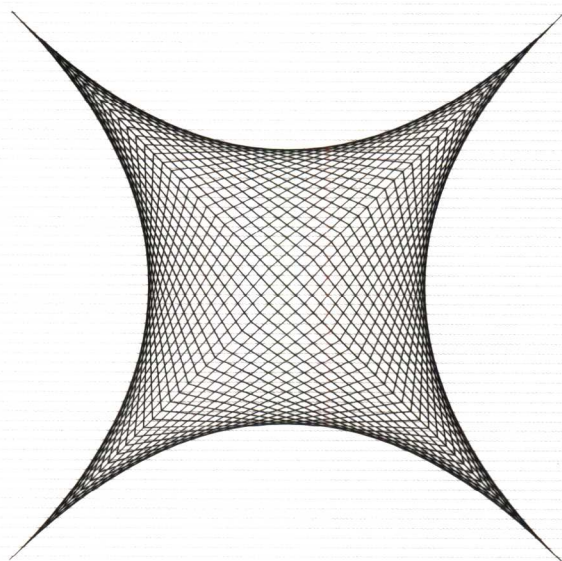


21世纪高等院校优秀教材

智能化检测系统 及仪器

张剑平 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

21 世纪高等院校优秀教材

智能化检测系统及仪器

张剑平 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书讲述了智能化检测系统及仪器的设计方法,主要包括:导论,信号通道,人机交流系统,系统总线和通信接口,常见的智能处理功能,常见模拟量信号的检测方法,智能化测试系统设计举例和附录共8个部分,可作为测试、控制、信息等电子应用类专业的学生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

智能化检测系统及仪器/张剑平著. —北京:国防工业出版社,2005.8

21 世纪高等院校优秀教材

ISBN 7-118-04040-1

I. 智... II. 张... III. 自动检测系统
IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 079862 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 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 320 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书讲述了智能化检测系统及仪器的设计方法,其中有很多内容是作者根据自己多年从事本专业科研和教学的一些体会总结出来的,读者在已经具有模拟电子、数字电子、微机原理、单片机原理、程序设计等知识的基础上学习将会有更好的效果。本书在内容及编排上具有以下特点:

(1) 突出工程特色和现代特色。工程特色是指不过分剖析原理和推导结论而以实用性为主,仅对有助于理解概念和方法的原理和结论做了讲述和推导;现代特色是指内容力求不过时,除了一些经典知识必须介绍外,尽可能介绍目前正在流行的或是前沿的技术及方法。

(2) 考虑到互联网给工程技术人员带来查阅资料的方便性,书中对所涉及到的元器件、芯片及软件包等内容只从使用的角度做引导性、关键性的介绍,力求在不妨碍读者对整体思路理解的前提下达到篇幅少、内容多的目的。

(3) 顾及到工程技术人员的习惯,遵循“用图纸说话”的原则,书中采用了大量的插图,相比之下文字叙述比较简捷。凡涉及软件设计的地方大部分是用程序流程图来说明思路,仅在必须用程序说明原理的地方给出了部分源程序。

(4) 本书在全面介绍智能化检测系统设计过程中突出了硬件设计部分,书中所介绍的电路例子都是经使用或实验过的。

本书由田生喜老师主审并提出很多宝贵意见,在此表示感谢。

由于时间仓促再加水平有限,书中难免有错误和不妥之处,欢迎不吝赐教。

作 者

2005 年 4 月

目 录

第1章 导论	1
1.1 检测系统的任务	1
1.2 检测系统的发展	1
1.3 嵌入式系统的概念	3
1.4 智能单元的选择	4
1.5 两种典型的单片机	4
1.6 在系调试及编程的概念	7
1.7 一种流行的单片机开发软件	8
第2章 信号通道	10
2.1 模拟量输出通道	10
2.1.1 D/A 及其接口电路	10
2.1.2 μ P 控制的波形发生器	14
2.2 模拟量输入通道	18
2.2.1 A/D 转换器概述	18
2.2.2 逐次比较式 A/D 及其与 μ P 接口	20
2.2.3 双积分式 A/D	23
2.2.4 高速 A/D	26
2.3 数据采集系统	30
2.3.1 DAS 概述	30
2.3.2 同步多路采集系统	32
2.3.3 异步多路采集系统	33
2.3.4 多点巡回数据采集系统	33
2.4 开关量输入输出通道	35
2.4.1 开关量输入通道	35
2.4.2 开关量输出通道	36
第3章 人机交流系统	39
3.1 按键开关的控制	39
3.1.1 按键开关的接入	39

3.1.2	消除按键颤动的方法	39
3.1.3	按键信号的软件处理方式	40
3.2	其它开关的控制	42
3.2.1	旋钮开关的接入	42
3.2.2	拨码开关的接入	43
3.2.3	游戏操纵杆类开关的接入	44
3.3	矩阵键盘	45
3.3.1	双口扫描方式	45
3.3.2	用数据口扫描键盘	46
3.3.3	键盘信息的处理方法	48
3.4	LED类发光器件的显示控制	49
3.4.1	信号灯的显示控制	49
3.4.2	数码管及其显示控制	51
3.4.3	LED点阵及其显示控制	56
3.5	CRT的显示控制	58
3.5.1	光栅扫描式系统	59
3.5.2	随机扫描式显示系统	63
3.6	微型打印机的控制	65
3.6.1	微型打印机的字符代码和打印命令举例	65
3.6.2	WH系列打印机与单片机接口	67
第4章	系统总线和通信接口	70
4.1	内总线	70
4.1.1	内总线的定义	70
4.1.2	内总线举例	70
4.1.3	I ² C总线	73
4.1.4	内总线的选择原则	82
4.2	系统的外总线	82
4.2.1	GP-IB通用接口简介	82
4.2.2	RS-232C简介	84
4.2.3	RS422/485通信接口	87
4.2.4	USB通用串行总线	90
4.2.5	CAN总线简介	99
第5章	常见的智能处理功能	104
5.1	硬件故障自检	104
5.1.1	硬件自检分类	104

5.1.2 自检算法	104
5.2 自动测量功能	107
5.2.1 自动量程转换	107
5.2.2 自动触发电平调节	114
5.2.3 零点问题	115
5.3 测量精度的提高	116
5.3.1 随机误差处理方法	116
5.3.2 系统误差的处理	116
5.3.3 粗大误差的处理	121
5.4 数字滤波	121
5.4.1 中值滤波法	121
5.4.2 平均滤波法	121
5.4.3 低通数字滤波	122
第6章 常见模拟量信号的检测方法	123
6.1 信号概述	123
6.1.1 信号的分类	123
6.1.2 传感器及变送器	123
6.1.3 模拟信号的基本分类	123
6.2 各类信号的检测方法	124
6.2.1 电压类信号的检测方法	124
6.2.2 电流类信号的检测	128
6.2.3 相位型信号的检测	129
6.2.4 时间型信号的检测	130
6.2.5 电阻型信号的检测	132
6.2.6 电容型信号的检测	134
6.2.7 频率及周期性信号的检测	135
6.2.8 数字协议型信号的检测	138
第7章 智能化检测系统设计举例	139
7.1 设计智能化检测系统的一般步骤	139
7.2 智能温度传感器的设计	139
7.2.1 智能传感器的概念	139
7.2.2 数字温度传感器	140
7.2.3 电路方案	141
7.2.4 软件设计	142
7.3 电子皮带秤	143

7.3.1 皮带运输机简介	143
7.3.2 电子皮带秤基本原理	143
7.3.3 一种电子皮带秤的设计方案	144
7.3.4 软件流程	146
7.4 智能热表的设计	148
7.4.1 热表的功能	148
7.4.2 总体方案	148
7.4.3 流量信号的获取	149
7.4.4 温度信号的获取	150
7.4.5 红外接口的实现	151
7.4.6 软件流程	152
7.4.7 总结	152
7.5 压力开关智能化动态测试系统设计	153
7.5.1 问题的提出	153
7.5.2 系统硬件设计方案	153
7.5.3 系统软件方案	157
7.5.4 系统的性能指标	160
附录1 MyUSB 源程序	161
附录2 C8051F040/1 的 CAN 接口操作程序	183
附录3 压力开关测试仪测试模块程序	190
参考文献	216

第 1 章 导 论

1.1 检测系统的任务

人类出现以后,一直伴随着认识世界和改造世界的过程。初期人类主要靠五官和肢体来认识周围的世界。随着人类的进化,各种检测的方法及仪器不断诞生,用来提高自身认识世界的能力。到了近代和现代,各种仪器设备的发展尤其迅猛。本书所说的检测系统就是指人们在社会活动中用来获得各种自然参数的装置。这种自然参数可以是物理量,如温度、压力、电流、速度等,也可以是化学量或其它量,如酸碱度、气味、物质成分等。

检测系统可以分为两大类。第一类是通用检测系统,以通用仪器为主,如万用表、示波器、频率计、信号发生器、频谱分析仪等,这一类检测系统通常在实验室发挥作用。第二类为专用检测系统,用于特殊的目的,如医疗、地震、航空航天、煤炭化工、冶金、加工业等,各种场合都有很多的专用仪器及设备,因此,专用检测系统品种更加繁多。

1.2 检测系统的发展

近代的检测受电子技术的影响以电子检测系统为主,其发展经历了模拟检测系统、数字检测系统、智能检测系统等 3 个阶段。

第 1 代:模拟检测系统。模拟检测系统的结构如图 1.1 所示,其特点是系统各部件处理的信息流为模拟信号,各部件几乎全为模拟器件,控制部分用多种旋钮及开关。模拟检测系统设计调试比较麻烦,操作复杂,稳定性差。模拟检测系统正在不断被数字及智能检测系统取代。许多模拟检测系统目前仍在使用,如模拟万用表、模拟示波器、模拟信号发生器、模拟压力表等。

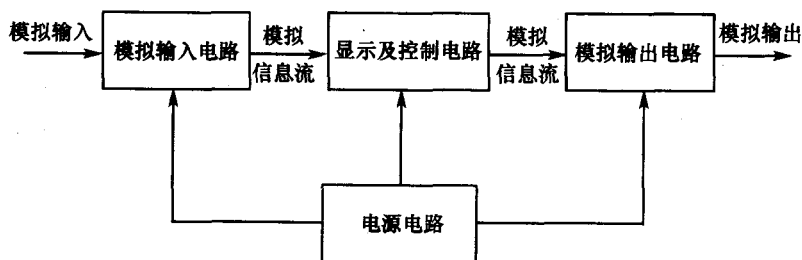


图 1.1 模拟检测系统基本结构

第 2 代:数字检测系统。数字检测系统的结构如图 1.2 所示,其特点是核心处理部分处理的信号流为数字信号,模拟信号经过 A/D 转化为数字信号,模拟输出信号是经 D/A

转换后的信号,显示为数字或经 D/A 转换后的模拟信号,控制为按钮、旋钮、开关等。数字检测系统的控制采用通用或专用数字芯片,系统还可以带有数字通信接口,操作简单,稳定性好,显示直观,精度较高,如数字万用表、取样示波器、数字频率计、数字信号发生器、数字流量表等。

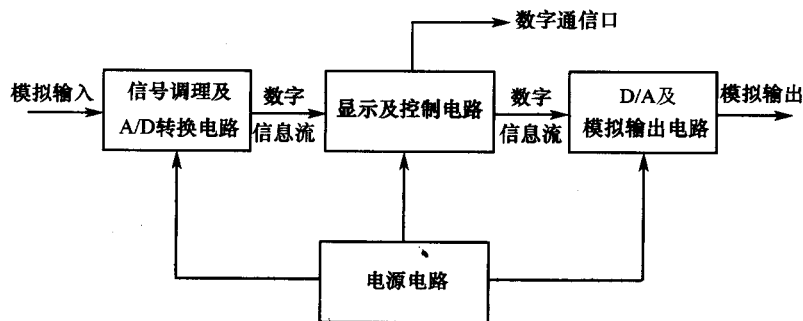


图 1.2 数字检测系统基本结构

第 3 代:智能检测系统。数字检测系统比模拟检测系统具有较大的优越性,有的可实现自动控制量程、自动调零、数字储存及数字标准接口等功能,但还是存在着功能单一、结构复杂等缺点。随着计算机的发展,智能检测系统以更大的优越性展现在人们面前。当检测系统的核心控制由电脑来完成时,称之为智能检测系统。

智能检测系统分为两类,一类是电脑内藏式,另一类是电脑扩展式。电脑内藏式智能检测系统如图 1.3 所示,它将电脑或控制器作为核心部分嵌入检测系统中,利用微机强大的功能完成检测系统的各项任务,如信号调理、A/D 转换、数字处理、数据存储、显示、打印、通信等。而电脑扩展式检测系统给使用者的感觉首先是一个微机系统,它相当于电脑系统扩展一个检测功能,又称为虚拟仪器(Virtual Instrument),其结构如图 1.4 所示。

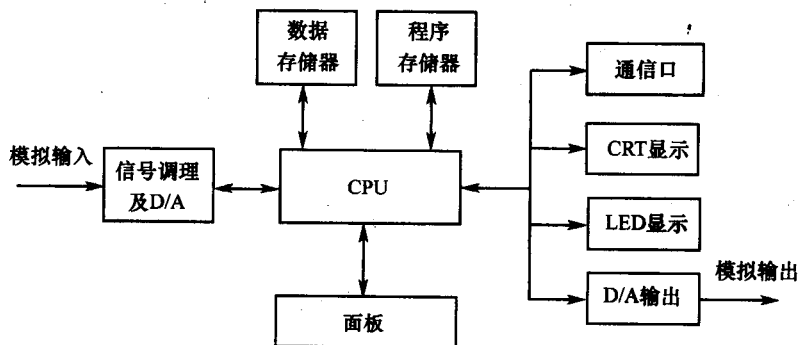


图 1.3 微机内藏式检测系统基本结构

智能仪器的特点如下。

(1) 测量过程由程序控制可实现自动调零、自动极性识别、自动量程转换、报警、过载保护、非线性测量、系统自检、自学习等功能。

(2) 可实现数据处理、改善测量精度、信号再加工、数字滤波、复杂计算、非线性修正

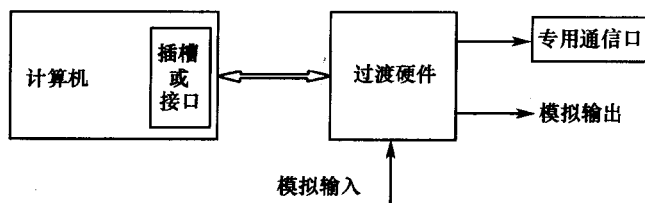


图 1.4 微机扩展式检测系统基本结构

等功能。

- (3) 具有功能多样性、功能可增可减可扩展的特性。
- (4) 灵活性好,兼容性好。
- (5) 方便实现各种通用接口,如 RS-232 接口、GP-IB 接口、USB 接口、红外接口等。
- (6) 可利用互联网等公共网络进行仪器联网实现远程测量。
- (7) 方便实现无人测量,减少人工劳动。

1.3 嵌入式系统的概念

嵌入式系统(Embedded System)是一个形象化的概念,它是计算机技术发展 to 一定程度时形成的。早期的计算机因造价较高,为了不浪费资源,人们在使用时尽可能地让计算机完成更多的任务,尤其是在很多民用场合,用计算机组成的检测及控制系统与计算机本身相比处于从属地位。随着微电子技术的发展,计算机发生了两大变化:其一是价格变得很低,其二是体积变得很小。计算机在全球范围内得到了较大的普及,与此同时涌现出了大量的价格较低的单片计算机。人们在设计许多应用系统时把计算机作为一个部件来使用,有的系统甚至包含多个这样的部件,就好像将计算机嵌入到用户系统中一样,因而产生了嵌入式系统的概念。例如,比较高级一点的汽车,燃料喷射系统、空调系统、音响部分、ABS 系统、卫星定位系统、安全气囊系统等多处都用到单片计算机。一个非常形象而典型的嵌入式系统就是智能人工心脏,如图 1.5 所示。

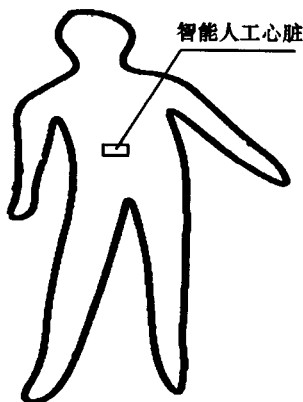


图 1.5 一个典型的嵌入式系统

1.4 智能单元的选择

智能单元包括电脑(Computer)、可编程控制器(PLC)、单片机(μ P)、信号处理机(DSP)等,它是智能检测系统的核心。智能单元的选择应根据实际情况来决定。一个大型的智能检测系统可能要包括多种多个智能单元;对于一个小型的智能检测系统来讲,一般只用其中之一就够了。

Computer一般指一个完整的电脑系统,包括基本输入输出设备及常用外围设备,具有完善的操作系统。它适合于用作系统管理,通常处在用户的最上层。如果是大型的检测系统,也可将 Computer 放置在系统的底层或中间层。Computer 的选型应根据系统可靠性要求决定。

PLC 是为工业测控专门设计的高可靠产品,其功能没有 Computer 那么强大,但也具有基本的大众化操作系统,它适合于中规模的现场检测及控制。用 PLC 设计的系统便于更改和维护,相应的造价也不低。

μ P 就是在一块芯片上集成了 CPU、RAM、ROM、时钟、定时/计数器、串行、并行 I/O 口等的微型计算机,有的 μ P 甚至包括 A/D、D/A、模拟比较器、脉宽调制器、USB 口等,由于其功能日趋增多,称之为微控制器比单片机更准确。 μ P 价格比较低廉,有的只有几元人民币,非常适合于开发各种产品、部件及中小型系统。同时 μ P 知识在工程技术人员中也较普及,本文在讲解内容时所用到的智能单元以 μ P 为主。

DSP 是一种强化速度的 μ P,主要用于信号处理及其它高速要求的场合。与单片机相比,DSP 器件具有较高的集成度、更快的 CPU 及更大容量的存储器。DSP 器件采用改进的哈佛结构,具有独立的程序和数据空间,允许同时存取程序和数据。内置高速的硬件乘法器、增强的多级流水线,使 DSP 器件具有高速的数据运算能力。DSP 器件指令执行时间比 16 位单片机快 8 倍~10 倍,完成一次乘运算的时间比单片机快 16 倍~30 倍。DSP 器件还提供了高度专业化的指令集,提高了 FFT 快速傅里叶变换和数字滤波的运算速度。但 DSP 目前价格要高一些,在满足速度要求的情况下设计者首选还是单片机。

1.5 两种典型的单片机

一、C8051F020/21 单片机

C8051F02X 是美国 Silabs 公司 F 系列单片机之一。Silabs 公司研制 μ P 产品起点较高,在产品结构上具有许多闪光点。F 系列单片机有着极符合人性的一些特点,从这些特点可以很明显地看出该公司的研制人员中具有绝对内行的 μ P 使用专家。虽然产品在可靠性方面还存在一些小问题,但该公司对产品的改进和更新比较迅速,使用者还是认可的。在需要 A/D、D/A、比较器、多端口、多中断等的场合使用 F02X 单片机是比较合适的,图 1.6 是 F020 的内部结构示意图。下面是该款单片机的一些特性。

(1) 12 位 A/D:

- 可编程转换速率最大 100kb/s;

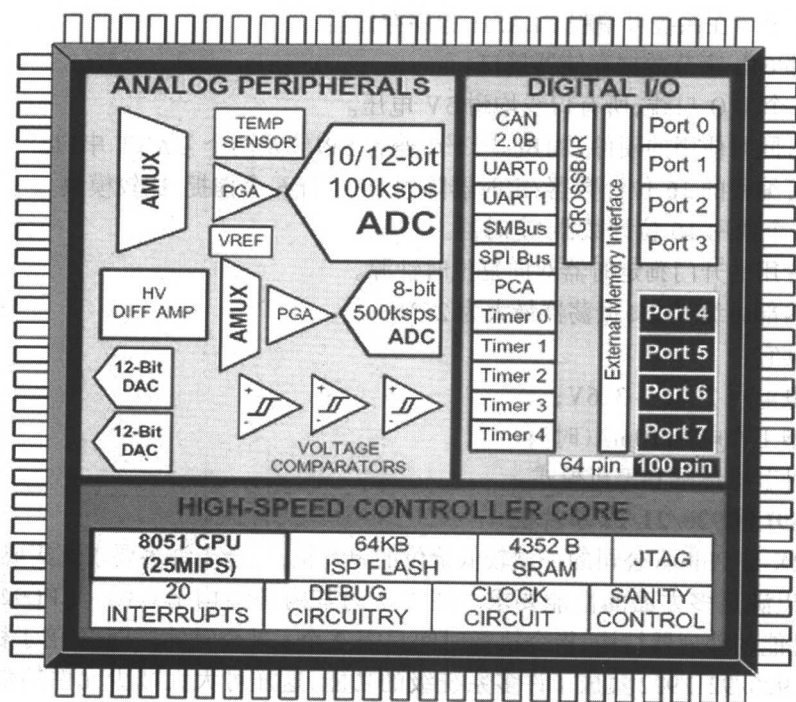


图 1.6 C8051F02X 单片机内部结构示意图

- 12 个外部输入可编程为单端输入或差分输入；
 - 可编程放大器增益 16,8,4,2,1,0.5；
 - 内置温度传感器；
 - 16 种增益设置从 0.05 至 16。
- (2) 8 位 A/D:
- 可编程转换速率最大 500kb/s；
 - 8 个外部输入可编程为单端输入或差分输入；
 - 可编程放大器增益 4,2,1,0.5。
- (3) 两个 12 位 D/A。
- (4) 3 个模拟比较器。
- (5) 内部电压基准。
- (6) 精确的 VDD 监视器和降压检测器。
- (7) 片内 JTAG 调试和边界扫描：
- 片内 JTAG 调试电路提供全速非侵入式的在系统调试无需仿真器；
 - 支持断点单步观察点堆栈监视器程序跟踪存储器；
 - 支持观察/修改存储器和寄存器；
 - 比使用仿真芯片目标仿真头和仿真插座的仿真系统有更好的性能；
 - 完全符合 IEEE1149.1 边界扫描标准。
- (8) 高速 8051 微控制器内核：
- 4352 字节内部数据 RAM 256b + 4kb；

- 64k 字节在系统可编程 FLASH 程序存储器;
 - 外部 64k 字节数据存储器接口。
- (9) 64 个 I/O 口线,所有口线均耐 5V 电压。
- (10) 可同时使用的硬件 SMBus™ I²C 兼容 SPI™及两个 UART 串口。
- (11) 可编程的 16 位计数器/定时器阵列 PCA 有 6 个捕捉/比较模块。
- (12) 5 个通用 16 位计数器/定时器。
- (13) 专用的开门狗定时器双向复位时钟源。
- (14) 内部可编程 2% 振荡器最大为 25MHz。
- (15) 其它:
- 供电电压 2.7V ~ 3.6V;
 - 典型工作电流 10mA(时);
 - 多种节电休眠和停机模式。

二、P89LPC920/21/22 单片机

LPC92X 是 Philips 公司的一款较低价位的单片机,适合于许多要求高集成度、低成本的情况,可以满足多方面的性能要求。图 1.7 为其内部结构示意图。LPC920/921/922 采用了高性能的处理器结构,指令执行时间只需 2 个 ~ 4 个时钟周期,6 倍于标准 80C51 器件。LPC920/921/922 集成了许多系统级的功能,这样可大大减少元件的数目和电路板面积并降低系统的成本。其主要特性如下。

(1) 当操作频率为 12MHz 时,除乘法和除法指令外,高速 CPU 的指令执行时间为 167ns ~ 333ns。同一时钟频率下,其速度为标准 80C51 器件的 6 倍。只需要较低的时钟频率即可达到同样的性能,这样无疑降低了功耗和 EMI。

(2) 操作电压范围为 2.4V ~ 3.6V。I/O 口可承受 5V(可上拉或驱动到 5.5V)。

(3) 4KB/8KB Flash 程序存储器,具有 1KB 可擦除扇区和 64 字节可擦除页规格,可擦除单个字节。

(4) 2 个 16 位定时/计数器,每一个定时器均可设置为溢出时触发相应端口输出或作为 PWM 输出。

(5) 2 个模拟比较器,可选择输入和参考源。

(6) 增强型 UART。具有波特率发生器、间隔检测、帧错误检测、自动地址识别和通用的中断功能。

(7) 400kHz 字节宽度的 I²C 通信端口。

(8) 8 个键盘中断输入,另加 2 路外部中断输入。

(9) 看门狗定时器具有片内独立振荡器,无需外接元件。看门狗定时器溢出时间有 8 种选择。

(10) 端口“输入模式匹配”检测。当 P0 口管脚的值与一个可编程的模式匹配或者不匹配时,可产生一个中断。

(11) 施密特触发端口输入。

(12) 最少 15 个 I/O 口,选择片内振荡和片内复位时可多达 18 个 I/O 口。

(13) 串行 Flash 编程可实现简单的在电路编程。Flash 保密位可防止程序被读出。

(14) Flash 程序存储器可实现在应用中编程。这允许在程序运行时改变代码。

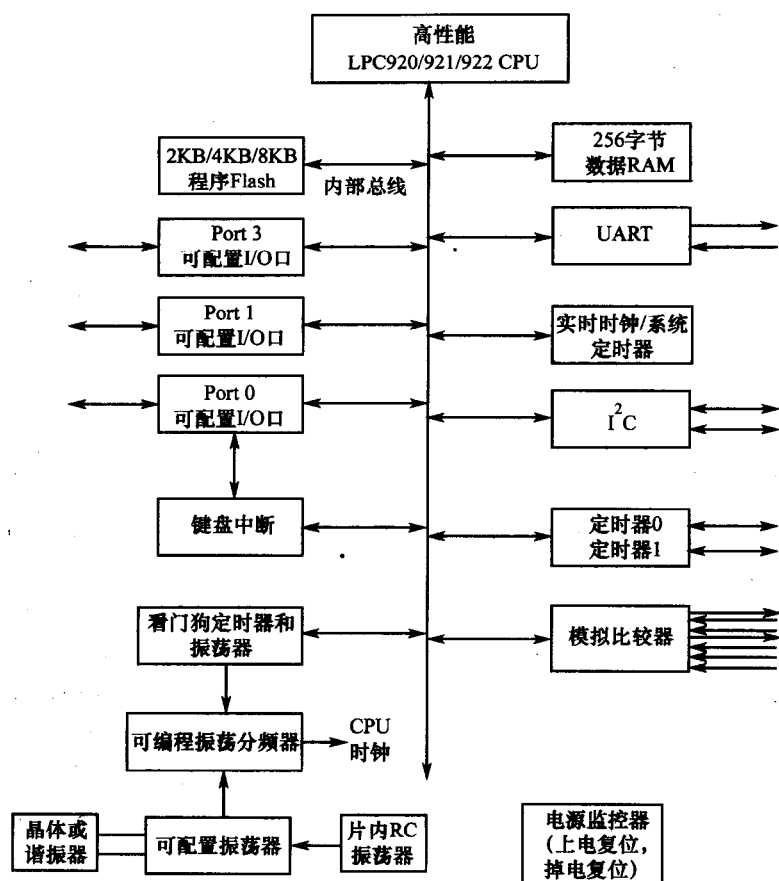


图 1.7 LPC920/921/922 的内部结构

(15) 空闲和两种不同的掉电节电模式。提供从掉电模式中唤醒功能(低电平中断输入唤醒)。典型的掉电电流为 $1\mu\text{A}$ (比较器关闭时的完全掉电状态)。

1.6 在系调试及编程的概念

传统的单片机系统开发过程是这样的:先用仿真法或试探法调试用户程序,再用写入器将程序固化在芯片中,然后才能焊接或装配产品。随着嵌入式技术的发展,使用了Flash等技术作为程序或数据存储器的单片机越来越多,直接在用户板上调试并固化程序是众望所归,这就是所谓的在系调试和在系编程,在系编程又称ISP(In System Programming)。

目前较流行的在系调试及编程是非侵入式边界扫描技术(Joint Test Action Group, JTAG)。JTAG是1985年制定的检测PCB和IC芯片的一个标准,1990年被修改后成为IEEE的一个标准,即IEEE1149.1-1990。通过这个标准,可对具有JTAG口芯片的硬件电路进行边界扫描和故障检测。具有JTAG口的芯片都有如下JTAG引脚定义:

TCK——测试时钟输入;

TDI——测试数据输入,数据通过 TDI 输入 JTAG 口;

TDO——测试数据输出,数据通过 TDO 从 JTAG 口输出;

TMS——测试模式选择,TMS 用来设置 JTAG 口处于某种特定的测试模式。

上述 Silabs 公司的单片机几乎都具有 JTAG 接口,通过 JTAG 既可以在系调试也可以在系编程,给用户带来极大的方便。

有的单片机虽然没有 JTAG 口,但在出厂时在 Flash 中固化了一部分可对 Flash 进行修改的系统程序,允许用户通过单片机本身的串口(TXD、RXD)调用该程序对 Flash 进行改写,从而实现 ISP 功能,尽管不能实现在系调试也极大地方便了研发人员。例如 Philips 公司的 P89LPC92X 单片机就有此功能。

1.7 一种流行的单片机开发软件

单片机的发展越来越迅速,表现在其速度在不断提高,片上 RAM 在不断加大,片上 PROM(包括 EEPROM、OTPROM、FLASHROM 等)不断加大,这使得利用高级语言开发单片机程序变得切实可行。事实上,近年来完全用汇编语言开发单片机程序的人越来越少,用于 51 系列单片机开发的比较流行的高级语言是 C51,在这方面贡献最大的是 Keil 公司。

Keil 软件公司的 8051 单片机软件开发工具可用于众多的 8051 派生器件以实现嵌入式应用开发,其工具清单包括:C51 优化 C 编译器,A51 宏汇编器,8051 工具连接器目标文件转换器库管理器,具有 PC 机源程序调试器、模拟器、仿真器等功能的集成开发环境,8051 开发工具套件等。

使用 Keil 的开发工具时,其项目开发周期和任何软件开发项目大致一样,其步骤为:①创建 C 或汇编语言的源程序;②编译或汇编源文件;③纠正源文件中的错误;④从编译器和汇编器连接目标文件;⑤测试连接的应用程序。

为了节省学习时间提高产品开发效率,单片机使用者往往希望用同一种开发软件开发出更多的产品。Keil 公司真是迎合了使用者的愿望,Keil 的软件库几乎包括了所有的单片机厂家的产品调试驱动软件,这同时也节省了单片机生产厂为其产品研制开发手段的时间。事实上,目前用单片机生产厂提供的开发软件开发产品的人越来越少,厂家只需做开发用的适配器和评估测试板就可以了,厂家还需做的一件重要的事情就是每开发成功一款产品先将 C51 套件所需的资料递交 Keil 公司。

对于一个已有一点单片机使用和 C 编程经历的人来讲,使用 C51 并非难事。C51 的基本语句和程序结构和 C 完全相同,它其实是 C 的扩展,扩展部分包括:数据类型、存储器类型、存储器模型、中断函数、实时操作系统、C51 和 A51 源文件接口等。

例如在数据声明时,语句“sbit sda = P2^7;”表示定义 sda 为 P2.7;语句“sfr16 ADC = 0x00be;”表示 ADC 的地址为 00beH;语句“unsigned char data txd[21];”表示 txd[21]为在内部 RAM 寻址的单字节数组;语句“unsigned int xdata me;”表示 me 为在外部 RAM 寻址的整形数;语句“unsigned char code product_number_at_0x1c00;”表示 product_number 这个变量在程序代码区的 1c00H 地址。

再如在选择编译模型时,可选择 SMALL、COMPACT、LARGE 等 3 种模型:

SMALL 模型中,所有变量都默认位于 8051 内部数据存储器,这和使用 data 指定存储器类型的方式一样,此模型对于变量访问的效率很高,但所有的数据对象和堆栈必须适合内部 RAM;

COMPACT 模型中,所有变量都默认在外部数据存储器的一页内,这和使用 pdata 指定存储器类型一样,该存储器类型适用于变量不超过 256 个字节,此限制是由寻址方式所决定的,该存储器模型的效率低于 SMALL 模型对变量访问的速度要慢一些;

LARGE 模型中,所有变量都默认位于外部数据存储器,这和使用 xdata 指定存储器类型一样,该存储器类型使用数据指针 DPTR 进行寻址效率较低,特别是当变量为 2 个字节或更多字节时,该模型的数据访问比 SMALL 和 COMPACT 产生更多的代码。

图 1.8 为 Keil - C51 显示界面之一,系统的编辑、模拟仿真、实时仿真都由一个组合软件完成,借助于系统的“帮助”较容易上手,这里不再赘述。

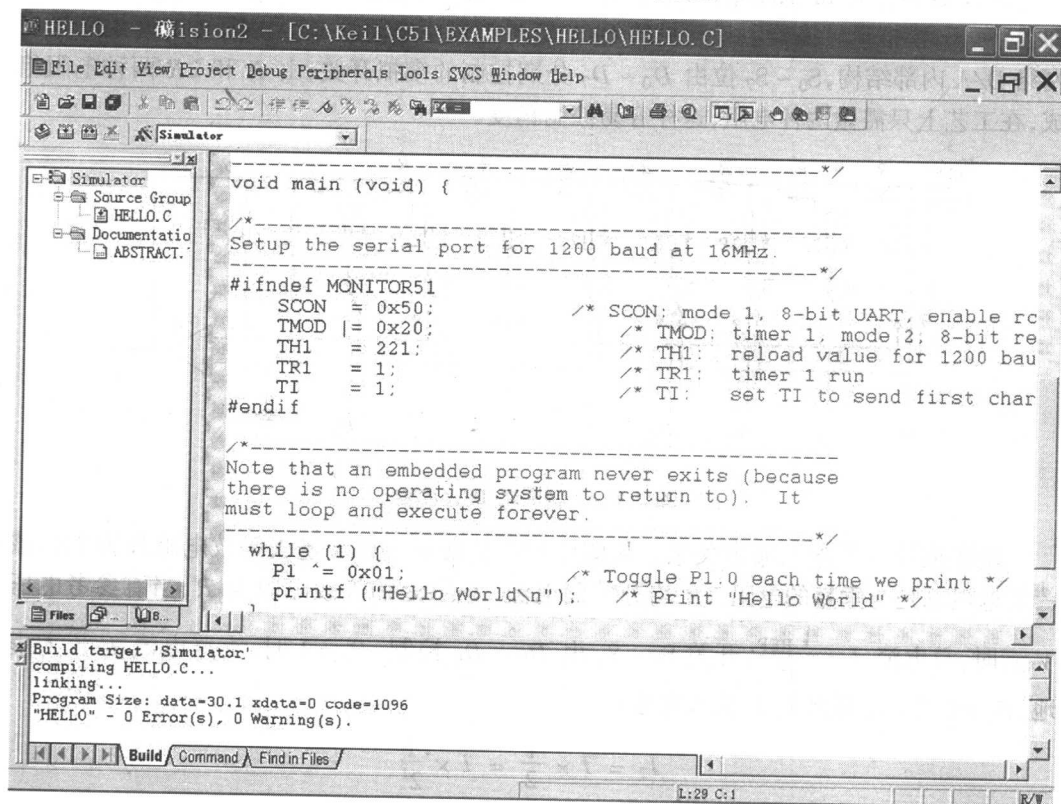


图 1.8 Keil - C51 的编辑界面举例