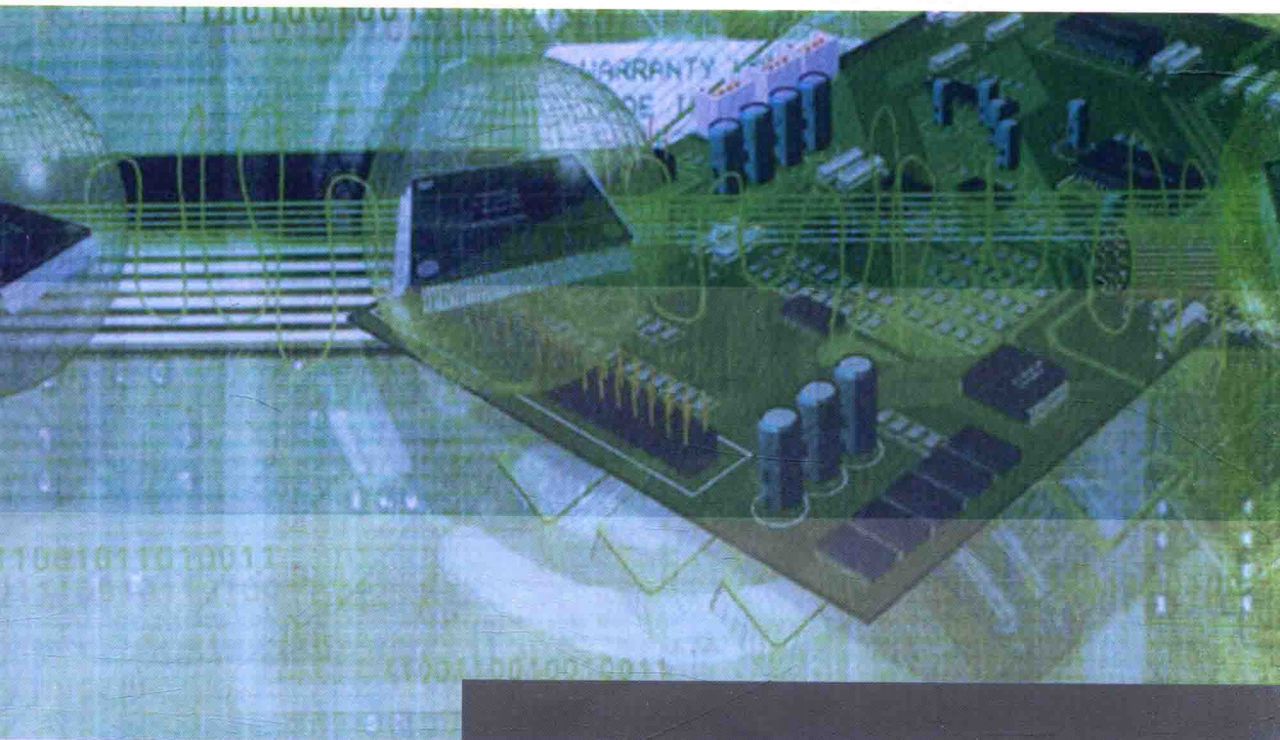




教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目
“电子信息工程”专业职教师资培养资源开发 (VTNE022)
教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书



嵌入式系统

——基于项目的分析与设计

宋春林 董观利 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目

“电子信息工程”专业职教师资培养资源开发(VTNE022)

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

嵌入式系统

——基于项目的分析和设计

宋春林 董观利 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书以实际工程项目为背景,基于 EasyARM2200 教学实验平台,以 ADS 集成开发环境、 $\mu\text{C}/\text{OS}-2$ 操作系统为软件平台,设计和开发了 6 个教学案例,分别为:简易音乐盒、ARM 与 PC 的串口通信、路口交通灯、数字电压表、摆球碰撞实验、液晶电子灯。每个案例均包括任务描述、任务分析、任务基础和任务实施四部分;遵循软件工程思想展开分析、设计和开发;都有相应的电路设计图、软件流程和相应的代码,代码可以实际运行。

本书可作为职教师资电子信息类“嵌入式系统”课程的教材,也可作为高等院校电子信息、自动化、机电一体化及计算机相关专业学生学习“嵌入式系统”的参考资料,也可作为相关工程技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统:基于项目的分析和设计 / 宋春林,董
观利编. —上海:同济大学出版社,2017.3

ISBN 978-7-5608-6728-1

I. ①嵌… II. ①宋… ②董… III. ①微型计算机—
系统设计 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 009913 号

嵌入式系统——基于项目的分析和设计

宋春林 董观利 编

出 品 人 华春荣 责任编辑 胡晗欣 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店、建筑书店、网络书店

排版制作 南京展望文化发展有限公司

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 19.25

字 数 481 000

版 次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-6728-1

定 价 60.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

编 委 会

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

项目牵头单位 同济大学

项目 负责人 陈永芳

项目专家指导委员会

主 任 刘来泉

副主任 王宪成 郭春鸣

成 员 (按姓氏笔画排列)

刁哲军	王乐夫	王继平	邓泽民
石伟平	卢双盈	刘正安	刘君义
米 靖	汤生玲	李仲阳	李栋学
李梦卿	吴全全	沈 希	张元利
张建荣	周泽扬	孟庆国	姜大源
夏金星	徐 朔	徐 流	郭杰忠
曹 晔	崔世钢	韩亚兰	

出版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》颁布实施以来,我国职业教育进入到加快构建现代职业教育体系、全面提高技能型人才培养质量的新阶段。加快发展现代职业教育,实现职业教育改革发展新跨越,对职业学校“双师型”教师队伍建设提出了更高的要求。为此,教育部明确提出,要以推动教师专业化为引领,以加强“双师型”教师队伍建设为重点,以创新制度和机制为动力,以完善培养培训体系为保障,以实施素质提高计划为抓手,统筹规划,突出重点,改革创新,狠抓落实,切实提升职业院校教师队伍整体素质和建设水平,加快建成一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍,为建设具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系提供强有力的师资保障。

目前,我国共有60余所高校正在开展职教师资培养,但由于教师培养标准的缺失和培养课程资源的匮乏,制约了“双师型”教师培养质量的提高。为完善教师培养标准和课程体系,教育部、财政部在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目,中央财政划拨1.5亿元,用于系统开发本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。其中,包括88个专业项目、12个资格考试制度开发等公共项目。该项目由42家开设职业技术师范专业的高等学校牵头,组织近千家科研院所、职业学校、行业企业共同研发,一大批专家学者、优秀校长、一线教师、企业工程技术人员参与其中。

经过3年的努力,培养资源开发项目取得了丰硕成果。一是开发了中等职业学校88个专业(类)职教师资本科培养资源项目,内容包括专业教师标准、专业教师培养标准、评价方案,以及一系列专业课程大纲、主干课程教材及数字化资源;二是取得了6项公共基础研究成果,内容包括职教师资培养模式、国际职教师资培养、教育理论课程、质量保障体系、教学资源中心建设和学习平台开发等;三是完成了18个专业大类职教师资资格标准及认证考试标准开发。上述

成果,共计 800 多本正式出版物。总体来说,培养资源开发项目实现了高效益:形成了一大批资源,填补了相关标准和资源的空白;凝聚了一支研发队伍,强化了教师培养的“校—企—校”协同;引领了一批高校的教学改革,带动了“双师型”教师的专业化培养。职教师资培养资源开发项目是支撑专业化培养的一项系统化、基础性工程,是加强职教教师培养培训一体化建设的关键环节,也是对职教师资培养培训基地教师专业化培养实践、教师教育研究能力的系统检阅。

自 2013 年项目立项开题以来,各项目承担单位、项目负责人及全体开发人员做了大量深入细致的工作,结合职教教师培养实践,研发出很多填补空白、体现科学性和前瞻性的成果,有力推进了“双师型”教师专门化培养向更深层次发展。同时,专家指导委员会的各位专家以及项目管理办公室的各位同志,克服了许多困难,按照两部对项目开发工作的总体要求,为实施项目管理、研发、检查等投入了大量时间和心血,也为各个项目提供了专业的咨询和指导,有力地保障了项目实施和成果质量。在此,我们一并表示衷心的感谢。

编写委员会

2016 年 3 月

前 言

目前,随着网络、通信、多媒体、信息家电和工业信息化创新时代的到来,无疑为 32 位嵌入式系统的广泛应用提供了空前巨大的空间。32 位机目前的市场需求来自两方面:一方面是高端新兴领域(网络、通信、多媒体、信息家电)的拓展;另一方面是低端控制领域应用对数据处理能力的提升要求。

后 PC 时代的到来以及 32 位嵌入式系统的高端应用吸引了大量电子信息类专业人才的加入,目前,嵌入式系统软/硬件技术的发展,也导致了嵌入式系统应用模式的巨大变化,一个主要的特点是嵌入式应用进入到一个软硬兼顾、偏重设计和应用的平台化时代。目前,在嵌入式系统领域掀起了学习嵌入式系统理论、应用和开发的热潮,相关的人才供不应求,相应的培训教材和培训班大量涌现。不管是现在的业界人士还是渴望进入嵌入式技术领域的新人,都迫切渴望掌握嵌入式系统的理论知识和开发方法。职教师资担负着培养大量合格技术工人的重大历史使命,我国工业化技术转型的一个主要的标志就是嵌入式系统的广泛应用和大量合格人才的培养。

目前,在众多的嵌入式系统处理器中,基于 ARM 系列的处理器的应用技术在众多领域取得了突破进展和广泛应用。本书所有项目都是基于 EasyARM2200 教学实验平台,它是一款功能强大的 32 位 ARM 开发板,采用了 PHILIPS 公司的 ARM7TDMI-S 核,具有丰富的外设资源,极大地方便了实验和开发。

与此同时,由于“嵌入式技术”较高的技术含量及良好的发展潜力,与嵌入式系统相关的教材和书籍也层出不穷。纵观目前的“嵌入式系统”的教材市场,主要表现在两个方面:一是侧重理论,缺乏实践:主要讲授嵌入式系统的体系结构、指令系统和硬件结构,与实际应用开发脱节;二是开发类图书,主要讲授硬件接口和编程技术,但是“缺理论、轻设计”。所以在调研现有

教材的基础上,本教材的编写制定了“理论与实践兼顾,偏重应用”“坚持分析—设计—开发的思路”“坚持问题导向,坚持项目教学”等编写思路。具体表现为:

(1) 理论与实践兼顾,偏重实践应用。

“嵌入式系统”完整的教学体系包括“嵌入式系统的体系结构”“嵌入式操作系统”和“嵌入式应用开发”三方面。嵌入式系统教学的最终目标是培养合格的高素质的嵌入式系统的分析、设计和开发人才,所以嵌入式系统是一门实践性非常强的课程,为了培养合格的嵌入式系统人才,必须加大和加强实践教学。但是,高素质的嵌入式系统人才除了具备较强的动手能力之外,也要具备较好的理论素养,熟悉嵌入式系统的体系结构、操作系统的原理等。所以,本教材编写思路之一就是“理论与实践兼顾,偏重实践应用”。

(2) 坚持“分析—设计—开发”的编写思路。

目前,随着嵌入式应用的越来越广泛、深入,嵌入式系统的开发规模、开发难度越来越高。为了提高嵌入式系统的开发成功率,降低维护代价,嵌入式系统的开发必须以软件工程为指导,坚持“分析—设计—开发”的思路。与此相对应,相应的教材开发以项目为基础,编写的思路之一就是坚持“分析—设计—开发”的编写思路。

(3) 坚持问题导向、坚持项目教学。

如前所述,教材要体现“理论与实践兼顾、偏重实践应用”“坚持‘分析—设计—开发’”的思路,一个非常好的捷径就是“坚持问题导向、坚持项目教学”,在一个个实践中,针对问题需求,展开“分析—设计—开发”。所以本教材编写的另一个思路就是“坚持问题导向、坚持项目教学”。

本书的主要特点是实践性强,偏向工程应用和开发,是为职教师资电子信息专业编写的教材,也可作为通信工程、自动化、汽车电子等领域的参考用书。

本书由同济大学电子与信息工程学院宋春林编写,研究生董观利参与编写,并且调试了本书所有项目的代码。

由于水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者提出宝贵意见,以便进一步改进完善。

编者

2017年1月

目 录

前言	
项目 1 简易音乐盒	1
1.1 任务描述	1
1.2 任务分析	1
1.3 任务基础	2
1.3.1 音乐基础知识	2
1.3.2 定时器	3
1.3.3 脉宽调制器(PWM)	19
1.4 任务实施	29
1.4.1 总体设计	29
1.4.2 硬件设计	30
1.4.3 软件设计	32
1.4.4 测试与结果	38
1.5 任务拓展	41
项目 2 ARM 与 PC 的串口通信	42
2.1 任务描述	42
2.2 任务分析	43
2.3 任务基础	43
2.3.1 SPI 接口	43
2.3.2 UART	53
2.4 任务实施	68
2.4.1 总体设计	68
2.4.2 硬件设计	68
2.4.3 软件设计	69



2.4.4 测试与结果	76
2.5 任务拓展	79
项目3 路口交通灯	80
3.1 任务描述	80
3.2 任务分析	80
3.3 任务基础	81
3.3.1 I ² C接口概述	81
3.3.2 I ² C总线规范	82
3.3.3 寄存器描述	85
3.3.4 I ² C操作模式	89
3.3.5 I ² C接口中断	100
3.3.6 I ² C应用示例	100
3.4 任务实施	109
3.4.1 总体设计	109
3.4.2 硬件设计	110
3.4.3 软件设计	111
3.4.4 测试与结果	120
3.5 任务拓展	122
项目4 数字电压表	123
4.1 任务描述	123
4.2 任务分析	123
4.3 任务基础	124
4.3.1 A/D转换器	124
4.3.2 外部中断	130
4.3.3 功率控制	142
4.3.4 上位机软件	152
4.4 任务实施	156
4.4.1 总体设计	156
4.4.2 硬件设计	157
4.4.3 软件设计	158
4.4.4 测试与结果	165
4.5 任务拓展	168
项目5 摆球碰撞实验	169
5.1 任务描述	169

5.2 任务分析	170
5.3 任务基础	171
5.3.1 液晶模块描述	171
5.3.2 控制器说明(T6963C 及兼容芯片)	173
5.3.3 应用示例	177
5.4 任务实施	179
5.4.1 总体设计	179
5.4.2 硬件设计	179
5.4.3 软件设计	180
5.4.4 测试与结果	200
5.5 任务拓展	201
项目6 液晶电子钟	203
6.1 任务描述	203
6.2 任务分析	203
6.3 任务基础	204
6.3.1 RTC 概述	204
6.3.2 寄存器概述	206
6.3.3 RTC 中断	217
6.3.4 使用示例	218
6.4 任务实施	224
6.4.1 总体设计	224
6.4.2 硬件设计	225
6.4.3 软件设计	226
6.4.4 测试与结果	237
6.5 任务拓展	238
附录	239
附录A EasyARM2200 开发实验平台硬件结构	239
A.1 功能特点	239
A.2 硬件原理	240
A.2.1 电路原理图	240
A.2.2 原理说明	240
A.3 硬件结构	254
A.3.1 元件布局图	254
A.3.2 跳线器说明	255

A.3.3 连接器说明	259
A.4 硬件使用的资源	261
A.5 其他	263
A.5.1 EasyARM2200 开发板电源	263
A.5.2 跳线器	263
A.5.3 CPU PACK 的安装	263
附录 B ADS 集成开发环境及 EasyJTAG 仿真器应用	264
B.1 ADS1.2 集成开发环境的组成	264
B.1.1 CodeWarrior IDE 简介	265
B.1.2 AXD 调试器简介	266
B.2 工程的编辑	266
B.2.1 使用 LPC2200 工程模板建立工程	266
B.2.2 建立文件	270
B.2.3 添加文件到工程	271
B.2.4 编译连接工程	274
B.2.5 打开旧工程	276
B.2.6 模板适用范围	276
B.3 工程的调试	280
B.3.1 选择调试目标	280
B.3.2 调试工具条	281
B.4 H-JTAG 使用方法	283
B.4.1 软件安装	283
B.4.2 H-JTAG 配置	283
B.4.3 H-Flasher 配置	285
B.4.4 H-Flasher 菜单说明	287
B.4.5 EasyJTAG 仿真器的使用	288
B.4.6 EasyJTAG 常见问题	291
B.4.7 AXD 应用问题	291
B.4.8 硬件连接	292
B.5 固化程序	293
参考文献	296

项目 1

简易音乐盒

1.1 任务描述

蜂鸣器是一种一体化结构的电子讯响器,采用直流电压供电,广泛应用于计算机、打印机、复印机、报警器、电子玩具、汽车电子设备、电话机、定时器等电子产品中作发声器件,在生活中,可以用作提示、报警和音乐播放。蜂鸣器主要分为压电式蜂鸣器和电磁式蜂鸣器两种类型。蜂鸣器在电路中用字母“H”或“HA”(旧标准用“FM”“LB”“JD”等)表示。常见的蜂鸣器如图 1-1 和图 1-2 所示。



图 1-1 各类蜂鸣器实物应用图

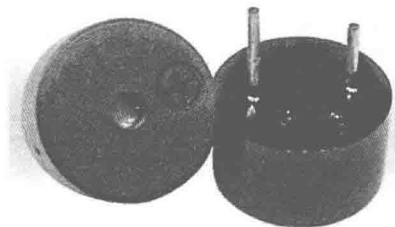


图 1-2 压电式蜂鸣器

本项目是设计一个简易音乐盒,具体要求如下:

- ① 能够自动完成音乐的播放。
- ② 音乐播放循环次数可控,多首曲目可以不断循环。
- ③ 音乐播放的快慢节奏可控。

1.2 任务分析

本设计主要是运用基于 ARM7 的 LPC2210 处理器来设计简易音乐盒。按照设计要求,完成任务需要解决以下几个问题:① 处理器与蜂鸣器接口电路的构建;② 蜂鸣器音乐播放的原理;③ 音乐播放程序的设计。

本项目基于 EasyARM2200 开发板,控制核心为 ARM7 内核的 LPC2210 处理器。相信在深入

ARM 的学习之前,或多或少一定接触过 51 系列的单片机,有了单片机的架构基础和实践经验,对嵌入式系统的学习就会很有帮助。简易音乐盒采用压电式蜂鸣器,压电式蜂鸣器主要由多谐振荡器、压电蜂鸣片、阻抗匹配器及共鸣箱、外壳等组成。有的压电式蜂鸣器外壳上还装有发光二极管。

本项目的的主要目的是实现简易音乐盒的音乐播放功能,那么硬件方面首先需要设计蜂鸣器发声电路的原理图,由蜂鸣器的发声原理可知,电路图很简单,需要的就是一个在输入信号给蜂鸣器之前接入一个三极管放大器,比如 PNP 型三极管。三极管再与处理器的 GPIO 相连。所以本任务的难点在于软件上的设计。首先需要了解的是蜂鸣器播放音乐的原理,我们知道是否能发出音乐声,有两点很关键,即音调和节拍。蜂鸣器要实现的就是音调和节拍的软件设计。

本项目作为嵌入式系统的第一个项目设计,首先要了解嵌入式应用系统设计的基本原则和设计方法,同时还要了解 ARM 实验平台必须满足的基本的硬件条件,对 ARM 实验平台的相关知识可参见本项目的附录资料。本项目虽然简单,但这是进行复杂设计的基础,有关 C 语言基础可以自行参阅相关书籍。

为了解决初学的入门难的问题,特将本设计按由浅入深的方式分解:定时器的定时操作;快速 PWM 波的实现;音乐盒的实现。下面从任务的相关基础开始逐步展开简易音乐盒的设计。

1.3 任务基础

1.3.1 音乐基础知识

1. 音乐基础

音作为一种物理现象,是由于物体振动而产生的,振动产生的声波作用于人耳,听觉系统将神经冲动传达给大脑,进而产生听觉。人耳能听到的声音频率一般在 $11 \sim 20\,000\text{ Hz}$,而音乐使用的频率一般在 $27 \sim 4\,100\text{ Hz}$ 。乐音体系中各音级的名称叫做音名,被广泛采用的是 C D E F G A B (Do Re Mi Fa So La Si 则多用于歌唱,称为唱名)。乐音体系中音高关系的最小计量单位叫做半音,两个半音构成一个全音。乐音中有几十个高低不同的音,但是最基本只有这七个音,其他高、低音名都是在这个基础上变化出来的。乐谱表上用来表示正在进行的音的长短的符号,叫做音符。不同的音符代表不同的长度。音符有以下几种:全音符、二分音符、四分音符、八分音符、十六分音符、三十二分音符、六十四分音符。此外,还有附点音符,它是指带附点的音符。所谓附点就是记在音符右边的小圆点,表示增加前面音符时值的一半。音持续的长短即时值,一般用拍数表示,休止符表示暂停发音。一首音乐就是由许多不同的音符组成的,而每一个音符对应着不同的频率,这样就可以利用不同的频率的组合,加以拍数对应的延时来构成不同的音乐。

2. 音频脉冲的产生

音乐的产生需要不同频率的音频脉冲,对于 LPC2210 而言,可以利用它的脉宽调制器 (PWM) 产生这样的方波频率信号。表 1-1 是各音符的频率表,软件设计中的 PWM 波输出频

率就是以此为依据的。

表 1-1 音符频率表

音 符	频率/Hz	音 符	频率/Hz	音 符	频率/Hz
低音 Do	262	中音 Do	523	高音 Do	1 047
低音 Re	294	中音 Re	587	高音 Re	1 175
低音 Mi	330	中音 Mi	659	高音 Mi	1 319
低音 Fa	349	中音 Fa	698	高音 Fa	1 397
低音 So	392	中音 So	784	高音 So	1 568
低音 La	440	中音 La	880	高音 La	1 760
低音 Si	494	中音 Si	988	高音 Si	1 976

3. 音乐节拍的实现

节拍是指音乐持续的长短,是除音符之外音乐的另一关键组成部分,在嵌入式系统中可以通过定时器延时或者软件延时来实现。以 4 分音符为 1 拍,如果 1/4 拍的延时设为 0.2 s,则 1 拍的时间为 0.8 s,依次类推,可以求出其余节拍的值。节拍的延时时间与音乐的曲调值有相对应的关系,表 1-2 所示为不同音符对应的延时时间。

表 1-2 音符延时表

音 符 类 别	延时/s	音 符 类 别	延时/s
全音符	3.2	附点全音符	4.8
2 分音符	1.6	附点 2 分音符	2.4
4 分音符	0.8	附点 4 分音符	1.2
8 分音符	0.4	附点 8 分音符	0.6
16 分音符	0.2	附点 16 分音符	0.3

注:附点音符延时就是在对应音符延时时间的基础上再增加其一半的时间,在乐谱中的情况是数字的后面紧接着一个点。

1.3.2 定时器

1. 概述

LPC2210 含有两个 32 位的定时器:定时器 0 和定时器 1。这两个定时器除了外设地址不一样外,其他都相同。

定时器对外设时钟(PCLK)周期进行计数,根据 4 个匹配寄存器的设定,可设置为匹配(即定时器的当前计数值到达匹配寄存器设定的定时值)时产生中断或执行其他动作。它还包括 4 个捕获输入,用于在输入信号发生跳变时捕获定时器当前值,并可选择产生中断。

定时器的特性如下：

(1) 两个 32 位定时器/计数器各含有一个可编程 32 位预分频器。

(2) 具有多达 4 路捕获通道。当输入信号跳变时可取的定时器的瞬间值,也可选择使捕获事件产生中断。

(3) 4 个 32 位匹配寄存器,匹配时的动作有 3 种：匹配时定时器继续工作,可选择产生中断;匹配时停止定时器,可选择产生中断;匹配时复位定时器,可选择产生中断。

(4) 4 个对应于匹配寄存器的外部输出,匹配时的输出有 4 种：匹配时设置为低电平;匹配时设置为高电平;匹配时翻转;匹配时无动作。

引脚描述表所列每个定时器的相关引脚的简要描述。CAP0. x、MAT0. x 为定时器 0 的相关引脚,CAP1. x、MAT1. x 为定时器 1 的相关引脚。

如表 1-3 所示,同一路捕获的输入引脚可能有几个,当选择多个引脚用作捕获功能时,只有序号最低的那一个引脚是有效的。例如,如果 P0. 2 与 P0. 22 均设置为 CAP0. 0,那么只有 P0. 2 是有效的,而 P0. 22 的捕获功能是无效的。

表 1-3 定时器引脚描述

引 脚 名 称	引脚方向	引 脚 描 述
CAP0. 3 ~ CAP0. 0 CAP1. 3 ~ CAP1. 0	输入	捕获信号：捕获引脚的跳变可配置为将定时器值装入一个捕获寄存器,并可选择产生一个中断。可选择多个引脚用作捕获功能,而且,假设如果有 2 个引脚被选择并行提供 CAP0. 2 功能,只有序号最低的引脚是有效的。 3 个引脚可同时选择用作 CAP0. 0 的功能——P0. 2, P0. 22, P0. 30; 2 个引脚可同时选择用作 CAP0. 1 的功能——P0. 4, P0. 27; 3 个引脚可同时选择用作 CAP0. 2 的功能——P0. 6, P0. 16, P0. 28; 1 个引脚可选择用作 CAP0. 3 的功能——P0. 29; 1 个引脚可选择用作 CAP1. 0 的功能——P0. 10; 1 个引脚可选择用作 CAP1. 1 的功能——P0. 11; 2 个引脚可选择用作 CAP1. 2 的功能——P0. 17, P0. 19; 2 个引脚可选择用作 CAP1. 3 的功能——P0. 18, P0. 21
MAT0. 3 ~ MAT0. 0 MAT1. 3 ~ MAT1. 0	输出	外部匹配输出：当定时器计数器(TC)等于匹配寄存器 0/1(MR3:0)时,对应输出引脚可执行翻转、变为低电平、变为高电平或保持不变。外部匹配寄存器(EMR)控制引脚输出的模式。可选择多个引脚并行用作匹配输出功能。例如,同时选择 2 个引脚并行提供 MAT1. 3 功能。 2 个引脚可同时选择用作 MAT0. 0 的功能——P0. 3, P0. 22; 2 个引脚可同时选择用作 MAT0. 1 的功能——P0. 5, P0. 27; 2 个引脚可同时选择用作 MAT0. 2 的功能——P0. 16, P0. 28; 1 个引脚可选择用作 MAT0. 3 的功能——P0. 29; 1 个引脚可选择用作 MAT1. 0 的功能——P0. 12; 1 个引脚可选择用作 MAT1. 1 的功能——P0. 13; 2 个引脚可选择用作 MAT1. 2 的功能——P0. 17, P0. 19; 2 个引脚可选择用作 MAT1. 3 的功能——P0. 18, P0. 20

注：捕获引脚是高阻模式。

由 LPC2210 的用户手册可以知道,定时器的方框图如图 1-3 所示。

定时器的时钟源是 PCLK,定时器的工作流程如下:

- (1) 定时器内部的预分频器对定时器时钟源进行分频。
- (2) 分频后,输出的时钟才是定时器内部的计数器时钟源。

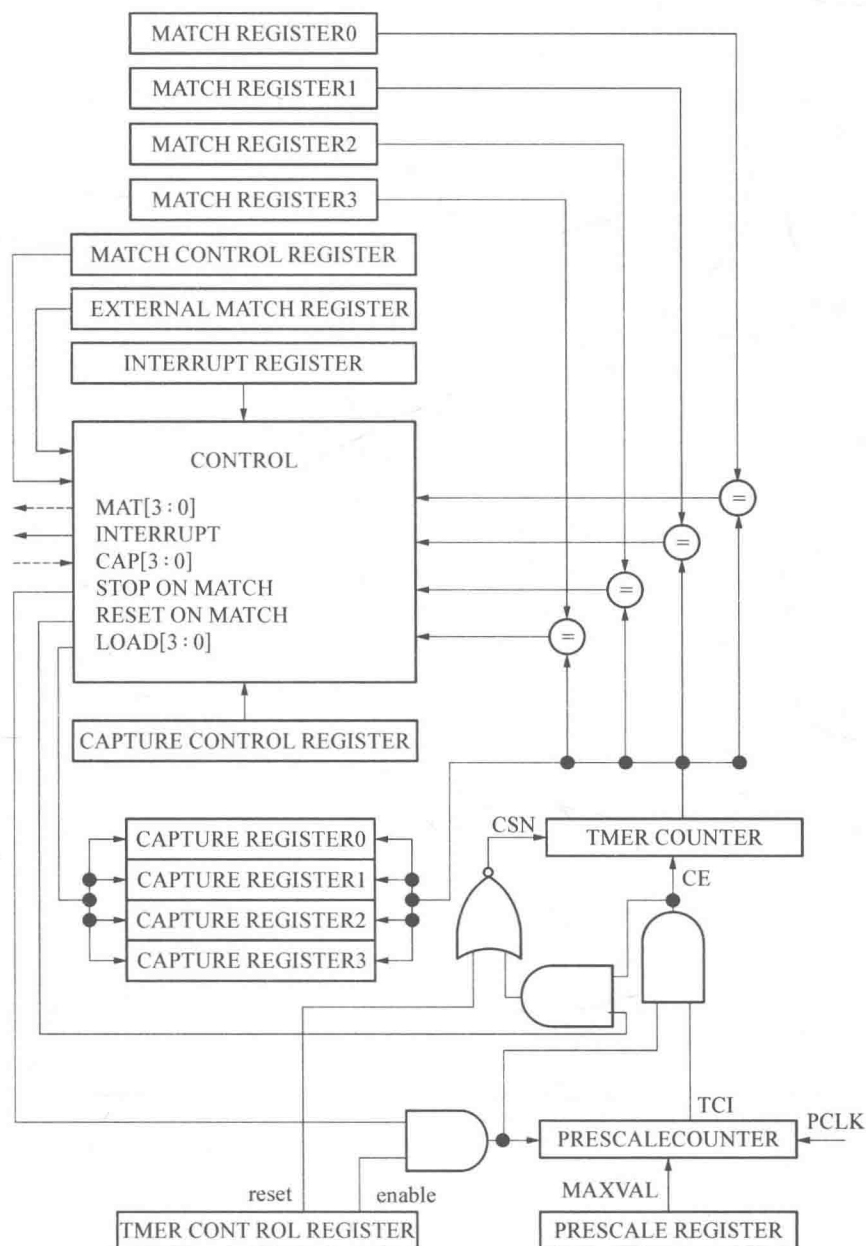


图 1-3 定时器方框图