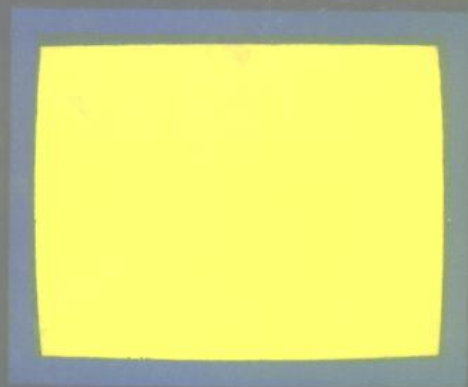


★ APPLE II WEIJI
ZAI WULI SHIYAN ZHONG DE
YINGYONG JICHU



APPLE II 微机 在物理实验中的 应用基础

★ 龙传安 童世栋



★ 高等教育出版社

345333

APPLE II 微机在物理实验 中的应用基础

龙传安 童世栋



高等教育出版社

内 容 简 介

本书主要介绍 APPLE II 微机在物理实验中应用的基本接口技术, 其内容包括数字量输入与输出的 6522 VIA 接口卡和模拟量输入与输出的 A/D、D/A 接口卡的原理与应用, 以及游戏接口在物理实验中的应用方法。书中有大量的实验数据采集与实时控制的实例和程序供读者参考。虽然本书是以 APPLE II 微机为基础编写的, 但同样适用于“中华学习机”等其他型号的微机。

本书可供高等学校物理系本科生作为选修课或有关专业研究生作为必修课的教学用书。对于从事化学、生物、医学等各专业的实验工作者以及工程技术人员也有一定的参考价值。

DM57/20



APPLE II 微机在物理实验中的应用基础

龙传安 童世栋

*

高等教育出版社出版

高等教育出版社照排中心照排

新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 11.75 字数 290 000

1990 年 7 月第 1 版 1990 年 7 月第 1 次印刷

印数 0001—1 980

ISBN7-04-000904-8/O·286

定价 2.80 元

序

现代物理学的发展离不开数字计算机。计算机在物理教学和科研上的应用是多方面的，如数值计算、物理过程的模拟、符号数学的运算、数据采集与处理、实时控制等等。在物理教学中学生应接受多深程度的计算机教育，是我们物理教育工作者正在探讨的问题，特别是在计算机运用于物理实验教学的问题上，目前存在不同的看法。我认为在物理教学中计算机的运用是必不可少的，至于运用的内容和深浅程度，可以进一步实践，不必强求一律。特别是，随着科学技术的发展，物理人才规格的需求会有所不同，在短期内得到统一的看法似无可能。我个人主张，在总结实践经验的基础上出版各具特点的参考书，供教师采用，不断交流，不断提高。

计算机在物理实验上的应用，具有一定的特点，它必然包括数据采集与处理和实时控制的某些内容，它涉及接口技术，从而涉及机型问题。现在国内大中学采用 APPLE II 和同类计算机最多，IBM 个人计算机和国产 0520 机居次。研究这两类机型的接口技术最为普遍。龙传安和童世栋编写的《APPLE II 微机在物理实验中的应用基础》一书，是以 APPLE II 机为基础，适用于即将在我国大规模推广使用的“中华学习机”。龙传安同志是我国高校最早从事“计算机在物理实验中应用”教学的教师之一。这本书是积累他多年的教学经验而编写的，它主要讲的是接口技术和应用。书中所举出的实例适用于高校普通物理实验和部分近代物理实验，在此基础上学生可根据他们对接口技术掌握的程度加以发展。这是一本有实用价值的参考书，也可选作教材。

作为教材，编写者提供了使用本书的方法，即以上机自学为主。我个人很赞同这种教学方法。要熟悉计算机的使用，关键在上机练习，边思考边动手，才能体会到其中乐趣。这对培养学生的独立工作能力和创造性是非常重要的。这种教学方法当然取决于所在学校的条件。我非常希望教师在实践中创造出更多新颖、具有良好教学效果的方法来，百花齐放，以丰富物理实验教学中计算机的应用。

虞福春

北京大学技术物理系

1987年9月

前 言

随着计算机的推广使用,越来越多的实验物理工作者希望将微计算机应用于自己的教学与科研工作.微机应用于物理实验的数据采集和实时控制,一般都需要有一个计算机与现实世界的接口,因为计算机只能接受二进制的数字信息.由于大规模集成电路技术的发展,市场上出现了许多功能丰富的接口芯片.本书不一一介绍这些芯片及其与各种型号的微机的接口方法,而是选取目前国内使用较为广泛的八位 APPLE II 微机.着重介绍 APPLE II 微机应用于物理实验所必需的、最基本的接口技术.其基本原理与方法同样适用于“中华学习机”等其他类型的微机.

学习本书要求读者具备 BASIC 语言和 6502 MPU 机器语言的基础,因为本书不打算从微机原理与汇编语言讲起.但本书附有 6502MPU 的指令系统,供读者使用时查阅.

书中有大量的应用实例和程序.这些例子全部经上机实验通过.有些内容曾分别在有关杂志上发表过.

本书是作者近年来在查阅了国内、外大量资料和总结教学和科研工作的基础上编写出来的.

国外已有大学物理系建立物理-计算专业,除学习物理系的原有专业课程外,将计算机语言及接口技术也作为专业的必修课程.^①甚至有大学在物理系新生刚入学时,即开设数字电路及接口技术课程的.^②估计这一趋势也将影响到国内大学.这个教材就是在这种想法下编写出来的.

这个教材可以不用课堂讲授.将接口卡插在 APPLE II 微机内,学生边自学,边实践.大约只需 40~50 学时,学生就可以学习掌握,当然教师要给以必要的辅导或指导.还有一种学习方法就是教师在课堂上边讲解,边演示.只是这样学生不易牢固掌握,但对需要大致了解接口技术方法的学生,还是可行的.学生学习掌握书中内容后,就可以自己将 APPLE II 微机应用于物理实验中.这正是作者多年实践,而且试图做到的,并取得了部分经验.

本书曾两次作为我系在全国招收的实验物理助教进修班接口技术课程的教材.本书也曾在兄弟院校物理研究生班作为教材使用过.

书中介绍的接口卡的研制受到国家教委教学仪器研究所的资助,在此表示感谢.有关接口卡已由厂家生产.北京大学技术物理系的虞福春教授和兰州大学计算机系的席先觉教授分别为本书写了序和提出了一些意见与建议,在此也表示感谢.

龙传安 童世栋
华中师范大学物理系

1987 年 9 月

^①P.A.Smith *et al.*, *Am.J.Phys.*,**53**(1985),405.G.P.Lietz,*Am.J.Phys.*,**55**(1987),796.

^②P.Seligmann *et al.*, *Am.J.Phys.*,**53**(1985),343.

目 录

第一章 概论	(1)	§ 5-2 计时器 T1	(56)
§ 1-1 微型计算机在物理实验中应用 的内容	(1)	§ 5-3 计时 / 计数器 T2	(64)
§ 1-2 微机在物理实验中应用的主要 问题	(1)	§ 5-4 移位寄存器 SR	(70)
§ 1-3 选用什么机型	(2)	第六章 数 / 模转换	(78)
第二章 APPLE II I/O 插座引脚 及其信号	(4)	§ 6-1 DAC 概述	(78)
§ 2-1 APPLE II 50 脚 I/O 插座	(4)	§ 6-2 基本的 DAC 电路	(79)
§ 2-2 I/O 插座信号及电路分析	(8)	§ 6-3 DAC 与 APPLE II 微机的连接	(81)
§ 2-3 I/O 插座信号的观察	(14)	§ 6-4 DAC 应用举例	(87)
§ 2-4 地址译码线的应用	(16)	第七章 模 / 数转换及 A/D、 D/A 接口卡	(91)
第三章 数字量的输入与输出	(22)	§ 7-1 概述	(91)
§ 3-1 6522 VIA 芯片简介	(22)	§ 7-2 基本的 ADC 电路	(91)
§ 3-2 6522 VIA 接口卡	(24)	§ 7-3 ADC 与微机的连接	(96)
§ 3-3 6522 VIA 的并行输入 / 输出口 PA 及 PB	(27)	§ 7-4 多路转换及取样-保持电路	(100)
§ 3-4 并行输入 / 输出口的使用	(28)	§ 7-5 APPLE II A/D、D/A 接 口卡及其应用	(103)
§ 3-5 74LS373 用作并行输入 / 输出口	(34)	第八章 APPLE II 微机游戏 输入 / 输出接口	(111)
第四章 6522 VIA 的信号联络线及 外围控制寄存器	(38)	§ 8-1 游戏输入 / 输出接口插座	(111)
§ 4-1 外围控制寄存器 PCR	(38)	§ 8-2 逻辑电平输出端 AN0~AN3	(113)
§ 4-2 中断标记寄存器 IFR 及中断允 许寄存器 IER	(44)	§ 8-3 电阻测量输入端 PDL0~ PDL3	(115)
§ 4-3 数据的并行传送	(50)	§ 8-4 逻辑电平输入端 SW0~SW2	(118)
第五章 6522 VIA 的计时器 T1、 计时 / 计数器 T2 及移位 寄存器 SR	(53)	第九章 应用实例	(121)
§ 5-1 辅助控制寄存器 ACR	(53)	§ 9-1 脉冲宽度测量	(121)
		§ 9-2 记录 24 小时气温值	(125)
		§ 9-3 二元系金属相图的获得	(129)
		§ 9-4 APPLE II 作为一个记忆示波器	(133)
		第十章 APPLE II 在物理教学绘	

图中的应用	(142)	§ 10-5 抛体运动轨迹的描绘	(155)
§ 10-1 利萨如图形的描绘	(142)	§ 10-6 电力线的描绘	(158)
§ 10-2 波形的傅里叶综合	(145)	§ 10-7 α 粒子散射轨迹的描绘	(162)
§ 10-3 拍的描绘	(150)	附录 6502 微处理器指令系统	(164)
§ 10-4 阻尼振荡的描绘	(153)		

第一章 概 论

§ 1-1 微型计算机在物理实验中应用的内容

一谈到微型计算机在物理实验中的应用, 就很容易使人想到物理实验中的误差计算、数据处理及曲线拟合等工作. 但这只是微型计算机能够做的一部分工作, 主要是计算工作. 微型计算机简称微机, 又称作微电脑, 因为它具有逻辑判断能力, 所以微机不仅能够成为实验数据的处理中心, 而且可以成为整个实验的控制中心. 微机在实验进行的过程中, 不仅可以对实验数据进行采集、存储和处理, 而且还可以根据实验工作者的要求或安排, 发出信息去实时地控制物理实验进行的各种条件. 由于微机进行工作的速率极快, 就使得实验数据的采集可以是大量的、快速的, 实验参数的调节可以是实时的, 因而实验的进行条件更严格, 实验的结果也就更科学.

简略地说, 微机辅助实验应该包括:

- (1) 实验数据采集;
- (2) 实验数据分析与处理;
- (3) 对实验仪器的控制.

其中, 第一部分主要是实验信息输入微机的问题. 第三部分主要是微机输出信息, 对实验仪器进行控制. 这两部分就是本书重点讨论的内容.

§ 1-2 微机在物理实验中应用的主要问题.

自然界中的物理量绝大部分都是模拟量, 也就是连续变化的量. 然而, 微机能够接收的量仅是二进制的数字量. 要将外界模拟量采集, 送进微机存储或处理, 要通过模/数转换器 (ADC). 微机送出的实时控制信号或数据, 都是二进制的数字量. 要将数字量转化为模拟量, 要通过数/模转换器 (DAC).

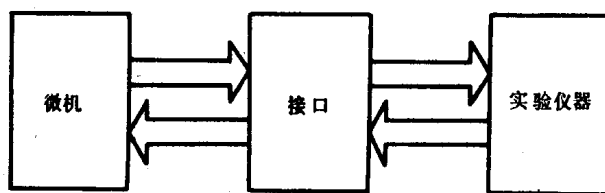


图 1-2-1 接口示意

微机的每个指令操作时间是以微秒为单位运行的. 微机提供给外界实验仪器的数据或控制信号, 仅在微秒时间内出现. 外界的实验仪器的运行一般都是慢速的. 微机提供的数据或控制信号, 外界的实验仪器还没有来得及接收, 就已经一闪而过, 为了解决这个问题, 处于微机与

外界实验仪器之间的输出接口必须将微机提供的数据或控制信号锁存起来,待外界实验仪器将数据取走以后,微机再调换新数据或控制信号。

实验仪器提供给微机的实验数据是通过数据总线进入微机的存储器。程序中的操作码及操作数也是通过数据总线传送给微处理机单元(MPU)的。如果外界的实验数据长期占用数据总线,必然使微机不能正常工作。为了解决这个问题,就要求外界的实验数据必须通过具有三态门的输入接口进入微机的数据总线。所谓三态门就是一种具有三个状态的器件。这三个状态是:

高电平状态——代表数据“1”;
低电平状态——代表数据“0”;
高阻抗状态——代表断开的状态。

(注:为区分数字“0”及英文字母“O”,打印和书写时常在零上加有一根斜线,即“Ø”。)

处于高阻抗状态的输入门将微机与实验仪器隔离,避免了外界实验数据对微机数据总线的干扰。只有在必要时,才在程序控制下,外界的实验数据通过输入接口的三态门进入微机的数据总线。

以上所谈到的主要是连接微机与实验仪器之间的接口硬件部分,这些问题都是接口所要解决的。

另一方面,编写程序时使用高级语言,有其方便之处:高级语言接近自然语言,编程方便简捷,且稍加改动,各种机型的微机都可以通用。但是高级语言也有其局限性。最主要的问题就是执行速度太慢。举一个具体的例子。用APPLE II微机,通过数模转换DAC,产生256个点的锯齿波电压。应用BASIC语言编写程序,例如应用本书的BASIC程序6-3-2,完全没有延时,能够获得的锯齿波的最短周期大约是0.8s。但用机器语言编写程序,例如应用本书的机器语言程序6-3-1,能够获得的锯齿波电压的周期不到3ms。这二个周期在时间上相差300倍左右。在物理实验中使用微机采集实验数据等工作,如要求执行速率快,必须用机器语言编写程序。接口部分硬件的工作都是靠程序进行控制的,这也要求实验工作者熟悉所用微机的机器语言或汇编语言。

高级语言占用微机很大的存储区,而机器语言占用的存储区要小得多。这也是实验工作者决定用机器语言编写程序的另一个原因。在实验数据量极大的情况下,这个因素更为突出。

§ 1-3 选用什么机型

各个实验室的历史条件不同,可以根据各实验室原有的微机机型进行工作。

由于最近几年微机的迅速发展及价格一再降低,为实验室大量使用微机创造了必要的物质条件。对没有微机的实验室或需要增加微机的实验室选用什么机型为好呢?

对于单板机来说,价格更低,但是只能使用机器语言编写程序。在高精度的数据处理时,用机器语言编写程序十分繁琐、冗长,而且极易出错。

在现阶段来说,数据总线为八位的APPLE II微机,价格比较低廉,既能使用机器语言又能使用高级语言,接口比较容易,资料又比较齐全。在国外的物理实验教学中,这种机型仍然

比较受欢迎，可能是“性能／价格”较高的缘故吧！

在这本书中，我们就以 APPLE II 微机为主，讨论微机在物理实验中应用的一些基础问题。但这本书不可能从 APPLE II 微机的机器语言谈起，因为那太冗长了。这就要求读者预先熟悉微处理器 6502 MPU 的机器语言。在本书的附录中，列出了 6502 MPU 的全部 151 条机器语言指令，便于读者查阅。

第二章 APPLE II I/O 插座引脚及其信号

打开 APPLE II 主机的盖子, 可以看到在主机电路板上并排装有八个输入/输出插座 (简称 I/O 插座), 从左到右编号依次为 #0~#7。这些插座是为了便于 APPLE II 与外围设备相连接而设置的。其中第 0 号插座为系统内存扩充专用, 其余几个插座都可以供用户使用。通常打印机接口板插在第 1 号插座, 磁盘驱动器接口板插在第 6 号插座。在本书所介绍的一些例子中, 我们使用第 3~5 号插座。本章着重介绍这些插座上的引脚信号, 以及如何使用这些信号。

在介绍本章内容时, 假定读者已经具备数字逻辑电路的初步知识。至于 APPLE II 中要用到的一些集成电路块的功能, 将在适当的地方加以说明。

§ 2-1 APPLE II 50 脚 I/O 插座

APPLE II 的八个 I/O 插座均为 50 脚双列直排插座, 如图 2-1-1 所示。下面依次介绍这

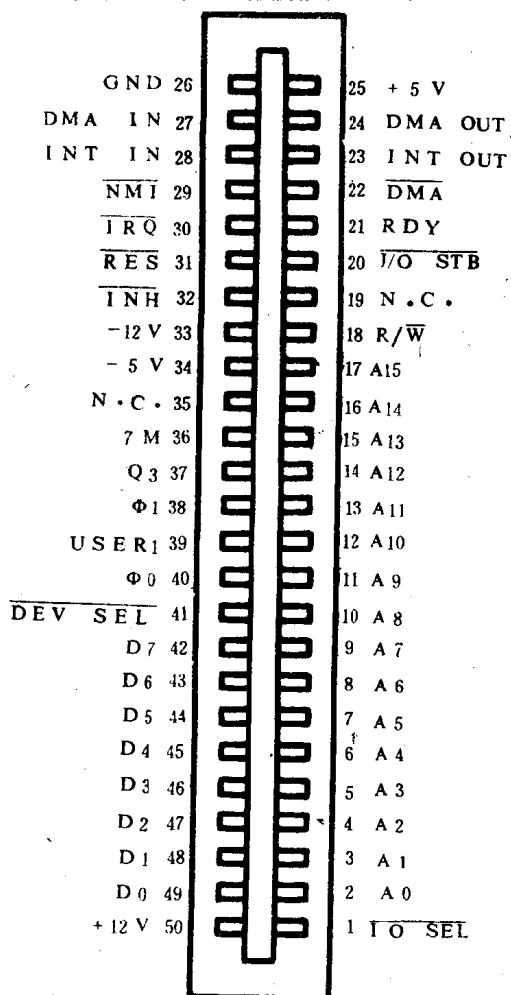


图 2-1-1 APPLE II 50 脚 I/O 插座

50个脚的信号, 这些信号产生的原理将在下一节加以说明.

表 2-1-1 APPLE II I/O 插座引脚功能

接 线 脚	名 称	说 明
1	$\overline{\text{I/O SEL}}$	I/O 选择信号 ($\overline{\text{I/O Select}}$) 平时为高电平, 当 APPLE II 访问地址为 $\$Cn00 \sim \$CnFF$ 时, 第 n 号插座的 $\overline{\text{I/O SEL}}$ 脚在 $\Phi 0$ 期间 ¹ 下跳到低电平 ($n=1 \sim 7$). 可以推动 10 个 LSTTL 负载 ² . 第 0 号插座没有此信号.
2~17	A0~A15	16 位地址线 (Address Bus) 每根线可以推动 5 个 LSTTL 负载.
18	R/ $\overline{\text{W}}$	读/写控制信号 (Read/Write) MPU 执行读操作时 R/ $\overline{\text{W}}$ 为高电平, 执行写操作时 R/ $\overline{\text{W}}$ 为低电平. 可以推动 2 个 LSTTL 负载.
19	SYNC	同步信号 由视频时基发生器产生的行、场同步信号. 只有第 7 号插座上接有 SYNC 信号.
20	$\overline{\text{I/O STB}}$	I/O 选通信号 ($\overline{\text{I/O Strobe}}$) 平时为高电平, 当 MPU 访问地址为 $\$C800 \sim \$CFFF$ 时, 各个插座的 $\overline{\text{I/O STB}}$ 都在 $\Phi 0$ 期间下跳到低电平. 可以推动 4 个 LSTTL 负载.
21	RDY	准备就绪信号 (ready) 当 RDY 信号在 $\Phi 1$ 期间被拉到低电平时, 可以使 MPU 进入等待周期.
22	$\overline{\text{DMA}}$	直接存储器存取信号 DMA 在 $\Phi 1$ 期间变为低电平将使 MPU 停止工作, 并使总线处于高阻抗状态, 由外部设备控制进行数据传送.

续表

接 线 脚	名 称	说 明
23	INT OUT	用于实现中断优先级链状电路的中断输出线。通常连到右边相邻插座上的 INT IN 脚。
24	DMA OUT	用于实现 DMA 优先级链状电路的 DMA 输出线。通常连到右边相邻插座上的 DMA OUT 脚。
25	+5V	系统+5V 电源可输出 500mA 电流。(指系统对全部外围设备提供的电流)
26	GND	地线。
27	DMA IN	用于实现 DMA 优先级链状电路的 DMA 输入线。通常连到左边相邻插座上的 DMA OUT 脚。
28	INT IN	用于实现中断优先级链状电路的中断输入线。通常连到左边相邻插座上的 INT OUT 脚。
29	$\overline{\text{NMI}}$	非屏蔽中断信号 (Non-Maskable Interrupt) $\overline{\text{NMI}}$ 脚上电平的负跳变使 MPU 产生非屏蔽中断, MPU 转去执行首地址为 \$ 3FB 的中断服务程序。通常在 \$ 3FB 处放置一条 JMP 指令, 以跳到用户指定的中断服务程序。
30	$\overline{\text{IRQ}}$	中断请求信号 (Interrupt Request) 若 MPU 的中断禁止标记位被清除 (即 I=0), $\overline{\text{IRQ}}$ 变为低电平将使 MPU 产生中断。中断服务程序的首地址应事先写入 \$ 3FE、\$ 3FF 中。

续表

接 线 脚	名 称	说 明
31	$\overline{\text{RES}}$	复位信号 (Reset) 当 RESET 键被按下以后, $\overline{\text{RES}}$ 脚变为低电平, 使得 MPU 以及与 APPLE II 相连的外围设备复位。
32	$\overline{\text{INH}}$	禁止信号 (Inhibit) $\overline{\text{INH}}$ 被拉到低电平时, 所有的 ROM 地址 (\$D000~\$FFFF) 被禁止, 使这 12K ROM 输出呈高阻抗状态。
33	-12V	-12V 电源 可输出 200mA 电流。(指系统对全部外围设备提供的电流)
34	-5V	-5V 电源 可输出 200mA 电流。(指系统对全部外围设备提供的电流)
35	COLOR REF	3.58MHz 的彩色基准信号 号只有第 7 号插座上接有 COLOR REF 信号。
36	7M	7.159MHz 时钟信号可 推动 2 个 LSTTL 负载。
37	Q3	2.04MHz 时钟信号可 推动 2 个 LSTTL 负载。
38	$\Phi 1$	$\Phi 1$ 时钟信号 1.023MHz。 可推动 2 个 LSTTL 负载。
39	USER1	USER1 信号变为低电平时, I/O 空间的一部分地址 (\$C000~\$C7FF) 被禁止, 即 $\overline{\text{I/O SEL}}$ 、 $\overline{\text{DEV SEL}}$ 维持高电平。
40	$\Phi 0$	$\Phi 0$ 时钟信号 1.023MHz. 可推动 2 个 LSTTL 负载。

续表

接 线 脚	名 称	说 明
41	$\overline{\text{DEV SEL}}$	设备选择信号 (Device Select) 平时为高电平, 当 MPU 访问地址为 $\$C0N0 \sim C0NF$ 时 ($N=n+8, n=0 \sim 7$), 第 n 号插座的 $\overline{\text{DEV SEL}}$ 在 $\Phi 0$ 期间 ^① 跳到低电平, 可推动 10 个 LSTTL 负载。
42~49	D0~D7	8 位数据总线 (Data Bus) 每根线可推动 1 个 LSTTL 负载。
50	+12V	+12V 电源 可输出 250mA 电流, (指系统对全部外围设备所提供的电流)

① $\Phi 0$ 和 $\Phi 1$ 是互相反相的两相时钟, 以后把 $\Phi 0=1$ 这段时间简称为 $\Phi 0$ 期间,

把 $\Phi 1=1$ 这段时间简称为 $\Phi 1$ 期间。

② LSTTL 指低功耗肖特基系列 TTL 集成电路。

以上是 APPLE II 外围接口插座的 50 脚接口信号, 这些插座为 APPLE II 与外围设备之间的连接提供了极大的方便, APPLE II 微机系统的打印机、磁盘驱动器等都是通过插座与主机相连的, 本书后面要介绍的一些接口实验大多也是利用这些插座进行的。

§ 2-2 I/O 插座信号及电路分析

为了较清楚地了解 APPLE II I/O 插座上信号的来龙去脉, 下面对 APPLE II 主机电路图中有关部分作一个简单的介绍, 以下为叙述方便, 我们将主机电路板划分为若干个网格, 水平方向坐标从左至右分别为 1, 2, 3, ..., 14; 竖直方向坐标从下至上分别为 A, B, C, D, E, F, H, J, K。例如 H12 表示第 H 行、第 12 列的位置, 有时也用来指该位置上的集成电路块。

首先看地址总线 and 数据总线, 由图 2-2-1 可知, I/O 插座上的 16 根地址线和 8 根数据线并不是直接连到 MPU, 而是各经过了一组三态缓冲器, MPU 的地址线是单向的而数据线是双向的, 两组三态缓冲器分别采用 8T28 和 8T97, 也可以用 74LS367 和 74LS245 代替, 读/写信号线也经过了缓冲器, 在 MPU 执行读操作时, $R/\overline{W}=1$, 执行写操作时, $R/\overline{W}=0$, MPU 与数据总线之间的双向缓冲器受 $R/\overline{W}$ 和 $\Phi 1$ 的控制, 当 $R/\overline{W}=1$ 时, 数据总线上的数据进入 MPU, 当 $R/\overline{W}=0$ 时, MPU 将数据送到数据总线上。

从图中还可以看到 $\overline{\text{DMA}}$ 信号是如何起作用的, 平时 $\overline{\text{DMA}}$ 为高电平, 不影响 MPU 的正常工作, 当外设请求进行 DMA 传送时, 将 $\overline{\text{DMA}}$ 脚上的电平拉到低电平, 由于两组三态缓冲器的作用, 使得 MPU 的地址线、数据线以及 $R/\overline{W}$ 线与系统总线之间呈高阻抗状态, 以便

总线在外部设备的控制下进行 DMA 传送。

以下着重分析外设插座上的地址译码选择线 $I/O\ STB$ 、 $I/O\ SEL$ 和 $DEV\ SEL$ 。这三组线分别是通过三个译码器 74LS138 而得到的，见图 2-2-3。74LS138 也称为 3/8 译码器，它有三个地址输入端，八个译码输出端和三个控制输入端，其外部引脚和功能表见图 2-2-2 和表 2-2-1。

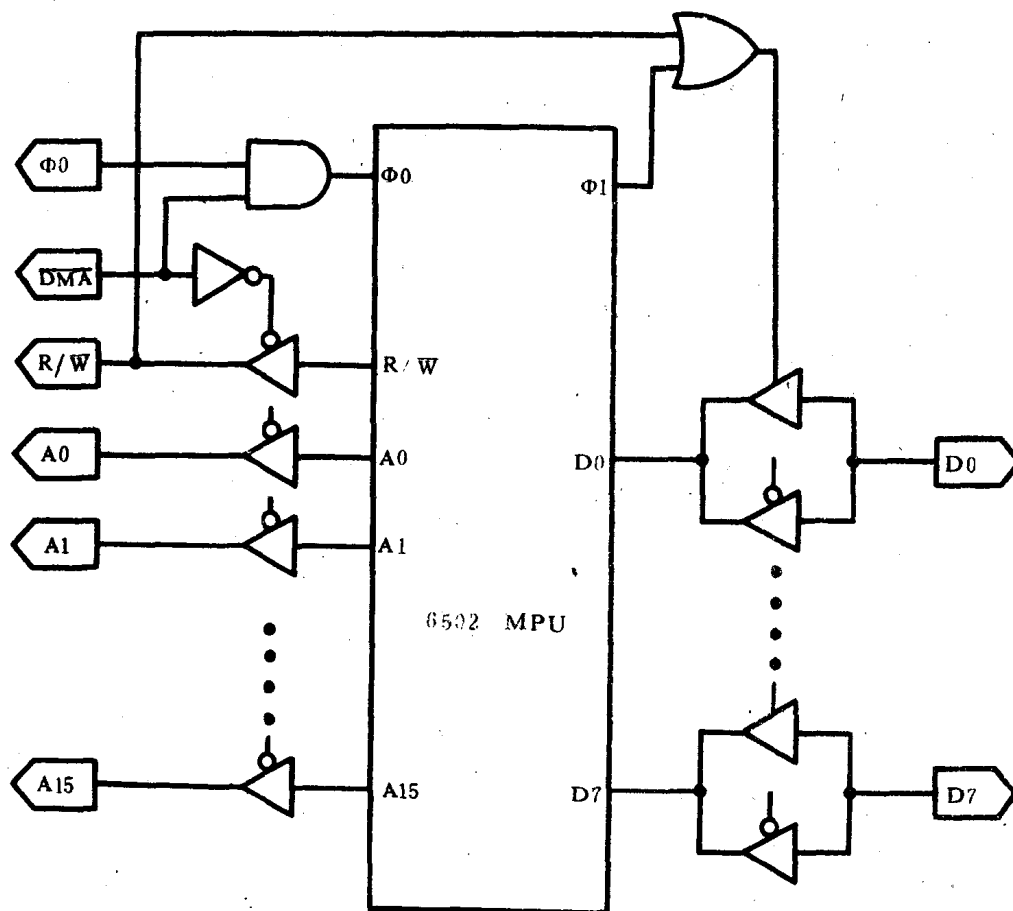


图 2-2-1 APPLE II 地址总线、数据总线

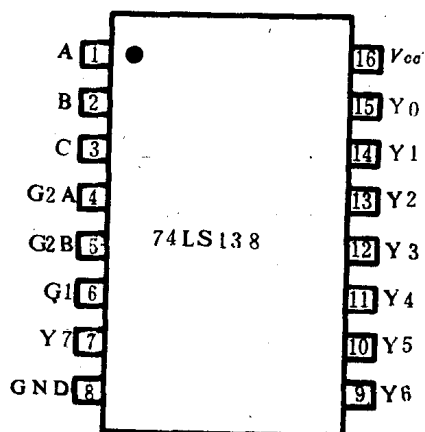


图 2-2-2 74LS138 引脚

表 2-2-1 74LS138 功能表

输 入		输 出							
允 许	选 择								
G1 G2	C B A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X H	X X X	H	H	H	H	H	H	H	H
L X	X X X	H	H	H	H	H	H	H	H
H L	L L L	L	H	H	H	H	H	H	H
H L	L L H	H	L	H	H	H	H	H	H
H L	L H L	H	H	L	H	H	H	H	H
H L	L H H	H	H	H	L	H	H	H	H
H L	H L L	H	H	H	H	L	H	H	H
H L	H L H	H	H	H	H	H	L	H	H
H L	H H L	H	H	H	H	H	H	L	H
H L	H H H	H	H	H	H	H	H	H	L

$G2 = G2A + G2B$, X 表示为任意值

位于 F12 处的译码器 74LS138 用地址线 A14、A15 经过一个与门接到控制端 G1, 高电平有效. 要选中 F12 必须 A14=1, A15=1, A13~A0 可为任意值. 因此这个译码器的有效地址范围为 \$C000~\$FFFF, 共 16K. 此外, 时钟信号 $\Phi 1$ 接到控制端 G2A、G2B, 低电平有效, 因此, 即使地址线 A14、A15 都为 1, 这个译码器也只是在 $\Phi 1=0$ 期间有一个输出端输出低电平, 时间约 0.5 μ s.

地址线 A11、A12、A13 分别接到译码器的输入端 A、B、C, 控制八个输出端 Y0~Y7, 对应于每一个译码输出端的地址范围为 2K. 其中 Y3~Y7 分别作为六个 ROM 芯片的片选信号, 地址为 \$D000~\$FFFF 共 12K. Y1 接到各个插座的 $\overline{I/O STB}$, 所以, 每当 MPU 访问的地址为 \$C800~\$CFFF 时, $\overline{I/O STB}$ 在 $\Phi 2$ 期间下跳到低电平, 这就是 $\overline{I/O STB}$ 信号的来源.

对应于输出端 Y0 的地址范围为 \$C000~\$C7FF, 这个信号没有直接送到 I/O 接口插座上, 而是送到位于 H12 处的 74LS138 译码器的控制端 G2A、G2B. 该译码器的另一个控制端 G1 通过一个 1k Ω 电阻接 +5V 电源, 所以这个译码器的有效地址范围为 \$C000~\$C7FF.

译码器的地址输入端 A、B、C 分别接地址线 A8、A9、A10, 这就使得八个译码输出端中每一根线对应 256 个地址. Y0 为 \$C000~\$C0FF, Y1 为 \$C100~\$C1FF, ..., 其中 Y1 至 Y7 分别接到第 1 号插座至第 7 号插座的 $\overline{I/O SEL}$ 脚, 这就是每当 MPU 访问地址 \$Cn00~\$CnFF 时, 第 n 号插座的 $\overline{I/O SEL}$ 信号在 $\Phi 2$ 期间下跳到低电平的原因.