



STM32

单片机实践教学

—基于LabVIEW的开发模式

◎ 姜阔胜 王传礼 王开松 陈清华 王电令 著

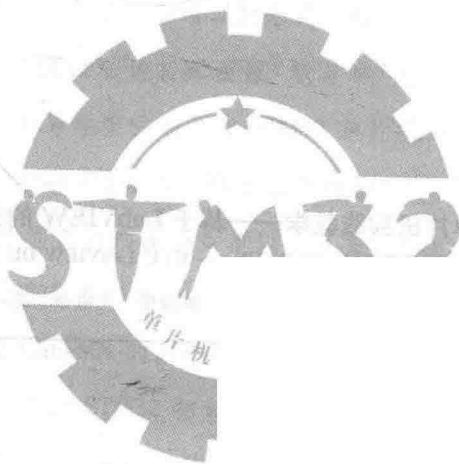


中南大学出版社
www.csupress.com.cn

STM32 单片机实践教学

——基于 LabVIEW 的开发模式

姜阔胜 王传礼 王开松 著
陈清华 王电令



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

·长沙·

图书在版编目(CIP)数据

STM32 单片机实践教学: 基于 LabVIEW 的开发模式 /
姜阔胜等著.

—长沙: 中南大学出版社, 2017. 11

ISBN 978 - 7 - 5487 - 3080 - 4

I. ①S… II. ①姜… III. ①单片微型计算机 IV.

①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 293570 号

STM32 单片机实践教学——基于 LabVIEW 的开发模式

STM32 DANPIANJI SHIJIAN JIAOXUE——JIYU LabVIEW DE KAIFA MOSHI

姜阔胜 王传礼 王开松 陈清华 王电令 著

责任编辑 刘锦伟

责任印制 易红卫

出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731 - 88876770

传真: 0731 - 88710482

印 装 长沙雅鑫印务有限公司

开 本 787 × 1092 1/16 印张 21 字数 549 千字

版 次 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 3080 - 4

定 价 68.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

前言

单片机对工科同学来说,充满了无限的魅力。

刚过去的2016年,是物联网火爆的一年,智能手机控制的各种终端设备都是由中低端单片机开发研制的。从民用物联网企业到国家智能制造,其高速发展过程中处处可见单片机的身影,在众多的单片机的产品中,STM32单片机是佼佼者。遗憾的是,目前各高校单片机课程仍以最原始的AT89C51系列单片机为例,大多数计算机原理课程仍采用汇编语言进行教学,这与STM32单片机的学习难度有关,“51常青藤”令人感慨、感叹。故STM32单片机的学习几乎都是依靠自学或社会、企业收费培训的形式,相关教材也多为官方资料的翻译本。

在实践教学过程中,笔者深知C语言库函数“教与学”对于电类相关知识匮乏的机械专业研究生的难处。探索如何引导学生快速开发STM32单片机是笔者重点研究的内容。学过APP Inventor 安卓软件开发和Scratch 动画制作等软件的学生对交互式图形化编程一定不会陌生,尤其是Scratch 动画制作面向的对象是6岁以上儿童。因此,探寻一种能够图形化编程STM32单片机的交互式编程语言在相当长一段时间内成了作者的追求。值得一提的是,ST公司提供了一款名为STM32 CubeMX的图形界面配置工具,可简化STM32微控制器配置,自动生成能够支持多种开发环境的STM32初始化C代码。比较可惜的是,该软件只能实现STM32的配置工作,不能完全替代编程工作。深圳市斯科道测控技术有限公司在LabVIEW平台上实现了“LabVIEW for STM32(Arduino)”,通过调用该公司自主研发的各种VI,可以实现STM32的编程,但笔者一直未能有机会接触和深入了解相关内容。2016年安徽神电测控公司王电令工程师推出了一款新的“LabVIEW for STM32”软件,该软件采用LabVIEW语言图形化编程,功能强大,覆盖了STM32单片机几乎所有的知识点(操作系统除外)。通过该软件的学习,可以快速入门并展开对STM32单片机相关设备的研发。感兴趣的学生在掌握图形化编程的基础上,再进行C语言库函数编程即可水到渠成。因此,本书的案例库建设是围绕着王电令推出的“LabVIEW for STM32”软件展开的。

《爱上单片机(第3版)》的作者杜洋,也是我国单片机创新教育的实践者,他在绪论中写道:“学习单片机是动态的过程,要通过不停地实践才能提高。”笔者第一次接触到该论点时

亦非常认同,甚至兴奋地找来了知己共同探讨。单片机的学习应该在基本了解原理的基础上快速入门。单片机课程应更注重案例教学,通过案例库的建设,将具体工程问题以动画、PPT、模型结合实物实验操作演示,达到“学以致用、用以促学、学用相长”的目的,在“LabVIEW for STM32”图形化编程的基础上展开,让纯粹的应付考试的“单片机玩我”变成真正意义的“我玩单片机”。

“人生最有趣的事莫过于拿起一本其他领域的教材,却发现里面的每句话都能看懂。”无论你是电气专业、测控专业还是机械专业对电感兴趣的人士,请大胆玩转 STM32 单片机吧!

本书绪论、课程目标规划、STM32 单片机基础和案例三十三由姜阔胜编写,第 3.3 节由王传礼编写,第 3.7 节由王开松编写,第 3.8 节由陈清华编写,第 3.10 节由王电令编写,案例二十九由陈林编写,案例四十一由江雪编写,案例四十二由李良和编写,第 3.6、3.9、3.11 节和 STM32 单片机通信专题以及案例三十至案例四十由周军鹏编写,第 3.1、3.2、3.4、3.5 节以及案例四十三至案例五十一由韩刘帮编写,全书由姜阔胜、韩刘帮和周军鹏统稿。

本书不凑字数,不拼页数,只为您喜欢和接受!

本书的受众是零基础的对 STM32 单片机感兴趣又想快速入门的同学,对于有丰富研发经验的高手,作者以常对女儿的那句话奉上:“翻滚吧,宝宝。”

值得注意的是,本书所著案例由易到难,涵盖了 STM32 单片机的几乎所有相关内容以及作者能找到的所有功能模块,然而本书案例并不局限于 STM32 单片机,也可以作为其他单片机系统研发的参考资料。

如果您想学 STM32 单片机,用 C 语言库函数编程又觉得较难,请先放下犹豫的想法,倒掉杯中水,装上我为您奉上的茶吧!

本书受安徽理工大学引进人才基金(11673)、校青年基金重点项目(12867)、安徽省高校自然科学基金(KJ2017A08)、国家自然科学基金青年项目(51705003)资助。

著者

2017年10月

目 录

0 绪 论	(1)
0.1 单片机系统实践教学背景	(1)
0.2 国内外单片机系统教学案例库建设情况及发展趋势	(1)
0.3 单片机系统实践教学的意义	(2)
1 课程目标规划	(3)
1.1 课程目标	(3)
1.2 课程体系规则	(5)
2 STM32 单片机基础	(6)
2.1 单片机基础	(6)
2.2 LabVIEW 基础	(8)
3 STM32 单片机与外界交互	(17)
3.1 高低电平测控(GPIO)	(17)
案例一: 按键检测	(20)
案例二: 基于状态机的 LED 流水灯实现	(25)
案例三: 蜂鸣器驱动	(30)
案例四: 继电器驱动	(32)
案例五: 基于状态机的步进电机驱动实现	(34)
案例六: MQ-2 可燃性气体定性检测系统	(39)
案例七: 金属探测器驱动实现	(43)
案例八: HC-SR505 人体感应模块	(44)
3.2 模拟输入(ADC)	(47)
案例九: 基于 STM32 的驾驶员酒精浓度检测仪	(50)
案例十: 防火检测	(54)
案例十一: 红外激光线瞄准对射防盗报警器	(56)
3.3 模拟输出(DAC)	(58)
3.4 外部中断(External Interrupt)	(60)
案例十二: 按键控制丝杠	(63)
案例十三: 智能触碰语音双控水龙头	(69)

3.5	定时器溢出(Timer Overflow)	(75)
	案例十四:定时器溢出小彩灯	(78)
	案例十五:基于STM32和电弧的定时烟花燃放器	(80)
3.6	定时器脉冲测量(Timer Pulse Measurement)	(83)
	案例十六:NE555脉冲频率测量	(88)
3.7	脉冲宽度调制(PWM)	(92)
3.8	摄像头(CCD)	(95)
	案例十七:基于人体热释电的视频监控抓拍系统	(98)
3.9	液晶屏(LCD)	(101)
	案例十八:DHT11温、湿度显示	(104)
	案例十九:TM1637四位数码管模块的时钟显示	(106)
	案例二十:基于STM32的12864液晶屏驱动实现	(109)
3.10	IIC高精度超声传感器	(113)
	案例二十一:超声雷达	(117)
3.11	三轴加速度传感器(Three-axis Acceleration Sensor)	(128)
	案例二十二:随动系统——履带车同步动画	(129)
4	STM32单片机通信专题	(137)
4.1	RS232串口通信	(137)
	案例二十三:串口屏综合显示	(140)
	案例二十四:雾霾离我们有多远	(147)
	案例二十五:心率测量	(153)
4.2	WiFi模块原理介绍	(156)
	案例二十六:基于STM32的手机WiFi遥控继电器开关系统	(162)
	案例二十七:3D激光雷达	(165)
4.3	蓝牙	(174)
	案例二十八:手机蓝牙遥控智能继电器(远程点鞭炮)	(177)
4.4	ZigBee	(181)
4.5	GSM	(185)
5	STM32单片机综合实训	(192)
	案例二十九:厨房天然气(煤气)泄漏远程测控系统	(192)
	案例三十:激光巷道变形监测	(199)
	案例三十一:多种信号发生器	(203)
	案例三十二:基于舵机控制板的舵机串口控制	(210)
	案例三十三:智能防护台锯	(217)
	案例三十四:基于STM32的电子秤检测系统	(220)
	案例三十五:(CO检测)农村土暖气气体检测系统	(226)
	案例三十六:家用自来水自动送水、断水	(229)
	案例三十七:交警速度检测系统	(233)

案例三十八：地窖 CO ₂ 浓度检测仪·····	(236)
案例三十九：自动浇花/大棚庄稼自动灌溉系统·····	(240)
案例四十：基于激光的自动洗衣机水质监测(ADC)·····	(243)
案例四十一：基于语音识别的声控开灯关灯·····	(245)
案例四十二：振动加速度传感器·····	(253)
案例四十三：GPS/北斗·····	(256)
案例四十四：指纹识别系统·····	(259)
案例四十五：立体车库 RFID 卡收费、收据打印系统·····	(269)
案例四十六：手势识别——手翻 PPT·····	(283)
案例四十七：OpenMV 视觉人脸跟踪系统·····	(291)
案例四十八：智能型输液报警装置·····	(297)
案例四十九：激光通信·····	(300)
案例五十：基于数显千分表的单片机位移测量系统构建·····	(304)
案例五十一：基于微信物联网平台的微信直连 LED 灯·····	(309)
参考文献 ·····	(326)
后 记 ·····	(327)

0 绪论

0.1 单片机系统实践教学背景

实践教学是在案例教学的基础上考虑复杂工程和非技术要素问题的教学方式。落实到单片机系统实践中就是要体现创新性与体系性等。案例教学是以企业、事业单位或者其他科研机构的实际项目为案例进行教学的方式,并结合理论的内容进行综合讲解,通过案例实现对复杂工程的逐步解析,让学生更能学以致用,达到“学以致用、用以促学、学用相长”的目的,具有参与性、实践性和时效性强等优势^[1],能真正做到理论联系实际。案例教学强调理论与实践的互动。

目前,国内机械工程专业类研究生单片机系统课程教学中已认识到实践教学的重要性,在课程相关内容讲解中安排了一些案例教学,但是总体来看存在以下几方面问题:

- (1) 课程实践案例过于简单,一般是针对单一内容的陈述;
- (2) 鲜有基于复杂工程的案例,对实践案例的原创性等方面缺乏足够的重视;
- (3) 生源质量参差不齐,教师实践教学案例欠妥当,案例难以满足理论与工程实践结合的需求。

事实上,实践教学及案例库的建设应符合我国研究生创新能力培养的需求,同时也能提高学生的兴趣,为企业培养高质量的工程人才。因此,建立质量高、案例新的单片机开发与应用案例库符合我国硕士生的培养方针,满足国家智能制造和社会工业进步的需求。

0.2 国内外单片机系统教学案例库建设情况及发展趋势

1. 国外案例库建设情况

案例教学在西方已非常普及,如美国教育资源库中就有单片机课程的建设,其单片机选择的型号为 AT89S51。该案例库的优点在于全面地覆盖了课本内容,强调培养学生的动手能力;缺点是案例库本身受制于 AT89S51 单片机,该系列单片机已无法满足社会和企业需求,在具体工程应用中已被淘汰。

2. 国内案例库建设情况

我国案例教学起源于 20 世纪 80 年代,主要集中在北京大学、清华大学、大连理工大学等高校,且主要针对工商管理类学科进行案例教学改革。

目前,尚未见到单片机开发与应用案例库建设的相关报道,具体案例主要在教师教学案例的讲解和演示中,系统的案例库建设还处于起步状态。而案例库建设的必要性和紧迫性已受到国内高校的普遍重视,如:2012 年,南京师范大学发布了《南京师范大学关于启动专业学位研究生课程案例库建设项目的通知》文件^[2];2015 年,教育部发布了《教育部关于加强专业学位研究生案例教学和联合培养基地建设的意见》文件^[3];2015 年 4 月,武汉大学发布

了《武汉大学关于开展 2015 年度专业学位研究生案例教学课程立项建设的通知》文件^[4]；2016 年 12 月，安徽理工大学发布了《关于印发〈安徽理工大学专业学位研究生案例教学建设及管理办法（试行）〉的通知》文件^[5]。

各高校在案例库采编建设方面投入了大量的人力、物力和财力，也必然会提高教师进行案例库建设和案例式教学的积极性。

0.3 单片机系统实践教学的意义

1. 以培养学生解决复杂工程问题的能力为核心

据统计，编程是 STM32 单片机（简称 STM32）学习和入门的最大拦路虎。因此，使学生快速掌握编程是重点。如果没有快速的编程工具，案例教学只会增加“教与学”的负担，无法取得良好的课堂效果。以同一个中型 STM32 系统研发周期为例，如图 0-1、图 0-2 所示，STM32 系统理想开发流程与实际开发流程差距甚大。

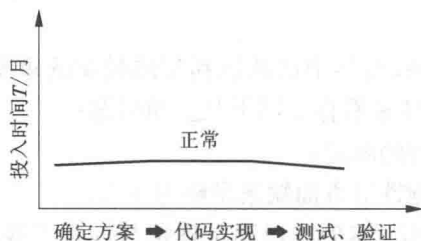


图 0-1 理想 STM32 系统开发流程

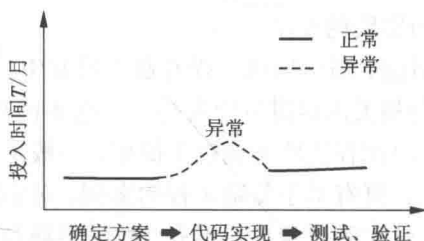


图 0-2 实际 STM32 系统开发流程

而本书中单片机开发与应用案例库教学成果的两大优势恰好解决了上述问题：一是拥有先进、智能化和图形化的单片机代码生成系统，降低了理论学习难度和开发难度，并节省了开发时间；二是拥有覆盖全部课程的复杂工程应用案例。本书是单片机开发与应用案例库建设的配套教材。结合省级教改项目“工程教育背景下的嵌入式系统课程体系实践教学改革”和“基于 CDIO 工程教育标准的机电专业卓越人才培养模式研究”，应用案例库建设过程中选用的“LabVIEW for ARM”图像化编程软件，综合考虑了生源情况，解决了教师授课难，学生学习难的问题，具有开发周期短、易学、易用的特点。教学中采用社会需求非常大的 STM32（ARM 系列）高级单片机来替代传统的 51 系列单片机，可满足国家“智能制造”和企业对人才的需求，提高就业率，进而提升学校机械工程学科的社会影响力。

因此，在教学中单片机开发与应用案例库与复杂工程问题相结合，能够让学生更清晰地认识到所学内容在相关行业的应用，对研究生毕业后从事相关工作具有很好的启发性和参考性。

2. 单片机实践教学可以提高教学质量

单片机开发与应用案例库是实践教学的基本条件，没有好的工程应用案例，实践教学就是无米之炊。系统、成熟的单片机开发与应用案例库可以帮助教师更好地结合理论组织教学，具有方法论的意义。

1 课程目标规划

2016年9月27日,研究生课程单片机开发与应用开课,在第一堂课,笔者对安徽理工大学机械工程专业的所有同学进行了STM32学习程度的调研,得到结论如下:

- (1)50%学生学过单片机相关知识,但是不会开发和应用单片机;
- (2)95%的学生知道STM32单片机。

笔者与同学们探讨了如何学有兴趣、学有所得,并满足该课程对学生毕业应达到的要求,甚至以毕业后五年的培养目标为支撑,与同学们一起规划了课程目标和单片机案例库建设的内容。

1.1 课程目标

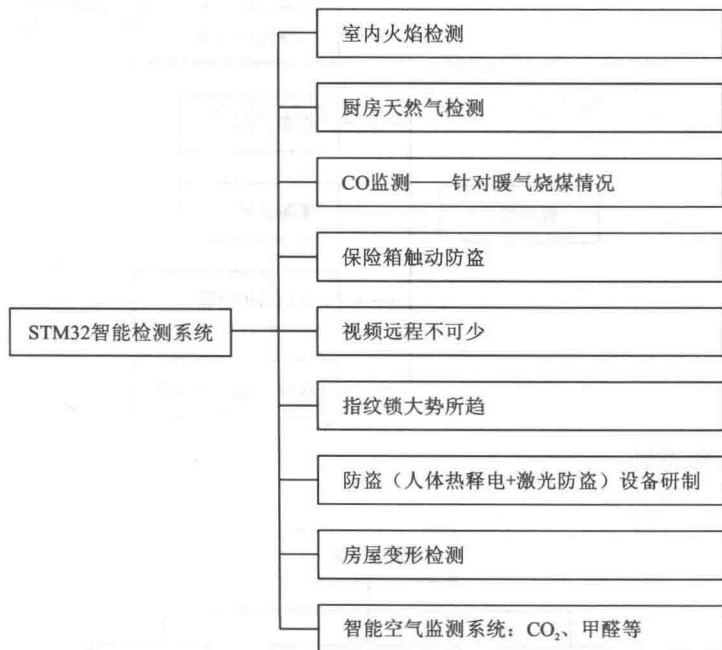
1. 目标

当课程结束时应达到:

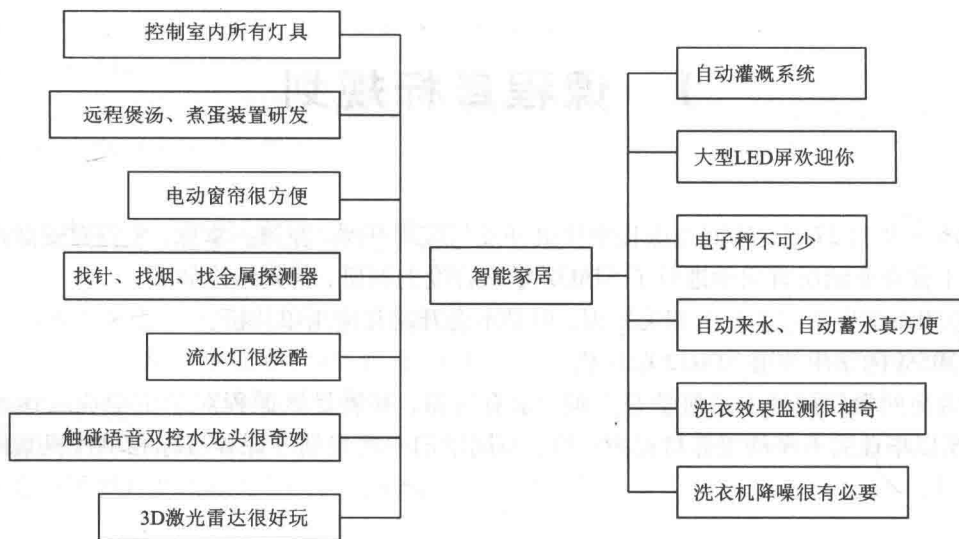
- (1)会“玩”STM32单片机,而不是被单片机“玩”;
- (2)作品外观可以简单点,但理念不能落后;
- (3)共同参与制作。

2. 具体建设内容

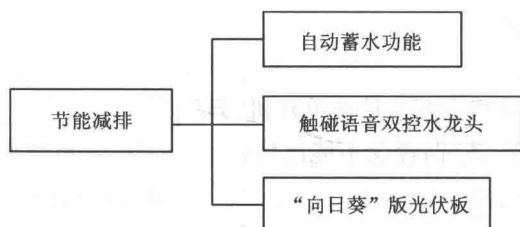
- (1)安全检测第一。



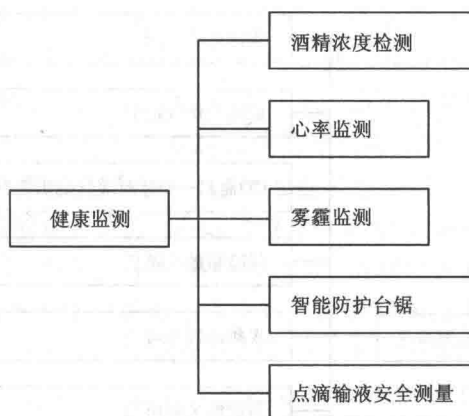
(2) 智能家居方便为先。



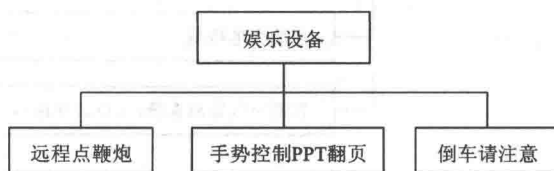
(3) 节能减排大目标。



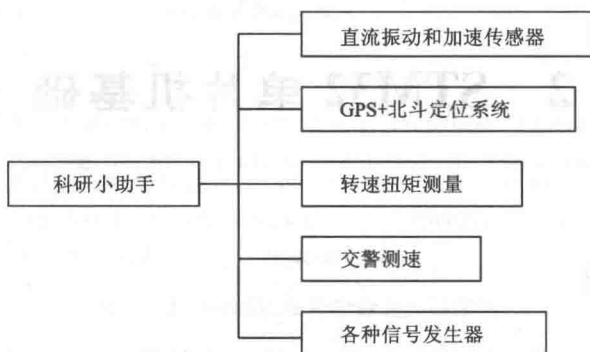
(4) 健康监测不可少。



(5) 娱乐设备很奇妙。



(6) 科研相关太重要。



1.2 课程体系规则

1. 单片机基础

- (1) 基本概念;
- (2) STM32 单片机的概念;
- (3) 学习 STM32 单片机的理由;
- (4) STM32 单片机的学习内容;
- (5) STM32 单片机的学习方法。

这里最重要的是要考虑如何让非电类学生学习较高级的 STM32 单片机以及各种传感器、执行器模块的使用。

2. LabVIEW 图形化编程的知识储备

3. 课程体系规划

课程体系从 GPIO、ADC、DAC、外部中断、定时器溢出中断、脉冲信号测量、摄像头、各种液晶屏、WiFi、ZigBee、串口、GSM、蓝牙、红外等内容以及各种综合案例展开。

2 STM32 单片机基础

2.1 单片机基础

读者只需掌握单片机基本概念即可，识记不是本书的目的。本书的单片机基础知识主要解决几个问题：什么是单片机？什么是 STM32 单片机？学习 STM32 应该掌握哪些知识点？如何学习 STM32 单片机？

1. 单片机的基本概念

单片机是在一块硅片上集成了微处理器、存储器及各种输入、输出接口的芯片，STM32 单片机实物图如图 2-1 所示。

芯片上集成了一些特殊的功能，需要使用者进行编程。编程的目的就是控制这块芯片的各个引脚在不同时间上输出不同的电平（高或低），进而控制与单片机的各个引脚相连的外围电路的电气状态。换句话说，没编程的单片机就像一块石头，编程后的单片机才是“拥有了七十二变的孙悟空”。

智能仪器仪表方面：数字示波器、数字信号源、数字万用表、感应电流表等。

通信方面：调制解调器、程控交换技术、移动电话等。

交通方面：红绿灯、火车信号灯。

安防方面：烟雾报警器等。

武器装备方面：飞机、军舰、坦克、导弹、航天飞机、鱼雷制导、智能武器等。

消费类电子产品方面：洗衣机、电冰箱、空调机、电视机、微波炉、IC 卡、汽车电子设备等。

工业自动化方面：数据采集、测控技术等。

2. STM32 单片机的概念

STM32 系列是专为高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用所设计的单片机。ARM Cortex-M3 内核最常见的是 STM32F103 增强型系列。与 51 系列单片机不同，STM32 是 32 位微控制器。以最常见的 STM32F1 系列为例，大致有以下几种类型。

基本型：STM32F101R6、STM32F101C8、STM32F101R8、STM32F101RB、STM32F101VB。

增强型：STM32F103C8、STM32F103R8、STM32F103VB、STM32F103VE、STM32F103ZE。

以 STM32F103RBT6 型号的芯片为例，该型号的组成为 7 个部分，其命名规则如图 2-2 所示。

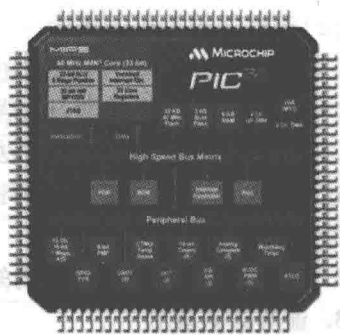


图 2-1 STM32 单片机实物图

STM32 F 103 R B T 6



- STM32代表ARM Cortex-M3内核的32位微控制器
- F代表芯片的子系列
- ▲ 103代表增强型系列
- ◆ R代表引脚数。T代表36脚，C代表48脚，R代表64脚，V代表100脚，Z代表144脚，I代表176脚
- B代表内嵌Flash容量。6代表32 kB Flash，8代表64 kB Flash，B代表128 kB Flash，C代表256 kB Flash，D代表384 kB Flash，E代表512 kB Flash，G代表1 MB Flash
- ★ T代表封装。H代表BGA封装，T代表LQFP封装，U代表VFQFP封装
- ★ 6代表工作温度范围。6代表-40~85℃，7代表-40~105℃

图 2-2 STM32 单片机命名规则示例

相关资料也可以从 Keil 软件中查看，如图 2-3 所示。

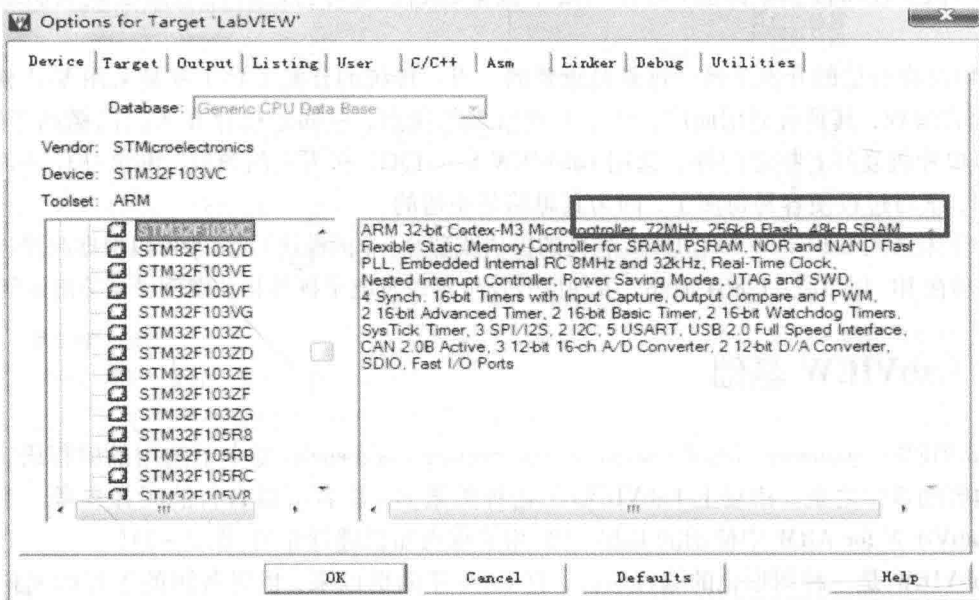


图 2-3 Keil 软件中的芯片功能图

本书所选用的 LabVIEW 软件是比较耗费资源的，因此，建议选用 Flash 和 SRAM 都比较大的 STM32 系列单片机，如选用带 1M 的 G 系列 (STM32F103RGT6) Flash 的 STM32 单片机。

3. 学习 STM32 单片机的原因

学习单片机的最终目的是能够开发产品。STM32 单片机是现在市场上的主流产品，符合国内“智能制造”的需求。

从硬件接口考虑：51 单片机和 STM32 单片机都是一样的，都是调用硬件的接口控制 I/O，以完成相应的功能。选择时主要看其市场上的配套资料是否充分。

从应用难易程度考虑：STM32 要强过 51 单片机。由于 STM32 自带一个官方的库，这个库的源代码是开放的，而 51 单片机却没有。换句话说，当你做一个具体项目时，用 STM32 开发项目比用 51 单片机要轻松、快捷，且漏洞 (bug) 也较少。

从性价比考虑:STM32 的性价比要高于 51 单片机。因为 STM32 是 72 MHz 的主频,而 51 单片机是以 12 MHz 为主,随着未来产品功能的增多,要求会越来越高,51 单片机的速度和性能就可能满足不了未来产品的要求,而 STM32 足够强劲的主频可满足产品研发需求。

4. STM32 单片机的学习内容

STM32 单片机的学习内容,一般包括 GPIO、ADC、DAC、外部中断、定时器溢出中断、脉冲信号测量、PWM 波形产生、LCD、RS232、IIC、蓝牙、WiFi、ZigBee 以及其他通信协议等(本书的案例覆盖了相关内容)。

5. STM32 单片机的学习方法

现在很多教材开篇便是复杂的内存、地址和存储器等,让人不知所云,难以入门。

关于 STM32 单片机的学习方法,笔者认为应该坚持以下原则:

- (1) 实践第一;
- (2) 补充必要的理论知识,即缺什么补什么;
- (3) 做工程项目积累经验(可在网络上搜集题目,也可自己有什么想法就大胆地去试验);
- (4) 选择合适的开发工具。这是最重要的一点。传统的开发工具主要是采用 Keil 软件进行 C 语言编程,其具有适用面广、可参考资料多的优点,但同时也存在入门门槛高等缺点,将很多单片机爱好者拒之门外。选用 LabVIEW for STM32 作为入门利器,再学习 C 语言库函数编程,学习过程便容易得多了,因为其思路是相通的。

对于未录入 LabVIEW for STM32 软件的模块或芯片(非标模块),读者可以根据时序进行编程,本书在 IIC 超声波、12864 液晶、多种信号发生器以及电子秤等相关案例中会给出示例。

2.2 LabVIEW 基础

LabVIEW(laboratory virtual instrument engineering workbench)是本书选用的编程语言,是本书内容的重中之重。市场上 LabVIEW 书籍种类繁多,读者可以自行购买并参考。本部分针对 LabVIEW for ARM 中使用的 LabVIEW 相关重点知识进行介绍(图 2-4)。

LabVIEW 是一种图形化的编程语言,自 1986 年问世以来,世界各国的工程师和科学家们都已将 NI LabVIEW 图形化开发工具用于产品设计周期的各个环节,从而改善了产品质量,缩短了产品投放市场的时间,并提高了产品的开发和生产效率。LabVIEW 功能强大,集成了满足 GPIB、VXI、RS-232 和 RS-485 协议的硬件及数据采集卡通信的全部功能,它还内置了便于应用 TCP/IP、ActiveX 等软件标准的库函数,是一款功能强大且灵活的软件。LabVIEW 图形化的程序语言,又称为 G 语言。使用这种语言编程时,基本上不写程序代码,取而代之的是流程图。它尽可能地利用了技术人员、科学家、工程师所熟悉的术语、图标和概念,因此,LabVIEW 是一个面向最终用户的工具。它可以增强使用者构建自己科学的工程系统的能力,提供实现仪器编程和数据采集的便捷途径,利用它进行原理研究、设计、测试并实现仪器编程时,可大大提高工作效率。

1. 界面信息

前面板(图 2-5)是图形用户界面,也就是 VI 的虚拟仪器面板,这一界面上有用户输入和显示输出两类对象,具体命令有开关、旋钮、图形以及其他控制(control)和显示对象(indicator)。

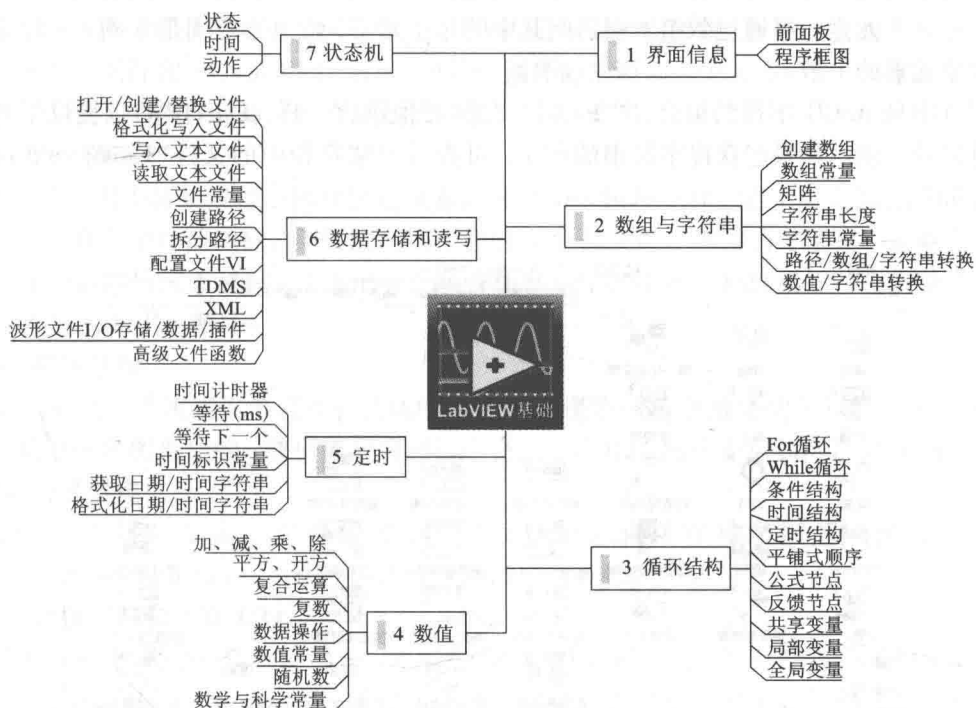


图 2-4 LabVIEW 基础知识头脑风暴图

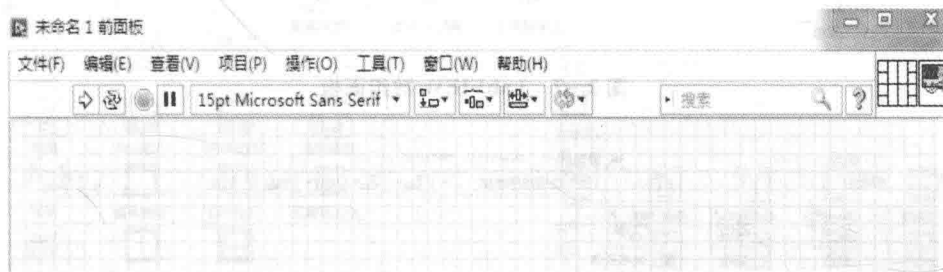


图 2-5 LabVIEW 前面板

程序框图(图 2-6)提供 VI 的图形化源程序。在程序框图中对 VI 进行编程,以控制和操纵前面板上的输入和输出功能。程序框图中包括前面板上的控件的连线端子,以及前面板上没有但编程必须有的元素,例如函数、结构和连线等。

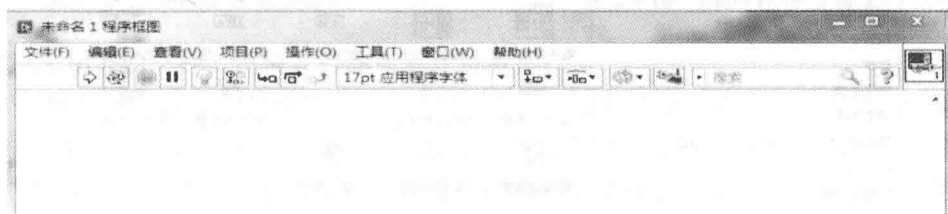


图 2-6 LabVIEW 程序框图