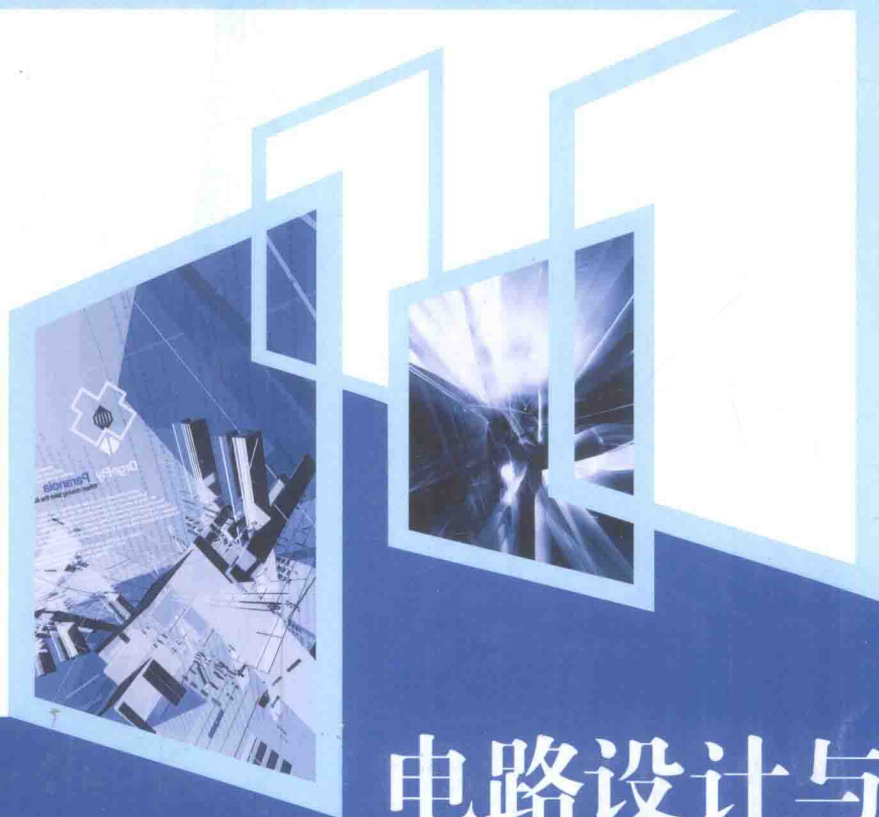




教育部 财政部中等职业学校教师素质提高计划成果
电子与信息技术专业师资培训包开发项目 (LBZD035)



电路设计与仿真 技术实训

教育部 财政部 组编
赵犁丰 主编
谈世哲 执行主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



教育部 财政部中等职业学校教师素质提高计划成果
电子与信息技术专业师资培训包开发项目 (LBZD035)

电路设计与仿真技术实训

DIANLUSHEJITUYUFANGZHENJISHUSHIXUN

教育部 财政部 组 编

赵犁丰 主 编

谈世哲 执行主编

電子工業出版社

Publishin

industry

内 容 简 介

EDA电子设计技术涉及范围比较广,本教材按照国家中等职业教育教师培训的要求和目标,精心选取了七个实训项目,每个实训项目包含两个任务,适用于上岗、提高以及骨干教师的培训,内容安排具有一定的针对性。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电路设计与仿真技术实训 / 教育部, 财政部组编. —北京: 电子工业出版社, 2012.5

教育部、财政部中等职业学校教师素质提高计划成果. 电子与信息技术专业师资培训包开发项目. LBZD035

ISBN 978-7-121-15400-3

I. ①电… II. ①教…②财… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—职业教育—师资培训—教材②印刷电路—计算机仿真—职业教育—师资培训—教材 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第253385号

策划编辑: 白 楠

责任编辑: 白 楠

印 刷: 涿州市京南印刷厂
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 13.5 字数: 345.6千字

印 次: 2012年5月第1次印刷

定 价: 31.70元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。



教育部 财政部中等职业学校教师素质提高计划成果
系列丛书

编写委员会

主 任 鲁 昕

副主任 葛道凯 赵 路 王继平 孙光奇

成 员 郭春鸣 胡成玉 张禹钦 包华影 王继平 (同济大学)

刘宏杰 王 征 王克杰 李新发

专家指导委员会

主 任 刘来泉

副主任 王宪成 石伟平

成 员 翟海魂 史国栋 周耕夫 俞启定 姜大源

邓泽民 杨铭铎 周志刚 夏金星 沈 希

徐肇杰 卢双盈 曹 晔 陈吉红 和 震

韩亚兰



教育部 财政部中等职业学校教师素质提高计划成果
系列丛书

电子与信息技术专业师资培训包开发项目

(LBZD035)

项目牵头单位 中国海洋大学

项目负责人 赵犁丰

出版说明

根据2005年全国职业教育工作会议精神和《国务院关于大力发展职业教育的决定》（国发[2005]35号），教育部、财政部2006年12月印发了《关于实施中等职业学校教师素质提高计划的意见》（教职成[2006]13号），决定“十一五”期间中央财政投入5亿元用于实施中等职业学校师资队伍建设和相关项目。其中，安排4 000万元，支持39个培训工作基础好、相关学科优势明显的全国重点建设职教师资培养培训基地牵头，联合有关高等学校、职业学校、行业企业，共同开发中等职业学校重点专业师资培训方案、课程和教材（以下简称“培训包项目”）。

经过四年多的努力，培训包项目取得了丰富成果。一是开发了中等职业学校70个专业的教师培训包，内容包括专业教师的教学能力标准、培训方案、专业核心课程教材、专业教学法教材和培训质量评价指标体系5方面成果。二是开发了中等职业学校校长资格培训、提高培训和高级研修3个校长培训包，内容包括校长岗位职责和能力标准、培训方案、培训教材、培训质量评价指标体系4方面成果。三是取得了7项职教师资公共基础研究成果，内容包括中等职业学校德育课教师、职业指导和心理健康教育教师培训方案、培训教材；教师培训项目体系、教师资格制度、教师培训教育类公共课程、职业教育教学法和现代教育技术、教师培训网站建设等课程教材、政策研究、制度设计和信息平台等。上述成果，共整理汇编出300多本正式出版物。

培训包项目的实施具有如下特点：一是系统设计框架。项目成果涵盖了从标准、方案到教材、评价的一整套内容，成果之间紧密衔接。同时，针对职教师资队伍建设的基础性问题，设计了专门的公共基础研究课题。二是坚持调研先行。项目承担单位进行了3000多次调研，深度访谈2 000多次，发放问卷200多万份，调研范围覆盖了70多个行业和全国所有省（区、市），收集了大量翔实的一手数据和材料，为提高成果的科学性奠定了坚实基础。三是多方广泛参与。在39个项目牵头单位组织下，另有110多所国内外高等学校和科研机构、260多个行业企业、36个政府管理部门、277所职业院校参加了开发工作，参与研发人员2 100多人，形成了政府、学校、行业、企业和科研机构共同参与的研发模式。四是突

出职教特色。项目成果打破学科体系,根据职业学校教学特点,结合产业发展实际,将行动导向、工作过程系统化、任务驱动等理念应用到项目开发中,体现了职教师资培训内容和方式方法的特殊性。五是研究实践并进。几年来,项目承担单位在职业学校进行了1 000多次成果试验。阶段性成果形成后,在中等职业学校专业骨干教师国家级培训、省级培训、企业实践等活动中先行试用,不断总结经验、修改完善,提高了项目成果的针对性、应用性。六是严格过程管理。两部成立了专家指导委员会和项目管理办公室,在项目实施过程中先后组织研讨、培训和推进会近30次,来自职业教育办学、研究和管理一线的数十位领导、专家和实践工作者对成果进行了严格把关,确保了项目开发的正确方向。

作为“十一五”期间教育部、财政部实施的中等职业学校教师素质提高计划的重要内容,培训包项目的实施及所取得的成果,对于进一步完善职业教育师资培养培训体系,推动职教师资培训工作的科学化、规范化具有基础性和开创性意义。这一系列成果,既是职教师资培养培训机构开展教师培训活动的专门教材,也是职业学校教师在职自学的重要读物,同时也将为各级职业教育管理部门加强和改进职教教师管理和培训工作提供有益借鉴。希望各级教育行政部门、职教师资培训机构和职业学校要充分利用好这些成果。

为了高质量完成项目开发任务,全体项目承担单位和项目开发人员付出了巨大努力,中等职业学校教师素质提高计划专家指导委员会、项目管理办公室及相关方面的专家和同志投入了大量心血,承担出版任务的11家出版社开展了富有成效的工作。在此,我们一并表示衷心的感谢!

编写委员会

2011年10月



EDA电子设计技术涉及范围比较广，本教材按照国家中等职业教育教师培训的要求和目标，精心选取了七个实训项目，每个实训项目包含两个任务，适用于上岗、提高以及骨干教师的培训，内容安排具有一定的针对性。

教材内容的安排上主要体现以下特点：（1）以实训任务引导教与学：以实训项目为导向，由任务入手，引入相关知识和理论，通过技能训练引出相关概念、硬件设计和编程方法，体现在做的过程中学习、在学习过程中训练的教材编写思想；（2）以实用为目标：教材内容融合在实训项目内容中，以够用为度，使受培训者在技能训练中逐渐掌握相关理论知识点，学以致用，提高学习效果；（3）实训项目设计的实用性：应具有针对性、扩展性和系统性，尽可能地贴近中职培训的岗位需求，增加实训项目的可操作性。

教材在结构框架上遵循从简单到复杂、从基础到综合、从设计到创新的原则。章节安排由简单到复杂；项目设计由基础到综合，注重实训技能的培训。

由于编者知识水平和经验的局限性，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

项目一 基于可编程逻辑器件的抢答器设计	1
1.1 教学法建议	1
1.2 电子琴-抢答器设计内容及实施条件	2
1.2.1 实训任务一 简单7位抢答器设计	2
1.2.2 实训任务二 具有电子琴功能的抢答器设计	2
1.2.3 实训项目的实施条件及工具	3
1.3 实训任务一 基于VHDL的简单7位抢答器设计	4
1.3.1 7位按键控制7只LED的设计	4
1.3.2 创建工程项目文件	6
1.3.3 输入设计文件并编译设计项目	9
1.3.4 下载编程	12
1.3.5 对按键形式的改进设计	15
1.3.6 简单7位抢答器设计	17
1.3.7 仿真设计项目	19
1.3.8 任务一的设计与实现过程小结	23
1.4 实训任务二 具有电子琴功能的抢答器设计	23
1.4.1 带有7段LED数码显示的7位抢答器设计	23
1.4.2 具有电子琴功能的7位抢答器设计	26
1.5 拓展与训练	29
1.6 本章小结	30
项目二 步进电动机驱动器设计	31
2.1 步进电动机驱动器设计内容及实施条件	31
2.1.1 实训任务 四相步进电动机驱动器设计	31
2.1.2 实训项目的实施条件及工具	32
2.2 实训任务一 四相步进电动机四拍驱动器设计	32
2.2.1 四相步进电动机的四拍驱动	32

2.2.2 四相步进电动机四拍驱动器的VHDL描述	33
2.2.3 四相步进电动机四拍驱动器的硬件实现	35
2.3 实训任务二 四相步进电动机八拍驱动器设计	37
2.4 相关知识点	38
2.4.1 可编程逻辑器件简介	38
2.4.2 硬件描述语言VHDL简介	41
2.5 拓展与训练	46
2.6 本章小结	47
项目三 认识Proteus及一阶动态电路的设计与仿真	48
3.1 教学法建议	49
3.2 实训任务一 认识Proteus	50
3.2.1 认识Proteus实训的步骤	50
3.2.2 步骤一: 实训实施条件——基本软硬件环境	50
3.2.3 步骤二: 认识Proteus ISIS原理图操作界面	50
3.2.4 步骤三: 操作练习	54
3.2.5 步骤四: 总结与提高	61
3.2.6 拓展与迁移训练	62
3.3 相关知识点	62
3.3.1 Proteus的主要功能	62
3.3.2 Proteus的电路仿真和结构体系	63
3.4 实训任务二 一阶动态电路的设计与仿真	64
3.4.1 一阶动态电路的设计与仿真实训的步骤	64
3.4.2 步骤一: 实训内容的相关电路知识	64
3.4.3 步骤二: 一阶动态电路原理图的绘制与仿真	65
3.4.4 步骤三: 操作练习	69
3.4.5 步骤四: 总结与提高	72
3.4.6 拓展与迁移训练	73
3.5 相关知识点	75
3.6 本章小结	76

CONTENTS

项目四 负反馈放大电路的仿真分析及层次电路图的设计	77
4.1 教学法建议	78
4.2 实训任务一 负反馈放大电路的仿真分析	79
4.2.1 负反馈放大电路仿真分析实训的步骤	79
4.2.2 步骤一: 实训内容的相关电路知识	79
4.2.3 步骤二: 负反馈放大电路原理图的绘制与仿真	80
4.2.4 步骤三: 操作练习	81
4.2.5 步骤四: 总结与提高	96
4.2.6 拓展与迁移训练	96
4.3 相关知识点	98
4.3.1 Proteus的虚拟仪器	98
4.3.2 Proteus的激励源	99
4.4 实训任务二 层次电路图的设计与仿真	100
4.4.1 子电路绘制与仿真实训的步骤	101
4.4.2 步骤一: 实训内容的相关电路知识	101
4.4.3 步骤二: 层次电路图的绘制与仿真	101
4.4.4 步骤三: 操作练习	103
4.4.5 步骤四: 总结与提高	107
4.4.6 拓展与迁移训练	108
4.5 相关知识点	109
4.5.1 Proteus绘图中的复制操作	109
4.5.2 Proteus中的虚拟探针简介	110
4.6 本章小结	111
项目五 组合逻辑电路及时序逻辑电路的仿真分析	112
5.1 教学法建议	113
5.2 实训任务一 组合逻辑电路的仿真分析	113
5.2.1 组合逻辑电路仿真分析实训的步骤	113
5.2.2 步骤一: 实训内容的相关电路知识	114
5.2.3 步骤二: 全加器电路原理图的绘制与仿真	114
5.2.4 步骤三: 操作练习	116
5.2.5 步骤四: 总结与提高	118

5.2.6 拓展与迁移训练	119
5.3 相关知识点	121
5.4 任务二 时序逻辑电路的仿真分析	122
5.4.1 时序逻辑电路仿真分析实训的步骤	122
5.4.2 步骤一: 实训内容的相关电路知识	122
5.4.3 步骤二: 加法计数器电路原理图的绘制与仿真	123
5.4.4 步骤三: 操作练习	123
5.4.5 步骤四: 总结与提高	128
5.4.6 拓展与迁移训练	129
5.5 相关知识点	132
5.6 本章小结	133

项目六 流水灯电路及交通灯控制电路Proteus

设计与仿真	134
6.1 教学法建议	135
6.2 实训任务一 单片机流水灯电路Proteus仿真	135
6.2.1 单片机流水灯电路设计与仿真实训步骤	135
6.2.2 步骤一: 实训内容的相关电路知识	136
6.2.3 步骤二: 单片机流水灯电路原理图的绘制与仿真	136
6.2.4 步骤三: 操作练习	137
6.2.5 步骤四: 总结与提高	142
6.2.6 拓展与迁移训练	142
6.3 相关知识点	146
6.4 实训任务二 交通灯的模拟控制	147
6.4.1 交通灯模拟控制电路设计与仿真实训步骤	147
6.4.2 步骤一: 实训内容的相关电路知识	147
6.4.3 步骤二: 交通灯模拟控制电路原理图的绘制与仿真	148
6.4.4 步骤三: 操作练习	149
6.4.5 步骤四: 总结与提高	157
6.4.6 拓展与迁移训练	158
6.5 相关知识点	163
6.6 本章小结	165

CONTENTS

项目七 双层PCB板及多层PCB板的设计	167
7.1 教学法建议	167
7.2 实训任务一 PCB双层板设计	168
7.2.1 任务一内容: 串口通信接口PCB设计	168
7.2.2 任务实施条件: 基本软、硬件环境的准备	169
7.2.3 串口通信原理图设计的基本操作过程	169
7.2.4 生成网络表	179
7.2.5 串口通信接口的双层PCB板设计操作过程	181
7.3 实训任务二 多层PCB板的设计	187
7.3.1 任务二内容: ARM S3C2410六层PCB核心板设计	187
7.3.2 任务实施条件: 基本软、硬件环境的准备	187
7.3.3 原理图设计的基本操作过程	187
7.3.4 生成网络表	191
7.3.5 ARM S3C2410 6层PCB核心板设计过程	191
7.4 相关知识点	196
7.4.1 原理图设计流程	196
7.4.2 PCB基本知识	197
7.5 本章小结	199

项目一

基于可编程逻辑器件的抢答器设计

项目实训任务：

任务一：简单7位抢答器设计

任务二：具有电子琴功能的数码显示抢答器设计

任务培训层次：

任务一：适合上岗层次教师培训

任务二：适合于提高、骨干层次教师培训

任务培训基本要求：

上岗教师：掌握简单数字逻辑的基本设计方法和EDA工具的使用

提高、骨干教师：提高数字系统的设计能力

教学法安排：

建议采用实验教学法，通过明确实验任务、实际操作训练、归纳总结等步骤完成项目的实训过程

在数字系统设计中，无论是基于专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit, ASIC）设计，还是基于可编程片上系统（System on a Programmable Chip, SOPC）设计，都广泛地应用可编程逻辑器件（Programmable Logic Device, PLD）。而且，与传统的设计方法相比，更多地采用硬件描述语言（Hardware Description Language, HDL）作为数字系统的描述工具。

本实训项目的主要目标是：通过一个“电子琴-抢答器”的设计实例，掌握基于可编程逻辑器件和基于硬件描述语言的数字逻辑设计过程，培养学员应用EDA工具进行数字系统设计的基本能力。

1.1 教学法建议

针对掌握基于可编程逻辑器件和基于硬件描述语言的数字逻辑设计过程、提高应用

EDA 工具进行数字系统设计的能力这一目标，建议实训教学过程采用实验教学法，基本的教学步骤如图1-1所示。



图1-1 实验教学法建议

建议实训项目的实施过程参照表1-1进行。

表1-1 项目训练基本过程

阶段	内容	目标
明确实训任务	指导教师介绍实训内容和实训目的	让学员了解要做什么实验以及完成这个实验要达到的目的，从而激发学习兴趣
实际操作训练	学员跟随指导教师的演示学习数字逻辑设计	掌握集成开发工具Quartus II的使用方法；了解基于VHDL的数字逻辑设计和实现过程
归纳总结方法	根据实训结果，引导学员总结归纳基于VHDL的数字逻辑设计过程和应用EDA工具的注意事项	使学员将所学习到的设计方法，推广到一般数字逻辑设计中
拓展实训任务	在完成基本实训任务的基础上，给有兴趣和学有余力的学员拓展提高训练的空间	强化训练学员的自学能力、动手能力、独立分析问题和解决问题的能力

1.2 电子琴-抢答器设计内容及实施条件

1.2.1 实训任务一 简单7位抢答器设计

任务一的实训内容是：

- ▶▶ 学习用硬件描述语言VHDL描述如图1-2所示的简单7位抢答器。它具有7个按键Key(1)~Key(7)，1个复位按键Reset和1个时钟信号Clock作为输入，输出为7只发光二极管驱动信号LED(1)~LED(7)。
- ▶▶ 学习应用集成开发环境Quartus II，在KX_7C5TP实验板上的FPGA中，实现这个抢答器。

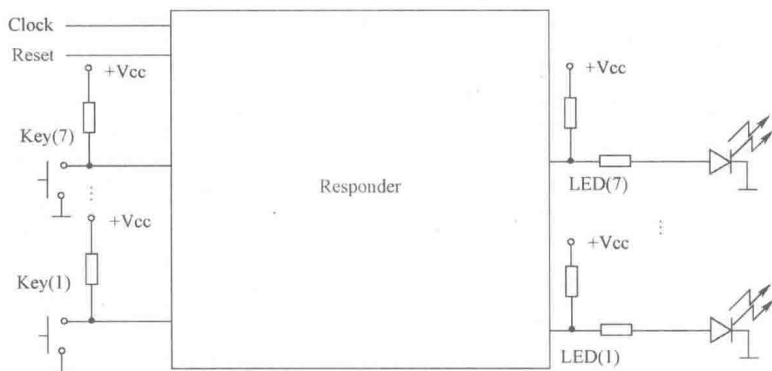


图1-2 简单7位抢答器

通过实训任务一，完成训练过程的前三个阶段：明确实训任务、实际操作训练和归纳总结方法。

1.2.2 实训任务二 具有电子琴功能的抢答器设计

任务二的实训内容是：

- 在完成任务一的基础上,描述如图1-3所示的具有电子琴功能的抢答器。它除了具有7个按键Key(1)~Key(7),1个复位按键Reset和1个时钟信号Clock作为输入,输出为7只发光二极管驱动信号LED(1)~LED(7)之外,增加了输出信号7段LED数码管显示驱动信号a~g,和蜂鸣器驱动信号Speaker。
- 在KX_7C5TP实验板上的FPGA中,实现具有电子琴功能的抢答器。
- 通过实训任务二,进一步了解实训任务,并完成训练过程的第4阶段:拓展实训任务。

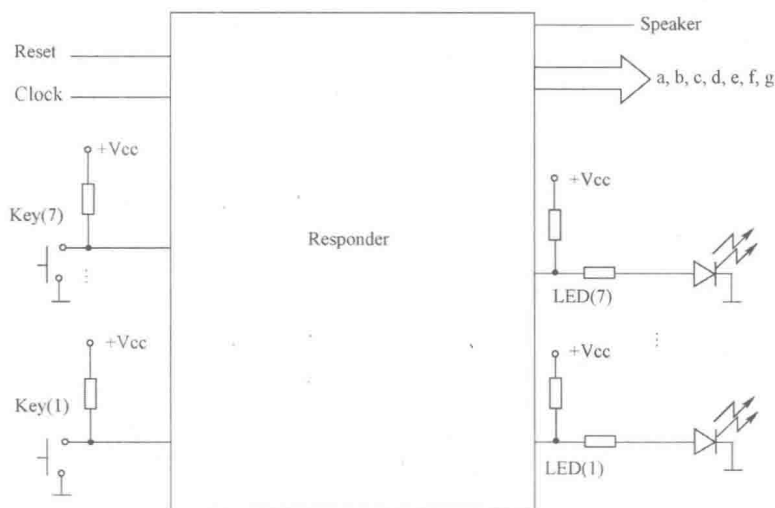


图1-3 具有电子琴功能的抢答器

1.2.3 实训项目的实施条件及工具

本实训项目是基于硬件描述语言VHDL设计的电子琴-抢答器,选用的电子设计自动化(Electronic Design Automation, EDA)工具是Altera公司的集成开发环境Quartus II 8.0。Altera公司推出的EDA集成软件Quartus II是一个支持多种设计输入方法、具有综合工具和仿真工具、功能强大的开发环境。它支持图形编辑输入、文本编辑输入(VHDL、Verilog HDL和AHDL)、符号编辑输入和内存编辑输入等输入方法,具有编译器、逻辑综合器、仿真器和针对可编程逻辑器件进行下载编程等功能。

推荐的Quartus II 8.0运行环境如下:

- Pentium PC, 1.2GHz或更高的处理器;
- 512MB或以上的内存;
- 620MB或更大的硬盘空间;
- Windows XP操作系统。

本实训项目的硬件平台是一块包含有FPGA芯片和多种接口的实验板——KX_7C5TP,如图1-4所示。在KX_7C5TP实验板上,核心器件是Altera公司的可编程逻辑器件——现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array, FPGA) EP2C5T144C8N,它内部包含有4608个逻辑宏单元和两个锁相环,规模约20万门。除FPGA芯片外,实验板上还有丰富的外围接口,可以完成多种实验和开发任务。

本实训项目的硬件实现就是基于这样的一块包含有FPGA芯片的实验板来完成的。它将会使用到实验板上的EP2C5T144C8N型FPGA芯片、20MHz有源振荡器、8个按键、7只

LED、1只八段LED数码管、蜂鸣器，以及用于下载配置数据的JTAG接口等硬件资源。其他接口的功能设计实验，可以留做读者今后深入学习数字系统设计之用。

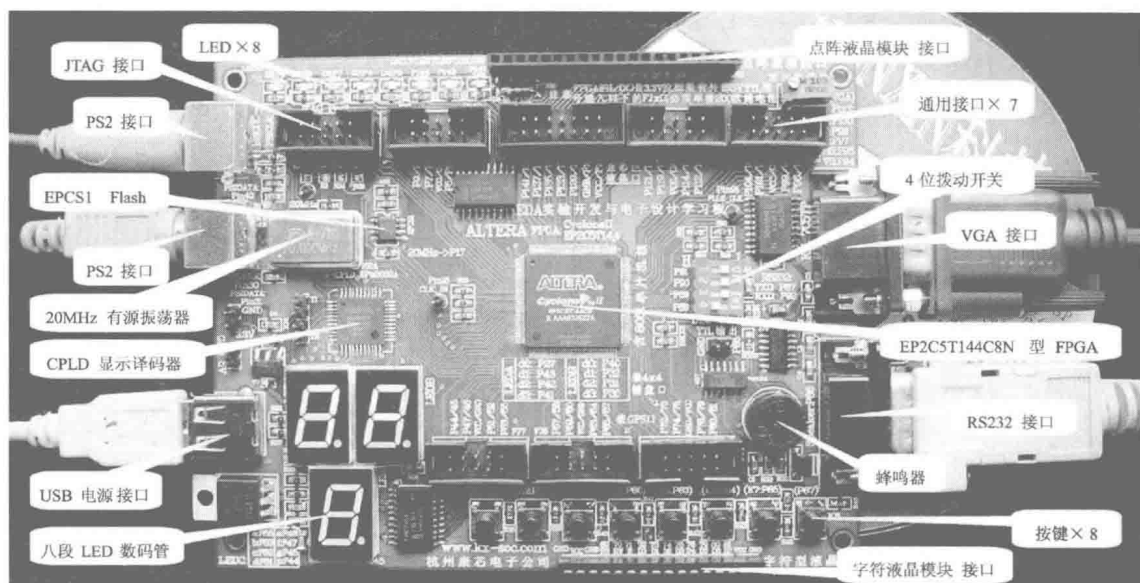


图1-4 KX_7C5TP实验板示意图

1.3 实训任务一 基于VHDL的简单7位抢答器设计

实训目的：先通过学习设计简单的逻辑控制电路，掌握硬件描述语言VHDL的描述方法，熟悉EDA工具——集成开发环境Quartus II 8.0的使用方法。

为了便于理解抢答器的整个设计过程，我们将从简到繁、逐步完善抢答器的设计：

- ▶▶ 7位按键控制7只LED的设计；
- ▶▶ 对按键形式的改进设计；
- ▶▶ 简单7位抢答器设计。

1.3.1 7位按键控制7只LED的设计

首先进行最简单的LED控制设计。如图1-5所示，用7位按键分别控制7只LED。

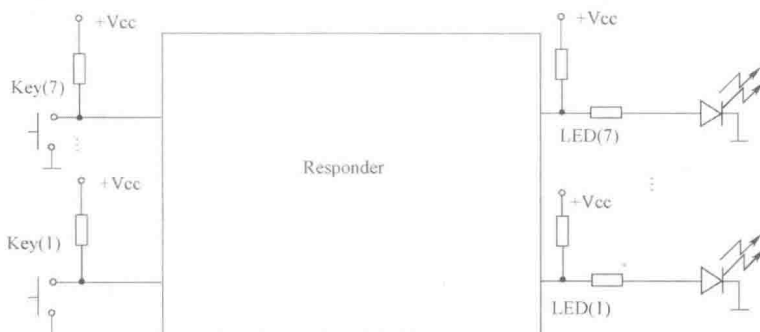


图1-5 7位按键控制7只LED

当按键未按下（开启）时，其逻辑值为1，而按键按下（闭合）时逻辑值为0；当输出