

数字电路实验 实验二报告

Leo

2024 年 3 月 12 日

1 实验内容

用逻辑门实现设计 2421BCD 码的检测电路：

- 1. 列出 2421BCD 码的真值表
- 2. 给出电路实现方案
- 3. 调试电路，实现当检测到有效码时，LED 灯不亮；当检测到无效码时，LED 灯亮起

2 实验器材

Pocketlab、电脑、导线若干、剥线钳、镊子、限流电阻一个、红色 LED 灯一个、7404 芯片一个、7400 芯片一个、7420 芯片一个。芯片的引脚图如下所示

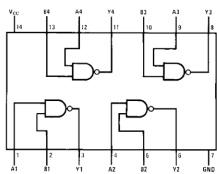


图 1: 7400

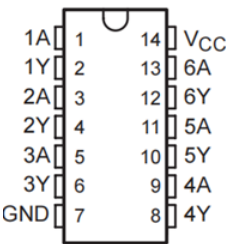


图 2: 7404

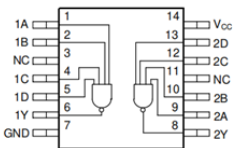


图 3: 7420

3 实验原理

题目要求识别 2421BCD 码中的伪码，若设输入变量为 A, B, C, D, 输出为 F, 并规定伪码输出为 1, 有效码输出为 0, 则可以列出如下真值表

表 1: 真值表

A	B	C	D	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1

对应真值表可以做出卡诺图

表 2: 卡诺图

AB \ CD	CD			
	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	1
11	0	0	0	0
10	1	1	0	1

写出逻辑函数的表达式

$$\begin{aligned}
 F &= \sum m(5, 6, 7, 8, 9, 10) \\
 &= AB'C' + AB'D' + A'BD + A'BC \\
 &= AB'(C' + D') + A'B(C + D) \\
 &= AB'(CD)' + A'B(C'D')'
 \end{aligned} \tag{1}$$

最后一行不是最简表达式，但是这样写可以尽可能多地使用与非门，节省不同种芯片的使用量。从表达式中可以看出，主要用到了非门和与非门，有一个或门，也可以用与非来代替。于是我们选用 7400（2 输入 4 与非门）、7404（6 非门）和 7420（4 输入 2 与非门）。

4 电路设计与实现

4.1 电路仿真图

在 Multisim 中连接好电路仿真图

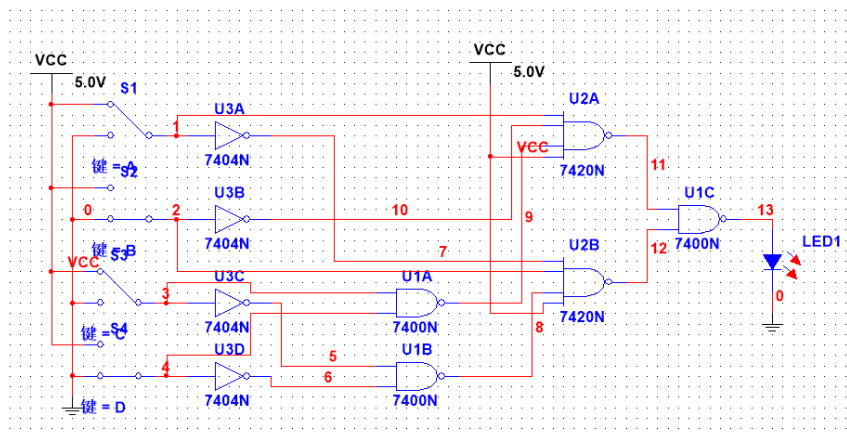


图 4: 电路仿真图 1

这里采用键控的方式，实现 ABCD 四个输入的变换。注意在四输入与非门处，由于实际输入的变量只有三个，所以剩下的一个输入端要接高电平，不影响门的输出。在 Multisim 中测试，显示设计结果正确。

4.2 电路实物图

按电路仿真图搭好实物电路图

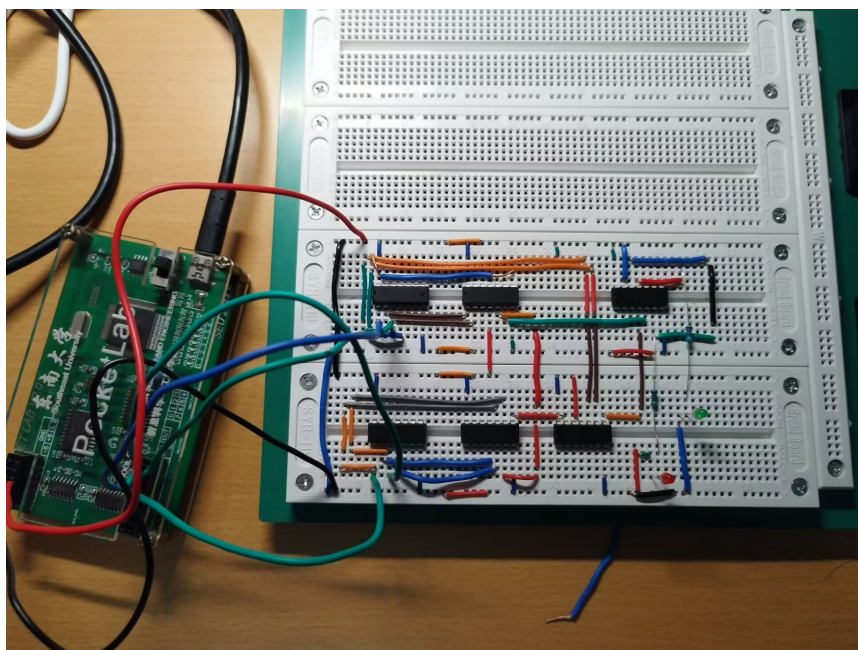


图 5: 实物电路引脚图

5 功能测试

对搭建好的实物电路进行测试，第一次测试时发现 LED 灯不亮，经检查是由于看错 pocketlab 输入高电平的引脚孔，将高电平线引到了 GND 区。

第二次测试发现，当输入为 1000,1001,1010 时，输出不对，对比真值表发现，即当 AB 输入为 10 时，输出全为 0。推测是由于 7420 芯片的 1A 端和 1B 端接法错误导致的。1A 端应该始终接在逻辑高电平上，第一版设计是将其接在同一芯片的 VCC 端；尝试将 1A 端单独拉出接在高电平上。1B 端第一版接法中有较长的引脚暴露且本身引脚较短，可能会接触不良；尝试换一根长线重新连接。

经过上述调整，所有逻辑输入都能产生正确的输出信号。如图是 Pocketlab 逻辑分析仪的部分实验截图

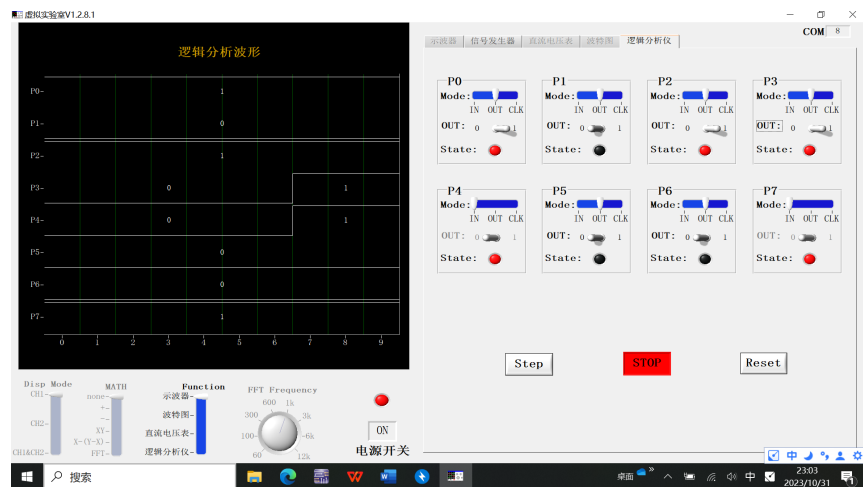


图 6: Pocketlab 界面截图 1

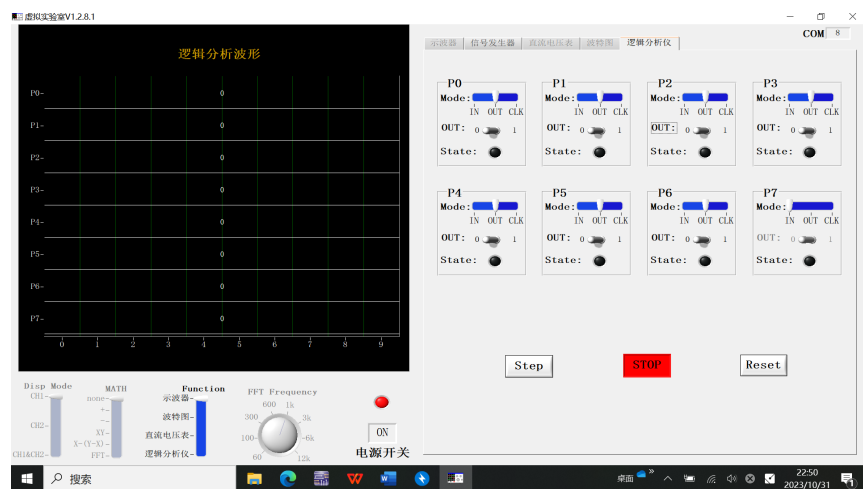


图 7: Pocketlab 界面截图 2

下面是实物电路图检验 2421BCD 码的图示

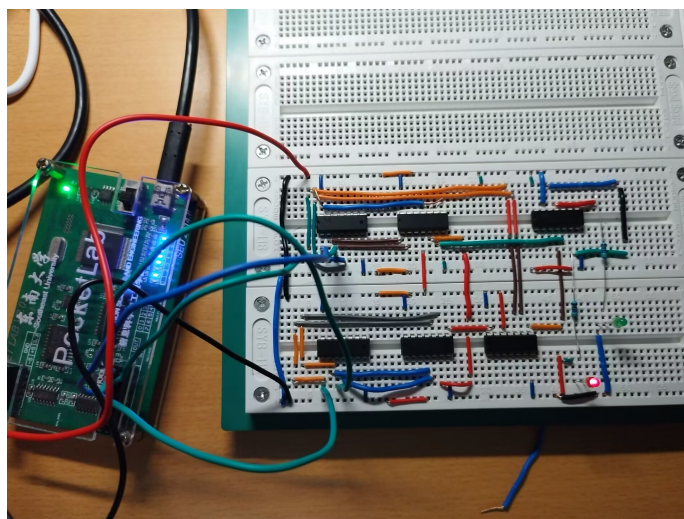


图 8: 检测到非法码

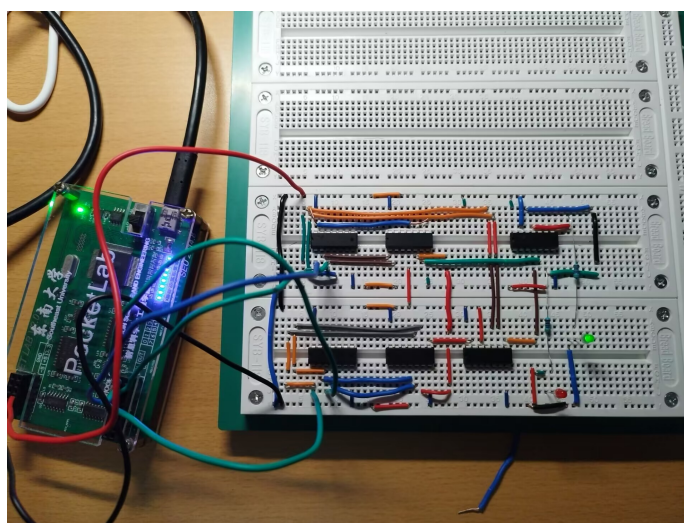


图 9: 检测到合法码

6 实验总结与反思

本次实验总体来说较为顺利，需求分析、逻辑表达、电路设计、仿真测试各个环节都没有遇到太大问题。但仍在以下几个方面有待提升

1. 走线规范性有待提升。出现了飞线和跳线，线与线之间的交叉也比较频繁；没有让线贴近面包板，看起来比较混乱。这一问题在笔者搭建的第二版电路中尤为严重，而且影响了后续的测试与错误排查，因此笔者选择重新布线，搭建了如图??的电路。
2. 对实验中遇到的反常之处没有从原理上完全弄懂，仅凭经验猜测可能出现的问题。这样的判断方式在以后处理较大规模电路时可能效率低下。
3. 出现了高电平线从 pockelab 地线区引出的低级错误。

补充思考：1. 笔者发现不同电路方案选择的芯片数量不同，对布线会造成很大影响。一般说来，芯片用的多，可以只取芯片的一侧引脚来使用，走线就可以减少；芯片用得少，为了充分利用芯片两侧的所有引脚，就不得不增加导线的数量。

2. 本实验要求用门电路实现 2421 码的检查，输出函数可以写成最小项的或，因此可以用最小项发生器来实现。比如 74151 数据选择器。通过对数据降维，可以用一片 74151 以及一个非门实现同样的功能，用线也更加节省。笔者实现了上述电路，并测试成功。如图是仿真电路图和实物电路图

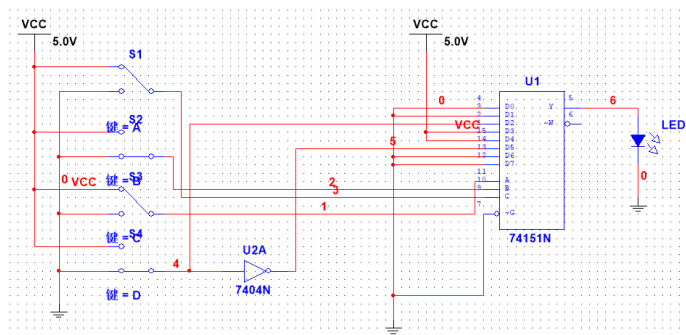


图 10: 电路仿真图 2

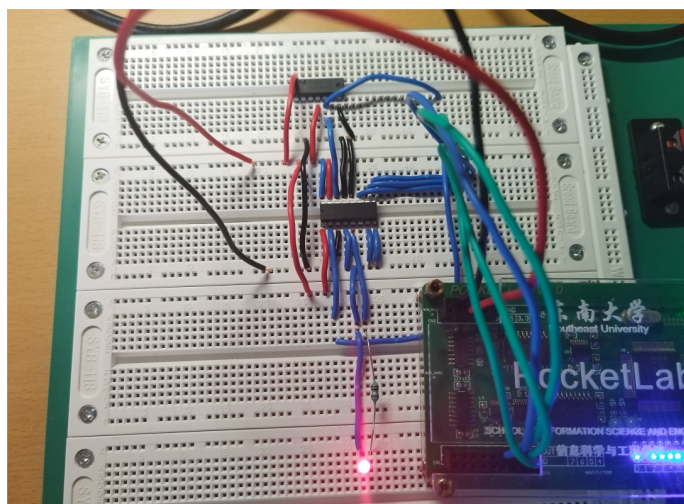


图 11: 用 74151 实现非法码的检验