

TP36



APPLE II PLUS

微型计算机系统

郑继志 伍长江 编著



黑龙江科学技术出版社



校

要 录 容 内

APPLE II PLUS 微计算机系统

郑继志 伍长江 编著

APPLE II PLUS 微计算机系统

编著 伍长江 郑继志

黑龙江科学技术出版社

(哈尔滨市南岗区)

黑龙江省出版集团，哈尔滨，150001

黑龙江科学技术出版社

一九八五年·哈尔滨

内 容 提 要

本书系统地介绍了APPLE I PLUS 微计算机系统的硬件、软件原理及使用与维修方法。在内容安排上兼顾了初学者和希望深入了解其硬件、软件原理的读者两方面的需要,既包含对系统硬件框图的概述及若干系统软件的使用说明,也包含对硬件及软件原理的较深入的分析。全书共分六章。第一章作为初学者的入门知识,介绍了系统的概貌及使用中的基本操作。第二章对硬件进行了系统的介绍,并对主机电路工作原理作了细致的分析。第三章至第五章分别对自启动监控程序、APPLE磁盘操作系统及APPLE-SOFT I BASIC 语言等系统软件的使用作了全面的说明,对其工作原理进行了初步分析,并提供了一些程序框图和中文注释清单,对内存中某些工作单元作了一定的说明。第六章介绍了主机的一些常见的故障现象及检修方法。

本书既可供APPLE I PLUS 微计算机系统的用户在学习与使用该机时参考,也可供从事计算机专业的技术人员学习参考。

封面设计:岳大地

APPLE I PLUS 微计算机系统

郑继志 伍长江 编著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

黑龙江新华印刷厂附属厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092毫米16开本 12.5印张 280千字

1985年11月第1版·1985年11月第1次印刷

印数:1—8,400册

书号:15 217·183 定价:2.40元

前 言

APPLE II PLUS 微计算机系统是美国 APPLE 计算机公司 1979 年投入市场的产品。由于该机种的性能/价格比优异, 因此受到了各界用户的好评, 在国际上得到了广泛的应用。近年来该机种被大量引进国内, 并作为优选的微型机机种列入我国的微型机型谱系列(DJS—033)。目前该机在国内已有相当数量, 但至今尚无一本系统地介绍该计算机软件、硬件原理及使用与维修方面知识的书籍可供用户在学习及工作中参考。为此, 我们参考了 APPLE 公司的使用手册及收集到的许多国外有关资料, 结合自己对 APPLE II PLUS 微计算机系统的认识, 编写了这本书献给国内读者, 希望为该机在国内的推广应用尽我们微薄的力量。

全书共分六章。第一章作为初学者的入门, 介绍了系统概况及基本操作。第二章从硬件角度, 系统地介绍了各种改进机型的异同, 系统结构的框图, 内存组织, I/O 的结构及主机电路工作原理的剖析。第三章介绍了自启动监控程序的各种监控命令及使用, 对监控程序进行了深入的分析, 给出了中文注释的监控程序清单, 提供了可供用户调用的子程序入口地址及功能说明。第四章系统地介绍了 APPLE 磁盘操作系统(DOS 3.3)命令的语法结构、使用说明及 DOS 错误信息的产生原因和解决办法。第五章介绍了主机内固化的 APPLESOFT II BASIC 语言的基本概念及语句, 函数的使用说明, 提供了具体的解释程序的框图, 说明了 APPLESOFT 的内存分配, 程序与变量的内部存储格式及对内存第 0 页至第 3 页的工作单元的使用。第六章介绍了主机的一些常见故障的表现及检修方法。

本书在内容安排上试图兼顾初学者及希望深入了解其硬件、软件原理的读者两方面的需要, 既包含对硬件框图的概述及若干系统软件的使用说明, 也包含对硬件及软件原理的较深入的分析。

本书中所用的插图按出现的先后顺序统一编号, 但考虑到有一些图在书中多处用到, 为查找方便, 这部分图集中放于本书最后。

本书原稿蒙中国科学院计算技术研究所副研究员伍福宁同志校阅, 并提出了宝贵意见; 另外, 深圳通华电子有限公司无偿为我们提供了许多有价值的资料, 在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促, 作者水平所限, 书中错误之处难免, 恳请读者不吝指正。

郑继志

伍长江

一九八四年七月

目 录

第一章 APPLE I PLUS 微计算机系统入门

第一节 APPLE I PLUS 微计算机系统概貌	(1)
一、主机	(1)
二、显示器	(1)
三、接口卡	(3)
四、磁盘驱动器	(4)
五、打印机	(5)
六、直接与主机板相连的 I/O 设备	(5)
第二节 APPLE I PLUS 系统使用简介	(5)
一、开机	(5)
二、系统提示符	(5)
三、键盘的功能	(6)
四、盒式录音机的使用	(6)
五、磁盘驱动器的使用	(7)

第二章 APPLE I 硬件分析

第一节 APPLE I 各种机型简述	(8)
第二节 基础知识	(8)
一、读者须知及符号说明	(8)
二、6502 微处理器	(9)
三、动态随机存取存储器 4116	(24)
四、APPLE I 彩色视频信号结构	(26)
第三节 APPLE I 硬件概述	(27)
一、APPLE I 主机板结构及电路框图	(27)
二、内存储器的组织	(30)
三、输入/输出结构	(31)
四、APPLE I 主机板上插座引脚图及说明	(38)
第四节 APPLE I 电路分析	(41)
一、系统时钟脉冲发生器	(41)

二、视频地址发生器	(43)
三、视频同步信号发生器	(47)
四、ROM 及其地址译码电路	(49)
五、RAM 分时使用及刷新	(51)
六、6502CPU 及总线驱动器	(59)
七、I/O接口电路	(60)
八、视频显示	(62)

第三章 监控程序

第一节 监控程序概述	(74)
第二节 监控命令介绍	(74)
一、对监控命令格式的说明	(74)
二、监控命令介绍	(74)
第三节 监控程序分析	(76)
一、监控程序的复位 (RESET) 处理	(76)
二、监控命令处理器	(78)
监控程序的其他功能	(79)
监控程序对第 0 页及第 3 页的使用	(79)
第四节 使用监控程序中的子程序	(83)
一、低解象度绘图	(83)
二、输入	(84)
三、屏幕的清除与游标的控制	(85)
四、文字显示及其内存缓冲区地址计算	(85)
五、输出	(86)
六、其他	(87)
第五节 中文注释的监控程序	(88)

第四章 APPLE 磁盘操作系统

第一节 APPLE 磁盘操作系统概述	(115)
第二节 APPLE 磁盘操作系统的使用	(115)
一、DOS 命令表示法	(115)
二、DOS 命令的语法结构及使用说明	(117)
三、DOS 的错误信息, 产生的原因及处理办法	(122)
第三节 系统主磁盘上几个与磁盘有关的实用程序	(126)
一、COPY 及 COPYA 程序	(126)
二、MASTER CREATE 程序	(127)

第五章 APPLESOFT I BASIC

第一节 APPLE I 的 BASIC 语言概述	(129)
第二节 APPLESOFT 的一些基本概念及其语法规定	(129)
一、行号	(129)
二、数据、变量与数组	(129)
三、数据的运算	(131)
四、多重语句的使用	(132)
第三节 APPLESOFT 的语句及函数	(132)
一、本节所用符号的说明	(132)
二、与系统有关的语句	(133)
三、与编辑及格式有关的语句	(135)
四、数组与字串	(136)
五、输入、输出语句	(137)
六、控制程序执行顺序的语句	(139)
七、绘图及直接模拟量输入语句	(142)
八、高解象度造型及有关语句	(144)
九、APPLESOFT 中的数值函数	(149)
十、自定义函数及可以用它简单派生的函数	(149)
第四节 APPLESOFT 的编辑技巧	(151)
一、与编辑有关的键盘功能	(151)
二、取消程序行	(152)
三、增加程序行	(152)
四、修改程序行	(152)
第五节 APPLESOFT 剖析	(153)
一、APPLESOFT 内存分配及程序与变量的内部存储格式	(153)
二、APPLESOFT 解释程序框图及说明	(161)
三、0 页至 3 页中 APPLESOFT 的一些工作单元的说明	(165)
第六章 主机故障检修	(168)

第一章 APPLE II PLUS 微计算机 系统入门

第一节 APPLE II PLUS 微计算机系统概貌

APPLE II PLUS 微计算机系统可由很多分离设备组合而成。但每个系统至少要有主机和显示器两个部分。APPLE II PLUS 微计算机系统的基本装置包括：主机、显示器、打印机及两个磁盘驱动器。

一、主机

主机由塑料外壳、电源器、主机电路板、键盘及一只 8Ω 小扬声器组成。

打开主机上盖，机箱左侧的金属盒子就是电源器。它能提供出四种稳定的直流电压： $+5V$ ， $-5.2V$ ， $+11.8V$ ， $-12V$ ，并具有良好的保护装置。主机电源开关在电源器后部。

主机箱底部的绿色电路板叫主机板。主机板上大约有 80 个集成电路及一些其它元器件。主机板中部印有 6502 字样的最大一块集成电路，就是 6502 微处理器。6502 微处理器主频是 1.023MHz，即一秒钟内能执行 50 万次加法或减法动作。它有 56 条指令及 13 种寻址方式。其数据总线 8 根，地址总线 16 根。在微处理器正下方，有 6 只外形相同的集成电路，它们是只读存储器 ROM。在 ROM 下面有三排排列整齐的集成电路，其外形相同，共 24 只。它们是随机存取存储器 RAM。在 APPLE II PLUS 系统主机中 ROM 占 12K 字节，RAM 占 48K 字节。主机板后部有 8 个长形接口卡连接槽(SLOT)。每个连接槽可连接一个接口卡，用以扩充主机功能或其它 I/O 设备相连接。8 个长形连接槽从左至右编号分别为 0 至 7 号。

主机键盘利用美国国家标准信息交换码(ASCII)来传递信息。利用该键盘可直接产生 91 个大写 ASCII 字符。表一列出了键盘上的键与和它相对应的 ASCII 字符。键盘通过一条有 16 根导线的扁平电缆同主机板相连。电缆两端均有插头，可直接插入标准 16 脚插座。一端与键盘相连，另一端与主机板键盘插座相连。

二、显示器

显示器分单色显示器(如绿色显示器)和彩色显示器两种类型。

在 APPLE II PLUS 主机板后部右角处，有一个标有“VIDEO”字样的视频插孔。通过这个视频插孔可将主机板产生的视频信号送到显示器。该视频信号符合美国国家电视标准协会规定，即 NTSC 制。它的幅度可由主机板后部右角处的电位器调整到

0~1V。

显示器有三种基本显示方式。

(1) 文字方式(TEXT) 能显示 24 行数字、特殊符号或大写字母, 每行有 40 个字符。这些字符是用 5×7 的点阵组成, 并能以正常(NORMAL)、反白(INVERSE)、闪动(FLASH)三种方式显示在屏幕上。

(2) 低解象度绘图(LOW-RESOLUTION GRAPHICS) 可在 40×48 的方块矩阵内显示出 1920 个彩色方块, 每个方块的颜色可任选, 共 16 种颜色, 方块之间无间隙。

(3) 高解象度绘图(HIGH-RESOLUTION GRAPHICS) 可在 280×192 的点矩阵内显示出 53760 个彩色点。该点的大小与文字显示方式中用以组成字符的点一样。在高解象度绘图方式中, 有黑、白、桔红、绿、蓝、紫 6 种颜色供选择。

表1 键 及 其 对 应 的 ASCII 码

键	单独	CTRL	SHIFT	两者同时
SPACE	\$A0	\$A0	\$A0	\$A0
0	\$B0	\$B0	\$B0	\$B0
1	\$B1	\$B1	\$A1	\$A1
2	\$B2	\$B2	\$A2	\$A2
3	\$B3	\$B3	\$A3	\$A3
4	\$B4	\$B4	\$A4	\$A4
5	\$B5	\$B5	\$A5	\$A5
6	\$B6	\$B6	\$A6	\$A6
7	\$B7	\$B7	\$A7	\$A7
8	\$B8	\$B8	\$A8	\$A8
9	\$B9	\$B9	\$A9	\$A9
: *	\$BA	\$BA	\$AA	\$AA
; +	\$BB	\$BB	\$AB	\$AB
, <	\$AC	\$AC	\$BC	\$BC
- =	\$AD	\$AD	\$BD	\$BD
. >	\$AE	\$AE	\$BE	\$BE
/ :	\$AF	\$AF	\$BF	\$BF
A	\$C1	\$81	\$C1	\$81
B	\$C2	\$82	\$C2	\$82
C	\$C3	\$83	\$C3	\$83
D	\$C4	\$84	\$C4	\$84
E	\$C5	\$85	\$C5	\$85

续表

键	单独	CTRL	SHIFT	两者同时
F	\$C6	\$86	\$C6	\$86
RETURN	\$8D	\$8D	\$8D	\$8D
G	\$C7	\$87	\$C7	\$87
H	\$C8	\$88	\$C8	\$88
I	\$C9	\$89	\$C9	\$89
J	\$CA	\$8A	\$CA	\$8A
K	\$CB	\$8B	\$CB	\$8B
L	\$CC	\$8C	\$CC	\$8C
M	\$CD	\$8D	\$DD	\$9D
N^	\$CE	\$8E	\$DE	\$9E
O	\$CF	\$8F	\$CF	\$8F
P@	\$D0	\$90	\$C0	\$80
Q	\$D1	\$91	\$D1	\$91
R	\$D2	\$92	\$D2	\$92
S	\$D3	\$93	\$D3	\$93
T	\$D4	\$94	\$D4	\$94
U	\$D5	\$95	\$D5	\$95
V	\$D6	\$96	\$D6	\$96
W	\$D7	\$97	\$D7	\$97
X	\$D8	\$98	\$D8	\$98
Y	\$D9	\$99	\$D9	\$99
Z	\$DA	\$9A	\$DA	\$9A
_	\$88	\$88	\$88	\$88
-	\$95	\$95	\$95	\$95
ESC	\$9B	\$9B	\$9B	\$9B

在两种绘图方式显示中，屏幕底部可有四行文字显示。这四行文字将取代低解象度绘图方式显示中最底下 8 行方块，使屏幕显示仅余下 40×40 的阵列；或取代高解象度绘图方式显示中最底部 32 行点，使画面余下 280×160 的矩阵。操作者可采用这种混合的方式，同时显示出文字和图象。

三、接口卡

接口卡是为扩充主机功能或同外部设备接口而制造的专用电路板。它可以插入主机

板后部的连接槽内。一般地说,接口卡可插在任意连接槽内。下面列举一些常见的接口卡。

1. 磁盘驱动器接口卡

它用于主机对磁盘驱动器的控制。习惯插入“6#”连接槽内,可控制两个磁盘驱动器。如果要控制更多的磁盘驱动器,还可在其它槽内插入该接口卡,习惯插在“4#”、“5#”连接槽内。

2. 16K RAM 卡

插入 16K RAM 接口卡后,主机的 RAM 将由 48K 字节扩充为 64K 字节。该卡插入“0#”连接槽内。

3. 打印机驱动卡

用于主机对打印机的控制。习惯插入“1#”连接槽内。

4. 通信接口卡

该接口卡通过一个调制解调器与电话线连接,可使 APPLE II PLUS 系统与远处的电子计算机交换信息。

5. 80 列卡

插入该卡后,能使显示屏幕每行显示字符的数目由 40 个增至 80 个。使用该卡时,显示器所需要的视频信号必须由该卡视频输出端取出,而不是从主机板上的视频输出插座中取出。该卡习惯插入“3#”连接槽内。

6. Z-80 卡

Z-80 卡上有一只 Z-80A 的微处理器。该卡插入后,可将 APPLE II PLUS 系统变成一个 Z-80 系统。Z-80 卡配有 CP/M 操作系统。这样 APPLE II PLUS 系统在 Z-80 卡的配合下就可以使用 CP/M 操作系统支持的各种软件。该卡习惯插入“4#”连接槽。

7. 中文卡

插入该卡后,APPLE II PLUS 就成为中、英文微电子计算机了。它不但可以处理各种字符,还可以处理 23000 个汉字。中文卡习惯插入“3#”连接槽内。

8. PAL 卡

插入该卡后,主机产生的 NTSC 制视频信号将被改变成 PAL 制式,并由 PAL 卡的射频输出端输出。如果同 PAL 制式的电视机天线输入端相连,电视机即成为一个显示器。PAL 卡必须插入“7#”连接槽内。

此外,还有 A/D 卡和 D/A 卡,EPROM 写入器卡, M6809CPU 转换卡, M68000 CPU 转换卡, FAME 8088 卡, 128KRAM 卡, VIDEO-TELEX 卡, RS-232 接口卡, IEEE488 接口卡等百余种接口卡。这些接口卡大大地扩充了 APPLE II PLUS 系统的功能。

四、磁盘驱动器

APPLE II PLUS 系统配置的 $5\frac{1}{4}$ 英寸磁盘驱动器 (DISK DRIVE), 使用单面单密度软磁盘。它与磁带相比, 处理数据的速度快, 可靠性高, 数据存储量也大得多。磁

盘驱动器可通过磁盘驱动器接口卡与主机相连。

五、打印机

打印机(PRINTER)的种类较多。根据打印机的特性,可利用串行接口卡或并行打印机驱动卡将其与主机相连。在主机控制下,打印机能够打出各种字体的字符,也能将数据、表格及图形在打印纸上打出。

六、直接与主机板相连的 I/O 设备

1. 盒式录音机

它可以用来存储程序及数据,由主机存取。在主机板后部右角处有两只外型相同的插座,分别印有“IN”、“OUT”字样。“IN”插座应同录音机信号输出端相连,以便将录音磁带上存储的程序及数据读入主机 RAM 内;“OUT”插座应同录音机信号输入端相连,以便将 RAM 内的程序及数据存储到录音磁带上。“IN”插座所需信号电压幅度为 $1V_{pp}$,”OUT”插座输出的信号电压幅度为 $25MV$ 。

2. 控制摇杆(PADDLE)

控制摇杆由两个按钮、一个摇杆和两只电位器组成。它配有专用的插头,可同主机板上的 GAME 插座相连。通过 GAME 插座,主机最多可以连接四个模拟量输入、三个开关量输入、四个开关量输出及一个选通脉冲输出。

3. 扬声器

主机盒内有一只阻抗为 8Ω 的小扬声器,与主机板相连。在程序控制下,它可发出不同频率的声音。

第二节 APPLE II PLUS 系统使用简介

一、开机

先将主机同显示器连接好,然后打开显示器电源开关和主机电源开关,主机键盘左侧的指示灯将点亮,同时主机内扬声器会发出“嘟”的一声响,这说明主机工作正常。在屏幕上将出现一个闪动着的小方块,通常称它为游标(CURSOR)。它所在的位置就是你要输入字符的位置。

二、系统提示符

通常在游标左侧有一个“*”、“>”或“J”符号,这些符号就是系统的提示符。“*”表示系统处于监控程序管理之下。“>”表示系统能接受整数 BASIC 程序语言。“J”表示 APPLE II PLUS 系统目前能接受的程序语言是 APPLESOFT。

APPLE II PLUS 具有整数 BASIC 和 APPLESOFT 两种形式的 BASIC 程序语言,而在主机内固化的程序语言是 APPLESOFT,所以开机后显示器屏幕上出现的系统提示符应是“J”。

三、键盘的功能

APPLE I PLUS 的键盘看上去同一般打字机的键盘相似。包括有 26 个英文字母键、0—9 的数字键、标准符号键和一些特殊功能键。这些特殊功能键的功能分述如下。

RESET 键 按下该键，APPLE I PLUS 系统将停止正在处理的事，将系统的控制返回到键盘。有些键盘需 **CTRL-RESET** 两键同时按下才能完成 **RESET** 键的功能。

RETURN 键 在键盘上键入字符后，所键入的字符将显示在屏幕上，同时存入主机内存的键盘输入缓冲区。只有按下 **RETURN** 键 APPLE I PLUS 才去识别刚键入的字符。如果输入行合法，它将处理；否则将听到扬声器发出“嘟”的一声，同时屏幕上将显示错误信息。

SHIFT 键 键盘上的某些键的中间和上部标有两个字符。按下 **SHIFT** 键，同时按下标有两个字符的键，键入的将是该键上部的字符。如键入 **SHIFT-3** 两键，屏幕将显示“#”字符。单独按下 **SHIFT** 键显示屏上无显示。

CTRL 键 **CTRL** 是 **CONTROL** 的缩写。同 **SHIFT** 键一样，**CTRL** 键永远与其它键一同使用。许多键与 **CTRL** 键合用，将产生不同的功能。如 **B** 与 **CTRL** 键合用可使 APPLE I PLUS 系统由监控程序管理下转为 **BASIC** 程序管理之下。单独按下 **CTRL** 键，屏幕上无显示。

ESC 键 **ESC** 是 **ESCAPE** 的缩写。使用 **ESC** 键时不用一直按着 **ESC** 键，而是按一下 **ESC** 键后再去按与 **ESC** 键配用的键，例如：先按一下 **ESC** 键，再按 **SHIFT-P**（即 **@**），则显示器屏幕被清除，仅在左上角留有一个闪动的光标。

←键→键 按一下 **←键**（**→键**），光标就会向左（向右）移动一个字符的位置。**←键**所经过的字符，将从内存的键盘缓冲区被清除掉；**→键**所经过的字符，将如同刚刚输入一样被存入内存的键盘缓冲区内。这两个键对更正键入错的字符是很有用的。

REPT 键 **REPT** 是 **REPEAT** 的缩写。如果按下 **REPT** 键（一直按住），再按下其它字符键，这个键的字符将连续地出现在屏幕上，直至放开键为止。**REPT** 与 **←**（**REPT** 与 **→**）键同时按下，可以快速连续向左（向右）移动光标，以消除（重新加入）屏幕上的字符。

四、盒式录音机的使用

使用盒式录音机可以把程序或数据从主机转储到磁带上，也可从磁带上把程序或数据读入主机的 **RAM** 中。读入的步骤如下：

- (1) 将磁带转到存储程序或数据的位置；
- (2) 键入 **LOAD** 命令；
- (3) 按下盒式录音机的 **PLAY** 键，让磁带开始转动；
- (4) 按下主机的 **RETURN** 键。

这时，屏幕上的光标将消失，几秒钟后主机扬声器将发出“嘟”的一声。这时，程序或数据开始存入主机 **RAM** 中了；过了一段时间会再听到“嘟”的一声，同时屏幕上

又重新出现了提示符,这说明程序或数据已存储完,可以关闭盒式录音机了。盒式录音机的音量要调整适当,若音量太小或太大都将在屏幕上显示出错误信息,这时应适当调整音量大小,按上述步骤重新读取。

五、磁盘驱动器的使用

1. 怎样使用软磁盘

将 $5\frac{1}{4}$ 英寸软磁盘有标记的面向上,轻轻推入磁盘驱动器中,再将磁盘驱动器的门关

好。如果要取出软磁盘,必须在磁盘驱动器停止转动的情况下进行。取出的软磁盘应放入保护套中,保存于无阳光照射、无磁性物质的地方。

2. 磁盘操作系统(DISK OPERATING SYSTEM)

磁盘操作系统(简称DOS)是一个控制与磁盘机相关的各种操作的程序。在使用软磁盘之前,必须先把DOS存入主机RAM中。把DOS存入RAM中的动作称作“BOOT DOS”。

(1) 开机时自动把DOS存入RAM内

首先确认磁盘驱动器已连接在第“6*”连接槽的磁盘驱动器接口卡的第一个驱动器连接接点上,然后把系统主磁盘(SYSTEM MASTER DISKETTE)插入磁盘驱动器内,关好门,打开主机及显示器电源开关。这时自启动监控程序将自动引导DOS。几秒钟后磁盘驱动器将停止转动,屏幕上将出现DOS版本号及日期。这说明DOS已存入RAM中了。

(2) 在监控程序系统中把DOS存入RAM中

当显示屏上的提示符是“*”时,把DOS存入RAM中的命令是先按“C600G”再按RETURN键;或者按“6”(磁盘驱动器控制卡所在连接槽的槽号)键,再按CTRL-P键,最后按RETURN键。当磁盘驱动器停止转动时,显示屏上会出现DOS版本号及日期,说明DOS已经存入RAM中了。

(3) 从整数BASIC或APPLESOFT中作BOOT DOS

当系统提示符是“>”或“!”时,BOOT DOS的命令是IN#6或PR#6,再按RETURN键。当磁盘驱动器停止转动时,屏幕上将出现DOS版本号及日期,这说明DOS已经存入RAM中了。

当DOS已经存入RAM中时,即可使用DOS命令进行有关磁盘的操作。例如键入CATALOG再按RETURN键,磁盘驱动器将转动。几秒钟后,屏幕上将显示出磁盘内文件目录。如果要运行某个程序,可根据目录中开头的一个文字是A、I或B键入RUN PROGRAM NAME或BRUN PROGRAM NAME(PROGRAM NAME即运行的程序名),再按RETURN键,该程序就可由磁盘读入RAM内并开始运行。

第二章 APPLE II 硬件分析

第一节 APPLE II 各种机型简述

自 1977 年元月,APPLE II 推出以来至今已几经改良。除 1983 年推出的 APPLE II^e 之外,可分成两个时期的产品:1981 年以前的 NON-RFI 系列及 1981 年以后的 RFI (RADIO FREQUENCY INTERFERENCE 的缩写)系列。NON-RFI 系列编号为 820-0001-XX,XX 是版本代号。由最初只有 4 色高解象画面、没有消色电路、没有开机重置设备的 REV.0 到功能齐全的 REV.1、2、3、4、5、6。在 REV.1~6 中,其电路大致相同,本书均以 REV.1 代表。后来由于 RAM 集成电路价格已相当便宜,因此用于变换不同 RAM 集成电路的跳线插座被去掉了,同时增加了位置编号为 A14 的集成电路 74LS02 来加强文字显示的消色效果(消除文字的彩色边缘),这样改良后的机种称为 REV.7。产品系列号为 820-0044-XX 以后的产品则为 1981 年以后的 RFI 机种,生产到 1983 年元月为止。其编号包括“01”、“C”、“D”。这些改良主要是解决了射频干扰,并未改变电路其它功能。

目前国内引进的 APPLE II 微计算机系统,大都是仿制品。它们介于 REV.1 与 REV.7 机型之间,采用动态 RAM4116 而取消转换 RAM 的跳线插座。在处理文字显示的消色时却又保留了 REV.1 的电路,采用三极管 Q₆ 而没有用编号为 A14 的集成电路 74LS02。此外 ROM 均采用 2716 或 2732 以便于复制。在编号为 E2 的位置上加一只集成电路 74LS02 来处理外部设备接口卡连接槽上的 $\overline{\text{INH}}$ 线。对上述各种改良型的 APPLE II 及仿制品,本章在电路分析时,对其电路的异同均有注明。至于 APPLE II PLUS 与 APPLE II 的区别主要在于主机板上固化软件的不同。前者固化的是 APPLESOFT,后者固化的是整数 BASIC。从硬件角度看,二者没有区别。所以在硬件分析中不再对 APPLE II PLUS 作单独的说明。

第二节 基础知识

一、读者须知及符号说明

在 APPLE II 中使用了许多 TTL 中小规模集成电路,如逻辑门、触发器、移位寄存器、多路选择器、译码器等。本章不再介绍这些集成电路的工作原理,在分析 APPLE II 的原理时会涉及到一些电路图及波形图。对于所涉及的一些集成电路、信号的名称及各种符号的意义,本节将作统一说明。

集成电路的编号是以它们在主基板上的座标位置命名的。主机板的横座标由 1 到 14,

纵座标由 A 至 K (图 1)。集成电路里面的每部分电路,以输出端的接脚号码作为标记。如“触发器 B10—9”是指 B10 内输出信号在第 9 脚处的触发器而言。信号命名法有两种情况:一种信号在 APPLE II 线路图中已赋予了名称,如“LD194”;另一种信号命名法与集成电路命名法差不多,如“信号 C11—4”是指 C11 上第 4 脚处的信号。当一个信号上面有根横线时,(如 $\overline{\text{CAS}}$),是指这个信号为低电平才起作用。对典型的 74LSXX 系列而言,低输出电压小于 0.5V,高输出电压大于 2.7V。输入电压小于 0.8V 则称作低电平,大于 2.0V 则称作高电平,在 0.8V 至 2.0V 之间则称作不定态。输出信号处于高阻抗状态,是指该信号电平会随着与它相联的信号线浮动。所谓三态逻辑(THREE-STATE LOGIC)是指低电平、高电平与高阻抗状态。在分析时序的波形图中所用符号的意义如图 2 所示。

二、6502 微处理器

1. 6502CPU 的内部结构

6502 微处理器(CPU)是 MOS TECHNOLOGY 公司于 1975 年推出的产品。6502 CPU 是根据 MOTOROLA 6800 加以改进设计而成的。它简化了 M6800 中不常使用的指令,从而空出了部分指令码,使得 6502CPU 具有更多的寻址方式(ADDRESSING MODE)。M6800 仅有 7 种寻址方式,而 6502 有 13 种。6502CPU 的内部结构分为寄存器区及控制区两部分。

(1) CPU 内部寄存器

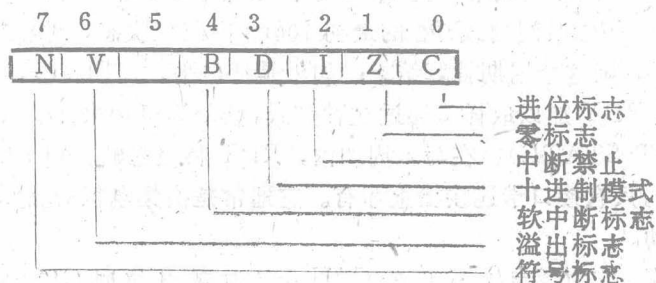
程序计数器 PC 它是 16 位寄存器。由低 8 位 PCL 和高 8 位 PCH 组成。CPU 总是把 PC 中的内容作为地址,从内存中取出一条指令加以译码和执行。PC 中总存有一次要读取的内存的地址。

堆栈指示器 S 它是 8 位寄存器。CPU 6502 固定把内存中第一页的 256 个内存单元设置为堆栈,即把内存第一页按后进先出的方式组织,而 S 始终指向栈顶,利用堆栈可以实现多级中断、子程序嵌套及其他操作。

变址寄存器 X、Y 这是两个独立的 8 位寄存器。在它们内部存有地址偏移量。这个偏移量加上指令中以直接或间接方式提供的基地址,形成操作数的有效地址。这种变址寻址方式为处理数据表等多种类型的程序带来方便。

累加器 A 是 8 位寄存器。在进行算术与逻辑操作时,它的内容始终作为一个操作数。操作结果也存放在累加器中。

状态标志寄存器 P 它是 8 位寄存器,用于寄存运算结果的特征及微处理器的状态。各标志位的功能如下:



当运算结果是负数时 $N=1$ ，是正数时 $N=0$ ；运算结果溢出时 $V=1$ ，没有溢出时 $V=0$ ；程序执行 BRK 指令中断后 $B=1$ ，否则 $B=0$ ；当 $D=1$ 时，ALU 以十进制方式运算； $D=0$ 时 ALU 以二进制方式运算。若不允许中断 (INTERRUPT DISABLE) 时 $I=1$ ，允许中断 $I=0$ ；运算结果是 0 时 $Z=1$ ，否则 $Z=0$ ；运算结果有进位时 $C=1$ ，否则 $C=0$ 。

(2) 算术逻辑单元 ALU 用于执行 8 位算术逻辑运算及数据传送。

(3) CPU 控制器部分 它由指令寄存器、指令译码器、中断逻辑部件、时钟发生器及定时控制电路组成。从内存取来的指令先送到指令寄存器，然后经指令译码器译码，通过定时控制电路产生执行该指令所需要的各种内部及外部控制信号。

2. 6502CPU 的接线图及说明

6502CPU 是 40 脚双列直插式集成电路。其接线图如图 3 所示。

下面介绍 6502CPU 各引线脚的功能：

A_0-A_{15} 是地址总线，输出线，共 16 条。在与内存及 I/O 设备交换数据时，提供 16 位地址信息。可寻址范围为 2^{16} (64K) 个单元。

D_0-D_7 是数据总线，双向线，共 8 条。用于在 CPU 与内存及 I/O 设备之间传送数据及指令。

V_{GG} 电源线，电源电压为 +5V。

V_{SS} 接地线。

Φ_0 输入时钟脉冲信号。

Φ_1 输出时钟脉冲信号， $\Phi_1 = \overline{\Phi_0}$ 。

Φ_2 输出时钟脉冲信号， $\Phi_2 = \Phi_0$ 。在 APPLE I 系统中没有使用 Φ_2 。

$R/\overline{W}$ 读/写 输出控制线。用于控制数据总线上数据的传送方向。高电平为读，此时数据总线上的数据是由外部传送到 CPU；低电平为写，此时

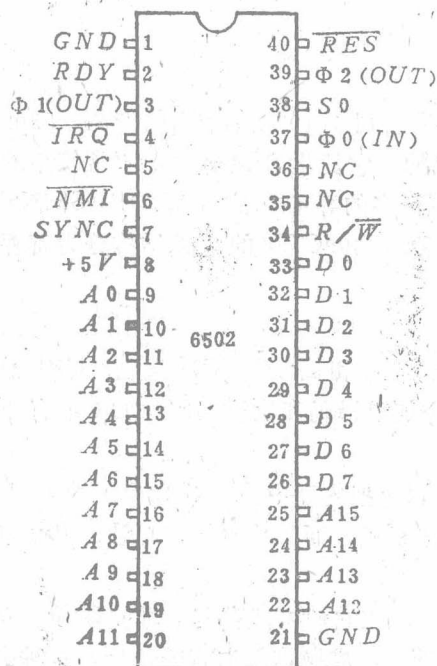


图 3 6502 CPU 接线图

数据总线上的数据是由 CPU 传送到外部。

RDY 准备好输入控制线。当它为低电平时，说明 CPU 所寻址的存储器或 I/O 设备尚未准备好传送数据，并使 CPU 处于等待状态。当传送数据准备好后，它即为高电平，CPU 进入正常工作状态。该控制线用于使 CPU 与不同速度的存储器及 I/O 设备同步。信号 RDY 只可以用于在 Φ_1 时间内或 Φ_2 的最初 100ns 内改变状态。并将在 Φ_2 时间内被取样。如果是高电平，则这个周期就算结束；如果是低电平，周期将被延长，直到下一次的 Φ_2 时间内再对 RDY 加以取样。通过这种方式，RDY 可用来插入整数个时钟周期或等待状态 (WAIT STATE)。在写入周期内，RDY 将被忽略。APPLE I 主机板并没有用到 RDY 线，只有接口卡连接槽上才有。它通常是由集电极开路 (OPEN COLLECTOR) 电路来驱动。

$\overline{RES}$ 复位输入控制线。它为低电位时复位 CPU。它为高电位时 CPU 将内存