

## 实验十二 自选大实验

2018 年秋季学期

*“Do you mean to tell me that you’re thinking seriously of building that way, when and if you are an architect?”*

*“Yes.”*

*“My dear fellow, who will let you?”*

*“That’s not the point. The point is, who will stop me?”*

– “The Fountainhead”, Ayn Rand

本实验为同学自选实验，可以自行选择题目，也可以在下列课题中选择一个。大实验为 2 人一组，如果做计算机系统，可以 3 人一组。学期最后一周之前验收并提交实验报告。

### 12.1 音乐播放器

难度系数    ★  
工作量        ★★  
趣味性        ★★

利用 DE10-Standard 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。

**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

**可选扩展功能：**

- 利用波形存储的方法实现钢琴、长笛的乐器的音色（参考 MIDI sound-font），用不同乐器演奏同一乐谱。
- 能够记录键盘电子琴演奏的音乐，并重放该演奏片段。

## 12.2 模拟时钟

难度系数   ★★

工作量       ★★

趣味性       ★

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**

- 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。  
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）。
- 万年历、星期的设置。

## 12.3 复刻打字小游戏

难度系数   ★★

工作量       ★★

趣味性       ★★

请用 FPGA 实现 PA4 中的打字小游戏，即屏幕上随机产生一些字母，并以不同随机速度掉落。玩家需要按对应的键在字符掉落到屏幕底部之前消除字符，如图 12-1 所示。

**基本功能：**

- 只需实现界面中的字符部分。VGA 采用 60Hz 刷新率，分辨率和字符大小可与 PA4 不同
- 实现随机字符产生，字符掉落，按键消除字符功能和游戏逻辑

- 游戏信息提示，如“FPS”等字符，色彩与 PA4 一致。

✎ 思考：

- 如何实现字符的“平滑”下落？
- 用 FPGA 实现与用 NEMU 实现有什么相同的地方，有什么地方不同？

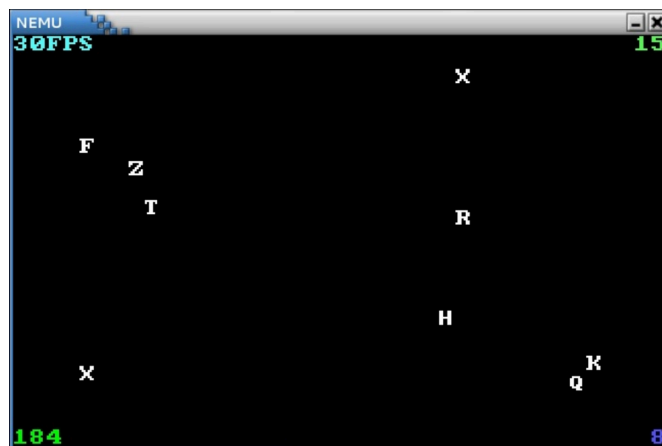


图 12-1: 打字小游戏界面

## 12.4 实时变声器

难度系数    ★★★  
工作量        ★★  
趣味性        ★★★

FPGA 可以实现一些有趣的信号处理功能。在本可选项目中，我们用 DE10-Standard 板上的音频输入输出功能，在 FPGA 上实时对人说话的音频信号进行变调后输出，这样别人就无法辨别说话人是谁了。同时，语调也会变得有“机器味”，非常有意思。事实上，部分机器人的语音输出也是用人声变调产生的。

基本功能：

- 通过麦克风插座实现录音功能，将输入信号数字化
- 在 FPGA 内部对录音结果进行信号处理，实现变调
  - 对信号进行分帧，每帧乘上海宁窗

- 进行快速傅里叶变换，将信号变换到频域
  - 将信号的低频部分在频域上搬移至高频
  - 对搬移后的信号进行逆傅里叶变换，得到变调的声音
  - 通过耳机输出变调后的语音
  - 处理时延需要在 50 毫秒内，使得人耳察觉不出声音是有延迟的
- 🔗 具体实现思路参阅附加文档。

## 12.5 简单计算机系统

难度系数   ★★★★  
工作量      ★★★★  
趣味性      ★★

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机系统，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 32 位，数据也为 32 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：**支持键盘输入。输出可以通过 VGA 显示实现，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写入 RAM。
- **基本功能：**能接收键盘输入命令并执行，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，支持单步调试等等。

🔗 具体实现思路参阅附加文档。

## 12.6 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。