

可编程技术 入门实训

罗云高 何晓鸿 王钢 主编
许高骖 主审



世纪英才模块式技能实训

高职电工电子系列教材

可编程技术入门实训

罗云高 何晓鸿 王 钢 主编

许高骊 主审

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程技术入门实训/罗云高, 何晓鸿, 王钢主编. 北京: 人民邮电出版社, 2006.5
(世纪英才模块式技能实训高职电工电子系列教材)

ISBN 7-115-14742-6

I. 可... II. ①罗... ②何... ③王... III. 可编程技术—高等学校: 技术学校—教材
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 039631 号

内 容 提 要

本书由 6 个模块组成, 分别介绍了可编程器件应用技术入门、FPGA 原理图输入编辑工具的应用、CPLD/FPGA 语言编辑、CPLD/FPGA 下载硬件制作及调试、ispPAC 模拟仿真软件 PAC-Designer 应用以及 CPLD/FPGA 综合应用等。本书的每个模块后均附有技能训练, 每一个技能训练都包含了必要的操作要点。读者可根据需要选择技能训练进行练习。

本书可作为高职院校相关专业的可编程器件应用技术和数字电路课程的实训教材, 也可供广大可编程技术爱好者阅读参考。

世纪英才模块式技能实训
高职电工电子系列教材
可编程技术入门实训

-
- ◆ 主 编 罗云高 何晓鸿 王 钢
 - 主 审 许高骅
 - 责任编辑 付方明
 - 执行编辑 张 海
 - ◆ 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>
人民邮电出版社河北印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.75
字数: 358 千字
印数: 1—5 000 册
 - 2006 年 5 月第 1 版
2006 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-14742-6/TN · 2769

定价: 22.60 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

世纪英才模块式技能实训·高职电工电子系列教材

理论教学体系通用课程

电路数学

单片机应用基础

电工电子专业英语

电工技术

实践教学体系通用课程

电子技能实训基础——电子元器件的识别和检测

模拟电子技能实训

数字电子技能实训

电工技能实训

电工职业技能实训

单片机应用技能实训

通用电工电子仪表使用实训

钳工技能实训

实践教学体系可选课程

电子 CAD 技能实训

可编程技术入门实训

彩色电视机维修技能实训

电脑组装与维修技能实训

手机维修技能实训

世纪英才模块式技能实训·高职电工电子系列教材

编 委 会

主 任：杨承毅

编 委：李忠国 梅开乡 江华圣 王 彦

姚建永 熊新国 刘慎熊 余 华

徐滤非 余宏生

策 划：丁金炎

丛书前言

对职业院校而言,技能培训才是职业教育真正的主题,理论教学应该围绕着专业技能的需要而展开,这不仅是就业市场的需求,也是高职办学理念上的回归。因此,国家要求高等职业院校构建理论教学体系和实践教学体系的办学格局,指明了高等职业教育改革前进的方向。

职业院校“以就业为导向”的办学方针,意味着职业办学者必须树立向市场靠拢的职教理念,探索全新的职教模式,在具体教学科目、教学内容的选择上必须以市场需求为己任,要“有所为,有所不为”,而不是采取砍课程、减内容或等比例削减课时等简单化行为。

本系列教材是我们学习教育部“教高[2004]1号”文件,借鉴加拿大CBE(Competency-Based Education)教学思想的一次实践,也是借DACUM方法来开发教学计划的具体探索。新编教材忠实贯彻了“以就业为目标”的指导思想,扭转了“过多强调学科性”及“盲目攀高升格”的倾向,重视知识、技能传授的宏观设计及整体效果,改变了过去高职教材在学科体系基础上加加减减的编写方法。

本系列教材主要特点如下。

(1)教材结构“模块化”。一个模块一个知识点,重点突出,主题鲜明。模块化课程结构以其良好的弹性和便于综合的特点适应了职业教育市场化的多种需求。

(2)注重“方法论”的教学思想。“授之以鱼,不如授之以渔”。教材是教学之本,故而方法也应是实践教材的主题,决不能简单地、狭义地认为技能实训就是学生的实际操作。技能实训教材以传授经过提炼、加工、升华的专家经验(方法论)为主,这也是与传统实验报告相比的区别所在。

(3)教学内容“本体化”。一套教材由多本内涵不同的单科教材构成,就是教育“本体化”的体现,故而单个科目不向其他学科扩展渗透,追求单科教学内容单纯化,追求系列教材的组合效应是本系列教材的一个基本思想。

(4)中、高职教材的梯度衔接。《世界21世纪高等教育宣言》指出:“教育内部层次的衔接是社会各种工作规范层次的需要,教育与就业的衔接,就是教育本身体现其价值的必然性要求。”编写中、高职教材涉及的问题很多,但中、高职教材有梯度的合理衔接应为首要问题,因为它对学校是一个教学的定位问题,对技术是一个标准问题,对企业是一个用人的问题,对社会则是一个公平问题,本系列教材为中职同类教材的生存留下了足够的空间。

(5)合理控制教学成本。若实践教学以教授做事方法为主导,则教学成本不会很高,但若以学生实践为主题,则教学成本会增加许多。如今,不计教学成本的时代即将离去,故而,本系列教材要求作者对每一个技能实训的成本作出估算,以免“曲高和寡”,最终难以得到教学双方的认可。

(6)教材内容更加直观。本系列教材广泛使用图表归纳法,用简洁的图表归纳整理,以解决日益庞大的知识内容与学时偏少之间的矛盾。同时,本系列教材图文并茂、直观清晰、便于自学,文字表达简洁明了、明快易懂。

(7) 练习题体现了理论对实践技能的指导。每一个“技能模块”的练习题都是需要学生开动脑筋、相互讨论，到图书馆、互联网去查阅资料，到实验室去做实验才能解答的；同时，练习题更加贴近实际，体现应用，而不再只是验证真理。它摒弃了传统应试教育的问答方式，力求体现理论对实践技能的指导，引导学生去探索、去实践、去领悟、去创新。

综上所述，本系列实训教材是符合当今高等职业教育发展方向的一个有潜在价值的教学模式。本系列教材的作者都是长期担任相关课程教学工作的有工程背景的教师，不仅具备扎实的理论功底，还在职业技能方面积累了丰富的经验。正是由于本系列教材的作者们具备了这些条件，才有了本系列教材的高质量出版。

总之，本系列教材的出版价值不仅在于它贯彻了国家教育部“教高[2004]1号”文件中高等职业教育的改革思想，而且与当前就业单位“招聘的人能立即上岗”的要求合拍，并为毕业后在电类各专业间转岗奠定了最基本的知识和技能基础。同时其新（新思想、新技术、新面貌）、实（贴近实际、贴近国家职业资格标准）、简（文字简洁、风格明快）的编写风格令人耳目一新。

如果您对这个系列的教材有什么意见和建议，或者您也愿意参与这个系列教材中其他专业课教材的编写，可以发邮件至 wuhan@ptpress.com.cn 与我们联系，也可以进入本系列教材的服务网站 www.ycbook.com.cn 留言。

系列教材编委会

前 言

在数字电路的生产、研发过程中,传统做法是用分立标准集成电路搭建整个电路。采用这种做法的产品研制周期长,成本高,可靠性差,性能指标低。可编程器件 CPLD/FPGA 技术的出现,使这个问题得到了解决。

随着大规模集成电路技术和计算机技术的不断发展,在电子系统中,以 CPU 为核心的单片机处理指令速度通常为 10~40 万条每秒,工作时满足不了要求,不能进行高速信息传送处理,而新的电子技术需要开发高密度、并行工作的高速电路,使用可编程器件 CPLD/FPGA 技术则可以满足这样的要求,弥补了单片机 CPU 的不足。特别是随着 VHDL 等硬件描述语言功能的发展,使用大规模 CPLD/FPGA 器件、软件工具和 IEEE 标准硬件描述语言构建的 CPLD/FPGA 实验系统可以取代传统的分立小规模集成电路,在学习数字电路的实验中,甚至可以完全取代标准集成电路搭建电路实验,一步到位地完成数字电路的实验和学习。因此,只要有一台普通计算机和相应软件,就可以抛弃一大堆元件导线的纠缠,利用虚拟实验技术完成数字电路的实验、学习和研究。

利用 CPLD/FPGA 技术,在计算机虚拟实验中能方便灵活地设计出外形简单而逻辑复杂的可编程电路,甚至不需要实际的电路制作就可以通过电路仿真知道电路的工作结果,并且可以在虚拟环境下修正电路。

当前中高级职业院校的学生普遍适应不了一般的可编程器件的理论教材。本书以技能实训为主,让学生在每一个技能训练中都可以完成可编程逻辑电路工程的操作。本书技能训练按学习使用编程软件方法的次序由单一到全面展开,达到了学习可编程逻辑电路的目的,使每一个模块的学习都有收获。

该实训课程可以在模拟、数字电子技术课程之后开设,在单片机课程和电子 CAD 课程之后开设这门课程效果更佳。本书总学时合计为 100 个左右,建议选取 70 个左右学时。本书的“器件”特指可编程器件模块,“元件”特指虚拟元件。本书打“*”号的习题为可选题。

本书由罗云高负责模块一、模块二、模块四、模块六和附录的编写,由何晓鸿负责模块三的编写,由王钢负责模块五的编写。同时参与编写的还有黄汉渝、罗自强等。本书在编写过程中得到了武汉铁路职业技术学院杨承毅老师的耐心指导,并得到了武汉交通职业学院刘慎熊、杨凡、刘丹老师的指点与建议,在此一并表示感谢。

由于编写时间紧迫,编者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请各位专家、同行、读者批评指正。

编 者

目 录

模块一 可编程器件应用技术入门.....	1
技能训练一 初识 EDA 实验机与可编程器件	1
技能训练二 EDA 软件的安装方法	10
技能训练三 EDA 软件的使用方法	19
模块二 FPGA 原理图输入编辑工具的应用.....	25
技能训练四 4 路抢答器设计和编译仿真.....	25
技能训练五 0-F 字形显示设计和编译下载	37
技能训练六 3-8 线译码器设计和编译下载	49
技能训练七 模 N 计数器项目建立与图形输入.....	60
技能训练八 循环灯显示设计和编译下载.....	75
模块三 CPLD/FPGA 语言编辑.....	87
技能训练九 VHDL 硬件描述语言基本结构与相关说明	87
技能训练十 采用 VHDL 设计基本逻辑门电路.....	103
技能训练十一 基本组合逻辑电路.....	115
技能训练十二 基本时序逻辑电路.....	124
模块四 CPLD/FPGA 下载硬件制作及调试	133
技能训练十三 CPLD/FPGA 器件与简单实验机设计	133
模块五 ispPAC 模拟仿真软件 PAC-Designer 应用	141
技能训练十四 模拟仿真软件安装与打开.....	141
技能训练十五 ispPAC 的增益调整方法	148
技能训练十六 ispPAC10 二阶滤波器的实现	154
技能训练十七 利用 ispPAC10 完成应力电桥测量	158
技能训练十八 利用 ispPAC10 实现廉价的温度监测	162
技能训练十九 使用 ispPAC20 完成电压监测	164
模块六 CPLD/FPGA 综合应用.....	167
技能训练二十 12 小时电子时钟.....	167
技能训练二十一 频率计数器.....	178
技能训练二十二 VHDL 设计 A/D 和 D/A 转换.....	187
技能训练二十三 VHDL 设计的交通灯控制	198

附录 A: 各适配器与实验机主要器件 I/O 连接关系表	217
附录 B: AS1、JS1 的作用及模式的使用	221
附录 C: 常用基本逻辑电路图符号对照表	222
参考文献	223

模块一 可编程器件应用技术入门

通过系统的可编程器件应用技术的学习,学生可在 VHDL 语言、EDA 软件工具和 FPGA 器件的应用方面掌握大量实用的技术。下面介绍一些书中常用的专用名词。

CPLD (Complex Programmable Logic Device, 复杂可编程逻辑电路): 在一定面积里集成高密度可编程电路元件硬件结构。它含有 EEPROM 电改写记忆电路,用来编程改变内部电路逻辑功能,在电路失电的情况下,编程改变的功能不会丢失。它适用于少量产品的制作。

FPGA (Field Programmable Gate Array, 现场可编程门阵列): 在一定面积里集成高密度编程元件的硬件结构。它含有 SREM 随机记忆电路,用来编程设置、改变内部电路接线,以完成规定的逻辑功能。该电路结构密度较高,在失电的情况下,编程的信息会丢失。它适用于学习研究和少量产品的现场编程。

VHDL (Very high-speed integrated circuit Hardware Description Language, 高速集成电路硬件描述语言): 它是用来设计可编程器件硬件结构的专用语言,可以简化和替代原理图设计电路。它是公认的国际标准,得到了许多 EDA 公司的支持。

ASIC (Application Specific Integrated Circuit, 专用集成电路): 在一定面积里集成高密度可编程元件的硬件结构。它含有各种用来编程改变内部电路的接线方法,以完成规定的逻辑功能,其中包括 FPGA、CPLD 器件的应用技术。它适用于工厂化大量定型产品的制作。

EDA (Electronic Design Automation, 电子设计自动化): EDA 技术应用于电子电路设计的各领域,本书特指可编程器件电子设计自动化。

本模块的技能训练包括 EDA 实验机与 CPLD/FPGA 器件的初步认识,可编程器件应用软件的安装方法和可编程器件应用软件的基本使用方法。学生在完成本模块的技能训练后,可以对可编程器件应用实验有一个基本的动手能力。

技能训练一 初识 EDA 实验机与可编程器件

EDA 实验机是一种 CPLD/FPGA 器件的学习与开发器材。由于生产厂家不同,器件的性能也不同,因此 CPLD/FPGA 器件集成电路种类很多。对 CPLD/FPGA 器件进行初步了解,可以为以后 CPLD/FPGA 器件编程集成电路的灵活应用打下良好的基础。

第一部分 教学要求

一、目的要求

- (1) 了解 EDA 实验机的结构。
- (2) 了解 CPLD/FPGA 器件的厂家分类以及 CPLD 与 FPGA 器件的区别。
- (3) 认识 CPLD/FPGA 器件的管脚。

二、设备器材要求

设 备	规 格	数 量
EDA 实验机 个人计算机 (一套)	CPLD/FPGA 器件认识	1
程序工具	翻译软件	
	Windows 98 平台	
	MAX+plus II 软件	

三、建议教学节奏与方式

项 目		时 间 安 排	教 学 方 式
1	阅读教材	课余	自学、查资料、相互讨论(教学内容、EDA 实验机说明书、附录)
2	教师讲授	1 课时	重点讲授(可编程器件实验机面板、可编程器件实验机基本结构, 有条件可用 PPT 幻灯演示)
3	学生实作	3 课时	学生实作、教师指导

四、成绩评定

成 绩 评 定		教 师 签 名	
---------	--	---------	--

(注: 成绩评定的等级为优良、及格和不及格)

第二部分 教 学 内 容

一、开发工具

一般可编程器件实验机可以提供多种 CPLD/FPGA 芯片的开发平台, 也可以提供多种软件对相应的可编程器件芯片进行程序下载, 包括在系统可编程技术模拟电路 ISPAC10/20/80。对应 MAX+plus II 软件的可编程器件芯片有 EPM7128/EPF10K10, 另外 Lattice 公司的芯片 ISP1032E 和 XC95108 也有专门的编程软件。当可编程器件程序下载完成之后, 利用实验机提

供的输入输出接口设备可以很方便地进行可编程器件功能仿真,这有利于可编程器件工程和实验的顺利进行。在进行可编程器件工程和实验之前,有必要了解实验机的外形、结构,以便熟练操作机器。下面以 ZY11EDA12BD 实验机为例进行介绍,如图 1-1 所示。

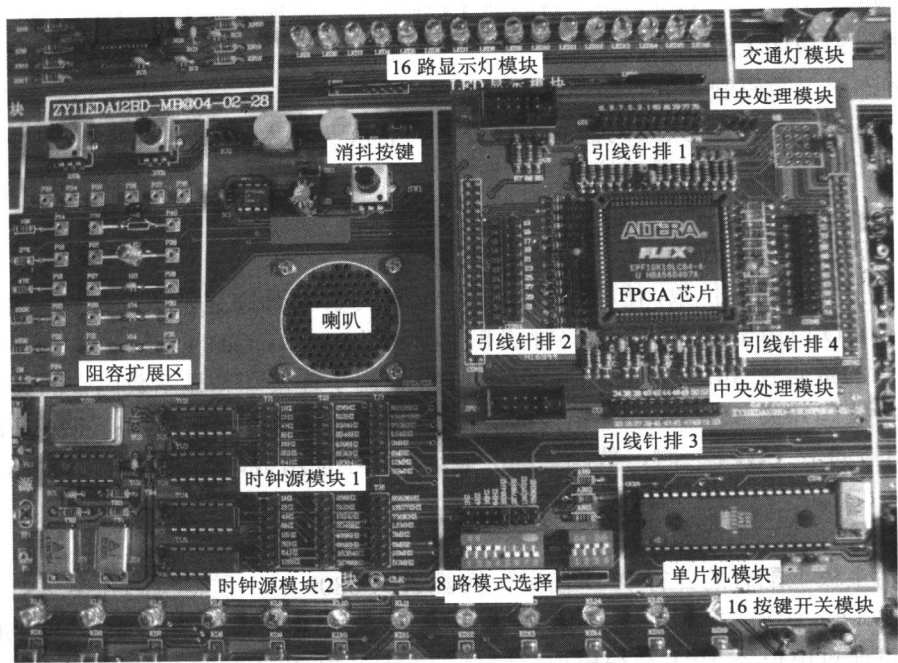


图 1-1 ZY11EDA12BD 实验机（局部）

实验机面板结构包括近 10 个模块。电源模块提供几种不同的电源电压,可供 A/D、D/A 转换等不同器件使用。从 ZY11EDA12BD 实验机局部图片上可以看到:数码管显示、LED 显示、交通灯显示和喇叭都是输出设备,通过 EPM7128SLC84-15 管理芯片与中央控制模块连接,因此可以通过模式选择开关(拨码开关)手动改变中央控制模块和外围设备的接线,在实验机上完成各种控制。模式选择开关 AS1、JS1 在板面上是两个红色的零件,在调试的时候,可以在附录 B 中查到详细的模式选择开关位置表。

1. 开关、按键及指示灯 (KD1~KD16、K1~K16、KL1~KL16)

主板下方有 16 个按键 K1~K16、16 个拨位开关 KD1~KD16 和 16 个发光二极管 KL1~KL16。每一个纵列的一组开关、按键和发光二极管都与下载板上 CPLD/FPGA 的一个 I/O 口对应相连。

当与 I/O 口相对应的开关 KD_i 作为输入使用时,开关拨向上,开关上方的发光二极管亮,表示开关向该 I/O 口输入一个逻辑值为“1”的高电平;开关拨向下,表示“0”。

当需要用按键向 I/O 口输入一个短脉冲量时,首先需要将开关拨向下方,按下键 K_i 后,发光二极管 KL_i 亮,表示该按键 K_i 向对应 I/O 口输入了一个正脉冲。将拨码开关 AS1 的 (3)、(4) 挡拨向上 (ON) 时,对应的开关按键的输入有效;将拨码开关 AS1 的 (3)、(4) 挡拨向下 (OFF) 时,对应的开关按键的输入无效。这都是管理芯片在 AS1 控制下完成的自动连线。

2. 发光二极管 (LED1~LED16) 及交通灯模块

在下载板数码管的下方有 16 个发光二极管 LED1~LED16,它们分别与下载板上的 16

个 I/O 口相连。另外交通灯的 L1~L12 和发光二极管 LED1~LED12 共用一个 I/O 口，因此在选择 LED 输出显示有效时，要使交通灯模块输出无效，此时 LJ1 的跳线接 2、3 脚。在做交通灯实验时，要将 LED 输出显示设置为无效，LJ1 的跳线接 1、2 脚。将拨码开关 AS1 的 (2) 挡拨向上 (ON) 时，对应的 LED 有效；将拨码开关 AS1 的 (2) 挡拨向下 (OFF) 时，对应的 LED 无效。

3. 静态显示数码管 (SM5~SM8)

主板的正上方配有 8 只数码管，其中 SM5~SM8 为静态显示，即每只数码管通过管理芯片 EPM7128 内部的译码器间接与下载板的 4 个 I/O 口连接。这 4 组输出 BCD 码共占 16 根 I/O 线。

4. 动态显示数码管 (SM1~SM8)

为增加数码管显示位数，使用了动态扫描电路方式，将静态显示中的数码管 SM7、SM8 对应的 8 个 I/O 口用于动态显示数码管的 8 个段，即 a、b、c、d、e、f、g 和 dp (小数点)，将静态显示的数码管 SM5、SM6 对应的 8 个 I/O 口用于连接动态显示数码管的共阴端作位控扫描。将拨码开关 AS1 的 (1) 挡拨向上 (ON) 时，数码管动态显示；将拨码开关 AS1 的 (1) 挡拨向下 (OFF) 时，数码管静态显示。在不使用数码管时，一律将 AS1 的 (1) 挡拨向上。

5. A/D 转换器 ADC0809

在使用主板上配有的并行 A/D 模数转换器 ADC0809 时，需将拨码开关 AS1 的 (6) 挡和 JS1 的 (6)、(7) 挡拨向上。模拟输入信号可通过 AIN0 端口送入 ADC0809 的信号输入端，也可通过电位器 JW1 获得模拟量信号。当不使用 ADC0809 时，需将 AS1 的 (6) 挡和 JS1 的 (6)、(7) 挡拨向下，并且将 JS1 的 (5) 挡拨向上。

6. D/A 转换器 DAC0832

当使用主板上配有的 D/A 数模转换器 DAC0832 时，需将拨码开关 JS1 的 (1)、(5) 和 (8) 挡拨向上；当不使用 DAC0832 时，需将拨码开关 JS1 的 (1)、(5) 和 (8) 挡拨向下。

实验机还提供了各种信号源，包括两个时钟源和低频信号源。时钟源在板面上用短路线调整频率。可以看到时钟源频率能从 1Hz 调整到 50MHz。根据实验机中央控制模块芯片的不同，两个时钟源与中央控制模块 EPM7128SLC84-15 的第 2、83 管脚相连，或者两个时钟源与中央控制模块 EPF10K10LC84-4 的第 1、43 管脚相连；低频信号源用于 PAC-Designer 模拟模块的调试。

D/A 转换器 DAC0832 面板框图如图 1-2 所示。

由图 1-2 可以看到，操作对象是可以安装更换 CPLD/FPGA 芯片的中央控制模块。中央控制模块利用插件方式和实验机外围设备连在一起，方便更换不同型号的 CPLD/FPGA 芯片来完成实验任务。在系统可编程技术模拟电路 ISPAC10 上也有专门的插件板，换上去就能够做系统可编程技术模拟电路的技能实训。

围绕中央控制模块的主要有 CPLD/FPGA 芯片能够直接控制的输入输出外围设备和能够提供从计算机下载软件的通道。为了方便中央控制模块和输入输出外围设备发挥各自的功能，还有模式选择开关可供使用。

模式选择开关用来改变 EPM7128SLC84-15 管理芯片的输入状态，从而改变中央控制模块和外围设备的接线。单片机提供了中央控制模块的计算机扩展应用。中央控制模块下

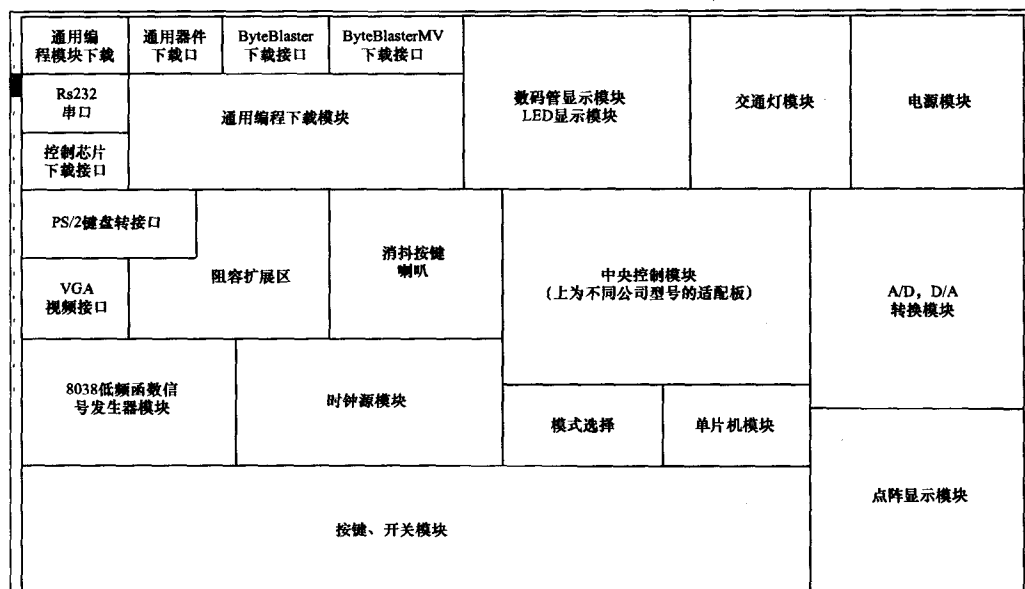


图 1-2 D/A 转换器 ADC0832 面板框图

面的 EPM7128SLC84-15 管理芯片是用来替代部分数字电路硬件，提供中央控制模块和个人计算机单片机通信控制的；同时，它也提供显示器动态、静态的显示转换和模式选择开关的模式识别接入服务。

这种机型供学习和研究兼用，从学习 CPLD/FPGA 芯片的角度出发，只需留意有关比较简单的输入输出硬件部分与 CPLD/FPGA 芯片的关系，会用比较简单的输入输出硬件部分即可。从深入学习研究角度出发，中央控制模块的每个管脚也有引出插口，需要另外设计 PCB 电路板才能完成特定的任务。

图 1-3 所示为 ZY11EDA12BD 实验机的面板，除总电源开关（黄色的按钮）外，通用编程下载模块有分电源开关，通电后才能工作，模拟低频信号模块也有分电源开关，通电指示灯表示有电源。在一般情况下，通用编程下载口可以与计算机并行下载口连接，所有编程下载都通过下载模块将芯片编程信息自动传送到中央控制模块芯片上。大部分电路都没有连线过程，数码管、发光管和开关按钮等外部设备与芯片的连线是相对固定的，而芯片被安排在中央处理模块上，一般利用下载程序和模式选择拨码开关来安排外部设备与芯片的连线。

实验机有双排插座，可以更换不同的中央处理模块，以适应不同公司出品的各种 CPLD/FPGA 芯片。它旁边还安排了 A/D 转换器芯片，可以用 CPLD/FPGA 芯片作高速 A/D 转换器控制芯片。如果希望用单片机配合 CPLD/FPGA 芯片组成智能仪器，有关的管脚就必须通过模式选择开关 AS1、JS1 合理配置与单片机连接。实验机还装配了 8KB SRAM 存储器，提供了各种实训开发环境。

由此可见，通过更换中央控制模块，可以调试不同芯片。由于芯片不同，实验机对中央控制模块芯片管脚进行了特定的命名，以方便对芯片管脚和外部设备的配置。两个典型芯片 EPF10K10LC84-4 和 EPM7128SLC84-15 管脚序号分布分别如图 1-4 和图 1-5 所示。

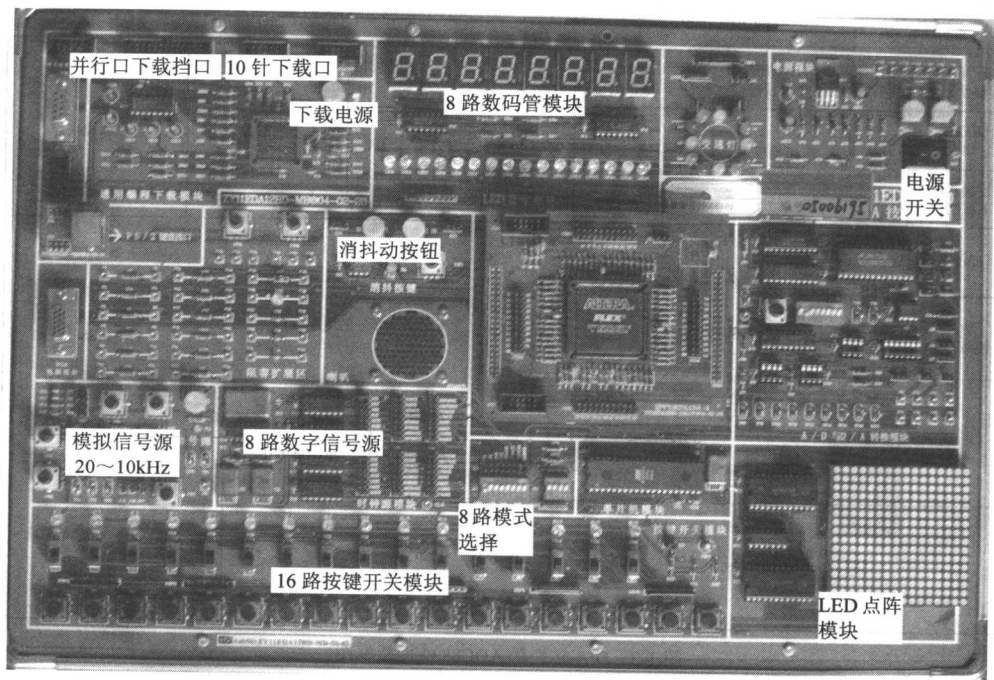


图 1-3 ZY11EDA12BD 实验机面板

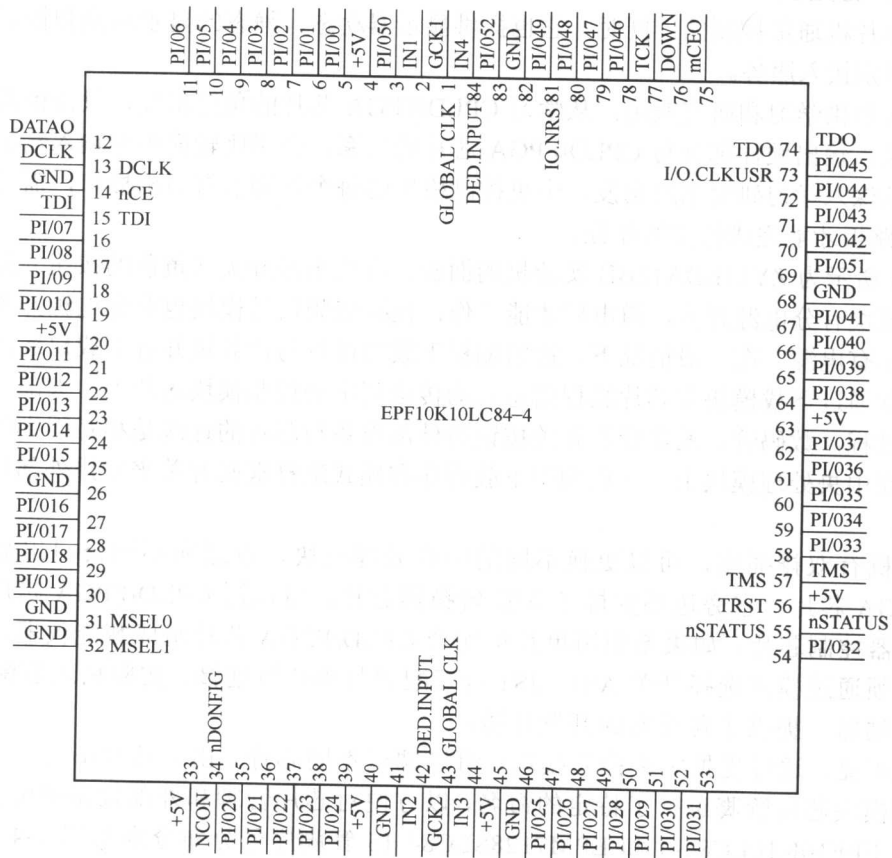


图 1-4 EPF10K10LC84-4 管脚分布

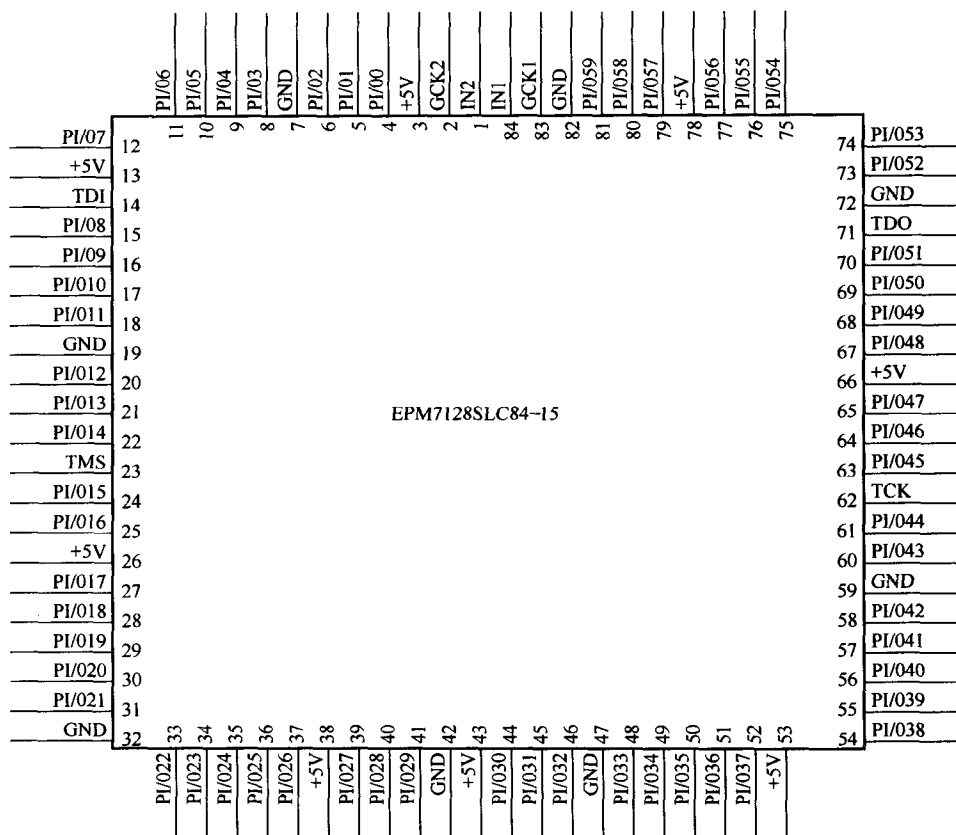


图 1-5 EPM7128SLC84-15 管脚分布

7. CPLD/FPGA 器件管脚识别和功能

EPF10K10LC84-4 或者 EPM7128SLC84-15 共有 84 根管脚，它们围绕芯片的 4 个边均匀分布，在 MAX+plus II 软件分配管脚的时候可以显示出来。从 MAX+plus II 软件分配管脚图中可以看到管脚，如果管脚是黑色的则不能给用户使用，只能接 5V 电源 GND 地线和通信控制线等，其余 50 多个管脚可供用户使用。本实验机的接法虽然基本固定，但由用户开发的 CPLD/FPGA 器件应用电路，配合印制电路板设计却可以非常灵活地处理管脚定义。CPLD/FPGA 器件固定接法 I/O 端口、实验机外部设备连接命名和管脚序号对照表见附录 A。

8. 常见使用故障

- ① 分电源没有全部打开，有的功能没有加入。
- ② 模式设置拨码开关位置设置混乱，无法输出显示，无法输入变量。
- ③ 两个信号发生器频率调整容易混淆。
- ④ 并口下载电缆没有连接好，没有正确设置操作系统，无法进行通信和下载程序。

二、注意事项

- ① 当实验系统闲置不用时，应关闭电源，拔下电源插头。