



西安交通大学 本科“十三五”规划教材

普通高等教育仪器类专业“十三五”规划教材

智能仪器电路设计

毕宏彦 徐光华 梁 霖 刘方华 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

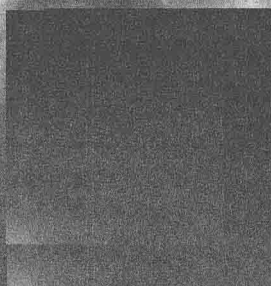


西安交通大学 本科“十三五”规划教材

普通高等教育仪器类专业“十三五”规划教材

智能仪器电路设计

毕宏彦 徐光华 梁 霖 刘方华 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书系统阐述了智能仪器的电路设计技术,包括仪器的处理器(8051 单片机和 STM32 单片机原理与接口技术),通信技术(USB,RS-232C,RS-485,CAN 总线等常用通信方法的原理和接口技术),数据采集技术(信号处理(滤波、放大)电路、信号隔离与选通技术、D/A 转换技术、A/D 转换技术等),人机交互技术(仪器的键盘、显示器(数码管、液晶屏等)的接口电路设计技术),以及智能仪器设计实例(以铁轨参数检测仪设计开发为例,介绍了智能仪器的设计开发流程及每个环节的工作内容)。

本书既可作为测控仪器专业本科生教材使用,也可作为研究生和本科生学习仪器设计的参考书。本书有大量的图表资料,也可以作为现场技术人员的工具书使用。

图书在版编目(CIP)数据

智能仪器电路设计/毕宏彦等编著. —西安:西安交通大学出版社,2017.2

ISBN 978-7-5605-9416-3

I. ①智… II. ①毕… III. ①智能仪器—电路设计
IV. ①TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 027474 号

书 名 智能仪器电路设计
编 著 毕宏彦 徐光华 梁霖 刘方华
责任编辑 屈晓燕 季苏平

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16 印张 17.625 字数 429 千字
版次印次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-9416-3
定 价 40.00 元

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82669097 QQ8377981

读者信箱:lg_book@163.com

版权所有 侵权必究

前 言

本书系“十三五”规划教材,是根据测控仪器专业本科生教学需要编写的。随着计算机在仪器领域的广泛应用,基于计算机处理器的智能仪器技术在飞速发展。本书就是适应这一发展趋势,为广大学生和仪器专业技术人员编写的。本书系统阐述了智能仪器的电路设计技术,包括仪器的处理器、通信技术、数据采集技术、人机交互技术、智能仪器设计实例等。在编写中力求知识新颖,实用性强。本书既可作为测控仪器专业本科生教材使用,也可作为研究生和本科生学习仪器设计的参考书。本书有大量的图表资料,也可以作为现场技术人员的工具书使用。

本书分为两部分,第 I 部分是教材,第 II 部分是实验指导书。

本书第 1 章是智能仪器概述;第 2 章学习智能仪器常用的 8 位和 32 位处理器,重点学习 8051 单片机和 STM32 单片机;第 3 章学习智能仪器通信技术,包括 USB、RS-232C、RS-485、CAN 总线等常用通信方法的原理和接口技术;第 4 章学习数据采集技术,包括信号处理(滤波、放大)电路、信号隔离与选通技术、D/A 转换技术和 A/D 转换技术等;第 5 章学习人机交互技术,包括仪器的键盘、显示器(数码管、液晶屏等)的接口电路设计技术;第 6 章是智能仪器设计实例,以铁轨参数检测仪设计开发为例,介绍了智能仪器的设计开发流程及每个环节的工作内容。

结合教材内容,实验指导书共设计了基于 8051 单片机的 10 个实验,包括并行接口的存储器读写实验、I²C 串行接口的存储器读写实验、RS-232C 通信实验、键盘输入实验、液晶图形与字符显示实验、开关量输入与输出实验、定时器/计数器实验、用 ADC0809 进行 A/D 转换数据采集实验、用 V/F 变换方法进行 A/D 转换数据采集实验、海量数据存储与保存实验等。

本书内容丰富,资料翔实,既可以作为专业课教材,也可以供广大技术人员参考使用。

本书第 1, 2, 5 章由毕宏彦教授编写;第 3 章由徐光华教授编写;第 4 章由梁霖副教授编写;第 6 章由刘方华高级工程师编写。实验指导书由毕宏彦和研究生张坤、路静、梅燕编写。研究生杨俊、胡江参加了本书图幅的编辑整理工作。全书由毕宏彦统稿。

西安交通大学教务处、西安交通大学机械工程学院、西安交通大学出版社和该出版社的屈晓燕老师对本书的立项、编审、出版给予了热忱帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

本书错误和疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

西安交通大学
《智能仪器电路设计》编写组
2016.8

目 录

第 I 部分 智能仪器电路设计教材

第 1 章 智能仪器概述	(3)
1.1 仪器分类及其特点	(3)
1.2 智能仪器电路结构	(6)
1.3 智能仪器的智能单元	(7)
1.4 智能仪器外围电路设计	(8)
1.5 智能仪器的发展方向	(8)
第 2 章 智能仪器的处理器	(9)
2.1 单片机概述	(9)
2.2 8051 单片机	(13)
2.3 C8051F 系列与 STC 系列多功能 8 位单片机	(39)
2.4 STM 系列单片机	(44)
2.5 STM32 软件开发	(65)
2.6 STM8 系列单片机	(72)
思考题与习题	(78)
第 3 章 智能仪器常用通信技术	(79)
3.1 USB 接口	(79)
3.2 RS-232C 接口	(93)
3.3 RS-423A/422A/485 接口	(102)
3.4 CAN 总线接口	(107)
3.5 计算机通信小结	(110)
思考题与习题	(111)
第 4 章 数据采集技术	(112)
4.1 集成运算放大器与信号调理	(112)
4.2 采样保持电路	(121)
4.3 采样偏差的校正技术	(122)
4.4 信号隔离与选通技术	(125)
4.5 数据采集中的抗干扰技术	(128)

4.6 D/A 转换技术与应用电路	(134)
4.7 A/D 转换技术与应用电路	(148)
思考题与习题	(174)
第 5 章 仪器的人机交互部件	(176)
5.1 仪器的键盘	(176)
5.2 数码管 LED 常用接口电路	(180)
5.3 液晶显示器常用接口电路	(188)
5.4 声响器件接口电路	(210)
思考题与习题	(211)
第 6 章 智能仪器设计实例	(212)
6.1 智能仪器设计开发流程	(212)
6.2 铁轨参数检测仪功能要求与方案设计	(214)
6.3 铁轨参数检测仪机械结构与电路设计	(215)
6.4 铁轨参数检测仪软件设计	(232)
6.5 上位机数据分析系统应用软件的编写	(239)
6.6 现场软硬件统调及实测数据分析	(242)
6.7 设计总结与资料整理	(244)
思考题与习题	(246)

第 II 部分 智能仪器电路设计实验指导书

实验 1 并行接口的存储器读写实验	(249)
实验 2 I ² C 串行接口的存储器读写实验	(252)
实验 3 RS-232C 通信实验	(254)
实验 4 键盘输入实验	(258)
实验 5 液晶图形与字符显示实验	(261)
实验 6 开关量输入与输出实验	(264)
实验 7 定时器/计数器中断实验	(266)
实验 8 用 ADC0809 进行 A/D 转换实验	(268)
实验 9 用 V/F 变换方法进行 A/D 转换数据采集实验	(270)
实验 10 海量数据存储与保存实验	(272)
参考文献	(275)

第 I 部分

智能仪器电路设计教材

第 1 章 智能仪器概述

仪器是人们对具有特定功能的精密机器或小型机器的称谓,主要用于实现机械量、几何量、电磁量、光学量、化学量等物理量的检测、计量、分析、控制、存储、显示、记录等功能。机械量主要有速度、加速度、应力、应变、压力、真空度、温度、湿度、声音、噪声、振动、转动速度、转动惯量、流量、流速等;几何量主要有长度、方向、位置等;电磁量主要有电压、电流、电场强度、磁场强度、电信号的幅频特性等;光学量主要有光信号的强度、色度、波长等;化学量主要有化学成分、离子浓度、反应方向、反应速度、反应中的热效应、熵、焓等。例如,用于测定方向与位置的经纬仪,用于航空航天航海的各种导航仪,办公用的扫描仪、绘图仪、投影仪,各种光学显微镜、电子显微镜、普通望远镜、射电望远镜,各种医用分析仪器、各种治疗仪等,品种繁多,不胜枚举。这些仪器广泛应用于工业、农业、科研、国防、医疗、教育等领域,成为人们探索自然、改造自然必不可少的工具,在生产、生活与科研中发挥着重要作用。

仪器是人们在生产实践中创造出来的,是随着生产实践的发展而发展的。随着生产水平的提高和科学技术的进步,人们不断地创造出品种更多、功能更强的仪器。尤其是随着计算机芯片在仪器中的使用,仪器的性能发生了质的飞跃,从机械和电子逻辑电路的仪器发展到了智能仪器,能够智能化地处理相关的事务,其程序内可以植入各种智能理论和算法,能够实现更加复杂的功能。

智能仪器的设计涉及到机械结构、电路、程序、智能理论与算法等多个知识领域,每个领域都有丰富的可以自成一体的学科体系,本课程主要学习智能仪器电路的设计技术。

1.1 仪器分类及其特点

仪器分类方法有多种,有根据用途来分类的,有根据结构和机电性能特点来分类的。

1.1.1 根据用途分类

根据用途分类,主要有下面各类仪器仪表。

1. 工业仪器仪表

工业仪器仪表是用来对工业生产过程进行检测和控制的仪器仪表。它主要包括检测仪表、显示仪表、调节控制仪表和执行器四大部分。工业仪器仪表在工业生产中起到了不可估量的作用,过去一些人工很难完成的工作,今天已经由仪器掌控,完美实现。

2. 科学测试分析仪器

测试分析仪器是用来测定分析物质成分、化学结构的仪器仪表。空气、水、土壤和岩石等物质到底是由什么组成的,这些都可以通过各类测试分析仪器搞个明白。一条金项链是真还是假,一测便知。目前,测试分析仪器种类繁多,如电化学式分析仪器、光学式分析仪器、热学

式分析仪器、物性分析仪器以及质谱仪、波谱仪、色谱仪等。

3. 电子测量仪器

电子测量仪器是用来测量电压、电流、电阻、电容、电感、相位、频率、功率等电特性的测量仪器,包括各种电阻电感电容测试仪、晶体管特性图示仪、通用示波器、频谱分析仪、数字电压表、逻辑分析仪、功率表等等。

4. 医用仪器仪表

医用仪器仪表是实现医学诊断、治疗、监护的专用仪器仪表,包括各种体温计、血压计、肺功能机、心电图机、脑电图机、生化分析仪器、各种监护设备、透视照相设备等等。

5. 航天航空仪器仪表

航天航空仪器仪表包括人造卫星、宇宙飞船、火箭及各种飞行器使用的控制、制导、操纵运行的仪表,还包括各种航空基地使用的专用仪器仪表和遥感仪器。随着航空航天事业的发展,人们不仅在地球上旅行变成了非常简单的事,而且还登上了月球,并已揭开了金星的神秘面纱。航天飞机在茫茫宇宙中飞行,正在探索太空新的秘密。

6. 航海航船仪器仪表

在浩瀚的大海中,轮船的安全航行离不开仪器仪表,我国古代发明的指南针,就是航海中最古老的仪表。现在航海船舶仪器仪表已今非昔比,船舰用上了自动驾驶仪、无线电导航仪,其他还有方位仪、计程仪、测深仪、雷达系统等等。

另外,现代仪器仪表还包括各种标准计量仪器、环境保护仪器、海洋仪器仪表、天文仪器仪表、气象仪器仪表、地质勘探仪器仪表、车辆交通仪器仪表、农业专用仪器仪表等等,真可谓门类众多,数不胜数。

1.1.2 根据仪器构造和机电性能特征分类

根据仪器构造和机电性能特点,可以将仪器分为机械式仪器和电子仪器,电子仪器又可分为智能仪器和普通电子仪器。其分类见图 1.1.1。

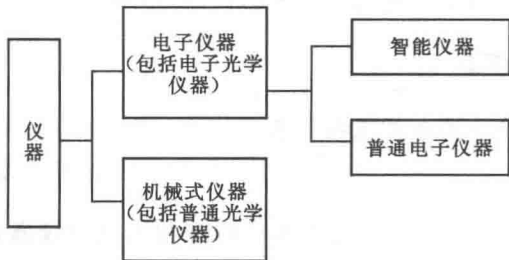


图 1.1.1 仪器分类

1. 机械式仪器

机械式仪器是单纯由机械部件组成的仪器,也包括普通光学仪器。在电器元件问世之前的几千年,人类所发明的仪器都是机械式仪器。它们大多数具有精密的机械结构,在科研与生

产中发挥了重要作用。例如,我国古代科学家张衡发明的候风地动仪,就成功地测报了多次地震,有些地震发生在很远的地方,也测到了其方位与大小,代表了世界上当时地震研究的最高水平。现在仍有许多机械工程师在研究机械式仪器,并取得了举世瞩目的成就。小的机械式仪器有听诊器、血压计、水平仪、经纬仪、机械钟等;大的机械式仪器有枪弹检测器,一台高射机枪子弹检测器占地 20m^2 ,重达 5t ,结构复杂精巧,价值数百万元。有些机械式仪器有相当高的精度,可以实现相当复杂的功能。例如,西安交通大学林超江教授主持研究的用于热电厂发电机汽机水位自动调节的汽液两相流水位计,在全国各热电厂推广使用以来,节能效果显著,取得了巨大的社会效益。各种精密复杂的机械式仪器还在不断发展之中。

2. 电子仪器

电子仪器是由电子元件和软件实现其功能的仪器,也包括电子光学仪器。电子仪器是种类最多,功能最复杂,发展最快的仪器。电子仪器分为普通电子仪器和智能仪器两大类。

1) 普通电子仪器

普通电子仪器具有以下特点:

- (1) 机械结构比较复杂精巧,没有智能单元。
- (2) 信息显示方式比较简单,指针式或者指示灯显示。
- (3) 功能比较单一。
- (4) 内部电路一般是模拟电路或者数字逻辑电路。
- (5) 没有运算和通信功能。

例如万用电表、电流表、电压表、电度表、兆欧表、普通示波器、各种电测仪器等。普通电子仪器精度较高,价格低,用量大。

2) 智能仪器

智能仪器带有微处理器,通常由机械结构、电路硬件和程序软件三部分组成。硬件是智能仪器的电路基础,针对不同的检测控制要求,采用不同的电路可以组成各种功能的智能仪器仪表。硬件通常由主机电路、信息输入输出接口、人机交互部件、电源等组成,而主机电路通常是由微处理器 CPU、只读存储器 ROM、读写存储器 RAM、输入输出接口和定时计数电路等组成,或者它本身就是一个集多种功能于一身的单片机。软件包括一系列程序,主要有监控程序、中断处理程序及实现各种算法的分析与控制程序。监控程序是仪器仪表软件的核心,它接受和分析各种命令,并管理和协调整个程序的执行。中断处理程序是在人机交互部件或其他外围设备提出中断申请时,主机响应后直接转去执行的程序,以便进行实时任务处理。控制运算程序用来实现智能仪器仪表的数据处理和**控制功能。

正是上述硬件和软件的融合,使得智能仪器仪表具有了“智能”。智能仪器仪表的出现,使得仪器仪表的发展产生了一个新的飞跃。第一片微处理器出现的 1971 年,美国 Booton 公司就开始研制带微处理器的仪器。到 1973 年便研制出 76A 型电容电桥,成为第一台采用微处理器的智能仪器仪表。20 世纪 80 年代以来,智能仪器仪表的发展极为迅速,日新月异。它遍及各类电桥、数字电压表、示波器等许多测量仪器中。微处理器与传感器相结合,出现了智能传感器。智能控制仪表已从简单的 PID(比例、积分、微分)调节发展到各种最优控制,如自适应控制、模糊控制、专家系统、人工智能等等。特别是在分析仪器中,已广泛实现了智能化。例

如美国生产的 MAT—331 高分辨率质谱仪,其内部存有 3.3 万张质谱图,该仪器就像一名熟练的化学家。智能仪器仪表广泛应用于科学技术领域、工业检测控制、广播通信电视、医疗卫生、环境保护等各行各业,智能仪器仪表正在向着微型化、集成化、多功能化的方向发展。

当然,智能仪器的发展与智能理论的发展是相互促进的,智能理论有着丰富的知识可以作为独立的一个知识领域去研究,多年来有许多人围绕智能理论和技术进行研究和探索,获得了诸多成果,建立了庞大的智能理论体系,包括推理理论、学习理论、控制理论、自然语言理解、图像识别与处理等。有许多人工智能和机器智能的著述出版发行。

概括地说,智能仪器是带有智能单元和监控分析程序的电子仪器,也包括带有智能单元的光学仪器,例如电子显微镜、生化分析仪、各类色谱仪等。智能仪器是对传统仪器的继承和发展。随着生产实践和科学技术的发展,人们对仪器提出了更多的功能要求,智能化就是最重要的一条。人们不断地开发出新的、功能强大的、智能化的仪器。智能仪器的基本特点如下:

(1)有智能单元——各种类型的计算机处理器(CPU)。

(2)有传感器信息采集单元。

(3)有功能强大的软件和目标模式库,有自学习能力,可以自动建模,可以进行各种分析判断;能进行复杂的模拟信号处理与数字信号处理(带通滤波、数字滤波,模式识别,新建模式,数值计算、分析、判断、存储)。

(4)信息显示方式多样化(LED 显示,LCD 显示,CRT 显示)。

(5)一般具有数字通信功能。

(6)一般具有控制功能。

(7)有些具有遥测、遥信、遥控功能。

根据功能要求,不同的智能仪器采用不同的计算机芯片。大型复杂仪器用高档微型计算机作为智能单元。小型简单仪器根据需要选用各种单片微型计算机(MCU),简称为单片机或微控制器。中等的采用数字信号处理器 DSP 或者用 ARM 处理器等作为智能单元。也有多处理器并用的复杂系统。由于智能仪器是将计算机系统嵌入到仪器中去,因此它也属于一种典型的嵌入式系统(Embedded System)。

本课程主要学习智能仪器电路的设计技术。在智能仪器设计中,根据仪器的功能要求,分为电路设计、结构与外观设计和软件设计三项内容。电路是仪器实现既定功能的基本载体之一,仪器的所有功能开发都是以电路和机械结构为基础的。而本书的主要内容是智能仪器的电路设计技术。

1.2 智能仪器电路结构

智能仪器电路通常由智能单元、信号选通与隔离电路、信号调理电路、模数转换器、存储器、输出锁存与驱动电路、显示器、键盘、网络接口与通信电路、电源电路等组成。有些仪器本身还带有传感器。智能仪器的电路结构如图 1.2.1 所示。

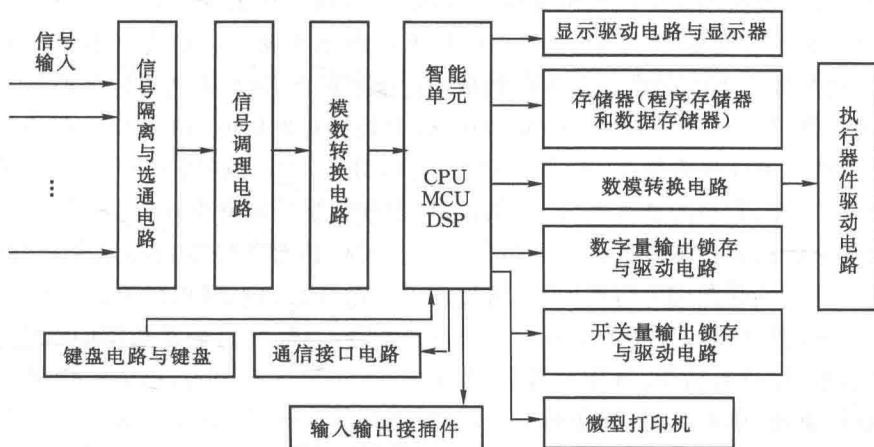


图 1.2.1 智能仪器结构框图

1.3 智能仪器的智能单元

智能单元是仪器的大脑和核心,对仪器的性能起着关键的作用。根据仪器的复杂程度和速度要求,可选用相应类型的计算机处理器。在选用处理器时,既要考虑其功能和速度指标,还要考虑产品开发的难易程度、开发工作量和开发效率。这些都与处理器有关,因此处理器的选择很重要。

对于要求速度快、运算量大、存储量大、功能复杂的仪器,最好选用 PC 机(微型计算机)作为其智能单元。这主要是考虑到 PC 计算机具有强大的运算能力和海量存储器以及极高的运算速度。再加上熟悉 PC 计算机的人员比较多,软件的开发比较方便,仪器的开发速度比较快。例如,现在各大医院普遍使用的人体器官与组织的扫描仪器 CT、彩超、核磁共振等仪器都是采用 PC 机作为智能单元的。这些仪器具有强大的对复杂图像进行分析处理的能力,对扫描过程能进行精密控制,对扫描信号的采集和处理具有极高的速度,以便尽量减少扫描时间,从而减少对人体的伤害。PC 机的学习,有多门专业课,本书不予陈述。

对于中等复杂程度的仪器,可以选用 32 位的 ARM、DSP 等处理器作为其智能单元。ARM 现在已经有多个版本,最新的版本是 V7,比 ARM11(V6)有更好的性能。本书在智能单元一章,将对基于 V7 架构的 ARM 芯片进行学习,重点学习近年来应用最火的 STM32 系列 ARM 芯片。

对于功能较为简单的仪器,选用 8 位单片机就可以了。8 位单片机品种繁多,技术进步日新月异,可以用百花齐放来形容。本书重点学习 8051 单片机和 STM8 单片机。在编排次序上,先安排学习资料最为丰富、应用最为广泛、架构最优秀的 8051 单片机,为单片机的学习打下一个基础,然后再学习 32 位的 STM32 单片机,最后学习由 STM32 化简而来的正在异军突起、应用日渐广泛的 8 位单片机 STM8。

处理器的选用原则是,在保证仪器性能的前提下,一定要选择开发软件与硬件环境好、性能优良、资料丰富、开发人员对其比较熟悉、能长期生产供货的处理器。

开发的软件环境指的是采用何种集成开发软件,目前应用最为广泛的单片机通用开发软件有 keil、IAP、南京伟福的 VW 等,有些单片机生产商还开发了针对自己单片机的开发软件平台,例如意法半导体 ST 公司的 STVD 就是针对他们的 STM8 系列单片机而推出的集成开发软件,Atmel 公司的 ICCAVR 和 Atmel Studio 就是针对他们的 AVR 单片机而推出的集成开发软件。这些开发软件安装在 PC 机上运行,可以进行 CPU 选择、程序的编写、编辑、修改、编译、目标代码下载、程序的仿真运行、断点设置、变量观察等各种操作。

程序的仿真运行包括了软件仿真和硬件仿真。软件仿真不需要目标电路板和处理器,只需要在软件中选定处理器即可仿真;硬件仿真需要有仿真器和电路板以及目标 CPU。不管进行软件仿真还是硬件仿真,程序的编写和编译仿真都是一样的,只要在选项中选定了 CPU,就会按照所选的 CPU 进行编译,从而生成针对所选 CPU 的目标代码,然后可以进行各种仿真操作,可以进行全速、单步、运行到光标、运行到断点等各种操作,可以在屏幕上看到各种变量的运行数据。对于数据采集和单片机通信等部分程序的仿真,软件仿真是无法进行的,只能在硬件仿真中进行。

考虑开发效率和产品将来的更新换代,在满足使用要求的情况下,要尽量选用资料丰富、开发环境好、有发展前途的处理器。如果选择了资料少、开发环境差,或者准备停产,或者已经停产的处理器,将是很大的失误。

1.4 智能仪器外围电路设计

在根据功能要求选定了处理器之后,就是外围电路设计和试验了。要根据仪器的功能要求,确定电路各个部分的元器件及其电路连接关系。元器件的选用也要尽量选用比较新颖、性能优良、有前途的元器件,不要选用已停产和将要停产的元器件。对所确定的元器件和电路,还要进行试验,看电路的动作能否满足要求。有些电路功能试验可以在试验板上焊接元件进行试验,不好在试验板上搭建电路的元件,只能设计制作印刷电路板 PCB,然后将元件焊在 PCB 上,进行试验。对电路的功能进行测试后,根据测试结果再进行电路修改,直到完善。

通常电路设计只有仪器开发总工作量的 20%~30%,智能仪器软件的设计开发则是仪器开发中工作量最大的部分,所有的内外端口处理、信息输入输出、数据采集、数字滤波、模式建立、模式识别、数据库、数据采集、通信等都要进行大量的软件开发和试验。

1.5 智能仪器的发展方向

21 世纪是科学技术高速发展的时期,智能仪器也会有快速的更新和发展,主要有以下特点:

(1) 仪器要有更快的工作速度,更高的检测精度和运算精度,更精密的机械结构,更好的输出控制功能。

(2) 功能更多,体积更小。

(3) 人机界面更好,更易于操作。

(4) 温度稳定性更好。

(5) 抗干扰、冲击、振动的能力更强。

(6) 实现网络化,具有更好的信息载体和信息共享的能力。

第 2 章 智能仪器的处理器

智能仪器的智能单元的核心部件是计算机处理器,大型复杂仪器宜用 PC 微机处理器,中小型仪器宜用各种类型的 8 位单片机和 32 位单片机 ARM 及 DSP。对于功能比较简单的仪器,其智能单元以 8 位单片机为主。对于功能比较复杂,速度要求比较高的仪器,要选用 32 位单片机 ARM 或者 DSP。由于 PC 机的专著很多,本书不予赘述。本章从基础部分学起,先学习最具代表性的 8 位单片机 8051 系列,再学习最具代表性的 32 位 ARM 单片机 STM32,最后简要学习功能强大的 8 位单片机 STM8S。

2.1 单片机概述

2.1.1 单片机特点

计算机是应数值计算要求而诞生的。长期以来,电子计算机技术都是为了满足海量高速数值计算要求而发展的。直到 20 世纪 70 年代,电子计算机在数字逻辑运算、推理、温度适用性、实际控制方面有了长足的进展后,在技术上才具备了进入实际工业控制现场的条件。工业控制现场对计算机的要求与普通计算机的性能有很大的不同,主要表现在以下方面:

(1)能对现场设备进行自动控制和人机交互的操作控制。

(2)能嵌入到便携式仪器仪表中去。

(3)能在工业现场环境中可靠运行。

(4)有强大的控制功能,对外部信息能及时捕捉,对控制对象能灵活地实时控制,有实现控制功能的指令系统,有强大的扩展能力等。

单片机正是适应这些要求而被开发出来的,它的出现,是计算机技术发展史上的一个重要事件,它是计算机从数值计算进入到智能化控制领域的标志。它既具有快速的运算处理能力,又有丰富灵活的接口,加上其单片集成,使其抗震动性能、抗电磁干扰的能力都比普通计算机好得多,单片机有唯一的专门为测控应用设计的体系结构与指令系统,因此,单片机广泛应用于生产过程控制、分布式控制、智能仪器仪表、嵌入式系统等。

由于单片机有专门为测控应用设计的体系结构与指令系统,它最能满足控制系统和智能仪器的应用要求,因此,它广泛地应用在中、小型工控领域和各类仪器仪表中,是电子系统智能化的重要工具。由于单片机技术的飞速发展,单片机的运行速度越来越高,性能越来越强大,在仪器系统中的应用更为广泛和灵活。

2.1.2 8 位单片机系列产品简介

在分布式控制系统和智能仪器仪表中,8 位单片机的应用很多,用量很大。早期的 8 位单片机产品主要有 Intel 公司的 8051 系列,Phlip 公司的 80C51 系列,Motorola 公司的 68xx 和 Zilog 公司的 Z8xx 系列。近年来以 8051 为基核的 51 系列单片机发展迅速,品种和功能大大

扩展,指令执行速度增长为原 8051 的数倍,被广泛应用。尤其是 ATMEL 公司的 89C5x, 89S5x 系列和 AVR 系列,Philip 公司的 OTPROM 系列,Winbond 公司的 W77Ex,W78Ex 系列,Silicon 公司的 C8051F 系列,ST 公司的 STM8 系列,Microchip 公司的 PIC 系列,深圳宏晶公司的 STC 系列单片机等都非常著名,其性价比高,销售量大。常用 8 位单片机产品见表 2.1.1。

表 2.1.1 8 位单片机主要产品

公司	型号	片内 RAM	片内 ROM	定时/计数器	监视定时器	并行 I/O	串行 I/O	A/D	D/A	DMA	中断
Phlip	P89C51RA2	512B	8KB	4×16b		4	UART				5
	P89C51RB2	512B	16KB	4×16b		4	UART				6
	P89C51RC2	512B	32KB	4×16b		4	UART				5
	P89C51RD2	1KB	64KB	4×16b		4	UART				6
Intel	80(C)31	128B	0KB	2		4	UART				5
	80(C)51	128B	4KB	2		4	UART				5
	80(C)52	256B	8KB	3×16b		4	UART				6
	80C51FA	256B	8KB	3×16b		4	UART				7
	80C51FB	256B	16KB	3×16b	有	4	UART	4×8b	有		7
	80C152JA	256B	8KB	2	有	5	UART			2	11
	80C152JB	256B	8KB	2		7	UART				11
Moto-rola	6801	128~192B	2~4KB	3			SIO				7
	68HC11	192~512B	4KB	4	有	4	UART	有	有		18
	6804/6805	32~176B	0.5~8KB	8		2~4	UART				2~5
	68HC05	96~176B	2~16KB	8	有	4	UART	有	有		
Zilog	Z86C71	236B	8KB	2×16b		3					8
	Z8800	272B	8~16KB	2×16b		3				有	7
Atmel	89C1052	128B	1KB	2×16b	有	2	UART				5
	89C2051	128B	2KB	2×16b	有	2	UART				5
	89C51	128B	4KB	2×16b	有	4	UART				5
	89C52	256B	8KB	3×16b	有	4	UART				6
	89C55	256B	20KB	3×16b	有	4	UART				6
	89C5115	512B	16KB	3×16b	有	3	UART				6
	89C51RB2	1280B	16KB	3×16b	有	4	UART				6
	89C51RC2	1280B	32KB	3×16b	有	4	UART				6
	89C51RD2	1280B	64KB	3×16b	有	4	UART				6
Win-bond	W78E516B	512B	64KB	3×16b		4	UART				6
	W78IE52	256B	64KB	3×16b	有	4+1/2	UART				8

续表

公司	型号	片内 RAM	片内 ROM	定时/ 计数器	监视 定时器	并行 I/O	串行 I/O	A/D	D/A	DMA	中断
Cygnal	C8051f020/021	4352B	64KB	5×16b	有	8(20/2)4	2×UART				22
	C8051f022/023	4352B	64KB	5×16b	有	(21/3)	2×UART	12b			22
	C8051F040/060	4352B	64KB	5×16b	有	8/7	CAN2.0B	10b	2×12b		22
	C8051F206	1024B	8KB	3×16b	有	4	SCI/SPI	12b	2×12b		21
	C8051F320/340	5376B	64KB	5×16b	有	4	USB2.0				22
各种专用单片机											
ST	STM8S103F3	1KB	8KB	3	有	3	3	10b			16
	STM8S105K6	1KB	32KB	4	有	5	3	10b			23
	STM8S207MB	2KB	128KB	5	有	7	4	10b			37
	STM8S208MB	2KB	128KB	5	有	7	5	10b			37
STC	STC89C51	256B	8KB	2	有	4	1				5
	STC12C5A60S2	1280B	60KB	4	有	5	3	10b			9
	STC15F2K60S2	2KB	60KB	4	有	5	3	10b			9
	STC15W4K56S4	4KB	56KB	5	有	5	3	10b			9
Micro- chip	PIC16F916	256B	14KB	2	有	4	1	10b			5
	PIC18F4685	3328B	96KB	3	有	4	1	10b			
	PIC18F66J16	3904B	96KB	3	有	4	1	10b			
	PIC18F87J11	3904B	128KB	3	有	8	2	10b			

目前,国内外公认的 8 位单片机标准体系结构是 Intel 的 8051 系列,由于其卓越的功能和丰富的指令系统,而得到了广泛的应用。全世界围绕 8051 所作的软件开发、仿真机开发、技术书籍、资料、教材和系统集成工作,超过了其他任何单片机。8051 系列拥有最多的硬件和软件开发资源,使得应用 8051 的产品或者系统,设计开发周期短,速度快,成本低,效率高。又由于 8051 系列大批量的生产供货,其综合成本大大降低,生产工艺更加成熟,使其芯片的质量得到很好的保证,并具有极低的价格。因此,采用 8051 开发的产品有较低的成本和高的可靠性,具有很强的市场竞争力。8051 已被多家计算机厂家作为基核,发展了许多兼容系列。尤其是 ATMEL 公司将 51 基核与 FLASH 存储器技术相结合,研制了功能更强的 51 系列单片机,风靡全球,为众多的设计开发人员所钟爱。其推出的 89C51RD 系列单片机,片内集成了从 8KB 到 64KB 的 FLASH 程序存储器和 1280B 的 RAM,其推出的 AVR-MEGA 系列单片机,片内集成了从 8KB 到 256KB 不等的程序存储器和 1024B 到 8KB 不等的 RAM,性能优异。尽管 ATMEL 公司在 2016 年被 MICROCHIP 公司收购了,但他们所开发的单片机还在继续生产。目前,由其开发生产的 MEGA2560 单片机,在世界范围内被大量应用于 3D 打印机控制器上,作为主控芯片使用。

美国 Sygana 公司和 Silicon 公司开发的 C8051F 系列单片机,更将 51 单片机的功能发展到了极至。内含可多路输入的 12 位 A/D 转换器和 12 位 D/A 转换器,输入信号可编程分级