

PSoC3 控制器 与机器人设计

王景川 陈卫东 [日] 古平晃洋 编著

PSoC3 KONGZHIQI YU JIQIREN SHEJI



化学工业出版社

014011350

TP332.1
133

PSoC3 控制器 与机器人设计

王景川 陈卫东 [日] 古平晃洋 编著

PSoC3 KONGZHIQI YU JIQIREN SHEJI



化学工业出版社



北航

C1697526

TP 332.1
133

014011320

工业机器人

王景川 [日] 陈卫东 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

PSoC3 控制器与机器人设计/王景川, 陈卫东, [日] 古平晃洋编著. —北京: 化学工业出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-122-18224-1

I. ①P… II. ①王…②陈…③古… III. ①现场可编程门阵列-程序设计②机器人-设计 IV. ①TP331.2②TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 196696 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 王素芹

文字编辑: 杨 帆
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 280 千字 2013 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究



在机器人技术相关的教学和科研过程中，我们发现实验是此领域中获取知识不可缺少的环节，因而无论是在嵌入式系统还是机器人领域，都欢迎大家去尽可能地接触实物、硬件，这将加深读者对问题的理解，虽然会花费较多的精力，但这个过程还是充满乐趣与成就感的。

本书的最终目标是希望读者能利用 Cypress PSoC 以及电机、相关传感器搭建一个机器人平台，因此对于机器人的结构、机器人传感器、信号处理以及程序编制等的介绍都是必不可少的。

第 1 章，从微控制器开始，让读者了解什么是 SoC、什么是 PSoC，以及我们身边使用 PSoC 的各种产品。

第 2 章，介绍了 Cypress PSoC3 的开发环境、PSoC Creator 的使用，以及本书使用的开发板——CY8CKIT-030，使用此板之前的一些硬件准备等。

第 3 章，介绍了一般的 C 编程语言，这也是 PSoC3 编译器使用的语言，具有 C 开发经验的读者可以跳过此章。

第 4 章，从单片机的结构展开，让读者了解 PSoC3 的系统结构，然后介绍了 PSoC3 的组件配置、布线方法、端口设置等。

第 5 章，从数字输入展开，并通过“开关控制 LED”和“CapSense 控制 LED”，让读者了解 PSoC3 基本组件的使用方法以及逻辑电路等基本知识。

第 6 章，相对于第 5 章介绍的基本组件，本章介绍的组件如 USB 通信、A/D 转换、中断以及 I²C 通信等都属于高级组件，了解了这些就可以进行更广泛的 PSoC 应用了。

第 7 章，介绍了机器人开发中最常用的伺服电机以及电机在 PSoC 下如何使用，这也是大家比较熟知的 PWM。

第 8 章，Cypress PSoC 支持今后组件的升级，也支持用户的自扩展组件，这些都是本章中介绍的内容，这也是 PSoC3 的灵活特性之一。

第 9 章，介绍了更广泛的机器人传感器，并通过实际案例的使用，让读者了解如何利用 PSoC3 实现这些传感器的项目开发。

第 10 章，从机器人的控制方法、机器人结构、运动学等基本知识展开，让基础较少的开发者也能很快了解机器人开发所需的内容，最后是一个实例的实现，希望能对大家的开发有所启示。

本书由王景川、陈卫东、古平晃洋（日）共同编著，并结合了近年来在上海交通大学教学实践中的经验。在编写过程中得到了 Cypress 公司中国区大学计划部经理魏荣博士的大力支持，她为本书的编写提供了 PSoC 硬件开发资源；本书编写时也得到了上海交通大学密西根联合学院、电信学院自动化系相关同学的协助，书中的部分实验都是由他们来最后实现，Cypress 公司的 FAE 协助其中部分技术内容的完善。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请读者批评指正。



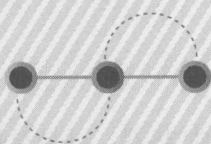
第 1 章 PSoC 概要	1
1.1 PSoC 微控制器	1
1.1.1 微控制器	1
1.1.2 微控制器的运行	1
1.1.3 PSoC	2
1.2 PSoC 家族 1-5	2
第 2 章 PSoC 开发环境	5
2.1 开发环境的构建	5
2.1.1 PSoC Creator 安装方法	6
2.1.2 编译器许可证的安装	7
2.2 硬件的准备	8
2.2.1 CY8CKIT-030 开发板	8
2.2.2 焊接	9
2.2.3 驱动程序的安装	9
2.2.4 卸载驱动程序的方法	10
2.3 操作测试	11
2.3.1 工程创建	11
2.3.2 元器件的配置与设置	13
2.3.3 元器件的配线	14
2.3.4 面包板的使用	16
2.3.5 工程创建与烧写	17
2.3.6 快捷键列表	18
第 3 章 C 语言的使用方法	20
3.1 PSoC3 C 编译器概要	20
3.2 C 语言程序的基本构成	21
3.2.1 预处理	21
3.2.2 Main 函数	21
3.2.3 Loop 语句	21
3.3 数值操作、四则运算	22
3.3.1 数据类型	22

3.3.2	以 bit 单位来考虑	22
3.3.3	数据类型	23
3.3.4	数据类型的使用方法	26
3.3.5	四则运算	26
3.3.6	比较运算	27
3.3.7	逻辑运算	28
3.3.8	条件语句	28
3.3.9	数组	31
3.4	函数与其调用方法	32
3.5	全局变量和局部变量	34
3.6	字符处理方法	34
3.6.1	传送函数中的参数	35
3.6.2	注释 (Comments) 的写法	35
3.6.3	Define	35
3.7	程序礼仪	36
第 4 章	单片机结构	37
4.1	一般单片机结构	37
4.1.1	单片机的硬件结构	37
4.1.2	指令系统	37
4.1.3	内存结构	38
4.2	PSoC3 的构成	39
4.2.1	PSoC 的系统概要	39
4.2.2	PSoC3 CPU 系统	39
4.2.3	时钟	40
4.2.4	晶体振荡器与 PSoC 的连接方法	42
4.2.5	电源系统	42
4.2.6	复位	45
4.3	哈佛结构和冯·诺伊曼结构	46
4.4	单片机程序运行流程	47
4.5	内置组件 (外围设备) 的构成	48
4.5.1	手工布线的方法	50
4.5.2	组件的配置方法	50

第 5 章 普通组件的使用	53
5.1 端口组件	53
5.1.1 驱动模式	53
5.1.2 模拟端口设定	56
5.1.3 数字端口的设定	56
5.1.4 一个组件控制多个引脚	58
5.2 开关输入和 LED 输出	61
5.2.1 硬件配置方法	61
5.2.2 软件代码记述	65
5.2.3 基本逻辑	65
5.2.4 逻辑电路设计	67
5.2.5 触发器的设计	69
5.3 字符型 LCD	70
5.4 CapSense	72
5.4.1 CapSense 检测方式	73
5.4.2 CapSense 组件的使用方法	79
5.5 数据表的读法	82
5.5.1 Example Project 的导入	82
5.5.2 震颤	82
第 6 章 高级组件的使用	84
6.1 USB 通信	84
6.1.1 USB UART 组件	84
6.1.2 代码记述	85
6.1.3 驱动安装	86
6.1.4 USB 通信软件	87
6.1.5 数值传输	87
6.2 A/D 转换	89
6.2.1 A/D 组件说明	89
6.2.2 A/D 组件配置	92
6.2.3 代码记述	93
6.2.4 应用操作	94
6.3 中断	95
6.3.1 中断优先级	95

6.3.2	中断种类	97
6.3.3	中断组件的使用方法	98
6.3.4	代码记述	99
6.3.5	应用操作	102
6.4	I ² C 通信	102
6.4.1	加速度传感器	102
6.4.2	I ² C 通信的基础	102
6.4.3	应用程序的设计	102
第 7 章 PWM 与伺服电机控制		104
7.1	执行器与直流电机	104
7.1.1	直流电机	104
7.1.2	H 桥	105
7.2	PWM	106
7.2.1	PWM 组件	106
7.2.2	PWM 使用	109
7.2.3	代码记述	109
7.3	电机控制	110
7.3.1	模块配置	110
7.3.2	引脚配置	113
7.3.3	代码记述	114
7.3.4	烧录与演示	115
第 8 章 原创组件的制作方法		117
8.1	原创组件流程	117
8.2	组合已有组件	118
8.2.1	设计规范	118
8.2.2	制作准备	118
8.2.3	硬件配置	119
8.2.4	配置图标	120
8.2.5	软件制作	123
8.2.6	组件扩展	124
8.2.7	组件的使用方法	127
8.3	自制组件——Verilog 篇	128
8.4	编辑原有组件	129

第9章 机器人传感器	130
9.1 传感器分类	130
9.2 开关传感器	131
9.2.1 开关传感器原理	131
9.2.2 开关传感器实验	131
9.3 光电编码器	133
9.3.1 增量式编码器	133
9.3.2 绝对式编码器	133
9.3.3 增量式编码器实验	134
9.3.4 UART	140
9.4 测距传感器	147
9.4.1 超声测距传感器	147
9.4.2 激光测距传感器	148
9.4.3 红外测距传感器	148
9.4.4 超声测距传感器实验	149
9.4.5 红外测距传感器实验	152
第10章 机器人控制实例设计	155
10.1 移动机器人	155
10.2 转速控制	156
10.2.1 转速与闭环	156
10.2.2 PID	157
10.2.3 PID 参数整定	157
10.2.4 PID 控制实验	158
10.3 移动机器人控制实例	164
10.3.1 机器人模型搭建	164
10.3.2 机器人速度控制实例	164
10.3.3 移动机器人避障实例	170
参考文献	184



第1章

Chapter 1

PSoC概要

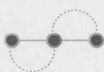
1.1 PSoC 微控制器

1.1.1 微控制器

为了说明“PSoC”到底是什么，首先要让大家清楚地了解一般而言的单片机（微控制器）是什么。我们熟悉的例子，相当于电脑中的心脏部分——CPU，也是一种微控制器。电脑中的微控制器的作用，简单地讲就是进行计算各种应用程序的操作、因特网的连接、执行 USB 通信设备的管理，或者是在屏幕上创建并显示图形等各种各样的操作。事实上，电脑 CPU 在微控制器中的性能也是很高级别的，所以可以进行各种操作。但是，对于低性能的单片机，比如控制电饭煲温度、发出警报等操作都是可通过单片机实现。电饭煲不需要高级的图形和通信功能，所以，不需要使用高性能的单片机。实际上用于电脑中的微控制器，与其高性能相对应的是高价格、高耗电量，所以不会用于家用电器等产品中。家用电器中使用的微控制器只要具备所需的基本功能就可以了。最初，电脑的 CPU 叫做微控制器，现在本书中提到的微控制器是用于控制家用电器产品的。

1.1.2 微控制器的运行

微控制器（以下称单片机）如何进行各种各样的控制的呢？比如电水壶，要考虑如何



控制使得水温保持在恒定的温度？首先，必须要有可以使水温升高的加热器，可是只打开加热器开关根本无法保持水温的恒定，水温会迅速上升。所以，必须还要监测水的温度，超出一定温度就自动切断开关、停止加热；而反过来，如果温度自然下降时也要打开开关、继续加热。因此，在单片机中利用 A/D 转换，如电压输出，将传感器输出的温度数值化，根据这个数值化的数据，由单片机中写入的程序进行判断，来控制加热器开/关。这样，基本上单片机就可以利用来自外部传感器的输入，通过内部的程序来判断其状态，通过反馈的形式进行操作。

1.1.3 PSoC

了解了单片机，那么 PSoC 又是什么呢？PSoC 的正式名称是 Programmable System-on-Chip。这样翻译过来就是可程序的片上系统（SoC）。这里重要的是 SoC 的部分，其涵义就是之前提到的具有 A/D 转换、通信、滤波器等功能的单片机。而“可编程”究竟是指什么呢？普通的单片机初始的内置功能是不能变更的，可是在 PSoC 中是可以的。比如，若想在稍微特殊的用途下，需要 3 个 UART 通信（通信的一种），在一般的单片机中是很难找到相符合的，但对于 PSoC，只要通过设定配置，就可以很简单地实现了。需要两个 16 位的定时器或者 4 个 8 位的计时器时，也只要在 PSoC 中进行设定、配置，可以配置出 16 位定时器的范围为 1×16 位或 2×8 位。这样，可以方便设计师灵活地进行配置，这也是 PSoC 的一个特征。

1.2 PSoC 家族 1-5

现在 PSoC 大致可分为 PSoC 1、3、5 三大类。

可以认为数字越大、整体性能越高就是它们的主要区别，简单的区分就是运算性能的差异。PSoC 1 是 M8C 内核（4mips，Million Instructions Per Second，百万条指令）、PSoC 3 是 8051 内核（33mips）、PSoC 5 是 ARM Cortex-M3 内核（83 Dhrystone Million Instructions executed Per Second，整数测算下百万条指令）。对于可能配置的 A/D、运算放大器数字模块，即使在相同的系列中，也可划分为几部分。图 1-1 所示为 PSoC 系列性能比较图，PSoC 系列性能列表见表 1-1。

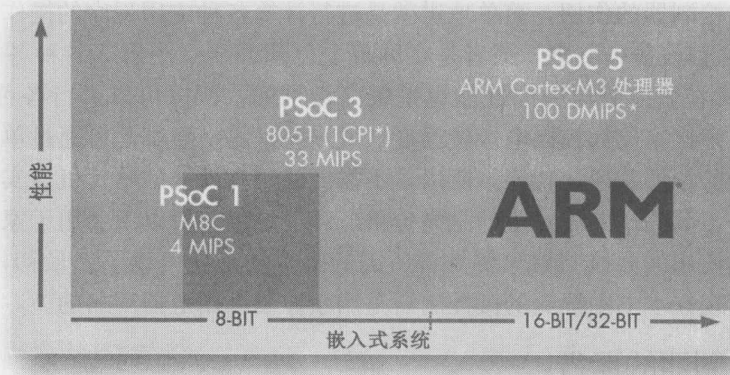
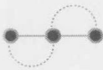


图 1-1 PSoC 系列性能比较图

表 1-1 PsoC 系列性能列表

各种功能	PSoC1	PSoC3	PSoC5
通信接口	SPI/UART/全速 USB (11MBps)/I ² C	PSoC1 + CAN/I ² S	与 PSoC1 相同
输入方法	模拟、各种传感器、Capsense、触摸屏	PSoC1 + 高精度模拟	PSoC3 + 高速模拟
输出方法	LED、电机控制、模拟信号	PSoC1 + 区段 LCD、高度电机控制	PSoC3 + QVGA Color LCD Drive
MCU	M8C 24MHz	8051 67MHz	ARM CoretexM3 67MHz
	性能优化的 8 位微处理器 (M8C) 主频: 最高 24MHz 运算速率: 4MIPS (每秒百万条指令) Flash (闪存): 4KB~32KB SRAM (静态存储器): 256B~2KB 操作电压: 1.7~5.25V Delta-Sigma A/D 转换器: 1 路 (分辨率: 6~14 位) 采样速率: 8 位时 131kps (每秒采样千次) 电压精度: ±1.53%	高性能 8 位 8051 级处理器 主频: 最高 67MHz 运算速率: 33MIPS (每秒百万条指令) Flash (闪存): 8KB~64KB SRAM (静态存储器): 2KB~8KB 操作电压: 0.5~5.5V Delta-Sigma A/D 转换器: 1 路 (分辨率: 8~20 位) 采样速率: 12 位时 192kps (每秒采样千次) 电压精度: ±0.1%	高性能 ARM Cortex-M3 内存 32 位处理器 主频: 最高 67MHz 运算速率: 84MIPS (每秒百万条指令) Flash (闪存): 32KB~256KB SRAM (静态存储器): 16KB~64KB 操作电压: 2.7~5.5V Delta-Sigma A/D 转换器: 1 路 (分辨率: 8~20 位) 采样速率: 12 位时 700kps (每秒采样千次)
	D/A 转换: 最多两个 (分辨率: 6~8 位) Active 电流: 2mA Sleep 电流: 3μA 接口: 全速 USB 2.0、I²C、SPI、UART 以及最多 64 路 I/O	D/A 转换: 最多 4 路 (分辨率: 8 位) Active 电流: 0.8mA Sleep 电流: 1μA Hibernate 电流: 200nA 接口: 全速 USB 2.0、I²C、SPI、UART、CAN、LIN、I²S、片上 JTAG Debug Trace、SWD、SWV 以及最多 72 路 I/O	SAR A/D 转换器: 2 路 (分辨率: 8~12 位) 采样速率: 12 位时 192kps (每秒采样千次) 电压精度: ±1.0% DA 转换: 最多 4 路 (分辨率: 8 位) Active 电流: 68mA Sleep 电流: 1μA Hibernate 电流: 0.15μA 接口: 全速 USB 2.0、I²C、SPI、UART、CAN、LIN、I²S、片上 Debug Trace、SWD、SWV 以及最多 70 路 I/O

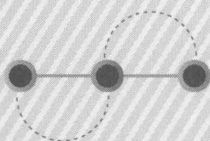


本书主要涉及拥有 8051 内核的 PSoC 3，关于 PSoC 3 的各型号元器件的功能限制，请参照图 1-2。下（横）轴是对数字电路的限制，左（纵）轴是对模拟电路的限制。模拟端的限制是指元器件型号上方虚线以下的全部组件是可以使用的，例如，34x 系列具有的组件包括：2×DAC 组件、2×OP 放大器、2×SC/CT 组件、4×比较器、1×12 位 ADC 组件等。



图 1-2 PSoC 3 元器件功能限制图

如果不能预估出需要多少资源，最好从包含最多资源的 CY8C3866 系列进行开发，设计完成后，切换到其他设备就可以变得轻松简单了。



第2章

Chapter 2

PSoC开发环境

2.1 开发环境的构建

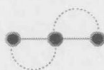
要构建 PSoC 3 的开发环境，必须安装以下应用程序。PSoC Creator 的安装程序启动后，这些应用程序将自动安装：

- PSoC Creator 2.2 Component pack 1;
- PSoC Programmer (版本 3.14);
- Keil Compiler;
- Windows Installer 3.1;
- NET Frame Work.

PSoC Creator 的版本，从正式版 1.0 发布后，在半年时间内以相当快的速度依次更新为 1.0→1.0 SP1→1.0 SP2→2.0→2.2，今后一段时间里也仍会尽可能保持频繁的更新速度。本书中描述的项目文件的操作版本是 Ver2.0 Component Pack 1，但最新版本的开发环境可以从以下链接地址中下载：

<http://www.cypress.com/go/creator>

另外，一旦开始安装，会自动确认是否有更新版本，如果有新版本系统会进行提示。



2.1.1 PSoC Creator 安装方法

双击安装程序“PSoC CreatorSetup_2.2.exe”，运行完成后，出现以下画面，如图 2-1所示。



图 2-1 PSoC Creator 安装 1



图 2-2 PSoC Creator 安装 2

选择安装路径后，单击“Next”按钮，进入下一个画面，如图 2-2 所示。安装类型选择“Complete”，进入下一个画面，如图 2-3、图 2-4 所示。

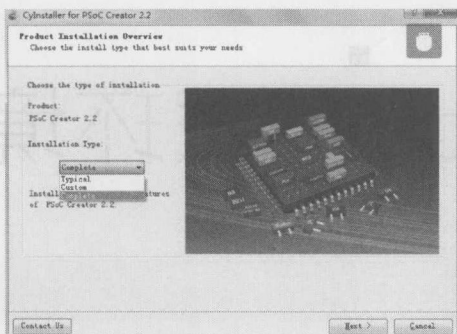


图 2-3 选择“Complete”

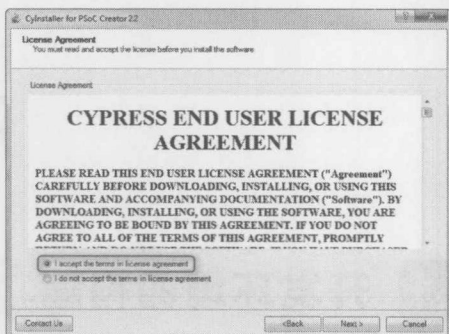


图 2-4 选择同意许可证 (1)

再次选择同意许可证，继续单击“Next”，如图 2-5 所示。

如果出现图 2-6 所示画面，安装就结束了。

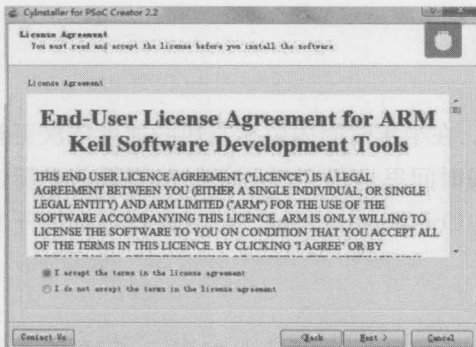


图 2-5 选择同意许可证 (2)

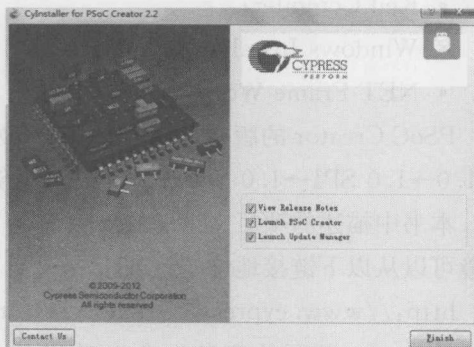


图 2-6 完成安装

2.1.2 编译器许可证的安装

运行 PSoC Creator，选择开始菜单中的“所有程序→Cypress→PSoC Creator 2.2→PSoC Creator 2.2”，如图 2-7 所示。程序运行后，单击 Help→Rdgister→Keil…，如图2-8 所示。出现图 2-9 所示画面后，在连接因特网的环境下，单击“Get LIC via Internet”。

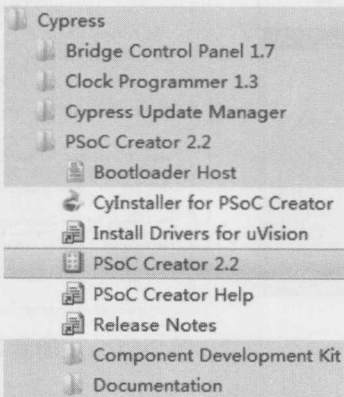


图 2-7 选择 “PSoC Creator 2.2”

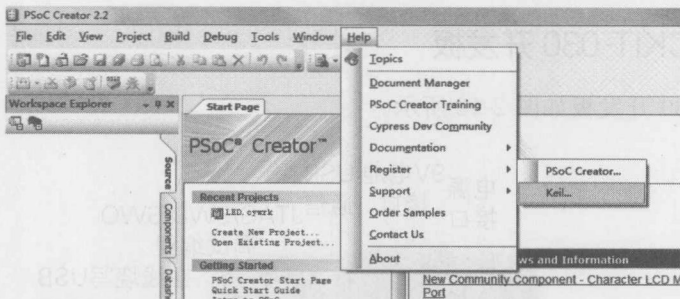


图 2-8 PSoC Creator 注册菜单

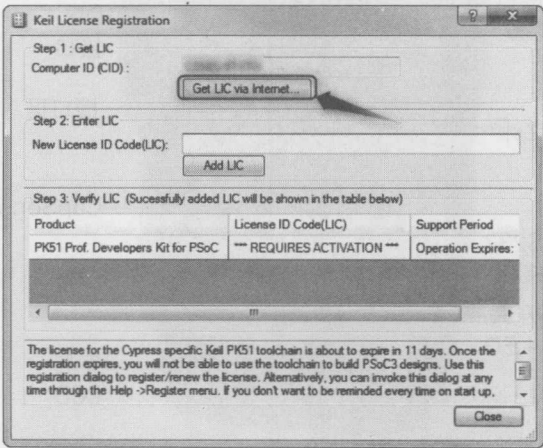
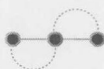


图 2-9 PSoC Creator 注册窗口



转移到注册（登记）用的页面，在这里填写信息，如图 2-10 所示，然后通过电子邮件发送来一个有效期一年的许可证代码。把这个许可证代码输入到以下的 New License ID Code 中，然后单击 Add LIC，至此许可证注册登记完成，如图 2-11 所示。

Single-User License

Enter your Product Serial Number (PSN) and contact information using the following form to license your Keil product. Be sure to include dashes.

Please make certain your e-mail address is valid. After verifying your Product Serial Number and Computer ID (CID), we will send you a License ID Code (LIC) via e-mail. E-mail is sent from licmgr@keil.com so make sure any spam blocker you use is configured to allow this address.

Enter Your Contact Information Below

Computer ID (CID):
 Product Serial # (PSN):
 PC Description:
Enter a description of the PC on which this license is registered.
 For example: LAB PC, Office Computer, Laptop, John's PC, etc.

First Name:
 Last Name:
 Professional Title:
 E-mail:
 Company:
 Company Web Site:
 Address:
 City:
 State/Province:
 Zip/Postal Code:
 Country:
 Phone:
 Fax:

图 2-10 填写注册（登记）信息

Keil License Registration

Step 1: Get LIC
 Computer ID (CID): CBRIM-EVEFX

Step 2: Enter LIC
 New License ID Code (LIC):

Step 3: Verify LIC (Successfully added LIC will be shown in the table below)

License ID Code (LIC)	Support Period
14B89-4Q02Y-66BFD-LCJKT-9SMIG-38TFM	Expires: Mar 2014

The license for the Cypress specific Keil PDS1 toolchain has expired. You will not be able to use the toolchain to build PSoC3 designs. Use this registration dialog to register/renew the license.

图 2-11 注册登记完成

2.2 硬件的准备

2.2.1 CY8CKIT-030 开发板

CY8CKIT-030 开发板如图 2-12 所示。

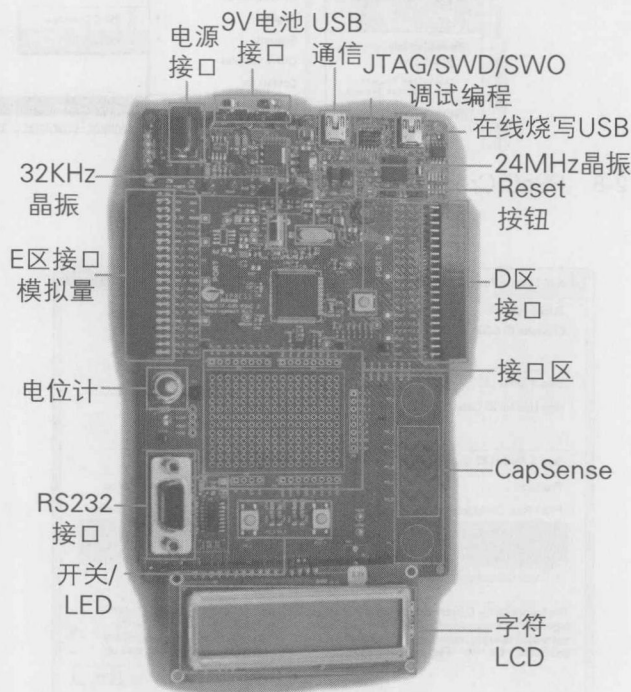


图 2-12 CY8CKIT-030 开发板