



PSoC4

片上可编程系统

设计大赛优秀作品精选集

魏 荣 编著◆



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

PSoC4 片上可编程系统设计大赛

优秀作品精选集

魏 荣 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是为高等学校电子类和其他相关专业编著的实验参考教材。本书精选了二十个 PSoC4 片上可编程系统设计大赛优秀作品,详细介绍了每个作品的应用背景、系统功能实现原理、PSoC 内置资源配置、作品原型与性能以及每个作品作者对 PSoC 优势的体会。所有作品使用 PSoC Creator 开发环境。为使读者通过 PSoC 的使用掌握数模混合系统设计的实现方法,本书附录还介绍了 PSoC4 的整体架构和每个功能模块,便于读者自学和实践。

本书可作为大学本科和高职学生进行数模混合系统设计的实验教材,也可作为相关设计人员设计单芯片解决方案和数模混合系统的参考用书,同时也可作为 Cypress 公司相关的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

PSoC4 片上可编程系统设计大赛优秀作品精选集/魏荣编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2015.4
ISBN 978-7-5606-3582-8

I. ① P… II. ① 魏… III. ① 可程序逻辑阵列—系统设计 IV. ① TP331.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 032232 号

策 划 戚文艳

责任编辑 王 瑛

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 9

字 数 204 千字

印 数 1~2000 册

定 价 20.00 元

ISBN 978-7-5606-3582-8/TP

XDUP 3874001-1

如有印装问题可调换

前 言

美国 Cypress(赛普拉斯)半导体公司提供各种高性能、混合信号、可编程解决方案,为客户产品能够快速上市赢得时间并提供卓越的系统价值。赛普拉斯的产品包括其旗舰产品 PSoC[®]可编程片上系统系列及其衍生产品,为消费、移动电话、计算、数据通信、汽车、工业和军事等多种市场提供服务。

可编程片上系统(Programmable System on Chip, PSoC)是一种真正集微控制器、可配置可编程模拟阵列、可配置可编程数字阵列和存储器为一体的片上系统,满足了数模混合系统的要求。PSoC 是可编程器件和片上系统两个发展方向的融合,代表了电子技术的新发展。PSoC4 是 PSoC 家族中的低功耗、低成本系列,片上集成了 ARM Cortex-M0 处理器、可配置可编程模拟数字阵列和存储器,适用于工业控制、机器人、消费类电子和汽车等多种领域。

本书精选了二十个 PSoC4 片上可编程系统设计大赛优秀作品,采用 PSoC Creator 开发软件,详细介绍了每个作品的应用背景、系统功能实现原理、PSoC 内置资源配置、作品原型与性能,涉及机器人、飞行器、智能家居和消费电子等应用。本书还分享了每个作品作者对 PSoC 优势的体会,使读者能更快地了解 PSoC 的特点。为了让读者更好地理解相关内容,本书附录还介绍了 PSoC4 的整体架构和每个功能模块。

本书注重理论与实际应用相结合,使得读者能通过 PSoC 掌握片上可编程系统数模混合电路设计的实现方法和单芯片解决方案,开拓设计思路,以满足不同专业和不同层次学生的要求,也会对从事单片机应用和电子系统设计的广大读者有所借鉴。

编 者

2014 年 10 月

目 录

一、基于 PSoC4 的智能轮椅控制器的设计.....	1
1 作品概述.....	1
2 方案设计.....	1
2.1 系统功能实现原理.....	1
2.2 PSoC 内部资源配置.....	5
3 作品原型与性能.....	6
3.1 概念样机实验.....	6
3.2 标准智能轮椅实验.....	6
3.3 智能轮椅的导航控制.....	7
3.4 基于 PSoC4 头部运动检测的共享控制.....	7
4 PSoC 在作品中的优势.....	8
二、基于 PSoC4 的陆空飞行器的设计.....	9
1 作品概述.....	9
1.1 陆空混合飞行器的发展.....	10
1.2 项目应用前景.....	10
1.3 研究意义.....	10
2 方案设计.....	11
2.1 系统功能实现原理.....	11
2.2 PSoC 内部资源配置.....	14
3 作品原型与性能.....	15
3.1 硬件系统.....	15
3.2 上位机软件设计.....	15
3.3 实物成果与测试分析.....	16
4 PSoC 在作品中的优势.....	17
4.1 开发时间对比.....	17
4.2 不可替代的优势.....	18
4.3 PSoC 4 的集成度说明.....	18
5 对 PSoC 产品的评价.....	18
三、基于 PSoC4 的新型血氧饱和度检测仪的设计.....	19
1 作品概述.....	19
2 方案设计.....	19
2.1 系统功能实现原理.....	19
2.2 PSoC 内部资源配置.....	25
3 作品原型与性能.....	26
4 PSoC 在作品中的优势.....	27

四、基于 PSoC4 的巡检监控机器人的设计	28
1 作品概述	28
1.1 开发背景	28
1.2 系统配置与结构	28
2 方案设计	29
2.1 系统功能实现原理	29
2.2 PSoC 内部资源配置	31
3 作品原型与性能	31
3.1 巡检机器人与远程监控平台	31
3.2 平台与场地的搭建	32
3.3 机器人的运动学解析、定点监控	32
4 PSoC 在作品中的优势	33
五、基于 PSoC4 的数字触摸打碟机的设计	34
1 作品概述	34
2 方案设计	34
2.1 系统功能实现原理	34
2.2 PSoC 内部资源配置	38
3 作品原型与性能	39
3.1 作品原创性与特色	39
3.2 作品创意与生活实际贴近程度分析	40
4 PSoC 在作品中的优势	40
4.1 PSoC 与其他产品相比的优势程度	40
4.2 产品可商业化程度	40
4.3 系统整体设计的成本节约度	41
六、基于 PsoC4 的智能家居监控系统的设计	42
1 作品概述	42
2 方案设计	42
2.1 系统功能实现原理	42
2.2 PSoC 内部资源配置	46
3 作品原型与性能	46
4 PSoC 在作品中的优势	47
5 对 PSoC 产品的评价	48
七、基于 PSoC4 的两轮自平衡小车的设计	49
1 作品概述	49
1.1 引言	49
1.2 项目背景	49
2 方案设计	50
2.1 系统功能实现原理	50
2.2 PSoC 内部资源配置	52

3	作品原型与性能	54
4	PSoC 在作品中的优势	54
八、	基于 PSoC4 的防窥密码输入器的设计	55
1	作品概述	55
2	方案设计	56
2.1	系统功能实现原理	56
2.2	PSoC 内部资源配置	57
3	作品原型与性能	57
3.1	密码输入器模型	57
3.2	作品创新点说明	58
3.3	作品商品价值分析	58
4	PSoC 在作品中的优势	59
九、	基于 PSoC4 的物联网的心电检测系统的设计	60
1	作品概述	60
2	方案设计	60
2.1	系统功能实现原理	60
2.2	PSoC 内部资源配置	67
3	作品原型与性能	68
4	PSoC 在作品中的优势	68
十、	基于 PSoC4 的可调整平衡仪系统的设计	70
1	作品概述	70
2	方案设计	70
2.1	系统功能实现原理	70
2.2	PSoC 内部资源配置	71
3	作品原型与性能	71
4	PSoC 在作品中的优势	72
十一、	基于 PSoC4 的自平衡独轮车的设计	73
1	作品概述	73
2	方案设计	74
2.1	系统功能实现原理	74
2.2	PSoC 内部资源配置	77
3	作品原型与性能	78
3.1	创新点分析	80
3.2	商业价值分析	80
4	PSoC 4 在作品中的优势	80
4.1	产品开发时间对比	80
4.2	芯片和开发环境的优势	81
5	对 PSoC 产品的评价	81

十二、基于 PSoC4 的餐饮服务小助手——小“T”机器人的设计	83
1 作品概述	83
2 方案设计	83
2.1 系统功能实现原理	83
2.2 PSoC 内部资源配置	90
3 作品原型与性能	91
4 PSoC 在作品中的优势	91
十三、基于 PSoC4 的多功能智能百叶窗的设计	92
1 作品概述	92
2 方案设计	92
2.1 系统功能实现原理	92
2.2 PSoC 内部资源配置	92
3 作品原型与性能	94
3.1 功能要求	94
3.2 性能要求	94
3.3 测试结果	94
3.4 创新点	94
4 PSoC 在作品中的优势	95
4.1 PSoC4 的集成度说明	95
4.2 开发时间对比	95
5 对 PSoC 产品的评价	96
十四、基于 PSoC4 的 LED 彩屏体感游戏机的设计	97
1 作品概述	97
2 方案设计	97
2.1 系统功能实现原理	97
2.2 PSoC 内部资源配置	98
3 作品原型与性能	99
4 PSoC 在作品中的优势	99
十五、基于 PSoC4 的智能家居系统的设计	100
1 作品概述	100
2 方案设计	100
2.1 需求分析	100
2.2 系统功能实现原理	100
2.3 PSoC 内部资源配置	102
3 作品原型与性能	103
4 PSoC 在作品中的优势	103
十六、基于 PSoC4 的喷雾机器人的设计	104
1 作品概述	104
2 方案设计	104

2.1	系统功能实现原理	104
2.2	系统硬件设计	105
2.3	系统软件流程	107
3	作品原型与性能	107
3.1	工作时间测试	107
3.2	机器人在各种路面的性能测试	108
3.3	喷雾范围测试	108
4	PSoC 在作品中的优势	109
十七、	基于 PSoC4 的人体生理参数的智能音乐播放器的设计	110
1	作品概述	110
2	方案设计	110
2.1	系统功能实现原理	110
2.2	PSoC 内部资源配置	111
3	作品原型与性能	112
4	PSoC 在作品中的优势	112
十八、	基于 PSoC4 的智能无线寻物系统的设计	113
1	作品概述	113
2	方案设计	113
2.1	系统硬件设计	113
2.2	系统软件设计	115
3	作品原型与性能	117
3.1	创新点分析	117
3.2	商业价值分析	117
4	PSoC 在作品中的优势	118
4.1	PSoC4 的集成度说明	118
4.2	开发时间对比	118
4.3	不可替代的优势	118
十九、	基于 PSoC4 的智能玩具小车的设计	119
1	作品概述	119
2	方案设计	119
2.1	系统功能实现原理	119
2.2	PSoC 内部资源配置	120
3	作品原型与性能	121
4	PSoC 在作品中的优势	123
二十、	基于 PSoC4 的微小电流检测仪的设计	124
1	作品概述	124
2	方案设计	124
2.1	系统功能实现原理	124
2.2	PSoC 内部资源配置	126

3	作品原型与性能	127
4	PSoC 在作品中的优势	127
附录	PSoC4 的架构	129
1	总体架构	129
2	特性	129
3	CPU 系统	131
3.1	中央处理器	131
3.2	中断控制器	131
4	内存	131
4.1	Flash	131
4.2	SRAM	131
5	系统资源	131
5.1	时钟系统	131
5.2	电源系统	132
5.3	GPIO	132
6	可编程数字资源	132
7	固定功能数字资源	132
7.1	Timer/Counter/PWM 模块	132
7.2	串行通信模块(SCB)	133
8	模拟系统	133
8.1	SAR ADC	133
8.2	CTBm 模块	133
8.3	低功耗比较器	133
9	特殊功能外设	134
9.1	LCD 驱动	134
9.2	CapSense	134
10	编程和调试	134

一、基于 PSoC4 的智能轮椅控制器的设计

参赛单位：上海交通大学
参赛队员：黄嘉玮 贾滕阳
指导教师：王景川

1 作品概述

随着社会文明的进步与发展,保障和提高老年人以及残障人士等弱势群体的生活质量,已经越来越受到社会各界人士的普遍关注。大量研究表明,有效增强老年人以及残障人士的行动能力,不仅使得他们的日常生活变得方便,而且对他们的心理健康、自我评价、精神状态也有着深远的影响。智能轮椅是一种性能优越的代步工具,具有自动行走、避障、防碰、防跌以及目标跟踪等功能。与传统的轮椅相比,智能轮椅更加安全可靠、易于操作。

智能轮椅是在电动轮椅的基础上,装配了多种传感器,使轮椅具有感知环境信息、实时决策、自主运动的能力,体现出智能性。智能轮椅本质上是轮椅结构的机器人,它涉及众多机器人领域的关键技术,包括传感器数据融合,机器人视觉、行为融合,路径规划,定位与导航,人工智能等,是将智能机器人技术应用于电动轮椅上,属于服务机器人范畴。目前,国内外对智能轮椅开展了广泛的研究和实验,并且取得了长足的进步。

本文介绍的 PSoC4 智能轮椅控制器,实现了基于三维体感传感器、激光测距传感器的自主路径规划与避障导航以及头部运动操控的半自主导航等,可满足不同残障程度用户对于智能轮椅的需求。

2 方案设计

2.1 系统功能实现原理

2.1.1 系统配置与结构

智能轮椅系统(见图 1)在硬件上主要由电动轮椅系统、环境感知系统、智能控制系统几部分构成。

各部分介绍如下:

电动轮椅系统:电动轮椅由两节 12 V 铅酸蓄电池供电;采用双轮差速的驱动方式,其中后轮为主动轮,由两只 200 W 的直流电机驱动,前轮为随动轮;轮椅配备有操纵杆,用户可以操纵轮椅前进与转向。



图 1 智能轮椅实物图

环境感知系统：由多传感器构成，包括由超声测距、激光测距传感器构成的测距系统。

智能控制系统：以 PSoC 控制器为核心，通过总线与声呐控制器连接，通过 RS232 串口与 PC 通信。它是运行系统软件的平台，是智能轮椅的“神经中枢”，控制着环境感知系统的正常工作，同时负责向电动轮椅系统下达运动控制指令(见图 2)。智能轮椅的软件系统采取前、后台的设计结构，系统的控制周期为 1 ms，通过计时器中断的方式实现。根据用户的选择，系统程序可以运行于手动模式、半自主模式以及自主模式。多种模式的选择可满足不同应用场合以及不同残障程度的用户需要，提高了智能轮椅的适用性。

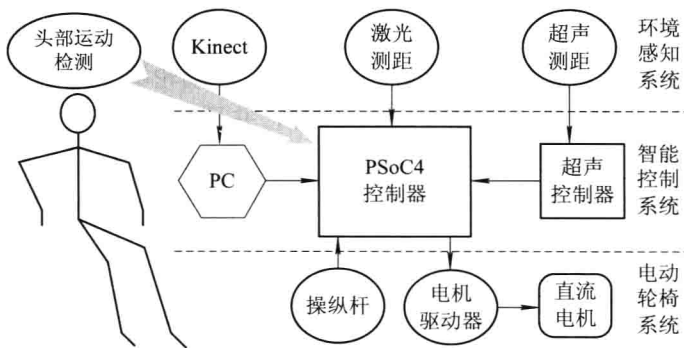


图 2 智能轮椅控制系统结构图

2.1.2 基于 PSoC4 的智能轮椅控制器与头部运动检测模块

1) 基于 PSoC4 的智能轮椅控制器

如图 2 所示，智能轮椅的 PSoC4 控制器作为轮椅的控制“神经中枢”，通过 RS232 串口与 PC 通信，PC 采集三维体感传感器 Kinect 的信息；通过总线与声呐控制器、激光测距传感器连接，采集环境中障碍物的物体信息；通过与轮椅操纵杆连接，采集用户的操作信号；通过与电机驱动器连接，将运动指令下发驱动轮椅行驶。

2) 基于 PSoC4 的头部运动检测模块

对于高度肢残的残疾人来说，可能缺乏灵活运用手臂控制轮椅的操控能力，本文开发

的基于 PSoC4 头部运动检测模块采用 I2C 数字通信的三轴 ADXL345 加速度传感器(见图 3)采集用户的头部运动, 并通过无线收发模块与 PSoC4 智能轮椅控制器进行无线通信(见图 4)。将该传感器与电源、无线收发模块等安装于用户帽子上, 方便残障人士的使用。安装有头部运动检测模块的样品帽如图 5 所示。

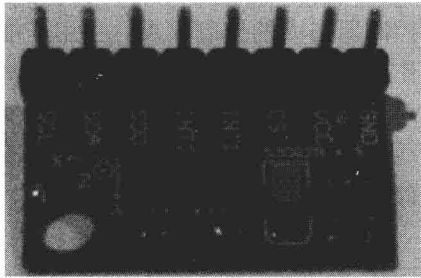


图 3 ADXL345 加速度传感器

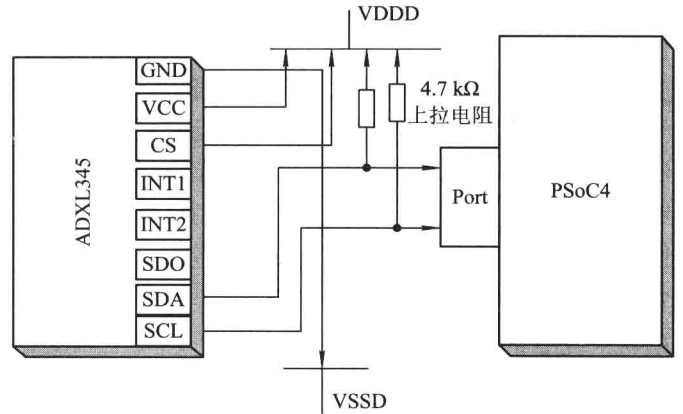


图 4 加速度传感器信号采集电路

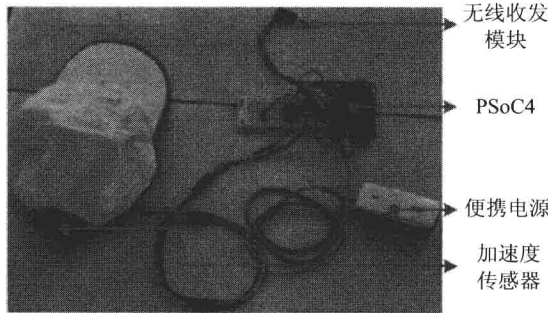


图 5 安装有头部运动检测模块的样品帽

2.1.3 PSoC4 智能轮椅控制算法

为满足不同残障程度用户以及在不同使用场合的应用需要, PSoC4 智能轮椅控制器采用用户多模式选择的控制方法, 用户可根据自身情况, 在反应式控制模式、共享控制模式、自主导航模式共三种模式下选择。模式选择在 PSoC4 智能轮椅控制器中采用 I/O 中断方式实现, 用户可直接通过开关进行选择。多种模式提高了智能轮椅的适用性。

1) 反应式控制模式

反应式控制模式的控制结构图如图 6 所示, 用户直接通过操纵杆操控轮椅运动。当传感器检测到轮椅有可能与障碍物等发生碰撞时, 通过 PSoC4 智能轮椅控制器(PSoC4 Controller)立即停止用户在该方向上的输入, 此时用户只能通过操纵杆绕开该障碍物, 进行

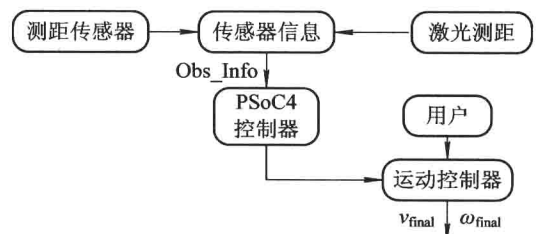


图 6 反应式控制模式的控制结构图

操控。此模式属于纯反应式控制模式，适合残障程度较低的用户使用。

2) 共享控制模式

在高度残障人士使用头部运动检测模块控制、操控轮椅的过程中，由于头部运动的分辨率、控制性能较差，加之通过操纵杆操控轮椅的使用者尤其是老年人多数缺乏操控轮椅的技巧，反应速度下降甚至机能缺失，这些用户在使用轮椅的过程中，极易发生碰撞，而传统的反应式控制模式只能简单解决智能轮椅的避碰问题，并不能有效降低人机控制的冲突，同时存在控制陷入局部极小、轮椅震荡、控制不流畅等问题。在共享控制模式下，系统能够根据周围障碍物信息、用户及反应式控制器的控制指令，实时评估用户与反应式控制器的控制表现，通过自适应权重分配模型求解反应式控制器与人的控制权重。当用户能够安全舒适地操作时，赋以用户高控制权重；当用户操作会导致碰撞发生时，系统就会降低用户的控制权重并提高反应式控制器的控制权重。相对于纯反应式控制模式，此模式能有效减少人机控制冲突，提高轮椅的运行性能。此模式适合残障程度较高的用户使用。图 7 所示为共享控制模式的控制结构图。共享控制模式的控制方法同样也适用于智能拐杖、智能助行器等常用助行设备。

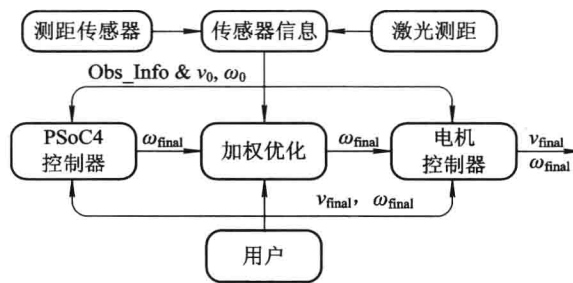


图 7 共享控制模式的控制结构图

具体的共享控制算法可参见文献：

Qinan Li, Weidong Chen, Jingchuan Wang. Dynamic shared control for human-wheelchair cooperation. 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA), Shanghai, China, May 9-13, 2011. (KUKA Service Robotics Best Paper Award)

3) 自主导航模式

在实际应用过程中，智能轮椅一般用于家庭、医院、养老院等场所，这些场所的环境较为固定、结构化，在这些结构化环境内，可以事先测绘出环境的地图，将环境中某些用户经常接触的特殊位置标记为记号点，用户通过语音或触摸屏的选择，可直接引导轮椅导航到达，轮椅导航为全自主过程，可实时躲避环境中的动态障碍物并在线规划路径。图 8 所示为自主导航模式的控制结构图。此模式可为用户在特殊环境下定制使用。

在该模式下，自主导航算法均在 PC 内运行，PSoC4 智能轮椅控制器接收通过 RS232 发来的运动导航指令，并驱动电机完成轮椅自主运动。

具体的自主控制算法可参见文献：

Yong Wang, Weidong Chen. Hybrid map-based navigation for intelligent wheelchair. 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Shanghai, China, May 9-13, 2011.

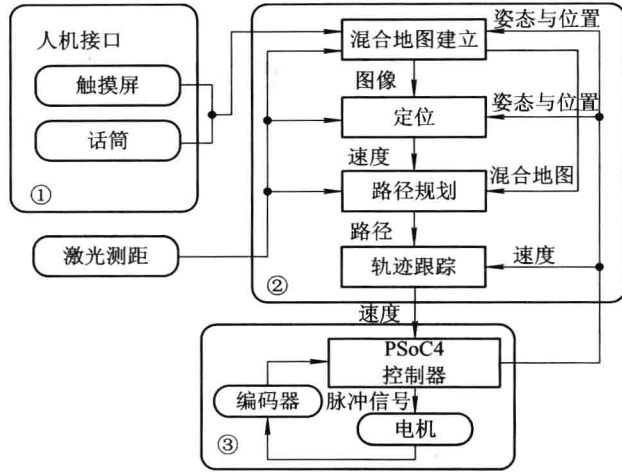


图 8 自主导航模式的控制结构图

2.2 PSoc 内部资源配置

PSoc 内部资源配置如图 9 所示。

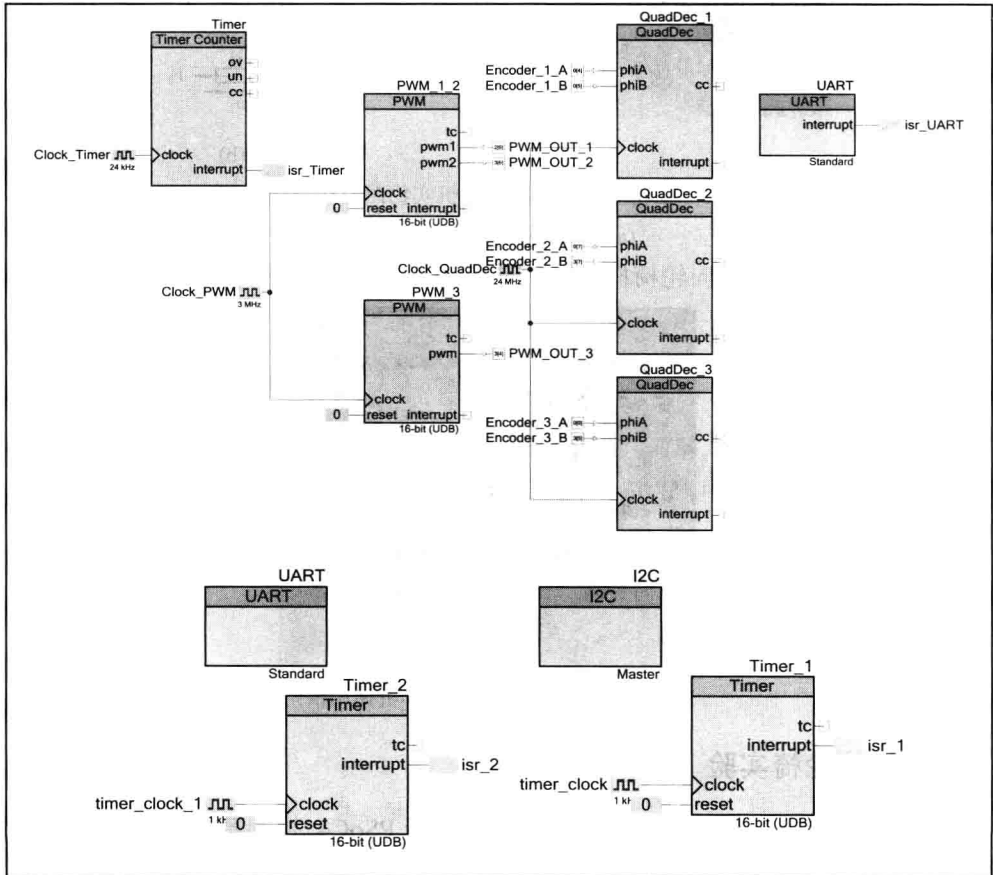


图 9 PSoc 内部资源配置图

3 作品原型与性能

3.1 概念样机实验

首先，使用由机器人模块搭建的三轮全向移动平台作为智能轮椅的概念样机。在该样机上，利用 PSoC4 实现并验证平台的三轮全向运动学解算、基于编码器的速度位置反馈以及与头部运动检测模块间的无线通信和控制，并且利用已经安装的红外测距传感器实现平台的避障导航等。其实物图及运动学模型如图 10 所示。

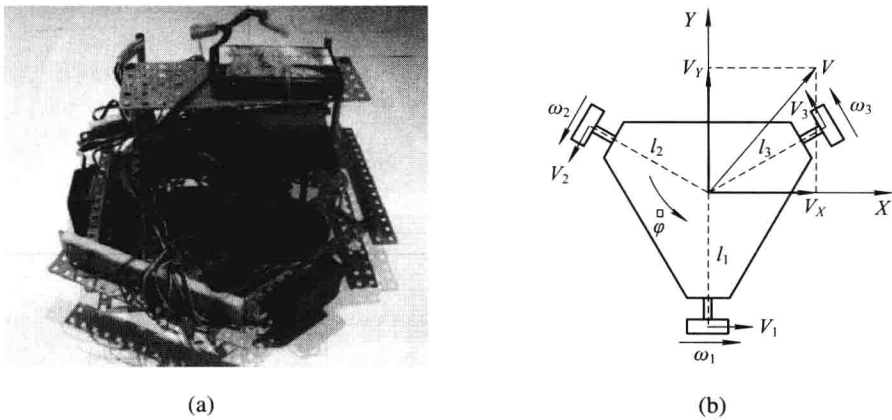


图 10 三轮全向轮椅概念样机实物图及运动学模型

(a) 实物图；(b) 运动学模型

图 11 所示的是三轮全向轮椅概念样机使用情形。



图 11 三轮全向轮椅概念样机使用情形

3.2 标准智能轮椅实验

在现有的电动轮椅平台上进行改造，可完成基于 PSoC4 控制器的智能轮椅平台的搭建以及实验工作。

智能轮椅平台样机如图 12 所示。



图 12 智能轮椅平台样机

3.3 智能轮椅的导航控制

导航实验分为停靠及过门两个部分，实验对象为没有轮椅驾驶经验的志愿者。在如图 13 所示的场景中，用户分别采用手动或自动导航控制方式，完成经过狭窄的门或停靠在桌子处，同时记录两种方式的完成时间、平滑度、路径长度等指标。

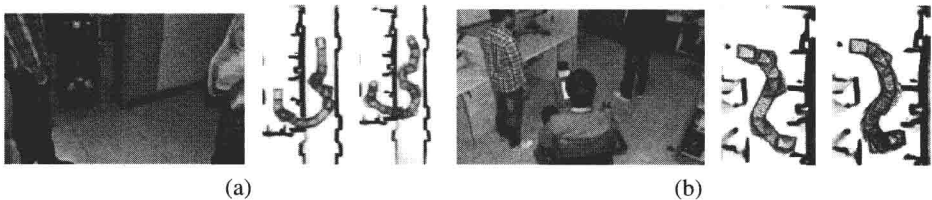


图 13 导航实验场景

(a) 经过狭窄的门；(b) 停靠在桌子处

3.4 基于 PSoC4 头部运动检测的共享控制

为了方便用户通过头部运动信号控制轮椅运动，在轮椅的显示界面上显示轮椅的前行画面信息，并在画面的可行区域上按一定规律分布一些备选的目标点(图 14 中的白色点)，用户通过头部运动控制图 14 中的绿色点在目标点中选择用户想要达到的目标。

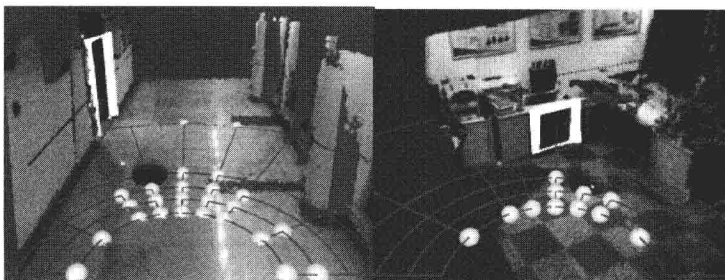


图 14 基于头部运动检测的共享控制界面