.9%
彩 色 電 路	24	9.1%
中頻放大電路	17	6.5%
聲 音 電 路	16	6.1%
遙控器電路	13	4.9%
影像管電路	5	1.9%
合 計	263	100%

3. 製作數個故障點，並將部分調整鈕調亂，選手必須找到故障點並調整完成，使電視機正常工作。

4. 製作數個故障點，選手必須記錄判斷過程，使裁判了解其檢修過程。最後要使電視機恢復正常工作。

根據影色電視機的故障發生率，通常命題的常用電路為①水平同步電路②垂直同步電路③影像放大電路④電源電路⑤彩色電路⑥聲音電路。

(三)彩色電視機故障檢修的評量方式

彩色電視機故障檢修的評量，根據評量表呈現的格式，主要記錄下列各項：

1. 故障零件編號
2. 找到故障零件的時間
3. 誤判的次數與每次誤判的時間

評分時，裁判要先看電視機畫面是否已正常工作，聲音是否正常，然後一一核對零件編號，如果在時間內完成則予計分，最後扣除誤判分數，以及特殊違規扣分，就是實得分數。其常用評分表如下：
故障零件零件 1：____ 完成時間：____ 佔分：____

故障零件零件 2：____ 完成時間：____ 佔分：____

故障零件零件 3：____ 完成時間：____ 佔分：____

故障零件零件 4：____ 完成時間：____ 佔分：____

調整工作：正常／不正常 完成時間：____ 佔分：____

誤判記錄：

第一次、時間：____ 扣分：____ 分

第二次、時間：____ 扣分：____ 分

第三次、時間：____ 扣分：____ 分

第四次、時間：____ 扣分：____ 分

實得成績：____ 裁判簽名：____

平常進行電視機故障檢修教學時，係將關鍵性零件及比較容易故障的零件做故障示範，讓學生記住故障現象，而在測驗時就以單一故障實施評量。因此，其評量重點為①判斷的準確度②找出故障零件的速度③工作習慣④使用儀器的熟練度。目前由於電視機信號頻率較高，尚無法以電腦實施實體評量，僅能在認知領域實施相關知識的電腦化教學。利用故障現象畫面實施故障診斷的電腦輔助教學，曾由筆者在 1990 年於美國開發完成 (Chuang, 1990)。

七、微電腦故障診斷的評量方式

微電腦是目前最具代表性的數位電子產品，其普及率已經達到電視機的一半，並且正快速增加中。由於數位電路比較容易電腦化處理，所以微電腦系統中自備有 POST (Power On Self Test) 自動檢測系統，隨時監視各部分的工作情況，一旦有故障現就立刻顯示「故障代碼」，而由使用者查表得知故障情況，並予以修護。所以，目前在技能檢定或上電腦硬體修護課中所用的故障項目甚少與 POST 中相同。

(一)微電腦電路故障比率

根據 Stephenson, Brenner, 以及 Paynter 等人對於微電腦故障的分析，一般微電腦本身的故障比

率如表 3 所示。

表 3 微電腦電路故障比率 (以 386 為主)

電路名稱	故障現象數	比率
磁碟機	17	30.9%
顯示器	11	20%
主機板	7	12.7%
界面電路	5	9.1%
軟體	5	9.1%
啓動裝置	4	7.2%
電源電路	3	5.5%
鍵盤	3	5.5%
合計	55	100%

(資料來源：Stephenson & Cahill, 1989; Paynter, 1987; Brenner, 1991; 林東和, 1994。)

其中大多數的故障原因是「機械接點鬆脫」，「機件磨損」和「操作不當」造成。真正屬於電路部分的有因振盪過熱而燒毀、電容器漏電、IC 衰老、指示燈斷路……等，佔故障比率不高。同時因軟體設計不當而造成硬體故障的也不多。反而週邊設備的故障比主機還多。

(二)微電腦故障檢修的命題方式

微電腦的故障檢修命題受限於 IC 太多，能做故障的地方太少，學生只要熟悉幾個零件的測量值即可應付故障檢修的檢定。我國技能檢定「電腦硬體裝修」職類，在實作方面，係以硬式磁碟規劃與微電腦拆裝兩項為主，丙級的檢定並沒有製造故障進行檢修。乙級及技藝競賽雖有檢修題，亦僅限於電容器漏電、電阻增值、短路、連接線斷路等故障。其餘如顯示器電路、硬碟機電路均有待考量，以免因故障檢修製造出更多故障。畢竟電腦需靠軟體才能工作，其最新的檢修範圍亦已涵蓋軟體在內。

微電腦故障檢修的命題，需事先宣佈電腦的機型，並規定選手自備功能正常的主機板，以便核對檢修結果的正確性。其命題內容包含：

1. 微電腦拆裝
2. 功能測試

3. 寫出故障現象
4. 寫出故障原因
5. 註明修護方法

比較容易命題的部位為記憶體、鍵盤、電源、介面卡設定等處。

(三)微電腦故障檢修評量方式

裁判或教師對於微電腦檢修工作的評量，通常以表格實施，一一核對標準答案而給予評分。檢定的評量計分項目如下所述：

A.故障點 1（共做 3 個故障點）

1. 檢測步驟及信息代號說明（10 分）
2. 問題現象及故障原因（5 分）
3. 故障位址及修護方法（10 分）

（B、C 重複上述步驟）

D.拆裝、測試工作

1. 安裝後 整潔（5 分） 雜亂（0 分）
2. 測試 正潔（10 分） 不正常（0 分）
3. 修護點 美觀（5 分） 其他（0 分）

可見所用的評量方法是「觀察法」。其餘如檢測程式評量係為軟體功能評量，由於微電腦電路的優越特性，其電子零件不易故障，命題時均將軟體部分併入。

八、電腦化故障檢修評量的可行性

上述彩色電視機與微電腦的故障檢修，評量時主要使用「觀察法」記錄檢修的結果。目前雖有電腦化的模擬訓練與故障檢修電腦輔助教學軟體，但在電腦化檢修評量方面尚未有完整的系統被發展出來。其原因主要為：

1. 檢修對象物（電視機或微電腦等）體積太大，不易接到另一電腦實施評量。
2. 評量所用界面電路以及評量軟體受限於工作頻率不高而無法偵測所有工作點的信號。
3. 故障檢修過程複雜，變化太多，評量判斷勢

必錯綜複雜，難以全面應付。

以上困難係由於大型電子電路所造成，若將小型模組電路接上微電腦，如圖 8 所示則可實施電腦化測驗。

其測驗時，螢幕上會出現如圖 9 之說明，受測者必須在實體電路上找出故障部位，並回答問題，由測驗系統反應其是否做對，然後再呈現下一題。

本研究為使電子電路故障檢修的電腦化測驗更為可行，曾以邏輯電路作為檢修電路，其命題邏輯係根據前述認知領域與技能領域的權值給予每一題

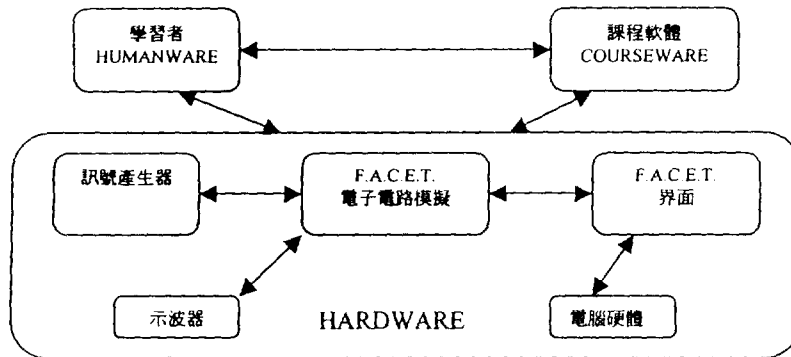


圖 8 電腦化電子電路模組測試系統
(資料來源：莊謙本，民 85 國科會研究報告)

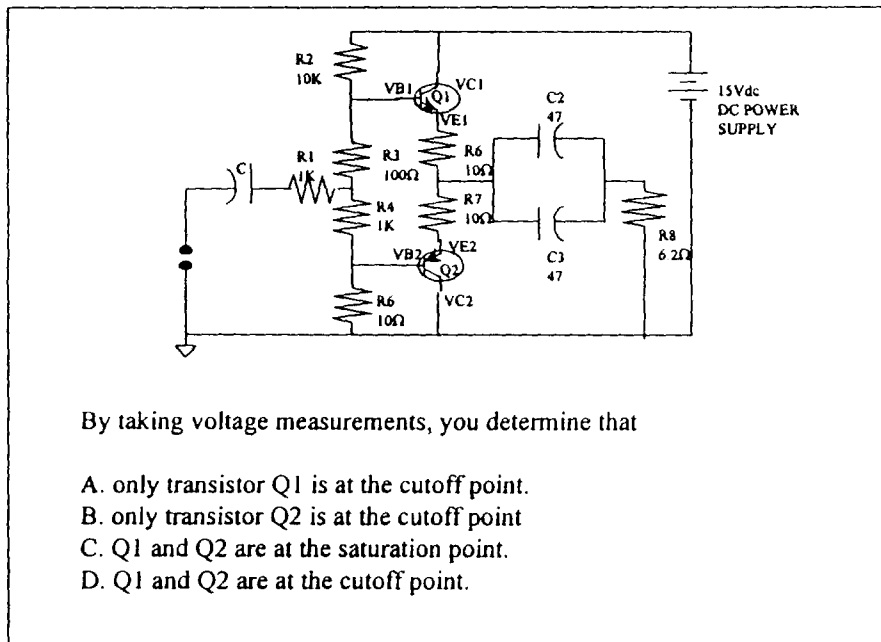


圖 9 電腦化故障檢修測驗所顯示的螢幕指示
(資料來源：Lab-Volt F.A.C.E.T 手冊)

定位，待受測者答題時，由於待檢修部位不一定各個都判斷正確，其得分也並非只有全對（100分）和全錯（0分）兩種，而是有線性化的分數，所以評分係根據模糊評判理論計分，而選題策略係根據每一題的綜合權值而決定。其評量之主體流程如圖

10 所示。

這種評量方式係屬智慧型技術評量，適用於模擬式與實體式技術教學，在 ICAI (Intelligent CAI) 中，所根據的主要流程為 Kearsley 在 1987 年所發表的教導式評量模式，如圖 11 所示。本文係將其

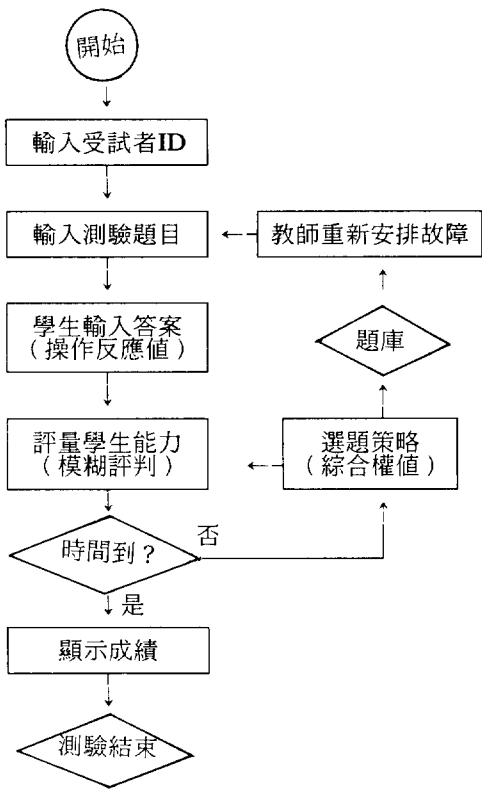


圖 10 電腦化故障檢修評量系統流程

擴充運用在邏輯電路檢修評量，驗證電腦化技術評量的可行性。

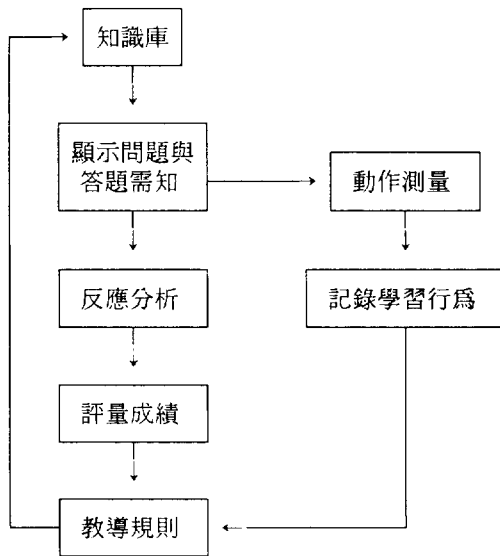


圖 11 智慧型技術評量模式

(資料來源：Kearsley: AI and Instruction, 1987, p.38)

九、電腦化邏輯電路故障檢修評量之實施

爲了驗證電子電路故障檢修技能評量之可行性，本研究特以一年之時間（民 85.8-86.7）將評量系統

之軟體、硬體開發完成，並實施現場測試，證實爲可行之評量模式。其中實施檢修評量之單元分爲組

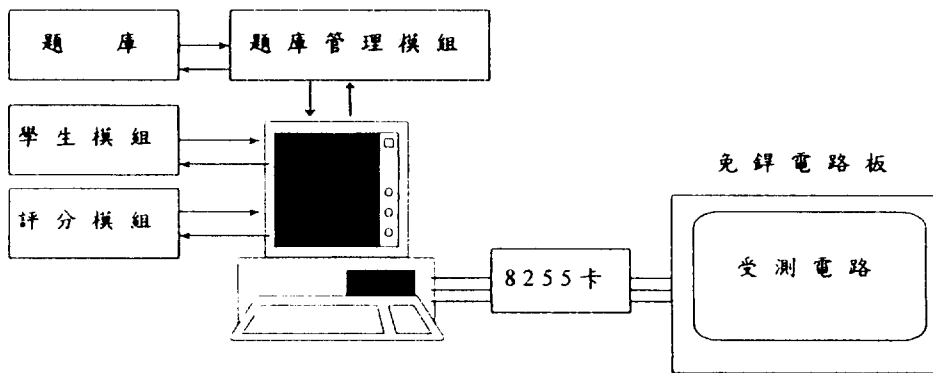


圖 12 電腦化電路故障檢修評量之硬體架構

合邏輯與順序邏輯兩部分。組合邏輯部分係包括加法器、比較器、解碼器、多工器、解多工器等，順序邏輯部分則包括正反器、閃鎖器、計數器、暫存器、記憶器等。每一個評量用之電路均預先安置在免錒電路板上，而以 8255I/O 卡將受測者的動作信號傳回微電腦，進行比對評量。其硬體系統如圖 12 所示。

在評量項目方面，採用目前技能檢定所用的「正確性」與「速度」作為評量要項。熟練度即隱含在此兩項之內，不另予以評量，其技術等級的劃分，如表 4 所示。

表 4 電腦化技術評量技術等級

等級	準確度	速度	配分
1	操作正確	$t \leq 1/2 T$ (標準時間)	10
2	操作正確	$1/2 T < t < T$	5
3	操作錯誤	$T \leq t$	0

题目的難易度係根據每題中所含的邏輯閘以及故障點而定，如表 5 所示。

表 5 故障檢修命題之歸類

類別	所含邏輯閘	所含故障點
高難度	> 10	3
中難度	$10 \geq N > 5$	2
低難度	$N \leq 5$	1

因此，若以高難度（相當於甲級的檢定）為例，每題中有 3 個故障要修護，受試者不一定先修理某

一故障，因此許可其以三用電表量度電壓值，而實施檢定，其評量之流程如圖 13 所示。

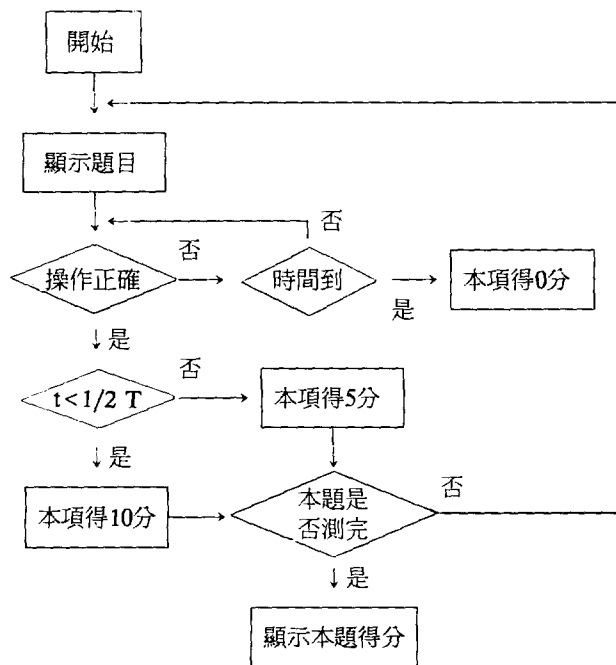


圖 13 電腦化技術評量之計分流程

在評量邏輯方面，係以 Delphi 2.0 軟體工具將判斷正確與否的邏輯以比較器的模式寫成，如圖 14 所示。而其速度之判斷則以時鐘脈波作為計算基準 (Meister, 1985)。

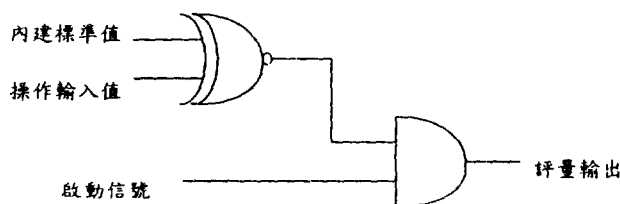


圖 14 電腦化技術評量基本判斷邏輯

此外，爲了考慮在高難度及中難度題目中，每題之檢修均爲複數項，若檢修第一項即已犯錯，應

予較重之扣分 (Thorndike 1982)，因此依其反應之組型設計較爲合理之成績計算法。如表 6 所示。

表 6 高難度題目評量之計分法

答對項目數	反應組型	得分範圍	平均值	加權值	概似值	百分等級
3	0 0 0	15-30	22.5	7	29.5	100
2	0 0 x	10-20	15	6	21	71.19
2	0 x 0	10-20	15	5	20	67.79
2	x 0 0	10-20	15	4	19	64.41
1	0 x x	5-10	7.5	3	10.5	35.59
1	x 0 x	5-10	7.5	2	9.5	32.20
1	x x 0	5-10	7.5	1	8.5	28.81
0	x x x	0	0	0	0	0

註：0:反應正確，x:反應錯誤，得分範圍已將速度因素包含在內

本實驗之題庫，共含組合邏輯 30 題，順序邏輯 30 題，其中各含高難度 5 題、中難度 15 題、低難度 10 題。開發完成後曾以 10 位大一電子組學生實施測試，並以 3 位高工電子科教師試車。根據試車後之建議加裝防止彈跳電路與電源保護電路，使

硬體系統不致因受試者操作不當而遭受損失。另在軟體方面加上動畫及音樂，使受試者在受測時心情保持平穩。每題測完後螢幕上會顯示成績，使受試者立刻得悉評量結果。

十、結論

本文探討電子電路故障檢修的評量理論以及實施方式。在理論基礎方面主要強調行爲決定理論，能力本位技術評量理論以及模糊綜合評判理論。其中行爲決定理論主要應用在故障診斷的判斷；而能力本位技術評量理論主要應用在命題的難易度指標上，將認知領域與技能領域同時考慮，賦予題目一個權值，以供選題之用。至於模糊綜合評判理論則應用在評分上，以其能考慮檢修次序與線性成績分

佈。從電子電路的故障狀況分析，以及故障診斷的判斷邏輯分析可知故障檢修評量的電腦化是可行的。雖然目前彩色電視機與微電腦的故障診斷尚未能以電腦化評量，但在小型邏輯電路已實驗成功。本文限於篇幅未能一一列舉，要之，電子電路的故障檢修不但能以電腦模擬教學，亦能以電腦實施測驗。其關鍵在於評量標準的邏輯程式化，及界面電路能傳送實驗電路的資料給微電腦。

參考文獻

- 王寶壙 (1993)：現代測驗理論，台北市：心理出版社。
- 中國電業出版社 (1988)：彩色電視線路圖集及詳細故障分析，台北市：中國電業出版社。
- 林東和 (1996)：電腦維修DIY。台北市：全欣資訊圖書。
- 何中庸 (1995)：電子電路故障排除技術手冊。台北市：全華科技圖書公司。
- 李大偉 (1986)：技職教育測量與評鑑。台北市：三民書局，頁 101-104。
- 邵元慶 (1992)：電腦診斷全集。台北市：松崗電腦圖書公司。
- 施純協 (1977)：彩色電視技術電路分析。台北市：文笙書局。
- 黃光雄 (1983)：技能領域目標分類。台北市：復文出版社。
- 莊謙本 (1991)：高工電子學。台北市：全華科技圖書公司。
- 莊謙本 (1996)：智慧型電腦輔助學在數位通信技術教學之實驗研究。國科會專題研究：NSC85-2511-S-003-047TG。
- 莊謙本 (1997)：全程技術評量因素分析。刊於 1997 海峽兩岸職教育與訓練學術研討會論文集。台北市：台灣師大。PP.311-404。
- 康自立 (1978)：工業業教育能力本位課程設計之理論與實際。台北市：台灣師大工教系。
- 蔡錦福 (1985)：電子電路故障分析與檢修。台北市：全華科技圖書公司。
- 闕頌廉 (1992)：應用模糊數學。台北市：科技圖書股份有限公司。
- 魏善懿 (1991)：PC.XT 及 AT 故障修理技術。台北市：松崗電腦圖書公司。
- Aitken, Hugh G.J. (1976). *Syntony and spark: the origins of radio*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Anderson, D., & Shanley, T. (1995). *Pentium processor system architecture*, 2nd ed. Reading, Mass. Addison-Wesley Publishing Co.
- Beech, G. (1983). *Computer-based learning: practical methods for microcomputers*. Cheshire: Sigma Technical Press.
- Brenner, R.C. (1991). *IBM personal computer troubleshooting & repair for The IBM PC, XT and AT*. Indianapolis, Indiana. Howard W. Sams & Company.
- Chuang, C.P. (1990). Effectiveness of microcomputer aided television troubleshooting instruction using digital image database, Dissertation, Iowa State University, Ames, Iowa.
- Chuang, C.P. (1997). A Simulation-based high-tech instruction for DSP Course. Proceedings of the 1997 International Conference on Technology Education in the Asia-Pacific Region. Taipei, PP.397-414.
- Dobson, E.L., Hill, M. & Turner, J.D. (1995). An evaluation of the student response to electronics teaching using a CAL package. *Journal of Computers Education* Vol.25, No.1/2, PP.13-20.
- Fischhoff, B., Slovic, P. & Lichtenstein, S. (1978). Fault trees: sensitivity of estimated failure probabilities to problem representation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, PP.339-59.
- Fletcher, S. (1995). *Competence-based assessment techniques*, London: Kogan Page Limited.
- Greenfield, J.D. (1983). *Practical digital design using ICs*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Harrow, A.J. (1972). *A taxonomy of the psychomotor domain*, New York: David Mckay Company, Inc.
- Ho, R.G., Wang, H.Y. & Shyu, H.J. (1997). An adaptive strategy on keyboarding: using adaptive drill system model, *6th International CAI Conference*. Taipei: Ming-Chuan Management College.
- Liff, A.A. (1985). *Color and black and white television theory and servicing*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Meister, D. (1985). *Behavioral analysis & measurement methods*, New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Millman, J. & Halkias, C.C. (1967). *Electronic devices and circuits*, Columbia University Press.
- Paynter, R.T. (1987). *Microcomputer operation, troubleshooting and repair*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Poulton, E.C. (1994). *Behavioral decision theory*, Cambridge University Press.
- Steiner, J.P. (1987). *Complete TV servicing handbook*, 2nd ed. Englewood Cliffs, N.J, Prentice-Hall, Inc.
- Stephenson, J.G., & Cahill, B. (1989). *Microcomputer troubleshooting & repair*. Indianapolis, Indiana: Howard W. SAMS & Company.
- Swaminathan, H. (1983). *Parameter estimation in item response models*. Vancouver: Eduational Research Institute of British Columbia.
- Thorndike, R. L. (1982). *Applied psychometrics*. Boston: Houghton Mifflin. Towne, D.M. (1995). *Learning and instruction in simulation environments*. Educational Technology Publications.
- Wolansky, W.D. (1985). *Evaluating student performance in vocational education*. Iowa State University Press. Ames, Iowa.

致謝

本研究之完成要感謝國科會之贊助。

收稿日期：86年6月26日

修正日期：86年10月16日

接受日期：86年10月16日

The Skill Evaluation Model of Electronic Circuits Troubleshooting

Chien-Pen Chuang

Department of Industrial Education
National Taiwan Normal University

Abstract

Electronic circuit troubleshooting is one of the most difficult learning unit in studying electronic technology. It needs solid foundation in electronic circuit theory, electronic component characteristics and mastery of troubleshooting instruments. The traditional method of evaluating the troubleshooting performance taken by teachers and trainers was the "Observation Method". But the advantages of objectivity and real-time of computerized test may take place the traditional subjective methods. This paper investigates the feasibility of computerized troubleshooting skill test both in theory and application. Three theories pave the foundation of computerized skill test: Behavioral Decision Theory, Competence-Based Skill Evaluation Theory and Fuzzy-Based Comprehensive Assessment. The Behavioral Decision Theory can be used in the decision-making of troubleshooting. And the Competence- Based Skill Evaluation Theory can be applied in the construction of weighted item bank. For the theory of Fuzzy-Based Comprehensive Assessment, it can be applied in evaluating the process of troubleshooting. Color TV and microcomputer were taken as typical examples for the discussion of troubleshooting evaluation. It is found that the computerized skill test is feasible in small logic circuit. And it will be applied to the bigger systems such as televisions and microcomputers if the assessment logic and interface circuits are well designed.

Keywords: electronic circuit troubleshooting computerized skill test assessment logic