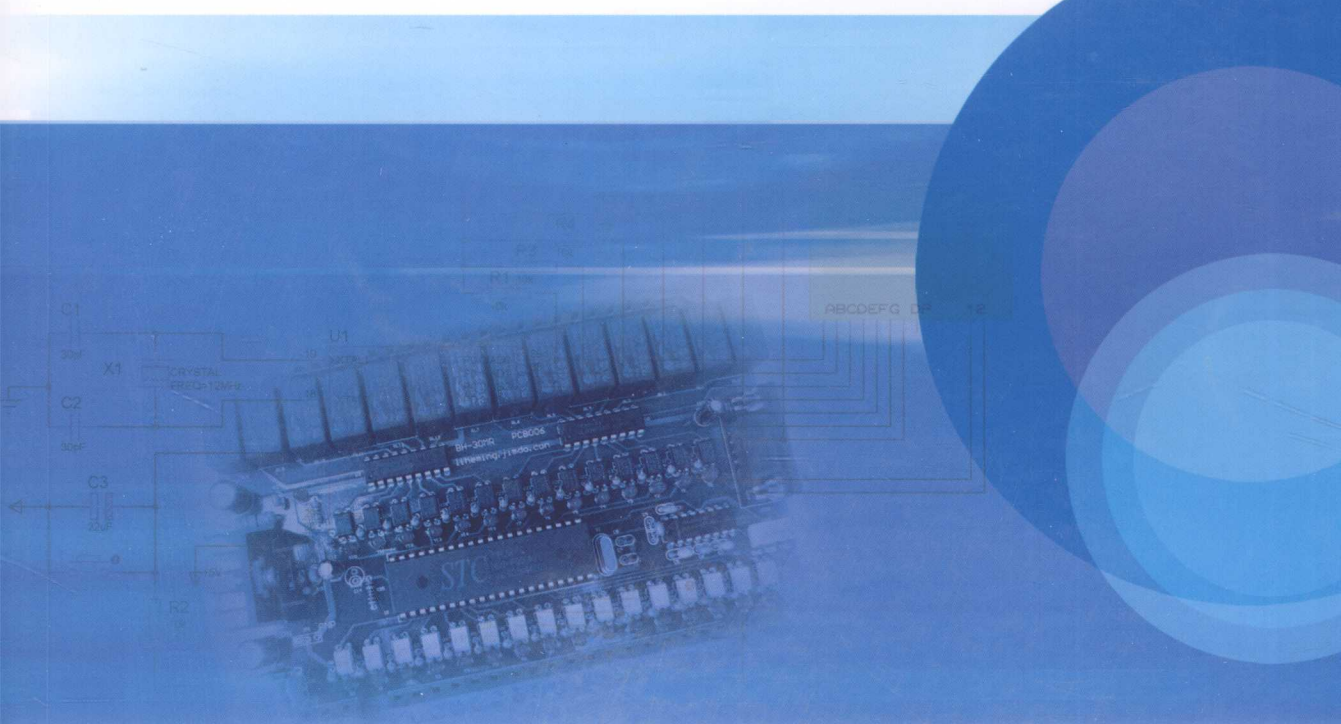




普通高等教育“十三五”规划教材



# STC单片机基础及应用 (C语言版)

杨轶璐 刘强 编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”规划教材

# STC 单片机基础及应用

(C 语言版)

杨轶璐 刘强 编

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书以 STC15F2K60S2 为例,着重从应用的角度介绍单片机 C 语言的程序设计以及单片机与各种硬件接口的设计,同时兼顾汇编语言的使用,给出了部分例程。全书共 11 章,包括:STC15 系列单片机的硬件结构,单片机 C 语言程序设计,STC15 系列的中断系统、定时/计数器,STC15 系列单片机外部存储器扩展、串行通信接口技术,STC15 系列单片机的 A/D、CCP/PCA/PWM 模块、SPI 接口及 STC15 系列单片机应用系统的设计等。本书突出了选取内容的实用性、典型性。书中的应用实例,大多来自科研工作及教学实践,且经过检验,内容丰富、详实。

本书可作为工科院校本科生课程的教材,电子设计竞赛、电子设计工程师考试的培训教材,也可供从事自动控制、智能仪器仪表、电力电子、机电一体化以及各类单片机开发与应用的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

STC 单片机基础及应用: C 语言版 / 杨轶璐, 刘强编.  
—北京: 中国石化出版社, 2016. 4  
普通高等教育“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-5114-3898-0

I. ①S… II. ①杨… ②刘… III. ①单片微型计算机—  
C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP368. 1  
②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 072822 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式  
或任何方式传播。版权所有,侵权必究。



### 中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京富泰印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787×1092 毫米 16 开本 15 印张 356 千字

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

定价:36.00 元

# 前 言

单片机是计算机技术、大规模集成电路技术和控制技术的综合产物。自 20 世纪 80 年代发展至今，单片机已成为人类生活中不可或缺的助手。目前在工业控制、智能仪器仪表、家用电器、网络和通信、汽车电子等诸多领域，随处可见单片机的踪影，单片机技术开发和应用水平已成为一个国家工业化发展水平的标志之一。

单片机课程是一门应用设计类课程，所以本书着重从应用的角度介绍单片机 C 语言的程序设计以及单片机与各种硬件接口的设计，同时兼顾汇编语言的使用，给出了部分例程。全书共 11 章，以宏晶科技公司的 STC15F2K60S2 为例，主要内容包括：STC15 系列单片机的硬件结构，单片机 C 语言程序设计，STC15 系列的中断系统、定时/计数器，STC15 系列单片机外部存储器扩展、串行通信接口技术，STC15 系列单片机的 A/D、CCP/PCA/PWM 模块、SPI 接口及 STC15 系列单片机应用系统的设计等。STC 系列单片机是传统 MCS-51 单片机的理想替代产品。

本书突出了选取内容的实用性、典型性。书中的应用实例，大多来自科研工作及教学实践，且经过检验，内容丰富、翔实。

本书由辽宁石油化工大学杨轶璐、刘强编写。其中杨轶璐编写了第 1、2、3、5、6 章，刘强编写了第 4、7、8、9、10、11 章。

本书可作为工科院校本科生课程的教材，也可供从事自动控制、智能仪器仪表、电力电子、机电一体化以及各类单片机开发与应用的工程技术人员参考。

鉴于作者水平有限，加之时间仓促，因此对书中错误和疏漏之处，敬请各位读者批评指正。

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	( 1 )
1.1 单片机的基本概念 .....	( 1 )
1.2 单片机的发展 .....	( 1 )
1.3 单片机内部结构 .....	( 2 )
1.4 单片机的特点 .....	( 2 )
1.5 单片机的分类 .....	( 3 )
1.6 单片机应用系统 .....	( 4 )
1.7 单片机应用领域 .....	( 5 )
1.8 单片机的发展趋势 .....	( 6 )
<b>2 STC15 单片机的硬件结构</b> .....	( 9 )
2.1 STC15F2K60S2 单片机主要性能 .....	( 9 )
2.2 STC15F2K60S2 单片机引脚功能 .....	( 9 )
2.3 STC15F2K60S2 单片机的内部结构 .....	( 15 )
2.4 STC15F2K60S2 单片机的存储结构 .....	( 17 )
2.5 STC15F2K60S2 单片机的并行 I/O 口 .....	( 22 )
2.6 STC15F2K60S2 单片机的时钟与复位 .....	( 27 )
2.7 STC15F2K60S2 单片机低功耗模式 .....	( 31 )
<b>3 STC15 单片机的程序设计</b> .....	( 34 )
3.1 单片机程序设计语言概述 .....	( 34 )
3.2 C51 基础 .....	( 35 )
3.3 C51 程序设计 .....	( 43 )
<b>4 STC15 单片机的中断系统</b> .....	( 51 )
4.1 中断概述 .....	( 51 )
4.2 STC15F2K60S2 单片机的中断系统 .....	( 51 )
4.3 STC15F2K60S2 单片机外部中断的扩展 .....	( 64 )
<b>5 STC15 单片机的定时/计数器</b> .....	( 66 )
5.1 计算机系统中的定时方法 .....	( 66 )
5.2 STC15F2K60S2 单片机定时/计数器(T0、T1)的结构和工作原理 .....	( 66 )
5.3 STC15F2K60S2 单片机定时/计数器(T0、T1)的相关控制寄存器 .....	( 67 )
5.4 STC15F2K60S2 单片机定时/计数器(T0、T1)的工作方式 .....	( 69 )
5.5 STC15F2K60S2 单片机定时/计数器(T0、T1)的应用举例 .....	( 74 )
5.6 STC15F2K60S2 单片机的定时器 T2 .....	( 80 )
5.7 STC15F2K60S2 单片机的可编程时钟输出功能 .....	( 81 )

<b>6</b>	<b>STC15 单片机存储器的应用</b> .....	( 84 )
6.1	STC15F2K60S2 单片机的程序存储器 .....	( 84 )
6.2	STC15F2K60S2 单片机的基本 RAM .....	( 85 )
6.3	STC15F2K60S2 单片机的扩展 RAM(XRAM) .....	( 86 )
6.4	STC15F2K60S2 单片机的 EEPROM .....	( 91 )
<b>7</b>	<b>STC15 单片机的串行通信</b> .....	( 101 )
7.1	串行通信基本知识 .....	( 101 )
7.2	STC15F2K60S2 单片机的串行口 1 .....	( 104 )
7.3	STC15F2K60S2 单片机的串行口 2 .....	( 130 )
<b>8</b>	<b>STC15 单片机的 A/D 转换</b> .....	( 134 )
8.1	STC15F2K60S2 单片机 A/D 模块的结构 .....	( 134 )
8.2	STC15F2K60S2 单片机 A/D 模块的控制 .....	( 135 )
8.3	STC15F2K60S2 单片机 A/D 模块的应用 .....	( 138 )
<b>9</b>	<b>STC15 单片机的 CCP/PCA/PWM 模块</b> .....	( 143 )
9.1	STC15F2K60S2 单片机的 CCP/PCA/PWM 模块的结构 .....	( 143 )
9.2	与 CCP/PWM/PCA 应用有关的特殊功能寄存器 .....	( 143 )
9.3	CCP/PCA 模块的工作模式与应用举例 .....	( 147 )
9.4	PCA 模块功能引脚的切换 .....	( 160 )
<b>10</b>	<b>STC15 单片机的 SPI 接口</b> .....	( 162 )
10.1	STC15F2K60S2 单片机的 SPI 接口结构 .....	( 162 )
10.2	与 SPI 功能模块相关的特殊功能寄存器 .....	( 164 )
10.3	SPI 接口的数据通信 .....	( 165 )
10.4	SPI 接口的应用举例 .....	( 169 )
10.5	SPI 接口功能引脚的切换 .....	( 178 )
<b>11</b>	<b>STC15 单片机的其他接口设计</b> .....	( 179 )
11.1	键盘接口设计 .....	( 179 )
11.2	LED 显示接口设计 .....	( 184 )
11.3	LCD 接口及应用 .....	( 187 )
11.4	专用键盘显示接口 ZLG7290 .....	( 193 )
11.5	串行 A/D 转换器 TLC549 的应用 .....	( 203 )
11.6	串行 D/A 转换器 TLC5620 的应用 .....	( 207 )
<b>附录 1</b>	<b>Keil <math>\mu</math>Vision 集成开发环境</b> .....	( 213 )
1.1	创建一个 Keil C51 应用程序 .....	( 213 )
1.2	程序文件的编译、链接 .....	( 219 )
1.3	软件调试环境的设置 .....	( 222 )
1.4	仿真调试 .....	( 224 )
<b>附录 2</b>	<b>MCS-51 系列单片机汇编指令表</b> .....	( 226 )
<b>附录 3</b>	<b>ASCII 美国标准信息交换码表</b> .....	( 231 )
<b>参考文献</b>	.....	( 232 )



# 1 绪 论

## 1.1 单片机的基本概念

单片机因将其主要组成部分集成在一个芯片上而得名，具体说就是把中央处理器 CPU (Central Process Unit)、随机存储器 RAM(Random Access Memory)、只读存储器 ROM(Read Only Memory)、中断系统、定时/计数器以及 I/O(Input/Output)口电路等主要微型机部件，集成在一块芯片上。虽然单片机只是一个芯片，但从组成和功能上看，它已具有了计算机系统的属性，为此称它为单片微型计算机 SCMC(Single Chip MicroComputer)，简称单片机。

单片机主要应用于控制领域，用以实现各种测试和控制功能，为了强调其控制属性，也可以把单片机称为微控制器 MCU(MicroController Unit)。在国际上，“微控制器”的叫法似乎更通用一些，而在我国则比较习惯于“单片机”这一名称，因此本书使用“单片机”一词。

由于单片机在应用时通常是处于被控系统的核心地位并融入其中，即以嵌入的方式进行使用，为了强调其“嵌入”的特点，也常常将单片机称为嵌入式微控制器 EMCU(Embedded MicroController Unit)。在单片机的电路和结构中有许多嵌入式应用的特点。

## 1.2 单片机的发展

单片机诞生于 20 世纪 70 年代，发展非常迅猛，其发展分为如下四个阶段。

### (1) 第一阶段(1976~1978 年)

此阶段为单片机的探索阶段。这个阶段以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是单片机在工业控制领域的探索，参与这一探索的还有 Motorola 公司、Zilog 公司等，这些公司都取得了令人满意的成果。这就是 SCM 的诞生年代，“单片机”一词即由此而来。

### (2) 第二阶段(1978~1982 年)

此阶段为单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构：

① 完善的外部总线。MCS-51 系列单片机设置了经典的 8 位单片机总线结构，包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口；

② CPU 外围功能单元的集中管理模式；

③ 体现工业控制特性的位地址空间及位操作方式；

④ 指令系统趋于丰富和完善，并且增加了许多突出控制功能的指令。

### (3) 第三阶段(1982~1990 年)

此阶段为 8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段，也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机，将一些用于测控系统的 A/D 转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中，体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的推广应用，许多电器厂商竞相以 80C51 为内核，将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中，增强了外围电路功能，强化

了智能控制的特征。

(4) 第四阶段(1990 年至今)

此阶段为单片机的全面发展阶段。随着单片机在各领域全面深入地应用和发展,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

### 1.3 单片机内部结构

单片机内部含有计算机的基本功能部件,典型的单片机内部结构如图 1.1 所示。

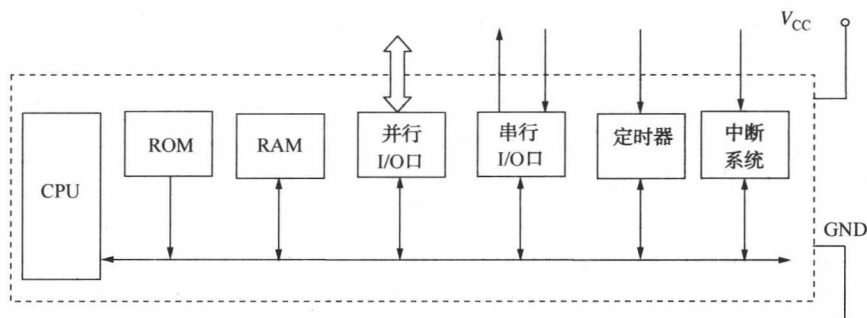


图 1.1 单片机内部结构图

(1) 中央处理器 CPU

中央处理器 CPU 是单片机的核心部件,根据 CPU 字长可分为 1 位机、4 位机、8 位机、16 位机和 32 位机等。不同单片机 CPU 的速度、数据处理能力、中断和实时控制功能差别较大,这都是衡量 CPU 功能的主要技术指标。

(2) 存储器

单片机的程序存储器和数据存储器通常都是分开的,因为单片机面向控制要较大容量的程序存储器和较少的数据存储器,而且其电路类型也不一样。

① 程序存储器 ROM。单片机内部程序存储器一般为 1~64kB,通常采用只读存储器。一般用单片机构成的系统都是专用控制系统,一旦研制成功,其控制程序也就定型。因此,用只读存储器作程序存储器,不仅提高了可靠性,而且由于只读存储器的集成度高、价格低,也降低了成本。

② 数据存储器 RAM。单片机内部的数据存储器容量一般为 64~256B,由静态随机存储器 RAM 构成,少数特殊单片机内部含有 EEPROM 作数据存储器。单片机内部数据存储器可作为工作寄存器、堆栈、位标志和数据缓冲器使用。

(3) I/O 接口和特殊功能部件

单片机内部有数量不等的并行接口,可以用于外接输入输出设备。大多数单片机都有一到两个串行口,可实现异步串行通信。特殊功能部件通常包括定时/计数器,而其他功能部件(如 A/D、PWM、DMA、HSIO)的种类和数量,不同类型的单片机其配置不同。

### 1.4 单片机的特点

与一般通用微机及 CPU 芯片比较,单片机具有以下特点:



### (1) 体积小而功能全

由于是将计算机的基本组成部件集成于一块芯片上，即一小块芯片便具有计算机的功能，单片机的体积更为小巧，使用更为灵活方便，尤其适合于安装在仪器仪表内部，以及航空航天、导弹、鱼雷制导等通用微机难以应用的场合。

### (2) 面向控制

发明单片机的初始目的就是将其应用于控制，因此和通用微机比较，单片机具有强大的、灵活的控制功能，但数值计算能力相对较弱。

### (3) 抗干扰能力强，可靠性高

由于单片机主要面向工业控制，其工作环境通常较为恶劣，如强电磁干扰、高温、震动，可能会有腐蚀性气体等，这就要求单片机具有较通用微机更强的抗干扰能力，能够应付各种复杂、恶劣的环境条件。事实上，单片机产品具有高可靠性，性能优秀而稳定，工作时出现差错的概率极低。

### (4) 低电压、低功耗

单片机大量应用于便携式产品和家用消费类产品，其低电压和低功耗的特性尤为重要。许多单片机已可在 2.2V 电压下运行，有的已能在 1.2V 或 0.9V 电压下工作；功耗大大降低，一粒纽扣电池就可以使之长期使用。

## 1.5 单片机的分类

### (1) 4 位/8 位/16 位/32 位

这是按照单片机内部数据通道的宽度来区分的。4 位单片机价格便宜，主要用于控制洗衣机和微波炉等家用电器及高档电子玩具。8 位单片机功能较强，价格低廉，品种齐全，广泛应用于工业控制、智能接口、仪器仪表等领域，特别是高档的 8 位机，是现在使用的主要机型。16 位单片机往往用于高速、复杂的控制系统。近年来，各计算机厂家已经推出更高性能的 32 位单片机，但在测控领域，32 位单片机的应用还很少。

### (2) 通用型/专用型

这是按单片机的适用范围来区分的。例如，80C51 是通用型单片机，它不是为某种专门用途设计的；专用型单片机是针对一类产品甚至某一个产品设计、生产的，例如，为了满足电子体温计的要求，在片内集成 A/D 转换器接口等功能的温度测量控制电路。

通常所说的和本书所介绍的单片机是指通用型单片机。

### (3) 总线型/非总线型

这是按单片机是否提供并行总线来区分的。总线型单片机普遍设置并行地址总线、数据总线、控制总线，这些引脚用以扩展并行外围器件，使之都可通过并行总线与单片机连接。另外，许多单片机已把所需要的外围器件及外设接口集成在一块芯片内，因此在许多情况下可以不要并行扩展总线，大大减少封装成本、减小芯片体积。这类单片机称为非总线型单片机。

### (4) 控制型/家电型

这是按照单片机大致应用的领域进行区分的。一般而言，控制型单片机寻址范围大，运算能力强；用于家电的单片机多为专用型，通常是小封装，价格较低，外围器件和外设接口集成度高。

显然，上述分类并不是唯一的和严格的。例如，80C51 类单片机既是通用型的又是总线型的，还可以用于工业控制。

## 1.6 单片机应用系统

由于单片机的应用场合及系统功能要求不同，用单片机构成的应用系统在规模上、结构上区别很大，大致可分为基本系统和扩展系统两种类型。

### (1) 基本系统

单片机基本系统。这种应用系统的单片机外部没有程序存储器、数据存储器或 I/O 接口等扩展部件，是由 ROM 型或 EPROM 型单片机构成的应用系统。换言之，它是由一片片内含有程序存储器和数据存储器的单片机构成，仅在外部分配以电源、输入输出设备，因而也称为最小应用系统。批量较大的单片机应用系统往往为降低成本，提高可靠性而采用这种结构。单片机基本系统结构如图 1.2 所示。

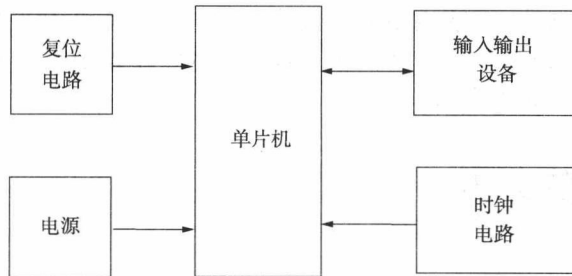


图 1.2 单片机基本系统结构图

### (2) 扩展系统

为了满足一些应用系统的特殊需要，有时要进行系统的扩展设计以弥补单片机内部资源的不足。单片机的扩展系统通过并行 I/O 口或串行口作总线，在外部扩展了程序存储器、数据存储器或 I/O 口及其他功能部件，以满足一些控制系统的特殊需要。单片机扩展系统结构如图 1.3 所示。

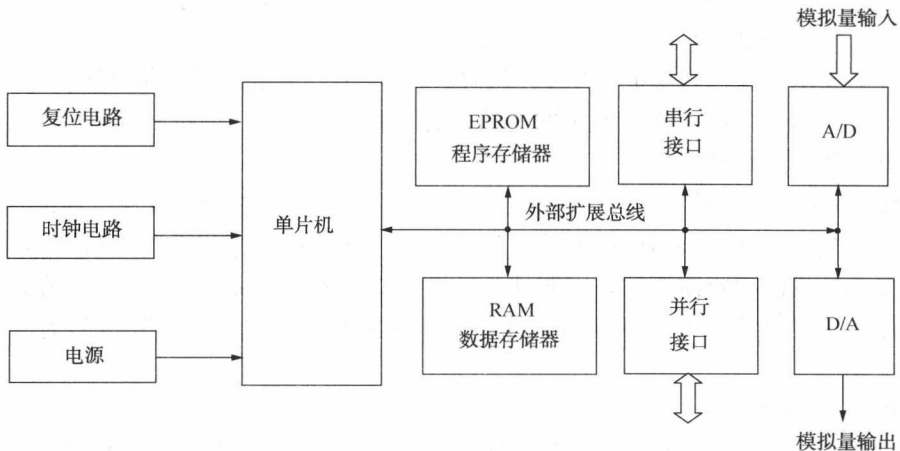


图 1.3 单片机扩展系统结构图

## 1.7 单片机应用领域

单片机面向控制且体积小巧的特点使其在众多领域获得了极为广泛的应用，下面列出了单片机应用的几个典型领域。

### (1) 智能仪器仪表

智能仪器仪表亦称微机仪器仪表，可用微处理器构成，但现在大多用单片机实现。这类仪器仪表具有较高的自动化程度，有较强的数据处理能力和逻辑判断功能，具有外形尺寸小、功能完善、操作便捷、功耗小、可靠性高等优点。各类物理、化学、生理量的测量仪器仪表均可用单片机实现智能化。

### (2) 过程控制

无论从硬件结构的设计还是从指令系统的构成来看，单片机具有很强的控制功能，特别适合于实时控制，被广泛应用于工业实时测量与控制领域。

生产过程的自动化，包括自动生产流水线、步进电机的驱动、机器人、车辆驾驶等都可用单片机控制，具有自动化、智能化程度高、成本低、维护容易等特点。如用单片机构成的电力系统数字式继电保护系统不仅在判断准确性、动作灵敏度、体积大小、可靠性等方面的性能指标要优于模拟式继电保护装置，更具有记忆存储故障信息，便于事后故障分析，将故障状态以图像、表格等形式直观清晰地提供给设计运行人员，集系统监视和多种保护功能于一体等传统继电保护装置所无法具备的优点。

### (3) 机电一体化

机电一体化是指集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体，具有智能化特征的机电产品，数控机床是机电一体化产品的典型例子。机电一体化是机械工业发展的重要方向，它给机械产业带来了全新的面貌。早期是将微处理器或通用微机用作机电产品的控制器，而单片机的出现加快了机电一体化的进程。

### (4) 旧有设备的升级改造

将单片机用于旧有设备的升级改造，可实现设备的自动控制，提升其技术水平，增加功能，更好地发挥其应用潜能，在投资很小的情况下实现设备的更新换代。由于单片机的体积更小、控制功能更强，还可用其取代以前用各类通用微机或单板机构成的控制装置。

### (5) 家用电器及电子玩具

单片机被普遍用于各类家用电器，目前高档的家用电器产品和电子玩具几乎都以单片机作为其控制器，这大大提高了产品的性价比和市场竞争能力。

### (6) 武器装备

由于单片机体积小、控制功能强大，特别是其适应能力强，能在各种恶劣的环境条件下可靠地工作，故它被广泛地应用于各种军事武器装备的控制中，可大大提高武器装备的自动化和智能化水平。例如，将其用于导弹制导、鱼雷及各种智能式军事装备等。

### (7) 医疗仪器

用单片机构成的新型医疗仪器克服了传统的医用诊疗仪器存在的不具备数据处理能力、不易得到直观而易保存的诊疗结果、人工干预工作量大、可靠性较差等缺点和弊端，具有自动化程序高、功能强、操作简便、治疗效果好、诊断结果准确直观等优点。

## (8) 计算机外部设备

单片机还被广泛用于计算机各种输入/输出设备的智能化,如智能化打印机和扫描仪、智能式键盘、智能化 CRT 显示器等。单片机的应用使得这些智能化外部设备与计算机间的通信更为简单、可靠,功能得到进一步扩充,操作使用更加灵活方便。

# 1.8 单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,并将进一步向着 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor,互补金属氧化物半导体)化、低电压和低功耗化、高性能化、外围电路内装化、大容量化、低噪声与高可靠性、系统结构简单化与规范化等几个方面发展。

## (1) 全盘 CMOS 化

CMOS 电路具有许多优点,如极宽的工作电压范围、极佳的低功耗及功耗管理特性等。CMOS 化已成为目前单片机及其外围器件流行的半导体工艺。

## (2) 采用 RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令集计算机)体系结构

早期的单片机大多采用 CISC(Complex Instruction Set Computer,复杂指令集计算机)结构体系,指令复杂,指令代码、周期数不统一,指令运行很难实现流水线操作,大大阻碍了运行速度的提高。对于 MCS-51 系列单片机,当外部时钟为 12MHz 时,其单周期指令运行速度仅为 1 MIPS(Million Instruction Per Second 的缩写,每秒处理的百万级的机器语言指令数。这是衡量 CPU 速度的一个指标)。但采用了 RISC 指令后,单片机的指令绝大部分成为单周期指令,而通过增加程序存储器的宽度(如从 8 位增加到 16 位),实现了一个地址单元存放一条指令。在这种体系结构中,很容易实现并行流水线操作,大大提高了指令运行速度。目前一些 RISC 结构的单片机,如美国 ATMEL 公司的 AVR 系列单片机,已实现了一个时钟周期执行一条指令(一些公司也在 51 单片机上实现了同样功能),在相同的 12MHz 外部时钟下,单周期指令运行速度可达 12MIPS。一方面可获得很高的指令运行速度;另一方面,在相同的运行速度下,可大大降低时钟频率,有利于获得良好的电磁兼容效果。

## (3) 多功能集成化

单片机在内部已集成了越来越多的部件,这些部件不仅包括一般常用的电路,如定时/计数器、模拟比较器、AD 转换器、DA 转换器、串行通信接口、WDT 电路和 LCD(Liquid Crystal Display,液晶显示器)的控制器等,还有的单片机为了构成控制网络或形成局部网,内部含有 CAN(Controller Area Network,控制器局域网)总线等,可以方便地构成一个控制网络。为了能在电力控制中方便使用单片机,形成最具经济效益的嵌入式控制系统,有的单片机甚至内部设置了专门用于电力控制的电路 PWM(Pulse Width Modulation,脉冲宽度调制,简称“脉宽调制”)。

## (4) 片内存储器的改进与发展

目前新型的单片机一般在片内集成两种类型的存储器:一种是随机读写存储器(常用的为 SRAM,Static Random Access Memory,静态 RAM),作为临时数据存储器存放工作数据用;另一种是只读存储器 ROM(Read Only Memory),作为程序存储器存放系统控制程序和固定不变的数据。片内存储器的改进与发展的方向是扩大容量、数据的易写和保密等。

① 片内程序存储器由 EPROM 型向 FlashROM 发展:早期的单片机在片内往往没有程序存储器或片内集成 EPROM 型的程序存储器,将程序存储器集成在单片机内可以大大提高单

片机的抗干扰性能，提高程序的保密性，减少硬件设计的复杂性和空间等，因此，片内集成程序存储器已成为新型单片机的标准形式。集成在内部的 ROM 可以是 MaskROM、EPROM、EEPROM 和 FlashROM 等。由于 EPROM 需要使用 12V 高电压编程写入、紫外线光照擦除、重写入次数有限等，给使用带来了不便。采用 MaskROM 的单片机称为掩模芯片，它是在芯片制造过程中就将程序“写入”了，并永远不能改写。采用 OTPROM (One Time Program ROM) 的单片机，其芯片出厂时片内的程序存储器是“空的”，它允许用户将自己编写好的程序一次性地编程写入，之后便再也无法修改。新型的单片机采用 FlashROM 作为片内的程序存储器。FlashROM (闪存 ROM) 在通常电压 (如 3~5V) 下就可以实现编程写入和擦除操作，重写次数在 10000 次以上，并可实现在线编程技术，为使用带来了极大的方便。前面几种类型的单片机程序存储器结构目前已经淘汰不使用了，最新的 FlashROM 类型的单片机则适合产品的设计开发、批量生产以及学习培训的应用。

② 程序保密化：一个单片嵌入式系统的程序是系统的最重要的部分，是知识产权保护的核心。为了防止片内的程序被非法读出复制，新型的单片机往往对片内的程序存储器进行加锁保密。程序写入片内的程序存储器后，可以对加密单元芯片加锁，这样，从芯片的外部无法读取片内的程序代码，若将加密单元擦除，则片内的程序也同时擦除掉，这样便达到了程序保密的目的。

③ 片内存储容量的增加：新型的单片机一般在片内集成的 SRAM 为 128 字节至 1K 字节，ROM 的容量一般为 4K 字节至 8K 字节。为了适应网络、音视频等高端产品的需要，高档的单片机在片内集成了更大容量的 RAM 和 ROM 存储器。如 ATMEL 公司的 ATmega16 单片机，片内的 SRAM 为 1K 字节，FlashROM 为 16K 字节。而该系列的高端产品 ATmega256，片内集成了 8K 字节的 SRAM、256K 字节的 FlashROM 和 4K 字节的 EEPROM。

#### (5) ISP、IAP 及基于 ISP、IAP 技术的开发和应用

ISP (In System Programmable) 称为在系统可编程技术。随着单片机在片内集成 FlashROM 技术的发展，ISP 技术在单片机中的应用逐渐流行。它首先实现了程序的串行编程写入 (下载)，使得不必把在印刷电路板上的芯片取下，就可直接将程序下载到单片机的程序存储器中，淘汰了专用的程序下载写入设备。其次，基于 ISP 技术的实现，模拟仿真开发技术重新兴起。在单时钟、单指令运行的 RISC 结构的单片机中，可实现 PC 机通过串行电缆对目标系统的在线仿真调试。在 ISP 技术应用的基础上，又发展了 IAP (In Application Programmable) 技术，称为在应用可编程技术。利用 IAP 技术，实现了用户可随时根据需要对原有的系统方便地在线更新软件、修改软件，还能实现对系统软件的远程诊断、远程调试和远程更新。

#### (6) 实现全面功耗管理

采用 CMOS 工艺后，单片机具有极佳的低功耗和功耗管理功能。它包括：

① 传统的 CMOS 单片机的低功耗运行方式，即闲置方式 (Idle Mode)、掉电方式 (Power Down Mode)。

② 双时钟技术。配置有高速 (主) 和低速 (子) 两个时钟系统。在不需高速运行时，转入子时钟控制下，以节省功耗。

③ 片内外围电路的电源管理。对集成在片内的外围接口电路实行供电管理，当该外围电路不运行时，关闭其供电。

④ 低电压节能技术。CMOS 电路的功耗与电源电压有关，降低系统的供电电压，能大

幅度减少器件的功耗。新型的单片机往往具有宽电压(3~5V)或低电压(3V)运行的特点。低电压低功耗是手持便携式系统重要的追求目标,也是绿色电子的发展方向。

(7) 以串行总线方式为主的外围扩展。目前,单片机与外围器件接口技术发展的一个重要方面是由并行外围总线接口向串行外围总线接口的发展。采用串行总线方式为主的外围扩展技术具有方便、灵活、电路系统简单、占用 I/O 资源少等特点。采用串行接口虽然比采用并行接口数据传输速度慢,但随着半导体集成电路技术的发展,大批采用标准串行总线通信协议(如 SPI、I<sup>2</sup>C、三线、1-Wire 等)的外围芯片器件的出现,串行传输速度也在不断提高(可达到 1~10Mb 的速率),片内集成程序存储器而不必外部并行扩展程序存储器,加之单片机嵌入式系统有限速度的要求,使得以串行总线方式为主的外围扩展方式能够满足大多数系统的需求,成为流行的扩展方式,而采用并行接口的扩展技术则成为辅助方式。

#### (8) 单片机向片上系统 SoC 的发展

SoC(System on Chip)是一种高度集成化、固件化的芯片级集成技术,其核心思想是把除了无法集成的某些外部电路和机械部分之外的所有电子系统电路全部集成在一片芯片中。现在一些新型的单片机已经是 SoC 的雏形,在一片芯片中集成了各种类型和更大容量的存储器、更多性能完善和强大的功能电路接口,这使得原来需要几片甚至十几片芯片组成的系统,现在只用一片就可以实现。其优点是不仅减小了系统的体积和成本,而且大大提高了系统硬件的可靠性和稳定性。



## 2 STC15 单片机的硬件结构

### 2.1 STC15F2K60S2 单片机主要性能

STC15F2K60S2 单片机的主要性能包括如下几点:

- ① 单时钟/机器周期, 即每个机器周期只有一个系统时钟, 增强型 8051CPU 内核, 速度比传统 8051 快了 7~12 倍。
- ② ISP/IAP 功能。在系统可编程/在应用可编程, 无需编程器/仿真器。
- ③ 内部高可靠复位, 8 级可选复位门槛电压, 是不需外部复位的单片机。
- ④ 内部集成高精度 R/C 时钟( $\pm 0.3\%$ ),  $\pm 1\%$  温飘( $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ ), 常温下温飘 $\pm 0.6\%$ ( $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ ), 是不需外部晶振的单片机。
- ⑤ 低功耗设计: 低速模式, 空闲模式, 掉电模式(可由外部中断、内部掉电唤醒定时器唤醒)。
- ⑥ 2K 大容量 SRAM。
- ⑦ 8~62KB Flash 程序存储器。
- ⑧ 大容量的数据 Flash(EEPROM), 擦写次数 10 万次以上。
- ⑨ 6 个定时器: 2 个 16 位可重装载定时器 T0 和 T1 兼容普通 8051 的定时器; 新增了一个 16 位的定时器 T2, 并可实现时钟输出; 此外 3 路 CCP 可再实现 3 个定时器。
- ⑩ 8 路高速 10 位 A/D 转换(30 万次/秒)。
- ⑪ 3 通道捕获/比较单元(CCP/PCA/PWM)——也可用来再实现 3 路 D/A 或 3 个定时器或 3 个外部中断(支持上升沿/下降沿中断)。
- ⑫ 2 组独立高速异步串行通信口(UART1/UART2), 可在 5 组管脚之间进行切换, 分时复用可作 5 组串口使用。
- ⑬ 1 组高速同步串行通信口(SPI), 可在 3 组管脚之间进行切换, 分时复用可作 3 组 SPI 使用。
- ⑭ 多路可编程时钟输出功能(对内部系统时钟或外部管脚的时钟输入进行时钟分频输出)。
- ⑮ 内置比较器, 功能更强大。
- ⑯ 最多 42 个 I/O 口线。
- ⑰ 先进的指令集结构, 兼容普通 8051 指令集。
- ⑱ 硬件“看门狗”(WDT)。

### 2.2 STC15F2K60S2 单片机引脚功能

STC15F2K60S2 单片机有 LQFP-44、PLCC44、LQFP-32、PDIP-40、SOP-28、SOP-32、DIP-28 等封装形式, 其中图 2.1 为 LQFP-44(12mm×12mm)封装的引脚图, 图 2.2 为

PDIP-40 封装的引脚图。

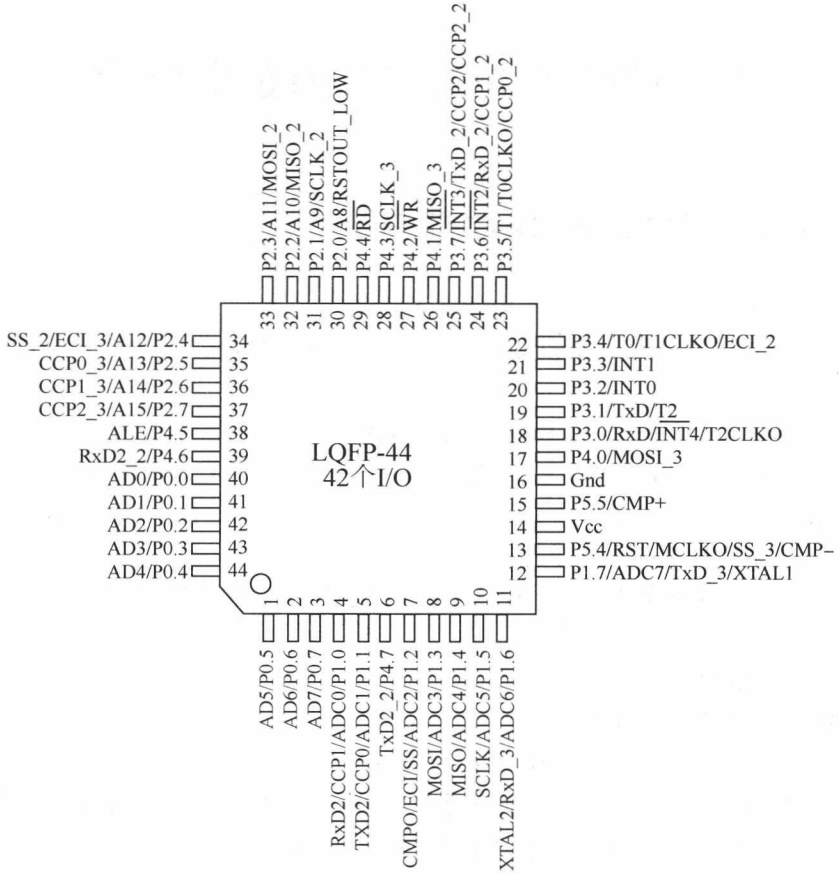


图 2.1 STC15F2K60S2 单片机 LQFP-44 封装的引脚图

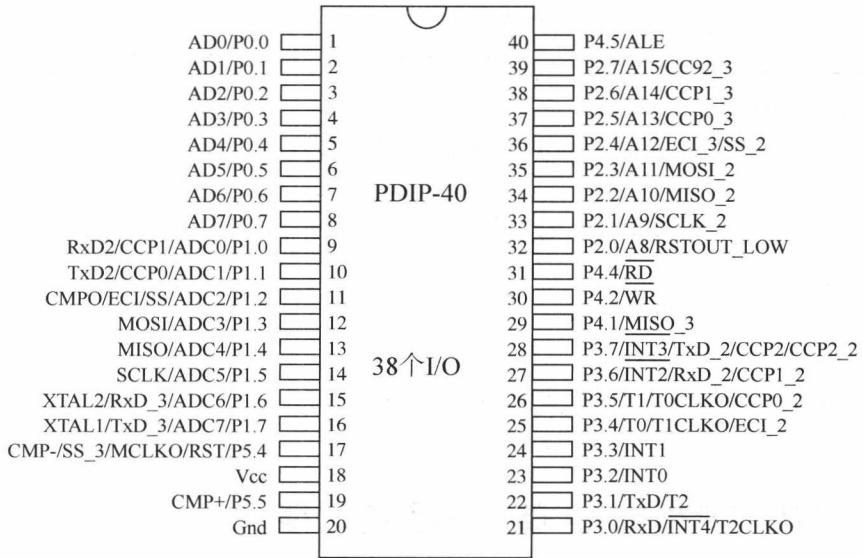


图 2.2 STC15F2K60S2 单片机 PDIP-40 封装的引脚图

STC15F2K60S2 管脚说明见表 2.1。

表 2.1 STC15F2K60S2 管脚说明

管脚	管脚编号						说明	
	LQFP 44	PLCC 44	PDIP 40	SOP 32	LQFP 32	SOP28 SKDIP28		
P0.0/AD0	40	2	1	1	29	—	P0 口既可作为输入/输出口, 也可作为地址/数据复用总线使用。当 P0 口作为输入/输出口时, P0 可以由软件配置成准双向口/弱上拉、推挽输出/强上拉、仅为输入(高阻)及开漏输出等 4 种工作类型之一, 上电复位后为准双向口/弱上拉模式。当 P0 作为地址/数据复用总线使用时, 是低 8 位地址线 [A0-A7] 及数据线的 [D0-D7]	
P0.1/AD1	41	3	2	2	30	—		
P0.2/AD2	42	4	3	3	31	—		
P0.3/AD3	43	5	4	4	32	—		
P0.4/AD4	44	6	5	—	—	—		
P0.5/AD5	1	7	6	—	—	—		
P0.6/AD6	2	8	7	—	—	—		
P0.7/AD7	3	9	8	—	—	—		
P1.0/ADC0/ CCP1/RxD2	4	10	9	5	1	3	P1.0	标准 I/O 口 PORT1[0]
							ADC0	ADC 输入通道-0
							CCP1	外部信号捕获(频率测量或当外部中断使用)、高速脉冲输出及脉宽调制输出通道-1
							RxD2	串口 2 数据接收端
P1.1/ADC1/ CCP0/TxD2	5	11	10	6	2	4	P1.1	标准 I/O 口 PORT1[1]
							ADC1	ADC 输入通道-1
							CCP0	外部信号捕获(频率测量或当外部中断使用)、高速脉冲输出及脉宽调制输出通道-0
							TxD2	串口 2 数据发送端
P1.2/ADC2/ SS/ECI	7	13	11	7	3	5	P1.2	标准 I/O 口 PORT1[2]
							ADC2	ADC 输入通道-2
							SS	SPI 同步串行接口的从机选择信号
							ECI	CCP/PCA 计数器的外部脉冲输入脚
P1.3/ADC3/ MOSI	8	14	12	8	4	6	P1.3	标准 I/O 口 PORT1[3]
							ADC3	ADC 输入通道-3
							MOSI	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)
P1.4/ADC4/ MISO	9	15	13	9	5	7	P1.4	标准 I/O 口 PORT1[4]
							ADC4	ADC 输入通道-4
							MISO	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)
P1.5/ADC5/ SCLK	10	16	14	10	6	8	P1.5	标准 I/O 口 PORT1[5]
							ADC5	ADC 输入通道-5
							SCLK	SPI 同步串行接口的时钟信号