

USB

应用开发实例详解

薛园园 赵建领 编著

华清远见嵌入式培训中心 审校

从USB开发基础讲起，引导读者快速入门

详细讲解USB开发环境构建、USB固件编程、USB驱动开发和上位机程序开发

16个综合实例，分析常用USB设备的电路设计、程序设计



本书全部电路图和源代码

TP334.7
13

USB

应用开发实例详解

薛园园 赵建领 编著

华清远见嵌入式培训中心 审校



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

USB应用开发实例详解 / 薛园园, 赵建领编著. —北京:
人民邮电出版社, 2009. 4
ISBN 978-7-115-19650-7

I. U… II. ①薛…②赵… III. 电子计算机—接口
IV. TP334

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第006151号

内 容 提 要

USB 接口是目前广泛使用的计算机接口技术。本书由浅入深、循序渐进地讲解了 USB 的基础知识和 USB 设备开发, 并以丰富完整的实例, 使读者能够更快、更好地掌握 USB 接口的原理及设计方法。

本书分为 3 篇, 共 27 章, 全面详细地讲述了 USB 接口的原理、编程以及应用实例。第 1 篇介绍了 USB 开发基础, 包括 USB 设备配置、数据传输、设备请求以及元器件和电路制板布局。第 2 篇介绍了 USB 的编程, 包括如何构建一个完整的 USB 接口开发环境, 以及 USB 固件编程、驱动开发和上位机程序开发。第 3 篇通过 17 个完整实例, 详细介绍了在不同的应用场合下 USB 接口设备的设计, 包括了完整的电路图和程序设计。

本书内容全面、结构紧凑、实例丰富。USB 接口的初学者通过学习本书可以快速入门。本书对具有一定开发经验的设计人员, 也有很好的参考价值。

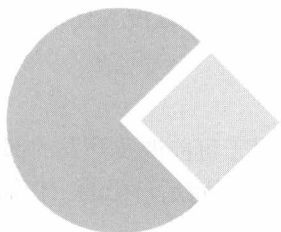
USB 应用开发实例详解

- ◆ 编 著 薛园园 赵建领
审 校 华清远见嵌入式培训中心
责任编辑 屈艳莲
执行编辑 黄 焱
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 40.75
字数: 997 千字
印数: 1—3 500 册
- 2009 年 4 月第 1 版
2009 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19650-7/TP

定价: 79.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



前言

USB 是一种新型的计算机总线接口技术,目前在消费电子产品以及智能测控等领域得到广泛的应用。USB 全称为 Universal Serial Bus (通用串行总线),其使得计算机和外部设备的连接十分方便。目前,很多设备都开始采用 USB 接口来实现,如鼠标、键盘、移动硬盘、打印机等。在实际设计工作中,也越来越多地采用 USB 技术,如高速 USB 数据采集等。目前 USB 接口大有取代其他老式接口的趋势。因此,掌握 USB 接口的设计开发是非常必要的。

为了便于广大电子设计者能够掌握 USB 接口的知识以及 USB 接口的设计方法,本书详细介绍了新型 USB 总线接口的协议、工作原理以及程序设计。另外,本书中还以大量篇幅,全面详细地介绍了在各种应用场合下 USB 的设计实例。学完本书后,读者可以全面地掌握 USB 接口的设计开发。

本书的特点

1. 覆盖 USB 所有技术方面

为了便于读者学习,本书内容涉及 USB 工作原理、电路制板、固件编程、驱动开发等多个环节。读者通过本书,可以完整掌握 USB 设备开发的每个环节和过程。同时,本书结合每个环节,都进行实际分析,如第 5 章详细介绍了常见的元器件封装、焊接,并介绍了国内常用的几家 USB 芯片厂家的产品。

2. 遵循开发流程

由于 USB 开发涉及不同的领域,所以为了便于读者学习,每章内容按照开发流程和学习顺序,严格划分章节。例如,第 11~27 章每章都按照原理分析、芯片选型、电路设计、固件编程、驱动开发进行讲解。读者可以全面学习,也可以有重点地进行跳跃阅读。

3. IT、办公、工控设备全覆盖

本书提供的实例非常典型,涉及实际 USB 硬件设计的各个方面,涵盖所有常见技术。例如,本书的实例包括 USB 键盘、鼠标、U 盘等 IT 设备,也包括 LCD、USB 充电器、USB 打印机等办公设备,同时还包括温度传感器、RS-232、A/D、D/A 等工控设备。

4. 电路图+固件程序+驱动程序

为了方便读者学习，本书对实例的讲解全面丰富。每个实例都有完整的电路图、USB 固件程序和上位机程序设计。同时，本书对实例工作机制进行充分分析。读者可以将本书实例直接应用于实际工作中。对于需要改进的实例，也只需要简单修改，就可以投入使用。

5. 所有开发代码均有讲解、注释

由于读者编程能力参差不齐，本书对程序代码进行详细讲解。对于可能涉及开发的部分，都进行详细注释。这样读者可以很轻松地理解代码，进行二次开发，从而满足自己的工作需要。

6. Visual C++、C#、LabVIEW 3 种驱动开发模式

本书介绍的所有内容均基于目前流行的软硬件技术来完成 USB 的设计。驱动开发采用 Visual C++、C#、LabVIEW 3 种平台，从而方便传统 Windows 平台、.NET 平台、实验平台 3 种需要。

本书的内容

本书以实用性、系统性和完整性为重点，详细介绍了 USB 接口设计的方方面面，并且给出了很多实用的 USB 设计实例。本书分为 3 篇，共 27 章。

第 1 篇 USB 开发基础篇，包括第 1~6 章，主要介绍了 USB 概述以及 USB 设备配置、数据传输和设备请求等基础知识。同时，也介绍了元器件使用以及电路板布局的相关知识。

第 1 章 USB 概述，主要介绍了 USB 的产生、USB 总线特点、USB 总线结构、USB 总线的供电方式以及 USB 的开发流程。

第 2 章 USB 的设备配置，详细讲解了 USB 标准设备描述符、USB 集线器描述符以及 HID 设备描述符。

第 3 章 USB 的数据传输，详细讲解了 USB 的控制传输、块传输、中断传输以及同步传输。

第 4 章 USB 设备请求，详细讲解了标准的 USB 设备请求、USB 集线器类请求以及 HID 设备类请求。本章还给出了 USB 请求的处理代码。

第 5 章器件的识别和加工，详细介绍了元器件的封装、常用元器件的焊接方法。最后，还介绍了常用的 USB 接口芯片。

第 6 章电路板布局，详细介绍了印制电路板的基本概念、印制电路板的设计规则。最后，还重点介绍了高速 USB 接口的印制电路板设计规则。

第 2 篇 USB 编程篇，包括第 7~10 章，主要介绍了如何从零基础构建一个完整的 USB 接口开发环境，以及开发过程中的主要程序设计方法。

第 7 章构建 USB 接口开发环境，详细介绍了 USB 固件程序开发环境、上位机的开发环境以及 USB 驱动程序的开发环境。同时，根据 Cypress 公司的 EZ-USB FX2LP 芯片构建了一个 USB 最小开发硬件系统。本章是 USB 接口开发的基础，读者可以遵循本章内容建立适合自己的 USB 开发环境。

第8章 USB 固件编程,详细讲解了 USB 设备配置描述符、设备请求以及 USB 重列举过程的固件程序。本章是 USB 设备开发的不可缺少的部分。

第9章 USB 驱动开发,详细介绍了 Windows 操作系统下 USB 驱动开发流程,并重点介绍了 LabVIEW 编程环境下如何创建 USB 驱动,最后还介绍了 Cypress 公司的通用 USB 驱动及其使用。驱动程序是 USB 设备开发的不可缺少的部分。

第10章 上位机程序开发,详细讲解了在 Visual C++、Visual C#以及 LabVIEW 环境下如何读写 USB 设备。本章是 USB 设备开发的不可缺少的部分。

第3篇 USB 应用实例篇,共包括17章,详细讲解了17个完整的 USB 设计实例,涉及硬件设计的方方面面。

第11章使用 EEPROM 进行 USB 列举,详细介绍了 EZ-USB FX2LP 芯片的启动模式,并结合完整的实例讲解了如何使用 EEPROM 进行 USB 列举。

第12章 USB 控制 LED 显示实例,介绍了 LED 数码管的基本知识,并结合一个完整的实例讲解了如何在 USB 设备中控制 LED 数码管。

第13章 USB 控制 LCD 液晶显示模式,介绍了液晶显示模块以及液晶显示控制驱动器及其指令集,并结合一个完整的实例讲解了如何在 USB 设备中控制液晶显示模块显示汉字。

第14章 USB 键盘程序设计,首先简单介绍了 HID 设备,然后结合一个完整的实例讲解了如何实现 USB 键盘设计。

第15章 USB 鼠标程序设计,介绍了 USB 鼠标的硬件结构,并结合一个完整的实例讲解了 USB 鼠标的软硬件设计。

第16章 USB 控制 D/A 转换输出实例,介绍了 D/A 转换器的原理和类型等,并介绍了一款高性能的 D/A 转换器。本章结合一个完整的实例,讲解了如何在 USB 设备中控制 D/A 转换器输出模拟电压以及各种波形。

第17章 USB 控制 A/D 转换数据采集实例,介绍了 A/D 转换器的原理,并重点介绍了一款常用的 8 通道 A/D 转换器。同时,本章结合一个完整的实例,讲解了如何在 USB 设备中通过 A/D 转换器采集模拟电压数据。

第18章 USB 的 RAM 测试实例,介绍了 EZ-USB FX2LP 的存储器,并结合一个完整的实例讲解了如何读写和测试 USB 的各个存储器。

第19章 USB 读写 I²C 总线 EEPROM,首先介绍了 I²C 总线的工作原理以及数据传输协议,并结合一个完整的实例,讲解了如何在 USB 设备中读写 I²C 总线接口的 EEPROM 存储器。

第20章 USB 读写 Microware 串行 EEPROM,首先介绍了 Microware 串行总线以及 Microware 串行接口的 EEPROM 存储器。本章还结合一个完整的实例,讲解了如何在 USB 设备中实现 Microware 串行 EEPROM 的读写。

第21章 USB 控制实时时钟芯片 DS1302,介绍了实时时钟芯片 DS1302 的命令字节、数据格式以及数据传输方式,并介绍一个完整的实例,讲解了如何在 USB 设备中实现实时时钟控制。

第22章 USB 采集单总线温度传感器 DS18S20,介绍了单总线接口以及单总线接口的温度传感器 DS18S20,并结合一个完整的实例讲解了如何在 USB 设备中采集温度数据。

第23章 USB 打印机控制实例,介绍了 USB 总线接口芯片 CH375A,并结合普通的 8051

单片机实现了 USB 接口打印机的控制。

第 24 章 USB 接口充电器实例，介绍了锂电池及其充电要求，并介绍了一款高性能的智能充电管理芯片。本章结合一个完整的实例，讲解了如何在 USB 设备中扩展锂电池充电功能。

第 25 章 USB 转 RS-232 串口实例，首先介绍了 USB 总线接口芯片 CH341 及其工作方式，并结合一个完整的实例，讲解了如何实现 USB 接口到 RS-232 串口的转换。

第 26 章 U 盘设计实例，介绍了 Nand-Flash 存储器以及基于 Nand-Flash 存储器的文件系统，并介绍了一款常用的 Nand-Flash 控制器。本章通过一个完整的实例，讲解了如何实现典型的 U 盘设计。

第 27 章 LabVIEW 下的 USB 数据采集实例，首先介绍了 EZ-USB FX2LP 芯片的 Slave FIFO 模式及其编程方法，接着，通过一个完整的实例讲解了如何在 LabVIEW 环境中实现 USB 设备的读写以及数据采集。

适合的读者

- USB 接口的初学者。
- 具有一定开发经验的 USB 设计人员。
- 电子设计爱好者。
- 电子工程师。
- 系统开发人员。
- 大学、大专等相关专业的学生及教师。

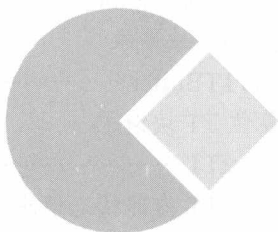
本书编写人员

本书由薛园园、赵建领编写，由于水平有限，编写时间仓促，书中难免有遗漏和不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见。本书责任编辑的联系方式是 huangyan@ptpress.com.cn，欢迎来信交流。

本书编写过程中得到了华清远见嵌入式培训中心的大力支持，他们为本书的写作提供了丰富的参考资料并提出了许多建议性的意见，在此表示衷心的感谢。本书的相关资料和嵌入式系统相关资料、公开视频，请参见 <http://www.farsight.com.cn/download>。

编者

2009 年 1 月



目 录

第 1 篇 USB 开发基础篇

第 1 章 USB 概述 3

1.1 USB 的产生 3

1.2 USB 总线特点 4

1.3 USB 的总线结构 6

1.3.1 USB 主机和设备 6

1.3.2 USB 的连接 7

1.3.3 USB 系统的分层结构 8

1.4 USB 的供电 8

1.4.1 USB 接口的电源指标 9

1.4.2 电源分配 9

1.4.3 USB 电源管理 10

1.5 USB 的开发流程 12

1.6 小结 13

第 2 章 USB 的设备配置 14

2.1 USB 标准设备的描述符 14

2.1.1 设备描述符 15

2.1.2 配置描述符 17

2.1.3 字符串描述符 19

2.1.4 接口描述符 20

2.1.5 端点描述符 21

2.1.6 设备限定描述符 23

2.1.7 其他速率配置描述符 25

2.2 USB 集线器的描述符 26

2.2.1 集线器设备描述符 27

2.2.2 集线器配置描述符 29

2.2.3 集线器接口描述符 30

2.2.4 集线器端点描述符 31

2.2.5 集线器类描述符 32

2.3 HID 设备描述符 34

2.3.1 HID 设备简介 34

2.3.2 HID 基本描述符 36

2.3.3 HID 类描述符 38

2.4 小结 40

第 3 章 USB 的数据传输 41

3.1 USB 数据传输简介 41

3.1.1 USB 数据传输流程 41

3.1.2 USB 事务处理 42

3.1.3 USB 数据传输类型 43

3.2 USB 控制传输 43

3.2.1 数据包长度 44

3.2.2 事务处理 44

3.3 USB 块传输 46

3.3.1 数据包长度 46

3.3.2 事务处理 46

3.4 USB 中断传输 47

3.4.1 数据包长度 47

3.4.2 事务处理 47

3.5 USB 同步传输 48

3.5.1 数据包长度 48

3.5.2 事务处理	48	SetPortFeature	60
3.6 小结	49	4.2.7 读取集线器描述符请求	
第4章 USB 设备请求	50	GetHubDescriptor	60
4.1 标准 USB 设备请求	50	4.2.8 设置集线器描述符请求	
4.1.1 读取状态请求		SetHubDescriptor	61
GetStatus	51	4.2.9 清除 TT 块请求	
4.1.2 清除特性请求		ClearTTBuffer	61
ClearFeature	52	4.2.10 复位 TT 块请求	
4.1.3 设置特性请求		ResetTT	62
SetFeature	53	4.2.11 读取 TT 内部状态请求	
4.1.4 设置地址请求		GetTTState	62
SetAddress	54	4.2.12 停止 TT 正常工作请求	
4.1.5 读取描述符请求		StopTT	63
GetDescription	54	4.3 HID 设备类请求	63
4.1.6 设置描述符请求		4.3.1 获取报告请求	
SetDescriptor	54	GetReport	64
4.1.7 读取配置请求		4.3.2 获取空闲速率请求	
GetConfiguration	55	GetIdle	64
4.1.8 设置配置请求		4.3.3 获取 HID 协议请求	
SetConfiguration	55	GetProtocol	65
4.1.9 读取接口请求		4.3.4 设置报告请求	
GetInterface	55	SetReport	65
4.1.10 设置接口请求		4.3.5 设置空闲速率请求	
SetInterface	55	SetIdle	66
4.1.11 同步帧请求		4.3.6 设置 HID 协议请求	
SynchFrame	56	SetProtocol	67
4.2 USB 集线器类请求	56	4.4 USB 设备请求示例	67
4.2.1 读取集线器状态请求		4.4.1 声明设备请求	67
GetHubStatus	57	4.4.2 设备请求的响应	68
4.2.2 读取下行端口状态请求		4.5 小结	72
GetPortStatus	57	第5章 器件识别和加工	73
4.2.3 禁止集线器的特性请求		5.1 元器件的封装	73
ClearHubFeature	58	5.1.1 元器件封装的发展	73
4.2.4 禁止下行端口特性请求		5.1.2 元器件封装小结	74
ClearPortFeature	58	5.2 元器件的焊接	83
4.2.5 使能集线器特性请求		5.2.1 双列直插器件的焊接	83
SetHubFeature	59	5.2.2 表面贴元器件的焊接	83
4.2.6 使能下行端口特性请求		5.3 常用的 USB 接口芯片	84

5.3.1 Cypress 公司的 USB 接口芯片.....84	环境.....117
5.3.2 Philips 公司的 USB 接口芯片.....89	7.3.3 NI-VISA 开发平台.....118
5.3.3 南京沁恒公司的 USB 接口芯片.....91	7.3.4 USB 通用驱动程序.....118
5.4 小结.....94	7.4 USB 最小开发系统.....119
第 6 章 电路制板布局.....95	7.5 USB 软硬件开发环境.....120
6.1 印制电路板基础.....95	7.6 小结.....121
6.1.1 印制电路板的分类.....95	第 8 章 USB 固件编程.....122
6.1.2 印制电路板的基本概念.....96	8.1 USB 设备配置描述符.....122
6.2 印制电路板设计规则.....98	8.1.1 变量声明.....122
6.2.1 电路板的选择.....99	8.1.2 设备描述.....123
6.2.2 电路板布局.....99	8.1.3 设备配置.....123
6.2.3 电路板布线.....100	8.1.4 字符串描述.....126
6.2.4 其他设计规则.....101	8.2 USB 设备请求.....127
6.3 高速 USB 接口的 PCB 设计.....102	8.2.1 自定义设备请求声明.....127
6.3.1 差分阻抗.....103	8.2.2 自定义设备请求的响应.....128
6.3.2 USB 信号.....104	8.3 USB 重列举.....131
6.3.3 电源和地.....105	8.4 小结.....133
6.3.4 晶体振荡器.....106	第 9 章 USB 驱动开发.....134
6.4 小结.....107	9.1 Windows 下的 USB 驱动开发.....134
第 2 篇 USB 编程篇	9.1.1 USB 驱动程序建立.....134
第 7 章 构建 USB 接口开发环境.....111	9.1.2 USB 驱动程序设计.....137
7.1 USB 固件开发环境.....111	9.2 LabVIEW 环境下的 USB 驱动开发.....138
7.1.1 Keil μ Vision3 简介.....111	9.2.1 NI-VISA 的 USB 驱动简介.....138
7.1.2 keil μ Vision3 集成开发环境.....112	9.2.2 创建 USB 驱动.....139
7.1.3 Cypress 开发包.....113	9.3 通用 USB 驱动概述.....140
7.2 上位机开发环境.....114	9.4 INF 文件简介.....140
7.2.1 Visual Studio 开发平台.....114	9.4.1 INF 文件处理过程.....141
7.2.2 LabVIEW 开发平台.....114	9.4.2 INF 文件的结构.....141
7.3 USB 驱动开发环境.....115	9.4.3 版本节[Version].....141
7.3.1 DriverStudio 软件简介.....115	9.4.4 源文件盘符节 [SourceDisksNames].....143
7.3.2 配置 DriverSutdio 编译	9.4.5 源文件节 [SourceDisksFiles].....144
	9.4.6 目标磁盘节

	[DestinationDirs]	144
9.4.7	供应商节	
	[Manufacturer]	145
9.4.8	默认安装节	
	[DefaultInstall]	145
9.4.9	字符串节	
	[String]	145
9.5	Visual Studio 6.0 环境下的通用 USB 驱动	145
9.5.1	CyLoad.inf 文件	146
9.5.2	CyUSB.inf 文件	148
9.6	Visual Studio 2005 环境下的通用 USB 驱动	151
9.7	驱动程序的安装	153
9.8	小结	155
第 10 章	上位机程序开发	156
10.1	Visual C++读写 USB 设备	156
10.1.1	CYIOCTL 控制函数类	156
10.1.2	CyAPI 控制函数类	162
10.2	Visual C#读写 USB 设备	181
10.2.1	CyHidDevice 类	181
10.2.2	CyIsocEndPoint 类	186
10.2.3	CyUSBStorDevice 类	190
10.3	LabVIEW 读写 USB 设备	192
10.3.1	USB 设备测试	192
10.3.2	VISA 控制函数	194
10.4	小结	196

第 3 篇 USB 应用实例篇

第 11 章	使用 EEPROM 进行 USB 列举	199
11.1	EZ-USB FX2LP 的启动模式概述	199
11.1.1	EZ-USB FX2LP 的启动模式	200

11.1.2	无 EEPROM 启动	200
11.1.3	首字节为 0xC0 的 EEPROM 启动	201
11.1.4	首字节为 0xC2 的 EEPROM 启动	201
11.1.5	启动配置	202
11.2	EEPROM 引导 USB 启动电路	205
11.3	USB 固件程序设计	206
11.3.1	建立 USB 项目	207
11.3.2	主程序文件	207
11.3.3	请求响应函数	210
11.3.4	数据读写子程序	215
11.3.5	USB 描述符	215
11.4	驱动程序设计	219
11.4.1	USB 固件下载驱动程序	219
11.4.2	USB 通信驱动程序	221
11.5	主机程序设计	222
11.5.1	建立工程	223
11.5.2	用户界面设计	224
11.5.3	程序代码设计	225
11.6	小结	227

第 12 章 USB 控制 LED 显示实例

12.1	LED 数码管简介	228
12.1.1	共阳极 7 段 LED 数码管	228
12.1.2	共阴极 7 段 LED 数码管	230
12.2	USB 控制 LED 显示实例	231
12.3	USB 固件程序设计	232
12.3.1	建立 USB 项目	232
12.3.2	主函数程序设计	233
12.3.3	设备请求响应函数	236
12.3.4	LED 控制子函数	241
12.3.5	USB 固件描述符	241
12.4	USB 主机程序设计	246
12.4.1	建立项目	246

12.4.2 程序设计	247	14.2.4 标准设备请求响应函数	295
12.5 小结	251	14.2.5 USB 键盘功能实现	299
第 13 章 USB 控制 LCD 液晶显示模块	252	14.2.6 USB 键盘描述符	301
13.1 液晶显示模块概述	252	14.3 小结	306
13.1.1 液晶显示模块的分类	253	第 15 章 USB 鼠标程序设计	307
13.1.2 液晶显示模块的特点	254	15.1 USB 鼠标硬件概述	307
13.2 液晶显示控制驱动器	254	15.2 电路原理图	308
13.2.1 液晶显示控制驱动器概述	254	15.3 固件程序设计	309
13.2.2 液晶显示控制驱动器功能	255	15.3.1 接口定义	310
13.3 液晶显示控制器指令集	258	15.3.2 主函数	310
13.3.1 基本指令集	258	15.3.3 初始化函数	311
13.3.2 扩充指令集	261	15.4 功能实现代码	312
13.3.3 控制器指令操作方式	263	15.4.1 主循环函数 usbmain	312
13.4 液晶显示电路原理图	264	15.4.2 鼠标事务函数 MouseTask	312
13.5 固件程序设计	267	15.4.3 挂起函数 Suspend	313
13.5.1 建立 USB 项目	267	15.4.4 数据包处理函数 HandleSetup	314
13.5.2 主程序文件	268	15.4.5 输入数据包处理函数 HandleIn	315
13.5.3 请求响应函数	270	15.4.6 读数据函数 USB_control_read	315
13.5.4 初始化子程序	275	15.4.7 装载 FIFO 函数 LoadEP0Fifo	316
13.5.5 液晶汉字显示子程序	275	15.4.8 停止端点函数 USB_Stall_In_Out	316
13.5.6 点阵图形型液晶控制子函数	275	15.4.9 总线空闲函数 BusInactive	316
13.5.7 USB 描述符	280	15.4.10 光学测量函数 ProcessOptics	317
13.6 主机程序设计	283	15.4.11 读按键函数 GetButtons	318
13.6.1 建立工程	284	15.4.12 鼠标移动函数 MouseMoved	318
13.6.2 用户界面设计	285	15.5 HID 设备请求处理	318
13.6.3 程序代码设计	286	15.5.1 设置配置请求 SetConfiguration	318
13.7 小结	288		
第 14 章 USB 键盘程序设计	289		
14.1 HID 设备概述	289		
14.2 USB 键盘设计实例	290		
14.2.1 电路原理图	290		
14.2.2 建立 USB 项目	291		
14.2.3 主程序文件	292		

15.5.2	设置地址请求 SetAddress.....	319	16.2	高速 D/A 转换芯片 AD558.....	334
15.5.3	清除标志请求 ClearFeature.....	319	16.2.1	AD558 简介.....	334
15.5.4	设置标志请求 SetFeature.....	320	16.2.2	AD558 输出模式.....	335
15.5.5	读取描述符请求 GetDescriptor.....	321	16.2.3	AD558 的数据锁存.....	336
15.5.6	读取状态请求 GetStatus.....	322	16.3	电路原理图.....	337
15.5.7	设置空闲请求 SetIdle.....	323	16.4	固件程序设计.....	338
15.5.8	设置协议请求 SetProtocol.....	323	16.4.1	建立 USB 项目.....	338
15.5.9	读取报告请求 GetReport.....	324	16.4.2	主程序文件.....	339
15.5.10	读取空闲请求 GetIdle.....	324	16.4.3	请求响应函数.....	342
15.5.11	读取协议请求 GetProtocol.....	325	16.4.4	D/A 转换子函数.....	347
15.5.12	读取配置请求 GetConfiguration.....	325	16.4.5	USB 设备配置描述符.....	347
15.6	USB 鼠标描述符.....	325	16.5	主机程序设计.....	351
15.6.1	设备描述符.....	325	16.5.1	建立工程.....	351
15.6.2	配置描述符.....	326	16.5.2	用户界面设计.....	353
15.6.3	接口描述符.....	326	16.5.3	程序代码设计.....	354
15.6.4	端点描述符.....	327	16.6	小结.....	358
15.6.5	HID 类描述符.....	327	第 17 章	USB 控制 A/D 转换数据 采集实例.....	359
15.6.6	报告描述符.....	327	17.1	A/D 转换器概述.....	359
15.6.7	字符串描述符.....	328	17.1.1	A/D 转换原理.....	360
15.7	小结.....	329	17.1.2	A/D 转换器的技术 参数.....	362
第 16 章	USB 控制 D/A 转换输出 实例.....	330	17.1.3	A/D 转换器的选择 原则.....	363
16.1	D/A 转换概述.....	330	17.2	8 通道电压型 A/D 转换器 MAX197.....	364
16.1.1	D/A 转换原理.....	330	17.2.1	MAX197 的引脚接口.....	364
16.1.2	D/A 转换器的类型.....	331	17.2.2	MAX197 的控制字节.....	365
16.1.3	D/A 转换器的性能 参数.....	333	17.2.3	MAX197 的控制时序.....	367
			17.3	USB 模拟电压采集实例.....	368
			17.3.1	系统电路原理图.....	368
			17.3.2	稳压电路.....	370
			17.4	USB 固件程序设计.....	370
			17.4.1	建立 USB 项目.....	371
			17.4.2	主函数程序设计.....	371
			17.4.3	设备请求处理.....	374
			17.4.4	A/D 转换控制子函数.....	379
			17.4.5	USB 描述符.....	379

17.5 上位机程序设计	383	19.4 主程序设计	429
17.5.1 建立项目	384	19.4.1 建立工程	429
17.5.2 程序设计	385	19.4.2 用户界面设计	430
17.6 小结	389	19.4.3 程序代码设计	431
第 18 章 USB 的 RAM 测试实例	390	19.5 小结	433
18.1 EZ-USB FX2LP 的存储器	390	第 20 章 USB 读写 Microware 串行 EEPROM	434
18.1.1 内部数据 RAM	390	20.1 Microware 串行总线概述	434
18.1.2 外部程序和数据存储空间	393	20.2 Microware 串行总线接口的 EEPROM 存储器	435
18.2 USB 的 RAM 测试电路原理图	397	20.2.1 Microware 串行总线接口 EEPROM 概述	435
18.3 固件程序设计	398	20.2.2 Microware 串行总线接口 EEPROM 的指令	436
18.3.1 建立 USB 项目	398	20.2.3 Microware 串行总线接口 EEPROM 的指令时序	437
18.3.2 主程序文件	399	20.3 电路原理图	440
18.3.3 测试 RAM 区域函数 test_mem	402	20.4 固件程序设计	441
18.3.4 错误码分析函数 status	403	20.4.1 建立 USB 项目	442
18.3.5 特定字符串输出函数 statString	404	20.4.2 主程序文件	443
18.4 小结	404	20.4.3 请求响应函数	445
第 19 章 USB 读写 I ² C 总线 EEPROM	405	20.4.4 Microware 读写子函数	449
19.1 I ² C 总线概述	405	20.4.5 三线制 Microware 串行总线读写子函数	450
19.1.1 I ² C 总线的工作原理	406	20.4.6 USB 设备配置描述符	453
19.1.2 I ² C 总线的负载能力	406	20.5 主程序设计	457
19.1.3 I ² C 总线的寻址方式	406	20.5.1 建立工程	457
19.1.4 I ² C 总线数据传输协议	407	20.5.2 用户界面设计	459
19.2 电路原理图	409	20.5.3 程序代码设计	460
19.3 固件程序设计	411	20.6 小结	462
19.3.1 建立 USB 项目	411	第 21 章 USB 控制实时时钟芯片 DS1302	463
19.3.2 主程序文件	412	21.1 实时时钟芯片 DS1302 概述	463
19.3.3 请求响应处理	414	21.1.1 实时时钟芯片 DS1302 概述	463
19.3.4 EEPROM 读写	419	21.1.2 实时时钟芯片 DS1302 命令字节	464
19.3.5 I ² C 接口子函数	420		
19.3.6 USB 设备配置描述符	424		

21.1.3	实时时钟芯片 DS1302 数据格式	464	22.5.3	程序代码设计	517
21.1.4	实时时钟芯片 DS1302 数据传输方式	466	22.6	小结	519
21.2	电路原理图	467	第 23 章	USB 打印机控制实例	520
21.3	固件程序设计	469	23.1	CH375A 接口芯片	520
21.3.1	建立 USB 项目	469	23.1.1	CH375A 概述	521
21.3.2	主程序文件	470	23.1.2	CH375A 内部结构	523
21.3.3	请求响应处理	473	23.2	CH375A 指令	523
21.3.4	实时时钟操作	477	23.2.1	CH375A 基本指令	524
21.3.5	DS1302 控制子函数	478	23.2.2	USB 存储设备类指令	527
21.3.6	USB 设备配置描述符	482	23.3	CH375A 接口方式	533
21.4	上位机程序设计	486	23.3.1	并行接口	534
21.4.1	建立工程	486	23.3.2	串行接口	534
21.4.2	用户界面设计	487	23.4	USB 打印机控制实例	535
21.4.3	程序代码设计	488	23.4.1	电路原理图	535
21.5	小结	491	23.4.2	USB 打印机控制方式	538
第 22 章	USB 采集单总线温度 传感器 DS18S20	492	23.5	程序设计	539
22.1	单总线概述	492	23.5.1	项目建立	539
22.2	单总线温度传感器 DS18S20	493	23.5.2	头文件	539
22.2.1	温度传感器 DS18S20 概述	494	23.5.3	参数及结构定义	543
22.2.2	DS18S20 的供电方式	494	23.5.4	主函数	544
22.2.3	DS18S20 的数据操作	495	23.5.5	基本操作子函数	545
22.2.4	DS18S20 的温度转换 操作	497	23.5.6	数据同步及读写 子函数	547
22.3	电路原理图	498	23.5.7	CH375A 主机操作 子函数	548
22.4	固件程序设计	499	23.6	小结	552
22.4.1	建立 USB 项目	499	第 24 章	USB 接口充电器实例	553
22.4.2	主程序文件	500	24.1	锂电池及其充电概述	553
22.4.3	请求响应处理	503	24.1.1	锂电池概述	553
22.4.4	读取温度操作	507	24.1.2	锂电池充电概述	554
22.4.5	DS18S20 控制子函数	508	24.2	智能充电管理芯片 MAX1898	554
22.4.6	USB 设备配置描述符	510	24.2.1	智能充电管理芯片 选型	555
22.5	上位机程序设计	514	24.2.2	智能充电管理芯片 MAX1898 概述	555
22.5.1	建立工程	514	24.2.3	MAX1898 充电工作	
22.5.2	用户界面设计	516			

原理	556	指令集	591
24.3 USB 接口充电器实例	557	26.1.5 Nand-Flash 存储器的 操作	591
24.3.1 电路原理图	557	26.2 基于 Nand-Flash 的文件 系统	592
24.3.2 USB 接口充电器功能	560	26.2.1 分区格式简介	592
24.4 固件程序设计	561	26.2.2 基于 Nand-Flash 的 文件系统	593
24.4.1 建立 USB 项目	561	26.2.3 Nand-Flash 存储器上的 FAT 结构	597
24.4.2 主程序文件	562	26.3 Nand-Flash 控制器	597
24.4.3 请求响应处理	565	26.3.1 CY7C68023 简介	597
24.4.4 智能充电管理	569	26.3.2 兼容 Nand-Flash 存储器	599
24.4.5 USB 设备配置描述符	570	26.4 U 盘设计实例	599
24.5 小结	574	26.4.1 电路原理图	600
第 25 章 USB 转 RS-232 串口实例	575	26.4.2 PCB 设计要求	601
25.1 CH341 简介	575	26.4.3 配置格式化	601
25.2 CH341 串口工作方式	576	26.5 小结	602
25.2.1 异步串口方式	576	第 27 章 LabVIEW 下的 USB 数据 采集实例	603
25.2.2 同步串口方式	579	27.1 Slave FIFO 模式简介	603
25.3 CH341 打印口工作方式	579	27.1.1 Slave FIFO 模式的 引脚及功能	604
25.4 CH341 并口工作方式	581	27.1.2 典型的数据传输	608
25.4.1 EPP 并口方式	582	27.2 Slave FIFO 的固件设计	609
25.4.2 MEM 并口方式	583	27.2.1 Slave FIFO 固件基础	610
25.5 CH341 功能配置	583	27.2.2 Auto In/Auto Out 模式	610
25.5.1 直接组合配置	583	27.2.3 Auto In/Auto Out 模式 初始化	611
25.5.2 外部芯片配置	583	27.2.4 CPU 访问 OUT 数据包	613
25.6 USB 转 RS-232 串口实例	584	27.2.5 CPU 访问 IN 数据包	615
25.6.1 电路原理图	584	27.3 电路原理图	617
25.6.2 硬件接口介绍	585	27.4 固件程序设计	618
25.6.3 连接使用	586	27.4.1 建立 USB 项目	618
25.7 小结	587	27.4.2 主程序文件	619
第 26 章 U 盘设计实例	588	27.4.3 请求响应函数	621
26.1 Nand-Flash 存储器	588		
26.1.1 Nor-Flash 和 Nand-Flash	588		
26.1.2 Nand-Flash 存储器 K9F2G08U0M	589		
26.1.3 Nand-Flash 存储器的 组织结构	590		
26.1.4 Nand-Flash 存储器的			

27.4.4 初始化子函数	625	27.5.1 USB 驱动程序	632
27.4.5 自定义请求子函数	626	27.5.2 前面板程序设计	634
27.4.6 块传输处理	626	27.5.3 程序框图设计	634
27.4.7 USB 设备配置描述符	627	27.6 小结	635
27.5 LabVIEW 程序设计	632		
27.5.1 USB 驱动程序	632		
27.5.2 前面板程序设计	634		
27.5.3 程序框图设计	634		
27.6 小结	635		