

小型嵌入式系统 设计原理

XIAOXING QIANRUSHI
XITONG SHEJI
YUANLI

主 编 陈耀华
副主编 古 鹏 喻 萍



国防工业出版社

National Defense Industry Press

小型嵌入式系统设计原理

主 编 陈耀华

副主编 古 鹏 喻 萍

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以宏晶公司的STC系列单片机为基础,详细介绍了STC12C5A60S2系列单片机的硬件结构、指令系统及汇编语言程序设计、内部功能及接口、系统外部功能的扩展、C语言程序设计、单片机嵌入式系统开发及应用实例。书中通过大量的例题和单片机应用实例,引导读者逐步掌握单片机嵌入式系统开发的基本知识、方法和技能。书中详细介绍了STC系列单片机的开发工具和编程环境,书中所有程序均经过上机调试。

本书可作为高等院校电气信息类专业的教学用书,也可作为高职高专同类专业的教学用书及各类工程技术人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

小型嵌入式系统设计原理/陈耀华主编. —北京:
国防工业出版社, 2012. 1
ISBN 978 - 7 - 118 - 07906 - 7

I. ①小... II. ①陈... III. ①程序设计
IV. ①TP311.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第005891号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张12½ 字数282千字

2012年1月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价24.80元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前言

随着计算机技术的高速发展和日益增强的社会需求,单片机应用已广泛深入到各个领域,单片机应用技术已成为电子技术产业的核心。为了适应新形势下学习单片机的需求,本书从单片机应用开发的角度出发,全面系统地介绍了以宏晶公司的 STC 单片机为核心的单片机嵌入式系统的结构原理与应用技术,务求使广大读者能循序渐进地学习单片机知识。

宏晶公司作为国内最大的 MCU 开发厂商,其单片机已为广大硬件设计人员所使用。宏晶公司的单片机因其价廉物美深受广大硬件设计人员的喜爱,在国内市场的占有率逐年提升,因此本书的出版将受到读者的欢迎。

本书以单片机应用为主要目的,结合高等教育各专业的特点,自成体系。首先介绍计算机基础知识及计算机系统组成。然后以当前发展势头迅猛的宏晶公司的 STC 系列单片机为对象,介绍其内部资源、程序设计及实例、硬件资源应用、系统扩展、人机界面、过程通道、Cx51 程序设计等应用开发中涉及到的问题。

本书实例取材于最新原文资料,根据工程应用的实际,内容覆盖面广,条理清晰,具有较高的参考价值,本书不仅对学习单片机,而且对掌握实际单片机系统开发技术也具有较好的帮助作用。

本书本着一切内容为应用服务的宗旨,在介绍单片机基本知识、基本结构、基本组成的基础上,通过大量由浅入深的单片机应用实例,引导读者逐步认识、熟知、应用单片机,为单片机的开发和应用打下坚实的基础。第 1 章为嵌入式系统简介。第 2 章详细介绍了 STC 系列单片机的硬件结构、工作方式和时钟设置方法。第 3 章介绍指令系统,STC 系列单片机完全兼容 Cx51 指令系统。第 4 章介绍 STC 单片机的中断系统,宏晶单片机的中断资源比传统 8051 单片机更加丰富,中断系统也更为复杂。第 5 章介绍定时器/计数器的使用。第 6 章介绍串行口及其应用,与传统 8051 单片机相比宏晶单片机增加了一个串行口。第 7 章阐述了 I/O 口的结构及其应用,用户可以通过寄存器的不同设置将 I/O 口定义为 4 种不同的工作方式。第 8 章介绍 A/D 转换器,宏晶单片机通过了 8 位和 10 位 A/D 转换器,大大简化了外围电路。第 9 章讲解同步串行外围接口(SPI 接口)及多机通信的方式。第 10 章介绍 PCA/PWM 模块及其应用编程。第 11 章为 STC12 系列单片机开发、编程工具的操作介绍。第 12 章为应用系统的开发实例,提供了嵌入式系统的硬件原理图和 Cx51 的实用设计程序实例。

“嵌入式系统原理与接口技术”是电子信息类专业的一门专业必修课。随着单片机控制领域的不断拓展,机械、机电类专业也开设了此课程。本书可作为相关专业“单片机原理与接口技术”课程的教学用书,也可作为高等职业教育有关专业的教材,也可供从事

单片机系统开发、应用的工程技术人员阅读与参考。

本书由陈耀华主编,参与本书编写工作的还有古鹏和喻萍,其中陈耀华编写第1、2、6、7、8、9、10、11章,古鹏编写第4、5、12章,喻萍编写第3章。在编写过程中,我们得到了唐冬、胡晓、郑辉的协助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误与不妥之处,请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 嵌入式系统概述	1
1.1 单片机与嵌入式系统简介	1
1.1.1 单片机及其发展概况	1
1.1.2 单片机的特点和应用	1
1.1.3 嵌入式系统	3
1.1.4 单片机应用系统的组成	4
1.2 STC12C5A60S2 系列单片机总体介绍	4
1.3 一个 STC12C5A60S2 系列单片机的应用实例	6
第 2 章 STC 系列单片机硬件结构	8
2.1 STC 系列单片机总体结构	8
2.1.1 STC 系列单片机总体结构框图及功能	8
2.1.2 STC12C5A60S2 系列单片机引脚功能	12
2.2 STC12C5A60S2 系列单片机存储结构	15
2.2.1 STC12C5A60S2 系列单片机存储器的特点	15
2.2.2 程序存储器	16
2.2.3 数据存储器	16
2.3 工作方式和时序	23
2.3.1 复位方式	23
2.3.2 程序执行工作方式	25
2.3.3 省电工作方式	25
2.4 STC 系列单片机的时钟	28
第 3 章 指令系统	30
3.1 指令系统简介	30
3.1.1 指令格式	30
3.1.2 指令分类及符号说明	31
3.2 寻址方式	32
3.3 指令系统	36
3.3.1 数据传送类指令	36
3.3.2 算术运算类指令	42
3.3.3 逻辑运算类指令	45
3.3.4 控制转移类指令	48
3.3.5 位操作类指令	52
3.3.6 子程序调用与返回指令	54

3.4	汇编语言程序设计基础	56
3.4.1	汇编语言程序的组成	56
3.4.2	伪指令	57
3.4.3	程序设计步骤及技术	59
第4章	中断系统	61
4.1	中断系统的概念	61
4.1.1	中断及中断源	61
4.1.2	中断嵌套	61
4.2	中断系统结构及中断控制	62
4.2.1	中断源和中断请求标志	62
4.2.2	中断允许控制	65
4.2.3	中断优先级控制	66
4.3	中断处理	69
4.3.1	中断响应	69
4.3.2	中断处理	70
4.3.3	中断返回	70
4.4	中断响应后中断请求的撤除	70
4.5	中断测试程序举例	71
第5章	定时器/计数器	73
5.1	定时器/计数器概述	73
5.2	定时器/计数器的控制	74
5.2.1	定时器/计数器控制寄存器 TCON	74
5.2.2	定时器/计数器工作模式寄存器 TMOD	75
5.2.3	辅助寄存器 AUXR	76
5.2.4	时钟输出和掉电唤醒寄存器 WAKE_CLKO	76
5.3	定时器/计数器的工作模式	77
5.3.1	工作模式0(13位定时器/计数器)	77
5.3.2	工作模式1(16位定时器/计数器)	78
5.3.3	工作模式2(8位自动重装模式)	79
5.3.4	工作模式3(两个8位计数器)	79
5.4	定时器/计数器应用实例	80
5.4.1	定时器/计数器的设置	80
5.4.2	模式1的应用	81
5.4.3	模式2的应用	82
5.4.4	模式3的应用	83
5.4.5	定时器/计数器的综合应用	83
第6章	串行口及其应用	85
6.1	串行口概述	85
6.2	串行口控制	86

6.2.1	串行口控制寄存器 SCON	86
6.2.2	电源控制寄存器 PCON	88
6.2.3	串行口数据缓冲寄存器 SBUF	88
6.2.4	辅助寄存器 AUXR	89
6.2.5	独立波特率发生器寄存器 BRT	89
6.2.6	从机地址控制寄存器 SADEN 和 SADDR	89
6.2.7	与串行口中断相关的寄存器 IE、IP 和 IPH	89
6.3	串行口的工作方式	90
6.3.1	工作方式 0	91
6.3.2	工作方式 1	91
6.3.3	工作方式 2 和工作方式 3	92
6.4	波特率设置	93
6.5	串行口应用	94
6.5.1	串行口方式 0 的应用	94
6.5.2	串行口在其他方式下的应用	97
6.5.3	双机通信	99
6.5.4	多机通信	105
第 7 章	I/O 口的结构及其应用	110
7.1	I/O 口的工作模式	110
7.1.1	准双向口输出	110
7.1.2	强推挽输出	111
7.1.3	仅为输入(高阻)配置	111
7.1.4	开漏输出	111
7.2	I/O 口的配置	112
7.2.1	P0 口的配置	112
7.2.2	P1、P2、P3、P4 和 P5 口的相关寄存器	113
7.2.3	P4 口的特殊应用	114
7.3	I/O 口的应用	115
7.3.1	三极管控制电路	115
7.3.2	发光二极管控制电路	115
7.3.3	如何让 I/O 口上电复位时为低电平	116
第 8 章	A/D 转换器	117
8.1	A/D 转换器的结构	117
8.2	A/D 转换器的控制	118
8.2.1	P1 口模拟功能控制寄存器 PIASF	119
8.2.2	ADC 控制寄存器 ADC_CONTR	120
8.2.3	A/D 转换结果寄存器 ADC_RES、ADC_RES1	121
8.2.4	与 A/D 中断有关的寄存器	122
8.3	A/D 转换器的应用实例	122

第9章 同步串行外围接口(SPI接口)	126
9.1 同步串行外围接口(SPI接口)概述	126
9.2 同步串行外围接口(SPI接口)的控制	127
9.2.1 SPI控制寄存器 SPCTL	128
9.2.2 SPI状态寄存器 SPSTAT	129
9.2.3 SPI数据寄存器 SPDAT	129
9.2.4 将SPI功能从P1口设置到P4口的辅助寄存器 AUXR1	129
9.3 同步串行外围接口(SPI接口)的数据通信方式	129
9.3.1 主/从模式的设置	129
9.3.2 数据传输模式的设置	130
9.4 同步串行外围接口(SPI接口)的应用	132
9.4.1 单主机—单从机通信方式应用	132
9.4.2 单主机—多从机通信方式应用	135
第10章 PCA/PWM模块	139
10.1 PCA/PWM模块概述	139
10.2 PCA/PWM模块的控制	140
10.2.1 PCA控制寄存器 CCON	141
10.2.2 PCA模式寄存器 CMOD	142
10.2.3 PCA比较/捕获寄存器 CCAPM0和CCAPM1	143
10.2.4 PCA的16位计数器——低8位CL和高8位CH	144
10.2.5 PCA捕获寄存器——CCAPnL(低位字节)和 CCAPnH(高位字节)	144
10.2.6 PWM模式辅助寄存器——PCA_PWM0和PCA_PWM1	145
10.2.7 辅助寄存器1——AUXR1	145
10.3 PCA/PWM模块的工作模式	145
10.3.1 捕获模式	145
10.3.2 16位软件定时器模式	146
10.3.3 高速输出模式	147
10.3.4 脉宽调制模式(PWM)	148
10.4 PCA/PWM接口的应用	149
10.4.1 用PCA功能实现16位定时器的应用	149
10.4.2 PCA输出PWM功能的应用	151
第11章 STC12系列单片机开发/编程工具	153
11.1 在系统可编程(ISP)原理	153
11.2 STC12C5A60S2系列在系统可编程(ISP)的典型应用	153
11.3 ISP控制软件界面使用说明	155
11.3.1 电脑端的ISP控制软件	155
11.3.2 STC单片机的仿真	156
11.4 程序设计与编译	157

11.4.1	Keil C 简介	157
11.4.2	Cx51 简介	158
11.4.3	Cx51 开发工具简介	164
第 12 章	应用系统开发实例	169
12.1	系统设计与调试过程	169
12.2	倒计时器的设计	170
12.3	数字电压表的设计	175
12.4	基于 DS18B20 的简易数字温度计的设计	180
参考文献		190

第 1 章 嵌入式系统概述

本章主要讲述单片机的概念、特点、应用领域及其嵌入式系统的概念,并对 STC 单片机系统进行总体介绍。最后通过一个简单的单片机应用实例使读者初步了解单片机的工作情况。

1.1 单片机与嵌入式系统简介

1.1.1 单片机及其发展概况

1. 什么是单片机

单片机(Single Chip Microcomputer)又称单片微控制器,其基本结构是将微型计算机的基本功能部件:中央处理机(CPU)、存储器、输入接口、输出接口、定时器/计数器、中断系统等全部集成在一个半导体芯片上。

单片机结构上的设计,在硬件、指令系统及 I/O 能力等方面都有独到之处,具有较强而有效的控制功能。虽然单片机只是一个芯片,但无论从组成还是从其逻辑功能上来看,都具有微机系统的含义。另一方面,单片机毕竟是一个芯片,只有外加所需的输入、输出设备,才可以构成实用的单片机应用系统。

2. 单片机的发展

1976 年 Intel 公司推出 MCS-48 系列 8 位单片机,以体积小、功能全、价格低等自身的魅力,得到了广泛应用,成为单片机发展过程中的一个重要标志。

由于 MCS-48 系统的成功应用,单片机系列及单片机应用技术迅速发展,到目前为止,世界各地厂商已相继研制出大约 50 个系列 300 多个品种的单片机产品。单片机应用领域不断扩大,除了在工业控制、智能化仪器仪表、通信、家用电器等领域应用外,在智能化、高档 J 电子玩具产品中也大量采用单片机作为核心控制部件。

在 8 位单片机的基础上,又推出超 8 位单片机,其功能进一步加强,同时 16 位单片机也相继产生。然而,由于应用领域大量需要的仍是 8 位单片机,因此,各大公司纷纷推出高性能、大容量、多功能的新型 8 位单片机。单片机正在扮演越来越重要的角色。

1.1.2 单片机的特点和应用

一块单片机芯片就是具有一定规模的微型计算机,再加上必要的外围器件,就可构成完整的计算机硬件系统。

由于单片机这种特殊的结构形式,使其具有很多显著的优点,单片机在各个领域内的应用都得到迅猛的发展。随着微控制技术的不断完善和发展,以及自动化程度的日益提

高,单片机的应用正在导致传统的控制技术发生巨大的变化,单片机的应用是对传统控制技术的一场革命。

1. 单片机的应用特点

(1) 具有较高的性能价格比。高性能、低价格是单片机最显著的一个特点,其应用系统具有印制板小、接插件少、安装调试简单方便等特点,使单片机应用系统的性能价格比大大高于一般微机系统。

(2) 体积小,可靠性高。由单片机组成的应用系统结构简单,其体积特别小,极易对系统进行电磁屏蔽等抗干扰措施。另一方面,单片机对信息传输及对存储器和 I/O 接口的访问,一般情况下是在单片机内部进行的,因此,不易受外界的干扰。所以单片机应用系统的可靠性比一般微机系统高得多。

(3) 控制功能强。单片机采用面向控制的指令系统,实时控制功能特别强。在实时控制方面,尤其是在位操作方面单片机有着不俗的表现。CPU 可以直接对 I/O 口进行输入、输出操作及逻辑运算,并且具有很强的位处理能力,能有针对性地解决由简单到复杂的各类控制任务。在单片机内存储器 ROM 和 RAM 是严格分工的。ROM 用作程序存储器,只存放程序、常数和数据表格。由于配置了较大的程序存储空间 ROM 可以将已调试好的程序固化在 ROM(也称烧录或者烧写),这样不仅掉电时程序不丢失,还避免了程序被破坏,从而确保了程序的安全性。而 RAM 用作数据存储器,存放临时数据和变量,这种方案使单片机更适用于实时控制系统。

(4) 使用方便、容易产品化。由于单片机具有体积小、功能强、性能价格比较高、系统扩展方便、硬件设计简单等优点,单片机的硬件功能具有广泛的通用性。同一种单片机可以用在不同的控制系统中,只是其中所配置的软件不同而已。换言之,给单片机固化上不同的软件,便可形成用途不同的专用智能芯片,可称为“软件就是仪器”。单片机开发工具具有很强的软、硬件调试功能,使研制单片机应用系统极为方便,加之现场运行环境的可靠性,因此使单片机能满足许多小型对象的嵌入式应用要求,可广泛应用在仪器仪表、家用电器、智能玩具、控制系统等领域中。

2. 单片机的应用领域

由于单片机具有独特的优点,从而广泛应用在国民经济、人们日常生活等各个领域。

单片机由于其体积小、功耗低、价格低廉,且具有逻辑判断、定时计数、程序控制等多种功能,广泛应用于智能仪表、可编程序控制器、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域。可以毫不夸张地说,凡是能想到的地方,单片机都可以用得上。

(1) 智能仪器。智能仪器是含有微处理器的测量仪器。单片机广泛应用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化取得了令人瞩目的进展。

(2) 工业控制。单片机广泛应用于各种工业控制系统中,如数控机床、温度控制、可编程顺序控制等。

(3) 家用电器。目前各种家用电器普遍采用单片机取代传统的控制电路,如洗衣机、电冰箱、空调、彩电、微波炉、电风扇及高级电子玩具等。由于配置了单片机,使其功能增强而身价倍增,深受用户的欢迎。

(4) 机电一体化。机电一体化是机械工业发展的方向,机电一体化产品是指集机械

技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。

单片机除以上各方面应用之外,还广泛应用于办公自动化领域(如复印机)、汽车电路、通信系统(如手机)、计算机外围设备等,成为计算机发展和应用的一个重要方向。

单片机的应用从根本上改变了传统控制系统的设计思想和设计方法。过去必须由模拟电路、数字电路及继电器控制电路实现的大部分功能,现在已能用单片机并通过软件方法实现。由于软件技术的飞速发展,各种软件系列产品的大量涌现,可以极大地简化硬件电路。“软件就是仪器”已成为单片机应用技术发展的主要特点,这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术,称为微控制技术。

微控制技术标志着一种全新概念的出现,是对传统控制技术的一次革命,随着单片机应用的推广普及,单片机技术无疑将是 21 世纪最为活跃的新一代电子应用技术。随着微控制技术(以软件代替硬件的高性能控制技术)的发展,单片机的应用必将导致传统控制技术发生巨大变革。

1.1.3 嵌入式系统

从使用的角度来说,计算机应用可分为两类:一类是应用广泛的独立使用的计算机系统(如个人计算机、工作站等);一类是嵌入式计算机系统。

所谓嵌入式系统,是“以应用为中心,以计算机技术为基础,软件硬件可裁减,功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统”,即以嵌入式应用为目的计算机系统。一个手持的 MP3 和一个微型计算机工业控制系统都可以认为是嵌入式系统,它与通用计算机技术的最大差异是必须支持硬件裁减和软件裁减,以适应应用系统对体积、功能、功耗、可靠性、成本等的特殊要求。

单片机应用系统是典型的嵌入式系统。嵌入式系统具有以下重要特征。

(1) 系统内核小。嵌入式系统一般应用于小型电子装置,系统功能针对性强,系统资源相对有限,所需内核较之传统的计算机系统要小得多。

(2) 专用性强。嵌入式系统的个性化很强,尤其是软件系统和硬件的结合非常紧密,即使在同一系列的产品中也需要根据系统硬件的变化进行软件设计、修改。同时针对不同的功能要求,需要对系统进行相应的更改。

(3) 系统精简。嵌入式系统一般没有系统软件和应用软件的明显区分,其功能设计及实现上不要求过于复杂,这样一方面利于控制系统成本,同时也利于实现系统安全。

(4) 高实时性。高实时性是嵌入式软件的基本要求,而且软件要求固态存储,以提高速度。软件代码要求高质量、高可靠性、实时性。

(5) 嵌入式软件开发走向标准化。嵌入式系统的应用程序可以在没有操作系统的情况下直接在芯片上运行。为了实现合理地调度多道程序,充分利用系统资源以及对外通信接口,用户必须自行选配 RTOS(Real-Time Operating System)开发平台,这样才能保证程序执行的实时性、可靠性,并减少开发时间,保障软件质量。

(6) 嵌入式系统开发需要开发工具和环境。嵌入式系统其本身不具备自主开发能力,在设计完成以后,用户必须通过开发工具和环境才能进行软件、硬件调试和系统开发。

嵌入式计算机系统,是作为其他系统的组成部分使用的。由于通用计算机系统有限的可靠性、高的价位及庞大的身躯,限制了嵌入式计算机系统的广泛应用,尤其限制了以嵌入

式计算机系统作为核心控制的产品的的发展。单片机应嵌入式计算机系统应用的要求而生,并以嵌入式应用为唯一目的,单片机以较小的体积、现场运行环境的可靠性满足了许多对象的嵌入式应用要求。在嵌入式系统中,单片机是最重要也是应用最多的智能核心器件。

将单片机系统嵌入到对象体系中后,单片机就成为对象体系的专用指挥中心。嵌入式系统的广泛应用和不断发展的美好前景,极大地影响着每个人的学习、工作、生活,嵌入式计算机系统就在人们身边。人们必须适应这一新形势的需要,改变传统的处理问题的方式,以求嵌入式系统给人类带来更加舒适的生活方式和工作环境。

1.1.4 单片机应用系统的组成

单片机应用系统包括单片机硬件系统和软件系统。

单片机的硬件系统包括:

(1) 单片机系统。当单片机内部功能单元不能满足对象要求时,通过系统扩展,在外部并行总线上扩展相应的计算机外围功能单元所构成的系统。

(2) 单片机应用系统。通过系统配置,给单片机系统按控制对象的环境要求配置相应的外部接口电路(如:数据采集系统的传感器接口,控制系统的伺服驱动接口单元以及人机对话接口等),以构成满足对象全部要求的单片机硬件环境。

单片机应用系统的硬件组成,如果按其系统扩展及配置状况,可分为最小系统、最小功耗系统、典型系统等。

单片机最小应用系统是指单片机嵌入一些简单的控制对象(如开关状态的输入/输出控制等),并能维护单片机运行的控制系统。这种系统成本低,结构简单,其功能完全取决于单片机芯片技术的发展水平。

单片机最小功耗应用系统是使系统功耗最小。设计该系统时,必须使系统内所有器件及外设都有最小的功耗,最小功耗应用系统常用在一些袖珍式智能仪表及便携式仪表中。

单片机的软件系统包括系统软件和应用软件。系统软件是处于底层硬件和高层应用软件之间的桥梁。但是,由于单片机的资源有限,应综合考虑设计成本及单片机运行速度等因素,故设计者必须在系统软件和应用软件实现的功能与硬件配置之间仔细地寻求平衡。

单片机的系统软件构成有两种模式。

(1) 监控程序。用非常紧凑的代码,编写系统的底层软件。这些软件实现的功能,往往是实现系统硬件的管理及驱动,并内嵌一个用于系统的开机初始化等功能的引导(Boot)模块。

(2) 操作系统。现今已有许多种适合于8位至32位单片机的操作系统进入实用阶段,在操作系统的支持下,嵌入式系统会具有更好的技术性能,如:程序的多进程结构,与硬件无关的设计特性,系统的高可靠性,软件开发的高效率等。

1.2 STC12C5A60S2 系列单片机总体介绍

STC12C5A60S2/AD/PWM 系列单片机是宏晶科技生产的单时钟/机器周期(1T)的

单片机,是高速/低功耗/超强抗干扰的新一代 8051 单片机,指令代码完全兼容传统 8051,但速度快 8 倍~12 倍。内部集成 MAX810 专用复位电路,2 路 PWM,8 路高速 10 位 A/D 转换(250k/s,即 25 万次/秒),针对电机控制,强干扰场合。该系列单片机具有以下特征。

(1) 增强型 8051CPU,1T,单时钟/机器周期,指令代码完全兼容传统 8051。

(2) 工作电压:

STC12C5A60S2 系列工作电压: 5.5V~3.5V(5V 单片机);

STC12LE5A60S2 系列工作电压: 3.6V~2.2V(3V 单片机)。

(3) 工作频率范围: 0~35MHz,相当于普通 8051 的 0~420MHz。

(4) 用户应用程序空间 8KB/16KB/20KB/32KB/40KB/48KB/52KB/60KB/62KB……

(5) 片上集成 1280B RAM。

(6) 通用 I/O 口(36/40/44 个),复位后为: 准双向口/弱上拉(普通 8051 传统 I/O 口)。可设置成 4 种模式: 准双向口/弱上拉,强推挽/强上拉,仅为输入/高阻,开漏每个 I/O 口驱动能力均可达到 20mA,但整个芯片最大不要超过 120mA。

(7) ISP(在系统可编程)/IAP(在应用可编程),无需专用编程器,无需专用仿真器可通过串口(P3.0/P3.1)直接下载用户程序,数秒即可完成一片。

(8) 有 EEPROM 功能(STC12C5A62S2/AD/PWM 无内部 EEPROM)。

(9) 看门狗。

(10) 内部集成 MAX810 专用复位电路(外部晶体 12M 以下时,复位脚可直接 1k Ω 电阻到地)。

(11) 外部掉电检测电路: 在 P4.6 口有一个低压阈值比较器。5V 单片机为 1.33V,误差为 $\pm 5\%$,3.3V 单片机为 1.31V,误差为 $\pm 3\%$ 。

(12) 时钟源: 外部高精度晶体/时钟,内部 R/C 振荡器(温漂为 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 以内),用户在下载用户程序时,可选择是使用内部 R/C 振荡器还是外部晶体/时钟,常温下内部 R/C 振荡器频率为: 5.0V 单片机为 11MHz~17MHz;3.3V 单片机为 8MHz~12MHz,精度要求不高时,可选择使用内部时钟,但因为有制造误差和温漂,以实际测试为准。

(13) 共 4 个 16 位定时器。两个与传统 8051 兼容的定时器/计数器,16 位定时器 T0 和 T1,没有定时器 2,但有独立波特率发生器做串行通信的波特率发生器,再加上 2 路 PCA 模块可再实现 2 个 16 位定时器。

(14) 3 个时钟输出口,可由 T0 的溢出在 P3.4/T0 输出时钟,可由 T1 的溢出在 P3.5/T1 输出时钟,独立波特率发生器可以在 P1.0 口输出时钟。

(15) 外部中断 I/O 口 7 路,传统的下降沿中断或低电平触发中断,并新增支持上升沿中断的 PCA 模块,Power Down 模式可由外部中断唤醒,INT0/P3.2,INT1/P3.3,T0/P3.4,T1/P3.5,RxD/P3.0,CCP0/P1.3(也可通过寄存器设置到 P4.2),CCP1/P1.4(也可通过寄存器设置到 P4.3)。

(16) PWM(2 路)/PCA(可编程计数器阵列,2 路)。也可用来当 2 路 D/A 使用;可用来再实现 2 个定时器;可用来再实现 2 个外部中断(上升沿中断/下降沿中断均可分别或同时支持)。

(17) A/D 转换,10 位精度 ADC,共 8 路,转换速度可达 250k/s(25 万次/秒)。

(18) 通用全双工异步串行口(UART),由于 STC12 系列是高速的 8051,可再用定时器或 PCA 软件实现多串口。

(19) STC12C5A60S2 系列有双串口,后缀有 S2 标志的才有双串口,RxD2/P1.2(可通过寄存器设置到 P4.2),TxD2/P1.3(可通过寄存器设置到 P4.3)。

(20) 工作温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ (工业级)/ $0^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ (商业级)。

(21) 封装: LQFP-48, LQFP-44, PDIP-40, PLCC-44, QFN-40。I/O 口不够时,可用 2 根 ~3 根普通 I/O 口线外接 74HC164/165/595(均可级联)来扩展 I/O 口,还可用 A/D 做按键扫描来节省 I/O 口,或用双 CPU,三线通信,还多了串口。

1.3 一个 STC12C5A60S2 系列单片机的应用实例

STC12C5A60S2 系列单片机所独有的特点,使其可以方便地构成各种控制系统,实现对被控对象的控制,即嵌入式系统。

在设计一个单片机应用系统(嵌入式系统)时,一般来说要经过以下步骤:

- (1) 分析问题,明确任务。
- (2) 总体设计,拟定出性能价格比最高的方案。
- (3) 硬件设计。
- (4) 软件设计。
- (5) 系统调试。

为了从整体上初步认识、领会单片机应用系统,下面介绍一个十分简单的单片机应用实例(实例中所涉及到的有关软件、硬件方面的内容在后续章节中将分别详细介绍)。

例如,某广告灯,要求 8 个灯循环点亮,即 8 个灯点亮顺序循环左移(或右移),循环不止(这里为了简化电路,用 8 个发光二极管代替广告灯)。

(1) 分析问题,明确任务。

(2) 总体设计。

(3) 硬件设计。由于功能简单,电路如图 1-1 所示。

故可直接由单片机的输出口 P1 并行输出驱动 8 个发光二极管,其硬件

在图 1-1 中,被控对象是 8 个发光二极管,采用共阳极接法,8 个发光二极管的阴极分别由 P1.0 ~ P1.7(即单片机端口 P1 的 8 位输入、输出端)控

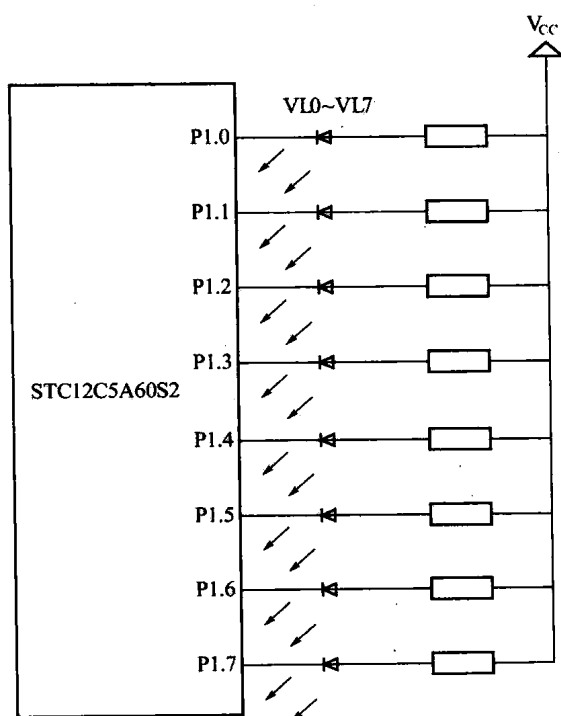


图 1-1 广告灯硬件电路

制。若 P1 的某位输出为“0”(低电平),相应位的发光二极管的阴极为低电平,则该管加正向电压被点亮发光。若 P1 口的某位输出为“1”,则相应位的发光二极管截止而熄灭。

(4) 软件设计。根据以上原理,针对其硬件电路可编程实现:使 P1 口每一位依次输出“0”(低电平),点亮相应位的发光二极管,并经软件延时后,将“0”(低电平)左移一位后输出,不断循环。

程序如下:

```
ORG      0000H
MOV      A,  #0FEH      ;FEH 为点亮第一个发光二极管的代码
LOOP:    MOV      P1,  A      ;点亮 P1.0 位控制的发光二极管
         LCALL    DELAY      ;调用延迟一段时间的子程序
         RL       A          ;“0”左移一位
         SJMP     LOOP      ;不断循环
DELAY:    MOV      R1,  #0FFH ;延时子程序入口
         LP:      MOV      R2,  #80H
         LP1:     NOP
         NOP
         DJNZ     R2,  LP 1
         DJNZ     R1,  LP
         RET                ;子程序返回
END
```

(5) 系统调试。利用单片机开发装置调试此程序,在开发机上进行仿真调试并运行成功后,将此程序写入电路中的单片机程序存储器 ROM 中,即可投入使用。

从以上单片机应用例子可以看出,由单片机组成的控制应用系统较之一般用计算机控制来说不仅简单、方便,而且价格低廉。单片机以其自身的魅力赢得了市场,成为嵌入式计算机系统的核心控制部件。