

第八次数电实验

郝裕玮

18329015

2019 级教务四班

一、实验目的

- 熟悉时序逻辑电路设计方法
- 熟悉 J-K 触发器的逻辑功能
- 掌握 J-K 触发器构成移位寄存器的设计方法
- 掌握器件：
 - (1) 74LS73: Dual JK Flip-Flop
 - (2) 74LS153: Dual 4-to-1 Data Selector/Multiplexer

二、实验原理

1. 使用 J-K 触发器实现右移寄存器

以右移寄存器为例，如下图 4-4 所示， Q_3 、 Q_2 、 Q_1 、 Q_0 依次作为移位寄存器从左到右的输出端，DSR 是右移数据输入端。

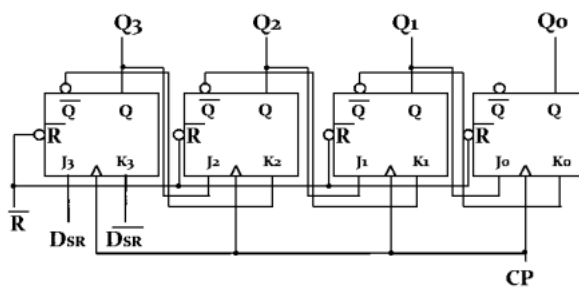


图 4-4 右移寄存器触发器电路结构

J-K 触发器第一级触发器（最左位） $J_3=DSR$ 、 $K_3=\overline{Q_3}$ ，第一级触发器的输出 Q_3 ，按 $J_2=Q_3$ 、 $K_2=\overline{Q_3}$ 接入下一级触发器。第三、四级触发器也按照第二级触发器接法。

当 DSR 是高电平时，第一级触发器置位。在下一个时钟下降沿到来后，第二级触发器置位。随着时钟下降沿的到来，第三级触发器、第四级触发器依次置位；当 DSR 是低电平时，第一级触发器清零。在下一个时钟下降沿到来后，第二级触发器清零。随着时钟下降沿的到

来，第三级触发器、第四级触发器依次清零。从而实现 DSR 的右移。

2. 使用 J-K 触发器实现双向移位寄存器

双向移位寄存器是指在控制信号作用下既可以左移又可以右移的寄存器。如下表 4-3 所示为双向移位寄存器的功能表。

表 4-3 双向移位寄存器功能表

\overline{Cr}	S_1	S_0	工作状态
0	X	X	清零
1	0	0	保持
1	0	1	右移
1	1	0	左移
1	1	1	并行送数

双向移位寄存器也可由串联的触发器添加适当的组合逻辑电路构成。通过将双向移位寄存器的功能表与实验 4.1 J-K 触发器功能表对比，可发现双向移位寄存器的清零和保持功能可直接用 J-K 触发器的清零端和保持功能直接实现，而双向移位寄存器的左移、右移以及并行送数功能则需要使用 J-K 触发器的清零和置数功能来实现。

以并行送数为例，如下图 4-5 所示，Q3、Q2、Q1、Q0 依次作为移位寄存器从左到右的输出端，D3、D2、D1、D0 是并行数据输入端。J-K 触发器每级触发器的 $J_3=J_2=J_1=J_0=D_n$ ， $K_3=K_2=K_1=K_0=\overline{D_n}$ ，则随着时钟的下降沿到来，输入数据 D_n 为高电平时，对应触发器的输出端 $Q_n=1$ ； D_n 为低电平时，对应的输出端 $Q_n=0$ ，从而实现将 D3、D2、D1、D0 并行送数至 Q3、Q2、Q1、Q0 端。

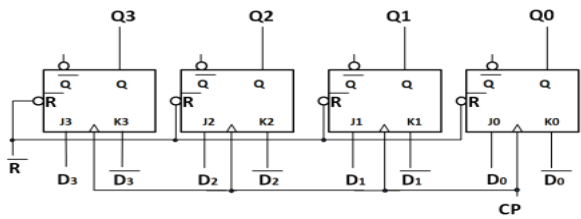


图 4-5 触发器实现并行送数功能的电路结构

对于双向移位寄存器保持，左移，右移，并行送数功能的切换，可将每一级 J-K 触发器

的 J 端和 K 端的接入信号通过四选一数据选择器（例如 74LS153 双四选一数据选择器）进行切换。如下图 4-6 所示，S1，S0 是四选一数据选择器的输出控制端，也是实现双向移位寄存器的功能切换控制端。

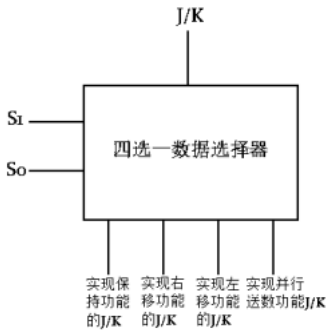


图 4-6 双向移位寄存器功能切换的实现

当 S1，S0 取不同的控制信号时，对应 J-K 触发器接入不同的输入信号，从而实现双向移位寄存器功能。

3. 汽车尾灯模拟电路

使用 J-K 触发器搭建的双向移位寄存器作为汽车尾灯控制器，并使用数字电路实验箱上 LED “-” 显示器（编号 P16-P13 以及 P11-P8）可模拟汽车的尾灯。

- (1) 汽车正常行驶时，所有尾灯都不亮。
- (2) 汽车左转向时，八盏灯依次向左点亮，如图 4-7 所示（黑点表示点亮的尾灯）。

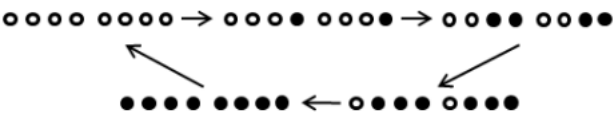


图 4-7 汽车左转向尾灯状态转换图

- (3) 汽车右转向时，八盏灯依次向右点亮，如图 4-8 所示（黑点表示点亮的尾灯）。

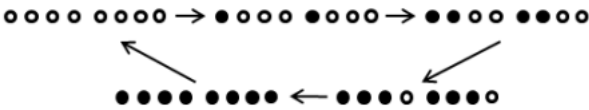


图 4-8 汽车右转向尾灯状态转换图

- (4) 汽车紧急停车时，所有尾灯点亮并闪烁，如图 4-9（黑点表示点亮的尾灯）。

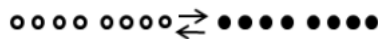


图 4-9 汽车紧急停车尾灯状态转换图

可以看出根据上述尾灯状态转换图中八盏灯（P16-P13 与 P11-P8）点亮的重复性，P16 和 P11，P15 和 P10，P14 和 P9，P13 和 P8 分别可接同一控制信号，即使用一个 4 位双向移位寄存器就可实现上述汽车尾灯功能。

三、实验内容与电路设计

- 使用 J-K 触发器设计一个汽车尾灯转向模拟电路。

- 当模拟开关 S0 置低电平时，汽车正常行驶，所有指示灯不亮；当模拟开关 S0 置高电平，S1 置高电平时，汽车左转向，则指示灯按照汽车左转向尾灯状态转换图顺序点亮；当模拟开关 S0 置高电平，S1 置低电平时，汽车右转向，则指示灯按照汽车右转向尾灯状态转换图顺序点亮。

由实验内容可知我们需要用 J-K 触发器和 74LS153 来共同模拟 4 位双向移位寄存器。所以我们应该用 4 个 J-K 触发器和两个 74LS153。根据 J-K 触发器的特性，我们只要控制 J 和 K 的输入即可。2

由题可得，当 S0S1 = 00 或 01 时，我们需要使所有指示灯不亮，因为初始状态就是所有指示灯不亮，所以我们只需要模拟 J-K 触发器的保持状态即可。操作为：把每个 J-K 触发器的输出接到自己的输入上。

当 S0S1 = 11 时，我们需要指示灯模拟 J-K 触发器的左移状态，操作为：把下一级输出接到自己的输入上。

当 S0S1 = 10 时，我们需要指示灯模拟 J-K 触发器的右移状态，操作为：把上一级输出接到自己的输入上。

首先将第一个（左边）74LS153 的 1Y 接第一个 J-K 触发器的 J，并将其反相接 K。再将第一个（左边）74LS153 的 2Y 接第二个 J-K 触发器的 J，并将其反相接 K。

再将第二个（右边）74LS153 的 1Y 接第三个 J-K 触发器的 J，并将其反相接 K。最后将第四个（右边）74LS153 的 2Y 接第四个 J-K 触发器的 J，并将其反相接 K。

同时我们令从左到右的四个 J-K 触发器的输出分别为 Q0，Q1，Q2，Q3，又因为 S0、S1 分别对应 A、B。

所以当 S0S1 = 00 或 01 时，第一个（左边）74LS153 的 1X0，1X2 均接 Q0；2X0，2X2 均接 Q1。第二个（右边）74LS153 的 1X0，1X2 均接 Q2；2X0，2X2 均接 Q3。

当 S0S1 = 11 时，第一个（左边）74LS153 的 1X3 接 Q1，2X3 接 Q2；第二个（右边）74LS153 的 1X3 接 Q3，2X3 接 $\overline{Q0}$ （为了形成循环计数）。

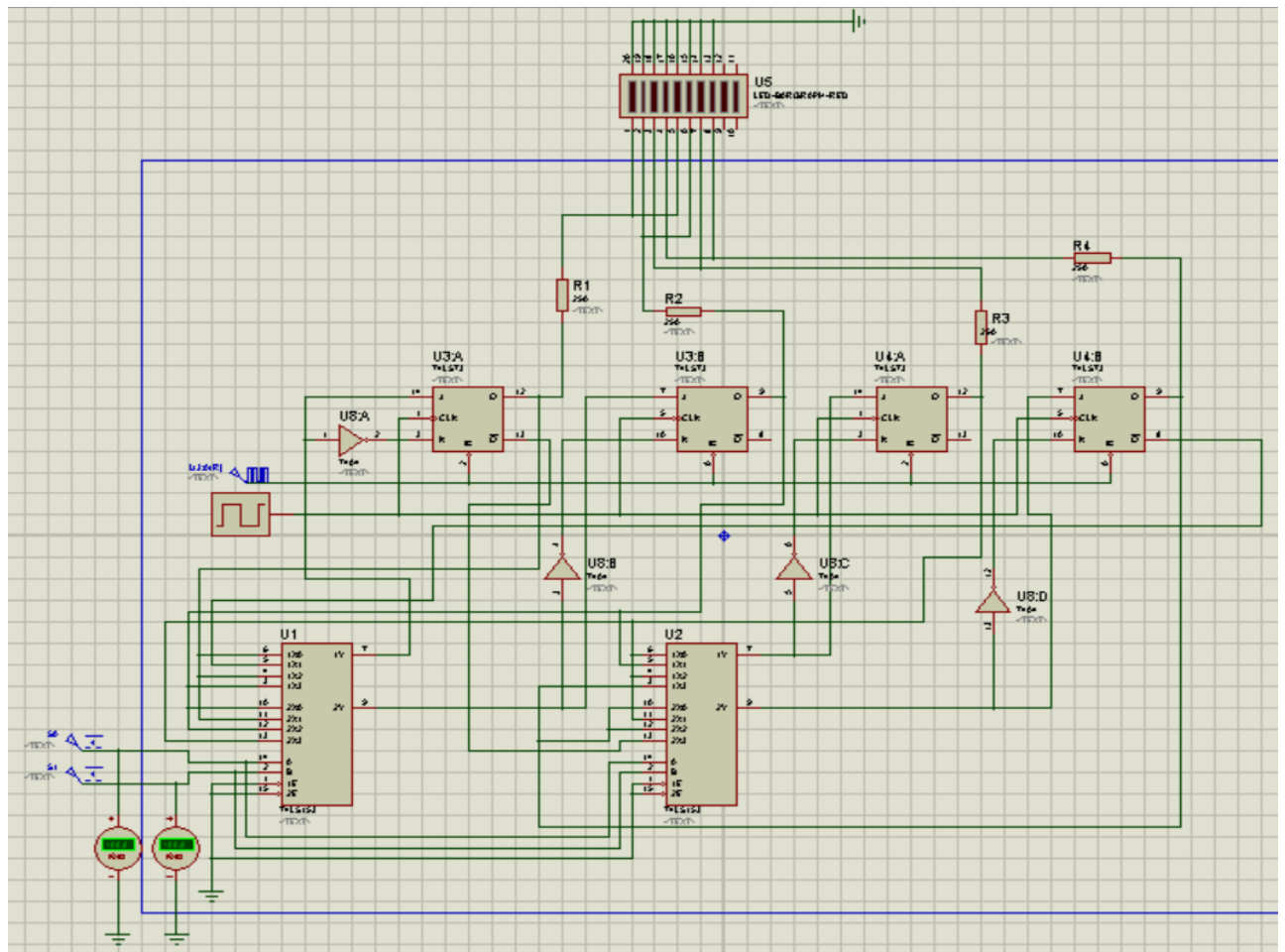
当 S0S1 = 10 时，第一个（左边）74LS153 的 1X1 接 $\overline{Q3}$ （为了形成循环计数），2X1 接 Q0；第二个（右边）74LS153 的 1X1 接 Q1，2X1 接 Q2。

因为我们模拟左转灯和右转灯时，每过 4 秒需要使所有灯全部熄灭，然后重新开始新的循环。所以对于每个 J-K 触发器的 R，我们不能简单的直接全部接高电平，我们应当给所有的 R 接上一个周期为 5s（占空比为 80%，即 4 秒高电平，1 秒低电平）的波形。这样可使得每过四秒就可以熄灭所有的灯。

在从 J-K 触发器的 Q 接到 LED 灯的过程中，我们不能直接连接二者（直接连接会导致 LED 灯的显示出现问题）。

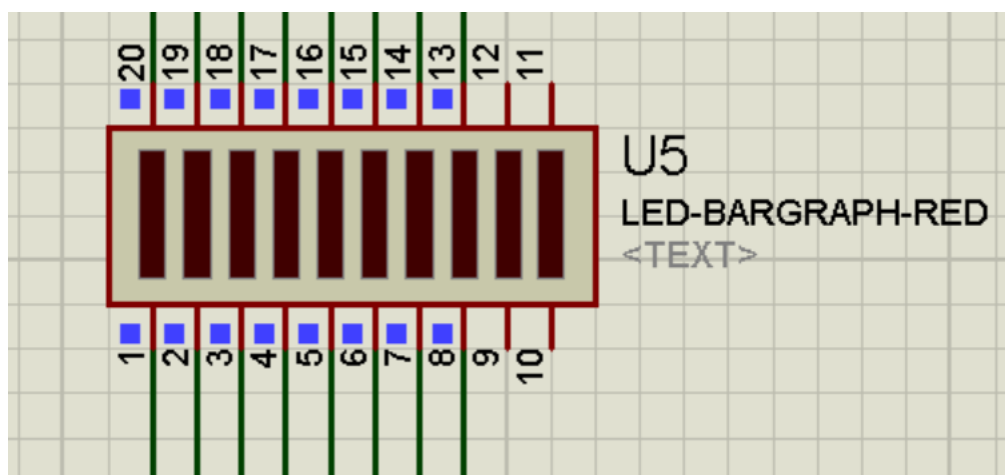
经查阅相关资料可知，LED 灯的工作电流为 20mA。又由电压表测量可知激励源的高电平为 5V，所以我们应该在这四个 J-K 触发器的输出 Q 接到 LED 灯的电路板上均串联一个 250 欧姆的电阻来限制电流，以保证 LED 灯能够正常工作。

综上所述，仿真电路图如下图所示：

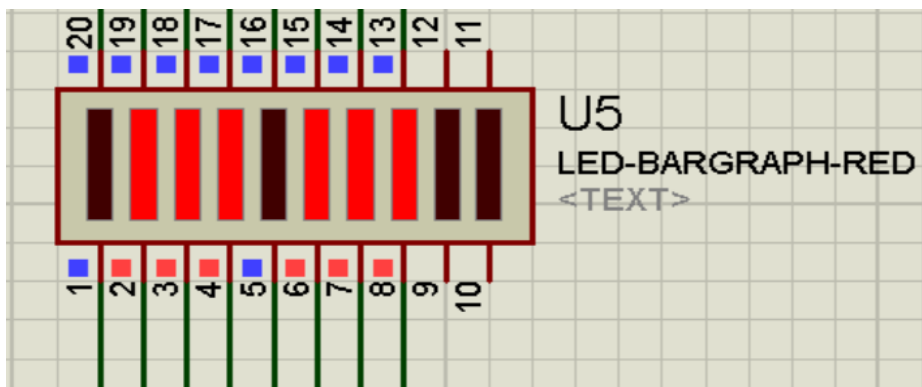
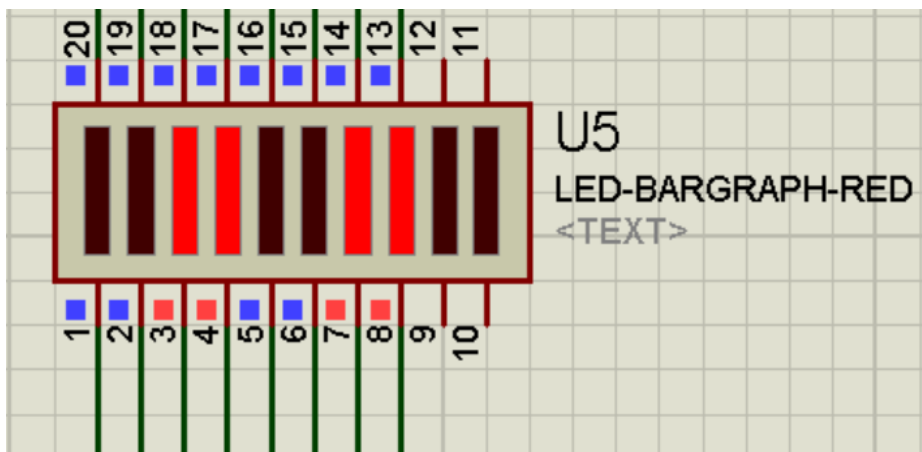
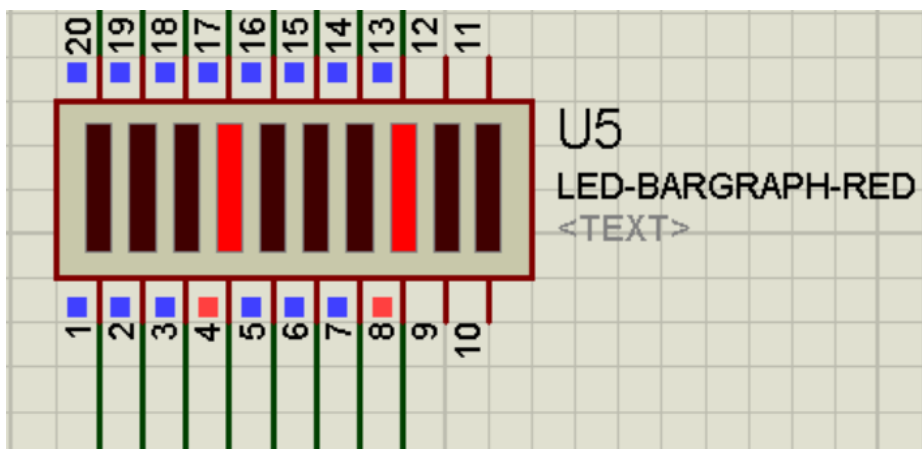
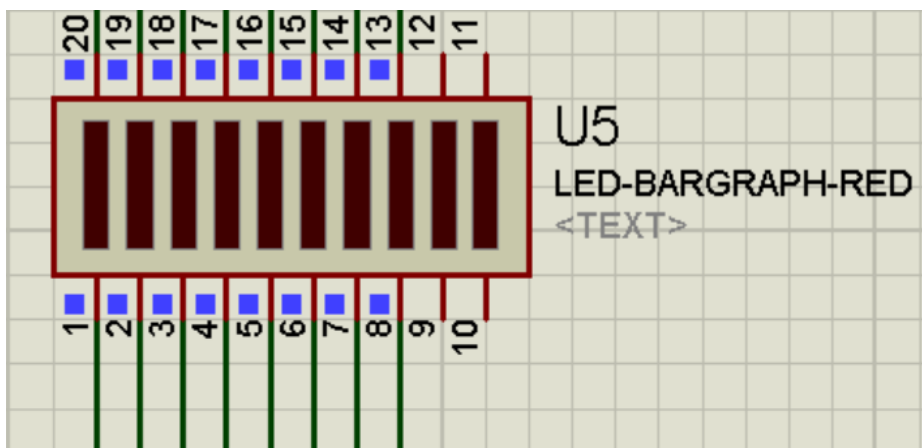


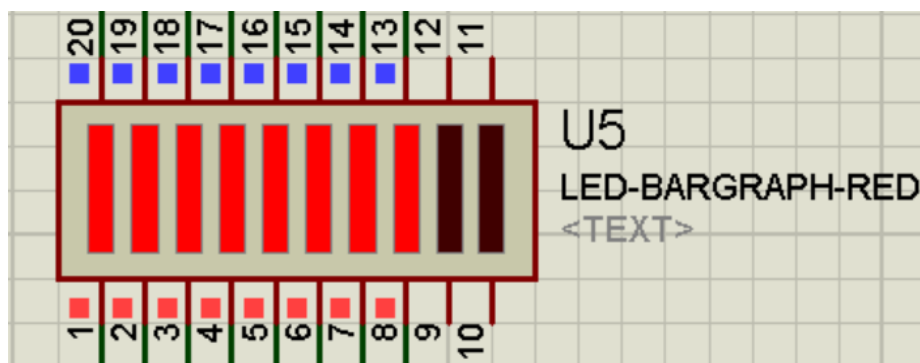
四、实验结果

(1) 当 S0S1 = 00 或 01 时，结果如下图所示：



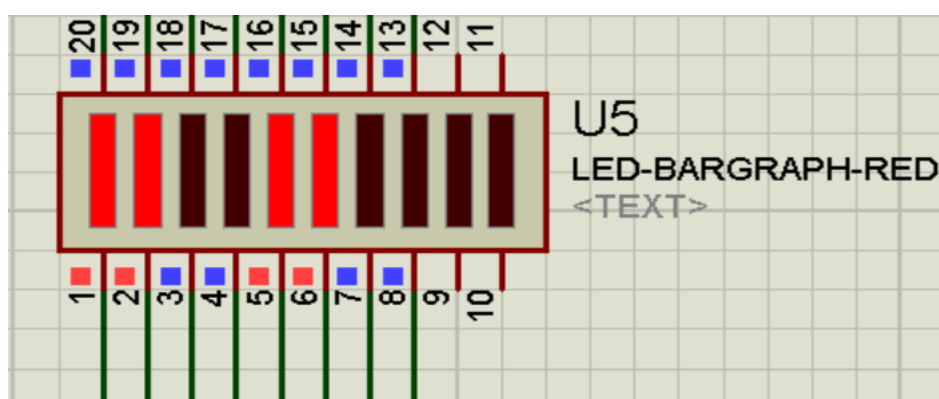
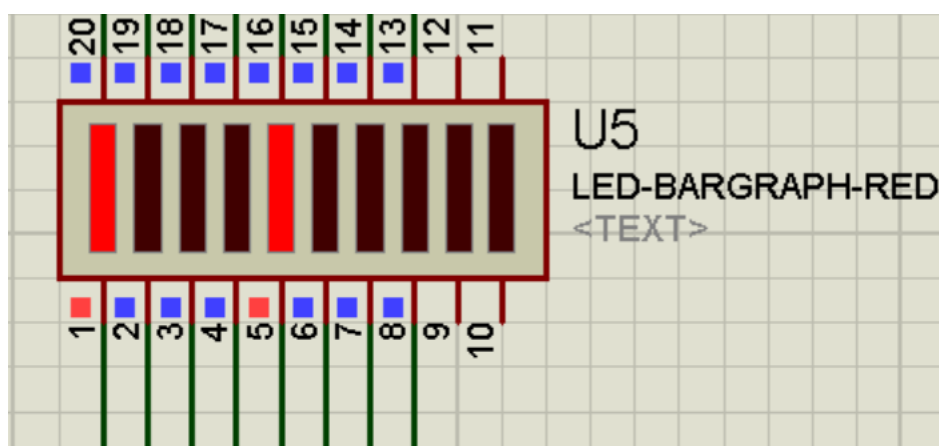
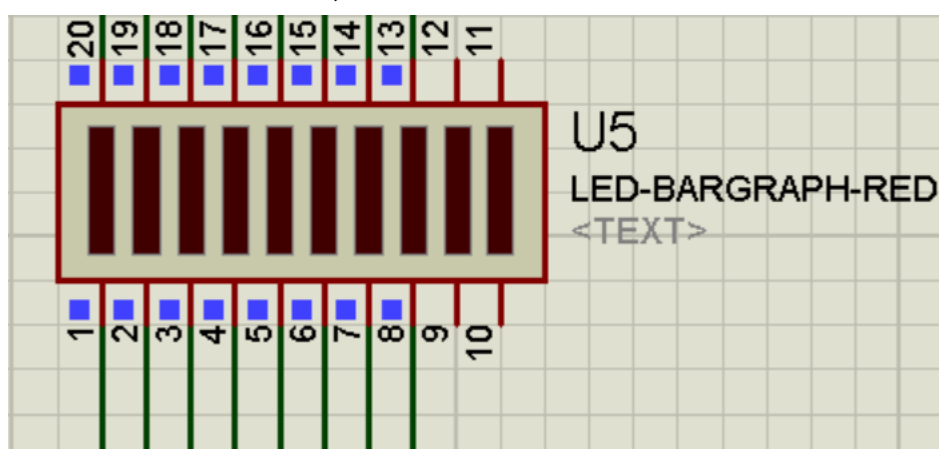
(2) 当 $SOS1 = 11$ 时, 结果如下图所示:

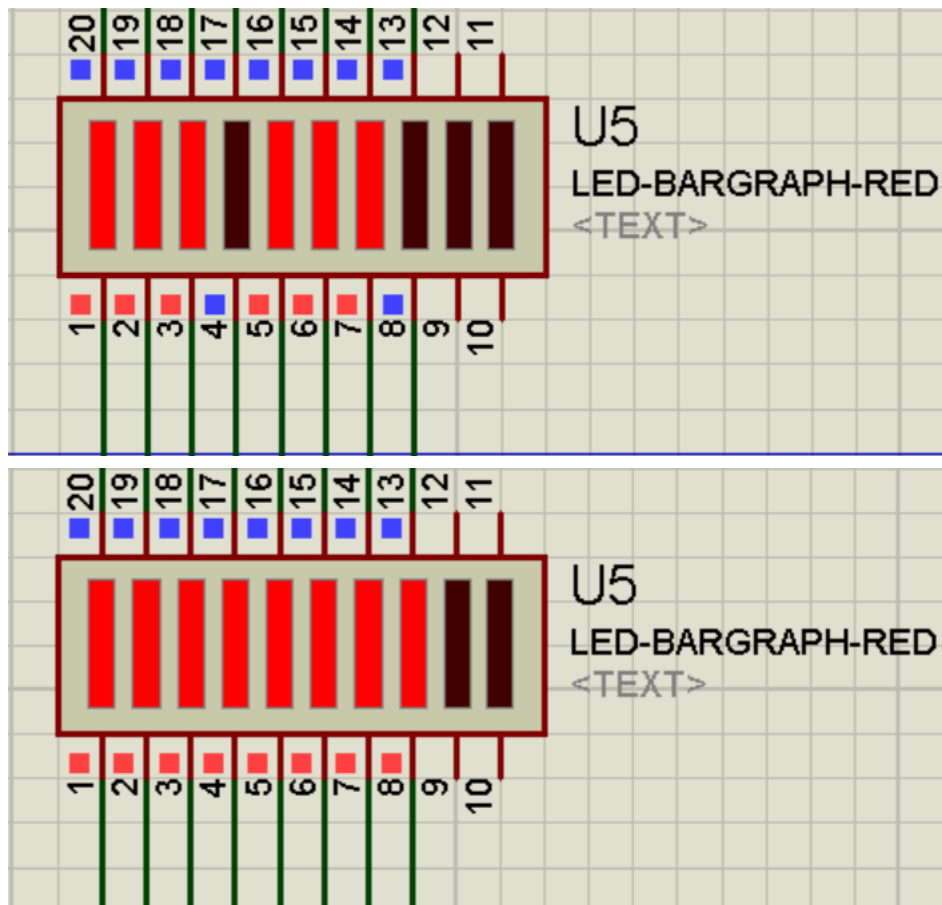




因为上图状态之后的灯全部熄灭的状态与第一张图的状态一致，所以无法用截图体现。老师可运行我的实验文件来验证实验结果是否正确。

(3) 当 $SOS1 = 10$ 时，结果如下图所示：





同理，因为上图状态之后的灯全部熄灭的状态与第一张图的状态一致，所以无法用截图体现。老师可运行我的实验文件来验证实验结果是否正确。

经过对比实验内容要求可知，电路仿真成功。

五、实验总结与心得

此次实验让我对 J-K 触发器的相关应用更加得心应手，并且懂得将其与数据选择器进行组合从而可以模拟某些常用芯片的功能。

同时我也对时序逻辑电路有了初步的认识，并且能够将其和组合逻辑电路进行区分和对比。

此次实验中也遇到了一些问题：比如一开始在 J-K 触发器的输出 Q 到 LED 灯显示器的输入的电路上没有串联电阻，导致显示结果不符合预期。一开始我以为是我的电路连接有误，但在反复检查和确认电路无误后，我才意识到是我没有串联电阻来限制电流导致的。在网上查阅过相关资料后，我了解到 LED 灯的工作电流为 20mA。又由电压表测量可知激励源的高电平为 5V。所以我在这四个 J-K 触发器的输出 Q 接到 LED 灯的电路上都串联了一个 250 欧姆的电阻来限制电流，再次仿真后发现 LED 灯的显示结果符合预期，顺利解决了这个问题。