硬件描述语言与系统仿真

课程实验要求书

目录

[序言 3](#_Toc53565875)

[实验要求 7](#_Toc53565876)

[实验一基于独立和矩阵按键和数码管显示的键入系统设计 7](#_Toc53565877)

[实验二基于PWM调制技术的呼吸灯系统设计 8](#_Toc53565878)

[实验三基于数码管独立显示和三色灯的交通指示系统设计 9](#_Toc53565879)

[实验四基于小脚丫底板数码管扫描显示的数字时钟系统设计 9](#_Toc53565880)

[实验五基于无源蜂鸣器和矩阵按键的电子琴系统设计 10](#_Toc53565881)

[实验六基于DS18B20Z温度传感器和数码管显示的温度计系统设计 10](#_Toc53565882)

[实验七基于VGA驱动液晶屏的色彩测试系统设计 11](#_Toc53565883)

[实验八基于FPGA开发板的直流电压测量装置 11](#_Toc53565884)

[实验九 基于FPGA开发板的简易CPU设计 12](#_Toc53565885)

[实验报告要求 12](#_Toc53565886)

[实验报告提交规范 13](#_Toc53565887)

# 序言

硬件描述语言与系统仿真是数字电路与逻辑设计的后续课程，分理论教学和上机实验两部分。其主要任务是让学生了解数字集成电路及其设计方法的发展现状，熟悉大规模可编程专用集成电路CPLD/FPGA的内部结构，掌握一种硬件描述语言，并具备使用VHDL进行数字电路系统设计的能力。实验课是本课程重要的教学环节,目的是让学生熟悉可编程专用集成电路的设计，开发流程，熟练掌握一种EDA设计工具，提高学生应用计算机技术进行数字电路与数字系统的设计和辅助分析的能力。

本实验基于STEP-MXO2 V2 FPGA实验板（简称小脚丫，核心器件为Lattice公司的LCMXO2- 4000HC-MG132）、STEP-Baseboard V2 外设实验底板、Lattice公司的Diamond FPGA集成开发工具软件、ModelSim仿真软件完成。

1. **实验的一般方法**

用VHDL文本进行输入、编译，通过之后再进行波形仿真、下载，如有缺陷，再对源文件进行修改。基于FPGA实验板完成指定和自选创意实验项目。

1. **实验的基本内容和要求：**
2. 常用的PLD软件工具的使用

学会Diamond的基本使用方法，熟悉设计流程。

1. PLD设计代码的综合

掌握可综合的PLD设计代码的编写要点

用VHDL语言编写并用Diamond工具完成电路综合、下载，实现设计项目

1. 了解速度和性能优化

根据不同的PLD器件特点优化设计的方法

学习了解用器件时间信息仿真和优化

1. **STEP-MXO2 V2FPGA实验板介绍**

STEP-MXO2 V2FPGA实验板简称**小脚丫**。

核心器件特性：

* Lattice LCMXO2-4000HC-4MG132
* 4320个LUT（查找表）资源
* 96Kbit User Flash，92Kbit RAM；
* 2+2路PLL+DLL；
* 嵌入式功能块（硬核）：一路SPI、一路定时器、2路I2C
* 支持DDR/DDR2/LPDDR存储器；
* 上电瞬时启动，启动时间<1ms；
* FPGA芯片最大可用IO数为104个，除了36个IO引出到开发板DIP40的引脚上，FPGA 的IO还连接到板上的外设资源如数码管、按键、拨码开关和LED上。

板载资源：

* 1 路Micro USB接口
* 2 位7段数码管；
* 2 个RGB三色LED；
* 4 路拨码开关；
* 4 路按键；
* 8 路用户LED；
* 36 个用户可扩展I/O（其中包括一路SPI硬核接口和一路I2C硬核接口）
* 板上提供系统时钟12MHz，也可以使用片内的内部时钟作为系统时钟
* 集成FT232编程器，支持Lattice Diamond设计工具，用户只需要一根Micro USB连接线就能够实现板卡的供电和FPGA下载编程工作。
* 可以通过板上的Micro USB口5V供电，同时在DIP40的第1脚预留了VBUS口，可以外接5V电源实现供电

管脚分配：

STEP FPGA STEP FPGA

引脚 引脚 引脚 引脚

3.3V GND

SCL C8 SPISI P13

SDA B8 SPISO N4

GPIO0 E3 SPISCK M4

GPIO1 F3 SPICS P3

GPIO2 G3 GPIO16 J12

GPIO3 H3 GPIO17 K13

GPIO4 J2 GPIO18 K14

GPIO5 J3 GPIO19 K12

GPIO6 K2 GPIO20 J14

GPIO7 K3 GPIO21 J13

GPIO8 L3 GPIO22 H12

GPIO9 N5 GPIO23 G14

GPIO10 P6 GPIO24 G13

GPIO11 N6 GPIO25 F14

GPIO12 P7 GPIO26 F13

GPIO13 N7 GPIO27 G12

GPIO14 P8 GPIO28 F12

GPIO15 N8 GPIO29 E12

GND VBUS 5V

数码管1 FPGA引脚 12M晶振 FPGA引脚

SEG-A1 A10 PCLK C1

SEG-B1 C11 LED FPGA 引脚

SEG-C1 F2 LED1 N13

SEG-D1 E1 LED2 M12

SEG-E1 E2 LED3 P12

SEG-F1 A9 LED4 M11

SEG-G1 B9 LED5 P11

SEG-DP1 F1 LED6 N10

SEG-DIG1 C9 LED7 N9

LED8 P9

数码管2 FPGA引脚 拨码开关 FPGA引脚

SEG-A2 C12 SW1 M7

SEG-B2 B14 SW2 M8

SEG-C2 J1 SW3 M9

SEG-D2 H1 SW4 M10

SEG-E2 H2 按键 FPGA引脚

SEG-F2 B12 KEY1 L14

SEG-G2 A11 KEY2 M13

SEG-DP2 K1 KEY3 M14

SEG-DIG2 A12 KEY4 N14

三色灯1 FPGA引脚 三色灯2 FPGA引脚

R\_LED1 M2 B\_LED2 P4

G\_LED1 N2 G\_LED2 N3

B\_LED1 P2 R\_LED2 M3

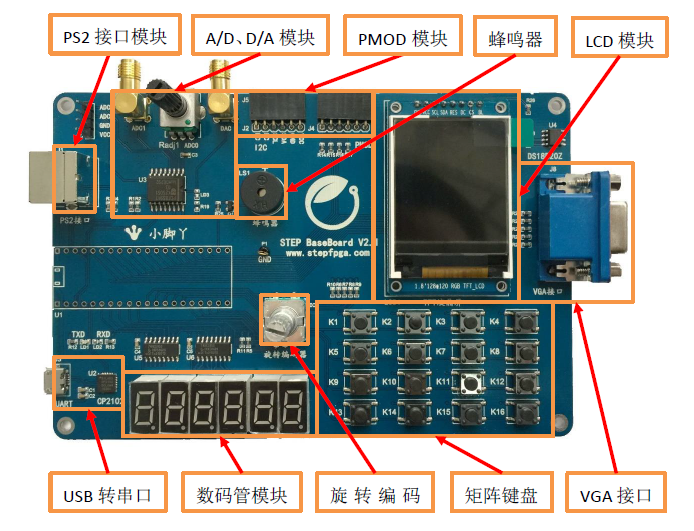


更详细资料参考文档：

[STEP-MXO2 V2硬件手册\_V1.0.pdf](file:///F:\cyq\jiaoxue\pld&vhdl%20benke\202009\实验\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\发布\实验参考\STEP-MXO2%20V2硬件手册_V1.0.pdf)

[STEP-MXO2 V2.1原理图.pdf](file:///F:\cyq\jiaoxue\pld&vhdl%20benke\202009\实验\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\发布\实验参考\STEP-MXO2%20V2.1原理图.pdf)

1. **STEP-Baseboard V2 外设实验底板**



参考文档：

[STEP-Baseboard 底板硬件手册\_V2.1.pdf](file:///F:\cyq\jiaoxue\pld&vhdl%20benke\202009\实验\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\发布\实验参考\STEP-Baseboard%20底板硬件手册_V2.1.pdf)

1. **开发工具软件安装**

1、到Lattice官网注册，到如下网址下载对应操作系统的最新Diamond软件安装包。

http://www.latticesemi.com/zh-CN/Products/DesignSoftwareAndIP/FPGAandLDS/LatticeDiamond.aspx

2、根据安装指南进行安装。

3、访问官网页面http://latticesemi.com/Support/Licensing.aspx，点击获得一个Node-locked Free License免费许可证。（邮箱获取）

参考文档：

[STEP-MXO2 V2软件手册\_V1.0.pdf](file:///F:\cyq\jiaoxue\pld&vhdl%20benke\202009\实验\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\发布\实验参考\STEP-MXO2%20V2软件手册_V1.0.pdf)

[Lattice Diamond 安装配置.pdf](file:///F:\cyq\jiaoxue\pld&vhdl%20benke\202009\实验\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\发布\实验参考\Lattice%20Diamond%20安装配置.pdf)

[Lattice Diamond 使用案例.pdf](file:///F:\cyq\jiaoxue\pld&vhdl%20benke\202009\实验\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\发布\实验参考\Lattice%20Diamond%20使用案例.pdf)

# 实验要求

本课程实验分为基础必做实验、进阶限选实验和自由拓展实验三部分。参考所给的资料，按照以下具体要求编写VHDL程序，在实验板上完成以下实验项目。

1. **基础必做实验 2个**

* 实验一 基于矩阵按键和数码管显示的键入系统设计
* 实验二 基于PWM调制技术的呼吸灯系统设计

**2、进阶限选实验** 3个

实验3-5中**选做**2个。

* 实验三 基于数码管独立显示和三色灯的交通指示系统设计
* 实验四 基于小脚丫底板数码管扫描显示的数字时钟系统设计
* 实验五 基于无源蜂鸣器和矩阵按键的电子琴系统设计

实验8-9中**选做**1个。

* 实验八 基于FPGA开发板的直流电压测量装置
* 实验九 基于FPGA开发板的简易CPU设计

1. **自由拓展实验**

**自由选择，不强制要求**。选作内容可替代进阶实验的实验3到实验5中的一个，完成后另有额外的上限3分的加分。基于提供实验底板已有的外设，或自行创意，用VHDL语言编程实现难度不应低于以下推荐内容的实验。学生自主查询参考资料并完成设计。

* 实验六 基于DS18B20Z温度传感器和数码管显示的温度计系统设计
* 实验七 基于VGA驱动液晶屏的色彩测试系统设计

# 实验一基于独立和矩阵按键和数码管显示的键入系统设计

1. 实验目的

掌握独立和矩阵按键的原理及驱动，学习基于小脚丫FPGA开发板和外设底板实现用VHDL语言编程对小脚丫上独立按键以及底板上矩阵按键信息进行采集和按键消抖处理技术。

了解数码管显示工作原理，掌握数码管驱动方式，掌握用VHDL语言设计数码管显示驱动。

1. 实验内容

根据按下的按键，在数码管上显示输入按键标识。包含4个独立按键和16个底板上的扫描按键。具体显示信息可自行定义。并在实验检测时，能够根据检测要求现场修改代码后显示指定的数字或者符号。

1. 设计提示

按键抖动的产生 ：通常的按键所用的开关为机械弹性开关，当机械触点断开、闭合时，由于机械触点的弹性作用，一个按键开关在闭合时不会马上稳定地接通，在断开时也不会一下子断开。因而在闭合及断开的瞬间均伴随有一连串的抖动，为了不产生这种现象而作的措施就是按键消抖。

消除抖动的措施：在按键按下的时刻，会出现波形的抖动，在之后的一段时间内，才会出现平稳的波形。我们舍弃了刚刚检测到按键按下的时刻，读取这一时刻之后40ms左右的按键信息，这样可以防止一次按键被误读多次。

独立按键和矩阵式按键采用不同的处理方法，具体请参阅参考文档：[实验一按键处理设计.pdf](file:///F:\cyq\jiaoxue\pld&vhdl%20benke\202009\实验\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\发布\实验参考\实验一按键处理设计.pdf)

数码管显示原理请参阅：[数码管显示.doc](F:\\cyq\\jiaoxue\\pld&vhdl benke\\202009\\实验\\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\\发布\\实验参考\\数码管显示.doc)。

# 实验二基于PWM调制技术的呼吸灯系统设计

1. 实验目的

了解PWM概念及原理，学习基于PWM调制技术的脉冲发生器的原理。

掌握LED通过PWM调节亮度的方法，掌握用VHDL语言实现呼吸灯的方法。

1. 实验内容

采用FPGA实现小脚丫开发板的LED灯的呼吸效果，即缓缓变亮，缓缓熄灭，周而复始，实现“呼吸”的效果。并可利用按键控制呼吸灯变化的速度等级和亮度等级。

并在实验检测时，能够根据检测要求通过现场简单修改代码展示修改后的效果。

1. 硬件连接

FPGA的系统时钟来自于小脚丫FPGA开发板配置的12MHz时钟晶振，连接FPGA的C1引脚。本设计需要的LED8灯连接到小脚丫开发板芯片的P9脚。控制按键Key1连接到了小脚丫开发板芯片的L14脚。

1. 设计提示

呼吸灯的工作原理：

通过改变PWM的占空比从而改变输出电平的有效值，在LED的亮度上反应出来，如果占空比能够由小变大再变小，在LED上反应出的效果就是呼吸灯的效果。

PWM：

脉冲发生器就是要产生一个脉冲波形，而脉冲宽度调制器则是要产生一个周期和占空比可变的脉冲波形（Pulse-Width Modulation，PWM）。脉冲宽度调制器的实现原理比较简单，可以简单的理解为一个计数器对输入的时钟信号进行分频的过程。通过改变计数器的上限值来达到改变周期的目的，通过改变电平翻转的阈值来达到改变占空比的目的。下面举个简单的例子来说明其工作原理。

假如有一个计数器T对时钟分频，其计数的范围是从0～N，另取一个M（0≤M≤N），若输出为Q，那么Q只要满足条件



通过改变N值，即可改变输出的脉冲波的周期；改变M值，即可改变脉冲波的占空比。这样输出的脉冲波的周期和占空比分别为：



参阅文档：[实验二基于脉宽调制的呼吸灯原理简述.pdf](F:\\cyq\\jiaoxue\\pld&vhdl benke\\202009\\实验\\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\\发布\\实验参考\\实验二基于脉宽调制的呼吸灯原理简述.pdf)

# 实验三基于数码管独立显示和三色灯的交通指示系统设计

1. 实验目的

掌握有限状态机的原理、设计方法与步骤。

用VHDL语言实现十字路口交通灯控制程序。

1. 实验内容

利用小脚丫FPGA实验板上的两个三色LED灯，模拟实现十字路口的红绿灯控制系统。

1. 具体要求

可通过按键设置不同控制模式，实现多种模式下的控制方式。如可以设置普通双向对等模式、一向主干道一向次干道的非对等控制模式或者双向长黄闪灯模式等。

数码管可显示读秒数据（可选）。

1. 设计提示

FSM：finite state machine，是由寄存器组和组合逻辑构成的重要时序电路，在数字系统设计中有着非常重要的地位和作用。在同一时钟跳变沿由一个状态转移到另一个状态。包含时序、组合逻辑电路。可以模拟大部分事物。如按键命令、自动门控制、通信时序等。

参见文档：[实验三基于FSM的交通灯控制.pdf](F:\\cyq\\jiaoxue\\pld&vhdl benke\\202009\\实验\\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\\发布\\实验参考\\实验三基于FSM的交通灯控制.pdf)

# 实验四基于小脚丫底板数码管扫描显示的数字时钟系统设计

1. 实验目的

了解数字时钟工作原理，学习模块化编程，掌握按键消抖、数码管显示、状态机等综合应用。

1. 实验内容

基于小脚丫实验板和外设底板用VHDL语言编程完成简易数字时钟的设计。

1. 具体要求

三个按键：模式按键、数字加键、数字减键；

四种模式：正常模式、调时模式、调分模式、调秒模式；

四个LED灯：对应指示数字时钟的四种模式；

六位数码管正常模式下从左至右每两位一组分别显示时分秒数值。调时模式下，对应数码管显示调整数值；

小数点DP显示：左侧起第2、4、6个数码管DP点亮，以区分时分秒。

1. 设计提示

参见文档：[实验四数字时钟设计.pdf](F:\\cyq\\jiaoxue\\pld&vhdl benke\\202009\\实验\\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\\发布\\实验参考\\实验四数字时钟设计.pdf)

# 实验五基于无源蜂鸣器和矩阵按键的电子琴系统设计

1. 实验目的

了解时钟计数分频，数组，控制标志以及蜂鸣器的运用。

1. 实验内容

基于小脚丫FPGA开发板和按键、蜂鸣器的小钢琴设计。

1. 具体要求

1）采用FPGA+按键+无缘蜂鸣器实现小钢琴功能；

2）7个按键，分别对应7个音符，按下时蜂鸣器发出对应音调；

3）设计一个音乐自动播放功能，根据存入的乐谱进行循环播放；

4）其它个性化功能

1. 设计提示

参见文档：[基于无源蜂鸣器和矩阵按键的电子琴系统设计.docx](F:\\cyq\\jiaoxue\\pld&vhdl benke\\202009\\实验\\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\\发布\\实验参考\\实验五_基于无源蜂鸣器和矩阵按键的电子琴系统设计.docx)

# 实验六基于DS18B20Z温度传感器和数码管显示的温度计系统设计

1. 实验目的

了解DS18B20Z温度传感器工作原理与控制流程，理解数码管的显示原理与控制方式，学习和应用模块化编程。

1. 实验内容

基于小脚丫FPGA开发板和温度传感器数码显示，设计温度计系统。

1. 具体要求

基于DS18B20Z温度传感器和数码管显示的温度计系统设计要求：

1） 显示摄氏温度和华氏温度；

2） 精确到小数点后两位。

3）其它个性化功能，如显示个性化信息等

1. 设计提示

参见文档：[基于DS18B20Z温度传感器和数码管显示的温度计系统设计.docx](F:\\cyq\\jiaoxue\\pld&vhdl benke\\202009\\实验\\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\\发布\\实验参考\\实验六基于DS18B20Z温度传感器和数码管显示的温度计系统设计.docx)

# 实验七基于VGA驱动液晶屏的色彩测试系统设计

1. 实验目的

了解VGA的工作原理，学习和应用模块化编程。

1. 实验内容

基于VGA驱动液晶屏的色彩测试系统。

1. 具体要求

1）分辨率为800\*600；

2）从左到右依次均匀地显示RED、GREEN、BLUE、YELLOW、MAGENTA、CYAN1、WHITE、BLACK共8个色带。

3）其它个性化功能

1. 设计提示

参见文档：[基于VGA驱动液晶屏的色彩测试系统设计.docx](F:\\cyq\\jiaoxue\\pld&vhdl benke\\202009\\实验\\硬件描述语言与系统仿真-实验要求书与参考资料\\发布\\实验参考\\实验七_基于VGA驱动液晶屏的色彩测试系统设计.docx)

# 实验八基于FPGA开发板的直流电压测量装置

1. 实验目的

* 任务：基于 STEP-MXO2 V2 FPGA核心板 和 STEP BaseBoard V2.0底板 完成简易电压表设计并观察调试结果
* 要求：通过底板上的串行模数转换器ADC芯片测量可调电位计输出电压，并将电压信息显示在核心板或底板的数码管或LCD屏上。
* 解析：通过FPGA编程驱动串行ADC芯片，得到数字量化的电压信息，将量化的数字信息转换成BCD码形式，同时驱动独立数码管或LCD将电压值显示出来。

1. 实验内容

学习模数转换器ADC的相关知识，串行（I2C接口）ADC芯片PCF8591的驱动设计，同时学习二进制数转换BCD码的设计方法。拓展内容含LCD显示驱动方法。

* 学习模数转换器ADC的相关知识
* 串行（I2C接口）ADC芯片PCF8591的驱动设计
* 学习二进制数转换BCD码的设计方法
* LCD显示驱动方法
* 完成简易电压表设计实现

1. 实验要求

0-3.3V的直流电压加在串行ADC的模拟输入端，串行ADC将直流电压转换为8位的数字量，0-3.3V的直流模拟电压得到0-255的数字量；小脚丫FPGA通过内部产生的I2C时序将ADC转换的数据读取到FPGA内部的寄存器，并将串行的二进制数据转换成8位并行的数据。

转换后数据的以三种方式显示。

基本要求：通过点亮8个LED显示电压的相对强度；

扩展要求：通过底板上连接的4个7位数码管以二进制的形式（0-255）或直流电压的方式（0-3.300）显示；通过扩展板上连接的LCD显示屏，在LCD上显示电压值。

参见文档：实验八 进阶实验直流电压测量装置 实验要求.doc

直流电压测量实验指导.rar

# 实验九 基于FPGA开发板的简易CPU设计

**实验目的**

基于小脚丫FPGA开发板的简易CPU设计，要求：

1.了解给出的简易CPU工作的原理，包括数据和指令的存取，指令的执行，总线控制方法等；

2.基于给出的部分代码，实现可综合的简易CPU；

3.用LED等显示CPU的8位寄存器内容，对存储的数据进行修改时相应的寄存器会改变。

**实验内容**

1. 仿真理解CPU的行为
2. 将代码改写成可综合电路
3. 将CPU例程运行在实验板上

参见文档：实验九 进阶实验MCPU 实验要求.doc

拓展实验MCPU 实验指导.rar

# 实验报告要求

1 所有试验在一份实验报告中分别顺次撰写。参见VHDL实验报告第0XX组\_组长XXX 模板.doc。

2 每个实验的报告应该包含但不限于以下部分。

3 设计思路简要介绍，问题描述，整体方案，包含方框图，状态图，模块划分，子模块设计思路，及对其的说明，以及结果图片等

4 仿真及板级测试过程方法说明；FPGA资源使用情况，如寄存器使用及解释，列出对warning消息的解释，不要拷贝所有report内容，只列出相关的；Testbench 描述，仿真波形等，应有注释说明

5 结论，实现中遇到的问题、解决方法、获得的经验教训、改进建议和意见

6 更多有创意和特色的功能及内容，需要在实验检测时有demo，报告里有描述

7 源码，仿真testbench文件另列入附件

* 注意代码风格和注释个性化，tab-indented code，well commented
* “标准”单元的可识别性，状态机，计数器，时钟分频，解码器
* 模块的敏感信号使用
* 无latch和其他synthesis问题
* Testbench code

8 参考资料

# 实验报告提交规范

1. 实验报告提交应分为两个部分：实验报告&代码
2. 实验报告提供一份文档，包括所做所有实验内容（附件内贴代码），命名按照“VHDL实验报告第XX组\_组XXX”，实验报告模板见“ VHDL实验报告第0XX组\_组长XXX 模板.doc”
3. 代码文件分实验放在code文件夹内，作为附件。
4. 最后将实验报告（可转pdf）与code文件夹一起打包，命名为“ VHDL实验报告第0XX组\_组XXX”提交。