

APPLE 接口实验

湖北省国际信托投资公司新技术业务部

APPLE II 接口实验

湖北省国际信托投资公司新技术业务部

序

Apple 就像一股旋风，席卷了美国，吹遍了世界。转眼，“Apple II”一词已变成世界各地，无论妇孺老幼均耳熟能详的“字汇”了。微电脑的“威力”，实在无与伦比！

微电脑的最后学习阶段应是接口——了解各种输入/输出设备如何接至计算机，与计算机达成沟通。这本书将微电脑接口的学习又向前提前了一步，其配合BASIC语言，介绍微电脑一般最基本之接口原理，包括输入/输出之构成、应用，旗号电路之构成、应用，设备位址解码，以及输入/输出指令之用法等。并透过实验，让您亲眼见证这些原理，使读者能真正了解微电脑接口的意义，进而自行设计一些简单的接口电路。全书所谈内容均相当浅显实际，只要对BASIC语言及SN7400系列电子元件略有认识者，均可了解消化并使用这本书。读完这本书，您会对微电脑接口有一基本且清楚的认识，因此，其不愧是一本非常理想的接口入门书，亦是使用Apple计算机者所不可或缺的良伴。

这本书以Titus, Larsen, 以及Titus三人合着的“Apple Interfacing”为蓝本，加上第八章及附录F编译而成。第八章所谈均为微电脑接口上经常碰到的实际问题，附录F则有关Apple计算机系统之扩充。这些材料分别取材自“TRS-80 Interfacing, Vol.2”以及有关杂志。但愿它对

您有所助益。只要有新的资料，本书将随时狩猎并入。亦盼读者专家先进，不吝指正。

湖北省国际信托投资公司新技术业务部

前 言

这本书的目的是在向您介绍Apple II（注1）计算机内的信号，以及告诉您如何在BASIC语言程式的控制下，以这些信号去控制外部设备。为了加速您电路设计与测试的速度，使您能轻易完成本书所含之各种有趣实验，我们特地设计了一个一般用途的计算机接口面包板。透过这个设计系统的使用，您即可专注于相关原理的了解，而不必将时间浪费于检修电路上。不过，您会有机会制作与测试许多数位电路，以及使用类比至数位与数位至类比转换器的电路。

本书选用了具有16K可读写记忆器的Apple II计算机以及Applesoft（注2）BASIC解释程式作例子。这套软体程式具有相当大的弹性，当您在使用外部接口电路时，您最好拥有它。Applesoft BASIC解释程式具有两个一般用途，可用以传递出入计算机之资讯的指令。这两个指令很容易了解，读者不必事先详细了解有关6520微处理器——Apple的“心脏”——的种种。

注1：Apple与Apple II均为Apple计算机公司的注册商标。

注2：Applesoft为Apple计算机公司的注册商标。

APPLE接口实验

书中首先介绍Apple计算机上可用于接口的控制信号，以及说明这些信号如何使用。有些信号由于并不用于平常之接口电路，而仅用于特殊的接口电路，因此，我们并不介绍。

其次，这本书将告诉您Apple如何使用两个一般用途的指令——PEEK与POKE——识别或选取外部设备。这两个指令主要用于控制外部设备；书中除了介绍这两个命令的动作情形外，更介绍了可用以选取特定输入／输出设备之各种电路的用法。您亦可看到Apple如何经由双向的资料巴士，将资讯送入与送出外部设备；用作输入口与输出口的基本电路在文中有非常详细的讨论。书中亦提供实际的电路，使您能迅速使用这许多例子，设计您自己的接口设备。

您亦可看出BASIC语言程式的功力——当资料在计算机内部处理，产生有用的结果时。书中以一些简单的控制程式，告诉您BASIC语言程式与输入／输出设备如何发生关系。读完之后，您将能自行设计简单的控制与资料处理程式，控制您的输入／输出口与设备。

由于计算机並不一定永远与外部设备保持同步，因此，计算机与每个输入／输出设备之间必须有某种交互作用，以使彼此知道对方是否已可以开始某种作业。这就引发了旗号的问题——计算机与外部输入／输出设备之间即以这种信号使资讯能井然有序地传输。由于旗号很重要，因此，我们花了相当时间讨论这些旗号以及实际用于外部设备内的相对电路。由于旗号一定要控制程式的察觉才有用，因此，书中同时亦讨论了软体。

本书假设读者对Applesoft BASIC之指令已有相当的

了解。万一您正起步开始在学Apple, 那作者希望您还是先花一点时间, 将FOR, GOTO, IF……THEN, PRINT与INPUT等几个指令弄熟之后, 再来看这本书。除了这些述句外, 其它述句在本书之课文以及实验内亦均有详细的讨论。等到念完这本书, 所有这些述句的应用对您而言应是易如反掌的事了。

第6章特别提供了16个逐步细步说明的实验, 让您印证在本书前面几章所学到的一些接口原理。做完这些实验后, 相信您对这些原理会有更深入一层的理解。您同时亦可了解到BASIC语言程式在作接口控制, 以及在实际处理传入与传出输入/输出设备之资讯上的威力。作者已尽力收猎各种有趣的应用实例。透过实验, 您可明白适用于所有接口电路的基本原理, 由最简单的, 到最难的都有。

作者深切体会, 欲写一本对由初学者以至非常有经验之老手等每一个人均很合适的书实在很难。因此, 我们选择由比初学稍更难一点之处开始谈起。因而, 本书就忽略了诸如二进数目系统, 十进对二进转换, 基本数位电子学, 以及面包板等主题。这些主意在其它许多书上都轻易可以找得到。万一您还不熟, 那请您随便选一本有关的书看一看。不过, 在适当的地方, 我们会特别加上一两段复习材料, 先让您具备一点基础之后, 再进一步作讨论。

本书亦假设读者对诸如SN7402四倍NOR闸与SN7475四倍锁住器等之SN7400系列的数位积体电路亦熟悉。至于其它的积体电路, 本书则都会或多或少先作点介绍, 以让您有办法在课文或实验中使用。若您想再将这些电路用于其它应用, 那

APPLE接口实验

作者希望您能进一步参考这些电路之制造商所提供的资料手册。这些资料手册上会有详细的资料，告诉您电路的各种用法，以及电路的各种变化与特色。

Apple II 计算机在其外壳上有八个一般用途的50号接口接点。实验中所使用之基本巴士信号均得自这些接点上的信号，因此，若您决定自行设计与制作一些自己的接口电路，将来插入这些其中之一“凹槽”，那您会发现，这些信号在这些边缘接点上都已经有了。不过，Apple亦产生一些能简易接口工作的特殊信号。这些信号与其用法在第7章均有详细介绍。由于这些信号并非是一般性的，其仅为Apple所特有，而且经常是某一特定接点所特有，因此，其留在最后才介绍。为了告诉您这些信号如何使用，书中介绍了一个简单的非同步串行通信接口电路，并列控制这个电路的软体。这种接口可用以与其它计算机，串行印字机，模变器(modem)，与其它使用非同步串行资料格式的接口元件沟通。

本书并未介绍组合语言程式设计，因为，这算是一个特殊的主题，而且需要较深的基础。不过，我们却写了一个很简单的组合语言副程式，让您在许多个实验中使用。写这个副程式的原因是，其功能无法以Applesoft达成。这个运算就是八位元位元组的逻辑AND运算。在Applesoft里，逻辑AND运算就是一个结果为真或假的运算，其无法简单地做位元的AND运算。这个组合语言副程式同时亦告诉您BASIC语言程式如何存取诸如此类的副程式。我们选择使用较复杂的USR(x)命令，而不采用CALL命令，主要是因为这样读者可以学得更多。

我们发现Apple亦有些限制。举个例子而言，其即无“四舍五入”指令，可将一个数目四舍五入至某一特定位数。譬如，将4.1986四舍五入成4.20。同时，Apple亦无位元对位元的AND指令，致使这种运算必须借用一组合语言副程式达成。此外，我们亦发现，测试个别位元的WAIT指令，若条件无法满足，指令将使计算机“吊死”。除非您按Reset键，否则，计算机将一直继续等到所述条件满足为止。虽然Apple计算机可做彩色优雅的图形显示，但这本书我们一直使用黑白的电视显示幕。

这本书的目的主要是让您有个开始，而不是想详述Apple计算机的所有接口，因此，绝大多数特殊用途之晶片，如类比转换器，都是选择最简单、便宜、而且容易买得到的。这并非指唯有这些产品是择。当您的经验逐渐累增之际，您会发现，其它的特殊用途元件仍可达成相同的功能，只不过特色增加，解法更多，或电源不同罢了！

若您对一些较深的主题有兴趣，我们建议您读读下面几本书：

6502 软体设计

6502 程式设计及接口实验

微电脑类比转换器：软体硬体接口。

以上三本书，台北儒林图书公司均出有中译本。

作者同时建议您参考一下

TRS—80 接口实验，第二册

一书。这本书的抬头写的虽然是TRS—80，但其所谈到有关

APPLE 接口实验

高电压/高电流推动，串行沟通，遥端控制、类比转换器、滤波器、资料处理，以及一些其它有关的主题等，都是相当一般性而且适用于任何其它机器的。这些主题都是平常您在作微处理器接口时所最容易碰到的问题。很快您会发现，TRS—80计算机事实上与Apple计算机小异而大同，而且，两部计算机的控制信号与BASIC指令几乎完全一样。

除非特别声明，否则，本书所例举之IC接脚图，均以德州仪器(TI)公司提供之资料为准。此外，Apple与Applesoft乃美国Apple计算机公司之注册商标，TRS—80乃美国Radio Shack公司之注册商标。

我们希望您能喜欢这本书，从中获益。亦希望它是您一个好的开始，引导您设计与制作自己的接口电路。

目 录

序

前言

第1章 6502微处理器

1—1	记忆器	1—2
1—2	输入/输出设备	1—8
1—3	软体输入/输出控制指令	1—11
1—3—1	输入/输出指令	1—11
1—3—2	通用的输入/输出指令	1—13
1—3—3	记忆分布图	1—16
1—3—4	软体指令与接口电路	1—19
1—3—5	软体命令——资料传递与控制	1—22
1—3—6	组合语言与BASIC	1—24
1—3—7	二进与十进数目系统	1—26

第2章 Apple接口

2—1	输入/输出设备之位址解码	2—2
2—2	设备选取	2—2
2—2—1	以逻辑闸作位址解码	2—3
2—2—2	以解码器作位址解码	2—11

2—2—3 大型解码器.....	2—17
2—2—4 使用比较器.....	2—22

第3章 输入／输出接口

3—1 输出.....	3—1
3—2 输入.....	3—9

第4章 旗号与决策

4—1 输入／输出设备的同步.....	4—1
4—2 逻辑运算与旗号.....	4—3
4—3 测知旗号的软体.....	4—4
4—4 组合语言逻辑运算.....	4—6
4—5 复杂旗号.....	4—9
4—6 旗号电路.....	4—12
4—7 多个旗号.....	4—14
4—8 插断.....	4—15
4—9 结语.....	4—16

第5章 Apple之面包板

5—1 基本面包板.....	5—1
5—2 接到Apple上.....	5—18
5—3 其他考虑事项.....	5—22

第6章 Apple接口实验

6—1 实验简介.....	6—1
---------------	-----

6—2 实验	6—5
实验 1 逻辑探测器之应用	6—5
实验 2 设备位址解码器之应用	6—9
实验 3 使用设备选取脉冲	6—17
实验 4 构成输入口	6—23
实验 5 多位元组输入口	6—28
实验 6 输入口应用	6—33
实验 7 输入口应用 (之二)	6—39
实验 8 构成输出口	6—48
实验 9 输出口与输入口交相作用	6—55
实验 10 资料取入与显示	6—60
实验 11 简易数位至类比转换器	6—67
实验 12 输出口, BCD, 与二进码	6—75
实验 13 输出口红绿灯控制器	6—82
实验 14 逻辑元件测试器	6—93
实验 15 简易旗号电路	6—103
实验 16 简易类比至数位转换器	6—112

第 7 章再谈巴士

7—1 接口控制信号	7—2
7—2 接口例题	7—18

第 8 章 马达、灯泡、电铃与汽笛

8—1 集极开路式电路	8—2
8—2 集极开路式解码器	8—9

8—3 周边推动器与电晶体阵列·····	8—18
8—4 可选取之推动器·····	8—33
8—5 控制交流线负载·····	8—40
8—6 继电器保护·····	8—51
8—7 一些固态继电器制造商·····	8—54
附录 A 逻辑功能·····	附—1
附录 B 实验所需零件·····	附—5
附录 C 6502微处理器技术资料·····	附—7
附录 D Apple接口面包板零件·····	附—24
附录 E 印刷电路板图样·····	附—27
附录 F 在你的Apple I 上加上PLA ·····	附—32

1

6502微处理器

美国Apple计算机公司所生产的Apple II (Apple) 计算机系统，乃以6502微处理器组成的。这个微处理器晶片构成了这部计算机之中央处理单元 (CPU) 的心脏，一切算术、逻辑、决策、与其它运算均发生于此。6502微处理器乃是MOS Technology (MOS技术) , Rockwell International (洛克威尔国际)、以及Synertek (辛勒特克) 等几家公司所制造。

6502是一部八位元的处理器。因此，所有数学、逻辑、资料传输、输入与输出等运算均一次八位元地进行。当然，每一位元均可为逻辑0或逻辑1。6502使用八位元的资料巴士 (data bus)，传递来回于其本身与各记忆位置以及诸如键盘、印字机等输入／输出设备间的资讯。若欲传递之资讯超过八位元，则资讯就必须先分成许多八位元的片段 (或称字组)，然后每次八位元地传输。每一八位元的字组通常称为一个**位元组** (Byte)。

您应该知道八位元所能表示的最大数值为 11111111_2 或 255_{10} 。因此，当计算机系统所欲运算的数目超过此一数值时，

APPLE接口实验

我们就必须做多位元组的运算。多位元组运算的意义就是，将欲运算的资料以八位元为单位分段，然后首先运算最低次的位元组，完后再较高一次的位元组，再更高一次的位元组，如此类推，直至整个资料字组均运算完成为止。依此，八位元的计算机即能处理255以上的数值。特别记住，虽然这样，但Apple的CPU每次还是仅能传递与处理八位元的资料。

6502以八支接脚与计算机内的资料巴士作连接。资料巴士的用途是传递出入于计算机的资讯。由于资讯能沿两种不同的方向流动，因此，这种巴士称为双向（Bidirectional）巴士。双向巴士就象一条早晨车子可沿某一方向行驶，而傍晚汽车又可反方向行驶的公路。

6502在积体电路（英文简称IC）上所产生的控制信号，可以监督与管理内部与外部巴士上的资讯流动，使资讯在一个时间仅沿一个方向流动。这些信号的产生与使用本书稍后都会加以探讨。

1—1 记忆器

任何计算机系统均具有记忆器。一般而言，记忆器用以储存控制计算机作业的程序，以及计算机所欲处理的资料。在6502计算机内，记忆器可看成就是一系列的记忆位置，而每一记忆位置能储存八位元，亦即一个位元组的资讯。计算机之记忆器所拥有的记忆位置，通常是1024的整数倍。

在计算机术语上, 1024通常简称为1 K, 其正好等于 2^{10} 。

计算机必须有办法选取某一所想要的记忆位置, 方能正确地储存资料或拿取程式指令。由于6502微处理器具有16条位址线输出, 这些位址线每条均可输出0或1, 因此, 其最高可输出 $2^{16} = 65536$ (或称64K) 个不同记忆位址, 选取这么多个记忆位置。当然, 每一记忆位置均可储存八位元的资讯。一般之八位元微处理器由于均具有16条位址线输出, 因此, 其最多均能选取64K个记忆位置, 每一不同位址选取一个不同记忆位置。这64K个记忆位址即称为微处理器之位址空间 (address space)。

十六条位址巴士线通常分别称为A 0、A 1、……A14、A15。其中, A 0代表最低次位元 (LSB), 而A15代表最高次位元 (MSB)。读者想必都知道, A 0为1时, 其真正的值就仅代表2, 而A15为1时, 其真正所代表的值即为32768。由于6502微处理器每次仅能处理八位元的资讯, 因此, 其十六条位址线经常会分成A15~A 8以及A 7~A 0两半 (微处理器有时亦会处理位址资讯)。其中, A15~A 8称为位址之上半或高半 (HI) 部, A 7~A 0称为位址之下半或低半 (LO) 部。许多以6502构成的微电脑系统, 均将高半位址称为页位址 (page address)。因为, 若将记忆器等分成256页, 每页含256个记忆位置, 则每一个高半位址正好可选取一个不同的记忆页。位址巴士的用法在后面讨论软体程式以及接口电路时, 会有进一步的说明。读者应记住, 位址巴士与资料巴士的最大不同是, 位址巴士为单向性, 位址资讯仅能由微处理器流至记忆器以及外部设备。