**数字逻辑电路实验自选大实验题目**

1. **模拟时钟**

在显示器上绘制一个时钟表盘，包含时分秒信息。同时要求在FPGA开发板上的七段显示中显示时间。

基本功能：

* 通过键盘设置时间
* 闹钟功能
* 整点报时，音频实现

可选其他功能，包括万年历、星期、温度（利用板上自带的温度传感器），自动休眠（拍手唤醒），呼吸灯。显示器上的时钟表盘以模拟时钟形式呈现，自行绘制时分秒指针及钟面。

功能可以参考普通电子闹钟，如<https://item.jd.com/1206991137.html> 。

温度数据获取可参考Nexys4 FPGA Board Reference Manual第11节，麦克风可参考Nexy4 FPGA Board Reference Manual第14节，呼吸灯可参考Nexy4 FPGA Board Reference第9.2节。

相关代码可参考Nexys4 Demo程序。

1. **图形显示显示与旋转**

在VGA显示器上显示如下的正四面体、正方体、棱锥等规则几何体框架：



利用Nexys4的加速度计，读取重力方向，并根据重力方向判断开发板的前后、左右倾角，根据开发板的倾角同步旋转上述的几何体框架。

基本功能：可以让几何体随开发板做左右二维旋转，无卡顿、跳变等现象。几何体可用二维图片方式实现。

扩展功能：可让几何体在三维空间自由旋转，实时绘制线条。实现线条裁剪，隐藏被挡住的线条。

通过计算确定各个顶点的3维坐标，并将坐标投影到VGA的二维平面上。在VGA显存中绘制顶点之间的连线，并将绘制结果显示在屏幕上。建议自行查找 计算机图形学相关教材（如电子工业出版社，计算机图形学，Hearn & Baker，提供电子书），了解坐标计算、画线算法的基本原理（相关内容较多，只需了解必要关键算法即可）。

需要复习高中解析几何相关知识，了解3维点投影到二维平面的坐标变换方式（可仅保留x,y坐标）。需要自行了解2维及3维坐标旋转矩阵相关知识，<https://en.wikipedia.org/wiki/Rotation_matrix> . 可以根据重力的三维分量来计算旋转矩阵。可以使用FPGA IP核中内带的乘法器，或用三角函数表来实现简单的三角函数。

加速度计可以参考Nexy4 FPGA Board Reference Manual第13节，加速度计代码可以参考Nexys4 Demo程序。

1. **MD5摘要的FPGA实现**

MD5是常用的信息摘要算法，给定一段信息，通过MD5算法可以产生128位的散列值。这个散列值可以用来验证数据是否被篡改过，修改信息的任何一个bit都会造成散列值的巨大变化。例如："The quick brown fox jumps over the lazy dog"的散列值是:

0x9e107d9d372bb6826bd81d3542a419d6

而增加一个句号，"[The quick brown fox jumps over the lazy dog](https://en.wikipedia.org/wiki/The_quick_brown_fox_jumps_over_the_lazy_dog)." 的散列值就变成了:

0xe4d909c290d0fb1ca068ffaddf22cbd0

MD5常用于验证网上下载的文件的完整性。常用的操作系统和编程语言均提供MD5计算的接口。

在本实验中，你将根据MD5算法的描述(如：<https://en.wikipedia.org/wiki/MD5)> 自己通过FPGA实现MD5算法。事实上，MD5算法设计上是非常易于用硬件实现的。

基本功能：通过串口发送字符串或二进制文件，FPGA对字符串或文件进行MD5摘要后，将散列值通过串口返回给电脑。需要与操作系统提供的MD5算法比对，保证结果的正确性。

1. **录音机与音乐播放器的实现**

利用Nexys4实现一个简单的音乐播放器，可以播放3首以上乐曲。乐曲可以用乐谱输入调整输出频率的方式来实现。同时实现录音机的功能，能够利用板载的麦克风录音10秒并回放。

基本功能：

* 3首以上的乐曲播放
* 循环播放、随机选曲播放
* 暂停与继续功能
* 录音10秒及回放功能

扩展功能：

* 利用波形存储的方法实现钢琴、长笛的乐器的音色（参考MIDI soundfont），用不同乐器演奏同一乐谱。

麦克风可参考Nexy4 FPGA Board Reference Manual第14节，录音及回放代码可参考Nexys4 Demo程序。

1. **实现一个简单的计算机系统**

还记得本学期的PA实验么？在FPGA上也可以实现一个简单的计算系统，完成起来并不像你想像的那么困难。本实验的目标是实现拥有基本指令和输入输出功能的计算机，基本实现思路如下：

*处理器部分*：使用FPGA实现取指令，指令分析，指令执行以及数据写回功能。可以自行设计指令格式，建议指令长度统一为16位，数据也为16位，实现4-8个寄存器。实现基本的RAM读取/存储、立即数赋值、ALU（加减法，移位等等）、比较、跳转指令等。可以参考计算机组成原理中的单周期CPU实现，并进行适当简化。

*RAM部分*：利用FPGA实现简单的数据和指令RAM，容量在1KByte以上。

*输入输出部分*：支持串口通信。可硬件支持通过串口写入16进制机器码并执行相应的代码。输出可以通过串口实现，也可以通过七段显示输出结果（处理器直接写某个寄存器输出到七段显示器）。

代码可以通过自己编写的简单汇编代码转换为机器码通过串口写入RAM。

基本功能：能执行简单的算术、循环、分支判断代码。例如，计算斐波那契数列的第N位，并输出。

扩展功能：支持更多指令，支持bootloader功能，支持串口单步调试等等。

1. **自定选题**

允许自己提出新的大作业的课题，但**必须**提前与任课教师说明课题内容，确定后方可自选。