

长城 0520A 微型计算机

电路原理及故障分析

修振江 韩秀芬

国营北京有线电厂技术情报室

1987.4

长城 0520 A 微型计算机

电路原理及故障分析

修振江

韩秀芬

国营北京有线电厂技术情报室

1987. 4

编辑：刘维竞

版 权 所 有
不 得 翻 印

印刷：国防工业出版社青年印刷厂

出 版 说 明

本书即将同读者见面了，为满足用户使用要求，对用户负责，作者修振江、韩秀芬二同志在原稿的基础上又增添了一章、一节，即：第六章硬盘控制器及在第三章电路原理(二)中增加了第九节。因此丰富了本书的内容。

本书在出版过程中得到厂总工程师姜庆录同志的关心和支持，并在百忙中对全文予以审阅。又经李洁生同志进行了技术校对，同时写了前言。由刘维竞同志负责编辑出版工作。

支持和关心本书的出版工作的同志还有王春来、李惠荣、魏顺有、张家琼同志，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，在编辑出版过程中难免有不到之处，敬请读者和用户提出宝贵意见。

编 者 一九八七年五月

前 言

长城0520系列微型计算机，早在1982年就被电子工业部计算机事业管理局定为重点和主流产品，目前长城0520 A型计算机是赢得国内用户最多的产品之一。

根据广大用户的使用要求，我们编写了“长城0520 A微型机电路原理及故障分析”。本文着重于硬件方面的说明。比较详尽地阐述了系统的逻辑结构以及各个部件的电路原理，并结合本系统的特点和实际运用，对有关的大规模集成电路做了详细的介绍。

在故障分析部分，比较系统地介绍了各个部分可能出现的故障以及分析方法和排除过程，并列举了常见的典型故障。

本文所涉及的内容，对于希望扩充系统功能和维护，修理产品的用户无疑是十分有益的。

由于0520 A是IBM-PC/XT的兼容机，本文对于IBM-PC和IBM-PC/XT的用户，以及长城0520 B、长城0520 C的用户也是很有参考价值的。

李 洁 生

86.2.21.

目 录

第一章 概 述

第一节	微型计算机的发展	1
第二节	长城0520微型机介绍	2
第三节	长城0520 A 微型机系统指标	3
第四节	长城0520 A 微型机系统组成和结构	6

第二章 长城0520微型机电路原理 (一)

第一节	概述	10
第二节	8088微处理器结构	10
第三节	存储器组织和8088的寻址方式	20
第四节	8088的I/O编址和中断处理	25
第五节	8088指令系统	26
第六节	时钟系统	55
第七节	总线控制器	58

第三章 电路原理 (二)

第一节	概述	62
第二节	内存贮器	62
第三节	定时计数器电路	67
第四节	并行接口控制器	75
第五节	串行接口控制电路	83
第六节	中断控制器	97
第七节	DMA 控制器	110
第八节	打印机并行口控制电路	123
第九节	0520 A 机系统总线结构	129

第四章 电路原理 (三)

——彩色/图形显示器控制器

第一节	功能及框图组成	135
第二节	主要部件说明及一般原理	136
第三节	彩色/图形显示控制器板的连接	146

第五章 电路原理 (四)

——软盘控制器

第一节	简介和框图组成	149
-----	---------	-----

第二节	功能及电路原理·····	150
第三节	软盘控制器 FDC ·····	157
第四节	软盘驱动器和系统输入/输出通道的接口 ·····	161
第五节	软盘控制器和驱动器 A、B 接口控制器的输出信号·····	161
第六节	软盘控制器板的连接·····	162

第六章 硬盘控制器

第一节	硬盘控制器的构成·····	164
第二节	读写命令及译码电路·····	165
第三节	硬盘控制器的数据传送·····	168
第四节	控制器 I/O 接口·····	173

第七章 系统故障判断

第一节	用软件诊断故障·····	176
第二节	用硬件诊断故障·····	181

第八章 故障分析方法

第一节	时钟系统故障 (ERROR1) ·····	187
第二节	DMA 故障 (ERROR2) ·····	189
第三节	RAM 故障 (ERROR3) ·····	191
第四节	定时计数器故障 (ERROR4) ·····	193
第五节	中断控制器系统故障 (ERROR5) ·····	196
第六节	奇偶校验故障 (ERROR6) ·····	198
第七节	键盘输入故障 (ERROR7) ·····	199
第八节	打印机并行口故障 (ERROR8.9) ·····	201
第九节	串行口电路故障 (ERROR10.11.12) ·····	204
第十节	并行口电路故障 (ERROR13.14) ·····	209

第九章 常见故障分析举例

第一节	概述·····	212
第二节	时钟系统与“等待”电路故障·····	212
第三节	并行口电路常见故障·····	215
第四节	串行口故障·····	218
第五节	从“显示故障”看 IBM-PC 的 DMA 通道设计·····	219
附录 1	I/O 通道信号·····	222
附录 2	I/O 地址编码表·····	223
附录 3	中断向量表·····	225

第一章 概述

第一节 微型计算机的发展

随着大规模集成电路的发展,1971年11月 Intel 公司发表了第一代微型计算机。Intel 4004。于是开始了计算机技术领域的一个新分支。从而为计算机技术的广泛应用,计算机工业的高速发展,以及计算机技术的新的一次革命提供了必要的条件。

微型计算机是以大规模和超大规模集成电路的使用为特征的。它除了体积小而外,还以更高的性能价格比与小型机的市场相竞争。目前,微型计算机已经普及到社会生活的各个领域,可以说凡是有信息的地方会有微型机的出现。微型计算机的重要意义还不仅如此,它有可能是计算机技术新的一次革命的生力军。自从1946年世界上诞生第一台程序计算机以来,计算机的飞速发展及其更新换代之快是其它任何产业部门所不能比拟的。然而就其逻辑结构来说,仍然是冯·诺依曼结构。微型计算机的发展,有可能敲开冯氏结构的大门,使计算机开始一次新的逻辑结构革命。未来的更加完善的微处理器将以系统的一个逻辑单元出现,由它们构成不同阵列的处理机系统会更广泛地占领人们的工作领域,去统治迄今为止人类所发明的一切机器装备。微型计算机技术,在今天来评价其前途,应该是无限光明的。

1. 微处理器的发展阶段

从70年代初期微处理器问世到80年代前期,仅仅十余年的时间,微处理器便经历了四次更新换代,达到了更加完善的地步。就其性能来讲,已经超过了七十年代显赫计算机市场的小型机。

第一阶段,以Intel 4004为代表。字长为4位,称4位机。集成度低,每个芯片大约为2500个晶体管。I/O控制能力弱,只能用于一般的事务处理,还不能算做微机时代。

第二阶段,以8080为代表。字长为8位,称8位微机。集成度比第一阶段提高了一倍。不仅如此,处理器的支援芯片开始问世,因此使处理器对外部设备的控制能力越发完善,微型机从此开始登上了历史舞台。

第三阶段,以Z-80为代表,仍然是8位机。是8位微机的改进阶段。微型计算机开始显露出其生命力,进入了社会生产、生活的各个领域。微型机已经被更多的人所认识,于是出现了多种型号、多个厂家相竞争的时代。

第四阶段,以Intel 8086, Z-8000, MC-68000等型号为代表,称16位微机。这是多种型号微机竞相发展的时代。包括一些小型机的微型化在内。微型机市场更加扩大了。微型计算机已经开始侏偻着一股新潮流。一些大型机的厂家,如IBM也开始研制和生产微型机了。

第五阶段,以iAP×432为代表。字长32位,称32位机。微型机技术开始向新的计算机结构领域迈进。就其单机来讲已经可以与中型机相比了。以Intel iAP×432为例,该机可以对8、16、32、64、80位字长的数据进行处理。能直接寻址 2^{24} 字节的物理空间, 2^{32} 字节的逻辑空间, 2^{40} 字节的虚拟空间。设有相联存贮器等存贮管理技术,实现对 2^{40} 字节的虚拟地址和 2^{24} 字节的物理地址之间的变换管理。指令字长可由2位到200位

按位可变。微指令采用流水线形式执行。大部分操作系统已经固化等技术。

过去微型计算机是以超大规模集成电路的发展为特征，将来它还会随着超大规模集成电路的发展而日新月异。

2. 微型计算机的分类

微型计算机的发展，其速度之快，换代之频很难用一个恰当的方法来分类。目前人们只习惯以字长来分类，即按并行处理数据的位数来分。

4 位微型机

8 位微型机

16位微型机

32位微型机

等。

因为微处理器从诞生之日起，便被几个大的半导体厂家所垄断，而以后的一些计算机厂家又分别支持不同的半导体厂家而研制微型机系统。所以有时也按不同厂家，不同时代的CPU芯片来分类。

3. 微型计算机的特点

(1). 体积小

(2). 价格便宜

(3). 灵活性强。由若干支持芯片可以很方便地组成不同的微型机系统。

(4). 应用广泛。微型机时代才真正地将计算机技术普及到社会的各个部门，是计算机开始普及的时代。

(5). 微型机之所以有这样迅速的发展和广泛应用，也与微机软件的发展和相应的新型外部设备的使用有密切的关系。尤其是交叉汇编技术对微机软件的发展起了极大的推动作用。

第二节 长城0520微型机介绍

长城0520系列是我国目前微型机的优选系列机型。技术上是比较先进的。虽然比不上当今世界上最先进的机型，但是，和它兼容的机器——IBM-PC, (包括IBM-PC/XT), 以及和它相近的一些机型，仍然是目前国际市场的畅销产品。

长城0520微型机现已在国内大量销售，应用于国民经济的各个部门，实践证明它是一种使用方便，易于扩充，便于开发的较为理想的机型。接触它的人越来越多了，介绍它的技术文件也日渐增多。因此，选用长城0520微型机做为《微型计算机原理》的模型机甚为理想。

长城0520微型系列机目前有0520 A 型、0520 B 型、0520CE型、0520CH型等，以后还将有新的系列产品。本文以长城0520 A 型机为模型来叙述它的电路原理和故障测试。因为A型机含有B型机的结构内容，所以对了解整个系列产品较为有利。

长城0520微型机与当今国际上尚有很大销售市场的 IBM-PC (包括XT) 完全兼容。除了包括IBM-PC/XT的全部特点外，还做了一些有益的改动，(见下一节)于是保证了使用的方便性。

长城0520 A 微型机采用 Intel 公司的8088 (HMOS 工艺的准+六位微型处理器) 芯片为主，用辅助芯片8284等构成时钟系统及8288总线控制器 构成 CPU。具有并行处理二进

制16位数据的能力。系统配有两个软盘驱动器。一个 Winchester 硬盘驱动器。软盘的容量为360KB/盘。硬盘的存贮容量为10兆字节或20兆字节供用户选用。系统板配备的存贮器为动态 RAM 随机存贮器,其容量为256 K 字节。一块内存的扩充板可扩充容量为256 K 字节。内存的最大的寻址空间为1兆字节。

长城 0520 A 微型机配有汉字操作系统 CCDOS。有国标码、区位码、电报码、音韵部形码、首尾码,汉字拼音码等多种汉字输入方法。以上各种编码输入方式的转换,采用功能键控制。有二级7000字的简化汉字字库,存于软盘,可一次调用。

长城0520 A 微型机可以连接 OMNINET 局部网络,实现局部网络上的微机可共享网络资源。可以读出或复制各种文件。

由于长城0520微型机和 IBM-PC/XT 系统软硬件完全兼容,所以 IBM-PC 的软件可以在0520 A 机上运行。其系统软件包括:

PCDOS, MSDOS, CP/M86, UCSD P-System, QUNIX 系统等操作系统,以及由它们支持的高级语言:

Fortran, COBOL, Pascal BASIC, C 语言以及汇编,宏汇编语言等。

长城0520 A 微型机可以应用于事务处理,办公室自动化,工程设计,科学计算,企业管理,过程控制,信息通讯,智力教育和娱乐游戏等各个领域。

第三节 长城0520A微型机系统指标

一、长城0520 A 微型机CPU的主要部件—8088芯片的指令系统与Intel8086完全兼容,其主要指标如下:

1. 基本机器指令99条
2. 系统时钟: 4.77MHz
3. 平均操作速度: 65万次/秒
4. 机器工作节拍 210ns
读取指令总线周期840ns
5. 直接寻址能力 1MB
地址线: 20位
6. 指令格式: 1B~6B可变
7. 操作数寻址方式: 6种
8. 通用寄存器: 8个

其中包括:

4个16位(可当8个8位)数据通用寄存器。它们是:

AX (AH, AL)

BX (BH, BL)

CX (CH, CL)

DX (DH, DL)

2个16位指针寄存器,它们是:

SP (堆栈指针)

BP (基数指针)

2个变址寄存器,

SI (源变址寄存器16位)

DI (目标变址寄存器16位)

此外还有两个控制寄存器IP和PSW(指令指针和状态寄存器), 四个段寄存器 CS、DS、SS 和ES。

9. 对外数据总线 8 位。

内部可进行16位二进制并行运算。

10. 中断系统, 具备处理256种中断类型的能力。

11. 8088按最大工作方式设计。

可以配接 Intel 8087 高速浮点协处理器芯片。能处理 8 位, 16位, 32位, 64位, 及80位浮点实数运算; 共有62条指令, 可提高运算速度15~100倍。

二、长城 0520 A 微型机随机存储器采用 Intel 支援芯片MB8264, 其主要指标如下;

1. 单片存储容量为64K×1 位/芯片。

2. 16脚标准双列直杆式塑料壳封装。

3. 芯片的存取时间: 250ns

工作周期: 410ns

4. 采用动态HMOS工艺。

刷新周期2ms

5. 系统板配置256KB位, 即 $4 \times 9 = 36$ 个芯片。

6. 外电路只选择模块。

每个模块为64K×8 位+1 位奇偶校验位。

7. 外加扩充板可扩充存储容量。按256KB/每块扩充

长城 0520 A 微型机只读存储器采用 2764 ROM 其主要指标如下:

1. 芯片存取时间250ns

工作周期: 375ns

2. 单片存储容量为 8 K×8 位

3. 总线提供14根地址线, 寻址范围16KB, 故可扩充一倍。

4. 固化信息 8 KB BIOS

三、长城0520 A 微型机的I/O系统。

1. 系统总线为单总线结构。I/O 系统, 包括其它一些支持芯片均挂在总线上。扩充槽是总线的延伸。经I/O通道驱动。

2. 支持芯片有:

(1) 可编程定时计数器 (8253)

(2) 可编程并行接口电路 (8255)

(3) 可编程串行接口电路 (8250)

(4) 可编程中断控制器 (8259)

(5) 可编程DMA通道。(8237)

等。

3. I/O通道

通过扩充板可以进一步加强系统的功能。

所有信号与 TTL 电路兼容。有62根总线(总线名称见附录) 其中有 8 根双向数据线。

20根地址线，6根中断请求线，I/O设备和存贮器读写控制线，时钟信号线，DMA通道控制线，电源线，地线等。

4 . I/O 编址

- (1) I/O 端口与内存统一编址。
- (2) 提供的口地址码为 000-3FFH,其直接寻址，最大可达到 1024 个口地址号。
口地址表见附录。

5 . I/O 设备基本配置。

- (1) 1 个彩色/图形显示器
- (2) 2 个 5 1/4"软盘驱动器。
- (3) 1 个 5 1/4"硬磁盘驱动器。
- (4) 1 个键盘。
- (5) 1 个打印机。

6 . 可配置的主要I/O设备。

- (1) 多笔 x—y 绘图仪
- (2) 高分辨率彩色/图形显示器。
- (3) 3070/2024/9400打印机。
- (4) 10/20MB容量温氏硬盘。
- (5) 光笔
- (6) 家用彩色电视机。
- (7) 声音输入与声音输出设备。

7 . 可配置的主要I/O选件。

- (1) 异步通讯接口板。
- (2) 串行接口 (RS-232) 和并行接口组合板。
- (3) 时钟日历板。
- (4) 天马 (TECMA) 彩色图形/单色图形接口板。
- (5) A/D转换与D/A转换板
- (6) 游戏控制板。
- (7) 局部网络选件板。
- (8) IEEE488 接口板
- (9) IBM3270 IBM3780仿真板。

四、长城0520 A 微型机与IBM-PC 微型机软硬件兼容，因此其系统指标基本一致。所区别的只是其基本配置。表 1、2 列出了 IBM-PC，IBM-PC/XT，长城 0520 A，长城 0520 B，长城0520C 的比较，表1.1为基本配置：

表1.1 基本系统配置

配 置	IBM/PC	0520 B	0520 A	0520C	IBM-PC/XT
CPU	8088	8088	8088	8088	8088
RAM	64KB	256KB	256KB	512KB	128KB
ROM	40KB	40KB	8KB	48KB	40KB
软盘驱动器	2 个	2 个	2 个	2 个	1 个

(续表)

配 置	IBM-PC	0520B	0520A	0520C	IBM-PC/XT
硬盘驱动器	无	无	1 个	1 个	1 个
打印机	点阵打印机	同左	同左	同左	同左
显示器	高分辨彩色 /单色显示器	同左	同左	超高分辨彩色 /显示器	同左 IBM-PC
键盘	83键	同左	同左	带汉字键	83键

表1.2 系统板配置

配 置	IBM-PC	0520B	0520A	0520C	IBM-PC/XT
CPU	8088 (8087)	8088 (8087)	8088 (8087)	8088 (8087)	8088 8087
打印机并行口	—	—	1	1	—
串行口	—	—	2	2	—
软盘控制器	—	—	—	1	—
RAM	64KB	256KB	256KB	512KB	128KB
ROM	40KB	40KB	8KB	48KB	40KB
(含)	8KB BIOS	8KB BIOS	8KB BIOS	8KB BIOS	8KB BIOS
	32KB BASIC	32KB BASIC	—	32KB BASIC	32KB BASIC
	—	(留有24KB 插座)	(留有8KB 插座)	(留有8KB插 座)	

注：0520CH系统板上，把时钟系统，总线控制器，等电路集成在一个芯片中（SMC）从而提高了集成度和可靠性。

第四节 长城0520A微型机系统组成和结构

1. 基本系统

构成长城 0520 A 微型机的基本系统包括：中央处理机，存储器，键盘，显示器和打印机。

可以根据不同的要求和功能配接其它设备和电路，构成规模更大的系统。

2. 系统结构

0520 A 微型机系统结构图如图1.1主要部分和部件有：

系统板部分：

(1) CPU电路

由8088主处理器和8087（可选）协处理器，时钟系统及总线控制器组成。

(2) 定时电路

由三路计数计数器组成。提供定时时间讯号

(3) DMA控制器

DMA通道控制器由四个DMA通道组成，为高速批量传送服务。

(4) 中断控制器

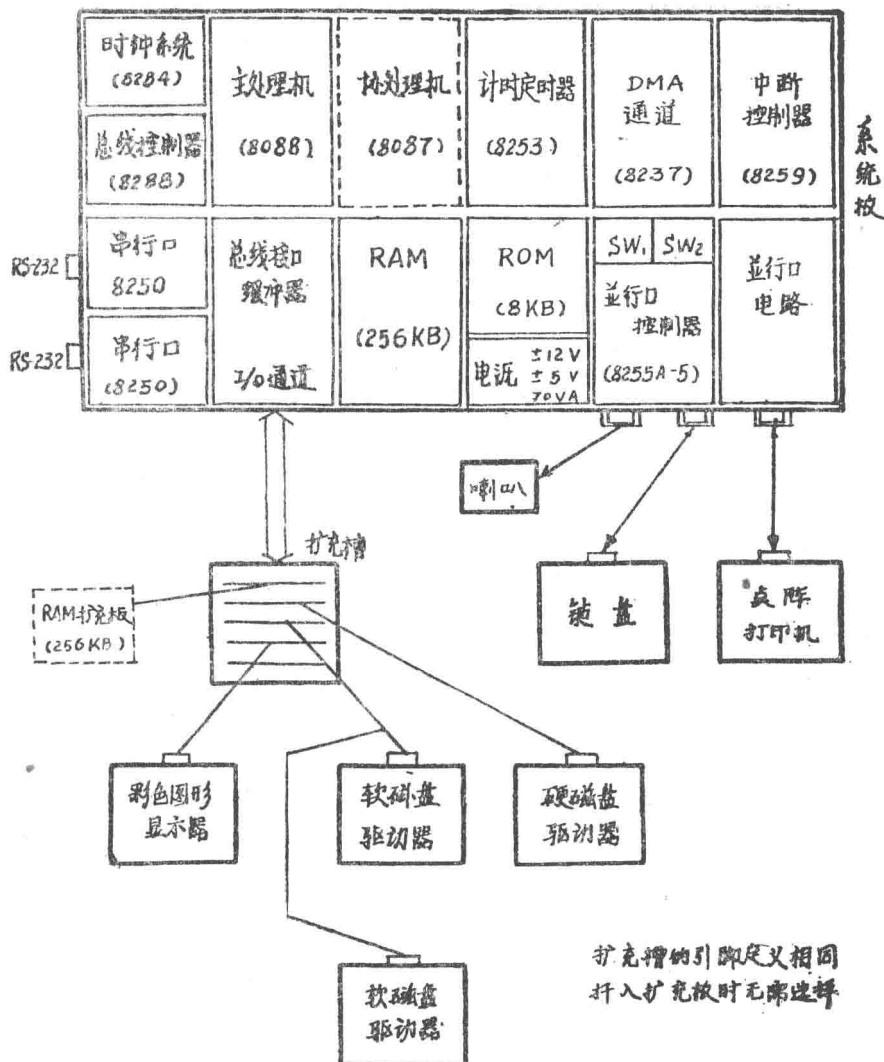


图1.1 0520A系统结构图

完成对I/O系统的6级中断源的管理。

(5) 串行口电路

通过RS-232标准接口可与调制解调器或其它串行I/O设备控制器相连。每个8250均可实现串行到8位并行，或反之的输入输出转换控制。

(6) 并行口电路

完成对打印机的信息输出和控制

(7) 并行口控制器

实现对键盘输入信息的加工和控制传送，控制喇叭功能，以及实现对系统予置状态(由SW₁, SW₂的信息提供)的读取。

(8) 随机存储器

256KB动态随机存储器及模块译码电路，信息缓冲器和校验电路。

(9) 只读存储器

8KB ROM用以存贮BIOS。

(10) 总线接口缓冲器

除作为系统板总线外，还驱动和接收扩充槽，它实际上是总线的延伸，（每个扩充槽的各引线允许带两个TTL（负载）。

I/O系统部分

- (1) 彩色/图形显示器
- (2) 温氏硬磁盘驱动器
- (3) 软磁盘驱动器
- (4) 3070打印机
- (5) 键盘设备
- (6) 音响设备

等。

3、系统组成

(1) 组成原理

采用总线式结构。微处理器，存贮器，I/O设备共同以总线为核心构成系统。相互之间以总线交换信息。因此，诸设备使用总线要经过申请，占有总线后方能进行信息交换。总线一次只能为占用总线通讯的双方服务。既然一次占用总线的双方共两个设备，便有一个主设备和一个从设备。主设备控制总线的使用权，从设备响应主设备而接通总线，当它识别主设备发来的地址后，按要求以总线操作方式与主设备之间通过应答方式传送信息。

组成总线式结构原理图为（图1.2）

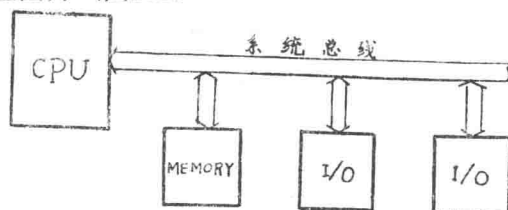


图1.2

(2) 处理器组成方式

单就8088微处理器而言，有两种组成方式。一是“最小”组成方式，一是以“最大”方式组成。按“最小”方式还是按“最大”方式组成其芯片的引脚功能有不同的解释。（指其中一部分管脚）最大方式组成时，功能强，可以多个微处理器并行工作。长城0520 A微型机是以最大方式工作的。

按最大方式组成的系统，总线的控制信号都是从总线控制器8288给出的。8288总线控制器一般是根据主处理器（8088）发出的总线操作周期状态信号通过译码实现对总线的控制的。这些信号线只有在主处理器让出总线使用权时才处于高阻浮空状态。

4. 系统板

系统板集中了主要的控制部件，可以称得上主机，因此，又叫主机板。

系统板上所包含的部件在前面已经有了说明。其基本的逻辑构成还是冯氏结构。即中央处理机部分，存贮器部分，输入输出系统。

系统板的逻辑结构图如下（见图1.3）

从系统板的逻辑结构，便确定了0520 A型机系统的规模。8088作为主处理器可提供20

位地址线，决定了1兆字节的寻址空间。由输出8位数据总线决定了各功能部件之间的信息传送宽度为字节传送。

从其它一些高性能支持部件来看，0520A型系统可以与通讯设备，并行数据传输设备，高速成组数据传送设备相连。I/O通道功能较强。整个系统组成紧凑，结构完整，是一个使用灵活，便于扩充的结构体系。

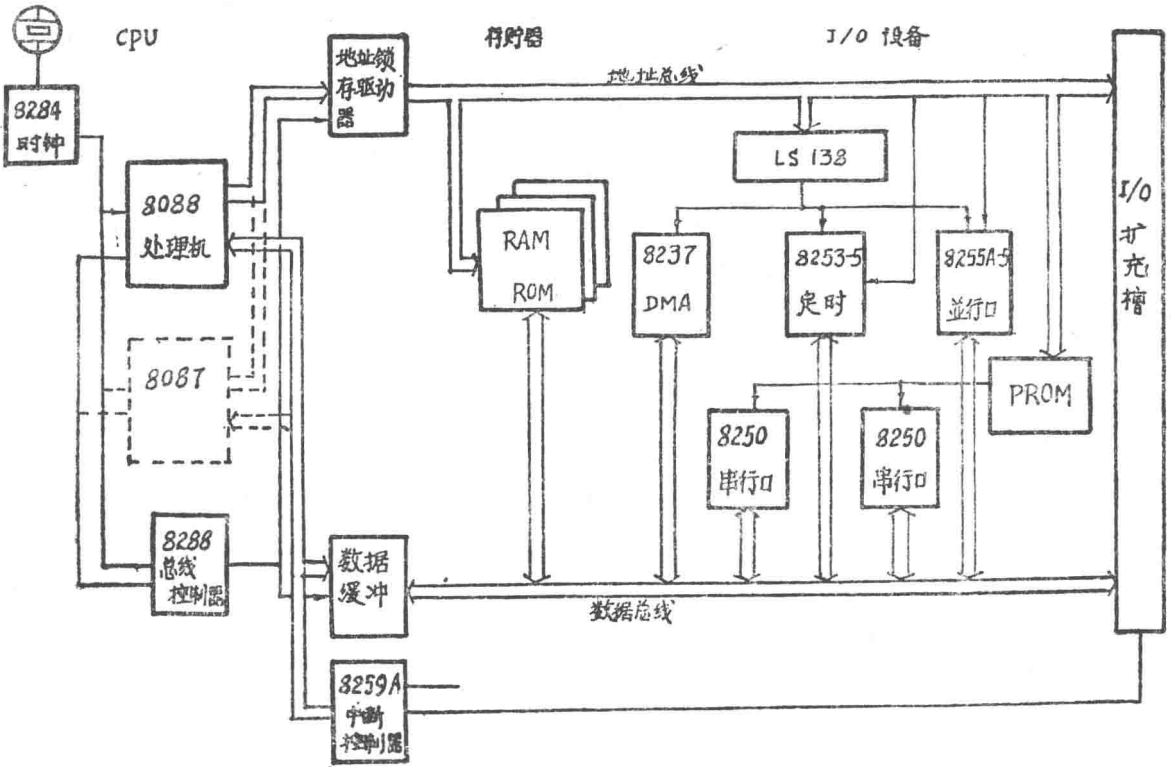


图1-3 系统板逻辑结构

5. 设备控制器。

设备控制器又叫适配器，是系统板 I/O 设备控制器的扩充。目前有：
彩色/图形显示控制器。是为配合各种 NTSC 标准频率显示器和家用电视而设计的。
软磁盘控制器，也是以插板形式插入系统板上的扩充槽中，每块板可带 4 台 5 1/4" 软盘驱动器。机箱内只能放置 2 台驱动器，软盘与内存贮器之间的数据交换是通过 DMA 控制进行的。

硬磁盘控制器，也是由插件板形式插入系统板的扩充槽内。每个控制器（适配器）可带两个硬盘驱动器。与内存之间的信息交换也是通过DMA控制器完成的。

此外，在系统板上的一些设备控制器已在系统板中予以叙述。

第二章 长城0520微型机电路原理 (一)

第一节 概 述

长城0520微型计算机采用Intel8088作为处理器元件。8088与8086软件兼容。具有16位运算功能,有20根地址线,寻址范围可达一兆字节。工作频率4.77MHz,总线工作周期为840ns ($210\text{ns} \times 4$),工作电源为+5V,与外部数据通路为8位。

8088有两种工作方式。在最小工作模式下,CPU直接发出存储器器和I/O设备所需要的总线控制信号。在最大方式下,CPU通过一个总线控制器8288来控制接到总线上的设备。于是CPU便可以支持多重处理机系统。长城0520机8088是按最大工作方式设计的。

长城0520机可以配接8087协处理机。Intel8087为高速浮点运算芯片,采用IEEE推荐的浮点标准。可处理8位、16位、32位和64位的2进制整数,18位BCD码整数,以及32位、64位或80位浮点实数的运算。有62条指令。由于8087的配接,可使系统提高运算速度15—100倍。

除了8087芯片以外,还有一些高功能的支持部件,其中包括:

- 可编程的中断控制器8259A,可识别8个优先级的中断请求。
- 可编程的三个16位定时计数器,可以产生精确的时间延迟或时间限定。
- 可编程的DMA通道控制器,可提供4个传送空间为64KB的通道。
- 可编程的串行通讯接口部件。
- 可编程的并行通道接口部件。
- 时钟发生器和驱动器。
- 总线控制器。

以8088微处理器构成的系统,其结构特点在于:

- 系统的功能分布于各个专门的支持部件中。
- 系统按分级的总线结构形式提供所需要的复杂的数据流,从而便于系统的扩充。
- 硬件具有多重处理能力。

第二节 8088微处理器结构

8088微处理器硬件结构有如下特点:

- 20位地址总线。
- 8位数据总线。
- 按字节进行地址分配。
- 以8位为单位进行内存贮器的读写。
- 多路复用地址总线 and 数据总线。
- 系统可以组成最小或最大两种方式。

1. 外部结构

8088微处理器是采用HMOS工艺封装在有40个管脚的标准的双列直杆式组件内。由于可以构成小系统或多重处理机系统,所以一部分管脚由 $\overline{\text{MN}}/\text{MN}$ 来定义。如图2.1所示,图中列出8088封装结构和管脚说明。括号内为最小方式的引脚功能。