

嵌入式技术与应用丛书

# 电子系统设计

## 面向嵌入式硬件电路

马洪连 吴振宇 主编  
马艳华 丁男 朱明 于成 编著

 中国工信出版集团

 电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

嵌入式技术与应用丛书

# 电子系统设计

## 面向嵌入式硬件电路

马洪连 吴振宇 主编  
马艳华 丁男 朱明 于成 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以培养会设计、能发展、具有创新精神和实践能力的创新型工程实践人才为目的，全面、系统地对嵌入式硬件电路设计技术，以及相关知识和应用实例进行介绍。通过本书的学习，读者能够初步了解并掌握嵌入式硬件电路设计的基本内容及实用技术。

全书共 10 章，主要内容包括嵌入式处理器和嵌入式系统简介、基本电路设计、系统前向通道检测与信息获取电路设计、人机交互接口电路设计、系统输出通道电路设计、通信接口电路设计、EDA 与可编程逻辑器件应用、基于 Altium Designer 电路原理图与 PCB 设计、Proteus 仿真技术应用，以及电子系统综合设计实例。各章配有相应的例题和参考练习题，可供教学选用。

本书适合作为高等院校嵌入式工程、物联网工程、电子信息工程、自动化、机电一体化等专业的教材，也可供相关工程设计人员在进行电子电路设计与制作时参考。

本书配有相关教学资料，读者可登录华信教育资源网（[www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn)）免费注册后下载。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电子系统设计：面向嵌入式硬件电路/马洪连，吴振宇主编. —北京：电子工业出版社，2018.7

(嵌入式技术与应用丛书)

ISBN 978-7-121-34612-5

I. ①电… II. ①马… ②吴… III. ①电子系统—系统设计 IV. ①TN02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 142619 号

策划编辑：田宏峰

责任编辑：田宏峰

印 刷：北京天宇星印刷厂

装 订：北京天宇星印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：17.5 字数：448 千字

版 次：2018 年 7 月第 1 版

印 次：2018 年 7 月第 1 次印刷

定 价：68.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

本书咨询联系方式：[tianhf@phei.com.cn](mailto:tianhf@phei.com.cn)。

# 前言

目前,国内高校 IT 相关专业的学生普遍存在一种软件编程能力较强、硬件设计能力弱的现象。随着社会对嵌入式系统、物联网工程,以及无线通信设备、智能仪器仪表和智能装置、工业自动化等设计人员需求的日益提高,社会急需能够独立进行现代电子系统设计,尤其是嵌入式硬件系统设计方面的人才。

本书从设计和实用的角度出发,首先从构成电子系统的核心部件和相关电路入手,介绍嵌入式处理器及系统的组成,以及常用电子电路的设计;然后讲述常用传感器及应用技术,系统前向通道的信号感知识别和调理电路,A/D 转换器,人机交互接口电路的组成与应用,系统后向输出执行电路,以及现代 EDA 工具,现代电子电路设计与虚拟仿真方面的知识;最后介绍电子系统的设计方法、设计步骤,并给出了典型的电子系统设计实例。本书具有如下特点:

(1) 本书系统全面,注重理论与实践相结合,针对专业性较强和学生缺乏感性认识的教学内容,辅以图、表、文等并用的教学手段,加深学生对电子系统设计的理解。

(2) 内容层次清楚、规范,从设计的角度出发,注重学生综合能力的培养。

(3) 将新理念、先进技术和教学实践相结合,侧重创新型人才的培养。

全书共 10 章:分别为嵌入式处理器与嵌入式系统简介,常用电子电路设计与实现,系统前向通道电路设计,人机交互接口电路设计,系统输出通道电路设计,通信接口电路设计,EDA 与可编程逻辑器件应用,基于 Altium Designer 电路原理图与印制电路板设计,Proteus 仿真技术应用;电子系统综合设计实例。

本书作者多年来一直从事电子技术、嵌入式系统设计与应用等专业的教学和科研工作,主持和参与了多项科研项目的开发和设计方面的工作,所以在本书的编写过程中精选内容,力求符合从事现代电子技术设计与开发的初学者的特点,做到概念清晰、理论联系实际;在叙述方法上,力求由浅入深、通俗易懂、便于学习,以使读者能在较短的时间内迅速掌握相关知识,起到事半功倍的作用。

本书适合作为高等院校相关专业的教材,也可供从事现代电子技术开发设计人员及爱好者参考。

作者首先感谢电子工业出版社的编辑,是他们的大力支持,才能使本书很快出版发行。本书在编写的过程中参考和引用了相关的参考书、文献和文章,在此向相关作者表示深切的谢意。

由于现代电子技术的发展非常迅速,新技术、新成果不断涌现和更新,书中难免存在错误、疏漏和不妥之处,希望广大读者多加谅解,并及时联系作者,以期在后续版本中进行完善。

作者

2018 年 5 月于大连

# 目录

<b>第 1 章 嵌入式处理器与嵌入式系统简介</b> .....	(1)
1.1 概述 .....	(1)
1.2 嵌入式处理器 .....	(2)
1.2.1 微控制器 .....	(2)
1.2.2 微处理器 .....	(8)
1.2.3 数字信号处理器 .....	(12)
1.2.4 片上系统 .....	(12)
1.3 嵌入式系统简介 .....	(14)
1.3.1 嵌入式系统结构 .....	(14)
1.3.2 嵌入式硬件系统 .....	(15)
1.3.3 嵌入式软件系统 .....	(15)
1.4 嵌入式系统开发环境与开发技术 .....	(18)
1.4.1 嵌入式系统开发流程 .....	(18)
1.4.2 嵌入式系统开发技术 .....	(19)
1.4.3 嵌入式系统调试技术 .....	(20)
1.4.4 IAR 开发环境简介 .....	(20)
习题与思考题 .....	(20)
<b>第 2 章 常用电子电路的设计与实现</b> .....	(22)
2.1 系统电源部分的设计与实现 .....	(22)
2.1.1 直流稳压电源概述 .....	(22)
2.1.2 串联型线性直流稳压电源 .....	(23)
2.1.3 开关型直流稳压电源 .....	(26)
2.1.4 交流电和电池供电切换电路 .....	(34)
2.1.5 稳压电源设计实例 .....	(35)
2.2 典型信号发生电路设计 .....	(38)
2.2.1 函数信号发生器 .....	(38)
2.2.2 电压-频率转换电路 .....	(41)
2.3 常用控制单元电路的设计 .....	(42)
2.3.1 声控电路及其设计 .....	(42)
2.3.2 光控电路及其设计 .....	(43)
2.3.3 红外遥控电路及其设计 .....	(44)
习题与思考题 .....	(46)

<b>第3章 系统前向通道电路设计</b> .....	(47)
3.1 传感器及应用技术 .....	(47)
3.1.1 概述 .....	(47)
3.1.2 常用传感器及应用技术 .....	(48)
3.2 自动识别技术及应用 .....	(56)
3.2.1 概述 .....	(56)
3.2.2 条形码及应用 .....	(57)
3.2.3 无线射频识别技术及应用 .....	(60)
3.3 模拟信号检测电路设计 .....	(65)
3.3.1 检测系统结构 .....	(65)
3.3.2 多路信号选择电路 .....	(67)
3.3.3 信号调理电路设计 .....	(68)
3.3.4 模/数转换器及应用 .....	(70)
3.4 数字信号与非电量参数的检测技术 .....	(78)
3.4.1 开关量信号的检测 .....	(78)
3.4.2 时间型信号的检测 .....	(79)
3.4.3 频率及周期型信号的检测 .....	(79)
习题与思考题 .....	(80)
<b>第4章 人机交互接口电路设计</b> .....	(82)
4.1 按键式接口电路设计 .....	(82)
4.1.1 概述 .....	(82)
4.1.2 键盘及接口电路设计 .....	(83)
4.2 显示器接口电路设计 .....	(84)
4.2.1 LED 显示器接口电路设计 .....	(85)
4.2.2 液晶显示器接口设计与应用 .....	(89)
4.3 触摸屏及接口电路设计 .....	(107)
4.3.1 电阻式触摸屏 .....	(107)
4.3.2 电容式触摸屏 .....	(109)
4.3.3 红外线式触摸屏 .....	(109)
4.3.4 触摸屏接口电路设计实例 .....	(111)
习题与思考题 .....	(113)
<b>第5章 系统输出通道电路设计</b> .....	(114)
5.1 模拟量输出通道 .....	(114)
5.1.1 概述 .....	(114)
5.1.2 D/A 转换器及应用 .....	(115)
5.1.3 功率驱动电路设计 .....	(124)
5.2 开关量输出及驱动电路设计 .....	(125)
5.3 电机驱动电路设计实例 .....	(127)
5.3.1 直流电机控制 .....	(127)
5.3.2 步进电机控制 .....	(128)

习题与思考题	(131)
<b>第 6 章 通信接口电路设计</b>	(132)
6.1 概述	(132)
6.2 有线通信接口电路设计	(134)
6.2.1 通用异步收发器	(134)
6.2.2 RS-232C 标准串行通信	(136)
6.2.3 通用串行总线 (USB)	(138)
6.2.4 单总线串行通信	(140)
6.2.5 内部集成电路串行总线通信	(146)
6.2.6 串行外围设备接口	(157)
6.2.7 控制器局域网总线	(162)
6.2.8 RS-485 标准串行通信	(164)
6.3 无线通信接口技术	(166)
6.3.1 蓝牙无线通信技术	(166)
6.3.2 ZigBee 无线通信技术	(168)
6.3.3 Wi-Fi 移动通信技术	(170)
6.3.4 2G/3G/4G/5G 现代通信技术	(171)
习题与思考题	(173)
<b>第 7 章 EDA 与可编程逻辑器件应用</b>	(175)
7.1 电子设计自动化技术 EDA	(175)
7.1.1 概述	(175)
7.1.2 常用的 EDA 工具	(177)
7.2 硬件描述语言	(179)
7.2.1 VHDL 描述语言	(179)
7.2.2 Verilog HDL 描述语言	(181)
7.2.3 Verilog HDL 和 VHDL 的比较	(182)
7.3 可编程逻辑器件简介	(182)
7.4 EDA 的设计流程与相关开发环境	(186)
7.4.1 EDA 的设计流程	(186)
7.4.2 FPGA/CPLD 开发工具软件简介	(188)
7.5 微控制器与 FPGA 并行通信接口设计	(192)
7.5.1 单片机与 FPGA 并行单向通信	(192)
7.5.2 单片机与 FPGA 并行双向通信	(194)
习题与思考题	(197)
<b>第 8 章 基于 Altium Designer 的电路原理图与印制电路板设计</b>	(198)
8.1 Altium Designer 10 开发软件简介	(198)
8.2 电路设计基本知识	(199)
8.2.1 电路原理图设计要求与元器件库简介	(199)
8.2.2 印制电路板设计的基础知识	(201)
8.3 电路原理图设计	(204)

8.3.1	电路原理图的设计流程	(204)
8.3.2	电路原理图设计注意事项	(205)
8.3.3	电路原理图应用设计举例	(205)
8.4	印制电路板的设计	(213)
8.4.1	印制电路板设计的工作流程	(213)
8.4.2	印制电路板的设计实例	(215)
	习题与思考题	(230)
<b>第9章</b>	<b>Proteus 电路设计与仿真技术应用</b>	(231)
9.1	Proteus 软件概述	(231)
9.1.1	Proteus 软件特点	(231)
9.1.2	Proteus 元器件资源库	(232)
9.2	Proteus ISIS 软件功能简介	(233)
9.2.1	Proteus ISIS 的安装与启动	(233)
9.2.2	Proteus ISIS 工作界面与菜单功能	(235)
9.2.3	Proteus ISIS 交互式仿真软件基础	(239)
9.3	基于 Proteus ISIS 的电路设计基础	(241)
9.4	Proteus ISIS 电路设计应用实例	(244)
9.4.1	运算放大器电路设计应用实例	(244)
9.4.2	基于微控制器的流水彩灯设计应用实例	(248)
	习题与思考题	(254)
<b>第10章</b>	<b>电子系统设计应用实例</b>	(255)
10.1	电子系统设计概述	(255)
10.2	多路温度监控报警系统设计应用实例	(257)
	参考文献	(269)

# 第1章

## 嵌入式处理器与嵌入式系统简介

### 1.1 概述

随着现代计算机技术的飞速发展，计算机系统逐渐形成了通用计算机系统（如个人计算机，Personal Computer，PC）和嵌入式系统两大分支。通用计算机系统的硬件以标准化形态出现，通过安装不同的软件满足不同的要求。嵌入式系统则是根据具体应用对象，采用量体裁衣的方式对其软、硬件进行定制的专用计算机系统。

嵌入式系统的定义是：以应用为中心，以计算机技术为基础，软件、硬件可裁剪，功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。例如，一台包含微处理器的打印机、数码相机、数字音频播放器、数字机顶盒、游戏机、手机和便携式仪器设备等都可以称为嵌入式系统。目前，嵌入式系统已经广泛地应用于人们的日常生活和生产过程中，如工业控制、家用电器、通信设备、医疗仪器、军事设备等。嵌入式系统已经越来越深入地影响着人们的生活、学习和工作。

嵌入式系统一般由硬件和软件两部分组成，其结构框图如图 1-1 所示。

嵌入式系统的硬件部分包括嵌入式处理器、存储器、I/O 系统和配置必要的外围接口部件；软件部分包括监控程序、接口驱动等应用软件。在 16 位以上的微处理器系统中，通常还需要嵌入式操作系统。

嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物，

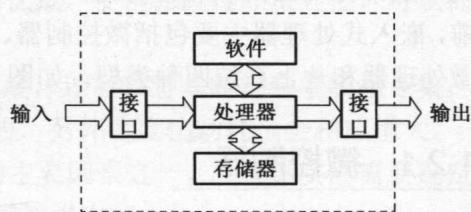


图 1-1 嵌入式系统的结构框图

这一特点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。嵌入式系统与 PC 相比，区别如下。

- 嵌入式系统是专用系统，其功能专一，而 PC 则是通用计算平台；
- 嵌入式系统的资源比 PC 少，具有成本、功耗、体积等方面的要求；
- 嵌入式软件系统一般采用实时操作系统，其应用软件大多需要进行重新编写，因此软件故障带来的后果会比 PC 大；
- 嵌入式系统在开发与设计时需要在宿主机中装配有专用的开发环境与开发工具。

嵌入式系统的主要特征包括以下几个方面。

(1) 功耗低、集成度高、体积小，是可靠的专用计算机系统。嵌入式系统通常都具有功耗低、集成度高、体积小、高可靠性等特点，它能够把通用计算机中许多由部件完成的任务集成在芯片内部，从而有利于嵌入式系统设计趋于小型化，移动能力也大大增强。

嵌入式系统的个性化很强，其软、硬件的结合是非常紧密的，一般要针对不同的硬件情况进行软件系统的设计。即使在同一品牌、同一系列的产品中，也需要根据系统硬件的变化来不断对软件系统进行修改。一个嵌入式系统通常只能重复执行一个特定的功能，例如，一台数码相机永远是数码相机。

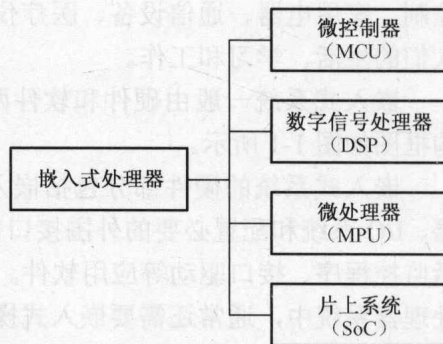
(2) 实时性强，系统内核小。嵌入式系统的软件代码要求高质量、高可靠性和实时性，很多嵌入式系统都需要不断地依据所处环境的变化做出反应，而且要实时得到计算结果，不能延迟。由于嵌入式系统一般应用于要求系统资源相对有限的场合，所以其操作系统的内核比传统的操作系统要小得多。例如， $\mu\text{C}/\text{OS}$  操作系统，核心内核只有 8.3 KB 左右。

(3) 资源较少，可以裁剪。由于对成本、体积和功耗有严格要求，使得嵌入式系统的资源（如内存、I/O 接口等）有限。因此对嵌入式系统的硬件和软件都必须高效率设计，量体裁衣、去除冗余，力争在有限的资源上实现更高的性能。

(4) 需要开发环境和调试工具。由于嵌入式系统本身不具备自主开发能力，即使设计完成以后，用户通常也不能对其中的程序功能进行修改，必须有一套开发工具和环境才能进行开发。这些工具和环境一般安装在宿主机（如 PC）中，在进行系统开发时，宿主机用于程序的开发，目标机（产品机）作为最后的执行机，研制和开发时往往需要交替结合进行。

## 1.2 嵌入式处理器

嵌入式处理器是一种为完成特殊应用而设计的专用处理器，因此对嵌入式处理器的性能要求也有所不同，通常体现在实时性、功耗、成本、体积等方面。目前，嵌入式处理器主要包括微控制器、数字信号处理器、微处理器和片上系统四种类型，如图 1-2 所示。



### 1.2.1 微控制器

#### 1. 概述

微控制器 (Micro Control Unit, MCU) 诞生于 20

图 1-2 嵌入式处理器的四种类型

世纪 70 年代末,微控制器是在一块芯片上集成了中央处理单元(CPU)、存储器(RAM/ROM 等)、定时器/计数器及多种输入/输出(I/O)接口的比较完整的智能数字处理系统。

由于微控制器从体系结构到指令系统都是按照嵌入式系统的应用特点而专门设计的,具有体积小和成本低的优点,因此能够很好地满足应用系统的嵌入、面向测控对象、现场可靠运行等方面的要求。

在国内,微控制器通常也称为单片机,品种和数量众多,出现了内部集成有 I2C、CAN-Bus、LCD、A/D 和 D/A 等功能单片机,以及众多专用 MCU 的兼容系列。比较有代表性的 8 位微控制器是 Intel 公司 MCS-51 系列和 16 位的 TI 公司 MSP430 系列等。

微控制器的最大特点是单片化、体积小、功耗和成本低。但是,由于存储器容量的限制,16 位以下的 MCU 系统不适合运行操作系统,难以实现复杂的运算及处理功能。MCU 在软件和硬件设计方面的工作量比例基本相同,各占 50%左右。目前,国内市场上常见的 MCU 系列如下所述。

(1) 51 (即 MCS-51) 系列单片机:是目前应用最广泛的 8 位单片机,大多基于 Intel 的 MCS-51 指令系统,常用的有 ATM 公司的 AT89 系列等。

(2) AVR 系列单片机:是 Atmel 公司于 1997 年研发的精简指令集(RISC)的高速 8 位单片机,它全新配置了精简指令集,速度快,大多数的指令仅用 1 个时钟周期,比 51 系列单片机单周期指令时间快 12 倍;片内程序存储器采用 Flash 存储器,程序保密性高;支持 C 语言编程;采用 CMOS 生产工艺,功耗低。AVR 系列单片机工作电压为 2.7~6.0 V,可以实现耗电最优化;还拥有多种低功耗方式,在掉电方式下工作电流小于 1  $\mu$ A。AVR 系列单片机的片内资源更为丰富,接口功能也更为强大,由于具有价格低的优势,在很多场合可以替代 51 系列单片机。

(3) MSP430 系列单片机:是由 TI 公司出品的 16 位单片机,具备 JTAG 功能,片上外设十分丰富,具有低功耗特色,常用在各种便携式的仪器仪表中。

(4) ARM Cortex-M 微控制器:具有 32 位的 ARM Cortex-M 微控制器提供优于 8 位和 16 位体系结构的代码密度,提高了指令执行的效率。另外,ARM Cortex-M 微控制器不但可以通过 C 语言编程,而且还附带各种高级调试功能以帮助定位软件中的问题。ARM Cortex-M 系列是低成本、低功耗和高性能的嵌入式微控制器,通常应用在智能测量、汽车和工业控制系统、人机接口设备、大型家用电器,以及医疗器械等电子设备中。

在采用 MCU 进行系统设计开发时,需要根据设计系统功能的复杂程度、性能指标和精度要求,参照现有 MCU 本身具有的功能、精度、运行速度、存储器容量、功耗和开发成本等几个方面综合考虑选择。一般而言,应主要考虑以下几个方面。

(1) 根据所设计任务的复杂程度来决定选择什么样的 MCU。推荐使用自身带有 Flash 存储器的 MCU,由于 Flash 存储器具有电写入、电擦除的优点,使得修改程序很方便,可以提高开发速度。

(2) 在 MCU 的运行速度选择上不要片面追求高速度,还应该看其时钟频率和指令集,MCU 的稳定性、抗干扰性等参数通常是跟速度成反比的,另外速度快功耗也会相应增大。

(3) I/O 端口的数量和功能是选用 MCU 时要考虑的主要因素之一,应根据实际需要确定其数量,I/O 端口过多不仅会使芯片的体积增大,也会增加成本。

(4) MCU 一般内部提供 2~3 个定时/计数器,有些定时/计数器还具有输入捕获、输出比较和 PWM(脉冲宽度调制)功能。现在不少 MCU 内部还提供了 A/D 转换器和 D/A 转换

器,充分利用这些功能不仅可以简化软件设计,而且还能减少 MCU 资源的占用。

(5) 常见的 MCU 串行接口有通用异步接收发送接口 (UART)、集成总线接口 (I2C)、串行外部接口 (SPI)、通用串行总线接口 (USB) 等,可以根据实际需要选择不同的 MCU。

(6) MCU 的工作电压一般为 3.3 V 和 5 V,功耗参数主要是指正常模式、空闲模式、掉电模式下的工作电流,选用电池供电的 MCU 系统要选用电流小的产品,同时要考虑是否要用到掉电模式,可选择有相应功能的 MCU。

(7) MCU 芯片的封装一般有 DIP (双列直插式封装)、PLCC (带有引线的芯片载体)、QFP (四侧引脚扁平封装)、SOP (双列小外形贴片封装) 等类型,可以根据实际需要来选择 MCU。

另外,还要考虑系统的开发工具、编程器、开发成本、技术支持,以及服务和产品价格等诸多因素。下面,将简单介绍 MCU 中具有典型代表性的 8 位 AT89S52 单片机。

## 2. AT89S52 单片机简介

51 系列单片机是在 20 世纪 80 年代由 Intel 公司推出的 8 位单片机,片内集成并行 I/O 口、串行 I/O 口、16 位定时/计数器、RAM、ROM 等,最高时钟频率为 12 MHz,采用 CISC 体系指令系统、三总线结构。由于 51 系列单片机不断推陈出新,基于 51 系列内核的产品已有几十个系列、上百种型号。目前广泛应用的 8 位单片机是由美国 Atmel 公司生产的型号为 AT89S52 系列单片机,其内部结构及外形引脚与 Intel 的 51 系列 8 位单片机兼容,软件也是兼容 Intel 的 MCS-51 指令系统。

### (1) 性能和特点。

① 片内存储器包含 8 KB 的 Flash ROM,可在线编程,擦写次数不小于 1000 次;另外还具有 256 B 的片内 RAM,内部支持 ISP (在线更新程序) 功能。

② 具有可编程的 32 根 I/O 端口线 (P0、P1、P2 和 P3),内含 2 个数据指针 (DPTR0 和 DPTR1),具有地址/数据线复用等功能。

③ 中断系统具有 8 个中断源、6 个中断向量和 2 级优先权的中断结构。

④ 串行通信口是一个全双工的 UART。

⑤ 具有两种低功耗节电工作方式:在空闲方式下,CPU 停止工作,RAM 和其他片内的部件 (如振荡器、定时/计数器、中断系统等) 继续工作,此时的电流可降到大约为正常工作方式时的 15%;在掉电方式下,所有片内的部件都停止工作,只有片内 RAM 的内容被保持,这种方式下的电流可降到 15 pA 以下。

⑥ 工作模式下主频为 0~33 MHz,工作电源电压为 4.0~5.5 V。

⑦ 指令系统中大部分指令为单周期指令,同时还具有布尔处理器的功能。

⑧ 内部集成看门狗定时器,不再需要像 AT89C52 那样外接看门狗定时器单元电路。

⑨ 全新的加密算法,这使得对 AT89S51 的解密变为不可能,大大加强了程序的保密性。

⑩ 在兼容性方面,向下完全兼容 51 全部子系列产品,也就是说,在早期 51 系列单片机上编写的程序放在 AT89S52 上一样可以正常运行。

### (2) 内部结构组成。

AT89S52 将通用的 8 位 CPU、存储器 (包括 RAM 和 Flash ROM)、并行 I/O 接口、定时器/计数器、中断控制功能等集成在一块芯片上,片内各功能模块通过内部总线相互连接起来。

AT89S52 具有 DIP、PLCC 和 TQFT 三种封装结构，其中 DIP 封装的引脚排列如图 1-3 所示。AT89S52 单片机的主要功能模块介绍如下。

① 并行 I/O 口。AT89S52 共有 4 个 8 位并行 I/O 口，即 P0、P1、P2、P3 端口，对应的引脚分别是 P0.0~P0.7、P1.0~P1.7、P2.0~P2.7、P3.0~P3.7，共 32 根 I/O 线，每根线可以单独用于输入或输出。

P0 端口是一个 8 位漏极开路的双向 I/O 口，在作为输出口时，每根引脚可以带动 8 个 TTL 输入负载。当访问外部程序存储器和数据存储器时，P0 口也被作为低 8 位地址/数据复用。在这种模式下，P0 不具有内部上拉电阻。在对 Flash 存储器进行编程时，P0 端口用于接收代码字节；在校验时，则输出代码字节，此时需要外加上拉电阻。

P1 端口是带有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P1 端口的输出缓冲器可驱动（吸收或输出电流方式）4 个 TTL 输入。此外，P1.0 和 P1.1 分别作定时器/计数器 2 的外部计数输入（P1.0/T2）和定时器/计数器 2 的触发输入（P1.1/T2EX）。在对 Flash 编程和程序校验时，P1 端口接可收低 8 位地址。

P2 端口是带有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P2 端口的输出缓冲器可驱动（吸收或输出电流方式）4 个 TTL 输入。对 P2 端口写“1”时，内部上拉电阻把端口拉高，此时可以作为输入口使用。在访问外部程序存储器或用 16 位地址读取外部数据存储器（如执行“MOVX @DPTR”）时，P2 端口送出高 8 位地址。在对 Flash 编程和程序校验期间，P2 端口可接收高位地址或一些控制信号。

P3 端口是带有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P3 端口的输出缓冲器可驱动（吸收或输出电流方式）4 个 TTL 输入。在 AT89S52 中，P3 端口还可用于一些复用功能，如表 1-1 所示；在对 Flash 编程和程序校验期间，P3 端口可接收一些控制信号。

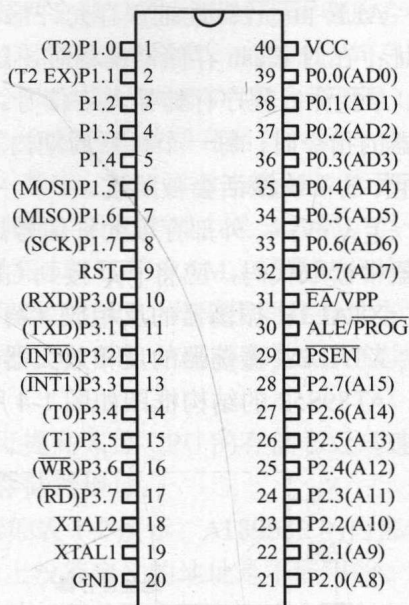


图 1-3 AT89S52 的 DIP 封装引脚排列

表 1-1 P3 端口引脚与复用功能表

P3 端口	引脚的第二功能
P3.0	RXD（串行输入口）
P3.1	TXD（串行输出口）
P3.2	INT0（外部中断 0）
P3.3	INT1（外部中断 1）
P3.4	T0（定时/计数器 0 外部输入）
P3.5	T1（定时/计数器 1 外部输入）
P3.6	WR（外部数据存储器写脉冲）
P3.7	RD（外部数据存储器读脉冲）

RST：复位输入端。在振荡器运行时，在此引脚上出现 2 个机器周期的高电平时将使单片机复位。

$\overline{ALE}/\overline{PROG}$ ：地址锁存允许信号。在存取外部存储器时，这个输出信号用于锁存低字节地址；在对 Flash 存储器编程时，这个引脚用于输入编程脉冲  $\overline{PROG}$ 。

$\overline{PSEN}$ ：程序存储器允许信号。它用于读外部程序存储器，当 AT89S52 执行来自外部存储器的指令时，每一个机器周期内  $\overline{PROG}$  将被激活 2 次；在对外部数据存储器的每次存取中， $\overline{PSEN}$  的 2 次激活会被跳过。

$\overline{EA}/V_{PP}$ ：外部存取允许信号。为了确保单片机从地址为 0000H~FFFFH 的外部程序存储器中读取代码，应将  $\overline{EA}$  接到 GND 端；如果执行内部程序，应将  $\overline{EA}$  应接到  $V_{CC}$ 。

XTAL1：振荡器的反相放大器输入，内部时钟工作电路的输入。

XTAL2：振荡器的反相放大器输出。

AT89S52 的结构框图如图 1-4 所示。

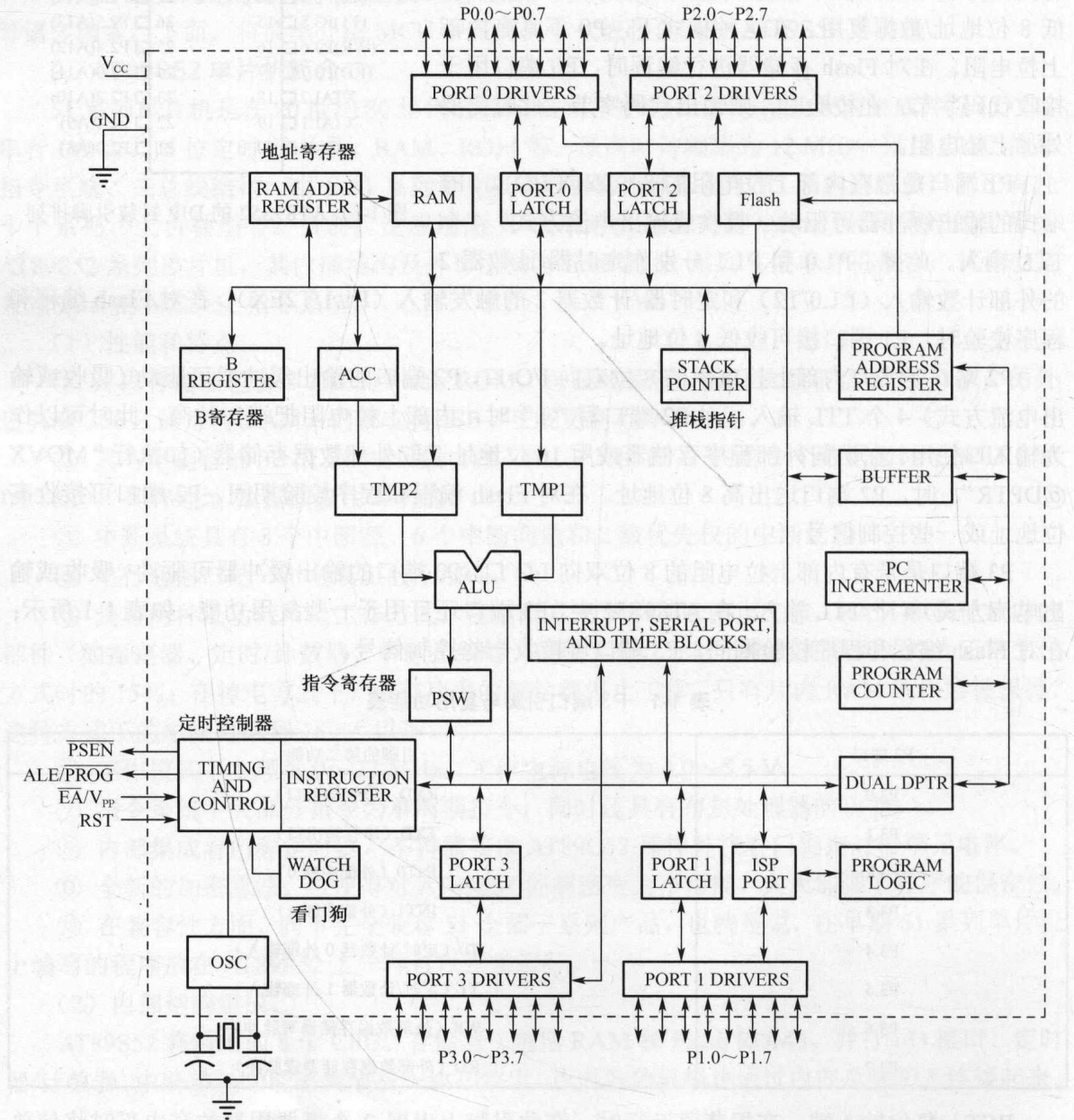


图 1-4 AT89S52 的结构框图

② 存储器结构。AT89S52 的程序存储器和数据存储器是两个独立的存储器空间，程序存储器采用程序计数器（PC）进行寻址，该存储器用于存放编好的程序和表格常数。AT89S52 可寻址的程序存储器空间最大为 64 KB，外部程序存储器的读选通脉冲为  $\overline{\text{PSEN}}$ （程序存储允许信号）。

数据存储器在物理上和逻辑上分为两个地址空间：一个是内部数据存储器，另一个是外部数据存储器。AT89S52 具有 256 B 的片内数据存储器，其中，高 128 B 与特殊功能寄存器重叠，也就是说，高 128 B 与特殊功能寄存器有相同的地址，但在物理上是分开的。当一条指令访问高于 7FH 的地址时，寻址方式决定 CPU 是访问高 128 B 的 RAM，还是访问特殊功能寄存器空间。若采用直接寻址方式则访问特殊功能寄存器（SFR），若采用间接寻址方式则访问片内高 128 B 的 RAM。外部数据存储器的寻址空间可达 64 KB，访问外部数据存储器时，CPU 将发出读和写的信号。

数据存储器可用 8 位地址来访问数据存储器，这样可提高 8 位 CPU 的存储和处理速度；也可通过数据指针（DPTR）寄存器来产生 16 位的数据存储器地址。

③ 特殊功能寄存器。AT89S52 主要的特殊功能寄存器如表 1-2 所示。AT89S52 的内部特殊功能寄存器占用 256 B 中高 128 B（80H~FFH）地址，片上没有定义的地址是不能用的。读这些地址时，一般将得到一个随机数据，写入的数据将会无效，所以用户不应该给这些未定义的地址写入数据 1。由于这些寄存器在将来可能被赋予新的功能，复位后，这些位都为 0。

表 1-2 AT89S52 主要的特殊功能寄存器

符号	寄存器名称	地址	复位后的值
*ACC	累加器	E0H	00H
*B	B 寄存器	F0H	00H
*PSW	程序状态字	D0H	00H
SP	堆栈指针	81H	07H
DPTR0	数据指针（高 8 位 DPH 和低 8 位 DPL）	83H（高 8 位），84H（低 8 位）	00H
*P0	P0 端口锁存寄存器	80H	FFH
*P1	P1 端口锁存寄存器	90H	FFH
*P2	P2 端口锁存寄存器	A0H	FFH
*P3	P3 端口锁存寄存器	B0H	FFH
*IP	中断优先级控制寄存器	B8H	XX000000B
*IE	中断允许寄存器	A8H	0X000000B
*TCON	定时器 0 和 1 控制寄存器	88H	00H
TMOD	定时器 0 和 1 模式寄存器	89H	00H
TH0	定时器 0 的高 8 位	8CH	00H
TL0	定时器 0 的低 8 位	8AH	00H
TH1	定时器 1 的高 8 位	8DH	00H
TL1	定时器 1 的低 8 位	8BH	00H
*SCON	串行口控制寄存器	98H	00H
SBUF	串行数据缓冲器	99H	XXXXXXXXB
PCON	电源控制器	87H	0XXX0000B

注：标有\*号的 SFR 既可按位寻址，也可直接按字节寻址

由于篇幅有限,有关 AT89S52 的详细资料请查阅 Atmel 公司相关资料。

(3) AT89ISP 软件的安装。Atmel 公司生产的 AT89S5x 系列单片机支持在系统编程 (ISP),为单片机程序的开发调试提供了极大的便利。AT89ISP 软件是由 Atmel 公司开发的用于 AT89S 系列单片机在线程序下载的免费软件,它提供了对单片机进行在系统编程、查看和擦除 Flash 等功能。

AT89ISP 软件的安装简单,对系统配置的要求较低。安装完成后,可执行下列操作。

① 连接下载线。首先通过 Atmel ISP 下载线将单片机的系统板连接到计算机接口,并给单片机系统板通电。

② 端口设置。单击 AT89ISP 工具栏上的端口选择按钮,软件弹出端口选择对话框。需要根据下载线的连接方式正确选择接口编号,否则将无法正常使用 ISP 功能。选择完成后,单击“OK”按钮。

③ 选择单片机型号。单击 AT89ISP 工具栏上选择元器件按钮,打开元器件选择对话框,单击 AT89 文件夹的层叠菜单,找到目标系统中的单片机型号,如 AT89S52,单击“OK”按钮。如果计算机、下载线及单片机系统板三者之间连接良好,且单片机系统板供电正常,会自动弹出缓存窗口,表明计算机与单片机系统板通信良好。

④ 初始化。单击 AT89ISP 工具栏上初始化按钮即可初始化单片机系统板。在每次使用 AT89ISP 时,均需要进行初始化。若电缆的连接及软件设置均正确,则会弹出已经初始化的窗口,表明计算机和单片机系统板已经准备完成,可以向单片机中下载程序。

⑤ 装载程序文件。单击工具栏中的打开按钮,在打开的文件选择对话框中选择需下载的由 C51 编译器生成的.HEX 十六进制文件。

⑥ 下载程序。单击工具栏中的自动编程按钮,执行自动编程命令。下载时间由程序大小确定,从几十秒到几分钟不等,下载完成后程序会给出相应的提示。

⑦ 验证程序。以上步骤已经成功地将程序下载到单片机中,断开单片机系统板和下载线的连接,单片机复位后即可看到程序运行的结果。

⑧ 修改程序。若需要修改 C 语言程序,则每次修改完程序后都要在编辑器中重新编译并生成新的.HEX 文件。需要注意的是,在每次下载.HEX 文件之前都需要重新装载程序文件,将最新的.HEX 文件调入缓冲区中,再执行下载。

## 1.2.2 微处理器

微处理器 (Micro Processor Unit, MPU) 是嵌入式系统的核心部件,其内部由 32 位运算器、控制器、寄存器组和存储器等组成。

### 1. 概述

微处理器系统的功能和标准与通用微处理器基本类似,只是在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面专门做了适当的增强。与工业控制计算机相比,微处理器具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高等优点。主流的微处理器芯片有基于 ARM (Advanced RISC Machines)、Am186/88、PowerPC、68000、MIPS 等系列的产品。具有 32 位体系结构微处理器的性能优势如下:

(1) 寻址空间大。在 ARM 体系结构里,所有的资源,如存储器、控制寄存器、I/O 端口等都是有效的地址空间内进行统一编址的,方便程序在不同的微处理器间移植。

(2) 运算和数据处理能力强。由于采用了先进的 CPU 设计理念、多总线接口(哈佛结构)、多级流水线、高速缓存、数据处理增强等技术,这样使得 C、C++、Java 等高级语言得到了

广泛的应用，几乎所有的通信协议栈都能在 32 位 CPU 中实现。另外，多数的微处理器都包含 DMA 控制器，这样可进一步提高整个芯片的数据能力。

(3) 支持操作系统。如果某个系统有多任务的调度、图形化的人机界面、文件管理系统、网络协议等需求，那么就必须使用嵌入式操作系统。一般复杂的操作系统在多进程管理中还需要硬件存储器保护单元或内存管理单元的支持，目前 ARM9 以上的微处理器均有这些功能，可运行 Linux、WinCE 和 VxWorks 等多种嵌入式操作系统。

目前，嵌入式系统的主流是以 32 位嵌入式微处理器为核心的硬件设计，以及基于实时操作系统 (RTOS) 的软件设计，并强调基于平台的设计和软、硬件协同设计。MPU 系统设计的工作量主要是软件设计，约占 70% 的工作量，硬件设计约占 30% 的工作量。

## 2. ARM 系列 S3C2440 微处理器

1991 年 ARM 成立于英国剑桥，主要业务是设计 32 位的嵌入式处理器。但它本身并不直接从事芯片生产，而是采用技术授权、转让设计许可的方式，由合作的半导体生产商从 ARM 公司购买其设计的 ARM 处理器核，根据各自需求，加入适当的外围电路接口和先进技术，形成具有自己特色的微处理器。由于 ARM 技术获得了众多的第三方在工具、制造和软件方面的支持，又降低了系统成本，使得产品更容易进入市场并被消费者所接受，因此具备强大的市场竞争力。ARM 公司是一个纯粹的知识产权的贩卖者，公司的业务没有硬件和软件，只有图纸上的知识产权。目前，采用 ARM 技术知识产权 (IP 核)、由各公司生产的处理器已遍及工业控制、消费类电子产品、通信系统、网络系统、无线系统等类产品。随着信息化、智能化、网络化的发展，嵌入式系统技术也将获得更广阔的发展空间。

目前，常用的 ARM 系列嵌入式微处理器有 ARM7、ARM9、ARM11 和 Cortex 相关产品系列。ARM 体系架构的每个系列微处理器都提供一套特定的配置来满足设计者对功耗、性能和体积的需求。基于 ARM 体系架构的微处理器一般是由 32 位 ALU 总线、37 个通用寄存器及状态寄存器、32 位桶形移位寄存器、指令译码及控制逻辑、指令流水线和数据/地址寄存器等部件组成。ARM 系列微处理器内部结构如图 1-5 所示。

下面以由韩国三星公司生产的基于 ARM9 系列微处理器 S3C2440 作为实例进行介绍，以便读者更好地了解 MPU。

S3C2440 微处理器是韩国三星电子公司推出的基于 ARM920T 内核的 RISC 微处理器，主要面向便携式设备，以及高性价比、低功耗的应用，内部采用 CMOS 制造工艺和新的总线结构。

### (1) S3C2440 微处理器主要性能。

- S3C2440 微处理器采用 ARM920T 内核来支持 ARM 调试体系结构，主频最高达 400 MHz。
- 采用 16/32 位 RISC 体系结构和基于 ARM920T 内核的指令集。

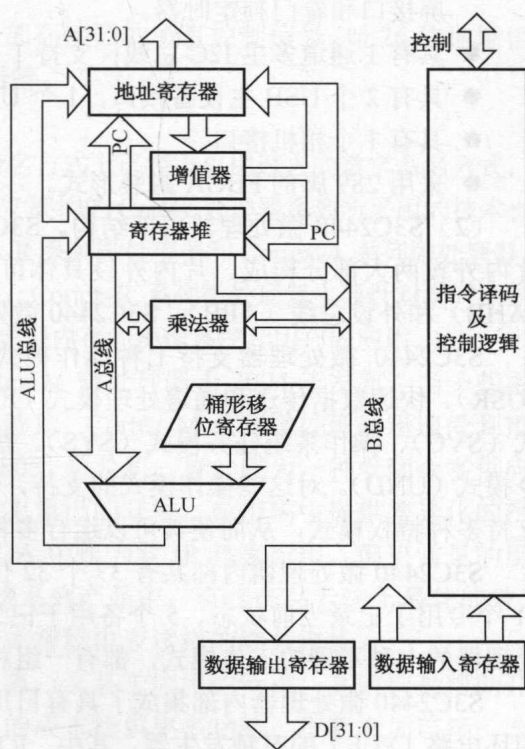


图 1-5 ARM 系列微处理器内部结构