

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

第三名

091003

乙級電腦硬體檢修卡輔助測試裝置

學校名稱：臺北縣私立復興高級商工職業學校

作者： 職三 賴佳均 職三 王琮閔 職三 黃鈺婷 職三 黃瑞泰	指導老師： 林明德
---	--------------

關鍵詞：乙級檢定 檢修卡 硬體檢修

摘要

本研究係利用一選擇開關與編碼器完成 BCD 編碼，結合單晶片微電腦完成輔助測試裝置，經由印表機端座連線(DB_25P)與檢修卡製作電路連線，提供簡易、快速測試實體檢修板製作及指定數位 IC 功能之主要目的。實施本研究係以微電腦控制單元實習為主要內容，使能熟悉單晶片程式控制技巧後，經由分組實施單元課程教學並啟發創新研究，經過一個學期時間完成構想設計，所獲得的主要成果如下：

- 一、本研究能清楚圖示構想設計並說明實體架構，運用數位 IC 與選擇開關組成編碼器，經執行單晶片微電腦程式控制，能正確檢驗檢修卡製作與所用數位 IC 的功能是否正確，展現本組作品具有創新性與精密性。
- 二、本研究係針對新版檢修卡製作過程，因須透過電腦執行 Visual Basic 或 C 語言所撰寫的程式，始能檢驗實體檢修卡製作是否功能正常的的不方便性，提供了簡易、快速檢驗的功能，使本組作品符合解決問題目的與實用性。
- 三、本研究係以常見的電子元件所構成，具有製作容易、製作成本低、有效提供學生進階學習光機電控制的良好題材，更能有效激發創作思考潛能，深具學以致用的意義，使本作品具有經濟與產品化之目的。

壹、研究動機

推廣專業技能檢定是國家既定的政策，對學習專業技術者能夠取得技術證照，是個人學習專業技能的肯定，也奠定了就業能力與拓展後續升學的機會，影響生涯規畫與專業能力的發展。如何在專業老師指導之下，充實學術科的基礎能力已是課程實施的重點，加以乙級電腦硬體修護職類術科考試的內涵，於檢修卡製作電路部分，強調基礎數位邏輯組合、元件應用與電路焊接作業的能力，也兼顧測試學習者對專業軟體（如 Qbasic、Visual Basic、C 語言）程式撰寫與操作的能力。

現況學校於實施乙級電腦硬體檢修輔導訓練課程，針對術科第一站檢修卡製作電路部分，必須透過搭配電腦介面控制裝置，進行執行指定軟體程式以驗證檢修卡製作電路的學習成果，存在重複測試或進行故障排除等操作，影響了階段學習與訓練乙級檢定考試的成果。因此，引發構思研究「乙級電腦硬體檢修卡輔助測試裝置」的興趣。

貳、研究目的

本研究係關於一種檢修卡電路製作輔助測試裝置，特別關於一種乙級硬體檢修術科檢定考試，第一站試題檢修卡製作電路部分，提供一種簡易測試操作且快速得

知檢修卡製作電路是否滿足正確指定功能之目的。

本研究之次一目的係在於提供一種上述之檢修卡製作電路輔助測試，改進傳統檢修卡製作電路後，必須透過電腦連線並執行程式操作，始得知電路是否存在正確功能之重複操作及時間浪費。

本研究之另一目的係在於提供一種上述之檢修卡製作電路輔助測試，針對檢修卡製作電路過程存在施作失誤或電氣短路，能有效防止電路過載情形，以減低檢修卡製作電路與電腦連線進行動態測試，對電腦裝置產生破壞性。

本研究之又一目的係在於提供一種上述之檢修卡製作電路輔助測試，針對檢修卡製作電路須用 74LS273 及 74LS244 IC 提供元件檢測功能，提供了實用性、進步性兼具，且極具新穎性之乙級電腦硬體檢修卡輔助測試裝置。

參、研究設備及器材

本組專題製作所使用的耗材元件，以取材方便與經濟為考量，發展專題製作需用設備及器材如下表所列：

項次	名稱	單位	數量	備註	項次	名稱	單位	數量	備註
1	電源供給器	台	1	DC30V/3A	14	排線	條	1	DB_25P
2	雙軌跡示波器	台	1	20MHZ	15	電阻器	只	若干	0.25W
3	數位 IC	只	1	74LS273	16	電容器	只	若干	電解式
4	數位 IC	只	1	74LS147	17	電容器	只	若干	陶瓷式
5	數位 IC	只	1	74LS244	18	排阻	只	3	5P/9P
6	數位 IC	只	1	NE555	19	開關	只	4	按鈕式
7	數位 IC	只	1	CD4027	20	電池	組	2	DC9V
8	穩壓 IC	只	1	μ A7805	21	LED	只	8	紅色
9	單晶片	只	1	89C2051	22	LED	只	15	綠色
10	石英振盪器	只	1	12MHz	23	焊接板	片	2	SL2904
11	2P 端座	只	8	2.54mm	24	銅柱	支	若干	1.5cm
12	6P 端座	只	2	2.54mm	25	繼電器	只	1	5V/2ab
13	25P 端座	只	2	DB_25P	26	OK 線	卷	1	紅色線

肆、研究過程

本組成員依個人職責屬性並經研究討論後，進行工作分組，分組情形分述如下：

- 一、確立主題：由組員討論後經指導老師同意。
- 二、資料蒐集：老師指導同學閱讀相關文獻並蒐集與彙整有用資料。
- 三、作業分工：組員依個人職責進行作業分配，彼此合作發展專題進度。
- 四、軟硬體研究實驗：繪製控制電路進行實體電路配置、硬體電路動作驗證、撰

寫單晶片微電腦程式、整體作品功能整合。

- 五、書面及刊版製作：編輯書面資料並建立電子檔與刊版規畫與實體製作。
- 六、動態測試與更新：實施功能測試、探討問題並正確修正問題。
- 七、製作檢討：針對作品呈現與後續研究方向、重點，提出意見並紀錄。
- 八、成果發表：針對書面資料、製作歷程所探討的學習重點、製作技巧及問題與製作主題相關的發現，進行資料彙總，提出製作成果報告。

伍、研究方法

本研究係以數位實習與微電腦控制課程為輔助教材，透過課程單元實習瞭解常用數位 IC 的特性與基本知識，運用 BCD 編碼功能結合單晶片(AT89C2051)微電腦程式控制，經由印表機連線(DB_25P)與檢修卡正確連線，能清楚該檢修卡製作電路是否功能正常。本研究亦具備一 IC 測試電路，針對檢修卡製作電路需用兩只 IC(74273、74244)提供快速檢測的功能，進而增加一電流短路保護電路，提供+DC5V 電源輸出至檢修卡電路板，達到預防實體電路製作時，產生可能的人為疏失或電路短路情形發生。本研究為達到可供簡易、快速檢驗檢修卡製作之目的，係以新版檢修卡製作為基礎發展研究，重要內容分述如下：

一、系統控制概念

本研究系統電路流程如圖 1 所示，主要係透過一只 10 波段轉式 BCD 編碼器與微電腦程式控制監督輸入開關(T₁ 與 T₂)之狀態，以對應於當 T₁ 開關按入時，令 8 位元資料暫存器驅動 D₁ 至 D₈ 達成指定跑馬燈動作；另當 T₂ 開關按入時，程式依 BCD 碼值對應的資料表起始位址，逐一提取建立的狀態值令 7 位元資料暫存器，驅動 D₉ 至 D₁₅ 模擬籤選指定跑馬燈動作。

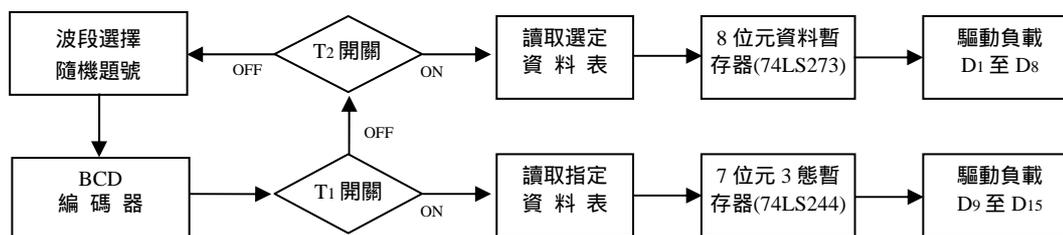


圖 1 系統控制流程圖

二、新版「檢修卡製作」電路

如圖 2 所示電路，係透過穩壓 IC(μA 7805)提供電源，並運用資料栓鎖器 IC(74LS273)驅動發光二極體 LED₁ 至 LED₈，與三態資料栓鎖器 IC(74LS244) 驅動發光二極體 LED₉ 至 LED₁₅，二只栓鎖器均有 8 支輸入資料腳位，採依序並接後與印表機連接端座(DB_25P)之位址/資料排線(AD₀ 至 AD₇)相接，另由 DB_25P 第 16

腳位所提供的 INIT 信號作為 74LS273 IC 正緣時鐘脈衝，與 DB_25P 第 17 腳位所提供的 A1 信號作為 74LS244 IC 負緣輸出致能(/OE) 控制。

新版檢修卡製作電路必須以 VB 或 C 撰寫程式執行控制，電路所呈現的控制效果與舊版檢修卡製作電路相似，唯新版檢修卡製作電路必須經由 μA 7805 IC 供給，而舊版檢修卡製作電路電源則直接由介面保護裝置產生。

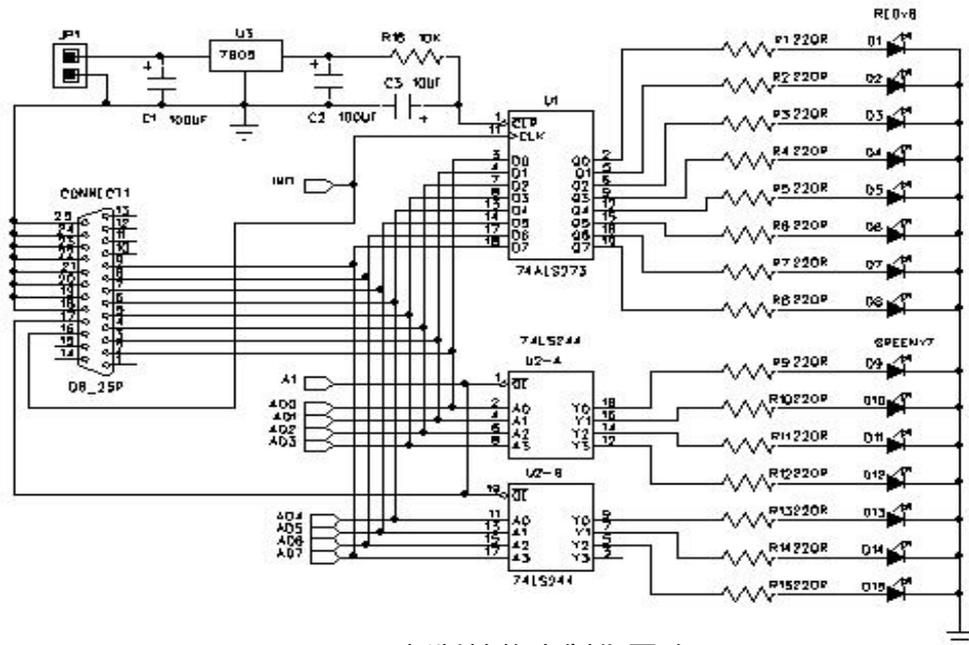


圖 2 新版檢修卡製作電路

三、新版「檢修卡製作」測試電路

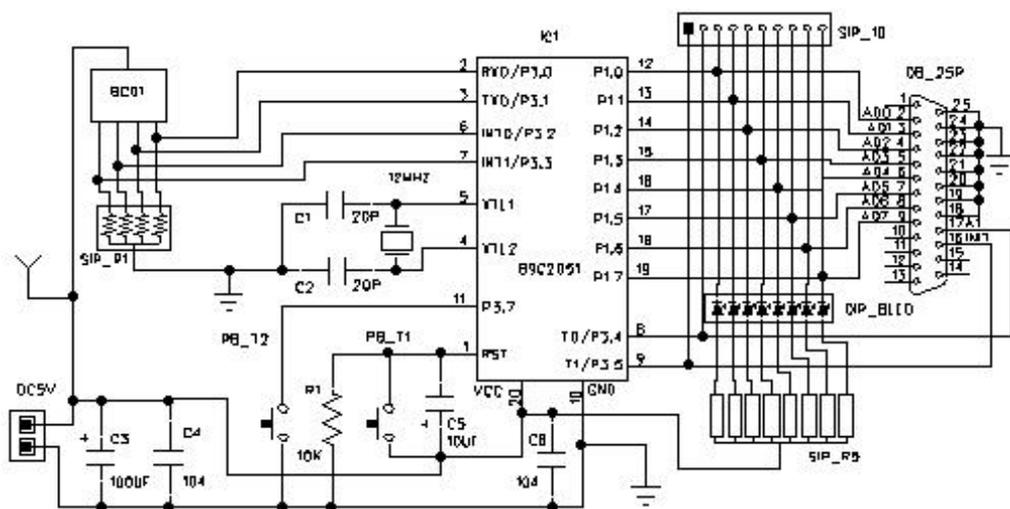


圖 3 新版檢修卡製作測試電路

本研究係以 AT_89C2051 單晶片微電腦為電路核心，執行程式控制結果經印表機連接端座 (DB_25P) 腳位輸出，透過排線與檢修卡連接以進行動態功能檢測，檢

測電路圖如圖 3 所示；運用一只 10 波段轉式 BCD 編碼器，由 Y₀ 至 Y₃ 腳位分別與微電腦 P_{3.0} 至 P_{3.3} 腳位連接，提供執行微電腦程式指令參照的基準。

如圖 3 電路所示，因單晶片微電腦受腳位數所限，分別以重置 Reset 腳位透過開關(PB_T1)作為「指定功能」之確認，與 P_{3.7} 腳位所連接的開關(PB_T2)作為「選定功能」之確認。當 PB_T1 按下導通使系統重置時，程式將令 DIP_8LED 達成由左至右指定跑馬燈之功能；當 PB_T2 按下導通時，微電腦將依 BCD 碼作為程式資料段參考位址，正確對應已建立的 10 種跑馬燈狀態值之路徑，依據狀態值長度逐筆讀取以驅動 DIP_8LED，令 DIP_8LED 達成 10 種選定之跑馬燈動作，符合模擬檢定試場共 10 題次供考生抽選指定之功能。

四、數位 IC 測試及過載保護電路

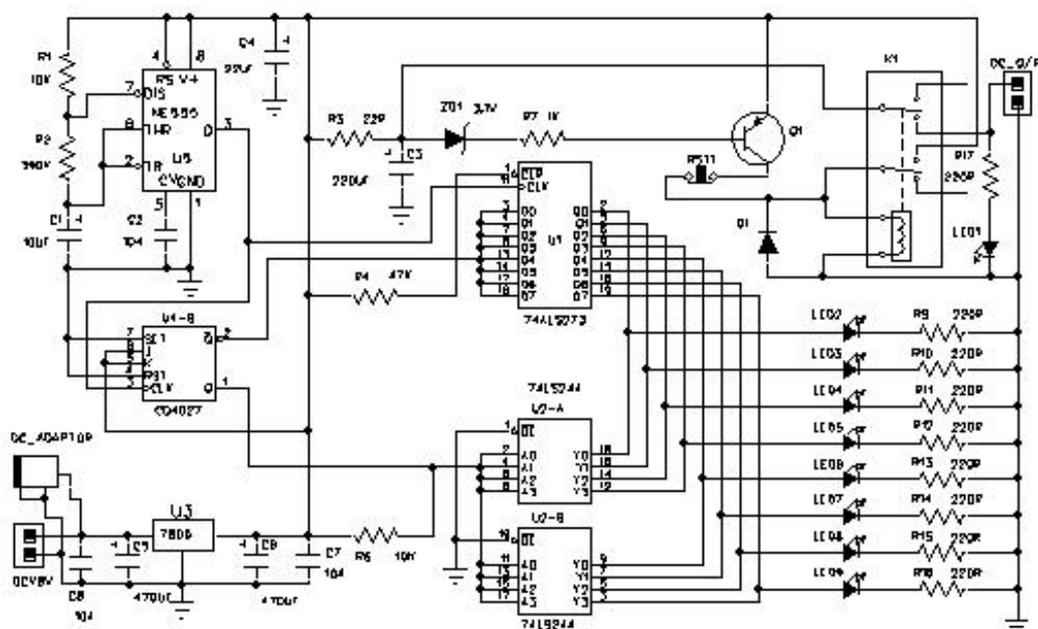


圖 4 IC 測試電路

數位 IC 測試及過載保護電路如圖 4 所示，係為方便學習者於實體檢修卡完成製作時，能確認所使用的 74273 及 74244 兩只 IC 之功能是否正常，所構想設計的簡易測試裝置。電路主要透過 NE555 IC 產生一脈波作為 74273 IC 時鐘信號，並經過 JK 正反器(4027) IC 執行除頻功能。當 74273 IC 或 74244 IC 分別妥置於指定的腳座後，經由指示燈(LED₂ 至 LED₉)顯示出一致性閃爍之動態效果，表示該只 IC 認定正常功能。反之，若顯示出非一致性閃爍狀態，表示該只 IC 認定非正常功能。本電路另經一限流電阻、電晶體與繼電器構成供給負載(檢修卡)電路之工作電源，免於因製作檢修卡時不慎存在電路短路情形，使能自動切斷輸出電流形成保護電路之功能，並以手動開關(RST₁)執行電路重置功能。

五、程式流程圖

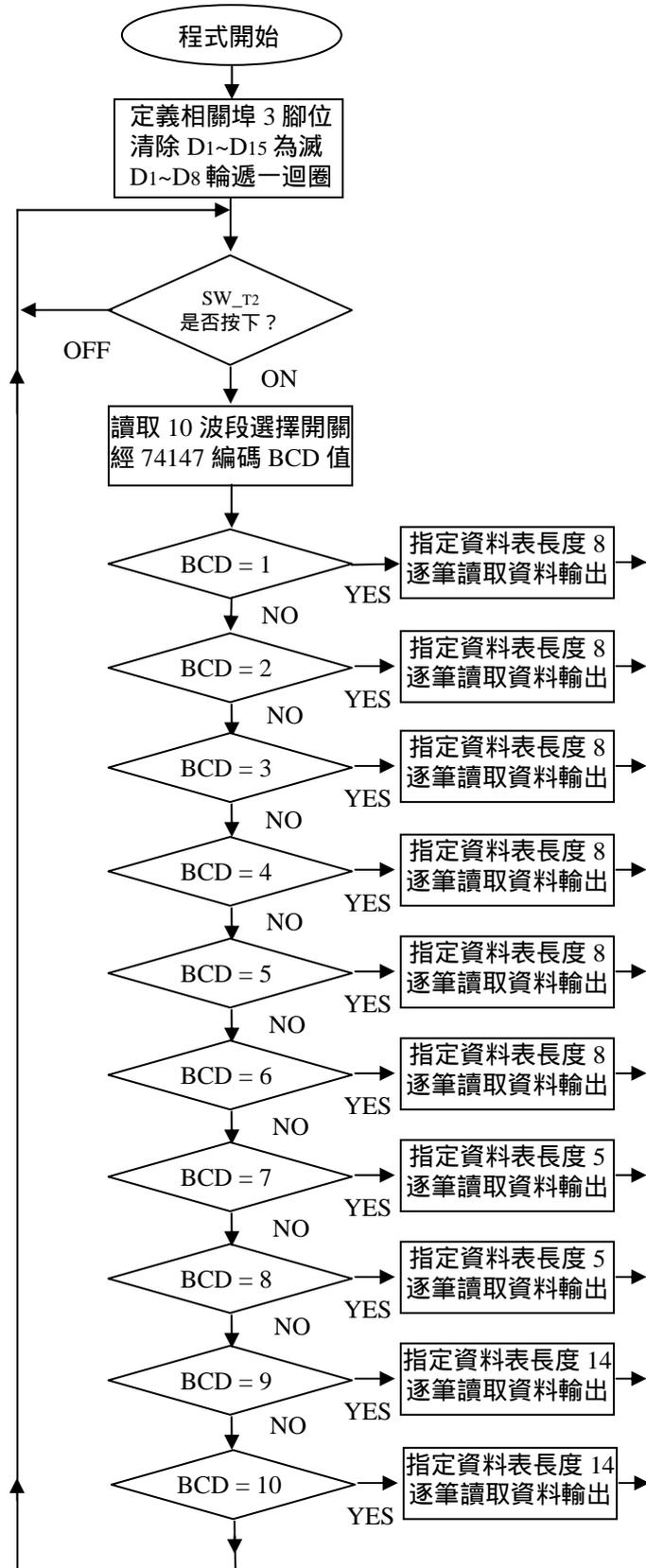


圖 5 程式流程圖

六、程式說明

```

;----- SOURCE.ASM -----
S_A1    REG    P3.4      ;負緣致能輸出(74244_/OE)
INIT    REG    P3.5      ;正緣觸發(74273_CLK)
SW_T2   REG    P3.7      ;個別籤選功能確認
ST      EQU    5FH       ;堆_疊暫存器起始位址(60H)

;-----
                ORG    00H
                AJMP   MAIN

;-----
                ORG    20H
MAIN        MOV    R1,#FFH      ;預置檢修卡 LED(D1 至 D8)OFF
            SETB   S_A1        ;令 74244_/OE 除能
            CLR    A
            ACALL  DOUT_T1

;----- LED(D1 至 D8)輪遞一迴 -----
            SETB   C            ;設定進位旗號位元為 "1"
            MOV    R2,#08      ;輪遞一迴(8SETEP)計數器
            MOV    R1,#00
NEXT0      MOV    A,R1
            RLCA                ;累加器(ACC)左旋 1 位元
            MOV    R1,A        ;累加器(ACC)內容移入 R1
            ACALL  DOUT_T1     ;輸出 LED(D1 至 D8)狀態
            ACALL  DEL1SEC     ;延時 1SEC(STEP)
            JNC    NEXT0       ;待左旋 8 位元(位元/次)
            AJMP   CHK_SW

;-----
DOUT_T1    CLR    INIT
            MOV    P1,A
            SETB   INIT        ;產出 74HC273_CLK 信號
            CLR    INIT
            RET

;----- 偵測 T2 開關狀態 -----
CHK_SW    SETB   SW_T2
            JNB    SW_T2,SW_SEL ;當 SW_T2 按下程式跳至 LP_T2
            AJMP   CHK_SW

```

```

;----- 延時副程式 -----
DEL1SEC  MOV   R7,#5
L1       MOV   R6,#200
L2       MOV   R5,#250
          DJNZ  R5,$
          DJNZ  R6,L2
          DJNZ  R7,L1
          RET

;----- 偵測輸入選擇開關 -----
SW_SEL   MOV   A,P3           ;P3.3 至 P3.0 與編碼器輸出相連
          CPL   A             ;取補數(因 74147 為低態輸出)
          ANL  A,#0FH        ;僅保留 P3.3 至 P3.0 腳位狀態值
          MOV  R3,A
          XRL  A,#00H
          JZ   LP_T201       ;當選擇第 1 題程式跳至 LP_T201
          MOV  A,R3
          XRL  A,#01H
          JZ   LP_T202       ;當選擇第 2 題程式跳至 LP_T202
          MOV  A,R3
          XRL  A,#02H
          JZ   LP_T203       ;當選擇第 3 題程式跳至 LP_T203
          MOV  A,R3
          XRL  A,#03H
          JZ   LP_T204       ;當選擇第 4 題程式跳至 LP_T204
          MOV  A,R3
          XRL  A,#04H
          JZ   LP_T205       ;當選擇第 5 題程式跳至 LP_T205
          MOV  A,R3
          XRL  A,#05H
          JZ   LP_T206       ;當選擇第 6 題程式跳至 LP_T206
          MOV  A,R3
          XRL  A,#06H
          JZ   LP_T207       ;當選擇第 7 題程式跳至 LP_T207
          MOV  A,R3
          XRL  A,#07H
          JZ   LP_T208       ;當選擇第 8 題程式跳至 LP_T208
          MOV  A,R3
          XRL  A,#08H

```

```

JZ      LP_T209      ;當選擇第 9 題程式跳至 LP_T209
MOV     A,R3
XRL    A,#09H
JZ      LP_T210      ;當選擇第 10 題程式跳至 LP_T210
AJMP   CHK_SW

;----- 排序個別籤選功能輸出 -----
LP_T201  MOV     R4,#8      ;第 1 題跑馬燈資料長度
        MOV     DPTR,#DTA_201
        ACALL  DAT_R
        AJMP   CHK_SW

LP_T202  MOV     R4,#8      ;第 2 題跑馬燈資料長度
        MOV     DPTR,#DTA_202
        ACALL  DAT_R
        AJMP   CHK_SW

LP_T203  MOV     R4,#8      ;第 3 題跑馬燈資料長度
        MOV     DPTR,#DTA_203
        ACALL  DAT_R
        AJMP   CHK_SW

LP_T204  MOV     R4,#8      ;第 4 題跑馬燈資料長度
        MOV     DPTR,#DTA_204
        ACALL  DAT_R
        AJMP   CHK_SW

LP_T205  MOV     R4,#8      ;第 5 題跑馬燈資料長度
        MOV     DPTR,#DTA_205
        ACALL  DAT_R
        AJMP   CHK_SW

LP_T206  MOV     R4,#8      ;第 6 題跑馬燈資料長度
        MOV     DPTR,#DTA_206
        ACALL  DAT_R
        AJMP   CHK_SW

LP_T207  MOV     R4,#5      ;第 7 題跑馬燈資料長度
        MOV     DPTR,#DTA_207
        ACALL  DAT_R
        AJMP   CHK_SW

```

乙級電腦硬體檢修卡輔助測試裝置

```

LP_T208  MOV   R4,#5           ;第 8 題跑馬燈資料長度
          MOV   DPTR,#DTA_208
          ACALL DAT_R
          AJMP  CHK_SW

LP_T209  MOV   R4,#14        ;第 9 題跑馬燈資料長度
          MOV   DPTR,#DTA_209
          ACALL DAT_R
          AJMP  CHK_SW

LP_T210  MOV   R4,#14        ;第 10 題跑馬燈資料長度
          MOV   DPTR,#DTA_210
          ACALL DAT_R
          AJMP  CHK_SW

;----- 輸出跑馬燈資料 -----
DAT_R    MOV   R0,#00H
LP_R     SETB  S_A1          ;令 74244 腳位(/OE)除能
          MOV   A,R0
          MOVC A,@A+DPTR
          MOV  P1,A
          INC  R0
          CLR  S_A1          ;令 74244 腳位(/OE)致能
          ACALL DEL1SEC
          DJNZ R4,LP_R
          RET

;----- 個別抽題資料表 -----
DTA_201  DB  00000001B      ;第 1 題跑馬燈資料表
          DB  00000010B
          DB  00000100B
          DB  00001000B
          DB  00010000B
          DB  00100000B
          DB  01000000B
          DB  00000000B
DTA_202  DB  01000000B      ;第 2 題跑馬燈資料表
          DB  00100000B
          DB  00010000B
          DB  00001000B

```

	DB 00000100B	
	DB 00000010B	
	DB 00000001B	
	DB 00000000B	
DTA_203	DB 00000011B	;第 3 題跑馬燈資料表
	DB 00000110B	
	DB 00001100B	
	DB 00011000B	
	DB 00110000B	
	DB 01100000B	
	DB 01000000B	
	DB 00000000B	
DTA_204	DB 01100000B	;第 4 題跑馬燈資料表
	DB 00110000B	
	DB 00011000B	
	DB 00001100B	
	DB 00000110B	
	DB 00000011B	
	DB 00000001B	
	DB 00000000B	
DTA_205	DB 00000001B	;第 5 題跑馬燈資料表
	DB 00000011B	
	DB 00000111B	
	DB 00001111B	
	DB 00011111B	
	DB 00111111B	
	DB 01111111B	
	DB 00000000B	
DTA_206	DB 01000000B	;第 6 題跑馬燈資料表
	DB 01100000B	
	DB 01110000B	
	DB 01111000B	
	DB 01111100B	
	DB 01111110B	
	DB 01111111B	
	DB 00000000B	
DTA_207	DB 00001000B	;第 7 題跑馬燈資料表
	DB 00010100B	

```
DB 00100010B
DB 01000001B
DB 00000000B
DTA_208 DB 01000001B ;第 8 題跑馬燈資料表
DB 00100010B
DB 00010100B
DB 00001000B
DB 00000000B
DTA_209 DB 00000001B ;第 9 題跑馬燈資料表
DB 00000010B
DB 00000100B
DB 00001000B
DB 00010000B
DB 00100000B
DB 01000000B
DB 00100000B
DB 00010000B
DB 00001000B
DB 00000100B
DB 00000010B
DB 00000001B
DB 00000000B
DTA_210 DB 01000000B ;第 10 題跑馬燈資料表
DB 00100000B
DB 00010000B
DB 00001000B
DB 00000100B
DB 00000010B
DB 00000001B
DB 00000010B
DB 00000100B
DB 00001000B
DB 00010000B
DB 00100000B
DB 00000000B
DB 00000000B
END
```

七、實體電路配置

本專題相關實體電路，除參照指定版本檢修卡製作電路外，主要還是以檢測該電路製作所構想設計之專題電路為主，書面電路係以專業軟體 PADS4.0 版繪製電子電路圖，再經屬性轉換完成零件繞線圖，提供實體電路板(PCB)製作與焊接零件的依據，完整的實體零件配置，分別有檢修卡製作實體電路與完整檢修卡測試實體電路，分別如圖 6 及圖 7 所示。

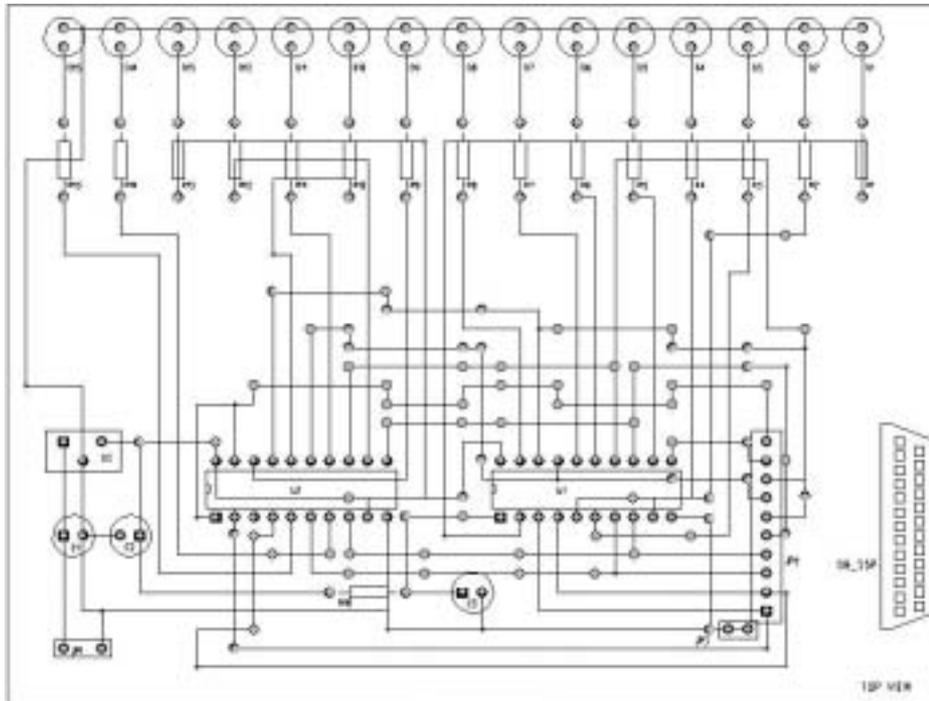


圖 6 新版檢修卡製作電路實體圖

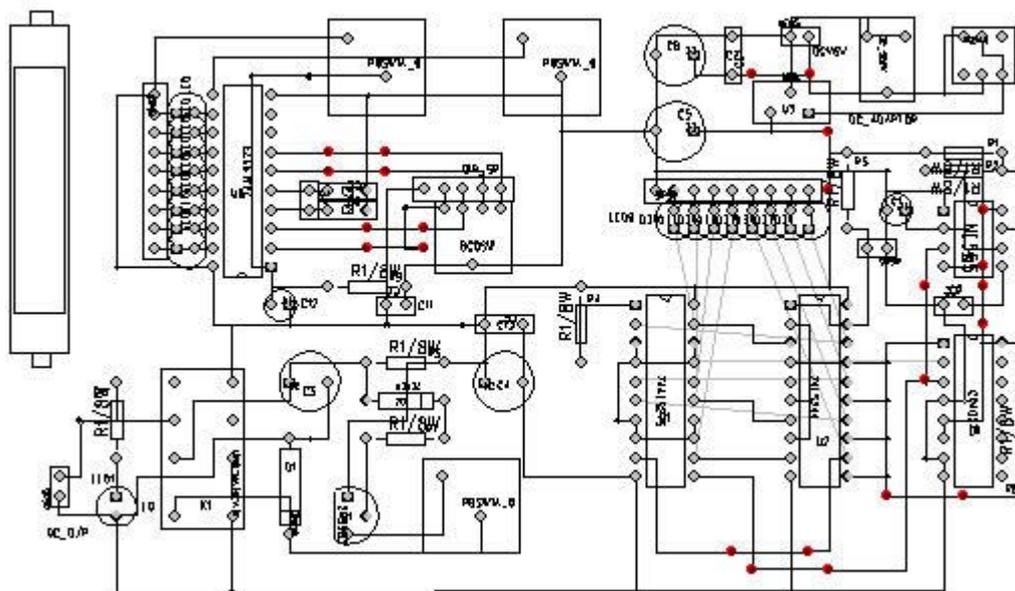


圖 7 完整檢修卡製作電路測試實體圖

陸、研究成果

專題製作的發展過程，存在需要理論與實務操作的配合，因而建立學以致用的務實進取態度，針對發掘問題以尋求正確解決的方法，本組作品「乙級電腦硬體檢修卡輔助測試裝置」，經實際連線測試他組同學所完成的修卡製作電路，進行重復測試模擬考場指定籤選題目後，均能快速而有效獲知檢修卡製作電路是否滿足指定動作功能。

本組作品透過 DB_25P 端座進行與檢修卡連線測試，於按下測試器 T₁ 開關後，測試器將會產生指定動作時序，令檢修卡電路板 LED₁ 至 LED₈ 呈現由左至右跑馬燈動作；當按下測試器 T₂ 開關後，將會依波段開關接點(0" 至 9")位置，經編碼器 IC 獲得 BCD 碼，測試器將會提取內部程式對應位址，將所建立的資料表狀態予以逐一輸出，令檢修卡電路板 LED₉ 至 LED₁₅ 呈現指定籤選的跑馬燈動作。

本組作品經由簡易動態測試過程，存在以下研究發現：

- 一、按下測試器 T₁ 開關，可清楚瞭解檢修卡製作電路中，關於 LED₁ 至 LED₈ 具體電路迴路或極性是否正常？與按下測試器 T₂ 開關，可清楚瞭解「檢修卡製作電路」LED₉ 至 LED₁₅ 具體電路迴路或極性是否正常？顯見本組作品具有創新性。
- 二、因新版「檢修卡製作電路」最終須透過電腦執行 Visual Basic 或 C 語言所撰寫的程式，始能檢驗實體「檢修卡製作」是否功能正常的的不方便性，提供了簡易、快速測試的便利，對提增檢修卡製作課程學習與訓練很有幫助，使本組作品具有操作方便性。
- 三、具備檢測檢修卡製作電路須用 74LS273 與 74LS244 IC 之功能，只要將以上兩只 IC 分別置於測試座上，透過 LED 指示可立即確認該只 IC 功能是否正常，進而縮減實體電路製作的故障排除時間的實用效果。
- 四、具備電路過載保護功能，由於檢修卡製作電路須用+DC5V 電源，係由本作品電路所供給，當完成施作檢修卡製作電路後，若存在人為疏失或電氣短路時，經由過載保護電路達到自動切斷+DC5V 電源輸出的效果。
- 五、本組作品電路簡易且材料取得容易、製作成本低，提供了實用性、進步性兼具，且極具新穎性之乙級電腦硬體檢修卡輔助測試裝置。

柒、檢討

本組專題製作歷經四個月的發展過程，除認識舊版乙級硬體檢修卡電路製作相關知識，進而學習新版乙級硬體檢修卡電路工作原理，並完成實體電路佈線焊接電路，經電腦執行 Visual Basic 程式以測試實體檢修卡製作成果如何？仍然存在須透過電腦印表機介面及連線過程，產生諸多不便，如何能簡化此一存在的問題，一直是發展專題製作的迷思與難題，過程中必須用心學習並接受老師指導，才能結合實習課程單元學習與先備基礎專業知識，熟悉實務操作技巧與重要製作觀念，使於歷程中不斷創新發現，並累增數位 IC 應用、電路焊接技術、撰寫程式技巧與學習實務操作經驗，有助於奠基正確解決問題的觀念與能力。如何有效縮減專題作品的實際空間達到更精緻，如何在製作的成本考量趨於精簡，將是後續研究

與探討的重點。

捌、結論

本組成員在老師指導之下完成專題研究，製作出「乙級電腦硬體檢修卡輔助測試裝置」，經實際進行作品連線測試結果，均能確實達成專題研究目的，對學習者提供簡易、有效、快速檢測指定數位 IC 與「檢修卡製作電路」是否符合正確動作要求，有效縮減作品電路分割理解與排除故障時間，增進訓練檢修卡製作電路學習成果，對後續參與乙級硬體檢定考試幫助很大。

本組作品於分區競賽期間，承蒙評審專家予以肯定獲選優勝，並給予諸多具體改善措施，使於原作品為基礎之上，進一步擴展出 IC 測試、電源短路保護兩項功能，並加強整體作品包裝。經過與指導老師研究之後，最終實踐了評審所給予改進重點，使作品更符合實用與解決問題的價值，因此對參予指導的專家老師表達致謝。

玖、參考資料

- | | | |
|------------------------|--------|-----------|
| 一、電子電路應用與專題製作 | 林明德 著作 | 台科大圖書公司出版 |
| 二、電子電路實習 | 卓中興 編著 | 文京圖書公司出版 |
| 三、單晶 51 微電腦實用 PCB 電路設計 | 陳茂林 編著 | 第三波圖書公司出版 |
| 四、8051 專題製作 | 鐘富昭 編著 | 全華圖書公司出版 |
| 五、PowerPCB 使用手冊 | 民智科技編譯 | 民智科技有限公司 |

【評語】

091003 乙級電腦硬體檢修卡輔助測試裝置

1. 有創新思惟，且能付諸實現。
2. 作品逐步改良，目前已不須 PC 即可使用，且有短路保護功能。
3. 結構設計佳，已具實際應用價值，惟可朝小型化及模組化方向設計。
4. 正確性與可靠性宜有更嚴謹的方式加以驗證。