

实验 4：ALU 设计实验

姓名：孙文博 学号：201830210

一、 实验目的

- 1、 掌握快速加法器 CLA 和先行进位逻辑 CLU 的设计方法。
- 2、 掌握 32 位先行进位加法器及相关标志位的实现方法。
- 3、 掌握 ALU 的设计方法，根据指令要求实现 6 种操作的 ALU 器件。

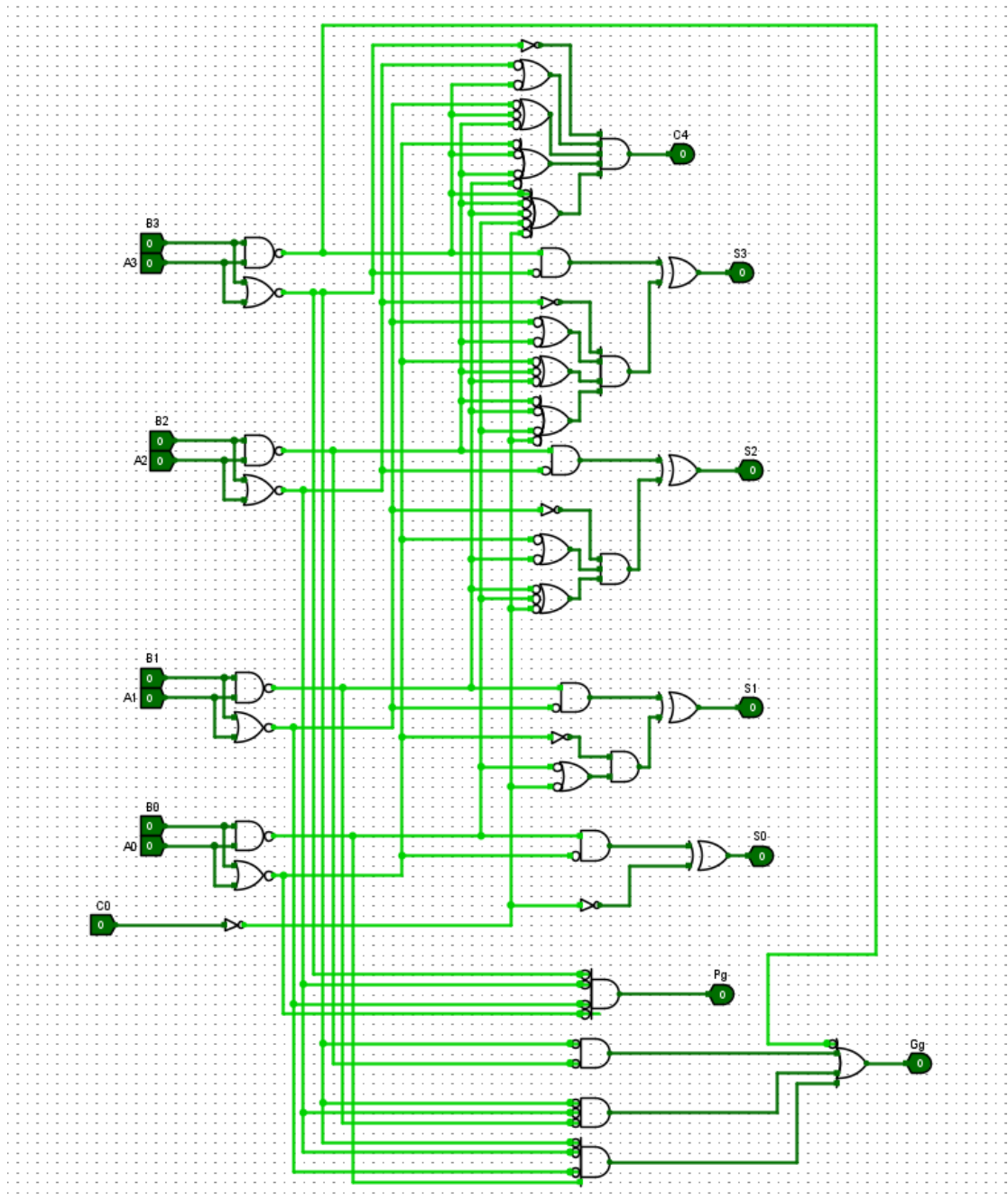
二、 实验环境

Logisim-ITA V2.16.1.0

三、 实验步骤

1. 实现并验证一个四位快速加法器 CLA。

根据给出的电路原理图构建加法器即可，电路图及仿真测试图如下：



2. 实现并验证 4 位先行进位逻辑单元 CLU。

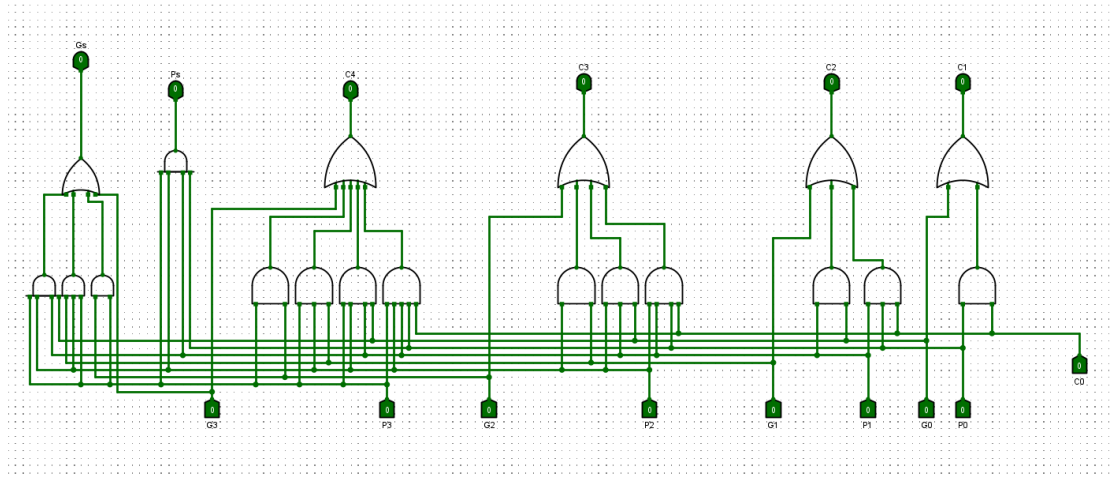
先行进位逻辑单元是通过提前计算出表达式中需要的 $X \cdot Y$ 和 $X + Y$ 的值以减少延迟的逻辑部件，按照给出的逻辑表达式选择合适的逻辑门构成电路图如下：

$$C_1 = G_0 + P_0 C_0$$

$$C_2 = G_1 + P_1 C_1 = G_1 + P_1 G_0 + P_1 P_0 C_0$$

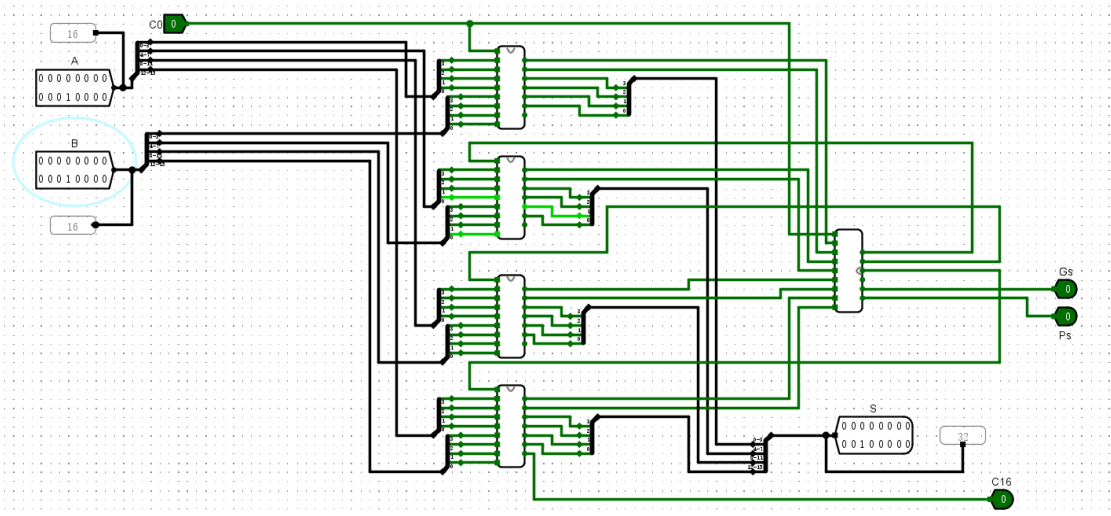
$$C_3 = G_2 + P_2 C_2 = G_2 + P_2 G_1 + P_2 P_1 G_0 + P_2 P_1 P_0 C_0$$

$$C_4 = G_3 + P_3 C_3 = G_3 + P_3 G_2 + P_3 P_2 G_1 + P_3 P_2 P_1 G_0 + P_3 P_2 P_1 P_0 C_0$$



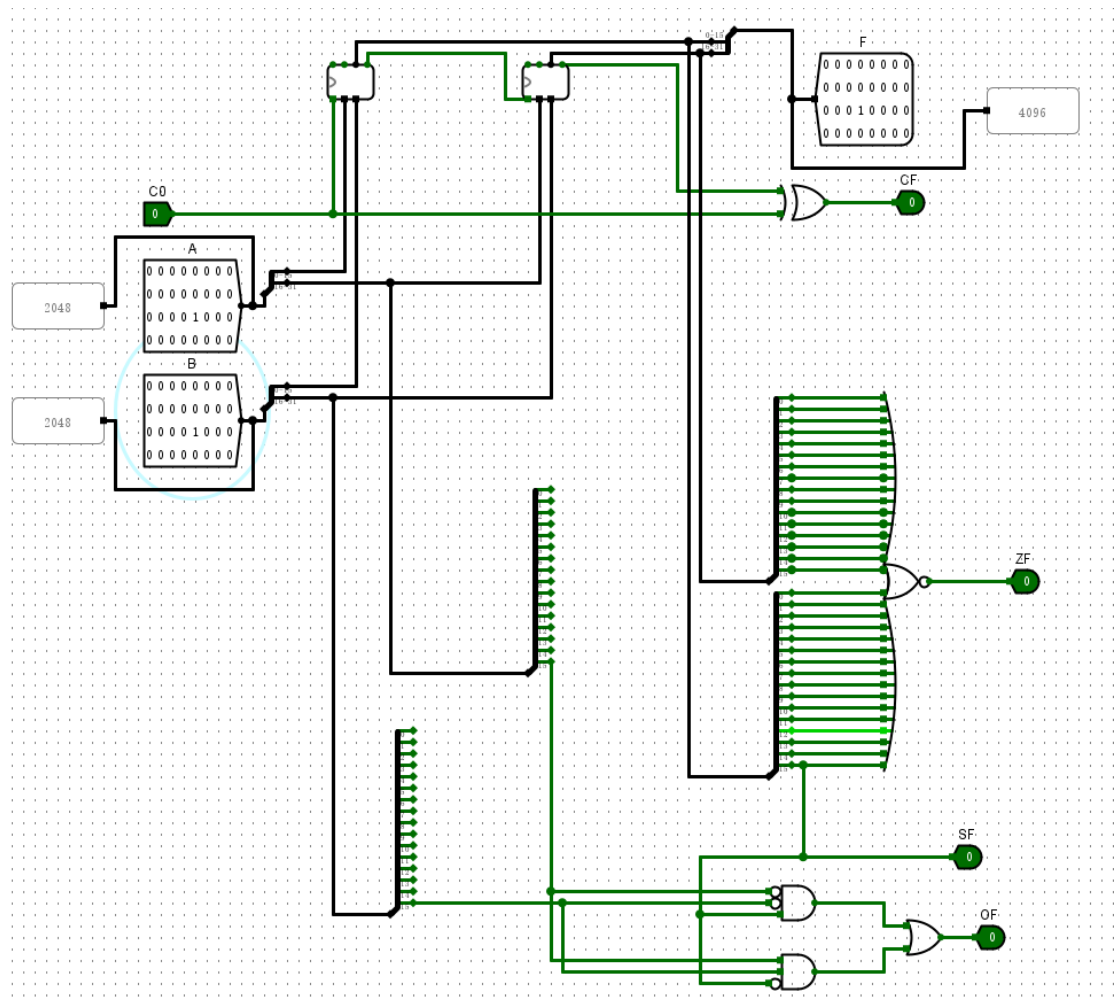
3. 设计并实现 16 位先行进位加法器。

利用四片 CLA 和一个 CLU 可构建简单的 16 位先行进位加法器，其中增加 G_g 和 P_g 输出端，满足 $G_g = g_3 + p_3 \cdot g_2 + p_3 \cdot p_2 \cdot g_1 + p_3 \cdot p_2 \cdot p_1 \cdot g_0$ ， $P_g = p_3 \cdot p_2 \cdot p_1 \cdot p_0$ 。电路图及仿真测试图如下：



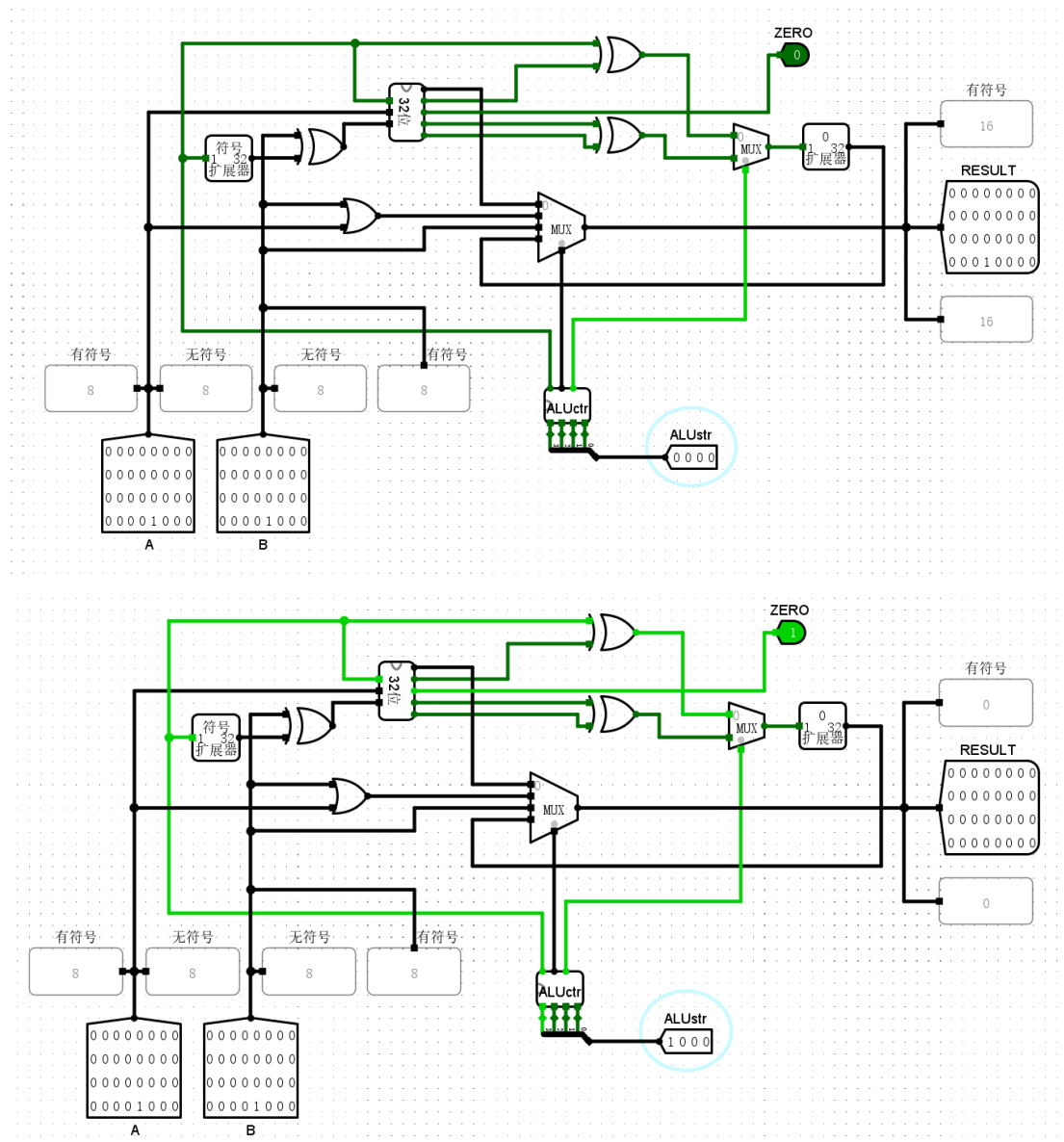
4. 使用两片 16 位先行进位加法器实现 32 位快速加法器。

根据给出的原理图及标志位生成图，通过两个 16 位加法器构成 32 位加法器，其中 CF、SF、OF、ZF 分别为标志位。电路图及仿真测试图如下：



5. 根据给出的原理图设计并验证一个支持 9 条指令 6 种操作的 32 位算术逻辑运算单元 ALU，运算包括 add,or,slt,sltu,srcB,sub。

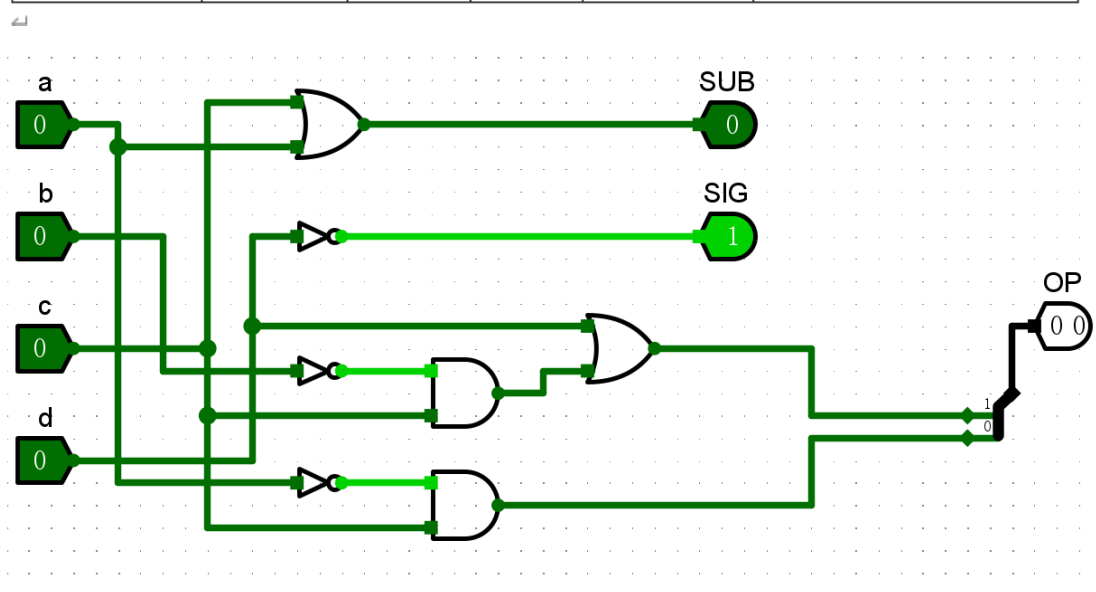
根据给出的原理图及引脚定义设计电路图如下：



其中 ALUctr 通过给出的编码方案设计：

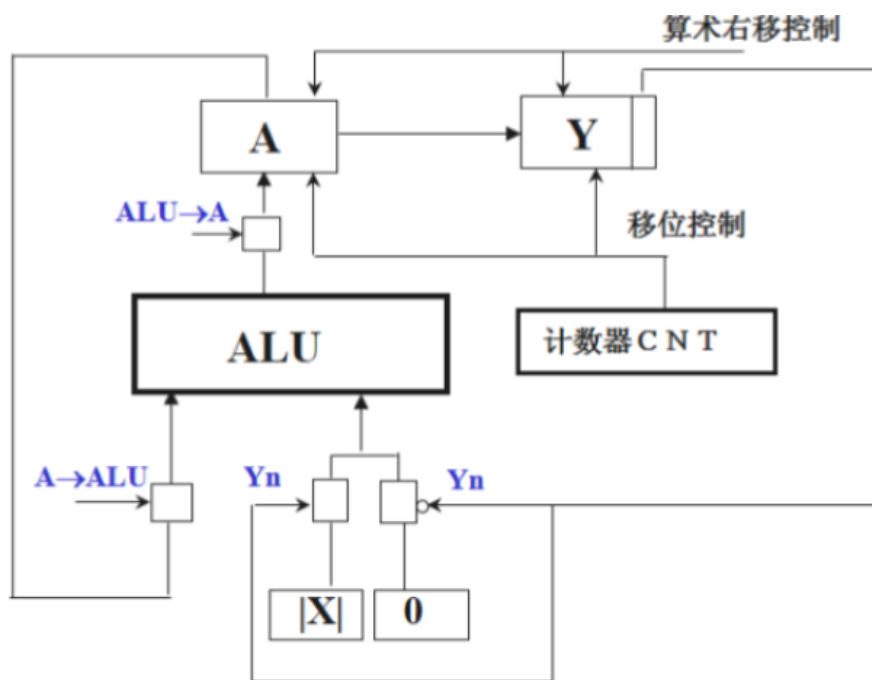
ALUctr 的一种四位编码方案

ALUctr<3:0>	操作类型	SUBctr	SIGctr	OPctr<1:0>	OPctr 的含义
0 0 0 0	add	0	×	0 0	选择加法器的结果输出
0 0 0 1	(未用)				
0 0 1 0	slt	1	1	1 1	选择小于置位结果输出
0 0 1 1	sltu	1	0	1 1	选择小于置位结果输出
0 1 0 0	(未用)				
0 1 0 1	(未用)				
0 1 1 0	or	×	×	0 1	选择“按位或”结果输出
0 1 1 1	(未用)				
1 0 0 0	sub	1	×	0 0	选择加法器的结果输出
其余	(未用)				
1 1 1 1	srcB	×	×	1 0	选择操作数 B 直接输出

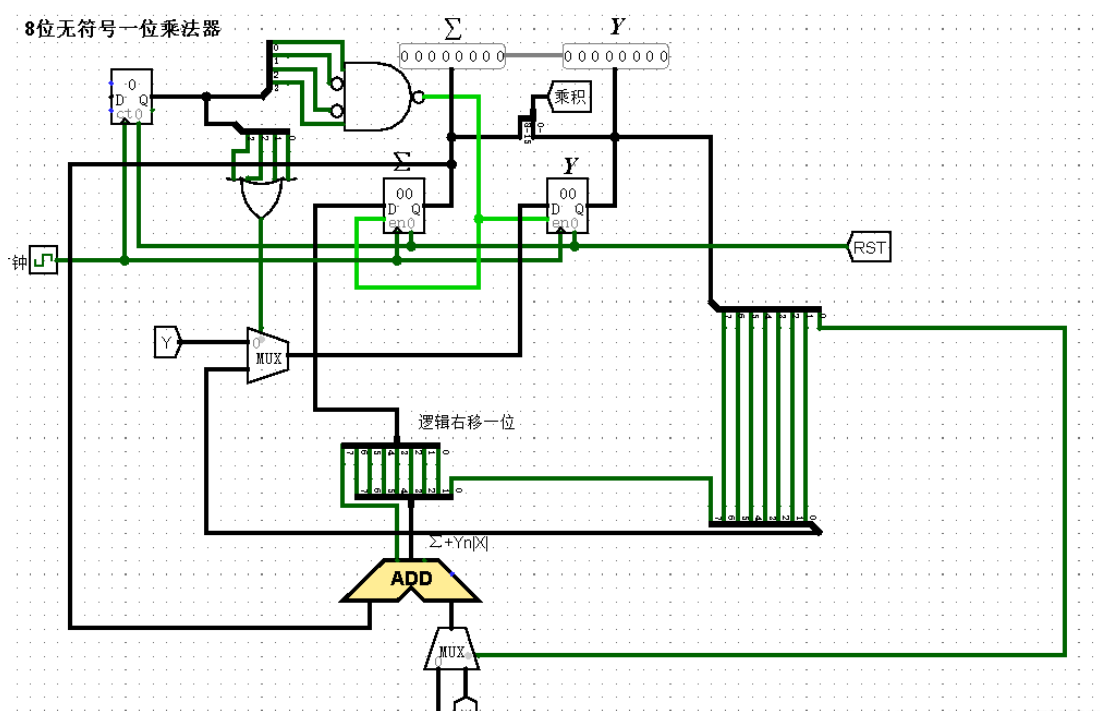


四、思考题

- 答：我们可以通过加法器实现乘法器，最简单的一位原码乘法器的设计图如下，循环次数由计数器 CNT 控制，每次移位，得出 Y_i 的值， $Y_i=0$ 时 $|X|$ 通道关闭，0 通道打开，A 通过 ALU 加 0，当 $Y_i=1$ 时，0 通道关闭， $|X|$ 通道打开，A 通过 ALU 加 $|X|$ ，之后 ALU 再把得出的结果赋给 A，依次循环这样的操作，最后所得的结果就在 A 中。



设计的电路图如下：



2. 答：首先需要修改电路中 ALUstr 子电路，使与运算功能和右移运算功能分别对应一个编码，如之前未用到的 0001 和 0100 等，之后在 ALU 主电路中加入对应的运算操作电路，再连入 ALUstr 控制的多路选择器中即可；
3. 答：可以通过临界数据测试如数字运算，取数据小值、大值（小数、0、负

数、边界值) 等验证是否运算正确。

五、 实验总结

本次实验要求从零开始设计算术逻辑部件 ALU，是对课本知识的巩固，弄清了很多课本学习时容易忽略的细节，比如 ALUstr 的设计等。