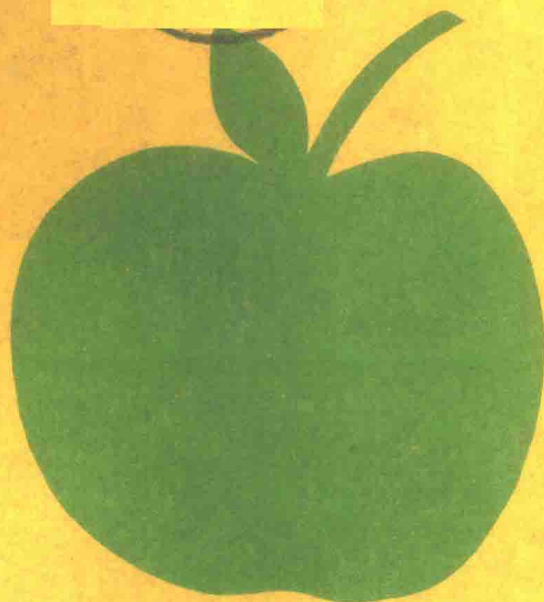


微型计算机 Apple II 的电路分析

THE APPLE II CIRCUIT DESCRIPTION

[美] W. 李智渊 曾家智 译



四川科学技术出版社

微型计算机 Apple II 的电路分析

THE APPLE II CIRCUIT DESCRIPTION

(美) W·盖勒 著

李智渊、曾家智 译

四川科学技术出版社

一九八五年·七月

微机 Apple II 的电路分析

成都市电子研究所《电子报》社

中国软件公司成都分公司

四川科学技术出版社

印刷：四川煤田地质公司印刷厂

发行：四川省新华书店

开本 16 K 印张 10.25 字数 250,000

8 K 印张 11 字数 150,000

1985 年 7 月第一版, 1985 年 7 月第一次印刷

印数：1—30,000 册

序 言

Apple II (苹果 II) 是国际上应用较广泛的微型计算机,也是国内使用得最多的微机之一。据反映,目前最令 Apple II 用户头痛的是“资料难寻”!因为在通常情况下,Apple 机经销商只向用户提供简单的“使用手册”之类,而不供给任何有关 Apple 机的内部构造、电路分析、波形图等资料。因此 Apple 机的功能和应用不能得到充分发挥。对于技术水平不高和应用知识不多的用户,可能由于缺乏这些资料的帮助与诱导而“思路闭塞”,不知扩展。对于技术水平较高的用户,虽知可以对 Apple II 进行改造来满足自己的需要,但也会由于缺乏详细资料而“望机兴叹”,无从下手改造。值得高兴的是,现在终于有了这样一本书,它不但提供了上述有关详尽资料,而且还能启发和扩大用户思维。这本书就是《微型计算机 Apple II 的电路分析》!

这本 Apple II 电路分析,有四大特点值得读者重视和注意:

第一, 本书所收电路十分丰富。从 Apple II 开始生产的原始机型到最新的所有机型的电路均“囊括无遗”,而且对电路的分析又十分全面深入。因此,实际上本书堪称《Apple II 电路分析大全》。

第二, 原书作者 W·盖勒是一位长期在美国硅谷从事 Apple II 的应用开发研究的专家,具有极其丰富的实践经验和理论造诣。尤须指出的是 W·盖勒此书是在 Apple II 公司的支持与赞助下写成的。因此,本书不仅资料丰富内容实用,而且所提供资料也具有可靠性和一定“权威性”。

一个值得指出的事实是,虽然当前国内对 Apple II 做了许多分析工作,但大多都有谬误和不足之处。仅就这点而言,本书的翻译出版便已很有意义和价值了。

第三, 本书所分析的是“一个完整而功能适中的微型计算机系统”。因此,对所有使用和开发微机的人员来说,这本书在帮助他们建立实际的“整机”概念上,都极有裨益。

第四, 为了适应不同水平读者的阅读需要,作者在编写体例和安排上也颇具匠心,他把每一章都分成概述和详细电路分析两个部分。这样,读者便可根据自己的水平和需要来选读其中的部分,从而提高阅读的有效性和针对性。

本书的主要内容概述如下:

1. 讨论了 Apple II 所有型号的主板和键盘电路。
2. 除帮助读者一般性地学习微型机硬件之外,还对 Apple II 硬件部份作了详细的讨论。
3. 提供了大量而精确的电路图和波形图,因此可供维修服务人员准确地加以利用。
4. 对菊花键、中断、直接存储器访问及就绪线等比较深入的内容作了详细的解释。
5. 为搞接口部分的读者提供了许多有价值的资料。
6. 对视频信号、存储器芯片和 6502 微处理器及许多高级的概念作了讨论。

总之,本书对于使用 and 维修 Apple II 以及对它进行开发的软、硬件工程技术人员是难得而必不可少的技术资料。对希望深入掌握微机的读者来说也是一本实用的教材。本书适于从

事计算机设计、应用和维修的工程技术人员、大专院校师生以及有一定水平的业余爱好者阅读，本书也可以作为微机学习班（提高班）的教材。

本考由成都电讯工程学院计算机系李智渊（1—6章）和曾家智（7、8章和附录）译，由李智渊校。

编 者

前 言

本书对Apple II计算机的电路作了详细的说明。具体地说，它包含了主逻辑板的最老到最新的所有型号（即从Rev. 0到RFI Rev. D）的详细说明。同时也包含了目前流行的双板式键盘以及较老的单板式键盘的说明。

本书的读者对象为工程师、技术员、学生以及业余爱好者等。我们力图使本书对普通的或水平较高的读者都具有吸引力。为此，把每一章分成两个部份：概述部份和详细的电路分析部份。读者可以选读其中的某一部份或二者皆读。

本书共有八章。第一章讨论了本书正文和附图中所用的术语和符号。本章还包含了一个术语表。第二章在框图一级对Apple II计算机进行了讨论。

第三章开始作详细的说明。第三章和第四章包括系统时钟和视频电路部份。第五章分析存储器系统。第六章还对4116RAM和6502微处理器作了概述。因此，读者无须事先对这些器件有所了解。

键盘和其它主板上的I/O将在第七章中讨论，而视频显示（图形和正文显示）则属于第八章的内容。Apple机中用了许多电路来产生视频信号。由于这一问题的重要性，附录A将对视频技术作一介绍。

附录B收集了Apple II主板和键盘的全部已知的电路型号。本书的主要部份讨论Apple II的最新型号，而附录B则将讨论所有早期型号和最新型号之间的差别。附录C包含了一套主板和键盘的原理图。这些图包括了所有的型号。本书的末尾还列出了一个参考文献清单。

中译本出版者注：为了便于本书出版和读者查阅方便，我们将原书中标有●号的折页插图集中编成附图册（八开本），因此中译本全书一套连图集共二册，敬请读者注意。

《微型计算机 Apple II 的电路分析》

软件开发必备 硬件维修必备 微机提高班教材

内 容 简 介

Apple II (国内生产型号为“紫金—II”、“福桔—II”、“荔枝—II”)是当前应用最广泛的微型计算机。在使用和开发中,用户最感头痛的是缺乏有关 Apple 机的内部构造、电路分析、波形图等资料。

本书收集的电路和资料极为丰富,它包括了自 Apple II 生产以来的所有机型。因此,这实际上是一本“Apple II 电路分析大全”。本书是在美国苹果公司赞助下编写的,加之作者是长期从事 Apple II 应用开发研究的权威人士,故本书又具有相当的“权威性”。

本书几乎对于所有使用和维修 Apple II 微机的人员都有阅读价值;对于渴望从事 Apple II 机进一步开发的软硬件工程师,则更有指导、参考、启发和实用价值。

本书译自:

《The Apple II Circuit Description》
by Winston Gayler, 1983 Howard W.
Sams & Co., Inc., USA

第 一 章

引 言

你曾经想过要了解你的Apple I计算机的详细电路的工作情况吗？也许你正在设计外围或作改进。或许你正在修理Apple机。或许你正对它是怎样工作的这一点感到很有兴趣。

本书以作为了解Apple I硬件的一个练习开始。最初的目标是评价或设计改进电路。但很快我们就看出，所得的信息对其它方面也很有用。于是，写一本书的计划就提出来了。

本书的内容包括详细的电路描述及主板电路和Apple I键盘的分析。在这个介绍性的第一章中，我们介绍了本书的结构，并且解释了某些要用的术语和符号。

读 者

本书的读者为工程师、技术员，学生和认真的业余爱好者。工程师或业余爱好者可使用这些说明和时间关系图来作为设计外围和作改进的预备步骤。维修技术员可使用时间关系图和原理图来帮助检修故障。波形图对用示波器来检修故障特别方便。学生可以使用Apple I作为实际电路设计的例子。这里还介绍了在许多情况下藏在设计背后的理由。所有的读者都可以使用这些说明来更好地了解Apple I是如何工作的。

各章的组织

第二章是Apple I主板方框图的描述。在这一章，我们介绍了各种不同功能电路块的名字。如“地址多路转接器”和“视频地址发生器”等。第二章讨论了电源(电路已经简化)。

第三章到第八章构成本书的主要部份，每一章都包含电路的一个功能部份并详细研讨之。每一章又被分成两个部份：概述和详细的电路分析。概述部份介绍电路的概念，并且常常包括方框图和简化的时间关系图。如果对你来说那些材料是新的，你可能只要读一下概述就行了，到你需要特定的细节时，你才需要去研究电路的详细分析部份。在另一种情况下，你或许已经熟悉Apple I的硬件，你就可以越过概述而直接跳到详细的电路分析部份去。

第三章介绍了主振荡器，时钟发生器，及视频地址发生器的水平部份。对数字电路来说，时钟总是重要的，且由于他们与视频电路的相互影响而在Apple I中特别重要。

第四章通过介绍视频地址发生器的垂直部份而使之得以完整。这一章也包括了视频同步，消隐和色同步脉冲。

Apple I的随机存贮器是由微处理器和视频发生器所共享的。第五章涉及这个共享的访问方案。该章也包含对动态RAM(随机存贮器)的介绍。

第六章从介绍6502微处理器的硬件开始。然后，本章介绍用在Apple机中的所有6502周

期类型。包括读周期、写周期、RAM周期、ROM周期、I/O周期、键盘周期、中断及DMA（直接存储器访问）。

第七章介绍了Apple II的主板上的（On-board）I/O设备，如盒式磁带I/O、游戏I/O及扬声器等。这一章也包含当前流行的双板（two-piece）键盘的电路介绍。

第八章介绍视频发生器。在这一章中你将学到正文LORES及HIRES如何由在软件控制下的硬件产生。

附录A是视频信号技术的入门，如果你不熟悉如同步、消隐和色同步脉冲这样一些视频信号，那么你可能要读一下附录A。这样作会帮助你对第三、四和八章的了解。

附录B包括Apple II电路的各种型号。现在可用的大多数电路（RFI主板，型号D）包括在本书的正文之中。回溯至最早期Apple II（型号0）的各种电路的更改，则包括在附录B中。该附录也包含那些信号（与早期型号不同）的修改了的波形图。老式的单板式（Single-piece）键盘的电路介绍也包含在附录B中。

附录C包含Apple II所有型号用的原理图。附录D有一个按章排列的参考资料清单。

读者应该知道的东西

作为本书的读者，你应当熟悉诸如门、触发器、移位寄存器，和多路转接器这样一些TTL（晶体管——晶体管逻辑）。在阅读过程中，你可能要有一本像参考书1.2.那样的TTL数据手册。你不一定熟悉4116RAM或6502微处理器。在第五和第六章的专门章节中，将讨论这些器件。但是你应当有微处理器和微型计算机结构学的基本知识。当然，你应该熟悉二进制和十六进制计数系统。

说到你的Apple II背景，你应当熟悉Apple II Reference Manual（Apple II参考手册，参考文献1.1）。

各种型号

因为Apple II是在1977年推出的，现已有几种电路的型号。在附录B中详细讨论了这些型号。这里我们简单归纳一下这些改变了的地方，并且建立一个术语表为本书各处使用。

有两种类型的Apple II主板：Non-RFI（早期的主板）和RFI（为减小射频而设计的新主板）。

Non-RFI 主板具有部件号820-0001-xx，其中xx是型号。第一个non-RFI主板是型号0；我们将简单地称之为型号0（Rev.0.）。它仅有四个HIRES颜色。型号0还缺少消色器以及上电复位电路。

继之而来的是型号1，它加了两个HIRES颜色（至此总共有六个颜色）。型号1也加上了消色器和上电复位电路，并且作了一些别的小改动。型号2、3和4具有与型号1相同的电路。在本书中，我们用型号1将它们包括在内。

下一个重要的更改出现在型号7——存储器转接方框被取消了，并且字符发生器IC（集成电路）也作了更改。

另一个重要的更改出现在换成RFI主板的时候。这一个主板的部件号为 820-0044- $\times\times$ ，其中 $\times\times$ 是型号。到此为止，这一块板的所有型号（直到型号D）都具有相同的功能电路。我们简单地称之为RFI。

部件号可以在主板的左边或在6502IC的下面找到。参见附录B，可得到更多的细节。概括起来，主板部件号与我们所用术语的对应关系示于表1—1。

表 1-1 主板部件号与型号间的对应关系
Table 1-1. Mapping From Mother Board Part Numbers

	Part No. 部件号	Revision
Non-RFI	820-0001-00 型号	Rev. 0 型号
	820-0001-01 820-0001-02 820-0001-03 820-0001-04	Rev. 1 型号
	820-0001-07 & up	Rev. 7 型号
	820-0044-01 820-0044-C 820-0044-D	RFI

集成块和信号的命名法

在主板上的集成块，由它们在X-Y栅格上的位置来标明。在板的左边，栅格座标由字母A到字母K所组成；在板的前边，由数字1到数字14所组成（图1—1*）。在一个集成块中，单独的门或电路部份就用那个门的输出引出线编号来指明。例如，书中提到的“flip-flop B10—9”即指位于座标位置B10的集成块内的触发器，这一特定的触发器的Q输出是引出线9。

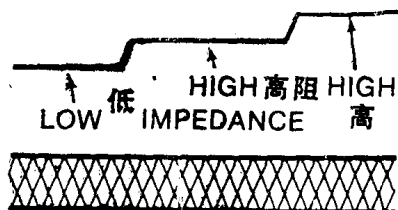
信号使用类似的命名法。例如，信号“C11—4”是指在集成块C11的引出线4上的信号。在Apple机的图纸中，已给某些信号取了名字，“LD194”即是一例。当信号名的上方有一小横线的时候（例如 $\overline{\text{CAS}}$ ），它的意思是说该信号低电平有效。所有的信号名都用大写字母印出。

波 形

当我们说一个数字信号为低电平的时候，我们的意思说指它大概在0伏左右。当一个数字信号为高电平的时候，我们的意思是说它大约为4或5伏。精确的电压电平是随着逻辑电路的种类、负载和电源电压而变化的。对一个典型的逻辑电路74LS $\times\times$ 来说，低输出小于0.5伏，高输出大于2.7伏。同一个类型的逻辑电路接受小于0.8伏的低输入信号，大于2.0伏的高输入信号。在0.8伏和2.0伏之间的输入信号将导致一个不定的状态。

当我们说一个数字集成块的输出信号为高阻态时，我们的意思是说集成块既未驱动信号线，也没有给信号线加上可观的负载。高阻态是三态逻辑电路的第三态，这三态为：低、高和高阻态。有时，我们称高阻态为开态。三态集成电路的开态，允许其它的集成电路接通并驱动公共信号线。

数字的波形没有被画到垂直刻度上。代之，这三种可能的状态被描述成如图 1—2 的顶端所示的那样。这一个图的其余部份画出了在状态间转变时所用的符号。



THE THREE LOGIC STATES
三个逻辑状态

· INDETERMINATE STATE (i.e., GARBAGE)
· 中间态 (即无用数据)



SIGNAL GOES LOW SOMETIME BETWEEN
A AND B
信号在 A 和 B 之间的某个时候变低



SIGNAL GOES HIGH SOMETIME BETWEEN
C AND D
信号在 C 和 D 之间的某个时候变高



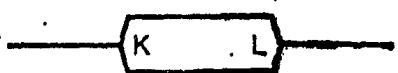
SIGNAL GOES FROM STABLE TO HIGH IMPEDANCE
SOMETIME BETWEEN E AND F
信号在 E 和 F 之间的某个时候从稳态变为高阻态



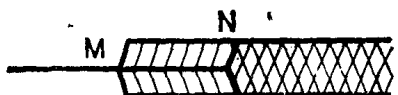
SIGNAL GOES FROM HIGH IMPEDANCE TO STABLE
SOMETIME BETWEEN G AND H
信号在 G 和 H 之间的某个时候从高阻态变为稳态



SIGNAL IS STABLE BETWEEN I AND J,
INDETERMINATE ELSEWHERE
在 I 和 J 之间信号是稳定的, 别的地方为中间态



SIGNAL IS STABLE BETWEEN K AND L, HIGH
IMPEDANCE ELSEWHERE
在 K 和 L 之间信号是稳定的, 别的地方为高阻态



SIGNAL GOES FROM HIGH IMPEDANCE TO
INDETERMINATE SOMETIME BETWEEN M AND N
信号在 M 和 N 之间的某个时候从高阻态变到中间态



SIGNAL GOES FROM HIGH IMPEDANCE TO HIGH
SOMETIME BETWEEN O AND P
在 O 和 P 之间的某个时候信号从高阻态变到高电平



POSITIVE-GOING GLITCH 正尖峰

图 1-2 数字电路的波形符号
Fig. 1-2. Digital waveform symbols.

研 究

本书的研究由两个主要步骤组成：文章分析和实验室验证。在第一个步骤中，分析设计图以弄清楚电路的工作和波形图。在第二步，在实验室中用频率计数器、示波器、逻辑分析仪和光笔记录仪等这样一些设备来加以验证。

这两个研究步骤首先在型号3的non-RFI Apple I上实现。后来，型号0、型号7和RFI Apple机的流行，使这些型号的独特波形可以被检验。单板式和双板式键盘二者的工作和波形也被确认了。于是，本书中所介绍的一整套Apple I波形就都已在实验室里验证过了。

术语汇编

ac——交流

存取时间 (access time)——从访问存储器IC

(具有地址和时钟的) 到输出线的数据变为稳定所需的时间。

高电平有效 (active high) ——高电平代表逻辑1。

低电平有效 (active low) ——低电平代表逻辑1。

AN——信号器 (Annunciator)。

结构 (architecture) ——方框图。

ASCII——美国信息交换标准代码。是一种为计算机和外国设备所用的公共的7或8位代码。

消隐 (blanking) ——在回扫时切断扫描电子束的视频信号部份。

蝴蝶结形连接 (bow tie) ——蝴蝶结形的印制板箔片结构，切断以断开线路。

缓冲器 (buffer) ——一个简单的逻辑元件，用来增加信号所能驱动的门的数量。

色同步脉冲 (burst) —— (见彩色同步脉冲)。

总线 (bus) ——连到若干电路元件的一组公共信号线。

字节 (byte) ——八个二进制位。

CAS——列地址选通 (选通进入4116RAM的纵列地址)。

时钟 (Clock) ——一个重复的数字信号，其前后沿用来驱动计数器和触发器。

CLR——清除。

彩色同步脉冲 (Color burst) ——3.579545兆赫信号的大约九个周期，出现在紧跟着水平同步脉冲的组合视频信号内，用来同步电视接收机中的彩色电路。

消色器 (Color killer) ——彩色电视机中的一种电路，当接收黑白信号时，它使彩色电路无效。其目的是消除由黑白图象引起的彩色干扰和色泽。在Apple I中，还有一个用来消除正文模式中的彩色同步脉冲的电路。这就允许消色器在相连的电视机中起作用。

组合逻辑电路 (Combinatorial logic) ——仅仅由门电路组成的逻辑电路。

互补 (Complement) ——两状态逻辑中的相反状态。

组合电视信号 (Composite Video) ——除图象信息外还包括同步和消隐信息的视频信号。

CRT——阴极射线管；通常监视器或终端都包含一个阴极射线管。

CTRL——控制。

德摩根定理 (DeMorgan's Theorem) ——指出 $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$ ，以及 $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ 。

dc——直流。

DMA——直接存贮器存取；外围设备不通过微处理器直接访问系统内存的能力。

多余态 (don't care) ——其逻辑状态不影响电路工作的信号。

动态的 (dynamic) ——依赖于连续的时钟信号或适当操作的序列。

EPROM——可擦可编程的只读存贮器。

均衡间隔 (equalizing interval) ——视频波形的一部份，它刚好在垂直同步脉冲的前面和后面。

下降边 (falling edge) ——信号从高到低的跃迁。

FCC——联邦通讯委员会。

铁氧体磁芯 (ferrite bead) ——磁性材料的环或柱，其上绕有导线以作成电感。

取 (fetch) ——从存贮器读数据。

场 (field) ——由电子束在阴极射线管 (CRT) 荧光屏上所作的一次完整的扫描。

固件 (firmware) ——在ROM中执行的软件。

标志 (flag) ——存贮一个二进制状态的位或信号，诸如通或断，就绪或未就绪，置1或清0等。

帧 (frame) ——由扫描电子束在CRT的荧光屏上所显示的一个完整的图象，可能由一个以上的场组成。

无用数据 (garbage) ——那些处于中间或不稳定状态的数据。

小尖峰 (glitch) ——在逻辑信号中，一个通常短暂的和不希望的电平变化。

高 (high) ——大约4伏的数字信号电压。

高位 (high-order) ——二进制数中代表较大值的位。

HIRES——高分辨率。

保持时间 (hold time) ——在时钟信号上升下降边之后的时间，在这段时间里输入到触发器或其它与时钟有关的集成电路的输入数据，必须保持稳定。

色调 (hue) ——彩色色泽 (红，蓝等)。

Hz——赫 (每秒的周期数)。

IC——集成电路。

INH——禁止 (Inhibit)。

隔行扫描 (interlace) ——将两个以上的场的各行交织在CRT荧光屏上，以产生一个视频帧的方法。

I/O——入/出。

IRQ——中断请求 (Interrupt request)。

K或k——千 (当同欧姆，赫等一起用时乘1000，而对存贮单元等则乘1024)。

KBD——键盘 (keyboard)。

LORES——低分辨率 (Low Resolution)。

低 (low) ——约为0伏的数字信号电压。

低位 (low-order)——二进制数中代表较小数值的位。

LSB——最低位 (Least Significant bit)。

亮度 (luminance)——彩色视频信号的亮度或者黑白部份。

M——兆。

屏蔽 (mask)——置之不顾。

主板 (mother board)——主逻辑印制板，外围板都插在其上。

mS——毫秒 (0.001秒)。

MSB——最高位 (Most significant bit)。

负为真 (negative true)——低电平代表逻辑 1。

NMI——不可屏蔽中断 (Non-maskable interrupt)。

非隔行扫描 (non-interlaced)——是一种视频技术，其中每一帧由一场组成；亦即场和帧是相同的 (参见隔行扫描)。

不可屏蔽的 (non-maskable)——不可被忽视的。

nS——毫微秒 (10^{-9} 秒)。

off——三态逻辑中的高阻态。

on——三态逻辑中的低阻态 (0 或 1)。

op code——操作码；指令的第一个字节。

集电极开路 (open collector)——具有两个状态〔低 (大约 0 伏) 和高阻〕的逻辑输出。

过扫描 (overscan)——由于电子束扫描超出 CRT 荧光屏之外而引起的图象信息丢失。

PC——印制板 (Printed circuit)。

PDL——桨 (Paddle)。(实际上是控制电位器的操纵柄，但译为“桨”意义抽象一些，对处理后文中的“桨值”等类似的术语似较好——译注)

周期 (Period)——频率的倒数。

Pixel——像素。

正为真 (Positive true)——高电平信号代表逻辑 1。

PROM——可编程的只读存储器。

RAM——随机访问存储器。

RAS——行地址选通 (Row address strobe 选通进入 4116 RAM 的行地址)。

RDY——就绪 (Ready)。

刷新 (refresh)——通过加连续定时信号于集成电路，使动态 RAM 的数据内容保持在正确数值上的一种方法。

REPT——重复 (Repeat)。

RES——复位 (Reset)。

回扫 (retrace)——在显示一行后，扫描电子束回到 CRT 的左边。在显示一场后，电子束回到 CRT 的顶端亦属此种情况。

RF——射频 (Radio frequency)。

RFI——射频干扰 (Radio-frequency interference)。

上升边 (rising edge)——信号从低到高的转变。

ROM——只读存储器。

R/W——读/写。

饱和 (saturation)——用在两种情况：(1) 视频信号中彩色的强度 (红色比粉红色较饱和)；(2) 线性器件的状态 (如运算放大器) 超出其线性范围。

锯齿 (serration)——在垂直同步脉冲内的几个窄脉冲之一。在垂直同步脉冲期间用它们来保持水平同步。

建立时间 (setup time)——在时钟信号边之前的时间,在这一时间内输入到触发器或其它与时钟有关的集成电路去的输入数据必须是稳定的。

Soft 5——拉高到TTL高电平。

软开关 (Soft Switch)——一个可以在软件的控制下置位或复位的寄存器。然后该寄存器起着一个控制硬件的开关作用。

焊盘 (solder pad) 一种印刷板的箔片结构,有一些转接线焊在其上。

STB——选通 (Strobe)

副载频 (subcarrier)——调制主载频的载频。副载频本身又被要传输的信息 (如视频信号中彩色信息) 所调制。

SW——开关 (Switch)。

sync——同步 (Synchronization)。

收发器 (transceiver)——双向的缓冲器。

TTL——晶体管—晶体管逻辑。

UART——通用的异步接收/发送器。

V——伏。

V_{be}——晶体管基极和发射极之间的电压;对正向偏置的硅晶体管大约为0.6伏。

等待状态 (wait state)——向微处理器的正常存储器周期插入的一个额外的时钟周期;用来供给外围设备一个较长的访问时间。

\$——指示为十六进制数,例如: \$COFF。

μS——微秒 (10⁻⁶秒)。

φ——相。

+——逻辑或。

•——逻辑与。

-——逻辑非。(A = NOT A)。

第 二 章

Apple II 的 框 图

本章将在方框图一级描述Apple II。对大多数读者来说,这些材料多半不是新东西。但为了复习,读一下这一章或许还是有用的。当然,如果你读了这些材料,我们就有把握在后面的章节使用共同的语言。

我们将讨论图中的每一个方块,以及贯穿Apple机的几个主要的计算机功能的信号通路。Apple II的方框图如图2—1*所示。

基本的体系结构和总线

乍一看起来,Apple II的基本体系结构就像是一个标准的单板微型计算机。但是,它有几个很重要而不一般的特点,在下面我们将要提到它们。

微处理器

Apple II的核心是6502微处理器(图2—1*中的A)。6502是一个8位的微处理器。这就是说,它是以8位为单位(或者说是一个字节)来对数据进行操作。6502可以对64K字节的存储器进行直接寻址。这样,它输出一个16位的地址。

I/O操作在6502中是以存储器映射的方法进行的。没有那种在某些微处理器(像8080这样的)所提供的单独的I/O地址空间。除了8条数据线和16条地址线之外,还有各种各样的时钟和控制线连到6502。下面将简短地进行介绍。

总 线

在Apple II中有三种主要的总线:16位地址总线,8位数据总线,以及控制总线。这些总线在计算机内的各个地方穿来穿去,并且出现在8个外围设备I/O接插件上。

地址总线——由6502来的16条地址总线,由一个三态驱动器(图2—1*B)予以缓冲,然后再驱动地址总线。从控制总线来的信号 $\overline{DMA}$ 可以将这个驱动器断开(转到高阻态)。 $\overline{DMA}$ 的功能将予以简短地说明。

数据总线——在读周期内,从6502来的8条数据线由收发器C予以缓冲,然后它再驱动数据总线。在读周期内,R/W(读/写)信号将收发器C的驱动方向倒转过来。这就允许由数据总线来的数据传送到6502去。

控制总线——主要的控制总线信号是中断、就绪、复位、读/写， $\overline{\text{DMA}}$ 及时钟线。有两条中断线允许外围设备通知6502，让6502知道这些外设需要它的立即关照。这些线中的第一条为 $\overline{\text{IRQ}}$ （中断请求）。6502可以有选择性地不响应（屏蔽时）它。第二条中断线是 $\overline{\text{NMI}}$ （不可屏蔽中断）。它不可以被无视；6502一定要对 $\overline{\text{NMI}}$ 作出响应。

就绪线允许“慢速”外围设备在它们取数据和将数据放到总线上时暂时停止6502。复位线允许连到它上面的任何设备对连到复位线上的所有其它设备进行复位（初始化）。

我们已经提到了R/W线。其作用是控制数据总线上数据传输的方向。使数据可由存储器或I/O设备读入到6502，或者使数据从6502写到存储器或I/O设备。

直接存储器访问（DMA）系指外围设备直接同系统存储器交换数据，而不需要先通过微处理器发送数据的这种能力。在DMA周期中， $\overline{\text{DMA}}$ 线断开总线驱动器B，使得DMA设备可以将自己的地址置于总线之上。在DMA周期内，收发器C也不驱动数据线。这使得该总线空出来，为在DMA设备和系统存储器之间传输数据之用。

时钟——对控制总线上的数据和地址传送的时间关系来说，系统时钟是一个关键。时钟也被用在Apple机的各处，用来产生视频信号即为一例。时钟来自晶体振荡器D。时钟发生器T用它的大约14兆赫的输出来产生若干系统时钟。这些时钟之一（在大约1兆赫）提供给6502。6502用这个1兆赫的时钟来定时地对总线的访问。存储器和I/O设备，使用同一时钟来使它们的总线访问与6502同步。

读或写操作，可以在1兆赫时钟的一个周期中产生。当6502正在运行一个程序时它执行着该程序的单条的指令，每一条指令在整数个时钟周期内完成。在每一个时钟周期内，6502要么写到总线去，要么从总线读入，或者执行内部操作。每一条指令由这些类型的周期混合组成。最短的指令是两个时钟周期，而最长的为7个时钟周期。

6502、总线、以及像中断和DMA这样一些题目将在第六章讨论。时钟发生器将在第三章讨论。

存储器

在Apple I的主板上，提供了两种类型的存储器：ROM（只读存储器）和RAM（随机访问存储器）。主板可包含多达12K字节的ROM以及多达48K字节的RAM。

ROM

在主板上可以设置多达六个2K字节的ROM（E）。地址译码器F对地址的高位进行译码，对六个ROM提供单独的片选线。地址的低位直接连到ROM。在ROM的读周期内，ROM的数据输出直接加到数据总线上。图2-2*示出了在一个ROM读周期内，贯穿Apple机的主要地址和数据通路。ROM周期将在第六章详细讨论。