

PC

王换招 杨 潞 索建秦 赵 宁

系列微机总线

ISA EISA MDA

王换招 杨潞 索建秦 赵宁

8782
0649

西安交通大学出版社



PC 系列微机总线

王换昭 杨潞 索建秦 赵宁

西安交通大学出版社

内容提要

本书全面描述了 16 位总线规范, 主要介绍了 ISA 总线和 EISA 总线中有关 16 位的增强特性。详细描述了各种平台的存储器地址空间分配和 I/O 地址空间分配、EISA 总线规范中定义的 I/O 配置空间、16 位平台支持的各类总线周期 (存取周期、传送周期、刷新周期和仲裁周期); 对所有信号线作了分类描述以及进行时序分析; 描述了 EISA 总线规范中对总线的直流负载和交流时序的要求; 并对于 32 位总线规范和 PS/2 的微通道 (MCA) 也作了简单的介绍。

本书适用于从事微机接口电路设计和从事微机控制方面工作的读者阅读, 也可作为高校计算机专业高年级学生和研究生的辅助教材和参考资料。

(陕)新登字 007 号

PC 系列微机总线

王换招 杨路 索建秦 赵宁

*

西安交通大学出版社出版

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码 710049)

西安森普电子公司激光照排

轻工业印刷厂印刷

陕西省新华书店经销

*

开本: 700×1000 1/16 印张: 10 字数: 196 千字

1995 年 2 月第 1 版 1995 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1—5000

ISBN7-5605-0652-6/TP·9 定价: 10.00 元

前 言

在计算机技术发展日新月异的今天,早期的 PC 机 XT 机已逐渐被淘汰,目前大多数用户使用的是 AT 机和使用了 80386 以及 80486 微处理器的微型计算机。微型计算机性能的提高反映在其所采用的微处理器的技术发展上,总线结构的发展也是其标志之一,而总线结构的发展又要保持其连续性。

目前大多数用户使用的微型计算机中均有 16 位的扩充槽,而目前国内出版的有关扩充卡和接口线路设计的著作中,均以 8 位总线为主,对 16 位总线作描述的著作还未见到。对于从事微机接口线路设计的技术人员来说,他们要花费大量的时间和精力查找有关的技术资料。本书作者多年来一直从事 PC 系列微机接口线路的设计和开发工作,在工作过程中,积累了一定的经验,同时也收集了大量有关的资料与文献。现将这些资料和文献加以整理,编写成书,希望对从事这方面工作的同仁能有所帮助。考虑到对于 32 位总线接口线路的开发还较少,所以本书主要描述 16 位总线规范,对于 32 位总线规范只作了简单的介绍;考虑到有些用户使用的是 IBM PS/2 系统,本书也对其采用的微通道结构(MCA)作了介绍。全书内容安排如下:

第一章描述了 PC 系列微机的发展历史,重点介绍了各种机型的结构特点以及所使用的总线结构;

第二章以 ISA 平台为主,描述了结构的组成以及各部分的功能;

第三章分别对 ISA 平台、EISA(16 位)平台和 EISA(32 位)平台的存储器地址空间分配和 I/O 地址空间作以描述,同时对 EISA 总线规范中定义的 I/O 配置空间作了介绍;

第四章概括描述了 ISA 平台和 EISA(16 位)平台支持的各类总线周期;

第五章分别介绍了 ISA 平台和 EISA(16 位)平台所支持的从扩充卡和总线拥有者扩充卡;

第六章对 EISA(16 位)总线的所有信号线作了分类描述;

第七章和第八章分别对 ISA 平台和 EISA(16 位)平台所支持的各类存取周期和几种 DMA 传送周期作以描述以及时序分析;

第九章和第十章分别对刷新周期和仲裁周期作了概括描述;

第十一章主要描述了 EISA 总线规范中对总线的直流负载和交流时序的要求;

第十二章描述了 ISA/EISA 总线扩充卡电子机械技术要求;

第十三章概括描述了微通道结构(MCA)。

本书的初稿完成后,承蒙钱德沛教授对书稿作了仔细审阅并提出了许多宝贵的意见和建议,作者在此深表谢意!

由于时间紧迫，加上作者水平之不足，对于书中的错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

书中有些数据考虑到读者的习惯使用了非法定单位，如 in，在其前后都标注出了与法定单位的对应数据，在此一并说明。 $1\text{in} = 2.54\text{cm}$ 。

1994年5月于西安交通大学

目 录

第一章 PC 系列及总线结构

- § 1.1 PC 系列 1
 - 1.1.1 早期 PC 2
 - 1.1.2 PC/XT 3
 - 1.1.3 PC/AT 5
 - 1.1.4 PC/386 AT 总线系统 7
 - 1.1.5 PS/2 系统 8
 - 1.1.6 基于 486 微处理器的系统 9
- § 1.2 总线结构 10

第二章 各类平台结构

- § 2.1 简介 13
- § 2.2 ISA 平台结构 14
 - 2.2.1 平台 CPU 14
 - 2.2.2 平台数学协处理器 14
 - 2.2.3 存储器 14
 - 2.2.4 中断控制器 14
 - 2.2.5 DMA 控制器 14
 - 2.2.6 刷新控制器 16
 - 2.2.7 计时器和实时钟 16
 - 2.2.8 键盘控制器 16
 - 2.2.9 接口电路 16
 - 2.2.10 字节交换器 16
 - 2.2.11 ISA 总线 16
 - 2.2.12 扩充卡 17
- § 2.3 EISA(16 位)兼容平台结构 17
- § 2.4 EISA(32 位)兼容平台结构 18
- § 2.5 各种平台比较 20
- § 2.6 EISA 总线控制逻辑 22

第三章 存储器和 I/O 地址空间

-
- § 3.1 存储器地址空间 23
 - § 3.2 I/O 地址空间 25
 - § 3.3 I/O 配置空间 27

第四章 各类总线周期

- § 4.1 存取周期 28
 - 4.1.1 ISA 和 EISA(16 位)平台支持的存取周期 28
 - 4.1.2 EISA(32 位)平台支持的存取周期 32
- § 4.2 传送周期 32
 - 4.2.1 ISA 和 EISA(16 位)平台支持的传送周期 32
 - 4.2.2 EISA(32 位)平台支持的传送周期 36
- § 4.3 刷新周期 36
- § 4.4 仲裁周期 37

第五章 从扩充卡和总线拥有者扩充卡

- § 5.1 ISA 和 EISA(16 位)平台支持的从扩充卡 38
 - 5.1.1 作为存储器资源的从扩充卡 38
 - 5.1.2 作为 I/O 资源的从扩充卡 39
 - 5.1.3 有关从扩充卡的特别说明 41
- § 5.2 ISA 和 EISA(16 位)平台支持的总线拥有者扩充卡 41
- § 5.3 ISA 和 EISA(16 位)平台中从扩充卡与总线拥有者数据宽度不匹配的处理 44
 - 5.3.1 存取周期内数据宽度不匹配的处理 44
 - 5.3.2 传送周期内数据宽度不匹配的处理 46
- § 5.4 EISA(32 位)平台支持的从扩充卡 50
 - 5.4.1 作为存储器资源的从扩充卡 50
 - 5.4.2 作为 I/O 资源的从扩充卡 50
- § 5.5 EISA(32 位)平台支持的总线拥有者扩充卡 51

第六章 总线信号线定义

- § 6.1 地址信号线 52
- § 6.2 数据信号线 54
- § 6.3 周期控制信号线 55
- § 6.4 总线控制信号线 60
- § 6.5 中断信号线 61

§ 6.6 DMA 信号线 62

§ 6.7 电源信号线 68

第七章 总线存取周期

§ 7.1 简介 69

§ 7.2 标准存取存储器周期 78

7.2.1 ISA 平台支持的标准存取存储器周期 78

7.2.2 EISA(16 位)平台支持的标准存取存储器周期 83

§ 7.3 标准存取 I/O 周期 84

7.3.1 ISA 平台支持的标准存取 I/O 周期 84

7.3.2 EISA(16 位)平台支持的标准存取 I/O 周期 89

§ 7.4 就绪存取存储器周期 90

7.4.1 ISA 平台支持的就绪存取存储器周期 90

7.4.2 EISA(16 位)平台支持的就绪存取存储器周期 91

§ 7.5 就绪存取 I/O 周期 91

7.5.1 ISA 平台支持的就绪存取 I/O 周期 91

7.5.2 EISA(16 位)平台支持的就绪存取 I/O 周期 92

§ 7.6 无等待状态存取存储器周期 93

7.6.1 ISA 平台支持的无等待状态存取存储器周期 93

7.6.2 EISA(16 位)平台支持的无等待状态存取存储器周期 93

§ 7.7 无等待状态存取 I/O 周期 94

7.7.1 ISA 平台支持的无等待状态存取 I/O 周期 94

7.7.2 EISA(16 位)平台支持的无等待状态存取 I/O 周期 94

§ 7.8 ISA 平台和 EISA(16 位)平台存取周期性能 95

第八章 DMA 总线传送周期

§ 8.1 几种 DMA 传送方式 97

§ 8.2 标准传送周期 104

8.2.1 ISA 平台支持的标准传送周期 104

8.2.2 EISA(16 位)平台支持的标准传送周期 105

§ 8.3 就绪传送周期 109

8.3.1 ISA 平台支持的就绪传送周期 109

8.3.2 EISA(16 位)平台支持的就绪传送周期 114

§ 8.4 ISA 平台和 EISA(16 位)平台传送周期性能 114

第九章 刷新周期

- § 9.1 简介 115
- § 9.2 ISA 平台支持的刷新周期 118
- § 9.3 EISA(16 位)平台支持的刷新周期 119

第十章 仲裁周期

- § 10.1 简介 120
- § 10.2 ISA 平台支持的仲裁周期 123
- § 10.3 EISA(16 位)平台支持的仲裁周期 123

第十一章 总线完整性

- § 11.1 简介 124
- § 11.2 直流负载 124
- § 11.3 交流时序 127

第十二章 ISA/EISA 总线扩充卡电子机械技术要求

- § 12.1 ISA/EISA 总线扩充槽电源标准 130
- § 12.2 ISA/EISA 总线扩充槽信号初始状态 131
- § 12.3 ISA/EISA 总线扩充卡插力要求 131
- § 12.4 ISA 总线扩充槽引脚定义及机械结构 133
- § 12.5 EISA(32 位)总线扩充槽引脚定义及机械结构 136

第十三章 微通道结构

- § 13.1 MCA 性能和特点 137
 - 13.1.1 MCA 总线系列 137
 - 13.1.2 MCA 总线异步操作 137
 - 13.1.3 MCA 的可编程项选择 139
 - 13.1.4 MCA 总线仲裁特性 141
 - 13.1.5 MCA 中断 142
 - 13.1.6 MCA 总线扩充卡的物理特性 142
 - 13.1.7 MCA 总线电源和地 144
- § 13.2 MCA 总线信号线定义 144
- § 13.3 32 位扩展总线信号线 148
- § 13.4 MCA 视频扩展信号线 149
- § 13.5 基本 MCA 总线周期 149
- § 13.6 MCA 的增强性能 150

参考文献

——第一章 PC 系列及总线结构——

§ 1.1 PC 系列

自从 1981 年 9 月 IBM 公司的 PC 机问世以来, IBM 公司和其他厂商已推出了许多型号的 PC 机。要对所有型号的 PC 机都给以详细描述是不现实的, 我们只对 IBM 以及其他一些主要厂商所生产的几种 PC 机作以介绍。PC 机按照其所用的微处理器和总线结构可以分为以下几种类型:

1. IBM PC
2. PC/XT
3. PC/AT
4. PC/386 AT 总线
5. PS/2 XT/AT 总线
6. PS/2 微通道总线
7. EISA 总线系统

PC/386 AT 总线系统并不是 IBM 公司的产品, 它是使用 386 微处理器对 AT 系统的工业扩展。工业界已经接受了 AT 总线并将之视为一种标准, 从而将其应用扩展到了 386 微处理器系统。为了进一步使系统结构简化, 几家主要兼容机生产厂商共同开发出了—种新的总线结构, 这种新型系统总线与工业标准 AT 总线相兼容, 它被称为扩展工业标准结构(EISA), 图 1-1 描述了 PC 系列与其结构发展的演变历史。

除了早期的 PC 机外, 所有型号的 PC 机仍在大量生产。虽然 PC/XT 和 PC/AT 已问世了很长的时间, 由于 PC 机丰富的软件支持以及低价格和高性能, 目前仍被广泛使用。

PC 系列也可根据其外形分类, 所有主要的增强型 PC 机均可生产成桌上型、便携式、落地立式和膝上型。这些外形通常表现为提高系统的紧凑性和便携性而在其机械结构和电源方面的不同, 便携式和膝上型系统由于其扩充槽数目、软驱和硬盘容量等因素的限制, 使其在性能上受到—定的影响; 而落地立式系统由于具有更多的扩充槽、更大的电源功率以及更多的软驱数目和更大的硬盘容量, 使其具有更大的优越性。

新型 PC 系统—般随 Intel 公司微处理器的发展而发展, 其改进主要表现在它具有新型微处理器、增强的总线性能和更高的系统时钟频率。评估—台 PC 系统的

性能时, 应考虑以下几点:

1. 系统微处理器类型和系统时钟频率;
2. 硬盘类型和软驱数目;
3. 总线结构类型和扩充槽数目;
4. 显示器适配器及显示器类型;
5. 系统的机械结构和外形;
6. 基本配置的 RAM 和最大可扩充的 RAM 容量;
7. 与 IBM PC 的兼容程度。

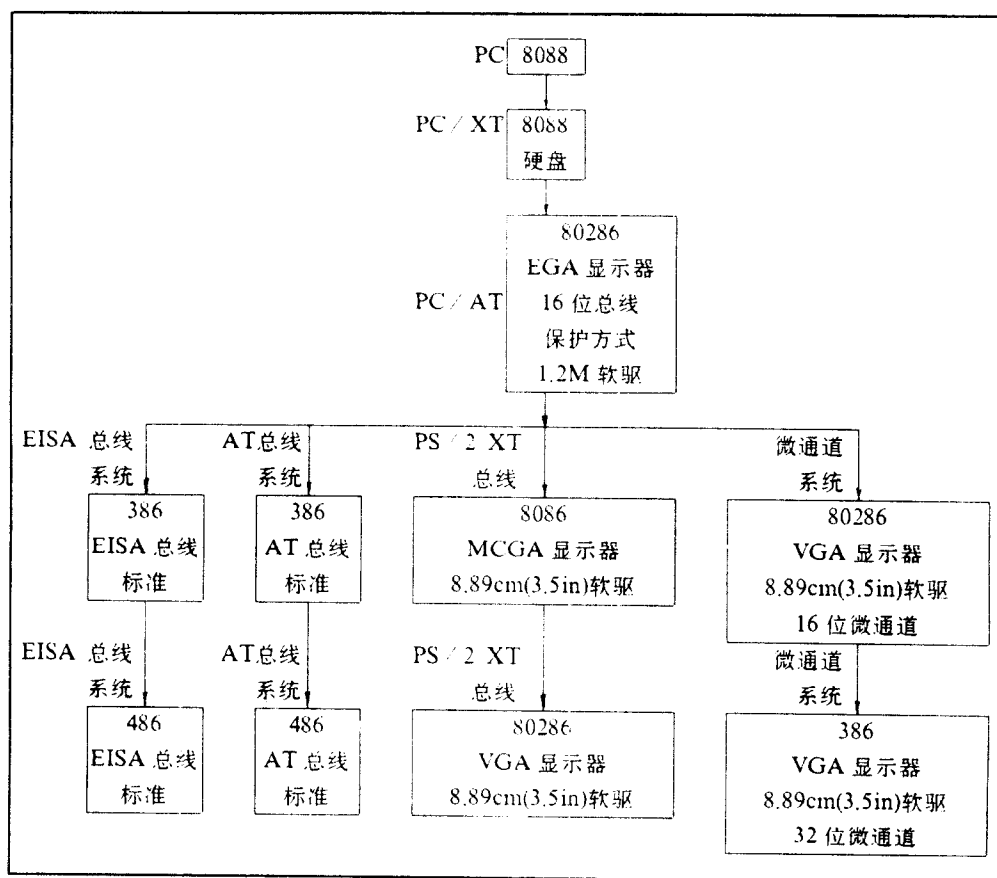


图 1-1 PC 系列按主要结构增强顺序分类

1.1.1 早期 PC

早期的 PC 系统在其系统板上装有 32KB 存储器和 5 个总线扩充槽, 而且只有

软驱，没有硬盘，它的结构配置如图 1-2 所示。这种 PC 系统支持一个或两个内置式 13.34cm (5.25in) 的软盘驱动器，每一个软驱可以支持容量为 160K 的软盘，另外还可以外接两个外置式软盘驱动器。在早期 PC 系统问世后不久，系统板便改进为支持 64KB 存储器，并且其 EPROM BIOS 也改进为可以扫描适配卡上 ROM 设备驱动程序上端的 256KB。这种 PC 系统所用的微处理器是 Intel 公司生产的 8088-5，其时钟频率为 4.77MHz。

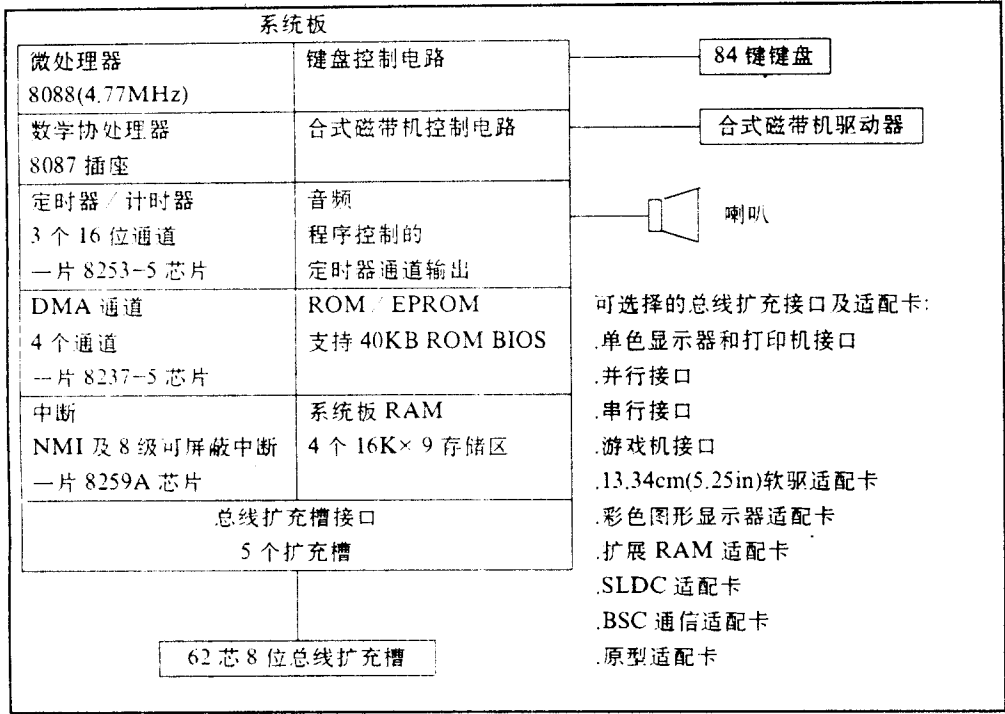


图 1-2 早期 PC 系统构成图

1.1.2 PC / XT

为满足不断发展的软件需要，PC 也需在某些方面加以改进和增强，如增加 RAM 容量和硬盘容量等，这样便产生了 PC / XT，其结构如图 1-3 所示。PC / XT 主要在以下几个方面对早期 PC 作了改进:

- 1.总线扩充槽数增加至 8 个;
- 2.增加了硬盘和软驱适配卡;
- 3.增加一个串行接口和一个并行接口，作为标准设备;
- 4.系统板 RAM 容量扩展至 256KB;

5. 系统所配电源由 65W 增至 135W;

6. 软盘容量由磁道 9 个扇区增至双面、每磁道 9 个扇区, 总容量达到 360KB。

PC/XT 系统的机箱物理尺寸和机械结构与早期 PC 系统相同, 为了安装另外三个扩充槽, 每两个扩充槽之间的距离由原来的 2.54cm 缩减为 1.905cm。而第八个扩充槽则与其他七个扩充槽不同, 它只用于并行或串行扩展适配卡, 所以它只支持比较短的扩充卡。在其后的产品中, 由于采用半高的软盘和硬盘驱动器, 所以在—套系统中可以安装多个驱动器。

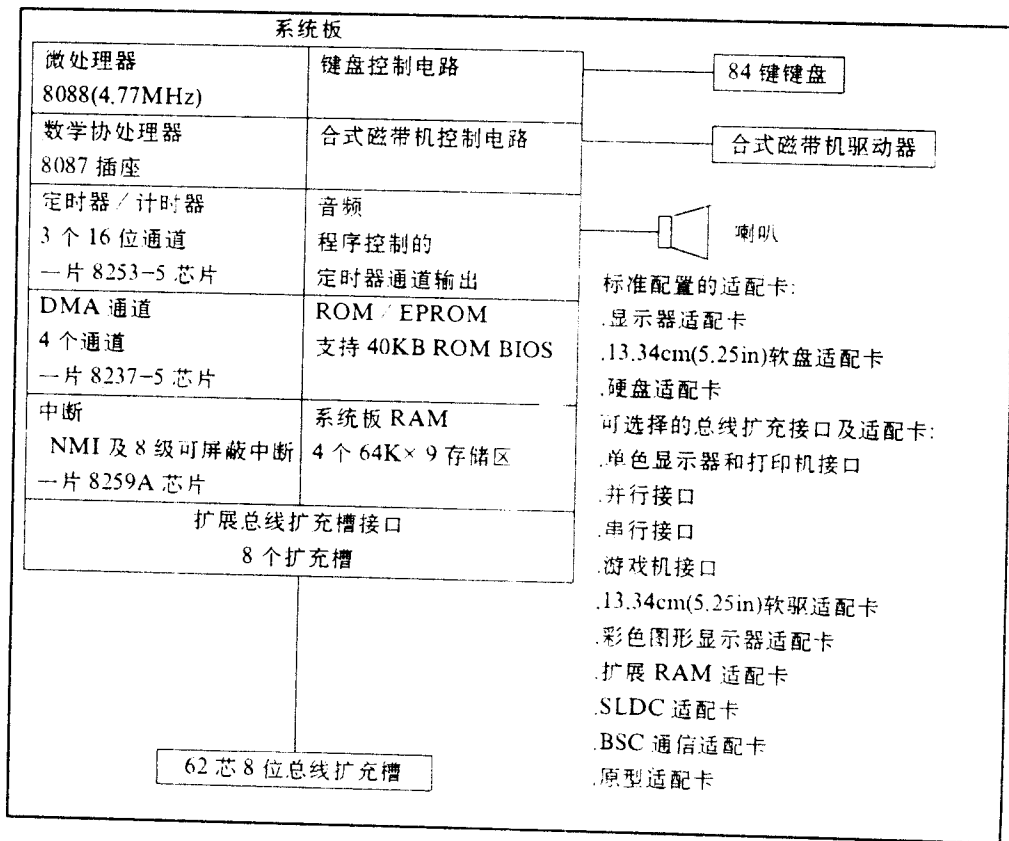


图 1-3 PC/XT 系统构成图

相对于早期 PC, IBM PC/XT 并没有提高微处理器的性能, 它仍然使用 Intel 公司 4.77MHz 的 8088 微处理器。然而许多别的厂商对 PC/XT 的性能进行了扩展, 所采用的最简单方法就是提高 8088 微处理器的时钟频率。现在兼容型 PC/XT 的时钟频率通常为 8MHz 和 10MHz, 这样使得微处理器的性能提高了一

倍。在某些兼容机中,不仅提高了时钟频率,而且还在微处理器的存取周期中增加了等待状态,以便使用价格较低廉的 RAM 芯片。

8088 微处理器需要 4 个时钟周期来执行一个存取周期,但增加一个等待状态时,就需要 5 个时钟周期。对于 4.77MHz 的微处理器,一个时钟周期是 210ns,则一个无等待状态的存取周期为 840ns;对于 10MHz 的微处理器,一个时钟周期为 100ns,则无等待状态的存取周期为 400ns,即它的速度为 4.77MHz 微处理器的 2.1 倍。如果在 10MHz 微处理器的存取周期中加入 1 等待状态,则存取周期为 500ns,它的速度是 4.77MHz 微处理器的 1.68 倍。存取周期中单一等待状态的加入对其性能有很大的影响,也就是说,一台时钟频率为 10MHz 的机器,其单一等待状态所产生的影响表现为其整体性能比 4.77MHz 微处理器系统的性能平均提高了 1.8 倍。这种处理器存取周期中等待状态的实际影响与理论计算间的差异在于具有 4 字节预取缓冲区的 8088 总线接口设计,因而减小了等待状态嵌入总线周期的影响,这与 PC/AT 系统中 286 微处理器的影响是相同的。

某些生产 PC/XT 兼容机的厂商也使用 8086 微处理器,以便为存储器提供一个 16 位的总线。在同一处理器时钟速度下,16 位存储器的存取性能与 8 位处理器相比要高两倍,其平均值提高了 1.6 倍。但是,8086 具有 6 字节的预取缓冲区,使之掩盖了 16 位总线的一些作用。另外,大多数数据存取都是 8 位,而不是 16 位,这样就不能使 16 位总线得以充分利用;然而,在指令读取时便显示出了 16 位总线的优越性,这是因为绝大多数指令都超过了一个字节的长度。同样,16 位总线在中断处理和子程序调用方面也提高了系统的性能,因为与存储器相关的堆栈压入和弹出指令都是 16 位操作。一个使用 10MHz 无等待状态的 8086 的 PC/XT 与工作在 4.77MHz 的早期 PC 相比,时钟速度的提高使其性能为后者的 2.1 倍,而 16 位总线又将其性能提高了 1.6 倍,这样,其整体性能是早期 PC 机的 3.36 倍。

PC/XT 系统如今仍在文字处理、仿真终端、电子表格、统计和网络终端等方面广泛应用。IBM 公司并没有停止 PC/XT 的开发工作,PS/230 型系统便是 PS/2 系列中的 PC/XT,这种系统保留了 PC 总线,并使用一个 8MHz 的 8086 微处理器,软驱也改为 3.25in,但其系统仍为 PC/XT。

1.1.3 PC/AT

PC/AT 的诞生标志着新一代 Intel 80286 微处理器应用的开始。按 80286 微处理器的 16 位总线要求,PC/AT 将 PC/XT 的数据总线扩展到 16 位,存储器地址扩展到 24 位。AT 总线的扩充槽保留了为 PC 和 XT 系统设计扩充卡的向下兼容性,增加的总线信号在第二个总线扩充槽上。早期的 IBM AT 总线周期用 1 等待状态总线周期支持 6MHz 的时钟频率,后来又提高到 8MHz,许多厂商已将其时钟频率提高到了 10, 12, 16, 20, 25MHz,更高的时钟频率和无等待状态使得 AT 的应用范围更广。

286 微处理器由于具有较高的时钟频率，而且每一总线周期和每一指令所占用的时间较短，又由于其总线数据宽度为 16 位，所以具有较高的性能水平。以时钟速度和等待状态来评估，AT 系统的性能水平为使用 4.77MHz 微处理器的 PC 和 XT 系统的 4—10 倍。286 支持两种操作模式：实模式和保护模式。实模式仿真了 1MB 地址空间的 8088/8086 程序环境，使之不加修改便可执行原有的 PC 和 XT 软件；而保护模式提供了多任务环境，它也支持 286 的所有 16MB 地址空间和每个任务映射到 16MB 地址空间的 1GB 虚地址空间。存储器管理也支持四级存储器保护，然而由于保护模式几乎不支持 PC 软件，所以在保护模式下的 286 微处理器的功能还没有完全开发出来。

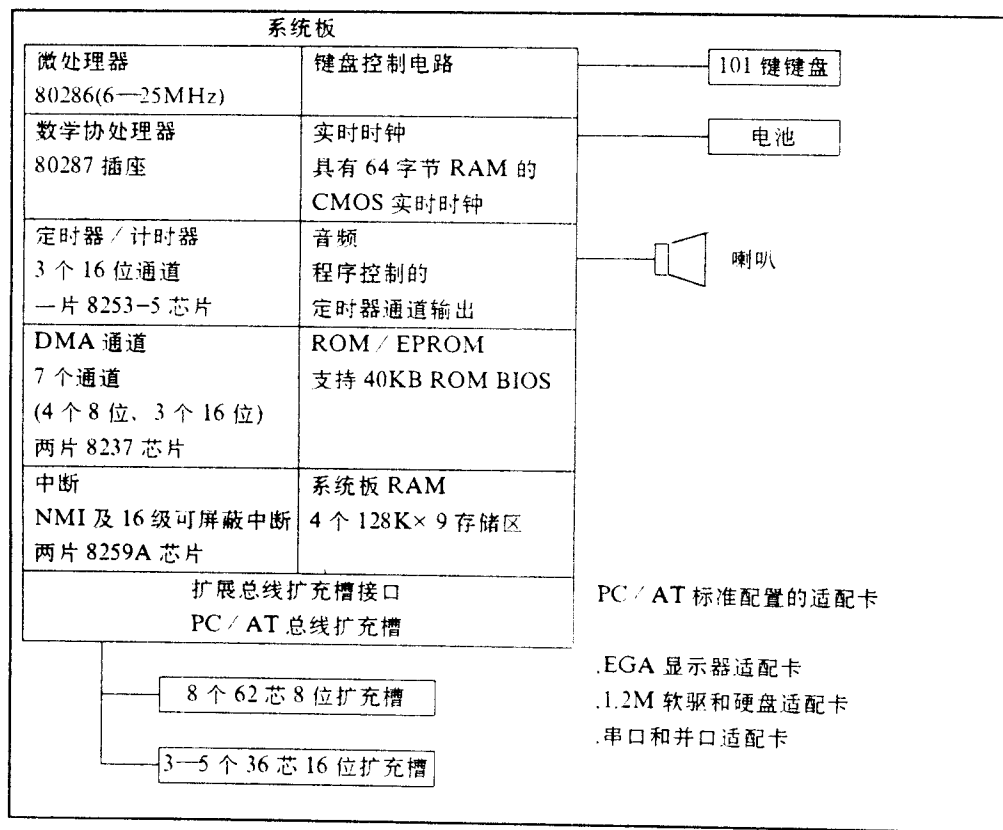


图 1-4 PC/AT 系统构成图

AT 系统除了采用 286 微处理器和 AT 总线外，它还使用了 1.2MB 的高密软驱和 20MB 硬盘，以此作为 AT 的标准配置。同时，AT 系统还增加了由电池供电

的时钟和日历, 此外还有新型的 EGA 显示器及其适配器。EGA 显示器适配器大大提高了图形的分辨率和 PC 系统的彩色性能, 图 1-4 为典型 AT 系统框图。

当 IBM 公司开发出 PC/AT 时, 在系统板上并没有使用专用芯片, 而其他厂商迅速生产出了专用芯片, 并在其上集成了许多离散元件, 这一举措使得 AT 主板的尺寸得以减小, 成本也得以降低, 并且具有更强的 I/O 特性和更高的存储器容量。由于存储容量的增加, 在 286 和存储器之间便增加了一些特殊的总线, 使得时钟频率进一步提高, 减小了总线缓冲延迟。

目前, 配置有无等待状态的 12.5MHz 时钟频率、实时时钟、一个串口、一个并口和 2MB RAM 的 PC/AT 系统应用很广泛, 这种 286 系统还具有另外一些特点, 如支持保护模式软件、UNIX 和 OS/2 操作系统。这样, 它也可以运行那些需要大地址空间和保护模式环境的新一代应用软件。

1.1.4 PC/386 AT 总线系统

对 PC/AT 系统来说, 另一个重大的发展就是 Intel 公司开发的 32 位微处理器 80386。IBM 公司应用 386 开发了 PS/2 系统, 它采用一种称为微通道的专用总线结构。与此相反, 其他厂商却继续在 AT 总线上开发生产了 386 AT 总线系统。

在此之前, 兼容型 PC 的生产厂商都以 IBM 公司的产品为标准, 在系统结构上并无变化, 而只是具有更低的价格、更高的集成特性和更强的整体性能, AT 总线的 386 系统标志着这些厂商第一次偏离了 IBM 结构标准。386 AT 总线兼容系统仅仅是简单地用 386 代替 286, 早期的 386 系统大都是在 PC/AT 芯片插座中配以高速 RAM 或交叉 RAM 所组成。现在, PC/AT 386 系统配有与 386 相适应的专用插座和与 32 位动态 RAM 相匹配的超高速缓冲存储器 (Cache) 控制器。由于系统存储器置于系统板和独立的局部总线上, 所以 386 PC/AT 系统具有 32 位存储器存取性能和 AT 总线的兼容性, 并能访问 PC、XT 和 AT 的外围设备驱动卡。这种分离总线结构是对高速存储器、低速 I/O 和 PC 总线兼容性的优化总线。

386 微处理器提供了比 4.77MHz 的 8088 PC 高 12—50 倍以及比 8MHz 的 286 系统高 2—10 倍的性能, 这种性能的改进是通过使用更高的时钟频率、总线周期和指令存取占用更少的时钟、32 位操作的新指令以及 32 位数据总线而实现的。386 系统还支持 8088、8086 和 80286 的实模式。就保护模式而言, 它支持 286 保护模式和扩展的 386 保护模式。在保护模式中的一个关键新特性是虚拟的 8086 实模式, 这种模式可以执行多任务, 每一任务可以运行 8086 实模式操作系统和任务。图 1-5 为一典型 386 AT 总线系统的框图。

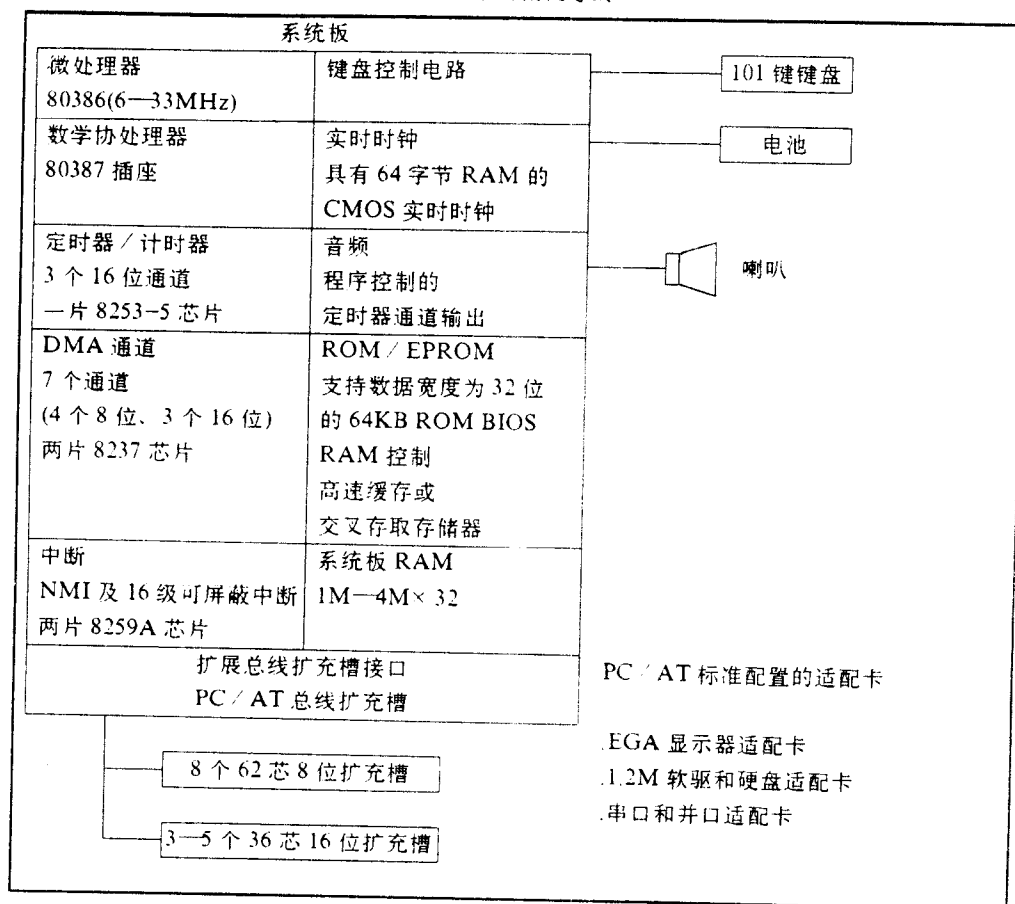


图 1-5 PC / AT 386 系统构成图

1.1.5 PS / 2 系统

1987 年，IBM 公司开发出了一种新的 PC 系统，它就是我们通称的 PS / 2 系统，该系统在以下几点具有与所有 PC 系统不同的性能：

1. 显示器适配器集成在系统板上；
2. 磁盘控制器集成在系统板上；
3. 串口、并口集成在系统板上；
4. 集成化鼠标接口；
5. 8.89cm (3.5in) 软驱；
6. 新型 VGA 图形适配器标准。

PS / 2 系统主要有三种结构：采用 PC / XT 总线和 8086 微处理器的 PS / 2 25 型和 30 型以及采用微通道结构的 286 和 386 系统。很显然 PS / 2 系统的不足之