

嵌入式硬件系统设计与开发系列

STC89C51系列单片机 原理、应用与开发

王道宪摇主编

内 容 简 介

本书介绍了美国 8051 公司的 8051 系列微控制器(单片机)的开发应用概况及其源程序的建立和汇编过程,并以 8051 系列产品为主介绍了芯片的系统结构及其工作原理;片内各种丰富的部件和资源的使用方法;芯片的指令系统和汇编语言程序设计技术及实例;提供了常用的运算子程序。

本书内容全面而实用,语言逻辑性强,通俗流畅,易学易懂,是单片机开发者和初步具备电子技术基础和计算机知识基础的初学者的很好的参考书,也可作为大学相关专业研究生、本科、专科、中专各种单片机应用毕业设计的参考用书以及培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

8051 系列单片机原理、应用与开发 王 道

宪主编 北京:国防工业出版社,1990

(嵌入式硬件系统设计与开发系列)

ISBN 7-115-01000-0

I 嵌 II 王 III 单片微型计算机, 8051 系列 IV 嵌

裁 471.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(90)第 098 号

(北京市海淀区紫竹院南路 10 号)

(邮政编码 100088)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 毫米×1092 毫米 1/32 印张 6.5 插页 1 千字

1990 年 1 月第 1 版 1990 年 1 月北京第 1 次印刷

印数 15000 册 定价 3.50 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

第 1 章 8051 系列微控制器系统结构和工作原理

1.1 8051 概述

据统计,我国的微控制器(即单片机)年需求量已达 1 亿片~2 亿片,且每年以大约 15% 的速度增长,当今单片机厂商俯拾皆是,产品性能各有所长。针对具体情况,应选何种型号呢?首先,我们来弄清两个概念:集中指令集(哈佛结构)和精简指令集(冯·诺伊曼结构)。采用冯·诺伊曼结构的单片机数据线和指令线分时复用,即所谓冯·诺伊曼结构。它的指令丰富,功能较强,但取指令和取数据不能同时进行,速度受限,价格亦高。采用哈佛结构的单片机数据线和指令线分离,即所谓哈佛结构。这使得取指令和取数据可同时进行,且由于一般指令线宽于数据线,使其指令较同类冯·诺伊曼单片机指令包含更多的处理信息,执行效率更高,速度亦更快。同时,这种单片机指令多为单字节,程序存储器的空间利用率大大提高,有利于实现超小型化。属于冯·诺伊曼结构的单片机有 Intel 的 8051 系列、8052 系列和 8055 系列、Motorola 的 6801 系列、台湾华邦的 93C46 系列、荷兰 Philips 的 80C51 系列等;属于哈佛结构的有 Intel 公司的 8051 系列、在 Intel 的 8051 系列、Motorola 的 6801 系列、韩国三星公司的 78C51 系列源位单片机、台湾义隆的 80C51 系列等。一般来说,控制关系较简单的小家电,可以采用冯·诺伊曼型单片机,控制关系较复杂的场合,如通信产品、工业控制系统应采用哈佛型单片机。不过,随着冯·诺伊曼单片机的迅速完善,用于控制关系复杂的场合也毫不逊色。

根据程序存储方式的不同,单片机可分为 ROM 型(一次可编程)、RAM 型(掩膜)两种。我国一开始都采用 ROM 型单片机(片内无 ROM,需片外配 ROM),对单片机的普及起了很大作用,但这种强调接口的单片机无法广泛应用,甚至走入了误区。如单片机的应用一味强调接口,外接 ROM 及存储器,便失去了其原有的特色。目前单片机大都将程序存储器置于其内,给应用带来了极大的方便。值得一提的是,以往 ROM 型单片机的价格是 RAM 型的 2 倍,而现在已降至 1 倍~1.5 倍,所以很多用户选用 RAM 型,以避免因订货周期、批量等问题而产生的不必要麻烦。

8051 到底有什么优势?概括起来主要有以下几点:

(1) 型号层次丰富,适合于不同领域方面的要求。就实际而言,不同的应用对单片机功能和资源的需求也是不同的。比如,一个摩托车的点火器需要一个 ROM 较少、RAM 及程序存储空间不大、可靠性较高的小型单片机,若采用 ROM 且功能强大的单片机,投资大不说,使用起来也不方便。8051 系列从低到高有几十个型号,可以满足各种需要。其中,8051 系列单片机仅有 4 个引脚,是世界上最小的单片机,该型号有 4 个 ROM 单元,一个 RAM 单元,一个定时器、一根输入线、4 根 I/O 线,市面售价在 1 元~2 元人民币。这样一款单片机用在像摩托车点火器这样的地方无疑是非常适合的。8051 的高档型号,如

猿高级系列

该系列产品如 猿员愿位单片机,其特点是速度快,所以适用于高速数字运算的应用场合中,加之它具备一个指令周期内(猿愿位)可以完成 猿愿位(二进制)乘法运算,所以可取代某些 猿愿产品。猿愿单片机片内集成了功能丰富而强大的外围部件,其 猿愿的控制功能可以满足大多数实时嵌入式控制的应用,并可以外接扩展 猿愿和 猿愿芯片,使它成为目前 猿愿微控制器中性能最高的机种之一,被广泛应用于各种高、中档电子设备中。

该系列微控制器具有非常优秀的外围接口特性,如多种复位方式、多种中断功能、具有低功耗睡眠方式、可以掉电复位锁定等等。在 猿愿微控制器的内部还集成有上电复位电路(猿愿)、监视定时器 猿愿电路、猿愿口弱上拉等,可以大大减少外围器件,节省用户系统的空间和成本。该系列微控制器所有型号都有商业级(猿愿~猿愿)、工业级(猿愿~猿愿)和汽车级(猿愿~猿愿)芯片,可适用于各种环境温度。

上述 猿层次(级)的 猿愿位单片机还具有很高的代码兼容性,用户很容易将代码从某型号转换到另一个型号中。猿单片机 猿个层次的系列产品如表 猿员所示。

表 猿员 猿单片机的类型

| 系播列 | 主要特性 | 名称 | 工艺及特点 | 型号 |
|--------|---|----------|-------------------|----------------------------|
| 高 级 | <ul style="list-style-type: none"> 猿愿指令系统 猿愿数据线 多种中断 阅读- 猿愿时钟 最快 猿愿指令周期 硬件乘法器,一个指令周期完成 猿愿乘法运算 高性价比,可取代某些 猿愿产品 | 猿愿 | 猿愿 | 猿愿 猿愿 猿愿 |
| 中 级 | <ul style="list-style-type: none"> 猿愿指令系统 猿愿数据线 多种中断 阅读- 猿愿时钟 最快 猿愿指令周期 愿位 猿愿 电压比较器(猿愿) 复位锁定 猿愿 猿愿驱动(猿愿) 混和信号处理器(猿愿) 低价格 | 猿愿 | 猿愿 | 猿愿 猿愿 猿愿 猿愿 猿愿 |
| | | 猿愿 | 猿愿(掩膜) | 猿愿 猿愿 |
| | | 猿愿 | 猿愿 含比较器 | 猿愿 猿愿 猿愿 猿愿 |
| | | 猿愿 | 猿愿 含 猿愿 | 猿愿 猿愿 猿愿 猿愿 猿愿 |
| | | 猿愿 | 猿愿程序存储器、 数据存储器 | 猿愿 猿愿 |
| 猿愿 | 猿愿(掩膜)含 猿愿 猿愿数据存储器 | 猿愿 猿愿 | | |

常称为冯·诺依曼结构,又称普林斯顿结构。

在这里 8086 系列单片机采用了一种双总线结构,即所谓哈佛结构。这种结构有两种总线,即程序总线 and 数据总线。这两种总线可以采用不同的字长,如 8086 系列单片机是 16 位机,所以其数据总线当然是 16 位。但低档、中档和高档的 8086 系列机分别有 8 位、16 位和 32 位的指令总线。这样,取指令时则经指令总线,取数据时则经数据总线,互不冲突。这种结构如图 1-10 所示。

指令总线之所以不用 16 位,而要增加位数,是因为指令的位数越多,则每条指令包含的信息量就越大,这种指令的功能就越强。一条 8 位、16 位或 32 位的指令可能会具有两条 16 位指令的功能。因此 8086 系列单片机的指令与 8086 结构的单片机指令相比,前者的指令总数要少得多(即 8086 指令集)。8086 微控制器采用了小型机设计结构。先进的类——哈佛结构体现在每一条高效率和功能强大的指令上。8086 系列微控制器的指令都是单字的宽字位指令:低档、中档和高档系列的指令位数分别为 8 位、16 位和 32 位,且分别只有 1 条、2 条和 3 条指令,它们向上兼容。其指令系统除了程序分支指令是单字双周期指令外,其他指令都是单周期、单字指令,在这些指令中,没有功能交叉的指令,使所有的指令具有简洁性,而一般 8086 结构的微控制器通常有 3 条到 16 条多字节多周期的指令。单宽字指令提高了软件编码的效率和减少了所需要的程序存储器单元,使系统具有最高处理效率和突出性能。另外,由于所用指令数较少和较简洁,编程任务和调试任务相对就比较容易,而且学习和实现都非常快。在相同情况下,8086 微控制器所需要的编码比一般微控制器要少一半,其指令的高效率又可使编码开发时间节约 50%。其速度快的内在因素为:

(1) 指令流水线结构可以在一个周期内同时完成一条指令的执行和下一条指令的取指,最大限度地提高了每一个内部时钟周期的效率。

(2) 高速的指令执行时间,在 10MHz 时钟情况下达到 10ns,即在 10MHz 时钟时速度可达 10ns,在单周期内可以对 I/O 口的任一位直接进行位操作。

1.2.2 两级指令流水线结构

由于 8086 系列单片机采用了指令空间和数据空间分开的哈佛结构,用了两种位数不同的总线。因此,取指令和取数据有可能同时交叠进行,所以在 8086 系列微控制器中取指令和执行指令就采用指令流水线结构,如图 1-11 所示。当第 1 条指令被取出后,随即进入执行阶段,这时可能会从某寄存器取数而送至另一寄存器,或从一端口向寄存器传送数等,但数据不会流经程序总线,而只是在数据总线中流动,因此,在这段时间内,程序总线有空,可以同时取出第 2 条指令。当第一条指令执行完毕,就可执行第 2 条指令,同时取出第 3 条指令……如此等。这样,除了第一条指令的取出,其余各条指令的执行和下一条指令的取出是同时进行的,使得在每个时钟周期可以获得最高效率。

在大多数微控制器中,取指令和指令执行都是顺序进行的,但在 8086 单片机指令流水线结构中,取指令和执行指令在时间上是相互重叠的,所以 8086 系列单片机才可能实现单周期指令。只有涉及到改变程序计数器 PC 值的程序分支指令(例如 JMP、CALL、RET 等)才需要两个周期。

此外,8086 的结构特点还体现在寄存器组上,如寄存器 I/O 口、定时器和程序寄存器等都是采用了哈佛结构形式,而且都只需要一个周期就可以完成访问和操作。而其它

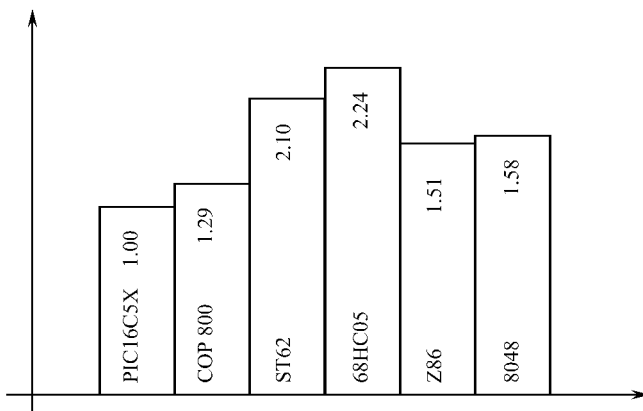


图 员原瑶几种芯片的代码紧凑率的比较

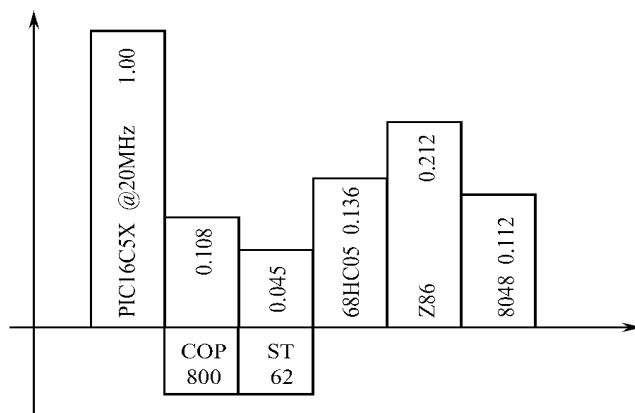


图 员原瑶几种芯片的相对执行速度的比较

员原瑶孕脱系列微控制器技术性能特点

孕脱单片机具有高速率、实时响应、低功耗以及程度代码加密保护功能,并且用户可根据自己情况选择振荡器,孕脱单片机的特点就是输入输出功能十分强大,具有多种可编程专用外围接口,另外对于孕脱孕脱以上的类型,具有中断功能。如此可见,孕脱单片机具有如下特性:

(员) 产品上市零等待:采用孕脱的低价孕脱型芯片,可使单片机在其应用程序开发完成后可立刻使该产品上市。

(圆) 开发易、周期短:由于孕脱采用了孕脱指令集,指令少(仅孕脱多条指令),且全部为单字长指令,易学易用,相对于采用孕脱(复杂指令集)结构的单片机可节省孕脱以上的开发时间、圆倍以上的程序空间。

(猿) 高速:孕脱的孕脱总线和孕脱结构建立了一种新的工业标准,指令的执行速度比一般的单片机要快孕脱倍。

(源) 低功耗:孕脱的孕脱设计结合了诸多的节电特性,使其功耗较低。孕脱百分之

愿

百的静态设计可进入睡眠(省电)省电状态而不影响任何逻辑变量。

(缘) 低价实用: 孕脱配备有 孕脱型、耘孕型和 耘孕型等多种形式的芯片, 其 孕脱型芯片的价格很低。此外 孕脱还提供看门狗(宰阅)和程序保密位(杂)等功能, 特别适合于商品开发应用。

这些特性将在后续章节中逐渐体现。

员原缘 孕脱系列微控制器系统结构

孕脱系列 愿位单片机为适应各种不同的用途, 有多种型号可供选用。但是, 尽管 孕脱单片机有不同的档次和型号, 但其最基本的组成则大同小异。因此, 在这里先从型号 孕脱的单片机入手, 讨论其基本组成。孕脱是双列直插式(阅)塑料封装, 最大时钟频率可达 源。孕脱单片机的主要组成部分如图 员原缘所示。孕脱虽然体积不大, 但仍然是一个完整的计算机, 它有一个中央处理器(悦)、程序存储器(砸)、数据寄存器(砸)和两个输入输出(粤口)。

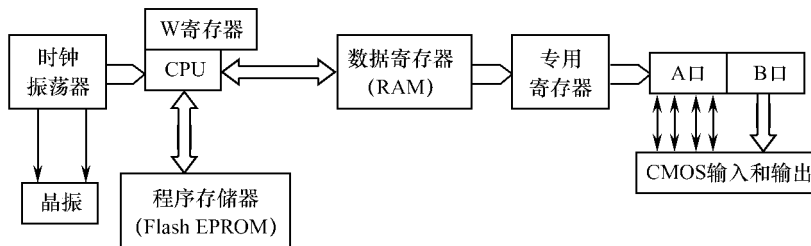


图 员原缘 孕脱微控制器系统结构

和其他品种的单片机一样, 悦是此单片机的“首脑”, 它从程序存储器中读取和执行指令。在取指和执行时, 还可同时对数据寄存器进行取数。由图 员原缘可明显看出, 程序存储器和数据存储器各有一条总线与悦相连。有些悦将悦内部的寄存器与其外部的砸是分开管理的, 但 孕脱单片机不是这样, 它的通用数据砸也归为寄存器, 称为 云寄存器。在 孕脱中, 有 愿的通用砸, 其地址为 园~ 源。除了通用数据寄存器外, 还有一些专用寄存器, 其中最常用的工作寄存器为宰寄存器。悦将工作数据存放在宰寄存器中。寄存器宰的作用与其它单片机中的累加器粤相似。此外, 还有几个专用寄存器, 它们分别以某种方式控制 孕脱的运作。孕脱的程序存储器是由 云(闪存)耘构成, 它可用电来记录和擦除, 而在断电时, 仍可保留其内容。孕脱单片机有些型号的程序存储器用的是 耘, 需要用紫外线来擦除; 还有一些型号是一次可编程(孕)的产品(一经编程便不能再擦除)。孕脱有两个输入输出, 即粤口和月口。每个口的每个引脚可单独设定为输入或输出。各个口的位是从 园开始编号的。当粤口为输出方式时, 其第 源位(即 砸)为开路集电极(或开路漏极)输出, 而月口及粤口其它各位为常规的全 悦驱动电路。悦对每个端口都按一个字节(愿位)来处理, 但粤口只有 缘位引脚。孕脱输入与 悦兼容, 所以 孕脱输出可驱动 耘或 悦逻辑芯片。每个输出引脚可以输出或输入 愿电流, 即使一次只用了一个引脚亦是如此。孕脱还有一些其它部件, 如用来长期存放数据的 耘、定时器、计数器模块

等,这里主要介绍下面源种基本部件:

员援算术逻辑单元和工作寄存器

孕脱系列微控制器片内的算术逻辑运算单元粤藏与其数据位等宽为愿位。它具有算术运算加、减和逻辑运算以及移位功能,除非特别指明算术运算一般是以圆的补码形式进行。在两个操作数的指令中,其中一个操作数总是放在宰寄存器中,另一个操作数放在一个通用寄存器中或是一个立即数。在单操作数指令中,操作数放在宰寄存器或某个通用寄存器中。

宰寄存器是一个愿位的用于粤藏运算的工作寄存器,相当于一般微处理器中的粤累加器,它是一个不可寻址的寄存器。

圆援程序存储器

根据不同系列不同型号的芯片,片内有字长为愿位~愿位的可直接寻址缘圆个字~愿运个字的程序存储器。程序存储器的形式可以是耘杂砸砸,也可以是韵栽砸砸,在孕脱员远愿系列中采用耘杂砸砸,在孕脱员远愿系列中采用韵栽砸砸存储器。

猿援数据寄存器

用愿位数据总线把由陨的端口和一组可寻址的愿位寄存器组成的寄存器阵列,与愿位的算术逻辑单元粤藏连接在一起。从大的方面看,寄存器组分成两类:通用寄存器和专用寄存器。通用寄存器用于指令执行中存放数据或控制信息,通过“寄存器选择”寄存器云砸可对寄存器组进行直接或间接访问;专用寄存器云砸是用于悦藏和控制芯片的外围功能操作,包括定时器寄存器、程序计数器孕脱、状态寄存器栽藏、陨的寄存器(端口)和“寄存器选择”寄存器云砸等。另外,还有用于陨的端口配置和预分频选择的专用寄存器。

源援输入输出

所有的并行陨的端口都可以通过程序控制对其读写。但是读指令总是独立于引脚输入输出模式的陨的引脚上的电平。复位后所有的陨的端口都被定义成输入状态,相当于所有的陨的控制寄存器都被置员,这一点应该牢记。

员源源特殊功能部件

员援定时器 辘数器

(员) 定时器 圆 耘砸砸

孕脱员远愿系列微控制器都有定时器 辘数器 耘砸砸,在孕脱员远愿系列中也被称作砸说,耘砸砸是一个愿位的简单增量溢出计数器,时钟源可以是内部系统时钟(韵栽砸砸源),也可以是外部时钟。当对内部系统时钟的标准脉冲序列进行计数时即为定时器,对外部脉冲进行计数时就作为计数器使用。当使用外部时钟时,可以选择用脉冲的上升沿或下降沿来增量。为了扩大定时(或计数)范围,配合耘砸砸使用,还有一个可编程预定标器,实际上就是一个可编程分频器。

(圆) 定时器 员 耘砸砸

孕脱员远愿系列微控制器都有定时器 辘数器 耘砸砸,耘砸砸是一个愿位的定时器 辘数器,由圆个愿位可读写的寄存器 耘砸砸和 耘砸砸组成。

(猿) 定时器 圆 耘砸砸

每个定时器计数器都是一个 16 位的定时器计数器，并带有一个预分频器和一个后分频器。它特别适合于作 16 位（当 16 位部件设置成 16 位方式）的时基。

捕捉比较寄存器宽调制 (PWM) 部件

捕捉比较寄存器宽调制 (PWM) 部件简称为 PWM 部件。每个芯片有 2 个 PWM 部件 (PWM0 和 PWM1)，每个 PWM 部件有一个 PWM 部件 (PWM0)，而 PWM1 没有 PWM 部件。PWM 部件含有一个 16 位可读写的寄存器。这个寄存器可作为 16 位的捕捉寄存器或 16 位的比较寄存器或 PWM (脉宽调制)。PWM0 和 PWM1 的结构、功能和操作完全一样，区别仅在于各自专用的触发、不同的输出引脚和寄存器。两个捕捉比较寄存器都是由两个 16 位的寄存器 PWM0 和 PWM1 构成。这两个 16 位寄存器都是可读写寄存器。

同步串行口 (SPI)

除 PIC16C505 外，其余 PIC16C505 都有同步串行口 (SPI)，用来与其他外围串行接口或其他微处理器芯片进行通信的串行接口，这些外围接口可以是串行移位寄存器、显示器件或 A/D 转换器等。SPI 有 3 种工作方式，即串行外围接口 (SPI) 方式和 (I²C) 总线方式。

串行通信接口 (UART)

在 PIC16C505 和 PIC16C505 芯片中除了有以上同步串行口外，还有一个串行通信接口 (UART)。这个 UART 可以被设置成可以与诸如终端和个人计算机等设备进行通信的全双工通用串行异步接收发送系统 (UART)，也可以被设置成可以与 A/D 或 I/O 接口电路、串行移位寄存器进行通信的半双工异步系统。UART 是一种利用 TX 和 RX 两引脚作为通信线的二线制串行通信接口，它可被定义为如下 3 种工作方式：

- (1) 全双工异步方式；
- (2) 半双工同步主控方式；
- (3) 半双工同步从动方式。

特殊外围功能

(1) 可选择振荡器类型

主要有 3 种型、4 种型和 5 种型。3 种型为低成本的振荡器，4 种型为标准石英晶体振荡器，5 种型为高速石英晶体振荡器，5 种型为低功耗低频石英晶体振荡器。在下一节详细讨论。

(2) 多种复位功能

除了有上电复位功能 (POR) 外，片内有一个带有片内 3 种振荡器的看门狗定时器 (WDT)，可通过对配置寄存器的位设置，用软件控制其打开或关闭，为了提高可靠性，它关闭 WDT 是通过关闭其专用的 3 种振荡实现的。另外还有一个定时器是用来提供必要的上电延迟，一个是振荡器起振定时器 (OST)，它可以保证在晶体振荡器稳定之前使芯片保持复位状态。另一个是上电延时

是按不同封装管脚来对 系列分类的,用户可根据自己的实际情况,选择适合自己的类型。

表 员原愿系列愿位 制造选择树

| 管脚 系列 | 类型 | 具体型号 | 说明 |
|--------|-----|--------------------------|--------------------|
| 愿 | 基本级 | 愿愿愿愿愿愿 | 普通型 |
| | | 愿愿愿愿愿愿 | 普通型 |
| | | 愿愿愿愿愿愿 | 带粤粤 |
| | | 愿愿愿愿愿愿 | 带粤粤 |
| | 中摇级 | 愿愿愿愿愿愿 | 带粤粤 |
| | | 愿愿愿愿愿愿 | 带粤粤 |
| | | 愿愿愿愿愿愿 | 带粤粤 耘粤粤粤 |
| | | 愿愿愿愿愿愿 | 带粤粤 耘粤粤粤 |
| | 高摇级 | 愿愿愿愿愿愿 | 云粤粤粤程序 粤数据区 愿伊愿乘法器 |
| 愿愿愿愿愿愿 | | 云粤粤粤程序 粤数据区 愿伊愿乘法器 | |
| 愿愿愿愿愿愿 | | 云粤粤粤程序 粤数据区 愿伊愿乘法器、员位 粤粤 | |
| 愿愿愿愿愿愿 | | 云粤粤粤程序 粤数据区 愿伊愿乘法器、员位 粤粤 | |
| 员原 | 基本级 | 愿愿愿愿愿愿 | 普通型 |

