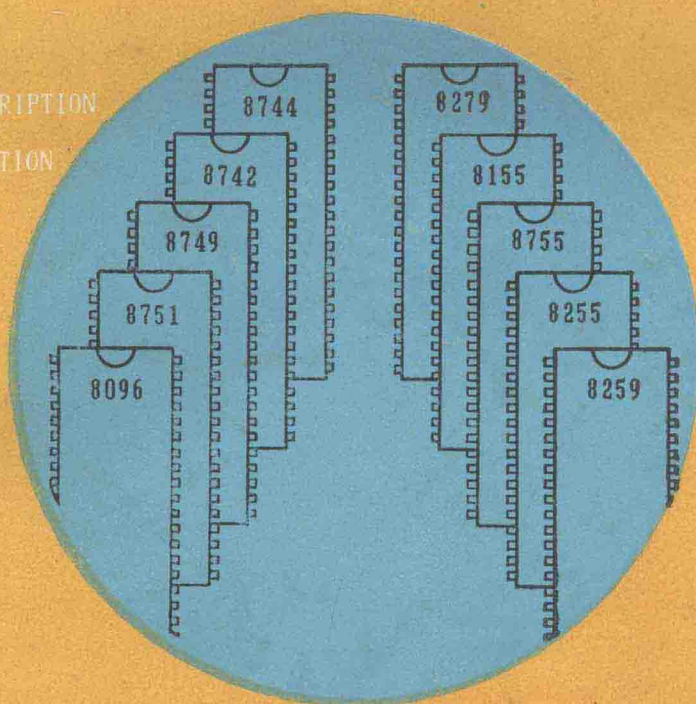


单片微机及外围集成电路 技术手册

郑子礼 主编

FUNCTION DESCRIPTION
PIN CONFIGURATION
BLOCK DIAGRAM
WAVEFORM
APPLICATION



功能说明
引脚排列
内部结构
时序
典型应用

上海实用计算机自动控制工程公司

序 言

近年来单片微机在我国各个领域得到广泛应用，这无疑将对我国科学技术和社会经济的发展起巨大的推动作用。越来越多的人已经或正准备涉足单片机的应用领域。但是，由于各种原因，这方面较为系统完整的单片机应用开发所需的芯片应用资料为数不多，对从事这方面工作的同志有诸多不便。期望这本技术手册问世，将能补充这方面资料的不足。

参加本书编写大都是多年来专门从事与微机及单片机应用开发有关的、素有经验的专业技术工作者，这对保证本书技术水准无疑是较为有利。本书除了收集 Intel 单片机及其存贮器，I/O接口芯片，通讯接口芯片，A/D、D/A 转换芯片，门阵列芯片等性能、技术参数、时序、内部结构、引脚、应用实例外，还针对应用实际，着重介绍了单片微机应用开发系统的设计思想和许多设计技巧。譬如：如何应用软件来简化替代硬件电子线路，单片机应用系统软、硬件划分确定，加密方法，操作方便性和可靠性，接口信号处理技术，地址译码和控制方式，存贮器，I/O，模数转换等设计要点。

由于单片微机实质上仍是一种微机。所以，无论是对从事单片机还是其它微机开发应用的工作者特别是刚从事这方面工作的有关同志也有很好参考作用。

本书在编写中，力图打破以往这方面技术资料编排习惯，把与单片微机应用开发有关芯片按其在单片微机应用系统中相互关系而分门别类编排，这样使本书既具备作为技术资料可查阅性，又具备一般技术书籍可读性。同时为了节省本书篇幅，又注意尽可能将功能、型号相近，技术参数接近的芯片编排一起，并列出差异点及使用注意之处。

庄松林

前 言

单片微机(又名微控制器或单片机以下均称为单片机)是国际上七十年代中期才发展起来的新型大规模集成电路,它是在一块芯片上集成了中央处理器(CPU)、存贮器(RAM、ROM 或 EPROM)和各种输入/输出接口(定时器/计数器、串行 I/O 或并行 I/O 以及 A/D 转换接口等)。构成了一台计算机的基本组成。由于单片机具有集成度高、可靠性强、价格低、面向控制等特点,因此在工业控制、智能仪器仪表、智能化设备和家用电器等领域得到广泛的应用。随着微电子技术和计算机科学的发展,单片机应用开发已成为当前计算机应用之重点和发展方向。鉴于目前国内专门介绍有关单片机应用中常用芯片为数不多,为适应单片机开发应用的需要,满足单片机硬件设计急需,我们根据上海实用计算机自动控制公司和上海单片机技术交流站同志的建议,特编写了本书。希望能对从事单片机应用开发的同志有所启迪和帮助,这就是编写本书目的和出发点。

本书主要内容有:单片机的性能和特色、单片机应用系统设计方法、用软件简化或替代硬件、可靠性技术、加密技术、接口信号处理技术等。并收集了以 Intel 公司为主的单片微机及外围接口芯片和其它与单片机应用有关的最新芯片的详尽和准确的资料。如 Intel 系列单片机及存贮器、I/O 接口、通讯接口、A/D、D/A 转换、GAL 门阵列芯片等性能、技术参数、时序、内部结构、引脚、应用实例。因篇幅所限,对有些器件也尽可能予以简略介绍。为了在有限篇幅叙述尽可能多的内容,我们尝试把型号相近,技术参数类似的器件安排在一起,并加以比较列出其异同之处。为了进一步满足单片机应用开发需要,本书尚未收录或未重点介绍的一些器件内容将放在本书续册中加以详尽介绍说明。我们正在着手编写其它一些具有影响单片机产品的公司如 Zilog、Motor-ola、Rockwell 公司等单片机及其外围集成电路的技术手册。

由于时间紧迫,以及水平所限,本书中定存在许多不足,我们诚恳欢迎广大读者予以指正,我们将在本书再版时予以进一步修改和完善。

本书主要由郑子礼、汪超、徐强华、秦义强、杨伟祥、沈伟国、梁端等同志编写,另外,李建霞、胡一铭、陈志林、丁家奇、陶增谊、骆肖蓝、何伏、史勇、唐皓、夏明辉等同志亦参加了部分编写工作。由郑子礼同志负责全书整理加工。本书由《电脑应用时代》主编曹琪明高级工程师主审。

在本书编写和出版中,得到上海光学仪器研究所的领导和许多同志的热情支持和帮助;张国夫、俞和亮、陆治平等同志也对本书提供了不少修改建议和帮助,还有许多同志为本书做了一些具体工作,谨在此一并表示感谢。

本书即将由光明日报出版社出版。

编者

1989年4月于上海

目 录

序言

前言

第一章 单片机原理和应用特色	(1)
§ 1.1 单片机结构	(1)
§ 1.2 单片机的性能特点	(3)
§ 1.3 单片机的应用特色	(4)
第二章 单片机硬件接口设计概要	(6)
§ 2.1 单片机应用系统设计过程	(6)
§ 2.2 如何巧妙应用软件来简化替代硬件	(9)
§ 2.3 应用系统软、硬件划分确定	(10)
§ 2.4 单片机应用系统加密方法略述	(11)
§ 2.5 单片机应用系统操作方便性概述	(15)
§ 2.6 单片机应用系统可靠性设计	(19)
第三章 单片机集成电路	(22)
§ 3.1 如何选择单片机主机芯片及充分利用其功能	(22)
§ 3.2 Intel MCS-48 八位控制微机系列(8048/8035/8049/8039/8040/ 8050/8748/8749)	(25)
§ 3.3 MCS-48 CHMOS 八位单片微机(80C48/80C35/80C49/80C39)	(35)
§ 3.4 通用外设接口(UPI)八位微机 (8041AH/8041AH-2/8641AH/8741A/8042/8742/8642)	(39)
§ 3.5 MCS-51 八位控制微机(8031/8051/8031AH/8951AH/8032AH 8052AH/8751H/8751H-8)	(50)
§ 3.6 Intel MCS-96 带有八位或十六位扩展总线的高性能十六位单片微机 (8×9×BH/809×BH-10/809×-90/839X-90/80C196KA)	(63)
§ 3.7 片内带有串行通讯控制的高性能微控制器 (8044AH/8344AH/8744HA)	(69)
§ 3.8 可运行 BASIC 语言的单片微机系统(8052AH-BASIC)	(72)
第四章 单片机接口信号预处理技术	(73)
§ 4.1 信号的电平转换、驱动、接收、缓冲、锁存等处理	(73)
§ 4.2 信号的逻辑处理	(75)
§ 4.3 脉冲信号处理	(79)
§ 4.4 信号延时、比较器、消抖等处理	(81)
§ 4.5 单片机复位、单步操作、时钟、电源电路	(82)
第五章 接口地址译码和控制方式选择	(85)

§ 5.1 接口地址译码·····	(85)
§ 5.2 接口驱动、隔离及扩展 ·····	(91)
§ 5.3 输入/输出(I/O)控制(8214、8259、8237、8257) ·····	(109)
第六章 存储器系统的扩展 ·····	(166)
§ 6.1 存储器接口电路设计·····	(166)
§ 6.2 RAM 存储器(2114A、2142、2148、2149、2128、6116、6264、 65256、6256)·····	(168)
§ 6.3 EPROM 2716/2732A/2764A/27128A/27256/27512·····	(190)
§ 6.4 E ² PROM 2815/2816/2817/2864A/2864B) ·····	(209)
§ 6.5 其它存储器器件(2186/7、8148、8185、8355/8755、8155/8136等)···	(238)
第七章 输入输出接口电路 ·····	(269)
§ 7.1 应用 TTL 电路来实现输入输出接口 ·····	(269)
§ 7.2 通用接口电路(8212、8255/82C55) ·····	(270)
§ 7.3 专用接口·····	(296)
§ 7.4 通讯接口·····	(373)
§ 7.5 定时电路·····	(390)
第八章 模数转换 ·····	(419)
§ 8.1 A/D 和 D/A 转换接口设计概要 ·····	(419)
§ 8.2 常用 A/D 转换器芯片 ·····	(421)
§ 8.3 常用 D/A 转换器芯片 ·····	(431)
第九章 可编程逻辑器件电路和最新应用电路 ·····	(441)
§ 9.1 可编程逻辑器件电路·····	(441)
§ 9.2 最新应用电路·····	(441)
参考文献 ·····	(456)

第一章 单片机原理和应用特色

§ 1.1 单片机结构

单片微型计算机(Single-chip Microcomputer 或 One-chip Microcomputer)简称单片机或单片机。它是在一块大规模集成芯片上不仅集成了中央处理单元(CPU),而且还容纳了必须的存贮器(RAM、ROM 或 EPROM 或 E²PROM)和各种输入/输出接口(定时器/计数器、并行和串行 I/O、A/D 和 D/A 转换接口,以及专用输入/输出控制电路),从而使一块芯片具备了一台微型计算机的基本功能。由于单片机往往是针对工业控制或与控制有关的数据处理,故而又称为微控制器(Microcontroller)。典型单片机组成如图 1-1-1 所示。



图 1-1-1 单片机典型组成框图

一般说单片机典型内部结构如图 1-1-2 所示;它采用哈佛德(Haward)结构如图 1-1-3 所示。它把程序存贮器与数据存贮器空间互相分开,采用不同寻址方式,程序存贮空间地址用指令计数器 PC 来指向,数据存贮空间地址用 DPTR 来指示。单片机采用这种方式结构主要是考虑到在控制应用中,需要较大程序存贮空间和较小随机存取数据的存贮空间,适合快速运算和紧凑处理需要。它与一般微机常用的冯·诺曼结构如图 1-1-4 所示,即数据和程序合用同一存贮空间结构有所不同。单片机中一般数据存贮空间采用 RAM 电路,程序存贮空间采用 ROM/EPROM/E²PROM 来实现。但是也有许多单

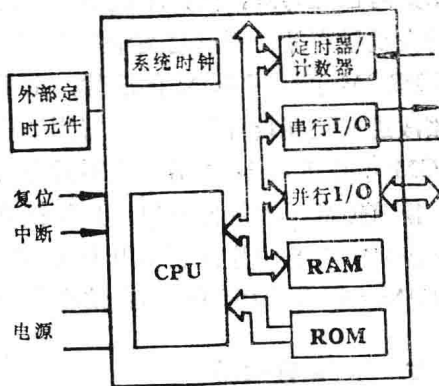


图 1-1-2 单片机典型内部结构

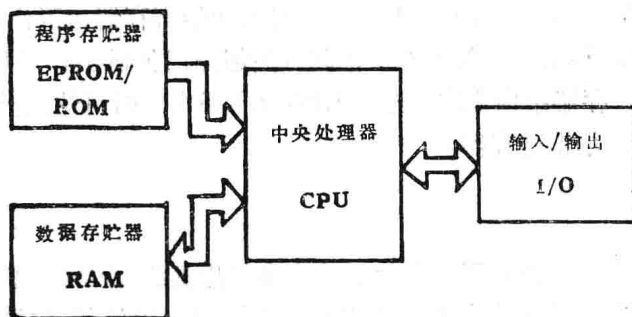


图 1-1-3 哈佛德结构示意图

片机仍采用冯·诺曼结构，把程序和数据存贮空间合二为一。

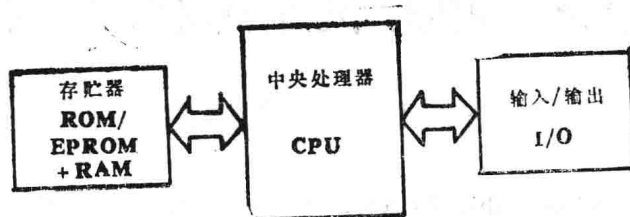


图 1-1-4 冯·诺曼结构示意图

这里我们先对图 1-1-2 单片机典型内部结构简述如下。

一、只读存贮器(ROM)

ROM 通常用于永久性存贮的应用程序。目前，在单片机特别是 Intel 单片机系列中，每一类芯片往往有三种形式。一种是片内带掩膜式只读存贮器 MROM，另一种是片内带可改写只读存贮器 EPROM 或采用电可擦除写只读存贮器 E²PROM，还有一种是片外接 ROM 或 EPROM 或 E²PROM 形式(但这种形式不一定是片内无 MROM 或 EPROM，通常因为片内这部分不能使用或损坏，才采取外接形式)。片内带 MROM 的特点是程序在单片机制造时已经写入，用户不能更改，这种单片机的成本较低，适合于程序完全成熟且已定型的大批量产品，研制这类带有 MROM 的芯片，从经济角度上考虑数量最好在万片以上。带 EPROM 和 E²PROM 的芯片，由于程序可用紫外线或电可擦方式来抹掉，允许设计者不断改进或更新设计的软件，特别适合单片机产品开发。但是带 EPROM 单片机比带 MROM 单片机贵 5~7 倍，故不适合大批量生产，至于带 E²PROM 单片机的价格就更昂贵，目前仍难于大规模应用。片外接 ROM/EPROM/E²PROM 形式，这在目前国内应用极为普遍。有的单片机还采用 Piggybook (芯片上带有 EPROM) 形式，实际上是把片内 EPROM 与外接 EPROM 形式结合在一起，使应用更加方便。

二、读/写存贮器

RAM 主要用于在程序运行期间存贮工作变量与数据。单片机中 RAM 数量多少可因型号不同而异，一般在 64 字节到 256 字节不等，它与处理器具有相同字长(4, 8, 16, 32 位等等)。在单片机 RAM 中，常在逻辑上把一些特殊功能寄存器如工作寄存器、堆栈指示器、定时寄存器等等，甚至与输入输出控制有关部分都包括在 RAM 中。哈佛德结构单片机内 RAM 是采用寄存器结构形式。这在 CPU 访问 RAM 时可达到极高速度，因此单片机片内 RAM 可统称为数据寄存器。

三、中央处理器

单片机中 CPU 和通用微处理器非常相似。许多单片机的 CPU 还包含对 BCD 码数据处理，不少单片机还具有对 RAM 或 I/O 的某位进行测试，置位/复位的功能，即位处理功能。这样，单片机的输出线就适合二态器件。例如开关、白炽灯、固态延迟线、马达等直

接接口。

四、并行 I/O 口

单片机中并行 I/O 口结构, 其每根 I/O 引线可以灵活选作输入或输出。有些 I/O 引线可以直接与其它元器件接口。例如七段的显示器、荧光显示器等。或者可提供足够的电流使得与其它器件接口十分简便。另外不少单片机是采用 I/O 口作为系统总线, 从而扩展片外存贮器和 I/O 接口芯片, 这样大大地拓宽了单片机应用范围。

五、串行 I/O 口

串行接口是最简单的电气接口。单片机中串行接口可用于全双工串行通信, 或者与特殊功能芯片连接, 或者与其它 μP 相连, 构成多机系统。

六、定时器/计数器

在单片机的许多应用中, 特别是实时控制中, 常需要精确定时或计数, 为了减少软件开销和提高单片机实时控制能力, 单片机内均有定时器/计数器模块。定时器有两种类型: 加 1 计数器和减 1 计数器。前者当定时器的定时时间到时, 产生中断并将标志复位。后者, 则当计数器减至零时, 产生中断并将标志复位。

七、定时元件

大多数单片机只需要简单定时元件, 如价廉 RC 定时元件, 也可采用外接时钟源的方法工作。对于高性能的单片机系统, 可采用晶振, 但晶振其振荡频率必须在单片机允许频率范围内。

§ 1.2 单片机的性能特点

单片机芯片内带有 RAM 或 ROM 存贮器是单片机的一个特点。Intel 的各单片机片内 RAM 和 ROM 根据用户要求和工艺许可, 有各种配置, 因为应用对象不同可选择 RAM 一般在 48~256 字节以上, ROM 可选择片内 ROM/EPROM/E²PROM 或者片外 ROM/EPROM/E²PROM 等形式。

单片机寻址能力是单片机性能的一个重要指标。MCS-48 单片机寻址范围只有 4K 字节, 片外直接寻址存贮器最大只有 256 字节, 适合应用程序较短, 处理数据较少的场合, 主要应用于较为简单仪器、仪表及家用电器上。MCS-51 系列单片机除了片内 RAM 和 ROM, 还可以把片外程序存贮器和数据存贮器空间寻址范围都扩大到 64K 字节。MCS-96 单片机也是如此。这样 MCS-51 和 MCS-96 系列单片机可以象其它微处理器那样进行数据处理, 不但适合控制应用, 亦能进行功能很强的快速数据处理。

单片机具有高速运算能力, 能进行实时处理, 这是单片机的一个重要特性, 单片机的工作时钟可达 12 兆 (MHz), 这是其它微处理器所不可比拟的。而单片机内 RAM 实际上是一组通用寄存器, 数据存贮犹如寄存器间数据交换, 使指令执行速度还高于一般微处理器。在 MCS-51 系列中为了保证高速运行, 在时序上使得指令在一个机器周期内, 能访问

二次存贮器,缩短了指令执行时间。MCS-96 系列单片机,中央处理器(CPU)采用双总线结构,实现了高速运算。如在 $6.5\mu\text{s}$ 实现 16×16 位乘法或 32 位 $\div 16$ 位除法, $1\mu\text{s}$ 内完成 16 位加法。有些单片机还有位处理等操作,在 MCS-51 还有一个专用布尔处理器,适应快速逻辑运算处理。

单片机片内带有各种多功能 I/O 接口。是单片机具有生命力的一个重要标志。单片机把各种输入/输出接口以及某些专用控制电路同 CPU 存贮器等集成在一块芯片上,这样使其输入/输出功能更为增强,单片机内不但带有多个可并行输入/输出(I/O)接口,串行 I/O 接口,几个计数器/定时器,甚至有的还带 A/D 转换、DMA、高速 I/O 等接口,以及各种专用控制电路。

单片机中断能力也很强。MCS-48 系列的单片机可处理二个中断。MCS-51 系列单片机有二个中断优先级,可处理 $5 \sim 7$ 个中断源, MCS-96 系列单片机有 8 个中断优先级和一个软件中断。这使单片机在实时控制中发挥极大作用。

单片机指令系统具有紧凑格式和快速执行的特点。MCS-48 系列单片机指令系统 70% 是单字节指令,编程可节省存贮空间,又可加快指令执行速度。MCS-51 系列单片机指令系统 50% 是单字节指令,同时时序上在一个机器周期内能二次访问存贮器,加快指令执行速度。MCS-96 系列单片机一次可读取二字节指令码或数据,并采用高速算术逻辑运算部件和灵活多变寻址方式来使程序高速运行。单片机指令系统另一个重要特点是可以直接控制 I/O 的操作。用指令来设置 I/O 工作方式和进行 I/O 操作,并且指令有很强的位处理功能,这在控制应用中极为有用。

§ 1.3 单片机的应用特色

一般来讲,单片机应用有这样几个特色:

1. 单片机集成度很高,通常一块芯片就是一台微型计算机,芯片除了 CPU 之外,还带有 RAM、ROM/EPROM/E²PROM,各种通用接口处理电路,如并行 I/O 接口,串行 I/O 接口,定时器/计数器, A/D 或 D/A 转换器接口等。如 Intel 8051 在一块芯片上集成了 8 位 CPU(包括时钟), 4K 的程序存贮器 ROM, 128 字节的数据存贮器 RAM, 21 个特殊功能寄存器, 4 个 8 位并行口, 1 个全双工串行接口, 2 个 16 位定时器/计数器, 5 个中断源,并可扩充寻址 128K 外部存贮空间(64K RAM + 64K ROM)。其功能已超过了一台 TP801 单板机,可近似于由一片 Z80CPU, 一片 2732EPROM, 一片 Z80CTC, 二片 Z80PIO, 一片 Z80SIO 组成的系统。这样单片机硬件结构比其它微机系统就大大地简化了,而且减少了整个硬件的元器件数量,在许多应用中,系统几乎可以不用任何外加器件及专用接口芯片。因此,单片机应用系统具有体积小、功能强、易于产品化的特点,能方便组成各种智能控制系统。如对于一台仪器,可做到仪、机、电一体化。故而单片机应用系统能获得最佳的性能价格比。

2. 单片机能够针对性地解决从简单到繁复的各种控制问题。单片机应用系统具有高度的灵活性,对外设控制功能均使用软件程序加以实现,这使得设计者可以在很少改动甚至不改动已设计好或已定型的应用系统的任何硬件,仅通过修改软件来根本或部分改变应用系统的功能。由于单片机工作速度较高,在实际应用中,当单片机本身带有的各种接

口无法满足系统硬件要求时，可在满足应用系统工作速度前提下，采用软件(包括固化在ROM/EPROM 中的软件程序)来实现许多硬件电路的功能。

3. 由于单片机本身价格与其外围接口芯片电路相差无几，但其功能远高于后者，因此在较复杂应用系统硬件设计中，可以考虑将单片机作为一个专用接口芯片来使用，在一个系统中可以应用多个单片机芯片，构成多机系统。单片机实行多机分布式的集散控制是很方便的，它可极大地提高整机控制系统的效率。

4. 单片机及外围接口支持芯片已纷纷朝 CMOS 化方向发展，特别适用于某些高速低功耗的应用场合。此外各种专用处理功能。如：位处理、加密位等功能使单片机应用系统实现其它微机难以应用的功能。

5. 单片机开发周期短，可靠性高。单片机可通过简易装置实现在线开发，一旦开发成功，即可付诸应用。此外，由于单片机可节省大量外部连线，减少外界干扰因素，同时又简化了印刷板的设计和加工，因此，它比多片组合微机系统可靠性高得多。单片机适应温度范围宽，能在其它微机无法工作的恶劣环境下可靠工作。

第二章 单片机硬件接口设计概要

§ 2.1 单片机应用系统设计过程

一、单片机应用系统设计的出发点

一般来讲,在最初设计应用系统时,先进行这样几方面考虑可能是有益的。

1. 在用单片机取代数字逻辑控制电路及其它计算机应用系统时或在各种控制应用中,由于单片机价格低廉(国外几美元,国内几十元)为其它实现同样功能的微机系统价格的十分之一。单片机具有极高的可靠性(平均无故障时间可达 $10^6 \sim 10^7$ 小时),其系统总线全部或大部在芯片内,硬件接插件数量大为减少,易于屏蔽,抗干扰性能好。

2. 单片机本身具有相当的 I/O 接口功能,可以大大简化其应用系统的硬件接口部分设计,且功能可以用软件来控制,这样可以适应不同控制应用的需要。同一种应用系统在硬件不变情况下功能的改进和更改也极为方便,它有很强的生命力。尤其在一般应用场合中,可以使所需要的专用支持电路元器件为最少。常见的单片机一般具有多个并行 I/O 接口,一个串行接口,以及一个或多个定时器/计数器,甚至有的还带有 A/D、D/A 转换器接口,可以减少专用硬件接口支持电路。有的单片机还有位处理功能,可取代各种数字逻辑操作。

3. 反复权衡利弊,在保证软件实现各种处理,接口服务程序要求及满足微机应用系统速度要求前提下,尽可能应用软件(包括象 EPROM/ROM 等固件)来实现硬件电路的功能。当然在某些运用中,也应适当考虑增加一些硬件来减少软件编程困难。如:在外设信号传输中更应注意这个问题,在应用内部带有 ROM/EPROM 器件时,一定要将应用频率最大,最重要的程序放在其 ROM/EPROM 里面,尽可能不用或少用外接 ROM/EPROM,这样既降低成本,又可减少软、硬件工作量。

4. 为使用户方便,比如让应用系统接电后就自行启动进入工作程序,还有实现诸如自检故障诊断、自动校零、自动切换,在显示和面板设计中还要给人以方便、舒适、耳目一新之感觉。

5. 随着集成电路技术的发展,大规模高性能集成电路的价格越来越与中小规模集成电路价格一致。作为设计者应尽量采用高性能,可编程外设接口电路来替代一些集成度较小的电路。如用 27256, 27512 等替代多片 2716。用 8255 替代多片 8212、74LS373、74LS244 等器件,使硬件总的性能价格比最优化。

二、单片机应用系统设计过程

计算机应用系统设计人员必须对系统性能、可靠性、效率以及带来的经济效益等因素进行综合考虑的基础上,决定能否在应用系统中采用单片机,作为一个单片机应用设计人员,不应以数字电路或其它计算机应用系统设计为出发点,而是从单片机本身特点出发,来综合考虑其硬件和软件的设计。这就是对一个完整的单片机应用系统所需的硬件包括各种

接口来进行思考、选择和设计,以组成所需硬件系统,同时完成系统所需功能的软件设计。般说来要使设计出的应用系统能充分发挥单片机功能,符合实际应用的需要,应按这样一些步骤进行设计。

1. 在设计之初,必须详细了解应用系统所有要实现或者打算处理的功能,并且根据实际应用中所提出的要求,来确定整个系统要完成的任务。具体地说,单片机应用系统操作使用以及包装运输的环境要求,使用对象的特点,计划使用怎样的外围设备,多少个输入输出通道,这些输入输出通道(包括各种数据传输及有关控制信号)的速率、电平、时序等要求,系统要完成的各种处理功能。总之,必须搞清应用系统需完成的各种处理功能和全部任务,并作出系统整个工作的流程图和总体框图。

2. 根据应用系统必须完成的各种功能和必须满足的定时关系,用时序图和控制流程图来描述这些工作过程。这是进行应用系统设计重要的依据。这些功能和时序在软件设计中可能会有修改。在此,一定要把完成同样功能模块(无论是硬件接口部分还是软件程序处理部分)分别一一列出,就可以对这部分软件采用子程序模块,减少存储器数量。相应硬件部分采用相同处理电路,减少元器件,这样就能大大减少软、硬件工作量。

3. 软件、硬件的初步选择并确定软、硬件分界面。根据总体框图对应用系统的要求,确定各个外设与单片机 CPU 通讯采用查询还是中断、多中断的方式,系统的串行口、并行口数目,配终端 CRT、打印机否,有无定时器/计数器, A/D、D/A 转换部分位数、精度等。总之,确定接至单片机的输入数目,需从单片机输出的数目及所有其它 I/O 特性等等。根据上述这些功能,确定接口软件需要完成的功能。再依据总体框图对软件程序功能要求,估算整个系统所需要程序容量和数据信息容量,分别确定所需要 ROM(EPROM)和 RAM 规模,并考虑系统外接 EPROM 和 RAM 的容量。这时,可根据对应用系统速度、成本、可靠性、研制时间、批量大小要求来选择决定软硬件分界面。一般来说,有经验的设计者,总是力图耗费超额软件代价来使硬件最简单。但在单片机应用系统设计中,应在充分利用了片内各种 I/O 接口基础上,再来考虑利用软件来简化所需要其它的外围接口器件。

4. 进行硬件预处理电路和接口电路的设计,主要是进行这样几方面的工作。根据时序图分别考虑各种定时、选通处理、单稳线路、比较电路等等。输入输出端口的地址译码选择、信号接收、驱动、I/O 中断、查询、DMA 处理考虑。定时器/计数器、串行接口、D/A、A/D 转换等部分设计,还要考虑负载条件,时钟和复位处理、RAM、EPROM、E²PROM 的结构等等。

当选择外围接口支持芯片时, Intel 单片机可选择通用的同步、异步接收发送器(USART)8251, 可编程外围接口(PPI)8255, 不可编程的 8 位输入输出芯片 8212, 可编程计数、定时芯片 8253 和 8254, 中断控制权控制单元(PICU)8259 及 8214 器件。其它常用芯片有 8 选 1 的译码器 8205、双向总线驱动器 8216 及 8226 等。

最后根据已确定的硬件线路,计算其电流及功耗,进行电源及印刷板等设计。

5. 进行软件设计。首先在前面对软件功能定义基础上,考虑对应用软件提出的所有要求,把较大程序分成若干易于编写、测试的模块或子程序。对规定的任务进行算法设计,须挑选最合适这种具体应用的方法。设计时还要考虑寻址方式、子程序结构、中断处理、有无数制转换、标志测试、数据字拼装和分离。然后编写接口软件,象初始化和掉电保护程序、输入输出程序、自检和故障诊断程序、键盘分析程序、可编程定时器/计数器程



图 2-1-1 单片机应用系统设计流程图

序等等。最后编写系统应用操作程序。

6. 软、硬件调试和修改。单片机应用系统的硬件与软件设计好后,先分别对硬件、软件进行调试。如果发现某些硬件(软件)功能实施上有困难,则可通过增加或改动软件(硬件)设计来解决。但要注意的是,硬件一修改,会影响到软件。硬件调试主要调试外设信号是否正确无误地通过接口与单片机通讯,逐一对接口的各I/O口相互作用进行调试。软件调试解决软件程序中各种故障错误。当软、硬件分别调试结束后,再进行系统调试,把软件程序输入到单片机应用系统,识别和排除硬件、软件各方面的故障,使系统能正确无误地完成所设计的功能。

§ 2.2 如何巧妙应用软件来简化替代硬件

在单片机应用系统设计时,有经验的设计者往往采用耗费额外的软件(或固件ROM、EPROM)方法,即采用最简硬件线路加上巧妙地进行软件处理的方法,从而简化或代替完全是由硬件线路实现的功能。精简硬件能降低成本、减小体积,有利于减少故障发生,对电源和冷却系统要求降低,增强系统可靠性和灵活性,这在批量较大产品设计中尤为如此。这里我们简单介绍一下常用几种方法的思想:

1. 采用ROM(或EPROM)实现数字逻辑电路的功能。基本思想是这样的,把信号输入(即布尔函数变量)作为ROM的输入地址($A_1 \sim A_n$, l 为ROM地址线位数),当输入变化时,就把存放在ROM(或EPROM)中相应内容 $X_1 \sim X_m$ (m 为ROM或EPROM位数)送到输出线,输出线输出就是实现所要数字逻辑功能的函数值。

2. 完全用软件替代硬件电路功能。用程序算法或查函数表的方法来替代硬件各种运算模块电路,如加法、乘法、除法电路,以及各种数字编码电路、译码电路等等。如译码器就可通过用布尔代数的算法进行计算,或用查表方法来实现一选多编码器或多选一译码器电路,它还具有随时修改的功能。另外,在键盘、开关、按键等输入处理场合采用软件等待延时方法来取代硬件消抖线路,还有可采用软件查询或中断散转表技术来简化硬件中断线路。此外,用软件仿真模拟办法来实现调试功能,不用象逻辑分析仪、开发系统等开发调试装置。

3. 采用软件加少量硬件来简化节省硬件。比如在输入输出端口处理时,为了使输入(输出)口为最少,可以先在硬件上把一些不相关的输入(输出)信号按单片机字长(可以是8位、16位或其它)拼装在一起,组成最少的输入(输出)端口,然后在应用时采用软件方法进行拼装或位分离,好象一个多路选择器来实现所要信号的输入(输出)功能。

另外在系统速度满足要求时,当单片机的串行接口空余而又需并行输入输出接口,可采用串行输入输出来代替并行输入输出,以节省硬件线路。

4. 采用软件方法来代替象脉冲发生器、各种波形发生器、定时器/计数器。用软件方法实现代替脉冲发生器是在输出口的某一位送“1”,经过程序延迟后,在该位送“0”(设初始值为零)。其定时基准来自单片机使用晶振的频率。但是对于小于二条指令执行时间的单稳脉冲就必须用硬件方法来实现。在实现脉冲发生器的基础上只要加上一些波形产生定形电路,就能方便地实现各种变化频率的波形。

代替定时器/计数器或分频器等电路。定时器只要根据单片机本身时钟频率,对某一

单元内容进行计数,直至计到规定的定时值,输出便可得到对应的定时时间。计数器只要对指定一单位内容进行计数即可,分频器只要在实现定时时,采用软件稍加以移位除法处理,再输出已经处理的信号就能实现分频功能。

5. 代替一些逻辑门电路、触发器、锁存器、计数器及移位寄存器等。逻辑门电路甚至整个电路逻辑功能都能用软件来模拟实现。触发器的软件实现是用一个字节变量中的任意一位来表示一个触发器状态。该位置“1”表示相应触发器处于“1”状态,置“0”表示触发器的状态为“0”。这样来代替各种 R-S 触发器、J-K 触发器、D 触发器等 IC 电路的硬件实现。

硬件的缓冲器及其它速度转换匹配,延时电路均可用软件延时或分时办法来实现。

采用 RAM 电路来代替寄存器、锁存器等。

§ 2.3 应用系统软、硬件划分确定

一、根据单片机应用系统速度要求来划分软、硬件功能

在绝大多数单片机应用系统中,划分软、硬件功能往往是由单片机应用系统速度所决定的,如要提高速度则意味着增加硬件线路和提高成本。一般来说,大多数单片机应用系统是用不着很高的速度,可以考虑以牺牲速度为代价换取接口硬件电路简化,从而降低成本。

单片机时钟频率在 6~12 兆左右,执行一条指令至少需要一个机器周期,而完成任何一个工作,至少需要若干条指令,这就是说单片机操作系统比起数字逻辑电路(无论是组合电路还是时序电路)都慢得多,如果应用中某一项任务速度高于 10 μ s,就得采用数字逻辑电路或位片机(但后者代价极为昂贵)方案,否则就采用确能完成此项任务的高速单片机系统,并配上高速存储器、高速接口和外设电路,费用就很大。

我们指单片机应用系统速度大体可分为数据传送速度和数据处理速度。数据传送速度主要是指单片机同输入、输出设备数据传输匹配(单片机取数送数快慢)问题。当单片机系统处理某一问题速度不匹配时,修改数据传输程序往往只在速度相差甚微情况下才有效。一般来说,这问题主要靠增添硬件或改变系统硬件来解决,如采用 DMA 或设计主从式多机系统(主机负责处理数据,从机负责外设数据传送)。数据处理速度问题是指单片机得到数据之后能多快地处理数据。由于单片机速度低(与大中型及小型计算机比较)、字长短、指令系统不丰富,因而程序执行效率低,而且单片机不是为解决复杂数据处理而设计;它主要是用于控制,不管算法多么巧妙,运算总得占用大量计算时间,而且计算程序大都是用汇编语言编制,这将耗费大量人工来编制调试,代价相当昂贵,人工编程效率低,要解决复杂数学运算只有采用专用硬件运算芯片电路或其它微机系统。

解决系统速度问题的一个简单方法是在同一个系统中选用几个单片机,主 CPU 可以是性能更好的或同样单片机,其速度范围是 6~12MHz 左右。

系统除满足存储器读、写时间要求外,当用软件来完成某一控制功能时,必须使程序执行时间小于控制要求所允许的时间范围,保证有余量,以免系统不可靠,否则就必须设法将部分功能用硬件实现。

二、根据费用、可靠性和研制时间来选择硬件/软件方案

单片机应用系统研制费用包括硬件和软件的费用,以及对整个应用系统进行硬件/软件选择、研制工具、文件资料、编导文件等实现应用系统功能的一切成本费用,还包括对硬件电路设计调试费用,仪器使用和生产设备费用也占有相当的比重。软件费用不仅是设计师所化脑力劳动代价,还有各种调试工具、消耗品(软盘和打印纸)等费用。软件费用的特点是研制费用昂贵,复制费用低廉。在单片机研制应用中,应尽可能利用软件费用低的特点,采用软件代替硬件,降低成本。小批量产品不宜采用软件(固件)代替硬件办法,这样会增加软件研制费用,只有在大批量生产或可直接利用已成熟原理或软件来进行软件替代硬件时才有价值,反之在小批量研制往往采用增加硬件费用以降低系统成本。

硬件线路越复杂,应用系统可靠性就越下降。因此,尽可能减少硬件线路在应用系统中的比例,采用软件替代硬件功能,是提高可靠性的一个好方法。当然在许多特殊场合(比如军用及各种恶劣环境中)往往采用硬件冗余线路或多机工作方式来提高系统可靠性。

为了加快单片机应用系统研制的速度,应尽量考虑采用各种标准软硬件或利用已有成熟的软硬件来完成应用系统的功能,而不必拘泥于前面所述细节。

三、如何降低单片机应用系统成本的考虑和选择

我们如果能创造性地运用软件、硬件就会使整个系统以最低的成本达到最佳的性能。

在硬件上,首先要恰当地选择合适的微处理器(详细见第三章);其次在存贮器上尽量用ROM代替RAM,把软件和信息放入ROM。因为单片机应用系统要求接通电源后无需重新输入程序。RAM有静态和动态两种:静态RAM在供电时始终保持信息;而动态RAM则必须通过专用电路向某些地址进行周期性的刷新。静态RAM比动态RAM占用芯片面积大,价格高,但在实际应用中由于动态RAM比静态RAM需要附加刷新电路,占体积反而大、成本高。要获得造价最有利的设计方案,就必须避免使用规模过大的存贮器件,按实际需要进行设计。为了应付预想不到的问题和留有合理的发展余地,可以在设计中留有一些富裕的存贮容量。在大批量系统中很少采用大量RAM。被开发出的单片机应用系统往往仅含有各自任务所必需那么多的RAM。当大批量时,且在ROM程序不变动情况下,可由工厂制造专用ROM。还有极为重要的一点是输入/输出接口选择。单片机输入输出基本元件是I/O端口(端口是各种输入/输出设备发出或接受的信号同中央处理机的对应信息交接会合的地方),选择带有少量(2个或4个)输入输出端口单片机芯片就可节省相当一些I/O端口设计的费用。为了要控制I/O端口的外设和电路,还必须设计专门接口逻辑电路,因此需要采用各种系列专用芯片电路,特别是现在许多性能好、功能很强的专用接口芯片价格已逐渐接近一般接口芯片价格,因此尽可能采用高性能集成电路来代替一般电路,已成为单片机硬件和数字电路设计趋势。如用一片65256或6264来代替多片2114A,用27512或27256来代替多片2716或2732,用8255来代替多片8212或74LS373、74LS244等等。

§ 2.4 单片机应用系统加密方法略述

随着微型计算机技术在社会各个领域的广泛应用,日益暴露出这样一个问题:对于象

单片机应用系统这样的产品,往往研制极为费时光力,而仿制却很容易。特别是当仿制者拥有各种现代开发工具,诸如集成电路测试仪、单片机开发系统、逻辑分析仪及各种磁盘拷贝系统等情况下。如何应用加密技术方法,来保证自己耗费大量心血和资金获得的正常权益不轻易被人窃取,这是微机应用系统设计者不得不考虑的问题。解决这些问题的有效方法就是应用各种加密方法,对软件、硬件及数据信息进行各种加密处理。迫使各种解密复制者花费高昂代价和很长时间,从而望而生畏放弃解密破译。

一、当前常用各种加密处理方法的应用思想

目前,对单片机软、硬件进行各种加密的处理方法其思想几乎都建立在这样的基础上。

1. 不让非法使用者得到使用权。可采用机械锁匙及电子锁,进行开关设置,以及设置口令字等软、硬件方法。它通过给合法使用者发放使用权,让合法者利用其熟知的专用锁匙或密码卡、专用的开发设置序列,以及口令字来得到使用权。当然,当系统辨别出非法者使用时,可以进一步采取相应断然措施,如发出报警信号(可通过蜂鸣器发出报警声或专用指示灯,或用显示器和打印机输出报警),停止正常工作(包括切断电源、停止程序运行等),再进一步则应用自毁技术让硬件不正常或使软件不工作(包括消除软件等)。

2. 不让非法使用者得到或破译软件程序和数据的有关信息。其一是各种对程序的保密方法,如将文件名采用特殊字符,如在文件名中夹杂各种不显示的控制符、区位码等,不让使用者破译,或在目录区按上‘机关’不让读出文件名和文件。其二是破坏程序和数据内容读出,制造‘机关’不显示真正工作程序软件和数据内容,如让 RESET 键强制挂起。其三是对程序入口地址的数据区内容进行封锁。许多软件一当执行后,马上破坏原来入口地址,甚至利用单片机单字节和多字节指令不同,利用起始地址不同,让同样数据反汇编形成不同指令,从而制造虚假程序入口,或对调试软件内容预先作一变换(如对 8 位存储器存放程序数据的每一个信息加上或减去一定数),在程序运行时再进行逆变换恢复。

3. 采用密码技术对程序进行加密,对运行程序加密的要求是:给用户的程序是无法复制的密码。运行时密码解密算法可用不可见,甚至把运行程序代码本身通过某种编码算法转换成密码,但当译码程序将其从密码翻译成明码形式,才能运行目标程序。

4. 反跟踪解密能力。译码算法引起解密码跟踪环境破坏,一旦当它判别是受 DEBUQ 控制便停止运行,防止用户通过解密复制,使其无效运行刹车,也防止用户通过跟踪来窥探加密原理和方法。

5. 有限次使用法。这是一种给用户以有限次使用系统或给其一定使用期限的方法。有一定使用寿命的单片机应用系统或用于出租的单片机系统常用到这种技术。它的实现思想方法有两种:一是采用定时计时技术,用硬件或软件计时方法对单片机主振时钟或其它信号计时,定时一计满,则停止系统或程序工作。另一种是采用计算系统或软件使用次数,当超过允许运行次数计数时,则停止系统或软件工作。这时可让用户再购买使用许可权,赋予系统或软件新的定时或使用次数,并恢复其运行。

6. 对软、硬件采用各种固封,不让非法使用者直接看到或使用实际硬件线路和软件程序。

7. 直接采用有加密作用的器件。应用有加密功能的单片机芯片 8751, 8752, 8744 等