# FPGA基础

## 按键去抖动以及按键阵列检测

学习按键去抖动的方法，进一步应用到4x4键盘阵列的检测和读取。动态数码管扫描也是类似的方法。

## 多路分频器设计

学会分频方法，设计任意频率发生器（任意分频）。

学会使用ila抓取上板测试的波形，在上板调试过程中非常有用。

## 串口收发

实现串口字符的收发。

## spi flash

了解spi协议和spi flash读写操作，设计简单的flash控制器，实现flash的擦除、编程、读取等。

## sd卡读写

sd卡或tf卡是嵌入式设备重要的存储模块，通过此实验了解sd卡的读写。在次基础上可以读取sd卡中存储的图片等文件，用于显示和图像处理器操作。

## VGA控制器

学习VGA时序，并实现VGA显示，包括字符和图片显示。在此基础上设计俄罗斯方块、贪吃蛇等游戏。

## HDMI

了解HDMI时序，完成HDMI显示。

## 网口开发

了解UDP协议，实现简单的网口通信。

## 简单的图像处理

用Verilog实现简单的图像处理程序，如Sobel边缘检测，推荐使用硬件乘法器IP。

# SoC基础

主要参考米联客《Zynq SoC修炼秘籍》

## 嵌入式最小系统

包括hello world实验，内存测试等。

## MIO/EMIO

PS端的操作。

## 自定义IP

创建简单的用户IP，学习PS+PL开发思想。

## 程序固化

学习镜像文件的制作，在搭建Linux系统时有重要作用。

## XADC实验

借助Zynq内嵌的XADC采集内部参数。

## Zynq PL中断请求

学习外部中断，通过PL传递中断，在PS端接受并处理器。

## 定时器中断

PS端自己的中断。

## 串口中断

进一步学习中断。

## User GPIO

创建基于AXI接口的IP。

## 软硬件调试技巧

在Block Design中使用VIO和ILA，学会软硬件联合调试。

## AXI Lite总线

通过分析代码了解工作时序。

# DMA/VDMA

## DMA Loop环路测试

SDK发送数据到DMA，DMA将数据发送到DDR，SDK读取内存地址中的数据，对比是否和发送的一致。

## PL发送数据到PS

接上一个实验，PS端接收。

## 基于DMA的摄像头采集系统

没有摄像头可以换成本地视频流或图片。

## 基于VDMA的摄像头采集系统

VDMA主要用于视频流的存取，在图像、视频处理系统中具有重要意义。

## DMA LWIP以太网传输

PL通过DMA将数据发送到PS DDR的乒乓缓存中，PS将缓存的数据通过TCP协议发送至PC。

## 通过BRAM进行PS与PL的数据交互

适用于传输少量，地址不连续，长度不规则的数据。

# Linux系统开发（嵌入式开发）

参考《Zynq SoC修炼秘籍》（2017版不完整）和《Zynq-7000嵌入式系统设计与实现——基于Cortex A9双核处理器和Vivado的设计方法》

## 构建硬件运行环境

在基本硬件环境的基础上添加用户定制外设的IP。

## 构建软件运行环境

编译u-boot，kernel，设备树和文件系统。制作启动镜像，从sd卡或flash启动Linux。

## 开发字符设备驱动程序

除了PS一端的外设之外，用户可以在PL中定制大量不同类型的外设。Linux中没有提供这些外设的驱动，需要自行开发。

## 运行Qt程序

搭建Qt交叉编译环境，在开发板上运行Qt程序。

# HLS入门

参考ug902和ug871。

## 基于HLS的流水灯

熟悉HLS的开发流程。

## 简单算法的实现

通过HLS实现矩阵乘法，FFT等计算密集型算法，体会HLS优化指令对设计的影响。

## 图像处理实例

通过HLS开发肤色检测或边缘检测等图像处理程序，并搭建完整的软硬件系统。

# MIG控制器

## DDR读写测试

了解MIG控制器的使用。

## DDR缓存图像数据

通过DDR缓存图像数据并输出，可以移植到其他工程中。

# PCIe开发

## XAPP1052

Xilinx官方的XAPP1052 demo提供了一种古老的PCIe开发方式，可以用来分析学习。

## XDMA基础测试

Vivado自带PCIe DMA即XDMA，目前主要使用这种方式。在本例程中测试AXI4读写DDR，AXI-Lite读写BRAM。

## XDMA读写BAR和BRAM

进一步了解XDMA的原理。

## XDMA图像传输

主机读取本地图像，通过PCIE传送给FPGA，FPGA处理完成后通过PCIE传给主机。