

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: X2005222015

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于CSR芯片蓝牙耳机设计与实现

Design and Implementation of Bluetooth Headset

Based on CSR Chipset

沈明合

指导教师姓名: 黄联芬 副教授

专 业 名 称: 电子与通信工程

论文提交日期: 2 0 1 0 年 4 月

论文答辩时间: 2 0 1 0 年 月

学位授予日期: 2 0 1 0 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。
本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密 ()，在 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密 ()

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: 日期: 年 月 日

导师签名: 日期: 年 月 日

摘要

蓝牙技术是一种低功耗、短距离无线通信技术，在短距离范围内可使得各种信息化的移动便携设备都能实现无线无缝的资源共享，是目前短距离无线通信的主要手段，目前广泛用于取代个人计算机、打印机、传真机和移动电话等设备上接口的有线电缆，其中蓝牙耳机就是其中应用之一。随着有车族持续增加，蓝牙耳机已慢慢成为手机的必配附件之一，因此研发出高端的蓝牙耳机具有较大实际应用价值。

本文首先在了解蓝牙技术原理的基础上，调研了蓝牙耳机发展现状及趋势，研究了蓝牙耳机技术基本原理，调研了蓝牙耳机的设计方案：包括基于 ROM 单芯片方案的中低端蓝牙耳机设计方案和基于 BC5-MME（CSR BlueCore-5 Multimedia External）高端芯片设计方案。CSR 公司的 BlueCore5 嵌入式平台拥有高性能的片上 DSP，可支持第三方音频增强软件，提供的最佳信噪比-90dB，是目前高端无线耳机产品的首选开发平台，因此本文在学习 CSR BC5-MME 芯片为硬件设计平台基础上，设计了蓝牙耳机硬件部分，重点研究学习了 CSR BlueLab 软件平台，并设计出蓝牙耳机软件，实现蓝牙耳机各个模块功能，从而完成了整个蓝牙耳机系统设计。在设计过程中，本文根据 CSR BC5-MME 芯片具有丰富的外设可扩展功能和可实现的高品质的语言处理通道，深入研究使用片上 DSP 对语音信号处理实现噪音消除和回音抑制功能，从而提升通话品质。同时对蓝牙耳机相关协议进行深入研究，实现蓝牙 HSP/HFP/A2DP 剖面协议及相关应用软件功能。经过功能性测试和兼容性测试，所设计的蓝牙耳机完全达到 SIG 相关的认证要求。

后续可在该软硬件平台上进一步研究实现并优化音频编解码，并可实现扩展外设，如 LCD、SENSOR 等工作，朝产品的多样化及多功能化方向完善。

关键词：蓝牙耳机; BlueCore; HSP/HFP; A2DP;

Abstract

Bluetooth technology is a low-power, short-range wireless communication technology, which purpose is to share information between each portable device. It becomes main and wide to replace wire cable for interface with PC, printers, fax machine, mobile phones and so on. The important example is Bluetooth headset for replacing the wire headset. Bluetooth headset becomes more and more widespread and necessary accessory with the cell phone especially of automobile sale increasing. So it may be significant and practical to design high end Bluetooth headset.

The paper learned about the Bluetooth technology and investigated trend of product and the design scheme of Bluetooth headset. The platform of Bluetooth headset has low and high end scheme that separately based on ROM and Flash storage chipset. The CSR BlueCore-5 multi-media external (BC5-MME) flash chipset is high end from CSR Company, which is a leading global provider of Bluetooth technology. The BC5-MME chipset has a high-performance DSP that supports for the third-part audio enhancement software, which provides superior sound quality and radio performance of the noise ratio up to -90dB and leads the design of radio and power consumption. It can be the first choice for Bluetooth headset. So the paper would design and achieve a Bluetooth headset based on understanding the principle of Bluetooth technology, investigating the current status and trend of Bluetooth headset, studying the basic technology of Bluetooth headset that uses the CSR BC5-MME hardware and software platform. During the design period, according to the chipset features that has plenty of peripheral interfaces and special audio processor of DSP, the function of noise suppression and echo cancellation has been learned and implemented to improve the audio performance. At the same time, the flexible software architecture for implementing functions of Bluetooth profile of HSP/HFP/A2DP and other application has been achieved. The headset passes function and interoperability test and can get the SIG certification.

After this design there are two aspects that can be deeply study. One is study audio arithmetic for optimizing the performance; the other is extend the external functions like as display, sensor to make the product that be variety and multifunctional.

Key Word: Bluetooth headset, BlueCore, HSP/HFP, A2DP

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 论文的研究背景.....	1
1.2 蓝牙耳机发展现状和趋势.....	2
1.3 论文的主要研究内容和结构安排.....	3
第二章 蓝牙技术基础	4
2.1 蓝牙无线通信技术.....	4
2.1.1 调制方式.....	4
2.1.2 扩频通信.....	5
2.1.3 交换技术.....	5
2.1.4 安全技术.....	7
2.1.5 蓝牙规范技术参数.....	7
2.2 蓝牙协议栈.....	8
2.3 蓝牙耳机相关剖面规范.....	9
2.3.1 耳机剖面 HSP (headset profile).....	10
2.3.2 免提剖面 HFP (Hands free Profile).....	11
2.3.3 高级音频传输剖面 A2DP.....	11
第三章 蓝牙耳机的硬件设计	12
3.1 蓝牙耳机的技术特点.....	12
3.2 蓝牙耳机功能设计规格.....	12
3.3 CSR BC5-MME 蓝牙耳机硬件设计.....	13
3.3.1 蓝牙耳机电路模块框图.....	14
3.3.2 内部功能模块.....	14
3.4 耳机外围电路分析.....	17
3.4.1 开关机电路设计.....	17
3.4.2 LED 灯、按键电路设计.....	18
3.4.3 MIC 麦克风电路设计.....	19

3.4.4 SPK 扬声器电路设计·····	19
3.4.5 外部 Flash 电路·····	20
3.4.6 射频输入输出电路·····	20
3.4.7 充电复位电路及 USB 工作电路设计·····	21
3.5 硬件设计小结·····	21
第四章 蓝牙耳机的软件设计·····	22
4.1 CSR BlueLab 软件平台介绍·····	22
4.1.1 BlueLab 中的开发调试工具·····	23
4.1.2 BlueCore 编程环境特点·····	26
4.1.3 BlueLab 平台库·····	27
4.1.4 BlueCore 目标代码编译环境·····	30
4.2 耳机系统软件总体设计·····	30
4.2.1 项目软件需求·····	30
4.2.2 系统架构·····	33
4.2.3 消息机制·····	35
4.3 蓝牙耳机应用功能设计与实现·····	36
4.3.1 应用系统任务及系统消息转移·····	36
4.3.2 耳机按键实现 (ioinTask)·····	38
4.3.3 LED 闪烁设计 (iooutTask)·····	39
4.3.4 蓝牙连接管理功能 (profTask)·····	41
4.3.5 耳机通话流程设计 (hshfTask)·····	43
4.3.6 A2DP 功能设计 (A2DPTask)·····	46
4.3.7 音频铃声实现 (audioTask)·····	53
4.3.8 电池电量管理任务 (battTask)·····	62
第五章 蓝牙耳机应用测试·····	66
5.1 功能测试 FT·····	66
5.2 兼容性测试 IOP·····	67
结 论·····	68
缩略语·····	69

参考文献.....	71
致 谢.....	72
攻读硕士学位期间发表的学术论文.....	73

厦门大学博硕士论文摘要库

Table of Contents

Chapter1 Introduction	1
1.1 Study Background	1
1.2 Trend of Bluetooth Headset Development	2
1.3 Study Content and Architecture of Paper	3
Chapter2 Principle of Bluetooth technology	4
2.1 Bluetooth Wireless Communication Technology	4
2.1.1 Modulation Method	4
2.1.2 Spread Spectrum Technology	5
2.1.3 Switch Technology	5
2.1.4 Security Techology	7
2.1.5 Parameter of Bluetooth Technology	7
2.2 Bluetooth Protocol Stack	8
2.3 Profile in Bluetooth Headset	9
2.3.1 HSP	10
2.3.2 HFP	11
2.3.3 A2DP	11
Chapter3 Hardware Design of Bluetooth Headset	12
3.1 Features in Bluetooth Headset	12
3.2 Specification of Bluetooth Headset	12
3.3 Hardware Based on CSR BC5-MME	13
3.3.1 Block Function	14
3.3.2 Internal Block of BC5-MME	14
3.4 Assistant Circuit Design	17
3.4.1 Power Circuit	17
3.4.2 Led and Keypad Circuit	18
3.4.3 MIC Circuit	19
3.4.4 SPK Circuit	19
3.4.5 Flash Circuit	20
3.4.6 RF Design	20

3.4.7 Charging Circuit and Reset Design	21
3.5 Conclusion of Hardware Design	21
Chapter4 Software Design of Bluetooth Headset	22
4.1 CSR BlueLab Platform Introduction	22
4.1.1 BlueLabDebug Tool	23
4.1.2 Coding in BlueCore	26
4.1.3 BlueLab Library	27
4.1.4 Compile Environment in BlueCore	30
4.2 Software System Design	30
4.2.1 Software Requirement Headset	30
4.2.2 System Architecture	33
4.2.3 Message Flow	35
4.3 Design and Implementation of Headset Functionality	36
4.3.1 Application Task and Message Flow	36
4.3.2 Keypad Task (ioinTask)	38
4.3.3 LED Flash Task (iooutTask)	39
4.3.4 Connection Task (profTask)	41
4.3.5 Call Task (hshfTask)	43
4.3.6 A2DP Task (A2DPTask)	46
4.3.7 Audio Task (audioTask)	53
4.3.8 Battery Task (battTask)	62
Chapter5 Application Test	66
5.1 Functionality Test	66
5.2 Interoperability Test	67
Conclusion	68
Abbreviation	69
Reference	71
Acknowledge	72
Other Paper	73

图索引

图 2-1 蓝牙协议栈结构	8
图 2-2 蓝牙耳机剖面相关协议模型	10
图 2-3 HSP 应用剖面协议模型	10
图 3-1 蓝牙耳机模块框图	14
图 3-2 Kalimba DSP 内部功能接口	16
图 3-3 开关机电路图	17
图 3-4 LED 灯和按键电路图	18
图 3-5 双 MIC 电路设计	19
图 3-6 Speaker 电路设计	19
图 3-7 外接 Flash 电路设计	20
图 3-8 射频电路设计	20
图 3-9 充电复位电路设计	21
图 4-1 xIDE 集成开发环境界面	23
图 4-2 BlueFlash 操作界面	24
图 4-3 PSTOOL 的编辑界面	25
图 4-4 VM spy 的界面	26
图 4-5 平台支持库的依赖关系	30
图 4-6 BlueCore 嵌入式软件层次	34
图 4-7 系统消息流程图	37
图 4-8 按键系统检测流程	39
图 4-9 LED 闪烁流程	41
图 4-10 蓝牙耳机首次开机过程图	42
图 4-11 蓝牙初始化流程	45
图 4-12 来电接听及对方挂断的通信流程	46
图 4-13 A2DP 初始化过程	47
图 4-14 分别创建信号和媒体信道	48

图 4-15 单次创建信令和媒体信道	48
图 4-16 进来 A2DP 连接信号和媒体	49
图 4-17 发起开始 A2DP 传输	49
图 4-18 接受开始 A2DP 传输的请求	50
图 4-19 发送挂起命令	50
图 4-20 接收挂起指示	50
图 4-21 发起配置音频流	51
图 4-22 接受音频流配置指示	51
图 4-23 获取可配置音频流终端的能力	51
图 4-24 获取 SEP 配置信息	52
图 4-25 发起关闭命令	52
图 4-26 关闭的消息提示	52
图 4-27 断开所有连接通道	53
图 4-28 单声道蓝牙耳机语音信号与提示音混合的音频通路	57
图 4-29 立体声音频通路配置	58
图 4-30 DSP 应用加载流程	61
图 4-31 BC5-MME 片上充电电路	62
图 4-32 充电状态图	63

表格索引

表 2-1 蓝牙规范主要技术指标	7
表 3-1 蓝牙耳机规格参数	13
表 4-1 CSR 标准 C 基础库内容	27
表 4-2 CSR 蓝牙支持库	29
表 4-3 剖面支持库	29
表 4-4 MFB 按键功能表	32
表 4-5 相关耳机状态的优先级	33
表 4-6 相关的事件优先级	33
表 4-7 系统消息传递参数	34
表 4-8 按键输入事件解析表	38
表 4-9 发送事件参数表	39
表 4-10 IO 序列设定表	40
表 4-11 IO 序列闪烁次数表	40
表 4-12 周期设定表	40
表 4-13 频率设定表	40
表 4-14 蓝牙耳机接收重要消息表	42
表 4-15 耳机重连表	43
表 4-16 HSP1.1 的内容要求	43
表 4-17 HFP1.5 的内容要求	43
表 4-18 配置 PCM 表	54
表 4-19 音频流不同资源文件方式	54
表 4-20 内部 CODEC 语音通路说明	55
表 4-21 SCO 与外部 CODEC 连接说明	56
表 4-22 单声道耳机音频发送过程	57
表 4-23 立体声播放音频配置	59
表 4-24 DSP 加载过程	61
表 4-25 充电电路术语缩写	63
表 4-26 充电状态图说明	64

第一章 绪论

1.1 论文的研究背景

蓝牙是从英文 Bluetooth 单词直译而来的，是一种低功耗、短距离无线通信技术，其设计目的是要取代个人计算机、打印机、传真机和移动电话等设备上接口的有线电缆。可将各种数字信息的外部设备用无线的方式连接起来，进而形成一种个人周围领域的网络，使得在其范围之内各种信息化的移动便携设备都能实现无缝的资源共享。它使用跳频（FH）和时分复用（TDD）等技术，来建立各种通信与信息系统之间的信息传输。

作为一种新技术，蓝牙的主要优点是：可以方便地建立无线连接，替代传统的有线电缆连接；移植性较强，适用面广；安全性较高且每一台蓝牙设备的地址全球唯一；支持微微网与分散网等工作模式，应用范围广阔；此外，蓝牙设备功耗低，成本低。

回顾蓝牙技术产生与发展。1994 年爱立信公司发起了一项研究，旨在在移动电话及其附件之间探求一种新的低功耗、低成本的无线接口。由于采用无线接口，首先需要规定其工作的频谱范围，并且为了保证该技术具有有线连接不具备的优势，其技术造价、容量以及接口尺寸等也需要做规定。在爱立信公司的领导下，世界很多厂家的研发部门加入到共同协作开发此技术的行列中。

1998 年 5 月爱立信联合诺基亚、英特尔、IBM、东芝这四家公司一起成立了蓝牙特殊利益集团（SIG），负责蓝牙技术标准的制订、产品测试、并协调各国蓝牙的具体应用。其目的是实现最高数据速率是 1Mb/s，最大传输距离为 10m 的无线通信技术标准。SIG 着眼于蓝牙在全球的发展与应用，将蓝牙技术标准完全公开。

1999 年 7 月蓝牙 SIG 正式公布了蓝牙 1.0 版本规范。2001 年 4 月公布了 1.1 版本。2003 年 11 月公布了 1.2 版本。2004 年 8 月公布了 2.0 标准版本(2.0+EDR)。该版本使蓝牙的应用完美地扩展到多媒体设备中，有望赋予蓝牙永久的生命力；该版蓝牙标准具有更高的数据传输速率，提供的带宽是 1.2 标准版本蓝牙带宽的 3 倍在大量数据文件传输的时耗电量只有前版本蓝牙的一半。2007 年 7 月蓝牙 SIG 发布了 2.1 版本。2.1 版蓝牙规范重点改善了配对处理过程，比如同时使用

两台蓝牙 2.1 规范设备时候不会产生各自的 PIN 码；新规范同时还改善了通信安全性，减少了第三方用户不请自来、干涉通信的可能性；此外，新规范还大大降低了蓝牙产品功耗。

2009 年 4 月，在日本东京召开的年度全体会议上，蓝牙技术联盟 (Bluetooth SIG) 正式颁布了新一代标准规范 “Bluetooth Core Specification Version 3.0 + High Speed” (蓝牙核心规范 3.0 版+高速)，可简称为 “蓝牙 3.0+HS”，或者 “蓝牙 3.0”。蓝牙 3.0 的核心是 “Generic Alternate MAC/PHY” (AMP)。这是一种全新的交替射频技术，允许蓝牙协议栈针对任一任务动态地选择正确的射频。通过集成 “802.11 PAL” (协议适应层)，蓝牙 3.0 的数据传输率提高到了大约 24Mbps，是蓝牙 2.0 的八倍。新版本向下兼容之前的版本。

1.2 蓝牙耳机发展现状和趋势

蓝牙耳机是蓝牙技术的短距离无线连接应用产品之一。蓝牙耳机解决了有线耳机与音频设备的短距离有线连接问题，其主要应用场景是蓝牙耳机与蓝牙手机之间的短距离无线连接，达到手机来电自由接听；进而配合利用手机，在耳机上实现末尾拨号、语音拨号、三方通话等功能。

首先，蓝牙技术具有全方位，低辐射的特性。蓝牙的射频模块辐射很低，对人体产生不了影响，耳机和手机只要相隔 10m 之内，不管任何地方都可以进行通信。手机可以放在公文包或者口袋里，只要靠耳机而不用触摸到您的手机就可以实现手机的通话功能。

其次，蓝牙技术的功能强大。蓝牙模块之间可实现信息交互功能与语音传输功能，例如作为音频网关的蓝牙手机支持三方通话，则耳机上也可以支持三方通话；如果耳机上有 LCD 或者 LED 显示，还可以支持来电号码显示，音量调节显示等各种功能。

作为蓝牙技术的典型应用蓝牙耳机，随着现代微电子技术发展，芯片封装尺寸越来越小，单芯片集成度越来越高。CSR BC5MM External 芯片 BGA 封装的尺寸 $8 \times 8 \times 1.2\text{mm}$, 0.5mm pitch；单芯片集成的功能一直在增加，该芯片集成了射频单元、基带单元、数字信号处理等单元。同时，集成度的提高，提升芯片性能，可编程化程度越来越优化，这样 ODM 产家易于设计出个性化的产品来，有益于

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库