

中山大学计算机学院

数字电路

本科生实验报告

(2022 学年春季学期)

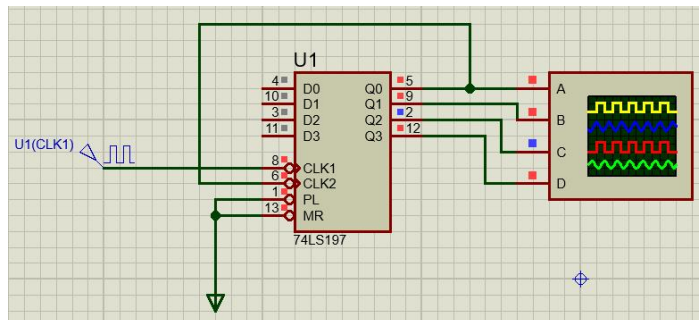
学号	21311359	姓名	何凯迪
实验一	计算机辅助电路仿真技术	实验二	数字逻辑实验环境入门

一、实验题目

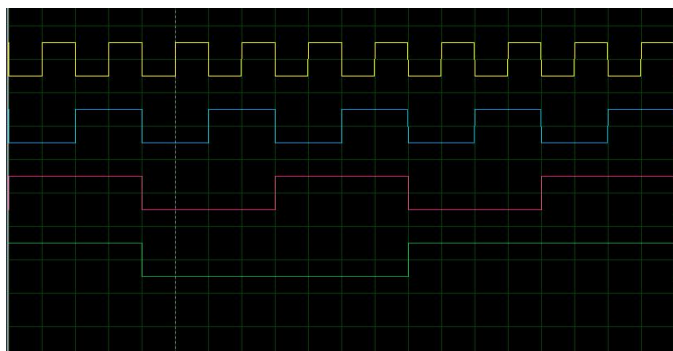
1. 熟悉 Proteus 软件，理解元件的作用与关系；
2. 用 Proteus 完成十六进制计数器的设计；
3. 用设计的十六进制计数器测试门电路芯片（74LS00、74LS08 、74LS20 和 74LS86）， 仿真结果与各芯片真值表对照并记录。

二、实验内容

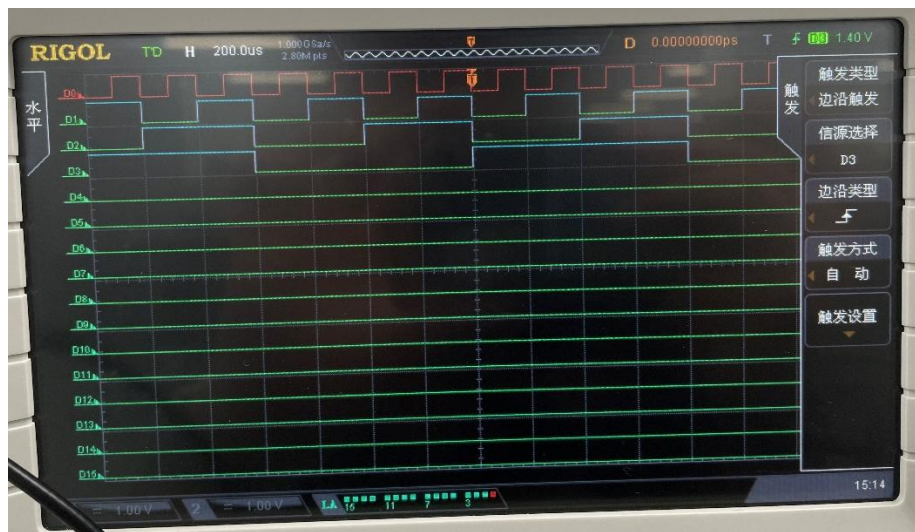
- 1、使用 Proteus 完成用 74LS197 构成十六进制计数器的设计；
- 仿真电路：



仿真波形：



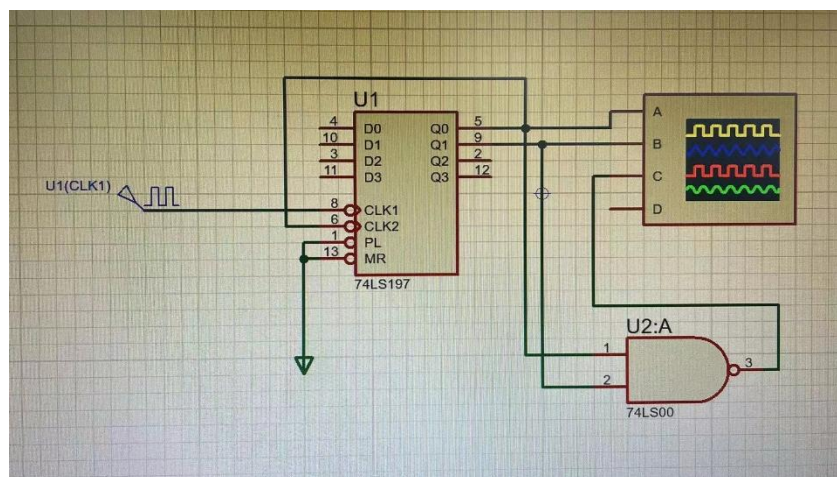
示波器波形：（实现了十六进制计数）



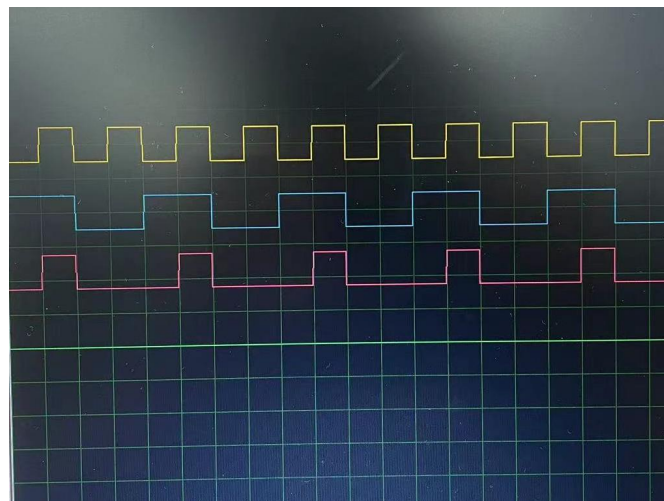
2、使用 Proteus 仿真软件静态测试和动态测试门电路芯片（74LS00、74LS08 、74LS20 和 74LS86）；

1、74LS00 动态测试：

仿真电路：



仿真波形：



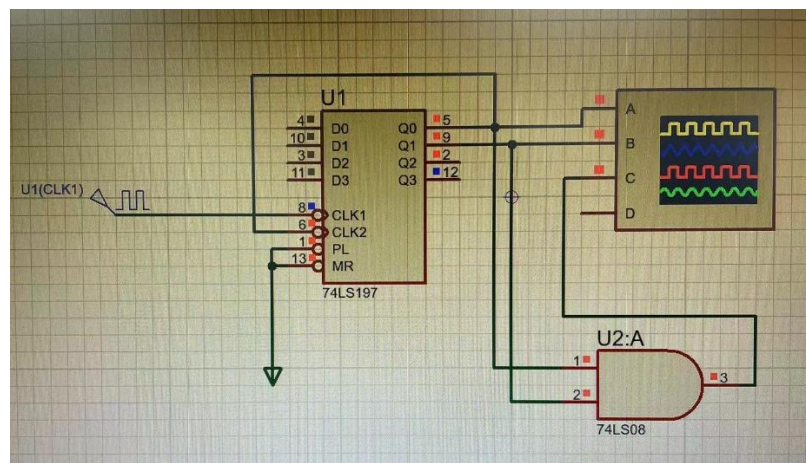
示波器波形：



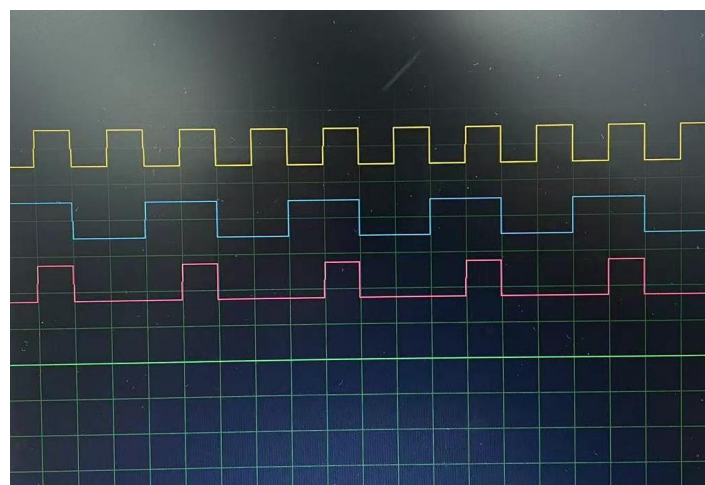
实验现象：一个输入为 HIGH，另一个为 HIGH 时，输出为 LOW
一个输入为 HIGH，另一个为 LOW 时，输出为 HIGH
一个输入为 LOW ，另一个为 LOW 时，输出为 HIGH

2、74LS08 动态测试：

仿真电路：



仿真波形：



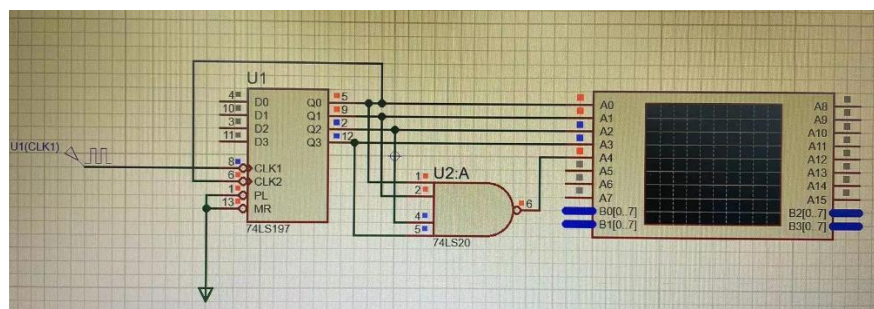
示波器波形：



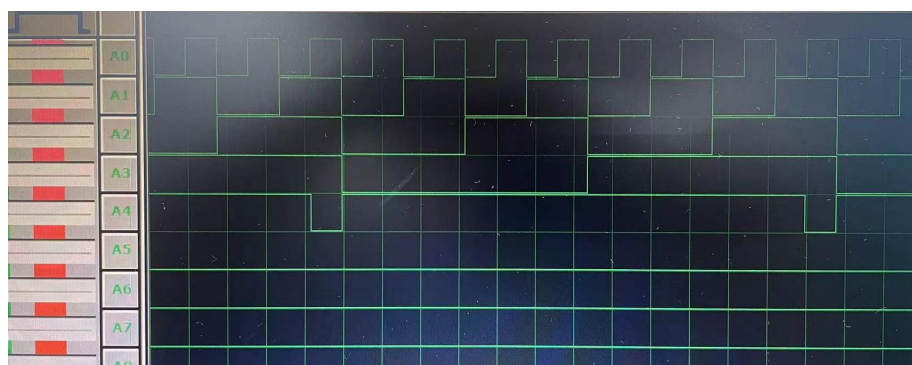
实验现象：一个输入为 HIGH，另一个为 HIGH 时，输出为 HIGH
一个输入为 HIGH，另一个为 LOW 时，输出为 LOW
一个输入为 LOW ，另一个为 LOW 时，输出为 LOW

3、74LS20 动态测试：

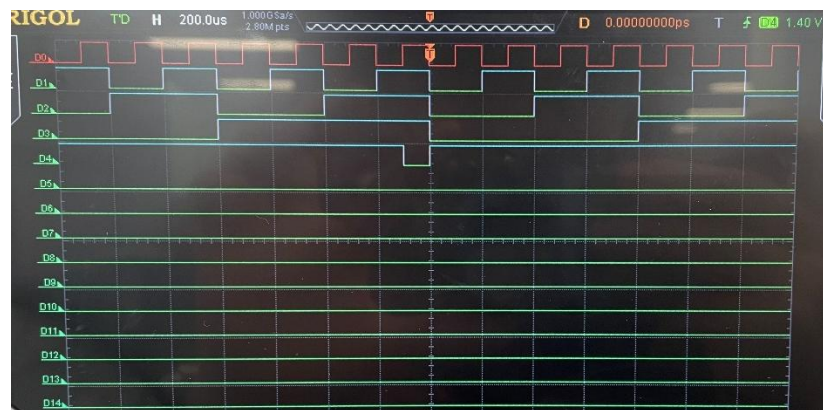
仿真电路：



仿真波形：



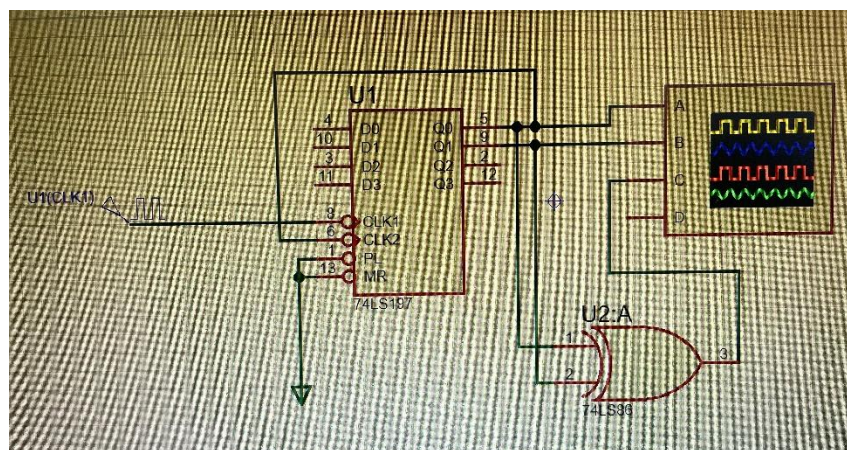
示波器波形:



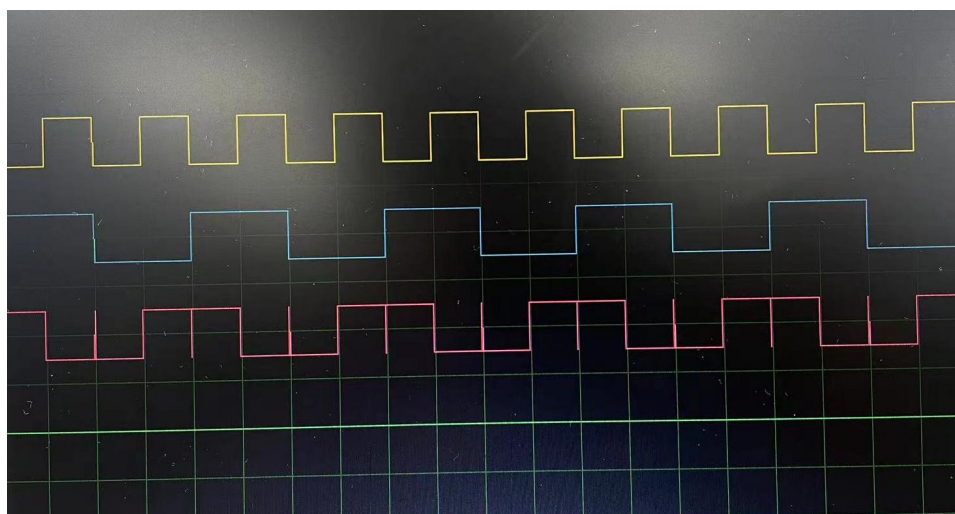
实验现象:0000→1;0001→1;0010→1;0011→1;0100→1;0101→1;
0110→1;0111→1;1000→1;1001→1;1010→1;1011→1;1100→1;
1101→1;1110→1;1111→0

4、74LS86 动态测试

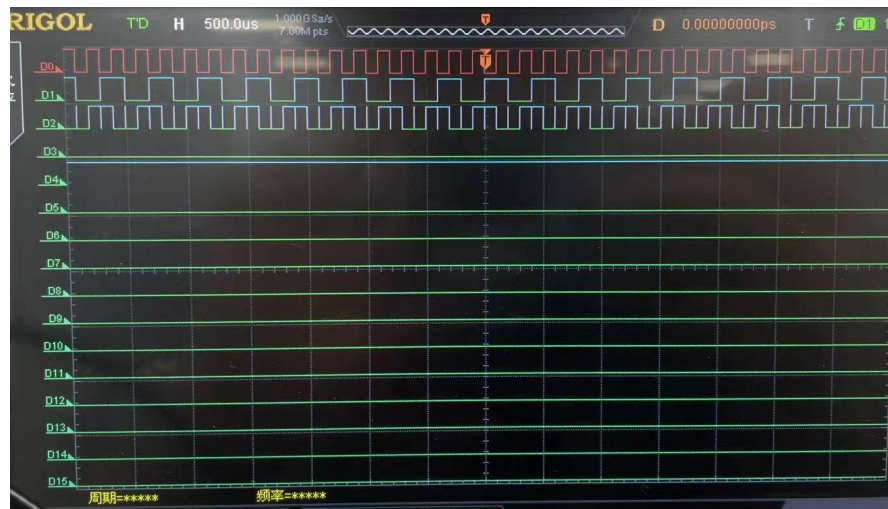
仿真电路:



仿真波形:



示波器波形：



实验现象：一个输入为 HIGH，另一个为 HIGH 时，输出为 LOW
一个输入为 HIGH，另一个为 LOW 时，输出为 HIGH
一个输入为 LOW ，另一个为 LOW 时，输出为 LOW

三、思考题

1. 预习实验内容，了解逻辑函数的几种常用表示方法；

真值表 (Truth Table)：真值表是逻辑函数的一种常见表示方法，它列出了所有可能的输入组合及其对应的输出。真值表直观地展示了逻辑函数的行为。

布尔表达式 (Boolean Expression)：布尔表达式使用逻辑运算符（如与、或、非）和变量来表示逻辑函数。布尔表达式使用变量和逻辑运算符的组合来描述逻辑函数的逻辑操作。例如，逻辑与可以表示为 $A \wedge B$ ，逻辑或可以表示为 $A \vee B$ 。

卡诺图 (Karnaugh Map)：卡诺图是一种图形化表示逻辑函数的方法，它通过将输入变量的所有可能状态绘制在一个方格图上，并使用方格来表示函数的输出。卡诺图使得逻辑函数的简化和最小化变得更加直观和容易。

逻辑门电路 (Logic Gate Circuit)：逻辑门电路使用逻辑门（如与门、或门、非门）和输入变量来表示逻辑函数。逻辑门电路通过组合逻辑门的输入和输出来实现特定的逻辑功能。例如，逻辑与门可以将两个输入变量连接在一起，输出结果仅在两个输入变量同时为真时为真。

2. 逻辑代数的基本运算有哪些？分别代表什么含义？逻辑代数与普通代数的区别是什么？

逻辑代数的基本运算包括以下几种：

与 (AND)：用符号 \wedge 表示，表示两个命题同时为真时，结果为真；否则结果为假。与运算在逻辑代数中类似于普通代数中的乘法运算。

或 (OR)：用符号 \vee 表示，表示两个命题至少有一个为真时，结果为真；否则结果为假。或运算在逻辑代数中类似于普通代数中的加法运算。

非 (NOT)：用符号 \neg 或 \sim 表示，表示对一个命题的否定。非运算在逻辑代数中类似于普通代数中的取反操作。

异或 (XOR)：用符号 \oplus 表示，表示两个命题只有一个为真时，结果为真；否则结果为假。异或运算在逻辑代数中是一种特殊的运算，与普通代数中的运算没有直接对应关系。

逻辑代数与普通代数的主要区别在于它们的操作对象和运算规则不同：

普通代数的操作对象是数值，通过基本的运算符（如加、减、乘、除）进行数值运算。而逻辑代数的操作对象是命题，通过逻辑运算符进行命题之间的逻辑运算。

在普通代数中，运算符遵循一些数学定律，如交换律、结合律、分配律等。而在逻辑代数中，运算符遵循逻辑定律，如德摩根定律、吸收律等。这些定律对于逻辑函数的化简和分析非常重要。

在普通代数中，数值通常具有连续性，可以进行无限精度的计算。而在逻辑代数中，命题的结果只有真 (True) 和假 (False) 两种取值，逻辑运算的结果也是布尔值。

2. 数字电路中的二进制数码 0 和 1 分别代表什么含义？

数字电路中的二进制数码 0 代表低电平 (Low Level)，通常表示为逻辑 0 或假 (False)。低电平指的是电信号的电压水平较低，通常被解释为非激活状态或逻辑上的零值。

二进制数码 1 代表高电平 (High Level)，通常表示为逻辑 1 或真 (True)。高电平指的是电信号的电压水平较高，通常被解释为激活状态或逻辑上的非零值。

3. 二进制、八进制、十进制、十六进制数码有什么区别？举例说明不同数制之间的转换方法。

区别：

基数 (Radix)：二进制是基数为 2 的数制，八进制是基数为 8 的数制，十进制是基数为 10 的数制，十六进制是基数为 16 的数制。基数指定了一个数制中可用的数字数量。

数字表示：二进制中只使用 0 和 1 表示数字，八进制中使用 0-7 表示数字，十进制中使用 0-9 表示数字，十六进制中使用 0-9 和 A-F（或小写字母 a-f）表示数字，其中 A-F 表示 10-15。

位权 (Positional Value)：在十进制中，每个数字的位权是基数的幂次。例如，十进制数 123 的位权分别为 100、10 和 1。在二进制、八进制和十六进制中，每个数字的位权也是基数的幂次，分别为 2 的幂次、8 的幂次和 16 的幂次。

转换方法示例：

二进制到十进制的转换：例如，二进制数 1011 转换为十进制，可以使用加权求和的方法： $(1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 11$ 。

十进制到二进制的转换：例如，十进制数 25 转换为二进制，可以使用除以 2 取余的方法： $25 / 2 = 12$ 余 1， $12 / 2 = 6$ 余 0， $6 / 2 = 3$ 余 0， $3 / 2 = 1$ 余 1， $1 / 2 = 0$ 余 1。逆序连接余数得到二进制数，即 25 的二进制表示为 11001。

十进制到八进制的转换：例如，十进制数 59 转换为八进制，可以使用除以 8 取余的方法： $59 / 8 = 7$ 余 3， $7 / 8 = 0$ 余 7。逆序连接余数得到八进制数，即 59 的八进制表示为 73。

十六进制到二进制的转换：例如，十六进制数 2A 转换为二进制，可以将每个十六进制位数分别转换为 4 位二进制数：2A 的二进制表示为 0010 1010。

4. 74LS197 计数时是对什么进行计数，为什么将二进制计数器的输出接入八进制计数器的时钟就可以形成十六进制计数器？

将二进制计数器的输出接入八进制计数器的时钟（或称为时钟输入），可以形成十六进制计数器的原因是十六进制是八进制的一种扩展。在八进制计数器中，每个计数阶段表示 3 个二进制位（000 至 111），而在十六进制计数器中，每个计数阶段表示 4 个二进制位（0000 至 1111）。

通过将二进制计数器的输出接入八进制计数器的时钟，可以使得八进制计数器的计数频率是二进制计数器的 1/8，因为八进制计数器每 8 个时钟脉冲计数一次。同时，由于十六进制是八进制的扩展，每个八进制计数阶段对应两个十六进制位，因此可以通过接入八进制计数器的时钟来实现十六进制计数器的功能。

四、报告总结

1. 学习了 proteus 的基本用法，并设计了十六进制计数器，测量了部分门电路的真值表。

2. 明确了逻辑代数的几种基本的运算：

- | | |
|-----------------------|---|
| (1) 与（74LS08） | $00 \rightarrow 0; 01/10 \rightarrow 0; 11 \rightarrow 1$ |
| (2) 与非（74LS00/74LS20） | $00 \rightarrow 1; 01/10 \rightarrow 1; 11 \rightarrow 0$ |
| (3) 异或（74LS86） | $00 \rightarrow 0; 01/10 \rightarrow 1; 11 \rightarrow 0$ |

3. 示波器数字通道和模拟通道的区别：

数字通道：把输入信号转化为二进制 0/1 输出

模拟通道：把输入信号显示为波形的形状

4. 静态调试一般是指在不加输入信号，或只加固定的电平信号的条件下所进行的直流测试动态调试是在静态调试的基础上进行的，在电路的输入端加入合适的信号，按信号的流向，顺序检测各测试点的输出信号

5. 波形图中出现毛刺的现象是由于延迟产生的竞争冒险所导致的。

一、实验内容

1. 将实验箱上 74LS197 接成十六进制计数器。
2. 参考实验原理部分提供的方法，对实验箱上门电路（74LS08 、74LS20 和 74LS86 等）进行静态测试填写真值表，动态测试截图记录输入、输出波形，验证门电路逻辑

示波器波形：（实现了十六进制计数）



74LS00:

示波器波形：



实验现象：一个输入为 HIGH，另一个为 HIGH 时，输出为 LOW
一个输入为 HIGH，另一个为 LOW 时，输出为 HIGH
一个输入为 LOW ，另一个为 LOW 时，输出为 HIGH

74LS08:

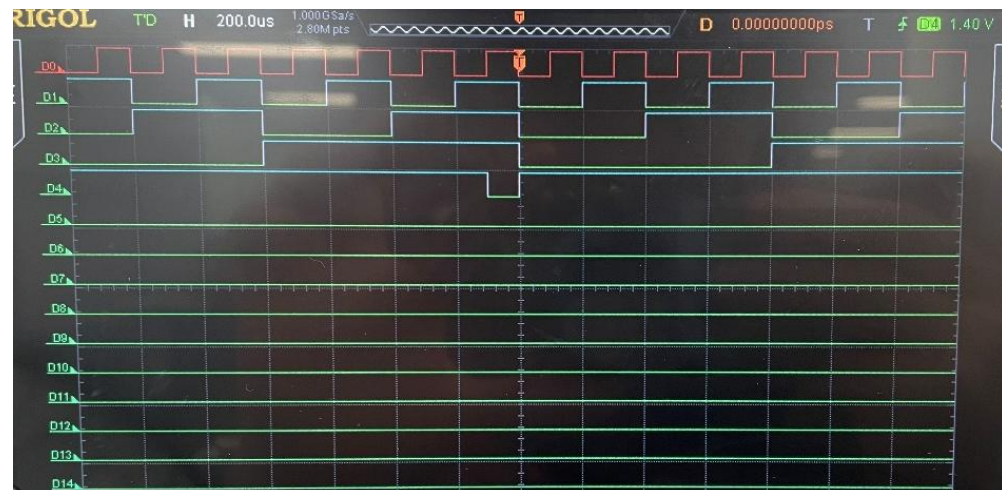
示波器波形:



实验现象: 一个输入为 HIGH, 另一个为 HIGH 时, 输出为 HIGH
一个输入为 HIGH, 另一个为 LOW 时, 输出为 LOW
一个输入为 LOW , 另一个为 LOW 时, 输出为 LOW

74LS20:

示波器波形:



实验现象: 0000→1; 0001→1; 0010→1; 0011→1; 0100→1; 0101→1;
0110→1; 0111→1; 1000→1; 1001→1; 1010→1; 1011→1; 1100→1;
1101→1; 1110→1; 1111→0

74LS86:

示波器波形:



实验现象：一个输入为 HIGH，另一个为 HIGH 时，输出为 LOW
一个输入为 HIGH，另一个为 LOW 时，输出为 HIGH
一个输入为 LOW ，另一个为 LOW 时，输出为 LOW

二、思考题

1. 使用万用表分别测量实验箱上的高低电平的电压值，分析其电压值与逻辑电平值的关联。

高电平（逻辑 1）：在数字电路中，高电平通常指的是电压值接近于正电源电压（例如 5V 或 3.3V，具体取决于电路设计）的状态。当使用万用表测量实验箱上的高电平时，它将显示接近于正电源电压的数值，比如接近 5V 或 3.3V。

低电平（逻辑 0）：低电平通常指的是电压值接近于地（GND）电压的状态。当使用万用表测量实验箱上的低电平时，它将显示接近于地电压（通常是 0V）的数值。

3. 示波器的数字通道和模拟通道有什么区别？

信号类型：数字通道主要用于测量和显示数字信号，如逻辑高低电平、数字协议（如 SPI、I2C、UART 等）等。它们通常能够捕捉和显示高速的数字信号变化，帮助分析和调试数字电路和通信协议。

模拟通道用于测量和显示模拟信号，如连续变化的电压或电流波形。它们适用于分析模拟电路、波形和信号的形态、幅度、频率等特性。

采样率和带宽：数字通道通常具有较高的采样率和带宽，以捕捉快速变化的数字信号。示波器的数字通道通常能够以较高的速率进行采样，以确保准确捕捉信号的细节。

模拟通道的采样率和带宽较低，通常适用于较慢或具有较低频率的模拟信号。模拟通道的带宽决定了示波器能够准确显示和还原模拟信号的最高频率。

输入电路和调节范围：数字通道通常具有较低的电压范围，适用于测量和显示数字信号的高低电平。

模拟通道的输入电路和调节范围通常更广泛，可以适应不同的信号幅度和波形。模拟通道可以测量和显示更大范围的电压和电流信号。

数据分析功能：数字通道通常具有更多的数据分析和解码功能，可以对数字信号进行协议解析、错误检测、触发等操作，以帮助分析和调试数字系统。

模拟通道通常提供基本的波形显示和测量功能，如幅度、频率、峰峰值等。

3. 门电路测试为什么要先做静态测试再做动态测试？静态测试所得真值表和动态测试所得波形图有什么关联？

在门电路测试中，先进行静态测试（Static Testing）再进行动态测试（Dynamic Testing）是常用的测试方法。这是因为静态测试和动态测试可以提供互补的信息，帮助检测门电路的功能和正确性。

静态测试是指在门电路中输入不变的电平或逻辑值，通过测量输出来验证门电路的真值表。在静态测试中，输入信号保持稳定，不发生变化。通过设置不同的输入组合，可以得到门电路的真值表，即输入与输出之间的对应关系。静态测试可以验证门电路的基本逻辑功能是否正确，并检测可能存在的故障或设计错误。

动态测试是指在门电路中输入不同的电平或逻辑值，观察输出的波形图或时序图。在动态测试中，输入信号会发生变化，通过观察输出的波形图可以检测门电路的时序特性、响应时间、延迟等。动态测试可以帮助发现门电路在不同输入变化情况下的响应和行为，特别是在时序相关的设计和故障排除中起到关键作用。

静态测试所得的真值表和动态测试所得的波形图是相互关联的。静态测试的真值表提供了输入与输出之间的逻辑关系，描述了门电路的基本功能。动态测试的波形图则展示了门电路在实际操作中的响应和行为，反映了信号的变化、延迟、稳定性等特性。通过比较静态测试的真值表和动态测试的波形图，可以验证门电路的逻辑功能是否正确，并检查门电路的时序特性是否符合设计要求。

4. 门电路动态测试时为什么不仅需要记录门电路输入、输出波形，还需记录时钟波形？

时序关系：门电路的动态行为通常与时钟信号有密切的关系。时钟信号确定了门电路在何时进行状态转换和计算。记录时钟波形可以帮助确定输入和输出之间的时序关系，包括信号的激活时间、延迟和持续时间等。

时钟频率和周期：时钟波形的频率和周期对门电路的正常操作至关重要。时钟信号的频率决定了门电路的响应速度和最大工作频率。通过记录时钟波形，可以分析时钟频率和周期，以确保门电路的时序特性符合设计要求。

时钟抖动和稳定性：时钟信号的抖动（jitter）和稳定性对于门电路的可靠性和性能至关重要。时钟抖动可能导致门电路的误触发和时序错误。通过记录时钟波形，可以评估时钟信号的抖动和稳定性，以识别潜在的问题。

时钟相位：门电路的正确操作可能需要与外部时钟或其他时钟信号保持特定的相位关系。记录时钟波形可以帮助分析时钟相位，以确保门电路与其他电路或系统的协同工作。

5. 什么是共阴极数码管？

共阴极数码管（Common Cathode Display）是一种常见的电子显示器件，用于显示数字、字母和符号。在共阴极数码管中，所有的LED段（包括数字和符号的组成部分）的阴极端都连接在一起，而阳极端则独立控制。

以下是共阴极数码管的特点和工作原理：

构造：共阴极数码管由多个 LED 段组成，其中每个 LED 段代表数字的一个线段或符号的一部分。常见的共阴极数码管有 7 段共阴极和 14 段共阴极两种类型。

电路连接：所有 LED 段的阴极端都连接在一起，形成共阴极。阳极端则通过控制信号来选择性地激活相应的段。

控制方式：通过对各个阳极端进行开关控制，可以选择性地点亮特定的段。通过控制各个段的开关状态，可以显示所需的数字、字母或符号。

电平：共阴极数码管中，阴极端通常连接到地（GND）电位，而阳极端通过外部电路提供正电源电位。

激活方式：为了点亮数码管的特定段，需要向相应的阳极端提供正电源电位，同时将对应的阴极端连接到地。这样，电流会从阳极流过该段的 LED，使其发光。通过适当的控制和编码，共阴极数码管可以显示数字、字母、符号等信息。通过依次选择和激活不同的段，可以显示所需的字符。