

Apple II 微型计算机电路解说

Winston Gayler 著

吴兆熊 译 杜芝君 校

科学技术文献出版社重庆分社

内 容 简 介

本书介绍Apple II微型计算机的硬件知识及工作原理,它有下列五大特色:

囊括了该机主电路板和键盘的各次修改电路;

提供了正确的电路图及精确的波形图,这些图表是现有的其它有关书籍中所没有或不完整的;

解释了顺序链、中断、直接存储器存取和准备线等新概念。

文字叙述与图表、波形相结合,通俗易懂,

每章分成简介和详细电路分析两大部分,前者供初学者阅读,后者供深入钻研学习。

本书适合中等以上院校师生教学和学习微型计算机课程的参考书,Apple机训练班教材,对从事微型计算机工作的工程技术人员及自学者亦是一本理想读物。对Apple机用户,本书更是一本必备的工具书,它有助于您维修和排除机器故障,有助于您开发新的应用。

Apple II 微型计算机电路解说

吴兆熊 译 杜芝君 校

科学技术文献出版社重庆分社 出版

重庆市市中区胜利路91号

新华书店重庆发行所 发行

科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 10 字数: 25万

1985年7月第一版 1985年7月第一次印刷

科技新书目: 99-248 印数: 18000

书号: 15176·576 定价: 2.40元

2000132

序 言

本书是Apple II（苹果II）微型计算机电路原理的详细说明书。具体而言，其中收集了从最早到最近经过多次修改后的所有主逻辑电路板（Rev.0到RFI Rev. D），以及流行的双片键盘和老式的单片键盘。

本书可供工程师、技术人员、学生和业余爱好者阅读。作者尽力使其既能供技艺水平很高的人阅读，也适于只具有基本知识的初学者。为此，把每一章都分成简介和详细电路分析两个部分；读者可选读其中之一，或两部分都学。

全书共分八章。第一章讨论全书的正文和图形中使用的专门用语和符号，章末还给出术语汇编。第二章利用框图来说明Apple II的工作原理。

从第三章开始对电路作详细说明。第三章和第四章的内容包括系统时钟信号和部分视频电路。第五章解释存贮系统。第六章研究6502微处理器和系统总线。第五章和第六章，要简单介绍4116 RAM和6502微处理器。因此，即使在此之前读者对这些器件一无所知，也能读懂这些章节。

第七章讲解键盘和板上其它的输入/输出电路。视频显示（图形和文字）属于第八章的内容。在Apple机中，有大量电路用于产生视频信号。鉴于这个论题的重要性，附录A介绍了图象显示技术的基础知识。

附录B汇集了所有已知的Apple II主电路板和键盘的各次修改电路。本书正文讲解的是刚刚修改过的Apple II电路；附录B描述了最新的Apple II电路与早期的各次修改电路的不同之处。附录C是一套主电路板和键盘的电路图，各次修改后的电路图均包括在内。书末附有参考文献。

Winston D. Gayler

编者注：本书中，凡图号后附有一星号“*”者均附于书末。

目 录

第一章 绪论	(1)
读者对象(1)各章内容安排(1)读者应具备的基础知识(2)历次电路修改情况	
(2)集成电路和信号的专用代号(3)信号波形图(3)学习方法(4)术语汇编(5)	
第二章 Apple II 微型计算机的框图	(9)
基本结构和总线(9)存贮器(12)输入/输出电路(12)视频信号(16)电源(17)	
小结(19)	
第三章 时钟信号发生器和水平时序	(21)
简介(21)详细电路分析(22)小结(28)	
第四章 视频时序	(29)
简介(29)详细电路分析(30)小结(33)	
第五章 存贮系统	(35)
4116动态RAM(35)简介(36)详细电路分析(39)小结(47)	
第六章 6502微处理器和系统总线	(48)
简介(48)详细电路分析(52)小结(65)	
第七章 板上I/O设备	(68)
简介(68)详细电路分析(70)小结(80)	
第八章 视频显示	(81)
简介(81)详细电路分析(94)小结(107)	
附录A 图象显示技术	(108)
图象显示技术基础(108)广播标准(109)彩色(110)过扫描(111)小结(112)	
附录B Apple机历次电路修改情况	(114)
修改过程简介(114)详细电路分析(115)	
附录C Apple II 机的电路原理图	(125)
电路的历次修改(125)符号(125)图纸来源(126)	
附录D 参考文献	(127)

第一章 绪 论

你是否曾想了解Apple II微型计算机的详细的电路工作原理(Apple和Apple II是Apple计算机公司的注册商标)? 有此愿望也许是出自想设计某种外围设备, 或者是想对该机的电路作某些改进, 也有可能是出自想维修Apple机, 或者可能只是对该机的工作原理感到好奇。

本书的编写最初打算作为了解Apple II机硬件的原理的读物, 初始的目的是对电路修改方案进行设计或评价。但不久就明白了, 所收集的资料对其它方面也有用处, 因此就扩大了本书的编写计划。

结果, 本书包括了Apple II机的主电路板和键盘的详细电路说明和分析。本章介绍全书的安排, 以及讲解书中所用的术语和符号。

读者对象

本书打算供工程师, 技术人员, 学生和对微型计算机感兴趣的爱好者们阅读。工程师和爱好者可利用书中的说明和时序图, 作为设计外围电路或进行电路改进的借鉴。维修技术员可利用时序图和电路图来帮助查找故障。藉助示波器查找故障时, 利用波形图是特别方便的。学生可用Apple II机作为练习电路设计的范例, 从中往往可发现设计者的意图。各方面的读者都可通过阅读本书, 来更好地理解Apple II的工作原理。

各章内容安排

第二章是Apple II机主电路板框图的说明。在这章里将要介绍各功能电路块的名称, 如象“地址多路转换器”和“视频地址发生器”等。第二章还通过简化电路, 讨论了Apple机的电源。

第三章到第八章是本书的正文。每一章都针对电路的一个基本部份进行详细的讨论。各章的内容还分为电路简介和详细电路分析两部份。简介阐述电路的梗概, 往往还附有框图和简单的时序图。如果读者对本书内容较为生疏, 可以暂时放过“电路详细分析”部份, 只读“简介”部份; 直到你感到需要时, 再回过头去阅读“电路详细分析”部份的内容。另一方面, 如你已经熟悉了Apple II机的硬件, 则可跳过“简介”部份, 直接阅读“电路详细分析”部份。

第三章介绍主振器、时钟信号发生器和视频地址发生器的水平部份。在数字电路中, 时钟脉冲是很重要的; 而在Apple II中, 由于时钟脉冲和视频电路的相互影响, 其地位就尤为重要。

第四章介绍视频地址发生器的垂直部份。至此, 视频地址发生器就全部讲解完毕。在这章内还介绍了视频同步、消隐和色同步信号。

在Apple II中, 随机存取存储器是由微处理器和视频信号发生器共享的。第五章讲解这种共用的存取电路。本章还介绍了4116动态RAM(随机存取存储器)的基本原理。

第六章首先介绍6502微处理器硬件的基本知识，然后讲解Apple机采用的各种6502周期类型，包括读周期、写周期、RAM周期、ROM（只读存储器）周期、I/O（输入/输出）周期、键盘周期、中断和DMA（直接存储器存取）。

第七章讲解Apple II板上I/O设备，如象盒带机I/O、游戏机I/O和扬声器等。在这章中还讨论了流行的双片键盘电路。

视频信号发生器在第八章中讲解，在这章中，读者将掌握TEXT（文本信息）、LORES（低清晰度）和HIRES（高清晰度）图象信息如何由软件控制下的硬件来产生。

附录A介绍图象显示技术的基本知识。假如读者对诸如同步、消隐和色同步脉冲之类的视频信号不熟悉，就有必要读一读这些内容，这可帮助读者加深对第三、四和八章内容的理解。

附录B的论题是Apple II机历次电路修改的情况。本书正文中叙述的是通用的最新电路（RFI主电路板，Rev.D）。附录B则包括从最早Apple II电路（Rev.0）以来的历次电路修改，还有因电路修改而有变化的信号波形图。附录B对老单式片键盘电路也作了说明。

附录C囊括了Apple II机历次修改后的电路图。

各章的参考文献，列于附录D中。

读者应具备的基础知识

本书的读者应该熟悉如象门电路、触发器、移位寄存器和多路转换器之类的TTL电路（晶体管-晶体管逻辑电路）。在阅读本书时，读者手边应准备一本如参考文献1.2所列的那类TTL数据手册。读者不熟悉4116 RAM或6502微处理器没有什么关系，因为在第五和第六章中有专门的篇幅来介绍这些器件。尽管如此，读者还是应该有一些微处理器和微型计算机结构方面的基本知识。当然还应该熟悉二进制计数制和十六进制计数制。

与Apple机有关的背景材料，读者可参阅《Apple II参考手册》（参考文献1.1）。

历次电路修改情况

Apple II机自1977年问世以来，已进行了多次电路修改。附录B将对此作详细介绍。这里只对其变革过程作一扼要介绍，并规定在本书中将要用到的有关电路修改的专用代号。

Apple机的主电路板有两类：Non-RFI和RFI。前者是无射频干扰防护电路的早期主电路板，后者是有射频干扰防护电路的新式主电路板。

Non-RFI主电路板的部件号是820-0001- $\times\times$ ，其中 $\times\times$ 是指修改次号。最早的Non-RFI主电路板的修改次号定为0，书中简称为Rev.0。这种类型的主电路板只有4种高清晰度的彩色图象，也没有消色器和上电复位电路。

接下来是Rev.1电路，它增加了两种高清晰度的彩色图象（这时总数为6），还增加了消色器和上电复位电路，并进行了其它一些小的变革。Rev.2、3和4型电路和Rev.1型相同，本书中把它们归入Rev.1型。

Rev.7型电路有了重大改进——取消了存储器跨接线座，改换了字符发生器的集成电路。

紧接而来的重大变革是在RFI主电路板上设置了开关。这类电路板的部件号是820-0044- $\times\times$ ，其中 $\times\times$ 为修改次号。迄今所有这类RFI电路（直到Rev.D），都有相同的功能电

略，并简称为RFI。

部件编号不是印在主电路板的左边沿，就是印在6502集成块的下面。更详细的内容参阅附录B。概括起来，主电路板部件编号和本书中电路修改次号间的对应关系，如表1-1所示。

表 1-1 主电路板部件号与修改次号对照表

	部 件 号	修改次号
Non-RFI	820-0001-00	Rev. 0
	820-0001-01	Rev. 1
	820-0001-02	
	820-0001-03	
	820-0001-04	
	820-0001-07 及以上	Rev. 7
RFI	820-0044-0 820-0044 C 820-0044-D	RFI

集成电路和信号的专用代号

集成块在主电路板上的安装位置用X-Y坐标表示。在主电路板左边沿，方格座标是用字母A—K来表示；在主电路板正面，是用数字1—14来表示（图1-1）。一个集成块内的每一个门电路或功能电路，以该门电路的输出引脚号来代表。例如，正文中提到的“触发器B10-9”，就是指主电路板上坐标号为B10的那只触发器集成块，并且是专指该集成块中Q输出端为第9脚的那组触发器。

信号所用代号和集成块相同。例如，信号“C11-4”表示在集成块C11第4脚上出现的信号。在Apple机电路图上，某些信号已经命名，“LD194”就是其中一例。某一信号的代号上加有一横线时（如CAS），系指信号是低电平有效。信号代号都是用大写字母印刷的。

信号波形图

当我们说某一数字信号是低电平时，意即它的电压大约在0伏左右；如说数字信号为高电平，则指它的电压在4—5伏左右。准确的电压值，与所用逻辑电路的种类、负载和电源电压有关。对于典型的74LS××系列逻辑电路，其输出低电平低于0.5伏，而输出高电平高于2.7伏。这一逻辑电路系列把低于0.8伏的输入信号视为低电平；并把高于2.0伏的输入视为高电平。输入信号电平在0.8到2.0伏之间，则被认为是不确定状态。

所谓数字集成电路的输出信号处于高阻状态，是指该电路既不能驱动信号线，也不会给信号线加上明显的负载。高阻态就是低电平、高电平和高阻抗三态逻辑电路的第三态。有时我们把高阻态称之为断开态。当一块三态集成电路处于断开态时，其它的集成电路就可导通，并驱动共用的信号线。

数字波形图不是按垂直比例绘制的。图1-2中第一个图形表示可能出现的三种逻辑状态，其它图形则示出标识状态间转换的符号。

学习方法

学习本书可分为两大步：课文分析和实验验证。第一步是在分析电路图的基础上，理解电路的工作原理和时序波形图。第二步是利用如象频率计数器、示波器、逻辑分析仪和光笔记录仪之类的设备，来实验验证波形图。

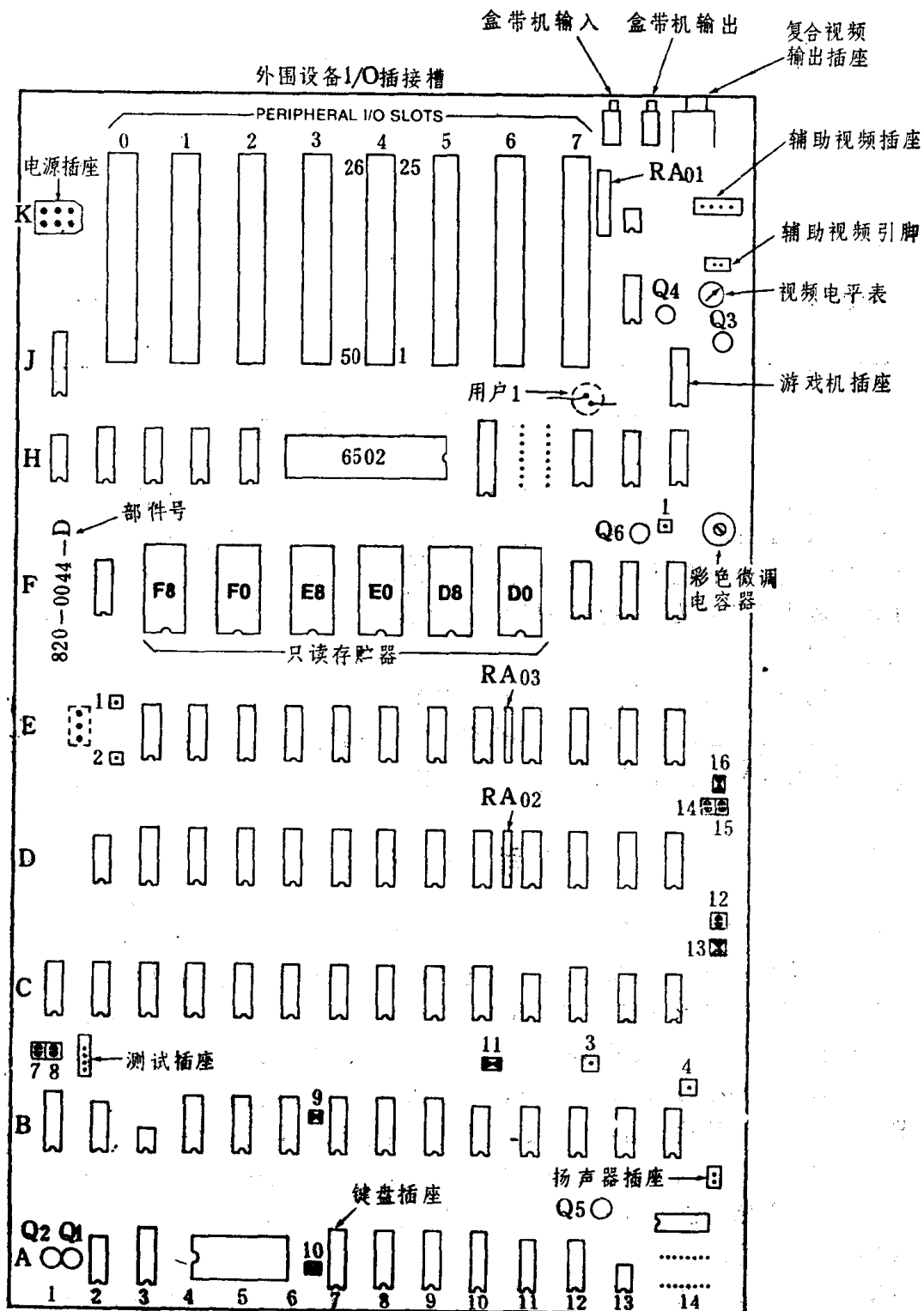


图1-1 Apple I 机RFI主电路板布置图

首先通过 Apple II 机 Non-RFI 的 Rev.3 型电路, 来完成这两个学习步骤。然后, 再按这两步去学习 Apple 机的 Rev.0、Rev.7 和 RFI 型电路, 以便验证这几种修改电路的独特波形。单片和双片键盘电路的工作原理和波形, 也可按上述步骤弄懂。由此, 本书中所列整台 Apple II 机电路的工作波形, 都可通过实验验证。

术 语 汇 编

ac——交流。

access time——存取时间。从开始访问(靠地址或时钟)存储器到数据输出稳定为止的一段时间。

active high——高电平有效。高电平表示逻辑“1”。

active low——低电平有效。低电平表示逻辑“1”。

AN——信号器。

architecture——结构, 指框图。

ASCII——美国信息交换标准代码。由七位或八位二进制数码组成, 计算机和外围设备常用的代码。

blanking——消隐信号。在回扫过程中, 使扫描电子束截止的那部分视频信号。

bow tie——叉形跳线(跨接线)。在印刷电路板上蚀出的叉形图案, 用于切断电路。

buffer——缓冲器。用于增加门电路信号驱动能力的简单逻辑元件。

burst——色同步信号(见 Color burst)。

bus——总线。一些电路元件共用的一组信号线。

byte——字节。八个二进制位。

CAS——列地址选通信号(选通 4116 RAM 的列地址)。

clock——时钟信号, 一种重复变化的数字信号, 其脉冲沿推动计数器和触发器, 并使它们的输出状态发生变化。

CLR——清除。

color burst——色同步信号。在复合视频波形中, 紧接在水平同步信号之后出现的、频率约为 3.579545 MHz 的 9 个脉冲信号, 用于使电视接收机的色度电路同步。

color killer——消色器。使彩色电视机接收黑色图象时色度电路不起作用的电路。其目的在于消除黑白图象中的彩色干扰和色彩。也是 Apple II 中的一种用来在文本工作方式时消除色同步信号的电路, 有了它就能使 Apple 机配用的电视机中的消色器起作用。

combinatorial logic——组合逻辑。只由门电路组合成的逻辑电路。

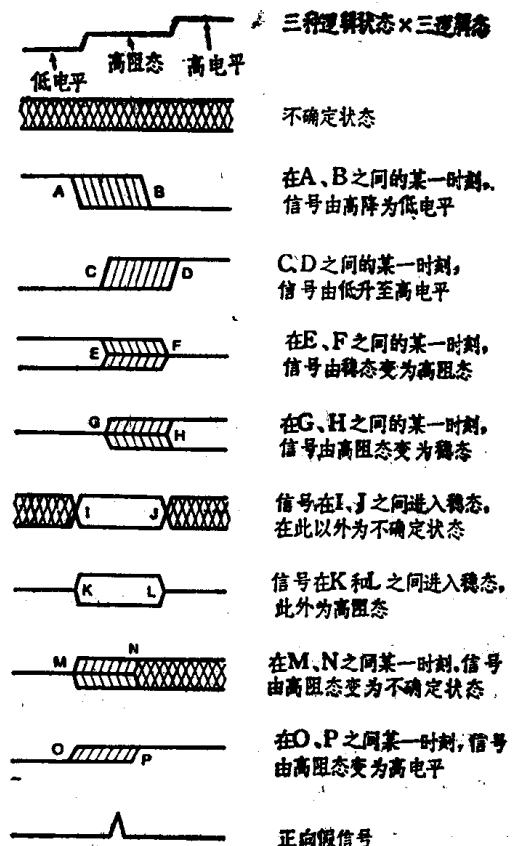


图 1-2 数字信号波形及表示符号

complement——互补。两态逻辑中的相反状态。

composite video——复合视频信号。包含同步、消隐以及图象信息的视频信号。

CRT——阴极射线管。通常指监视器或有阴极射线管的终端设备。

CTRL——控制。

DeMorgan's Theorem——德摩根定理。表示： $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$ ，和 $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ 。

dc——直流。

DMA——直接存储器存取。外围设备不通过微处理器，直接从系统主存储器存取信息的能力。

don't care——随意信号，其逻辑状态不影响电路工作的信号。

dynamic——动态。动态元件的特定操作取决于连续的时钟或脉冲序列。

EPROM——可电改写的只读存储器。

equalizing interval——均衡期间。发生在垂直同步脉冲的前面，后接垂直同步脉冲的那部分视频波形。

falling edge——下降沿。信号由高电平过渡到低电平的脉冲沿。

FCC——美国联邦通讯委员会。

ferrite bead——铁氧体环。环形或圆筒形磁性材料，其上穿有导线而构成电感器。

fetch——读存储器。

field——场。电子束扫完整个阴极射线管屏幕一次。

firmware——固件。编入（固化）ROM内的软件。

flag——标志位。以二进制状态存储起来的一位数或信号，它表示“通或断”，“准备就绪或未准备好”，“置位或清除”等意思。

frame——帧。靠电子束扫描，在阴极射线管的屏幕上显示出的一幅完整图象。一幅图象可以不止一场。

garbage——无意义数据。处于不确定或不稳定状态的数据。

glitch——假信号。通常指逻辑信号中出现的短暂且不希望发生的电平变化。

high——高电平。约4伏左右的数字信号电压。

high-order——高位。指一个二进制数中数位较高的那些位。

HIRES——高清晰度。

hold time——保持时间。时钟脉冲沿结束之后的时间，在此时间内加到触发器或其它定时集成电路的输入数据，必须保持稳定。

hue——色调（红、蓝等）。

Hz——赫兹（每秒周波数）。

IC——集成电路。

INH——禁止。

interlace——隔行扫描。两场或更多场的扫描线在阴极射线管的屏幕隔行扫描，以形成一帧完整图象的过程。

I/O——输入/输出。

IRQ——中断请求。

K(k)——千（如表示欧姆、赫兹等，则为 $\times 1000$ ，如表示存储器地址等，则是 $\times 1024$ 。）

KBD——键盘。

LORES——低清晰度。

low——低电平。约等于零伏的数字信号电压。

low-order——低位。指一个二进制数中数位较低的那些位。

LSB——最低有效位。

luminance——亮度。彩色视频信号的亮度或黑白部份。

M——兆 ($\times 1,000,000$)。

mask——屏蔽。使其不起作用。

mother board——主电路板。供插入外围设备电路板的主逻辑板。

mS——毫秒 (0.001 秒)。

MSB——最高有效位。

negative true——以低电平作为逻辑“1”。

NMI——不可屏蔽中断，非屏蔽中断。

non-intertaced——逐行扫描。每一帧只有一场，即场和帧相同。

non-maskable——不可屏蔽。

nS——毫微秒 (10^{-9} 秒)。

off——断态，三态逻辑中的高阻态。

on——通态，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。

open collector——集电极开路。有两个状态，即低电平 (约0伏) 和高阻抗的逻辑输出。

overscan——过扫描。电子束扫描宽度超过了阴极射线管的屏幕而造成的图象信息损失。

PC——印刷电路。

PDL——摇杆。

period——周期。频率的倒数。

pixel——象素。

positive true——以高电平信号作为逻辑“1”。

PROM——可编程只读存储器。

RAM——随机存取存储器。

RAS——行地址选通 (使行地址选入4116RAM)。

RDY——就绪。

refresh——刷新。依靠连续输给的时钟脉冲，使动态RAM的数据内容保持正确数值的过程。

REPT——重复。

RES——复位。

retrace——回程。指显示完一行以后，电子束返回阴极射线管屏幕左侧，以及在显示完一场以后，电子束返回屏幕顶部的过程。

RF——射频。

RFI——射频干扰。

rising edge——上升沿。信号由低电平变为高电平的脉冲沿。

ROM——只读存储器。

R/W——读/写。

saturation——饱和度。1, 视频信号中的色彩强度。例如，红色较粉红色强。2, 线性器件 (如

运算放大器等)在线性范围外工作时的状态。

serration——槽脉冲。嵌在垂直同步信号中的几个窄脉冲之一。用于垂直同步脉冲期间保持水平同步。

setup time——建立时间。时钟脉冲沿到达前的一段时间。在此时间内加到触发器或其它定时集成电路的输入数据必须稳定。

soft5——上拉至TTL高电平。

soft switch——软件开关。能在软件控制下置位或复位的寄存器。这时,寄存器的作用就如一只控制硬件工作的开关。

solder pad——焊片。印刷电路板上供焊跨接片用的圆形金属箔。

STB——选通。

subcarrier——副载波。用来调制主载波的载波信号。副载波本身又要由被传输的信息(如视频信号中的色度信号)进行调制。

SW——开关。

sync——同步。

transceiver——双向缓冲器。

TTL——晶体管-晶体管逻辑电路。

UART——通用异步收/发器。

V——伏特。

V_{be} ——晶体管基极和发射极的极间电压,对于正向偏置的硅管,它约等于0.6V。

wait state——等待状态。插入在微处理器的额定存储器周期之内的一额外时钟周期,用以配接存取速度较低的外围设备。

\$——表明后续数字是16进制。例如\$C0EF。

μ S——微秒(10^{-6} 秒)。

ϕ ——相位。

+——逻辑“或”。

·——逻辑“与”。

-——逻辑“非”($\bar{A} = \text{Not } A$)。

第二章 Apple II 微型计算机的框图

本章将说明 Apple II 微型计算机的工作原理，但深度只到框图这一级。或许大多数读者都已熟悉这些内容，但重温一下仍然是有裨益的。当然，如果你阅读了本章的内容，那末就可确保在后续各章遇到相同用语时，不会感到陌生。

首先将讨论图中每一个框图的作用，接着通过 Apple 机来研究几个计算机主要功能的信息流图。Apple II 微型计算机的框图，如图2-1所示。

基本结构和总线

乍看起来，Apple II 的基本结构就象一台标准的单板微型计算机，但它具有一些很不一般的特点。随着讨论的深入，将逐步向读者一一阐述清楚。

微处理器

Apple II 机的核心是 6502 微处理器（图2-1中的A）。6502是8位微处理器，这意味着它是以8位（即一字节）为一组来进行数据运算的。6502可以对64k字节的存储器直接寻址。因此，它有16位地址输出线。

6502中的I/O操作，是按存储器映象的方式进行的。即I/O器件或外围设备和存储器共享同一64k存储空间。它没有8080之类微处理器特有的单独的I/O地址空间。除了8位数据线和16位地址线而外，还有一些时钟和控制引线与6502相连。在此将对它们作一简略介绍。

各种总线

Apple II 机中有三种主要总线：16位地址总线，8位数据总线和控制总线。这些总线在计算机内无处不在，并连接到8个外围I/O插座上。

地址总线——从6502输出的16位地址线，经三态驱动器（图2-1中的B）缓冲后，再去驱动地址总线。三态驱动器可由来自控制总线的 $\overline{DMA}$ 信号关断（切换至高阻态）。 $\overline{DMA}$ 的工作过程将简述于后。

数据总线——在写周期，从6502引出的8位数据线，由双向缓冲器C缓冲后驱动数据总线。在读周期，R/W信号改变双向缓冲器C的驱动方向，使数据由数据总线送往6502。

控制总线——控制总线的主要信号引线有：中断、就绪、复位、读/写、 $\overline{DMA}$ 和时钟。中断引线有两根，可供外围设备向6502发出需要它立刻注意的信号。其中之一是 $\overline{IRQ}$ （中断请求），6502能有选择地使其不起作用（将其屏蔽）。另一条是 $\overline{NMI}$ （不可屏蔽中断）。它任何时候都生效，6502在任何时候都响应 $\overline{NMI}$ 的请求。

低速外围设备在取出数据、并使之输出到总线上时，可利用“就绪”线使6502瞬时停止工作。连接到“复位”线上的任一设备都可通过该线，使与它连接的所有其它设备复位（初始化）。

我们已经提到过读/写线。它的功能是控制连在数据总线上的双向缓冲器的工作方向。数据是从存储器或I/O器件读入6502，或者由6502写入存储器和I/O器件。

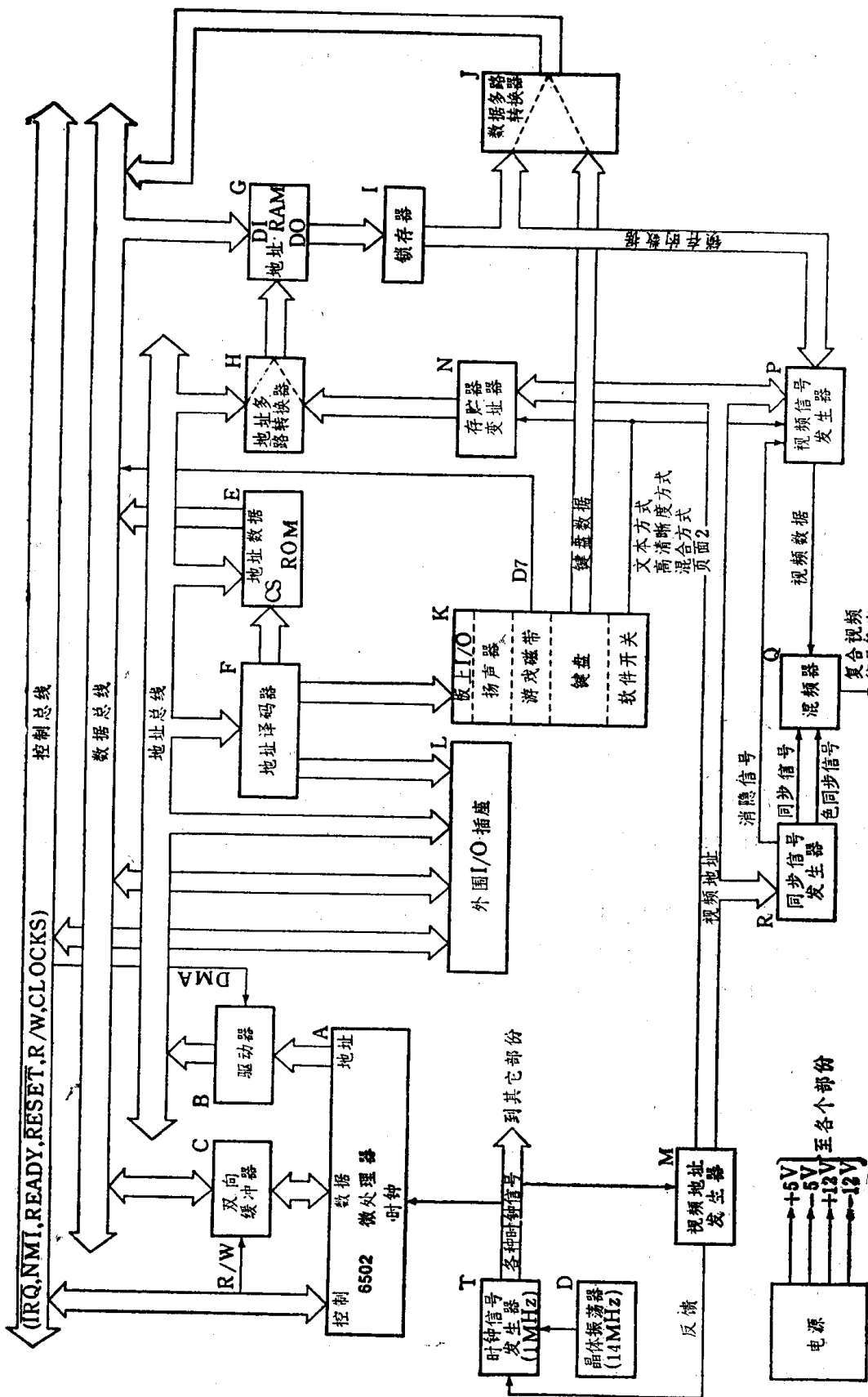


图2-1 Apple I 机方框图

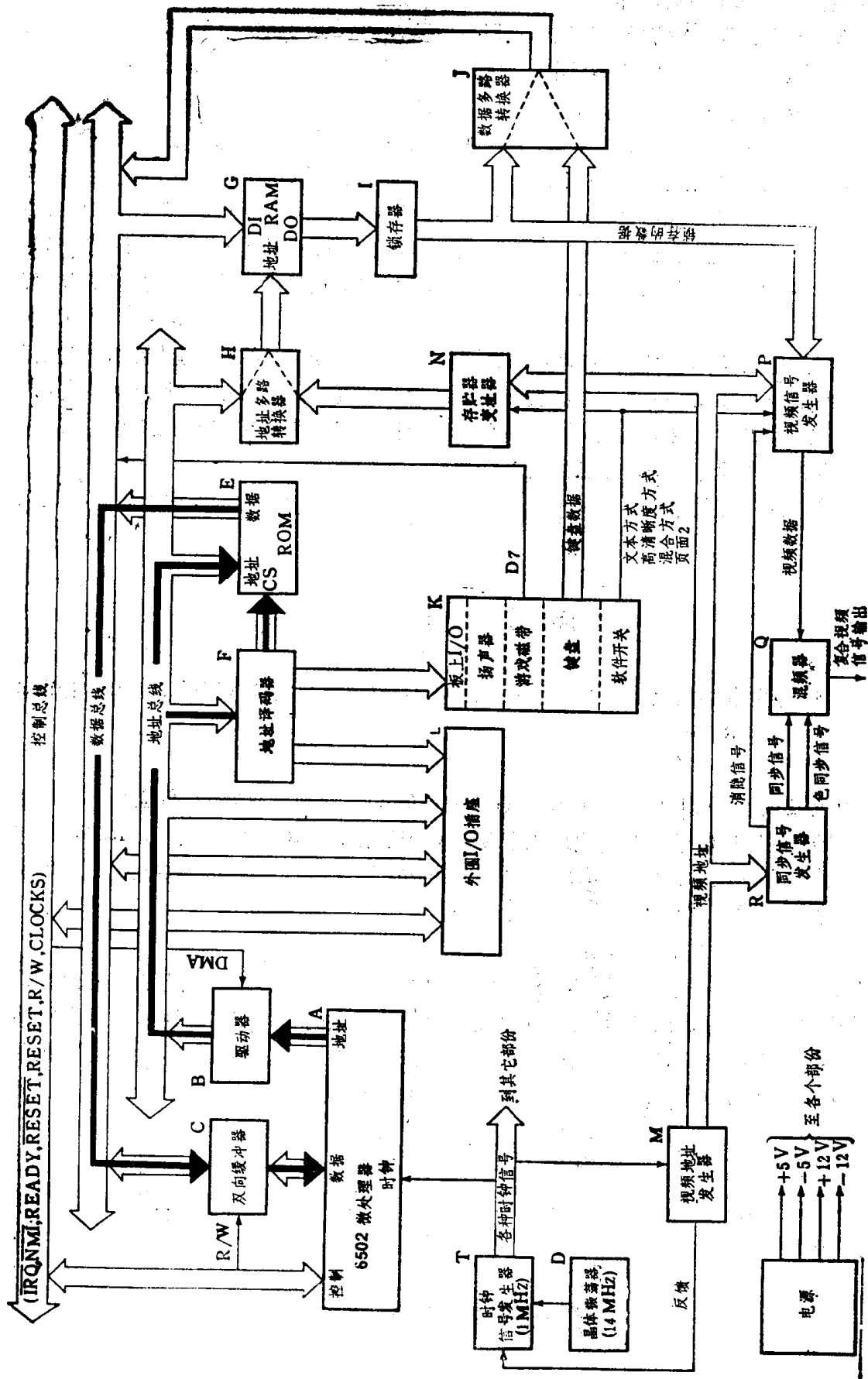


图2-2 ROM读周期的信号流程图

直接存贮器存取(DMA)意指外围设备不通过微处理器,而和系统存贮器直接进行数据交换。在DMA周期内, $\overline{\text{DMA}}$ 信号使总线驱动器B关断,并把需要进行直接存贮器存取的设备地址送到总线上。而且,在DMA周期中,双向缓冲器C和数据总线之间的联系中断。这就使总线浮空,供需要进行DMA的设备和系统存贮器之间进行数据传输。

时钟信号——系统中的各种时钟信号,是控制在总线上的数据和地址信号传输时序的关键。Apple机中,还用时钟信号来完成诸如产生视频信号之类的功能。各种时钟信号均起源于晶体振荡器D。晶振产生频率约14MHz的振荡信号,再由时钟发生器T转变为系统所需的各种时钟信号。这些时钟信号之一(频率约为1MHz)馈给6502。1MHz的时钟信号被6502用作总线存取的定时信号。存贮器和I/O器件也利用这一时钟信号,使它们的总线存取与6502同步。

读和写操作,可在1MHz时钟频率的同一周期内发生。而6502是按程序运转的,它执行程序规定的各条指令。每执行一条指令需要几个完整的时钟周期。在每一个时钟周期内,6502执行写入总线,或从总线读出,或执行一种内部操作。每条指令都有若干这些类型的周期,最短的指令有两个时钟周期,最长的有7个周期。

6502,各种总线,有关中断和DMA的内容都将在第六章讨论。时钟发生器将在第三章讨论。

存 贮 器

在Apple II的主电路板上装有两种存贮器:ROM和RAM。主电路板最多可容纳12K字节的ROM和48K字节的RAM。

ROM

主电路板上最多可装6块2k字节的ROM(图2-1中的E)。地址译码器F对高位地址进行译码,为6块ROM提供片选信号。低位地址线直接和ROM连接。在ROM的读周期,ROM所存数据被直接送到数据总线。图2-2所示是Apple机在ROM读周期的主地址和数据流图。ROM周期将在第六章详细讨论。

RAM

主电路板上最多可装48k字节的RAM(图2-1中的G)。出现在地址总线上的不同地址,使RAM的相应单元被选中,以供读/写操作之用。地址总线上的地址信号,通过地址多路转换器H送到RAM。RAM的数据输入端(DI)直接和数据总线相连。数据总线上出现的数据信号,就是RAM写周期的数据源。图2-3所示是Apple机在RAM写周期的主地址和数据流图。

在RAM读周期,由RAM数据输出端(DO)送出的数据,被存入锁存器I中。尔后读出的数据通过数据多路转换器J,送到数据总线。图2-4所示是Apple机在RAM读周期的主地址和数据流图。RAM周期将在第五章和第六章详细讨论。

输入/输出电路

板上I/O电路

尽管计算机具有大量的存贮器和快速处理器,但它如果不能与人或其它机器对话,仍然

