

# 数字逻辑电路实验报告

## 第十三次实验：简易计算机系统

张铭方

161220169

16 级计算机系 5 班

161220169@smail.nju.edu.cn

许致明

161180162

16 级计算机系 5 班

161180162@smail.nju.edu.cn

2017 年 12 月 25 日

## 第一节 实验目的

本实验的目标是在 Nexys 4 开发板上实现一个简单的计算机系统，能够运行简单的指令，包括循环、整数计算、函数调用、递归等。这些指令使用 RISC 方式编写，存储在开发板的存储器（ROM）中。开发板的另一部分存储器（RAM）用来保存程序运行中所需的数据。此外，在完成后，开发板还具有一定的输出功能，程序输入通过向 ROM 中初始化相应的机器码实现。

## 第二节 实验原理

### 一 计算机系统简介

计算机系统主要由 CPU 和外部设备组成。CPU 是系统中最重要的一部分，它负责控制系统运行和信息处理。外部设备负责和外界进行交互，使得计算机的可以接受输入，产生相应的输出。本实验需要实现一个简化的计算机系统。下面对两种基本的系统结构做简要介绍。

第一种是冯·诺伊曼结构，这种结构被现代的大多数 CPU 所使用。在这种结构下，处理器使用同一个存储器，经过同一个总线传输，具有以下特点：

1. 结构上由运算器、控制器、存储器和输入/输出设备组成；
2. 存储器是按地址访问的，每个地址是唯一的；
3. 指令和数据都是以二进制形式存储的；
4. 指令按顺序执行，即一般指令按照存储顺序执行，程序的分支、循环由转移指令实现；
5. 以运算器为中心，在输入输出设备与控制器之间的数据传送都途径运算器。运算器、存储器、输入输出设备的操作以及它们之间的联系都由控制器集中控制。

第二种是哈佛结构，它使用两个独立的存储模块，分别存储指令和数据，并具有一条独立的地址总线和一条独立的数据总线，具有以下特点：

1. 每个存储块都不允许指令和数据并存，以便实现并行处理；
2. 利用公共地址总线访问两个存储模块（程序存储模块 ROM 和输出存储模块 RAM），公用数据总线则被用来完成程序存储模块或数据存储模块与 CPU 之间的数据传输；
3. 地址总线和数据总线由程序存储器和数据存储器分时共用。

数字信号处理一般需要较大的运算量和较高的运算速度，为了提高数据吞吐量，在数字信号处理中大多采用哈佛结构。本实验所构建的计算机系统就采用了哈佛结构。

## 二 RISC CPU 简介

### 2.2.1 RISC CPU 的基本特征

RISC, 即 Reduced Instruction Set Computer, 是精简指令集计算机的简称, 与它相对的是 CISC (Complex Instruction Set Computer)。RISC 架构主要具有以下特点:

1. 只包含一些使用频率较高的指令, 并用这些指令的组合来实现较为复杂指令的功能;
2. 指令长度固定, 指令格式、寻址方式比 CISC 少;
3. 只有加载、存储两条指令需要访问内存, 其他指令都是在寄存器和寄存器或寄存器和立即数之间进行操作;
4. CPU 中包含多个通用寄存器, 执行指令过程中的数据均暂存在寄存器中, 提高指令的执行速度;
5. 常常采用流水线技术, 这样大部分指令可以在一个时钟周期内完成。还可以采用超标量和超流水线技术, 使指令平均执行时间小于一个时钟周期;
6. 控制器采用组合逻辑的控制方式, 不使用微程序控制的方式。

CPU 是计算机中的核心部件。RISC 架构中的 CPU 进行信息处理时, 主要进行如下两个步骤:

1. 将数据和指令 (二进制串) 读入到计算机的存储器中;
2. 从第一条开始, 按顺序执行程序, 直至停机, 结束运行。

这一过程还可以用伪代码表示如下:

```
CPU-EXECUTE
1  while TRUE
2      FETCH instruction Instr[PC]
3      DECODE Instr[PC]
4      EXECUTE Instr[PC]
5      PC = PC + 1
```

为了实现这些操作, CPU 至少需要具有以下功能:

1. 取指令: 当程序已经在存储器 (ROM) 时, 首先根据程序入口地址取出一条指令。需要 CPU 能发出正确的地址信息和产生控制读取存储器的信号;
2. 指令译码: 这一操作即需要分析出此二进制串的意义, 获得它指示的操作内容, 并且产生相应的操作控制命令;

3. 执行指令：根据指令译码得到的结果，产生相应的操作控制信号序列，控制运算器、存储器、输入输出设备的动作，完成这条指令的功能。其中包含对运算结果的处理（如设置标志位）以及下一条指令的地址的形成（如根据跳转指令更改 PC 的值）

总而言之，CPU 做为计算机系统的核心，主要的任务就是取出指令，解释指令，然后根据得到的结果执行相应的指令。在这些过程中，可能涉及到存储器（例如内存、内部寄存器）的读取、写入，PC 内容更改（自增 1 或按条件跳转），以及和外部设备的数据交换（接收外设传来的输入信号，将输出信号发送给外设）。同时，CPU 也需要产生相应的控制信号，使得其他部件能正确的工作。