

单片机 技术及应用

DANPIANJI JISHU JI YINGYONG



游乙龙 卢梓江 吴粤娟 钟任荣◎编

学中做做中学 —— 培养学习兴趣
任务驱动模式 —— 提高职业能力



单片机技术及应用

游乙龙 卢梓江 吴粤娟 钟任荣 编

单片机技术是当今计算机技术的重要组成部分，也是许多行业应用的核心技术。本书以单片机应用为基础，结合单片机原理，力求做到“学以致用”。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事单片机工作的工程技术人员参考。

本书共分8章。第1章介绍单片机的应用；第2章介绍单片机的组成；第3章介绍单片机的指令系统；第4章介绍单片机的总线系统；第5章介绍单片机的中断系统；第6章介绍单片机的并行接口；第7章介绍单片机的串行接口；第8章介绍单片机的应用案例。

本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事单片机工作的工程技术人员参考。

本书共分8章。第1章介绍单片机的应用；第2章介绍单片机的组成；第3章介绍单片机的指令系统；第4章介绍单片机的总线系统；第5章介绍单片机的中断系统；第6章介绍单片机的并行接口；第7章介绍单片机的串行接口；第8章介绍单片机的应用案例。

本书介绍的单片机是深圳芯微科技有限公司生产的8051单片机，其内部集成了CPU、RAM、ROM、I/O口、定时器、计数器、中断系统、串行接口、并行接口等。

本书没有机械地按单片机的基本操作，而是立足于应用，力求做到“学以致用”。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事单片机工作的工程技术人员参考。

本书正式出版前曾为校不教材多次使用，修改，但仍难免有一些错误，欢迎广大读者批评指正。

机械工业出版社

本书坚持“学中做、做中学”的思想,采用任务驱动模式编写,使读者通过完成一系列具体的学习任务,实现对知识、技能及关键职业能力的掌握。本书主要包括:点亮发光二极管、玩转流水灯、按键检测、一触即发——外部中断、定时器/计数器、彼此沟通——串口、简易数字式电压表。为便于读者学习单片机知识,在附录中给出了逻辑代数基础、C51 基础知识、STC15 系列单片机特殊功能寄存器一览表。

本书既可作为技工院校讲授单片机技术的教材或教学辅导书,还可作为学生自学单片机的入门用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机技术及应用/游乙龙等编. —北京:机械工业出版社, 2017.1

ISBN 978-7-111-55685-5

I. ①单… II. ①游… III. ①单片微型计算机—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 302630 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:陈玉芝 责任编辑:王振国

责任校对:张 征 封面设计:马精明

责任印制:李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10 印张·218 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-55685-5

定价:29.80 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:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前言

P R E F A C E

单片机技术及应用是技工院校电气类、电子类、数控类专业高级工及以上层次人员必修的一门专业主干课程，也是一根“硬骨头”。传统的教科书注重知识体系结构的完整，且大多采用汇编语言作为编程语言，再加上教学方式往往采取先理论后实验，最终导致“睡中学、学中睡”的现象。我们作为技校教师，深刻认识到对技校学生而言，理想的教学方式应该是“学中做、做中学”，即让学生通过完成一系列具体的学习任务，实现对知识、技能及关键职业能力的掌握。在此背景下，我们结合自身多年单片机工程实践经验，大胆打破原有的教学模式，进行了课程教学改革，并希望通过本书，帮助没有任何单片机基础、C语言基础的技工院校相关专业的学生，顺利认识并使用单片机，达到入门的程度，为后续职业发展奠定良好的基础。

本书分为7章和3个附录，内容涉及经典8051单片机的主要资源：并行I/O口、中断系统、定时器/计数器、串口、ADC。考虑到学生普遍缺乏数字逻辑和C语言基础知识，我们整理了附录A和附录B，同时还将单片机的特殊功能寄存器整理成附录C，方便读者随时查阅。我们通过引导学生完成一系列具体的学习任务，将C51基础知识嵌入其中，无形中完成C语言的教学。我们建议在开展教学时，使用万能板搭建电路，而不是在制作好的PCB板上焊接元器件。只有这样才能让学生建立起对硬件、软件系统的认识，而不是错误地理解为单片机只是简单编程。

本书介绍的单片机是深圳宏晶科技有限公司生产的STC15F2K60S2，该型号的单片机内部集成了时钟电路、复位电路，使用十分方便，同时片内还集成了丰富的部件，如EEPROM、SPI、ADC和PCA模块等。

本书没有机械地教授单片机的基本原理，而是侧重于引导学生使用单片机，注重学生自主学习能力的培养。本书既可作为技工院校讲授单片机技术的教材或教学辅导书，还可作为学生自学单片机的入门用书。

本书正式出版前作为校本教材多次使用、修改，但仍难免存在一些错漏，恳请读者提出宝贵修改意见。

编 者

目录

CONTENTS

前言

第1章 点亮发光二极管	1
1.1 任务分析	1
1.2 知识链接	2
1.2.1 认识单片机	2
1.2.2 单片机的基本组成	7
1.3 任务实施	11
1.3.1 单片机最小应用系统的组成	11
1.3.2 单片机控制发光二极管	16
1.3.3 C51 程序基本框架	26
1.4 巩固练习	29
第2章 玩转流水灯	31
2.1 任务分析	31
2.2 知识链接	33
2.2.1 位操作与字节操作	33
2.2.2 数制基本知识	39
2.2.3 闪烁的实现	40
2.2.4 延时子函数的使用	43
2.2.5 循环语句的使用	48
2.2.6 数组的使用	50
2.3 任务实施	53
2.4 巩固练习	55
第3章 按键检测	57
3.1 任务分析	57
3.2 知识链接	58
3.2.1 按键电路设计	58
3.2.2 按键检测原理	58
3.2.3 按键检测的 C 语言实现	60
3.2.4 if 语句	62
3.2.5 switch 语句	65
3.3 任务实施	66
3.3.1 电路原理图设计	67

3.3.2	变量定义与处理	67
3.3.3	模块化编程	69
3.4	巩固练习	70
第4章	一触即发——外部中断	72
4.1	任务分析	72
4.2	知识链接	74
4.2.1	中断的基本概念	74
4.2.2	8051 中断系统	75
4.2.3	外部中断	77
4.3	任务实施	82
4.3.1	电路原理图设计	82
4.3.2	模块化编程	82
4.4	巩固练习	84
第5章	定时器/计数器	86
5.1	任务分析	86
5.2	知识链接	87
5.2.1	定时器的本质	87
5.2.2	定时器/计数器寄存器	88
5.2.3	定时器功能框图	92
5.2.4	数码管显示	93
5.3	任务实施	95
5.3.1	电路原理图设计	95
5.3.2	模块化编程	96
5.4	巩固练习	100
第6章	彼此沟通——串口	105
6.1	任务分析	105
6.2	知识链接	108
6.2.1	串行口介绍	108
6.2.2	四种工作方式	109
6.2.3	波特率的设置	110
6.2.4	RI 和 TI 的处理	113
6.3	任务实施	114
6.3.1	电路原理图设计	114
6.3.2	模块化编程	115
6.4	巩固练习	117
第7章	简易数字式电压表	118
7.1	任务分析	118
7.2	知识链接	119

7.2.1	A-D 模块	119
7.2.2	多位数码管显示	125
7.3	任务实施	127
7.3.1	硬件电路设计	127
7.3.2	模块化编程	128
7.4	巩固练习	131
附录		133
附录 A	逻辑代数基础	133
A.1	数制与编码	133
A.2	几种常用的逻辑运算及其图形符号	138
附录 B	C51 基础知识	142
B.1	C51 中的关键字	142
B.2	C51 编译器的扩展关键字	143
B.3	常用运算符的范例与说明	144
B.4	常用运算符的优先级和结合性	145
B.5	存储类型关键字与说明	145
B.6	常用数据类型	145
附录 C	STC15 系列单片机特殊功能寄存器一览表	147

点亮发光二极管



学习目标

- 1) 认识单片机，掌握单片机的基本组成。
- 2) 认识并会搭建单片机最小应用系统。
- 3) 掌握发光二极管的基本控制原理，会用单片机点亮发光二极管。
- 4) 重视并学习资料检索与分析，进一步提高焊接技能。
- 5) 掌握 Keil 软件的基本使用。



任务描述

某自控设备厂新招聘了一名技术员，需要对其进行技术培训。培训讲师要求该技术员使用型号为 STC15F2K60S2 单片机，点亮一个发光二极管，同时强调，重视以下三点的学习与体会。

- 1) 学习看数据手册。
- 2) 学习使用网络资源。
- 3) 学会讨论与交流。

假设你就是这名新员工，请按要求完成这项任务。

1.1 任务分析

这是一个全新的开始。你可能没见过单片机，不知道单片机具有什么结构，更不知道如何使用单片机，甚至对发光二极管如何工作也有点困惑。那么如何才能完成培训讲师交代的任务呢？

首先，我们应该认识一下单片机，特别是认识型号为 STC15F2K60S2 的单片机。不仅要看单片机的外观，更要看到单片机的“内心”。

其次，我们应该简单使用单片机，让单片机能够工作起来。那么，要让单片机“活起来”，构成单片机最小应用系统，至少需要哪些基本要素呢？

再次，我们应该懂得发光二极管基本的工作原理，然后才有可能使用单片机去控制它的亮灭。

接下来，让我们开始单片机的学习之旅吧！

1.2 知识链接

1.2.1 认识单片机

1.2.1.1 单片机是一种集成电路芯片

什么是单片机？请读者认真阅读下面这段话。

单片机是一种集成电路芯片，是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口和中断系统、定时器/计数器等功能（可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A-D 转换器等电路）集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统，在工业控制领域广泛应用。

可见，单片机也无非是一种集成电路芯片，只是并不是简单地实现某个逻辑功能的芯片，而是一个集成了计算机系统的芯片。在学习电子技术时，相信读者使用过一些芯片了，如 555、集成运放、各种逻辑门等，在掌握芯片基本工作原理之后，就可以设计应用电路，实现期望的控制功能了。下面让我们认识一下型号为 STC15F2K60S2 的这块芯片吧。

如图 1-1 所示，PDIP40 封装形式的 STC15F2K60S2 单片机，从外观上，它就是一块芯片而已。该芯片有 40 个引脚，分两列分布。当要使用这块芯片时，我们需要先大致了解芯片的基本特性，熟悉引脚的基本功能。那我们如何才能获取这些信息呢？

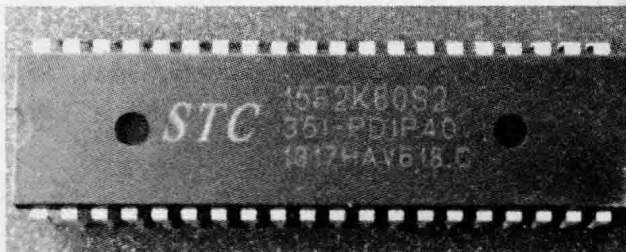


图 1-1 STC15F2K60S2 单片机外观（PDIP40 封装）

动一动

请读者使用“百度”等搜索引擎，以“STC15F2K60S2”作为关键字展开搜索，并回答如下问题。

- ❖ “STC15F2K60S2”单片机的生产厂家是_____。
- ❖ 该生产厂家的官方网址是_____。
- ❖ 你能大致描述 STC15F2K60S2 所代表的意思吗？
 - 1) STC 代表_____。
 - 2) 15F 代表_____。
 - 3) 2K 代表_____。
 - 4) 60 代表_____。
 - 5) S2 代表_____。

型号 STC15F2K60S2 所代表的意思，除基本厂家信息、产品序列信息外，其他涉及的

信息感到陌生是正常现象。因为我们的单片机学习之旅，这才刚刚起步。

通过网络搜索，我们找到了该芯片生产厂家的官方网址。

- ❖ 官网：www.stcmcu.com，如图 1-2 所示。
- ❖ 单击 **STC15 全系列中文资料**并下载数据手册！

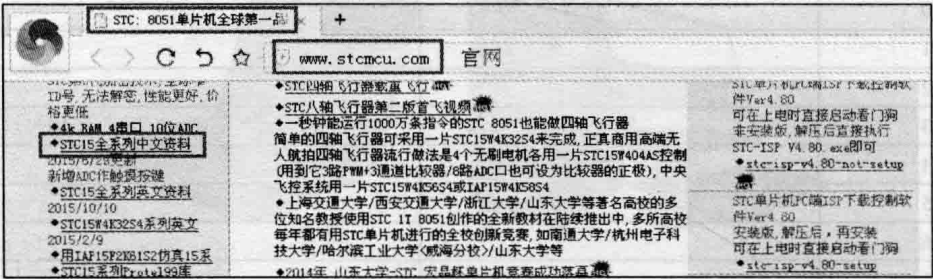


图 1-2 官网资料

阅读芯片的数据手册是最基本、最直接、最有效的方法，也是基本要求。请读者在浏览器中打开 STC 单片机官网，下载 STC15 系列单片机的中文数据手册，参考图 1-3 给出的原理图符号，完成表 1-1（提示：表 1-1 的引脚功能将贯穿整本书的硬件电路）。

1	P0.0/AD0	P4.5/ALE	40
2	P0.1/AD1	P2.7/A15/CCP2_3	39
3	P0.2/AD2	P2.6/A14/CCP1_3	38
4	P0.3/AD3	P2.5/A13/CCP0_3	37
5	P0.4/AD4	P2.4/A12/ECI_3/SS_2	36
6	P0.5/AD5	P2.3/A11/MOSI_2	35
7	P0.6/AD6	P2.2/A10/MISO_2	34
8	P0.7/AD7	P2.1/A9/SCLK_2	33
9	P1.0/ADC0/CCP1/RXD2	P2.0/A8/RSTOUT_LOW	32
10	P1.1/ADC1/CCP0/TXD2	P4.4/RD	31
11	P1.2/ADC2/SS/ECI	P4.2/WR	30
12	P1.3/ADC3/MOSI	P4.1/MISO_3	29
13	P1.4/ADC4/MISO	P3.7/INT3/TXD_2/CCP2/CCP2_2	28
14	P1.5/ADC5/SCLK	P3.6/INT2/RXD_2/CCP1_2	27
15	P1.6/ADC6/RXD_3/XTAL2	P3.5/T1/T0CLKO/CCP0_2	26
16	P1.7/ADC7/TXD_3/XTAL1	P3.4/T0/T1CLKO/ECI_2	25
17	P5.4/RST/MCLKO/SS_3	P3.3/INT1	24
18	V _{CC}	P3.2/INT0	23
19	P5.5	P3.1/TXD/T2	22
20	GND	P3.0/RXD/INT4/T2CLKO	21

图 1-3 STC15F2K60S2-PDIP40 单片机原理图符号

表 1-1 PDIP40 封装的 STC15F2K60S2 引脚功能

引脚号	引脚名称	引脚功能说明
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(续)

引脚号	引脚名称	引脚功能说明
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		

读者是否注意到不少引脚会使用斜杠“/”来分隔引脚的多个功能？事实上，这些带有斜杠的引脚，都是多功能引脚，用户通过设置相关寄存器后，可以实现不同的功能。这好比有些人身兼数职，有多个“头衔”一样，在不同场合，他/她使用不同的称呼，比如在单位他/她是“总经理”，在学术会议上，他/她可能是教授，而在家里他/她则是孩子的家长了。多功能引脚的存在是非常有益的，用户可以根据需要合理设置、变更引脚的功能，从而方便设计。

1.2.1.2 单片机本质上是计算机

STC15F2K60S2 单片机外观上只是一块普通的集成芯片。但本质上，这块看似普通的芯片是一个“计算机系统”，如图 1-4 所示。

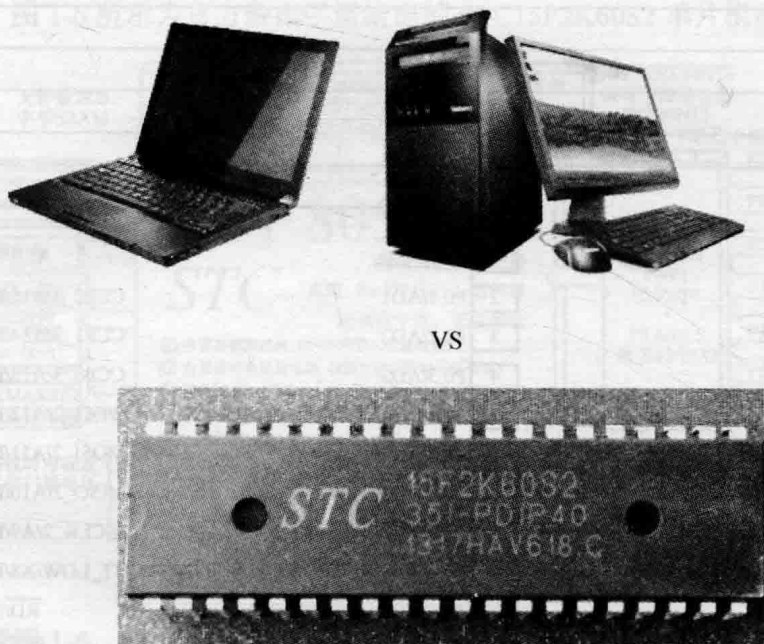


图 1-4 台式机 VS 单片机

毫无疑问，笔记本、台式计算机都是计算机，而一块小小的 STC15F2K60S2 芯片会是计算机吗？

想一想

什么是计算机？或者组成计算机的基本要素是什么？

简单地说，计算机硬件系统=CPU+存储器+I/O 接口。人们在购买计算机时，常常会去关注 CPU 和内存这两点：CPU 是多少核、多少位、主频有多高，内存是多少等。在保证 CPU 和内存的基础上，不同的用户可能提出其他不同的需求，如：喜欢玩游戏的，会关注显卡、游戏鼠标等；喜欢听音乐的，会去关注声卡等。

笔记本上一个 CPU 或内存条的体积都比这块芯片大，这么一块小芯片会是“计算机”吗？但事实的确如此，本质上，它属于计算机！

所谓单片机就是将组成计算机的基本要素集成在一块芯片上，构成了“单芯片的计算机（Single Chip Computer）”。如果把台式机比作大鹏鸟，那么单片机则是一只小麻雀。但麻雀虽小，却五脏俱全，在一块芯片上集成了 CPU、存储器、定时器/计数器、中断系统、串行口、并行口等部件，是一个名副其实的计算机，通过“引脚”与外界联系。图 1-5 所示为 STC15F2K60S2 最小应用系统，其中 18 脚和 20 脚是电源引脚。

动一动

请查阅前文或通过网络搜索，写出单片机的定义。

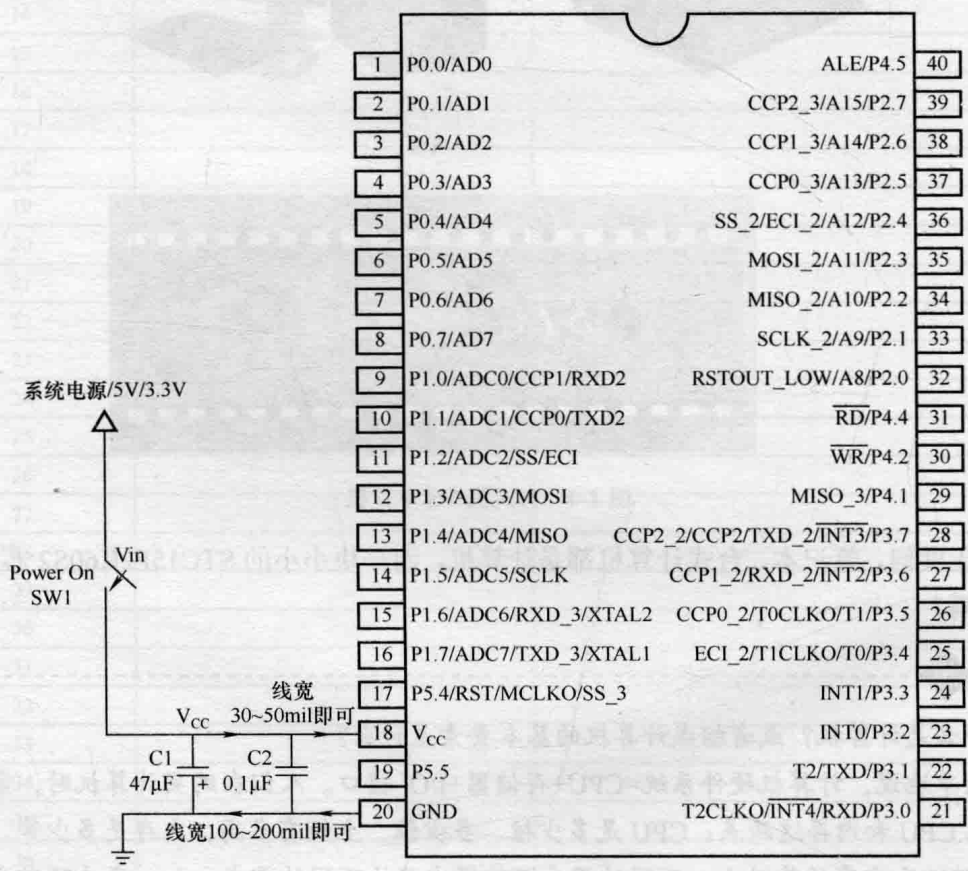


图 1-5 STC15F2K60S2 最小应用系统

注：1mil=0.0254mm。

想一想

读者是否注意到，在 VCC 和 GND 之间接了两个电容，一个电解电容（47µF），一个无极性电容（0.1µF）？请结合电容的基本作用，回答是否可以将电容去掉？

1.2.2 单片机的基本组成

前面已经说到，单片机本质上是计算机，它将 CPU、存储器、各种 I/O 接口集成在一块芯片上，通过引脚与外界联系，组成单片机应用系统。那么，单片机芯片内部到底包括了哪些部件呢？图 1-6 所示为官方数据手册给出的 STC15F2K60S2 单片机组成框图。

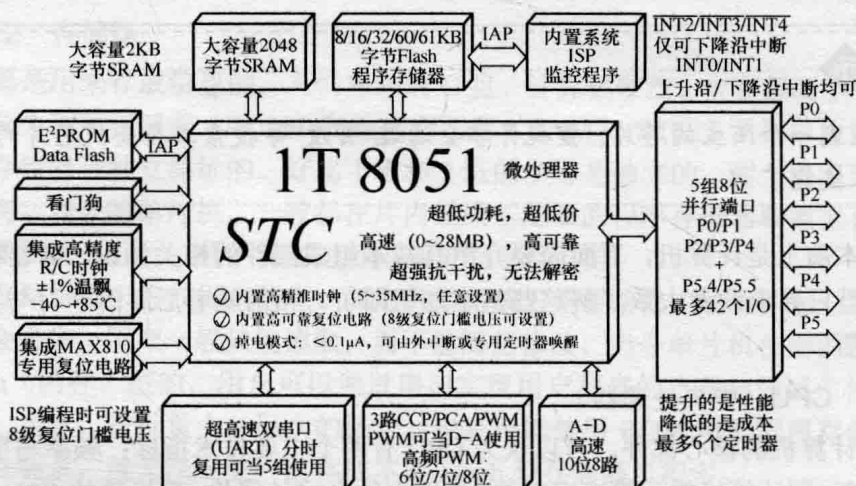


图 1-6 STC15F2K60S2 单片机组成框图

请认真阅读图 1-6，结合数据手册，列出 STC15F2K60S2 单片机的组成部件。

想一想

1. 读者是否注意到偌大的“8051”字样？8051 称之为“内核”，也可理解成架构。STC 单片机本质上也是 8051，但属于增强型的 8051。它在 8051 的基础上增加了许多功能强大的部件。请读者查阅资料并回答，经典的 8051 单片机包括哪些组成部分？

2. STC15F2K60S2 单片机的片内资源很丰富，比传统的 8051 单片机，多集成了许多实用的部件。正如厂家所说：提升的是性能，降低的是成本。请对照图 1-6，说说 STC15F2K60S2 单片机相对于传统的 8051 多了哪些资源？

3. 查阅数据手册，再次解释型号 STC15F2K60S2 各个部分代表什么意思。

温馨提示

当你遇到一个陌生的芯片，重视并学会通过“百度”等搜索工具查找芯片的相关信息是一项基本技能。

单片机本质上是计算机，下面简要介绍其基本组成部件的相关知识。需要特别强调的一点是，这里只要求读者大致了解这些基本知识即可。相信随着后续的学习与实践，读者可以逐步领悟。

1.2.2.1 CPU（中央处理器）

CPU 是计算机的核心部件。可以认为 CPU 有两个主要技术指标：频率与字长。

频率越高，则计算机的计算速度越快。像现在的台式计算机、手机等的 CPU 都是 1GHz 以上，而 8051 作为计算机中的“小麻雀”，它的运行频率一般都在几十 MHz 左右，运行速度远不如现在多核的 CPU。

字长，简单说就是计算机一次能处理的二进制位数。字长越长则处理的能力越强，且运算精度也越高。常见的计算机字长主要有：4 位、8 位、16 位、32 位、64 位。据此，计算机也分为 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机、64 位机等。8051 是典型的 8 位机，因此其处理数据的能力肯定无法与 32 位、64 位的 CPU 相提并论。

虽然 8 位单片机在运算速度和运算能力等方面，不如高端的计算机，但其“短小精悍”，在一些简单应用中仍具有巨大的市场与空间。一般又称单片机为微型控制器，即 MCU（Micro Controller Unit）。

想一想

1. 请读者观察身边的电气设备，特别是家电产品。哪些电器或设备使用了单片机作为控制核心？

2. 不同单位频率之间的关系

$$1\text{GHz}=1000\text{MHz}=10^3\text{MHz}$$

$$1\text{MHz}=1000\text{kHz}=10^3\text{kHz}$$

$$1\text{kHz}=1000\text{Hz}=10^3\text{Hz}$$

1Hz 意味着 1s 变换 1 次, 1000Hz 意味着 1s 变换 1000 次, 因此频率越高, 则变换处理的速度越高。你知道 STC15F2K60S2 单片机的频率范围是什么?

1.2.2.2 存储器

存储器是用来存放信息的, 人们熟知的 U 盘、计算机硬盘、内存都属于存储器。单片机存储器分为程序存储器 (ROM) 和数据存储器 (RAM)。STC15 系列单片机的程序存储器和数据存储器是独立编址的。好比 1 班和 2 班的学号是独立的, 两个班级可以都有 1 号而互不冲突。当今的单片机, 一般都在片内集成了足够的程序存储器和数据存储器, 用户根据项目需要选型后, 一般不需要进行外部扩充存储容量。

程序存储器用于存放用户程序、固定的数据或表格等信息。这些信息一旦存储, 断电后信息不会丢失, 用户一般只能读取, 而不能随意修改。当今单片机使用的程序存储器一般是 Flash (闪存) 型的, 用户可以通过串口实现用户程序的下载与调试工作, 使用起来十分方便。当然, 在批量十分巨大的场合, 也有可能使用 ROM 型的程序存储器; 该类型存储器一旦烧录, 就无法变更, 总体成本比 Flash 型存储器低很多。

数据存储器, 也称为随机存储器, 可随机读写, 但断电后信息立即丢失, 一般用于存取工作过程中的一些中间变量、运算结果等。STC15 系列单片机芯片内的数据存储器可分为内部 RAM 和外部 RAM 两种。内部 RAM 数量不大, 但个个速度较快, 外部 RAM 数量较大, 但速度较慢。

STC15 系列单片机具体的存储器结构, 本书不作详细的介绍。读者只需要明白程序存储器和数据存储器各自的作用就可以了。到此, 读者是否对型号 STC15F2K60S2 中的“2K”和“60”有了一个感性的认识?“2K”是指单片机内部集成了容量为 2KB 的 RAM, “60”是指单片机内部最多集成了 60KB 的 ROM。

温馨提示

存储器的基本存储单元是“字节”——Byte, 而最小的存储单元是“位”——bit。一个字节 (Byte) 等于 8 个位 (bit)。以常见的 U 盘为例, 其存储容量都是多少个 GB, 其中的“B”就是字节的意思, 1GB 有多少个字节呢?

$$1\text{KB}=1024\text{B}=2^{10}\text{B}$$

$$1\text{MB}=1024\text{KB}=2^{20}\text{B}$$

$$1\text{GB}=1024\text{MB}=2^{30}\text{B}$$

读者是否觉得单片机内部的 RAM 或 ROM 的容量都太小了? 事实上, 单片机作为微型控制器 (MCU), 在一般应用上, STC15F2K60S2 的存储器结构算是“豪华配置”了。这点在后续的学习中读者会有深刻的认识。

1.2.2.3 EEPROM Data Flash——断电保存数据 Flash

EEPROM 主要用于断电保存一些关键数据之用, 这在现实生活中是很有益处的, 比如 mp3 播放器, 在播放中你因故需要关机, 当下一次开机时, 播放器会从上一次播放的点开

始，这就需要在停机时保存这个“点”。要实现断电保存，为什么需要 EEPROM 呢？这是因为用来存放中间运算结果和变量的数据存储器 RAM 断电后数据将丢失，而有些数据或变量值一旦丢失，将会导致严重后果，怎么办呢？使用 EEPROM 就可以实现对这些关键数据的保存了。

STC15 系列单片机的 EEPROM 本质上属于程序存储器，用户可以通过一些特殊功能寄存器的设置、操作，实现对 EEPROM 的读、写，继而实现对一些关键数据的断电保存。有关 EEPROM 的详细功能介绍与使用配置，数据手册中单列一章进行了详细介绍。

1.2.2.4 看门狗 (WTD)

看门狗本质上是一个定时器，用户必须在某一个设定的时间内进行“喂狗”操作，否则这只看门狗就会“狂吠”，引起单片机复位。使用看门狗的好处是显而易见的，单片机是通过一个叫作“程序计数器 (PC)”来实现程序的运行的，PC 永远指向下一条将要被执行的指令的地址。试想一下，若是 PC 走神了或迷路了，指向非预定的指令，它将无法按预定的计划进行“喂狗”操作。一旦在规定时间内都没有进行“喂狗”操作，那么就可以认定：程序跑偏了，或陷入某个死循环，这时候只好复位单片机，“重新开始”。有关看门狗的详细功能介绍与使用配置，数据手册中单列一章进行了详细介绍。

1.2.2.5 时钟的有关概念

人们的生活需要时钟指示时间，在某个时间段做某些事。单片机也一样，需要有一个时间基准，包括 CPU 在内的各个功能部件，在这个时间基准下协调、有序地开展工作。这个时间基准的快慢即为“频率”，它由“时钟电路”产生。有关时钟电路在下文中有详细介绍，这里只以外部通过 XTAL1 和 XTAL2 接时钟晶体振荡器为例，介绍时钟的有关概念。

温馨提示

读者若急于认识单片机时钟电路有关内容，结合阅读下文“最小应用系统”中的时钟部分。

外部输入的时钟对应的周期称为**时钟周期**或**振荡周期**，这是单片机中最小的时间单位，好比“一分”是人民币的最小币值一样。如同现实生活中，一分钱难以买到什么物品一样，单片机中一个时钟周期也一般完成不了什么操作。单片机完成一个基本操作所需要的时间称为**机器周期**，它一般是时钟周期的 12 倍，这就是所谓的“12T”时钟模式。传统 8051 单片机均采用“12T”模式。举个例子，假设使用 12MHz 的时钟，则时钟周期为 $1/12\mu\text{s}$ ，机器周期则是 $12\mu\text{s} \times 1/12 = 1\mu\text{s}$ 。

动一动

假设时钟为 6MHz，请问时钟周期和机器周期各是多少？并请查阅资料，回答什么是指令周期？
