



高职高专“十三五”规划教材

STC15 系列可仿真单片机项目化 应用教程(C语言)

顾菊芬 李俊 主编



免费下载
QQ:3045474130
010-88379564

赠

电子课件、习题答案、
模拟试卷及答案等

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高职高专“十三五”规划教材

STC15 系列可仿真单片机项目化 应用教程（C 语言）

主 编 顾菊芬 李 俊
参 编 李 艳 白丽君 许卫洪
主 审 刘大会

机械工业出版社

本书选用宏晶科技有限公司生产的可仿真单片机 IAP15W4K58S4, 编程开发环境为 Keil 4。本书采用项目化组织方式, 以自制 IAP15W4K58S4 单片机开发板为平台, 按照系统性、实用性原则编排十个项目: 控制灯光闪烁、数码管显示数字、键盘控制输入、中断系统应用、制作电子钟与秒表、制作简易电压表、实现串口通信、液晶显示应用、串行总线接口应用、PWM 模块控制电动机调速。每个项目均围绕接近工程实际的应用, 以两三个任务作为载体, 巧妙地将知识和技能训练融于项目之中, 让学生通过完整的硬件设计、软件流程设计、编程调试等工作过程掌握 STC15 系列单片机的片内资源及典型应用, 掌握所需的理论知识和实践技能。

本书是中高职衔接课程体系的单片机课程教材, 主要以高职高专的学生作为讲授对象, 可作为各高职高专院校的单片机教材, 也可作为单片机自学教程或培训教程, 对从事单片机应用开发的工程技术人员也有一定参考价值。

为方便教学, 本书配有免费电子课件、习题答案、模拟试卷及答案等, 凡选用本书作为授课教材的学校, 均可来电 (010-88379564) 或邮件 (cmpqu@163.com) 索取, 有任何技术问题也可通过以上方式联系。

图书在版编目 (CIP) 数据

STC15 系列可仿真单片机项目化应用教程: C 语言/顾菊芬, 李俊主编. —北京: 机械工业出版社, 2016. 1

高职高专“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-52901-9

I. ①S… II. ①顾…②李… III. ①单片微型计算机-C 语言-程序设计-高等职业教育-教材 IV. ①P368. 1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 022426 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 曲世海

责任编辑: 曲世海 韩 静

封面设计: 陈 沛

责任印制: 乔 宇

保定市 中画美凯印刷有限公司印刷

2016 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 12.75 印张 · 314 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-52901-9

定价: 28.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

前 言

宏晶科技有限公司的单片机产品丰富，性能优势明显，目前最先进的是 STC15 系列单片机。其中 IAP15XX 型号单片机是 STC15 系列的代表芯片之一，它具有 IAP 在线应用仿真功能，既可以作为目标芯片，也可用作仿真芯片。利用 STC-ISP 编程软件的设置工具将一段在线仿真监控程序下载到 IAP 单片机中，IAP 单片机就成了一块仿真芯片，不需要增加任何外围电路，就相当于传统的单片机硬件仿真器，能直接在线进行仿真调试程序，可以大幅提高单片机应用系统的开发效率。

本书以宏晶科技有限公司生产的可仿真单片机 IAP15W4K58S4 为蓝本，以项目为主线，以任务为载体，巧妙地将知识点和技能训练融于项目之中，让学生通过完整的硬件设计、软件流程设计、编程调试等工作过程掌握 STC15 系列单片机的片内资源及典型应用，掌握所需的理论知识和实践技能，保持单片机技术的教学和单片机技术的发展同步，保障单片机教学和单片机应用的无缝衔接。

参与本书编写的有顾菊芬、李俊、李艳、白丽君、许卫洪，顾菊芬负责最终的定稿。项目一、项目九由顾菊芬编写，项目八、项目十由李俊编写，项目六、项目七由李艳编写，项目四、项目五由白丽君编写，项目二、项目三由许卫洪编写。在本书编写过程中，宏晶科技有限公司的工程师给予了大力支持和帮助，在此一并表示感谢！

由于编者的经验和水平有限，书中难免有所纰漏，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

项目一 控制灯光闪烁	1
1.1 项目说明	1
1.2 知识准备	1
1.2.1 单片机概述	1
1.2.2 IAP15W4K58S4 单片机	4
1.2.3 数制及转换	15
1.2.4 使用 Keil4 和 STC-ISP 软件仿真调试程序	16
1.2.5 开发板硬件资源	25
1.2.6 Keil C 和 ANSI C 的差异	25
1.3 项目实施	31
1.3.1 任务一：点亮一个发光二极管	31
1.3.2 任务二：流水灯控制	33
1.3.3 任务三：交通信号灯控制	34
习题	38
项目二 数码管显示数字	40
2.1 项目说明	40
2.2 知识准备	40
2.2.1 数码管的结构	40
2.2.2 数码管的显示方式	42
2.2.3 串入并出扩展芯片 74LS595	43
2.3 项目实施	43
2.3.1 任务一：单片机直接控制数码管显示	43
2.3.2 任务二：单片机扩展 I/O 口控制数码管显示	46
习题	48
项目三 键盘控制输入	49
3.1 项目说明	49
3.2 知识准备	49
3.2.1 键盘概述	49
3.2.2 独立式键盘	51
3.2.3 矩阵式键盘	51
3.3 项目实施	55
3.3.1 任务一：按键控制数码管显示	55
3.3.2 任务二：一键控制流水 LED 速度	57
习题	60
项目四 中断系统应用	61
4.1 项目说明	61

4.2 知识准备	61
4.2.1 中断概述	61
4.2.2 单片机中断系统	62
4.2.3 中断初始化	68
4.2.4 中断服务函数	69
4.3 项目实施	70
4.3.1 任务一：模拟交通信号灯与急救车	70
4.3.2 任务二：中断实现的按键识别	73
习题	76
项目五 制作电子钟与秒表	78
5.1 项目说明	78
5.2 知识准备	78
5.2.1 定时器/计数器概述	78
5.2.2 定时器/计数器的控制	79
5.2.3 定时器/计数器的工作方式	81
5.2.4 定时器/计数器的应用	83
5.3 项目实施	85
5.3.1 任务一：99.9s 秒表计时	85
5.3.2 任务二：简易电子钟的实现	88
习题	92
项目六 制作简易电压表	93
6.1 项目说明	93
6.2 知识准备	93
6.2.1 ADC 转换概述	93
6.2.2 ADC 转换原理及性能指标	94
6.2.3 ADC 转换器结构及相关寄存器	96
6.3 项目实施	100
6.3.1 任务一：简易电压表的实现	100
6.3.2 任务二：用 ADC 实现按键识别	103
习题	108
项目七 实现串口通信	109
7.1 项目说明	109
7.2 知识准备	109
7.2.1 串行通信概述	109
7.2.2 IAP15W4K58S4 单片机串口	112
7.2.3 串行通信工作方式	116
7.2.4 双机通信和多机通信	120
7.2.5 串口初始化	122
7.3 项目实施	122
7.3.1 任务一：单片机与 PC 通信	122
7.3.2 任务二：双机通信	124
习题	129

项目八 液晶显示应用	131
8.1 项目说明	131
8.2 知识准备	131
8.2.1 液晶显示器概述	131
8.2.2 LCD1602 简介	132
8.2.3 LCD1602 字符显示	138
8.3 项目实施	139
8.3.1 任务一：液晶显示姓名、学号	139
8.3.2 任务二：液晶显示实现电子钟	142
习题	145
项目九 串行总线接口应用	147
9.1 项目说明	147
9.2 知识准备	147
9.2.1 单总线器件 DS18B20 及应用	147
9.2.2 I ² C 总线器件 LM75 及应用	153
9.2.3 SPI 总线器件 DS1302 及应用	158
9.3 项目实施	163
9.3.1 任务一：采用单总线器件 DS18B20 实现测温	163
9.3.2 任务二：采用 I ² C 总线器件 LM75 实现测温	169
9.3.3 任务三：采用 SPI 串行总线器件 DS1302 实现电子万年历	177
习题	182
项目十 PWM 模块控制电动机调速	183
10.1 项目说明	183
10.2 知识准备	183
10.2.1 PWM 的基本含义及应用范围	183
10.2.2 PWM 的输出功能及相关寄存器	184
10.2.3 直流电动机驱动电路的基本原理	189
10.3 项目实施	190
10.3.1 任务一：按键控制直流电动机加减速	190
10.3.2 任务二：直流电动机测速的实现	192
习题	196
参考文献	197

项目一 控制灯光闪烁

1.1 项目说明

项目一控制灯光闪烁包含三个子任务，任务一：点亮一个发光二极管；任务二：流水灯控制；任务三：交通信号灯控制。这些任务都是应用 IAP15W4K58S4 单片机最小系统板实现灯光的控制。

该项目的学习目标和技能要求如下：

学习目标：

- 掌握单片机的概念及特点，了解冯·诺依曼结构和哈佛结构的差异。
- 了解 IAP15W4K58S4 单片机的结构，掌握内部数据存储器的空间分配和 SFR。
- 掌握 IAP15W4K58S4 单片机的外部引脚功能及单片机最小应用系统。
- 掌握单片机集成开发环境 Keil4、STC-ISP 下载软件的使用方法，实现仿真和调试功能。

➤ 熟练掌握 IAP15W4K58S4 单片机输入/输出的应用。

➤ 熟练掌握 C51 位操作指令、循环语句实现的延时。

➤ 能编写简单完整的程序。

➤ 掌握标志位。

技能要求：

➤ 利用 IAP15W4K58S4 单片机制作一个简单的实用电路。

➤ 会使用 Keil4 集成开发环境观察与修改存储器。

➤ 会使用 Keil4 软件、STC-ISP 软件实现 IAP15W4K58S4 单片机的在线仿真和调试。

➤ 能够对工作任务进行分析，找出相应的算法，绘制流程图。

➤ 能够根据流程图编写程序。

1.2 知识准备

1.2.1 单片机概述

单片微型计算机简称为单片机，它是微型计算机发展中的一个重要分支，它以其独特的结构和性能，被越来越广泛地应用到工业、农业、国防、网络、通信以及人们的日常工作、生活领域中。

一、什么是单片机

单片机（Single Chip Computer）又称单片微控制器（Microcontroller），它不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是把一个计算机系统集成到一个芯片上。概括地讲，一块芯片就构成了一台微型计算机。单片机主要由中央处理器 CPU、存储器（数据存储器 RAM、程序存储器 ROM）、输入/输出接口、定时器/计数器等部分组成。它具有体积小、重量轻、价格便宜的诸多优点，为学习、应用和开发提供了便利条件。将单片机装入各种智能化产品中，便成为嵌入式微控制器（Embedded Microcontroller）。

二、单片机的体系结构

单片机的体系结构有两种，一是传统的冯·诺依曼（John Von Neumann）结构；另一种是哈佛（Harvard）结构。

1. 冯·诺依曼结构

计算机的组成结构多数是冯·诺依曼型的，即它是通过执行存储在存储器中的程序而工作的。计算机执行程序是自动按序进行的，无须人工干预，程序和数据由输入设备输入存储器，执行程序所获得的运算结果由输出设备输出。因此，计算机通常由运算控制部件、存储器部件、输入设备和输出设备四部分组成，如图 1-1 所示。

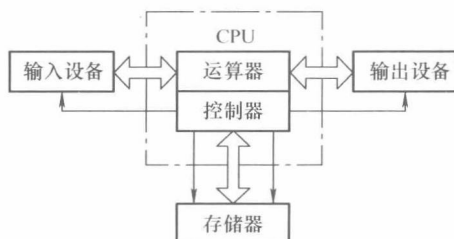


图 1-1 冯·诺依曼型的计算机组成框图

2. 哈佛结构

图 1-2 为哈佛结构示意图。下面结合图 1-2 简单介绍其结构特点。

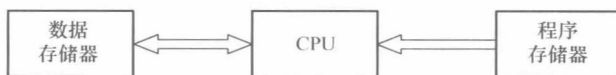


图 1-2 哈佛结构的示意图

数据与程序分别存于两个存储器中，是哈佛结构的重要特点。由图 1-2 可见系统有两条总线，也就是数据总线和指令传输总线完全分开。哈佛结构的优点是，指令和数据空间是完全分开的，一个用于取指令，另一个用于存取数据。所以哈佛结构与常见的冯·诺依曼结构不同的第一点是：程序和数据总线可以采用不同的宽度。数据总线都是 8 位的，低档、中档和高档系列的指令总线位数分别为 12 位、14 位和 16 位。第二点是：由于可以对程序和数据进行同时访问，CPU 的取指和执行采用指令流水线结构，如表 1-1 所示，当一条指令被执行时允许下一条指令同时被取出，使得在每个时钟周期可以获得最高效率。

表 1-1 指令流水线结构

周期 0	周期 1	周期 2	周期 3	周期 4
取指 0	执行 0			
	取指 1	执行 1		
		取指 2	执行 2	
			取指 3	执行 3

而在指令流水线结构中，取指和执行在时间上是相互重叠的，所以才可能实现单周期指令。只有涉及改变程序计数器 PC (Program Counter) 值的分支程序指令时，才需要两个周期。

在本书后面的学习中，重点介绍的 IAP15W4K58S4 单片机采用的就是哈佛结构。

三、常见的 8 位单片机类型

1. 51 系列

51 系列单片机是 Intel 公司在 20 世纪 80 年代初研制出来的，主要应用在教学、工业控制、仪器仪表和信息通信中。Intel 公司将 MCS51 的核心技术授权给了很多其他公司，所以有很多公司在做以 8051 为核心的单片机，如 Atmel、飞利浦、宏晶科技等公司，相继开发了功能更多、更强大的兼容产品。

2. PIC 系列

Microchip 公司生产的 PIC 系列单片机是市场份额增长最快的单片机。它强调节约成本的最优化设计，是使用量大、档次低、价格敏感的产品。

3. AVR 系列

AVR 单片机是 Atmel 公司于 1997 年研发并推出的增强型内置 Flash 程序存储器的精简指令集 CPU (Reduced Instruction Set CPU, RISC) 的新型高速 8 位单片机。

4. HC (S) 08 系列

HC (S) 08 单片机是 Motorola 公司研制的，其特点是在同样的速度下所用的时钟较 Intel 类单片机低得多，因而高频噪声低，抗干扰能力强，更适合用于工控领域以及恶劣环境。

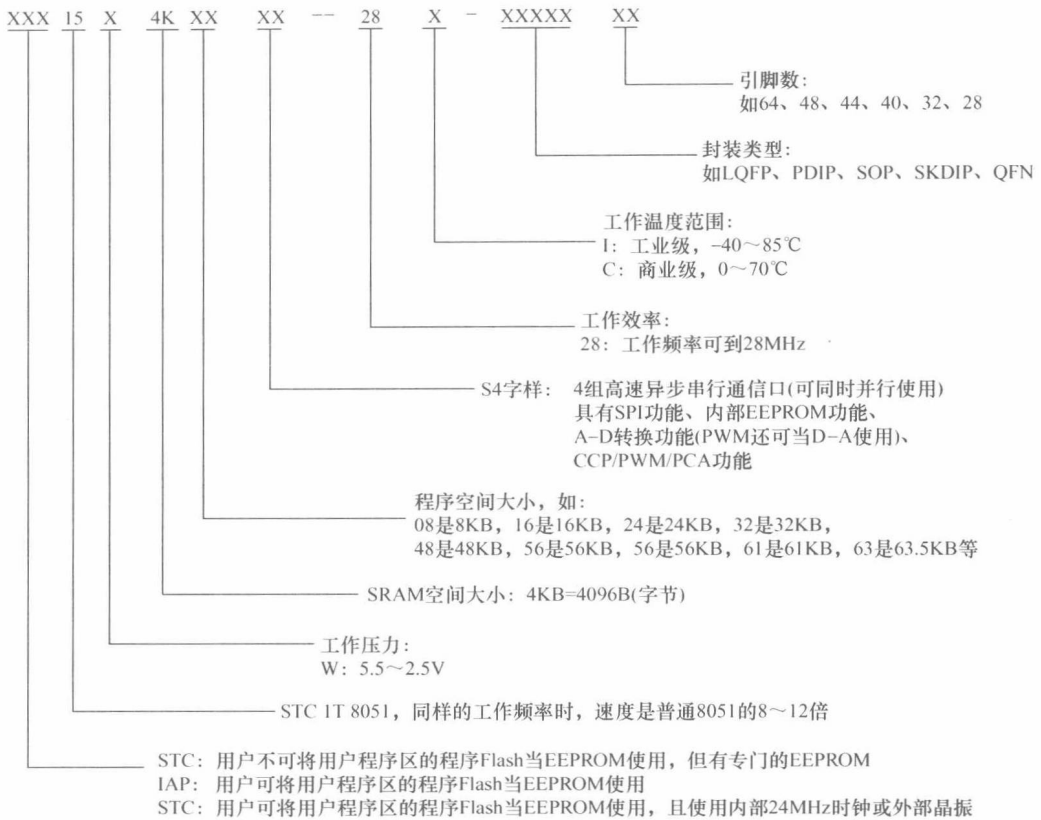
四、STC 系列单片机

STC 系列单片机是深圳宏晶科技有限公司研发的 1T 增强型 8051 内核单片机，平均速度比普通 8051 单片机快 7~12 倍，指令代码完全兼容普通 8051 单片机。STC 单片机全部采用 Flash 技术（可反复编程 10 万次以上）和 ISP/IAP（在系统可编程/在应用可编程）技术，大幅度提高了集成度，如集成了 A-D、CCP/PCA/PWM、SPI、UART、定时器、看门狗、高可靠复位电路、内部高精度时钟、大容量 SRAM、大容量 EEPROM、大容量 Flash 程序存储器等。STC 单片机几乎包含了数据采集和控制中所需要的所有单元模块，可以称得上一个真正的片上系统 (System Chip 或 System on Chip, 简称为 STC, 这是宏晶科技 STC 名称的由来)。STC 单片机来源于普通 8051 单片机，却又高于普通 8051 单片机。

STC 单片机产品系列包括 STC89、STC90、STC10/11、STC12/15 等。STC89、

STC15 系列可仿真单片机项目化应用教程 (C 语言)

STC90 属于 12T/6T 系列产品, STC10/11、STC12/15 属于 1T 系列产品。STC15 是最新系列, 以 STC12 系列为基础且功能更多更强, 速度比 STC11、STC12 快 20%。STC15 系列单片机命名规则如下:



本书以 STC15 系列中的可仿真的 IAP15W4K58S4 单片机为教学机型, 按照项目化组织方式学习 STC15 系列单片机片内资源及典型应用。

1.2.2 IAP15W4K58S4 单片机

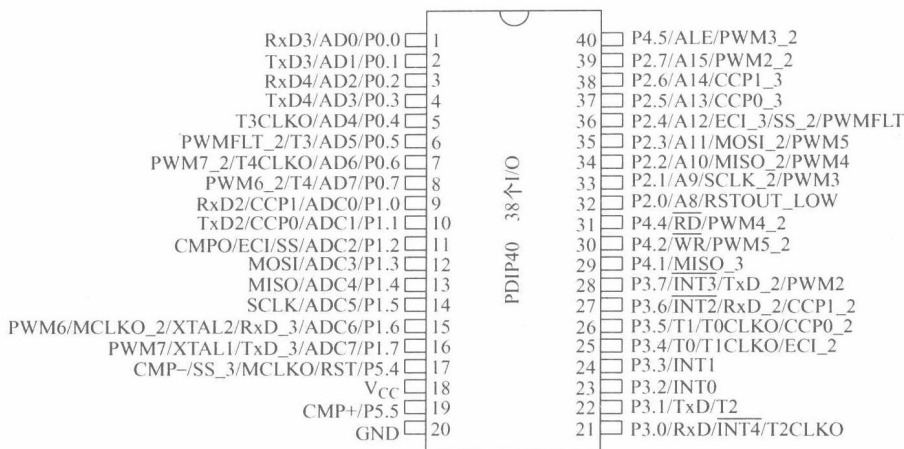
一、IAP15W4K58S4 单片机引脚功能

IAP15W4K58S4 单片机是 STC15 系列中的子系列 STC15W4K32S4 的一款可仿真的单片机。IAP15W4K58S4 的封装形式有 LQFP64、LQFP48、LQFP44、PDIP40、SOP32、LQFP32、SKDIP28 等, 其中 PDIP40 和 LQFP44 的封装和引脚如图 1-3 所示。

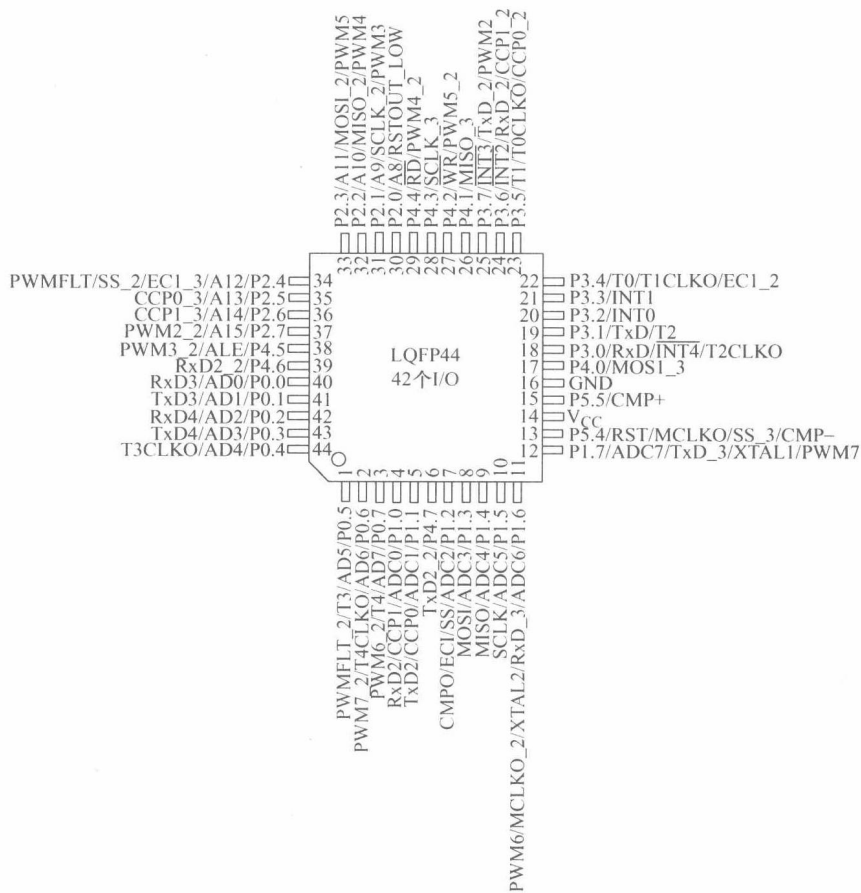
下面以 IAP15W4K58S4 单片机的 PDIP40 塑料双列直插式封装为例介绍各个引脚的功能。从引脚图可以看出, 除引脚 18、20 为电源 V_{CC} 和地 GND 以外, 其他 38 个引脚都可以作为 I/O 口, 也就是说 IAP15W4K58S4 单片机不需外围电路, 只需接上电源就是一个单片机最小系统了。除电源外的 38 个引脚都有复用功能, 下面通过列表分别介绍。

(1) P0 口

P0 口引脚排列与功能说明如表 1-2 所示。



a) PDIP40封装形式



b) LQFP44封装形式

图 1-3 IAP15W4K58S4 的 PDIP40 和 LQFP44 封装和引脚图

表 1-2 P0 口引脚排列与功能说明

引脚号	引脚名称	第一功能	第二功能	第三功能	第四功能
1	P0.0/AD0/RxD3	标准 I/O 口	地址/数据总线	串口 3 数据接收	
2	P0.1/AD1/TxD3	标准 I/O 口	地址/数据总线	串口 3 数据发送	
3	P0.2/AD2/RxD4	标准 I/O 口	地址/数据总线	串口 4 数据接收	
4	P0.3/AD3/TxD4	标准 I/O 口	地址/数据总线	串口 4 数据发送	
5	P0.4/AD4/T3CLKO	标准 I/O 口	地址/数据总线	定时器/计数器 4 时钟输出	
6	P0.5/AD5/T3/PWMFLT_2	标准 I/O 口	地址/数据总线	定时器/计数器 3 外部输入	PWM 异常停机控制
7	P0.6/AD6/T4CLKO/PWM7_2	标准 I/O 口	地址/数据总线	定时器/计数器 4 时钟输出	脉宽调制输出通道 7
8	P0.7/AD7/T4/PWM6_2	标准 I/O 口	地址/数据总线	定时器/计数器 4 外部输入	脉宽调制输出通道 6

(2) P1 口

P1 口引脚排列与功能说明如表 1-3 所示。

表 1-3 P1 口引脚排列与功能说明

引脚号	引脚名称	第一功能	第二功能	第三功能	第四功能	第五功能
9	P1.0/ADC0/CCP1/RxD2	标准 I/O 口	ADC 输入通道 0	外部信号捕获、高速脉冲输出及脉宽调制输出通道 1	串口 2 数据接收	
10	P1.1/ADC1/CCP0/TxD2	标准 I/O 口	ADC 输入通道 1	外部信号捕获、高速脉冲输出及脉宽调制输出通道 0	串口 2 数据发送	
11	P1.2/ADC2/SS/ECI/CMPO	标准 I/O 口	ADC 输入通道 2	SPI 同步串行接口的从机选择信号	CCP/PCA 计数器的外部脉冲输入	比较器的比较结果输出
12	P1.3/ADC3/MOSI	标准 I/O 口	ADC 输入通道 3	SPI 同步串行接口的主出从入		
13	P1.4/ADC4/MISO	标准 I/O 口	ADC 输入通道 4	SPI 同步串行接口的主出从入		
14	P1.5/ADC5/SCLK	标准 I/O 口	ADC 输入通道 5	SPI 同步串行接口的时钟信号		
15	P1.6/ADC6/RxD_3/XTAL2/MCLKO_2/PWM6	标准 I/O 口	ADC 输入通道 6	串口 1 数据接收	内部时钟电路反相放大器的输出, 接外部晶振的其中一端	脉宽调制输出通道 6
16	P1.7/ADC7/TxD_3/XTAL1/PWM7	标准 I/O 口	ADC 输入通道 7	串口 1 数据发送	内部时钟电路反相放大器输入, 接外部晶振的其中一端	脉宽调制输出通道 7

(3) P2 口

P2 口引脚排列与功能说明如表 1-4 所示。

表 1-4 P2 口引脚排列与功能说明

引脚号	引脚名称	第一功能	第二功能	第三功能	第四功能	第五功能
32	P2.0/A8/ RSTOUT_LOW	标准 I/O 口	地址 总线 A8	上电后和复位期间输出低电平，用户可用软件将其设置为高电平或低电平，如果要读外部状态，可将该口先置高后再读		
33	P2.1/A9/ SCLK_2/PWM3	标准 I/O 口	地址 总线 A9	SPI 同步串行接口的时钟信号	脉宽调制输出通道 3	
34	P2.2/A10/ MISO_2/PWM4	标准 I/O 口	地址 总线 A10	SPI 同步串行接口的主入从出（主器件的输入和从器件的输出）	脉宽调制输出通道 4	
35	P2.3/A11/ MOSI_2/PWM5	标准 I/O 口	地址 总线 A11	SPI 同步串行接口的主出从入（主器件的输出和从器件的输入）	脉宽调制输出通道 5	
36	P2.4/A12/ECI_3/ SS_2/PWMFLT	标准 I/O 口	地址 总线 A12	CCP / PCA 计数器的外部脉冲输入	SPI 同步串行接口的从机选择信号	PWM 异常停机控制
37	P2.5/A13/CCP0_3	标准 I/O 口	地址 总线 A13	外部信号捕获、高速脉冲输出及脉宽调制输出通道 0		
38	P2.6/A14/CCP1_3	标准 I/O 口	地址 总线 A14	外部信号捕获、高速脉冲输出及脉宽调制输出通道 1		
39	P2.7/A15/PWM2_2	标准 I/O 口	地址 总线 A15	脉宽调制输出通道 2		

(4) P3 口

P3 口引脚排列与功能说明如表 1-5 所示。

表 1-5 P3 口引脚排列与功能说明

引脚号	引脚名称	第一功能	第二功能	第三功能	第四功能
21	P3.0/RxD/ $\overline{\text{INT4}}$ / T2CLKO	标准 I/O 口	串口 1 输入	外部中断 4	定时器 2 时钟输出
22	P3.1/TxD/T2	标准 I/O 口	串口 1 输出	定时器 2 计数脉冲输入	
23	P3.2/INT0	标准 I/O 口	外部中断 0		
24	P3.3/INT1	标准 I/O 口	外部中断 1		
25	P3.4/T0/T1CLKO/ ECI_2	标准 I/O 口	定时器 0 计数脉冲输入	定时器 1 时钟输出	CCP/PCA 计数器的外部脉冲输入
26	P3.5/T1/T0CLKO/ CCP0_2	标准 I/O 口	定时器 1 计数脉冲输入	定时器 0 时钟输出	外部信号捕获、高速脉冲输出及脉宽调制输出通道 0
27	P3.6/ $\overline{\text{INT2}}$ /RxD_2/ CCP1_2	标准 I/O 口	外部中断 2	串口 1 输入	外部信号捕获、高速脉冲输出及脉宽调制输出通道 1
28	P3.7/ $\overline{\text{INT3}}$ /TxD_2/ PWM2	标准 I/O 口	外部中断 3	串口 1 输出	脉宽调制输出通道 2

(5) P4 口

P4 口引脚排列与功能说明如表 1-6 所示。

表 1-6 P4 口引脚排列与功能说明

引脚号	引脚名称	第一功能	第二功能	第三功能
29	P4.1/MISO ₋₃	标准 I/O 口	SPI 同步串行接口的主入从出 (主器件的输入和从器件的输出)	
30	P4.2/ $\overline{\text{WR}}$ /PWM5 ₋₂	标准 I/O 口	外部数据存储器件写选通输出端	脉宽调制输出通道 5
31	P4.4/ $\overline{\text{RD}}$ /PWM4 ₋₂	标准 I/O 口	外部数据存储器件读选通输出端	脉宽调制输出通道 4
40	P4.5/ALE/PWM3 ₋₂	标准 I/O 口	地址锁存允许	脉宽调制输出通道 3

(6) P5 口

P5 口引脚排列与功能说明如表 1-7 所示。

表 1-7 P5 口引脚排列与功能说明

引脚号	引脚名称	第一功能	第二功能	第三功能	第四功能	
17	P5.4/RST/MCLKO/SS ₋₃ /CMP ₋	标准 I/O 口	复位	主时钟输出	SPI 同步串行接口的从机选择信号	比较器负极输入
19	P5.5/CMP ₊	标准 I/O 口	比较器正极输入			

二、IAP15W4K58S4 单片机的内部结构

IAP15W4K58S4 单片机包含中央处理器 (CPU), 程序存储器 (Flash), 数据存储器 (SRAM), 定时器/计数器, 掉电唤醒专用定时器, I/O 口, 高速 A-D 转换器, 比较器, 看门狗, UART 高速异步串口 1、串口 2、串口 3、串口 4, CCP/PWM/PCA, 高速异步串行通信口 SPI, 片内高精度 R/C 时钟及高可靠复位模块等。IAP15W4K58S4 单片机片内基本结构如图 1-4 所示。

1. CPU 结构

CPU 是单片机的核心部件, 它由运算器和控制器等部件组成。

(1) 运算器

运算部件以算术逻辑单元 ALU 为核心, 是由 ALU、累加器 ACC、寄存器 B、暂存器、程序状态字 PSW 以及十进制调整电路和布尔处理器等许多部件组成的。

1) 8 位算术和逻辑运算的 ALU 单元。ALU 单元可以对 4 位 (半字节)、8 位 (一字节) 和 16 位 (双字节) 数据进行操作, 完成算术四则运算、逻辑运算、位操作及循环移位等逻辑操作, 操作结果的状态信息送至状态寄存器 (PSW)。

2) 累加器 ACC, 在指令中用助记符 A 来表示。累加器 ACC 是一个 8 位寄存器, 是 CPU 中工作最繁忙的寄存器。在算术逻辑运算中, 用来存放一个操作数或运算结果 (包括中间结果)。与外部存储器和 I/O 接口打交道时, 完成数据传送。

3) 寄存器 B。寄存器 B 可作通用寄存器, 在乘除运算中使用。作乘法运算时, 寄存器 B 用来存放乘数以及积的高位字节; 作除法运算时, 寄存器 B 用来存放除数以及余数; 不作乘除运算时, 寄存器 B 可作通用寄存器使用。

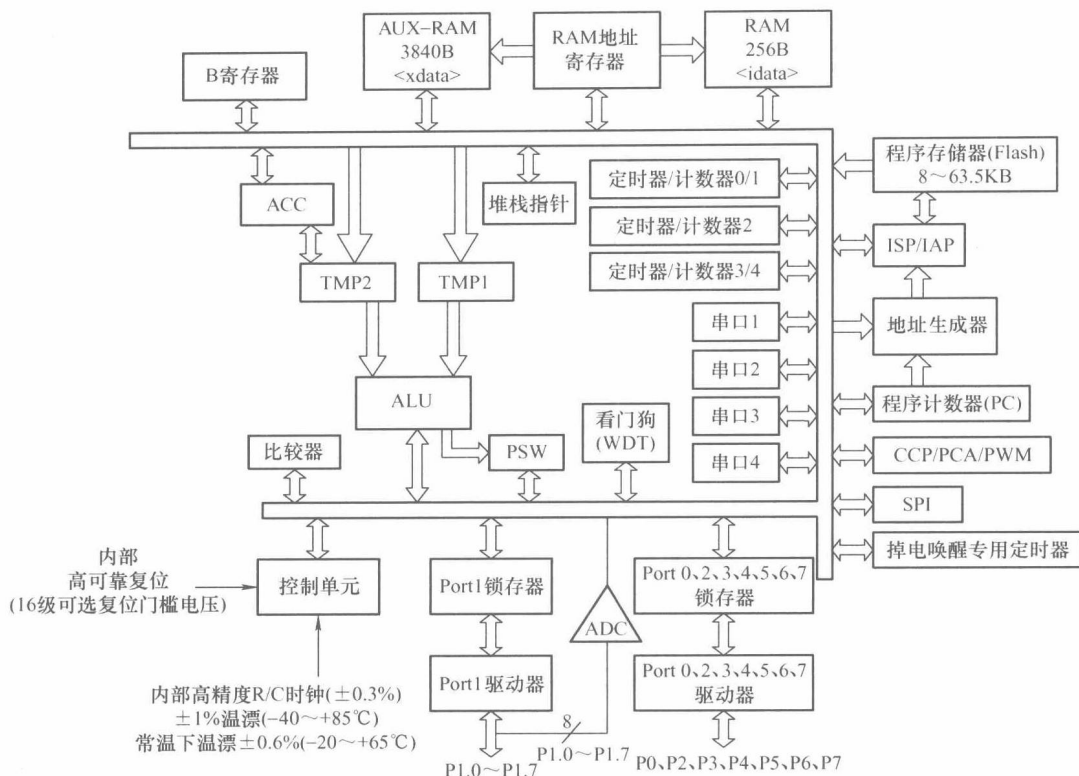


图 1-4 IAP15W4K58S4 单片机的内部结构

4) 程序状态字寄存器 PSW (程序状态标志寄存器)。程序状态字寄存器 PSW 是 8 位寄存器，用于存放当前指令执行后操作结果的某些特征，以便为下一条指令的执行提供依据。PSW 的各位定义如表 1-8 所示。

表 1-8 PSW 各位定义

位序	PSW. 7	PSW. 6	PSW. 5	PSW. 4	PSW. 3	PSW. 2	PSW. 1	PSW. 0
位标志	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P
位地址	D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H

① CY: 进位标志位。在执行某些算术和逻辑指令时，可以被硬件或软件置位或清零。在算术运算中，它可作为进位标志；在位运算中，它作累加器使用；在位传送、位与和位或等位操作中，都要使用进位标志位。

② AC: 辅助进位标志。进行加法或减法操作时，当发生低 4 位向高 4 位进位或借位时，AC 由硬件置位，否则 AC 位被置“0”。在执行十进制调整指令时，将借助 AC 的状态进行判断。

③ F0: 用户标志位。该位为用户定义的状态标记，用户根据需要用软件对其置位或清零，也可以用软件测试 F0 来控制程序的跳转。

④ RS1 和 RS0: 寄存器区选择控制位。该两位通过软件置“0”或“1”来选择当前工

作寄存器区, 如表 1-9 所示。

表 1-9 工作寄存器选择

RS1	RS0	寄存器组	片内 RAM 地址	RS1	RS0	寄存器组	片内 RAM 地址
0	0	第 0 组	00H~07H	1	0	第 2 组	10H~17H
0	1	第 1 组	08H~0FH	1	1	第 3 组	18H~1FH

CPU 通过对 PSW 中的 D4H、D3H 位内容的修改, 就能任选一个工作寄存器区。

⑤ OV: 溢出标志位。当执行算术指令时, 在带符号的加减运算中, $OV=1$ 表示有溢出 (或借位); 反之, $OV=0$ 表示运算正确, 即无溢出产生。

⑥ P: 奇偶标志位。用以表示累加器 A 中 1 的个数的奇偶性, 它常常用于手机间通信。若累加器中 1 的个数为奇数, 则 $P=1$, 否则 $P=0$ 。

5) 布尔处理器。布尔处理器用于完成布尔代数逻辑运算。

(2) 控制器

控制器是 CPU 的大脑中枢, 是计算机的指挥控制部件。它由程序计数器 (PC)、指令寄存器 (IR)、指令译码器 (ID)、数据指针 (DPTR)、堆栈指针 (SP) 以及定时与控制电路等部件组成。对来自存储器中的指令进行译码, 通过定时控制电路在规定的时刻发出各种操作所需的控制信号, 使各部分协调工作, 完成指令所规定的功能。

1) 程序计数器 PC。程序计数器 PC 是 16 位专用寄存器, 寻址范围为 64KB, 用于存放 CPU 执行的下一条指令的地址, 具有自动加 1 的功能。当一条指令按照 PC 所指的地址从程序存储器中取出后, PC 会自动加 1, 指向下一条指令。

2) 指令寄存器 IR 和指令译码器 ID。指令寄存器 IR 是 8 位寄存器, 用于暂存待执行的指令, 等待译码; 指令译码器 ID 对指令寄存器中的指令进行译码, 即将指令转变为所需的电平信号。

根据译码器输出的电平信号, 再经定时控制电路定时产生执行该指令所需要的各种控制信号。

3) 数据指针 DPTR。数据指针 DPTR 是 16 位专用寄存器。它可以对 64KB 的外部数据存储器和 I/O 口进行寻址, 也可作为两个 8 位寄存器。它用作外部数据存储器的地址指针。

4) 堆栈指针 SP。堆栈指针 SP 是 8 位特殊功能寄存器。在片内 RAM (128B) 中开辟栈区, 并随时跟踪栈顶地址, 它按先进后出的原则存取数据, 上电复位后, SP 指向 07H。

2. 存储器及特殊功能寄存器

STC15 系列单片机的程序存储器和数据存储器是各自独立编址的。STC15 系列单片机的所有程序存储器都是片上 Flash 存储器, 不能访问外部程序存储器, 因此没有访问外部程序存储器的总线。程序 Flash 存储器可在线反复编程擦写 10 万次以上, 提高了使用的灵活性和方便性。

STC15 系列单片机内部集成了大容量的数据存储器, IAP15W4K58S4 单片机内有 4096B 的数据存储器, 4096B 数据存储器在物理和逻辑上分为两个地址空间: 内部 RAM (256B) 和内部扩展 RAM (3840B)。其中内部 RAM 高 128B 的数据存储器与特殊功能寄存器 (SFR) 貌似地址重叠, 实际使用时通过不同的寻址方式加以区分。另外, IAP15W4K58S4 单片机还可以访问在片外扩展的 64KB 外部数据存储器。IAP15W4K58S4