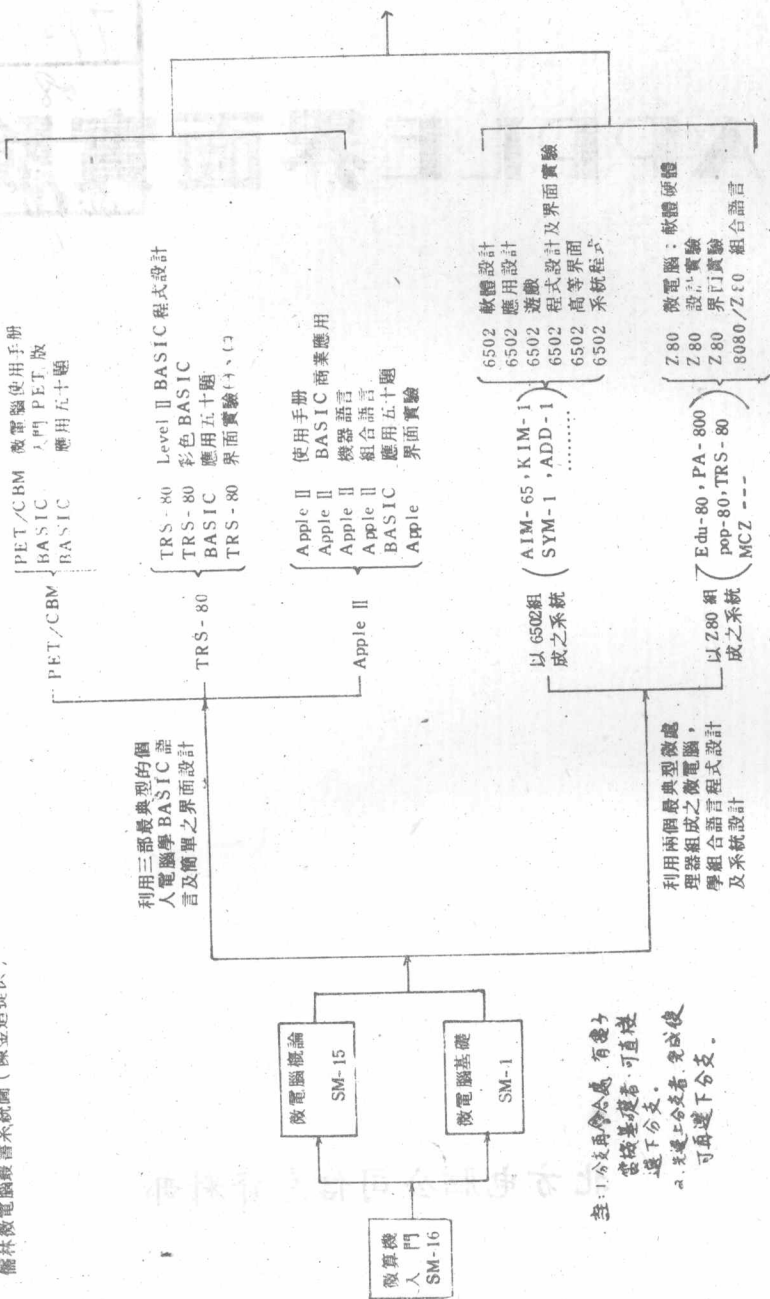


APPLE II

接口实验





註：1. 分支再令感，有電子
當機基礎者，可直接
遞下分支。
2. 另遞上分支者，免試使
可再遞下分支。

序

Apple 就像一股旋風，席捲了美國，吹遍了世界。轉眼，“Apple II”一詞已變成世界各地，無論婦孺老幼均耳熟能詳的“字彙”了。微電腦的“威力”，實在無與倫比！

微電腦的最後學習階段應是界面——了解各種輸入/輸出設備如何接至計算機，與計算機達成溝通。這本書將微電腦界面的學習又向前提前了一步，其配合 BASIC 語言，介紹微電腦一般最基本之界面原理，包括輸入/輸出口之構成、應用，旗號電路之構成、應用，設備位址解碼，以及輸入輸出指令之用法等。並透過實驗，讓您親眼見證這些原理，使讀者能真正了解微電腦界面的意義，進而自行設計一些簡單的界面電路。全書所談內容均相當淺顯實際，只要對 BASIC 語言及 SN7400 系列電子元件略有認識者，均可了解消化並使用這本書。讀完這本書，您會對微電腦界面有一基本且清楚的認識，因此，其不愧是一本非常理想的界面入門書，亦是使用 Apple 計算機者所不可或缺的良伴。

這本書以 Titus, Larsen, 以及 Titus 三人合著的“Apple Interfacing”為藍本，加上第八章及附錄 F 編譯而成。第八章所談均為微電腦界面上經常碰到的實際問題，附錄 F 則有關 Apple 計算機系統之擴充。這些材料分別取材自“TRS-80 Interfacing, Vol. 2”以及有關雜誌。但願它對您有

所助益。只要有新的資料，本書將隨時搜獵併入。亦盼讀者專家先進，不吝指正。

編譯者

陳 金 追 謹誌

1982. 7. 1 於台北

前 言

這本書的目的是在向您介紹Apple II(註1)計算機內的信號，以及告訴您如何在BASIC語言程式的控制下，以這些信號去控制外部設備。爲了加速您電路設計與測試的速度，使您能輕易完成本書所含之各種有趣實驗，我們特地設計了一個一般用途的計算機界面麵包板。透過這個設計系統的使用，您即可專注於相關原理的了解，而不必將時間浪費於檢修電路上。不過，您會有機會製作與測試許多數位電路，以及使用類比至數位與數位至類比轉換器的電路。

本書選用了具有16K可讀寫記憶器的Apple II計算機以及Applesoft(註2)BASIC解釋程式作例子。這套軟體程式具有相當大的彈性，當您在使用外部界面電路時，您最好擁有它。Applesoft BASIC解釋程式具有兩個一般用途，可用以傳遞出入計算機之資訊的指令。這兩個指令很容易了解，讀者不必事先詳細了解有關6502微處理器——Apple的“心臟”——的種種。

註1：Apple與Apple II均爲Apple計算機公司的註冊商標。

註2：Applesoft爲Apple計算機公司的註冊商標。

APPLE 界面實驗

書中首先介紹 Apple 計算機上可用於界面的控制信號，以及說明這些信號如何使用。有些信號由於並不用於平常之界面電路，而僅用於特殊的界面電路，因此，我們並不介紹

其次，這本書將告訴您 Apple 如何使用兩個一般用途的指令——PEEK 與 POKE——識別或選取外部設備。這兩個指令主要用於控制外部設備；書中除了介紹這兩個命令的動作情形外，更介紹了可用以選取特定輸入 / 輸出設備之各種電路的用法。您亦可看到 Apple 如何經由雙向的資料巴士，將資訊送入與送出外部設備；用作輸入口與輸出口的基本電路在文中有非常詳細的討論。書中亦提供實際的電路，使您能迅速使用這許多例子，設計您自己的界面設備。

您亦可看出 BASIC 語言程式的功力——當資料在計算機內部處理，產生有用的結果時。書中以一些簡單的控制程式，告訴您 BASIC 語言程式與輸入 / 輸出設備如何發生關係。讀完之後，您將能自行設計簡單的控制與資料處理程式，控制您的輸入 / 輸出口與設備。

由於計算機並不一定永遠與外部設備保持同步，因此，計算機與每個輸入 / 輸出設備之間必須有某種交互作用，以使彼此知道對方是否已可以開始某種作業。這就引發了旗號的問題——計算機與外部輸入 / 輸出設備之間即以這種信號使資訊能井然有序地傳輸。由於旗號很重要，因此，我們花了相當時間討論這些旗號以及實際用於外部設備內的相對電路。由於旗號一定要控制程式的察覺才有用，因此，書中同時亦討論了軟體。

本書假設讀者對 Applesoft BASIC 之指令已有相當的

了解。萬一您正起步開始在學 Apple，那作者希望您還是先花一點時間，將 FOR, GOTO, IF……THEN, PRINT 與 INPUT 等幾個指令弄熟之後，再來看這本書。除了這些述句外，其它述句在本書之課文以及實驗內亦均有詳細的討論。等到唸完這本書，所有這些述句的應用對您而言應是易如反掌的事了。

第 6 章特別提供了 16 個逐步細步說明的實驗，讓您印證在本書前面幾章所學到的一些界面原理。做完這些實驗後，相信您對這些原理會有更深入一層的理解。您同時亦可了解到 BASIC 語言程式在作界面控制，以及在實際處理傳入與傳出輸入 / 輸出設備之資訊上的威力。作者已盡力收獵各種有趣的應用實例。透過實驗，您可明白適用於所有界面電路的基本原理，由最簡單的，到最難的都有。

作者深切體會，欲寫一本對由初學者以至非常有經驗之老手等每一個人均很適合的書實在很難。因此，我們選擇由比初學稍更難一點之處開始談起。因而，本書就忽略了諸如二進數目系統，十進對二進轉換，基本數位電子學，以及麵包板等主題。這些主意在其它許多書上都輕易可以找得到。萬一您還不太熟，那請您隨便選一本有關的書看一看。不過，在適當的地方，我們會特別加上一兩段複習材料，先讓您具備一點基礎之後，再進一步作討論。

本書亦假設讀者對諸如 SN7402 四倍 NOR 閘與 SN7475 四倍鎖住器等之 SN7400 系列的數位積體電路亦熟悉。至於其它的積體電路，本書則都會或多或少先作點介紹，以讓您有辦法在課文或實驗中使用。若您想再將這些電路用於其它

APPLE 界面實驗

應用，那作者希望您能進一步參考這些電路之製造商所提供的資料手冊。這些資料手冊上會有詳細的資料；告訴您電路的各種用法，以及電路的各種變化與特色。

Apple II 計算機在其外殼上有八個一般用途的 50 號界面接點。實驗中所使用之基本巴士信號均得自這些接點上的信號，因此，若您決定自行設計與製作一些自己的界面電路，將來插入這些其中之一“凹槽”，那您會發現，這些信號在這些邊緣接點上都已經有了。不過，Apple 亦產生一些能簡易界面工作的特殊信號。這些信號與其用法在第 7 章均有詳細介紹。由於這些信號並非是一般性的，其僅為 Apple 所特有，而且經常是某一特定接點所特有，因此，其留在最後才介紹。爲了告訴您這些信號如何使用，書中介紹了一個簡單的非同步串行通信界面電路，並列出控制這個電路的軟體。這種界面可用以與其它計算機，串行印字機，模變器 (modem)，與其它使用非同步串行資料格式的界面元件溝通。

本書並未介紹組合語言程式設計，因爲，這算是一個特殊的主題，而且需要較深的基礎。不過，我們却寫了一個很簡單的組合語言副程式，讓您在許多個實驗中使用。寫這個副程式的原因是，其功能無法以 Applesoft 達成。這個運算就是八位元位元組的邏輯 AND 運算。在 Applesoft 裡，邏輯 AND 運算就是一個結果爲真或假的運算，其無法簡單地做位元的 AND 運算。這個組合語言副程式同時亦告訴您 BASIC 語言程式如何存取諸如此類的副程式。我們選擇使用較複雜的 U SR (X) 命令，而不採用 CAL L 命令，主要是因

爲這樣讀者可以學得更多。

我們發現 Apple 亦有些限制。舉個例子而言，其即無“四捨五入”指令，可將一個數目四捨五入至某一特定位數。譬如，將 4.1986 四捨五入成 4.20。同時，Apple 亦無位元對位元的 AND 指令，致使這種運算必須藉用一組合語言副程式達成。此外，我們亦發現，測試個別位元的 WAIT 指令，若條件無法滿足，指令將使計算機“吊死”。除非您按 Reset 鍵，否則，計算機將一直繼續等到所述條件滿足爲止。雖然 Apple 計算機可做彩色優雅的圖形顯示，但這本書我們一直使用黑白的電視顯示幕。

這本書的目的主要是讓您有個開始，而不是想詳述 Apple 計算機的所有界面，因此，絕大多數特殊用途之晶片，如類比轉換器，都是選擇最簡單、便宜、而且容易買得到的。這並非指唯有這些產品是擇。當您的經驗逐漸累增之際，您會發現，其它的特殊用途元件仍可達成相同的功能，只不過特色增加，解法更多，或電源不同罷了！

若您對一些較深的主題有興趣，我們建議您讀讀下面幾本書：

6502 軟體設計

6502 程式設計及界面實驗

微電腦類比轉換器：軟體硬體界面。

以上三本書，台北儒林圖書公司均出有中譯本。

作者同時建議您參考一下

TRS-80 界面實驗，第二冊

一書。這本書的抬頭寫的雖然是 TRS-80，但其所談到有

APPLE 界面實驗

關高電壓 / 高電流推動，串行溝通，遙端控制、類比轉換器、濾波器、資料處理，以及一些其它有關的主題等，都是相當一般性而且適用於任何其它機器的。這些主題都是平常您在作微處理器界面時所最容易碰到的問題。很快您會發現，TRS-80 計算機事實上與 Apple 計算機小異而大同，而且，兩部計算機的控制信號與 BASIC 指令幾乎完全一樣。

除非特別聲明，否則，本書所例舉之 IC 接腳圖，均以德州儀器 (TI) 公司所提供之資料為準。此外，Apple 與 Applesoft 乃美國 Apple 計算機公司之註冊商標，TRS-80 乃美國 Radio Shack 公司之註冊商標。

我們希望您能喜歡這本書，從中獲益。亦希望它是您一個好的開始，引導您設計與製作自己的界面電路。

目 錄

序

前言

第 1 章 6502微處理器

1-1 記憶體	1-2
1-2 輸入 / 輸出設備	1-8
1-3 軟體輸入 / 輸出控制指令	1-11
1-3-1 輸入 / 輸出指令	1-11
1-3-2 通用的輸入 / 輸出指令	1-13
1-3-3 記憶分佈圖	1-16
1-3-4 軟體指令與界面電路	1-19
1-3-5 軟體命令——資料傳遞與控制	1-22
1-3-6 組合語言與 BASIC	1-24
1-3-7 二進與十進數目系統	1-26

第 2 章 Apple 界面

2-1 輸入 / 輸出設備之位址解碼	2-2
2-2 設備選取	2-2
2-2-1 以邏輯閘作位址解碼	2-3
2-2-2 以解碼器作位址解碼	2-11

2-2-3 大型解碼器	2-17
2-2-4 使用比較器	2-22

第3章 輸入/輸出界面

3-1 輸出口	3-1
3-2 輸入口	3-9

第4章 旗號與決策

4-1 輸入/輸出設備的同步	4-1
4-2 邏輯運算與旗號	4-3
4-3 測知旗號的軟體	4-4
4-4 組合語言邏輯運算	4-6
4-5 複雜旗號	4-9
4-6 旗號電路	4-12
4-7 多個旗號	4-14
4-8 插斷	4-15
4-9 結語	4-16

第5章 Apple之麵包板

5-1 基本麵包板	5-1
5-2 接到Apple上	5-18
5-3 其他考慮事項	5-22

第6章 Apple界面實驗

6-1 實驗簡介	6-1
----------	-----

6-2	實驗	.....
實驗 1	邏輯探測器之應用	.....	6-5
實驗 2	設備位址解碼器之應用	.....	6-9
實驗 3	使用設備選取脈衝	.....	6-17
實驗 4	構成輸入口	.....	6-23
實驗 5	多位元組輸入口	.....	6-28
實驗 6	輸入口應用	.....	6-33
實驗 7	輸入口應用 (之二)	.....	6-39
實驗 8	構成輸出口	.....	6-48
實驗 9	輸出口與輸入口交相作用	.....	6-55
實驗 10	資料取入與顯示	.....	6-60
實驗 11	簡易數位至類比轉換器	.....	6-67
實驗 12	輸出口, BCD, 與二進碼	.....	6-75
實驗 13	輸出口紅綠燈控制器	.....	6-82
實驗 14	邏輯元件測試器	.....	6-93
實驗 15	簡易旗號電路	.....	6-103
實驗 16	簡易類比至數位轉換器	.....	6-112

第7章 再談巴士

7-1	界面控制信號	.....	7-2
7-2	界面例題	.....	7-18

第8章 馬達、燈炮、電鈴與汽笛

8-1	集極開路式電路	.....	8-2
8-2	集極開路式解碼器	.....	8-9

8-3	週邊推動器與電晶體陣列	8-18
8-4	可選取之推動器	8-33
8-5	控制交流線負載	8-40
8-6	繼電器保護	8-51
8-7	一些固態繼電器製造商	8-54
附錄 A	邏輯功能	附-1
附錄 B	實驗所需零件	附-5
附錄 C	6502微處理器技術資料	附-7
附錄 D	Apple界面麵包板零件	附-24
附錄 E	印刷電路板圖樣	附-27
附錄 F	在您的 Apple II 上加上 PIA	附-32

6502 微處理器

美國 Apple 計算機公司所生產的 Apple II (Apple) 計算機系統，乃以 6502 微處理器組成的。這個微處理器晶片構成了這部計算機之中央處理單元 (CPU) 的心臟，一切算術、邏輯、決策、與其它運算均發生於此。6502 微處理器乃是 MOS Technology (MOS 技術)、Rockwell International (洛克威爾國際)、以及 Synertek (辛勒特克) 等幾家公司所製造。

6502 是一部八位元的處理器。因此，所有數學、邏輯、資料傳輸、輸入與輸出等運算均一次八位元地進行。當然，每一位元均可為邏輯 0 或邏輯 1。6502 使用八位元的資料巴士 (data bus)，傳遞來回於其本身與各記憶位置以及諸如鍵盤、印字機等輸入 / 輸出設備間的資訊。若欲傳遞之資訊超過八位元，則資訊就必須先分成許多八位元的片段 (或稱字組)，然後每次八位元地傳輸。每一八位元的字組通常稱為一個位元組 (byte)。

您應該知道八位元所能表示的最大數值為 11111111_2 或 255_{10} 。因此，當計算機系統所欲運算的數目超過此一數

APPLE 界面實驗

值時，我們就必須做多位元組的運算。多位元組運算的意義就是，將欲運算的資料以八位元為單位分段，然後首先運算最低次的位元組，完後再較高一次的位元組，再更高一次的位元組，如此類推，直至整個資料字組均運算完成為止。依此，八位元的計算機即能處理 255 以上的數值。特別記住，雖然這樣，但 Apple 的 CPU 每次還是僅能傳遞與處理八位元的資料。

6502 以八支接腳與計算機內的資料巴士作連接。資料巴士的用途是傳遞出入於計算機的資訊。由於資訊能沿兩種不同的方向流動，因此，這種巴士稱為雙向 (bidirectional) 巴士。雙向巴士就像一條早晨車子可沿某一方向行駛，而傍晚汽車又可反方向行駛的公路。

6502 在積體電路 (英文簡稱 IC) 上所產生的控制信號，可以監督與管理內部與外部巴士上的資訊流動，使資訊在一個時間僅沿一個方向流動。這些信號的產生與使用本書稍後都會加以探討。

1-1 記憶體

任何計算機系統均具有記憶體。一般而言，記憶體用以儲存控制計算機作業的程式，以及計算機所欲處理的資料。在 6502 計算機內，記憶體可看成就是一系列的記憶位置，而每一記憶位置能儲存八位元，亦即一個位元組的資訊。計算機之記憶體所擁有的記憶位置，通常是 1024 的整數倍。

在計算機術語上，1024 通常簡稱為 1K，其正好等於 2^{10} 。

計算機必須有辦法選取某一所想要的記憶位置，方能正確地儲存資料或拿取程式指令。由於 6502 微處理器具有 16 條位址線輸出，這些位址線每條均可輸出 0 或 1，因此，其最高可輸出 $2^{16} = 65536$ （或稱 64K）個不同記憶位址，選取這麼多個記憶位置。當然，每一記憶位置均可儲存八位元的資訊。一般之八位元微處理器由於均具有 16 條位址線輸出，因此，其最多均能選取 64K 個記憶位置，每一不同位址選取一個不同記憶位置。這 64K 個記憶位址即稱為微處理器之位址空間（address space）。

十六條位址巴士線通常分別稱為 A0、A1、……A14、A15。其中，A0 代表最低次位元（LSB），而 A15 代表最高次位元（MSB）。讀者想必都知道，A0 為 1 時，其真正的值就僅代表 2，而 A15 為 1 時，其真正所代表的值即為 32768。由於 6502 微處理器每次僅能處理八位元的資訊，因此，其十六條位址線經常會分成 A15～A8 以及 A7～A0 兩半（微處理器有時亦會處理位址資訊）。其中，A15～A8 稱為位址之上半或高半（HI）部，A7～A0 稱為位址之下半或低半（LO）部。許多以 6502 構成的微電腦系統，均將高半位址稱為頁位址（page address）。因為，若將記憶器等分成 256 頁，每頁含 256 個記憶位置，則每一個高半位址正好可選取一個不同的記憶頁。位址巴士的用法在後面討論軟體程式以及界面電路時，會有進一步的說明。讀者應記住，位址巴士與資料巴士的最大不同是，位址巴士為單向性，位址資訊僅能由微處理器流至記憶器以及外