

电子线路设计与测试 (二)

电子信息与通信学院 陈林

lchen@mail.hust.edu.cn

实验室有关规定

1. 座位安排 按**hub**系统登记次序就座
2. 签到 按**座位号码**到讲台签到(仪器故障说明)
3. 领万用表 按**座位号码**领相应号码的万用表
4. 实验完毕后 每人将自己的桌面整理干净
 关闭万用表电源，将表笔线整理好，并按号码顺序放入柜中。
5. 每班安排4人值日
 值日内容：扫地、拖地、抹桌子并整理实验桌、板凳归位、清理万用表（按顺序摆整齐）

实验室有关规定

- 出现异常情况（如冒烟、异味等）及时报告老师并做相应处理，如切断电源等。
- 发现仪器有问题，报告老师，确认后在记录本上做好登记。
- 不能在实验室内吃东西、喝饮料。

实验室有关规定

□ 教师授课时间按照学校有关规定执行，考虑到实验室管理方便，调整如下：

■ 秋冬季时间（**10.1~4.30**）

上午 8:00~11:10 下午14:00~17:10

晚上 18:30~21:40 中间休息**10分钟**

■ 夏季时间（**5.1~9.30**）

上午 8:00~11:10 下午14:30~17:40

晚上 19:00~22:10 中间休息**10分钟**

□ 每个单元实验时间结束时下课铃响，准时拉闸停电。

课程执行方式

- 实验流程---良好习惯养成!
- 课前---预习，明确实验目标，学习相关知识，设计实验电路与实验过程，明确实验步骤与预期实验结果，安装电路，作好实验准备工作-预习报告（实验方案），知识储备的检验（MOOC）
- 课堂上---操作、测量、记录-记录结果与验收（测试---反复迭代过程）
- 课后---总结与分析-实验报告

课前一预习

- 实验目的与要求
- 选择电路类型，确定元件参数
- 设计实验方法与步骤
- 设计实验表格
- 电路的可靠安装

课上一调试、测量、记录数据

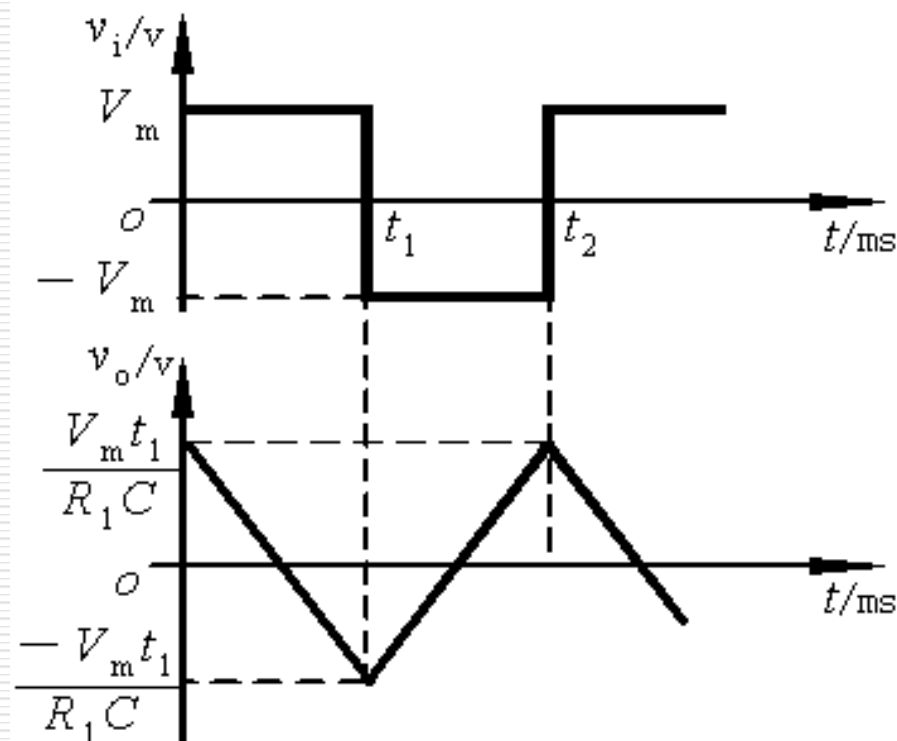
- 搭建实验测试平台 — 测试方法的设计
- 观察实验现象与结果 — 仪器使用
- 记录实验数据与波形 — 仪器使用

课后一总结与分析，写实验报告

- 实验报告要求用报告纸书写，格式内容规范
- 对实验数据进行处理，绘制图、表或波形。
- 波形画在坐标纸上或实验报告纸上（需要画坐标系），还需记录波形的特征参数（如峰值、频率等）。
- 写出个人的实验心得、体会与建议

实验报告内容 - - 参考附录F (P427) (第5版)

- 1分
 - ☐ 已知条件
 - ☐ 主要技术指标
 - ☐ 实验用仪器
- 7分
 - ☐ 电路工作原理
 - ☐ 电路的设计与调试
 - ☐ 主要技术指标的测量
- 2分
 - ☐ 误差分析
 - ☐ 实验分析与研究
 - ☐ 实验总结



成绩评定

□ 平时成绩：占40%

- 电路设计、安装、测试成绩（以验收记录为准）
- 实验报告成绩
- MOOC课程成绩 占25%

□ 实验考试：占60%

- 笔试部分：
- 操作考试：

关于平时成绩的说明

- **平时验收需三样齐全：预习报告（含设计电路）、实际电路、测试结果记录**
- **采取抽查指标验收方式**
- **每个同学验收哪一个指标由老师指定**
- **验收时需演示测试方法和测试结果**
- **回答老师的相关提问**
- **在每个阶段如果提前完成实验，可以提前验收，通过验收后可以提前进入下一阶段实验**
- **提前完成实验（含报告）将得到适当的奖励分，延期完成将扣分**

本学期实验内容安排

电子线路设计与测试 (二)

逻辑门和触发器

本阶段实验任务

(1) OC门 (P158 任务7) ;

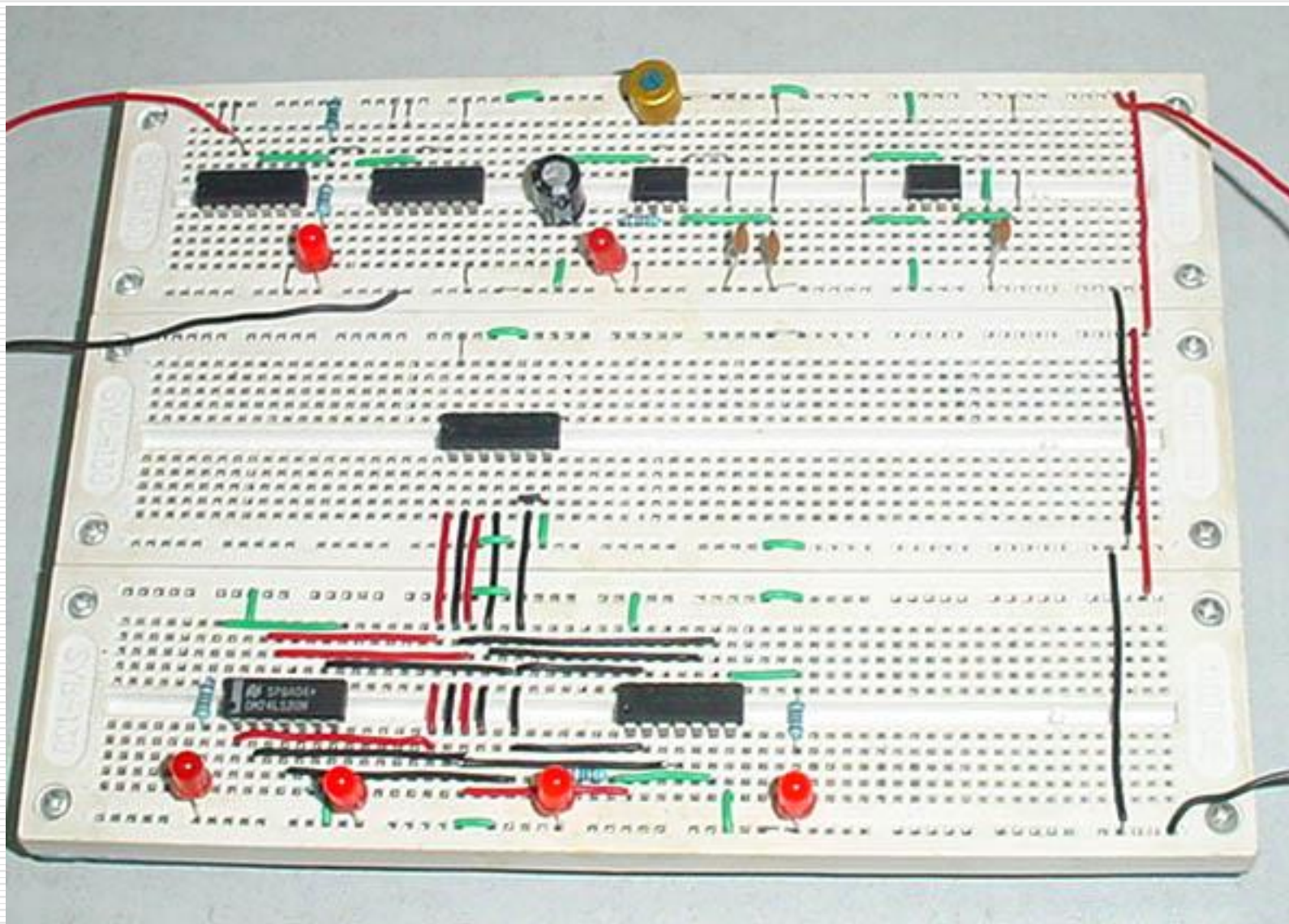
(2) 用触发器设计一个4进制计数器，再用与非门设计2-4线译码器（只能一个发光管亮），实现流水灯电路。（P165 任务2） ;

提高：使用**verilogHDL**编程实现模**16**可逆计数流水灯

实验的具体要求及注意事项:

1. 各单元电路的电源要求连在一起;
2. 布局、布线要规范。要求: 电源线用红色线, 地线用黑色, 信号线用其它颜色。
3. 输入信号用正方波 (TTL OUT) 。
4. 用示波器观察波形时, 用DC耦合输入方式。
5. 画输入、输出波形时, 要求上、下排列。
6. 实验结果的记录要求规范。

2-4线译码器、OC门和 555 触摸灯电路



1. 集成逻辑门的应用： P158

对发光二极管D:

取正向导通压降 $V_F=1.5V$ ，导通电流 $I_F=2mA$ 进行计算。

5.1 集成逻辑门的特性测试

□ 学习要求：

- 掌握TTL、CMOS与非门电路的主要参数及测试方法、OC门、TS门的“线与”功能；
- 熟悉仪器的使用方法

5.1 集成逻辑门的特性测试

一、TTL门电路的主要参数及使用规则

1. TTL与非门电路的主要参数
2. TTL器件的使用规则

二、CMOS门电路的主要参数及使用规则

1. CMOS与非门电路的主要参数
2. CMOS器件的使用规则

三、集电极开路（OC）门的特性

一、TTL门电路的主要参数及使用规则

1. TTL与非门电路的主要参数

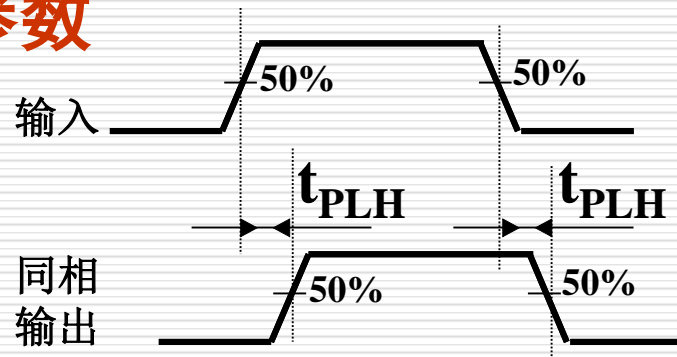
- 静态功耗 P_D :
- 输出高电平 V_{OH} :
- 输出低电平 V_{OL} :
- 扇出系数 N_O :

一、TTL门电路的主要参数及使用规则

1. TTL与非门电路的主要参数

- 平均传输延迟时间 t_{pd} ：

$$t_{pd} = (t_{PLH} + t_{PHL}) / 2$$



t_{pd} 的数值很小，一般为几纳秒至几十纳秒。

- 直流噪声容限 V_{NH} 和 V_{NL} ：

指输入端所允许的输入电压变化的极限范围。

$$V_{NH} = V_{OH \min} - V_{IH \min}$$

$$V_{NL} = V_{IL \max} - V_{OL \max}$$

一、TTL门电路的主要参数及使用规则

2. TTL器件的使用规则

- **电源电压 $+V_{CC}$** : 只允许在 $+5V \pm 5\%$ 范围内, 超过该范围可能会损坏器件或使逻辑功能混乱。
- **电源滤波** TTL器件的高速切换, 会产生电流跳变, 其幅度约 $4mA \sim 5mA$ 。该电流在公共走线上的压降会引起噪声干扰, 因此, 要尽量缩短地线以减小干扰。可在电源端并接1个 $100\mu F$ 的电容作为低频滤波及1个 $0.01\mu F \sim 0.1\mu F$ 的电容作为高频滤波。

2. TTL器件的使用规则

•**输出端的连接** 不允许输出端直接接+5V或接地。除OC门和三态(TS)门外, 其它门电路的输出端不允许并联使用, 否则, 会引起逻辑混乱或损坏器件。

•**输入端的连接** 输入端串入1只 $1\text{k}\Omega\sim 10\text{k}\Omega$ 电阻与电源连接或直接接电源电压 $+V_{CC}$ 来获得高电平输入。直接接地为低电平输入。

或门、或非门等TTL电路的多余的输入端不能悬空, 只能接地;

与门、与非门等TTL电路的多余输入端可以悬空(相当于接高电平), 但易受到外界干扰, 可将它们接 $+V_{CC}$ 或与其它输入端并联使用, 输入端并联时, 从信号获取的电流将增加。

二、CMOS门电路的主要参数及使用规则

1. CMOS与非门电路的主要参数

- 电源电压 $+V_{DD}$ ：
- 静态功耗 P_D ：
- 输出高电平 V_{OH} ：
- 输出低电平 V_{OL} ：
- 扇出系数 N_O ：

二、CMOS门电路的主要参数及使用规则

1. CMOS与非门电路的主要参数

• **平均传输延迟时间 t_{pd}** ：CMOS电路的平均传输延迟时间比TTL电路的长得多，通常 $t_{pd} \approx 200\text{ns}$ 。目前74HC系列与TTL基本相当

• **直流噪声容限 V_{NH} 和 V_{NL}** ：CMOS器件的噪声容限通常以电源电压 $+V_{DD}$ 的30%来估算。

当 $+V_{DD} = +5\text{V}$ 时， $V_{NH} \approx V_{NL} = 1.5\text{V}$ ，可见CMOS器件的噪声容限比TTL电路的要大得多，因此，抗干扰能力也强得多。

提高电源电压 $+V_{DD}$ 是提高CMOS器件抗干扰能力的有效措施。

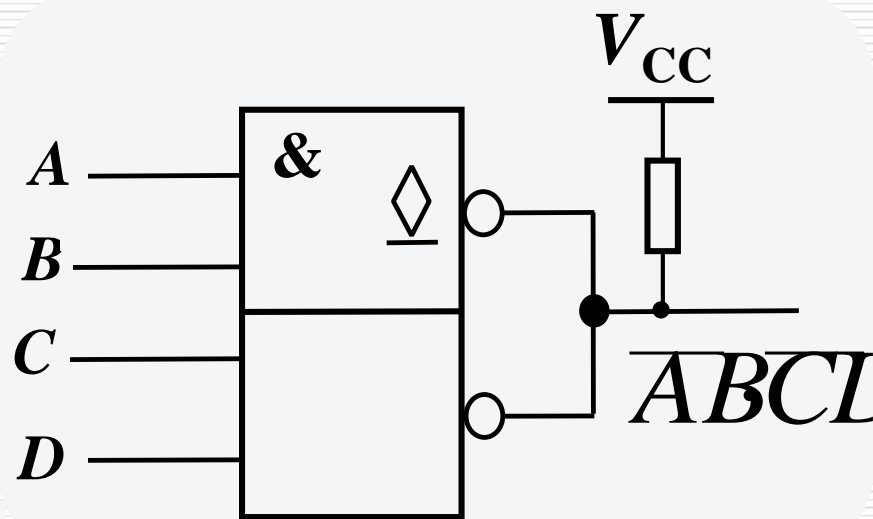
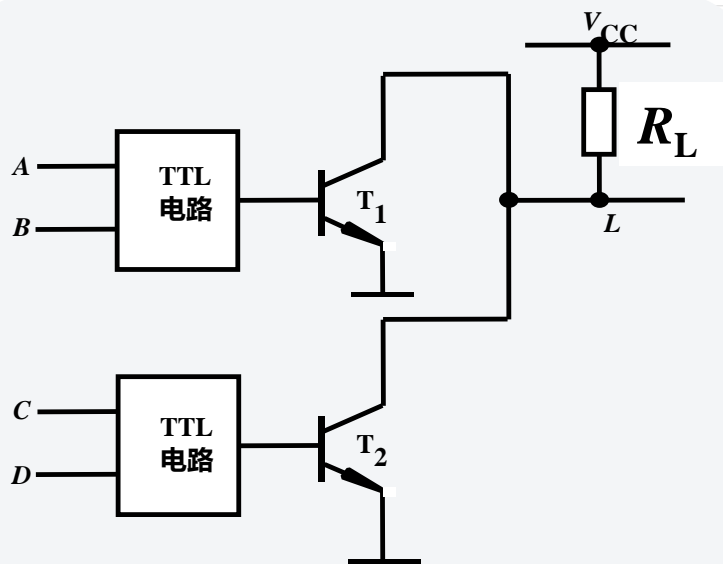
二、CMOS门电路的主要参数及使用规则

2. CMOS器件的使用规则

- **电源电压 $+V_{DD}$** : 电源电压不能接反, 规定 $+V_{DD}$ 接电源正极, V_{SS} 接电源负极(通常接地)。
- **输出端的连接**: 输出端不允许直接接 $+V_{DD}$ 或地, 除三态门外, 不允许两个器件的输出端连接使用。
- **输入端的连接**: 输入信号 V_i 应为 $V_{SS} \leq V_i \leq V_{DD}$, 超出该范围会损坏器件内部的保护二极管或绝缘栅极, 可在输入端串接一只限流电阻(10~100) k Ω ;
 多余的输入端不能悬空, 应按逻辑要求直接接 $+V_{DD}$ 或 V_{SS} (地);
 工作速度不高时, 允许输入端并联使用。

三、集成逻辑门的基本应用

2. 集电极开路门(OC门)



应用时输出端要接一上拉负载电阻 R_L 。

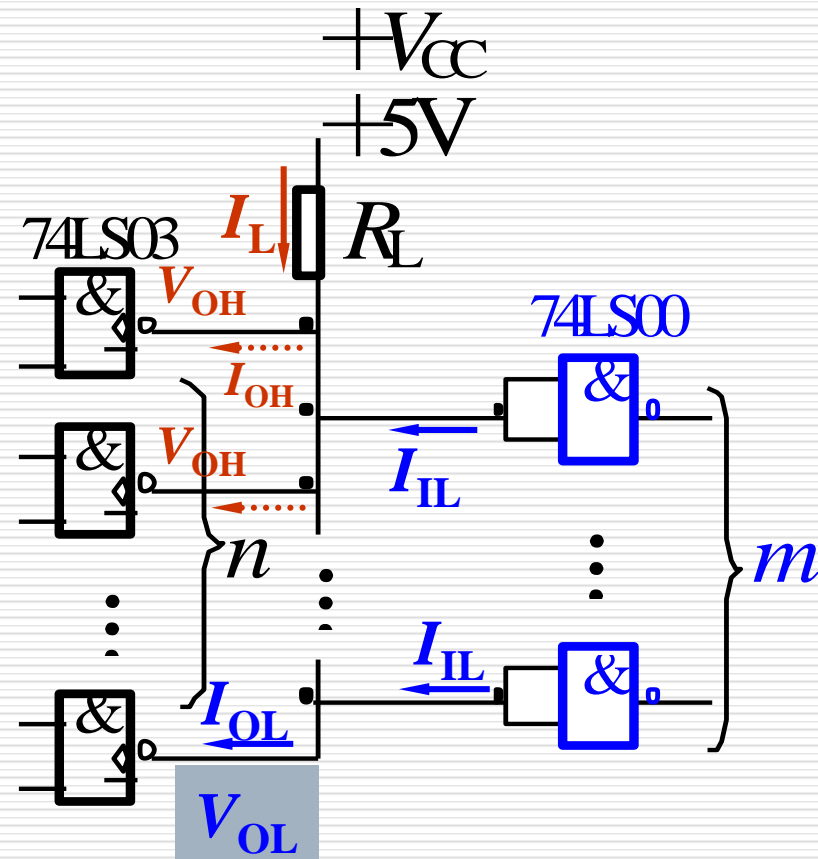
三、集电极开路（OC）门的特性

集电极开路门(OC门)

因OC门输出端是悬空的，使用时一定要在**输出端与电源**之间接一电阻 R_L 。

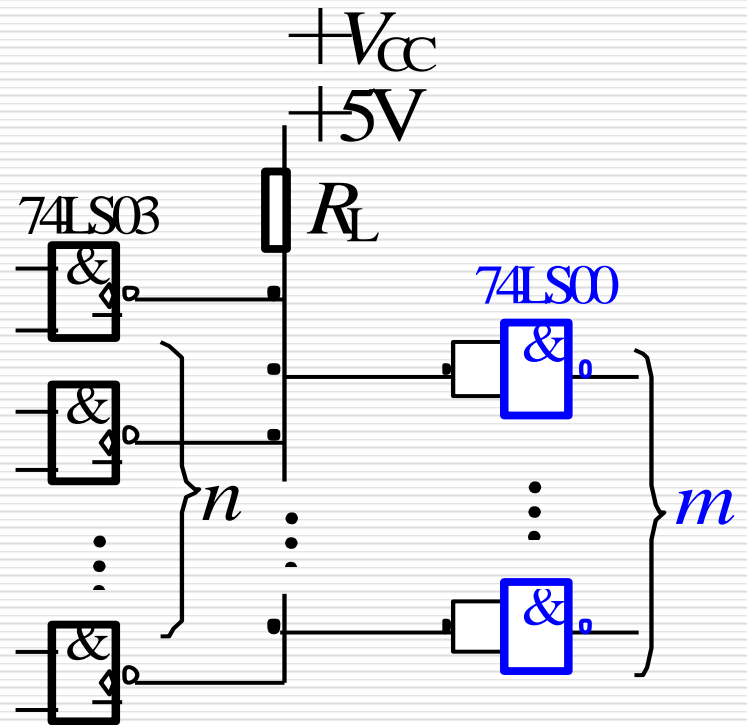
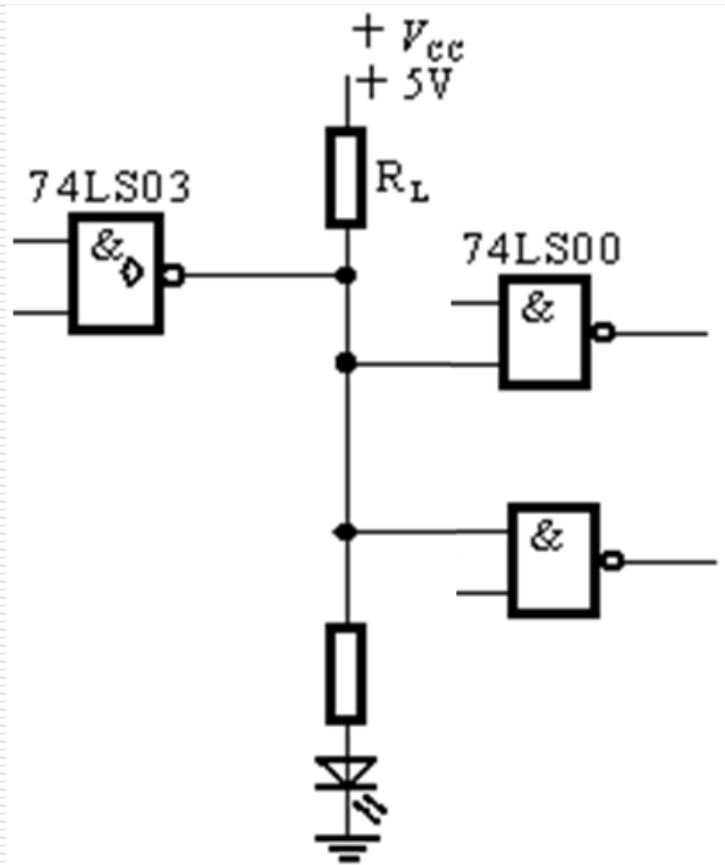
$$R_{Lmax} = \frac{V_{CC} - V_{OHmin}}{nI_{OH} + mI_{IH}}$$

$$R_{Lmin} = \frac{V_{CC} - V_{OLmax}}{I_{OL} - mI_{IL}}$$



n 个OC门线与驱动TTL门电路

OC门



对发光二极管:

取正向压降 $V_F=1.5V$ ，取电流 $I_F=2mA$ 进行计算。

发光二极管驱动

- 发光二极管和普通二极管一样都具有单向导电性，正向导通时才能发光，光的亮度随导通电流增大而增强。
- 各种颜色发光二极管所需正向导通电压 **V_F** 如下表所示。

发光二极管正向导通电压表

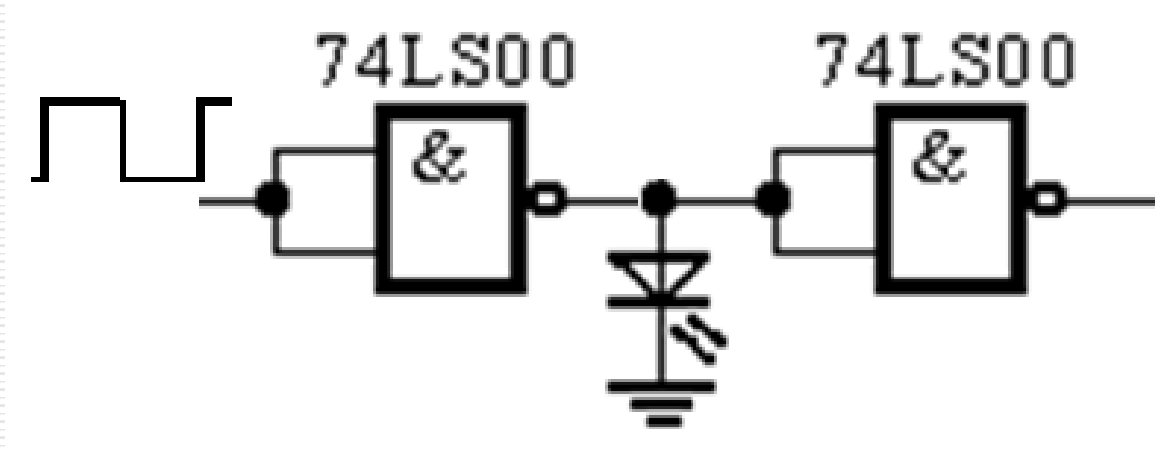
颜色	红	黄	绿
V_F (10mA) /V	1.6~1.8	2.0~2.2	2.2~2.4

需注意发光二极管的导通电流 **I_F** 不能太大（小于**20mA**），否则会损坏。使用时应在**LED**电路中串接限流电阻 **R** ，其阻值由下式计算：

$$R = \frac{V_O - V_F}{I_F}$$

发光二极管导通电流一般为**2mA~10mA**。

发光二极管驱动



电路能否正常工作？为什么？

实验的具体要求及注意事项:

- 电源（**+5V**），核对无误，再接入！

1. 集成逻辑门 **P158**

- 信号源用TTL OUT端子；
- 观察波形时，示波器用**直流耦合**输入方式；
- 验收时，要有 R_L 、 R_D 的计算过程；
- 用坐标纸画出 v_i 、 v_o 、 v_{o1} 、 v_{o2} 的波形并标出 V_{OH} 、 V_{OL} 的值；
- 画出逻辑电路图（应标上管脚号）；

P158

任务 7: OC 门实验

① 组装如图 5.1.16 所示电路, 取发光二极管 D 正向导通压降 $V_F = 1.5\text{V}$, 导通电流 $I_F = 2\text{mA}$, 为使电路正常工作, 限流电阻 $R_D = \underline{\hspace{2cm}}$, 负载电阻 $R_{L\max} = \underline{\hspace{2cm}}$, $R_{L\min} = \underline{\hspace{2cm}}$, 最后选取 $R_L = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

② 调整信号源, 使其输出 1kHz 、 4V 正方波, 将其连接到 v_i 点, 使用示波器“直流耦合”输入方式观测波形, 在坐标纸上画出 v_i , v_o , v_{o1} 及 v_{o2} 的波形, 并标出 V_{OH} 、 V_{OL} 的电平值。

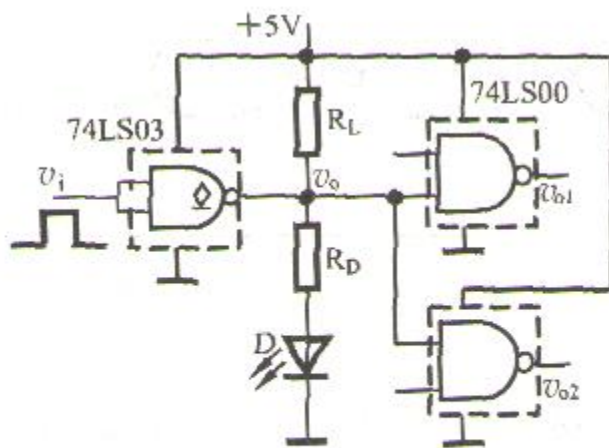
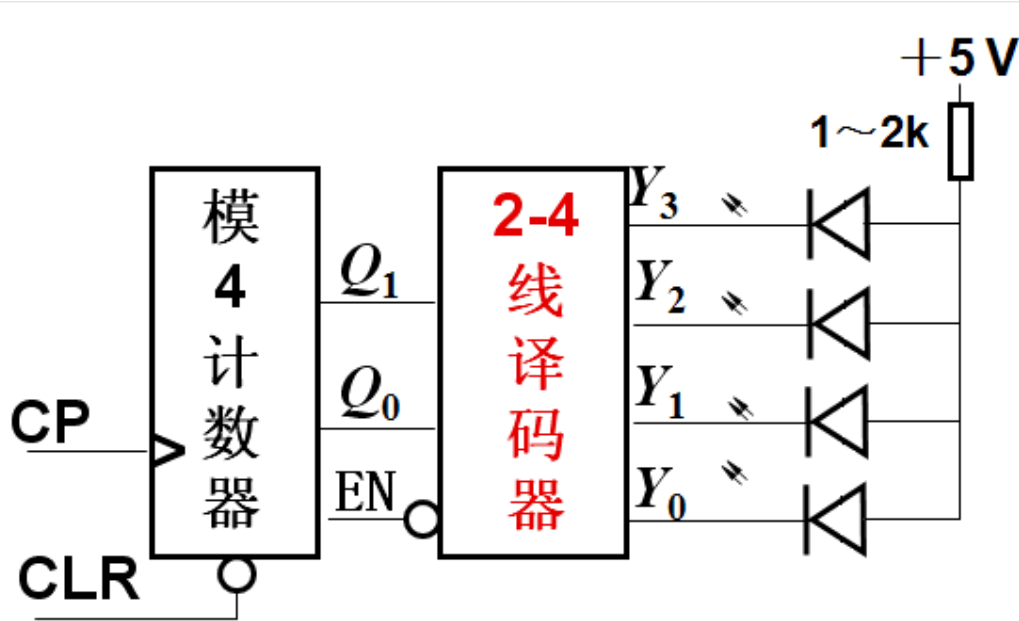


图 5.1.16 OC 门驱动负载的实验电路

2. 触发器与逻辑门应用电路设计:P165

设计要求（见框图）：

- 请用触发器和逻辑门设计并组装一个模4的计数器；
- 用逻辑门设计并组装一个“2-4线译码器”（见真值表）；
- 译码器的输出接发光二极管，每次只允许一只发光管亮，使发光二极管轮流发光；



2-4线译码器真值表

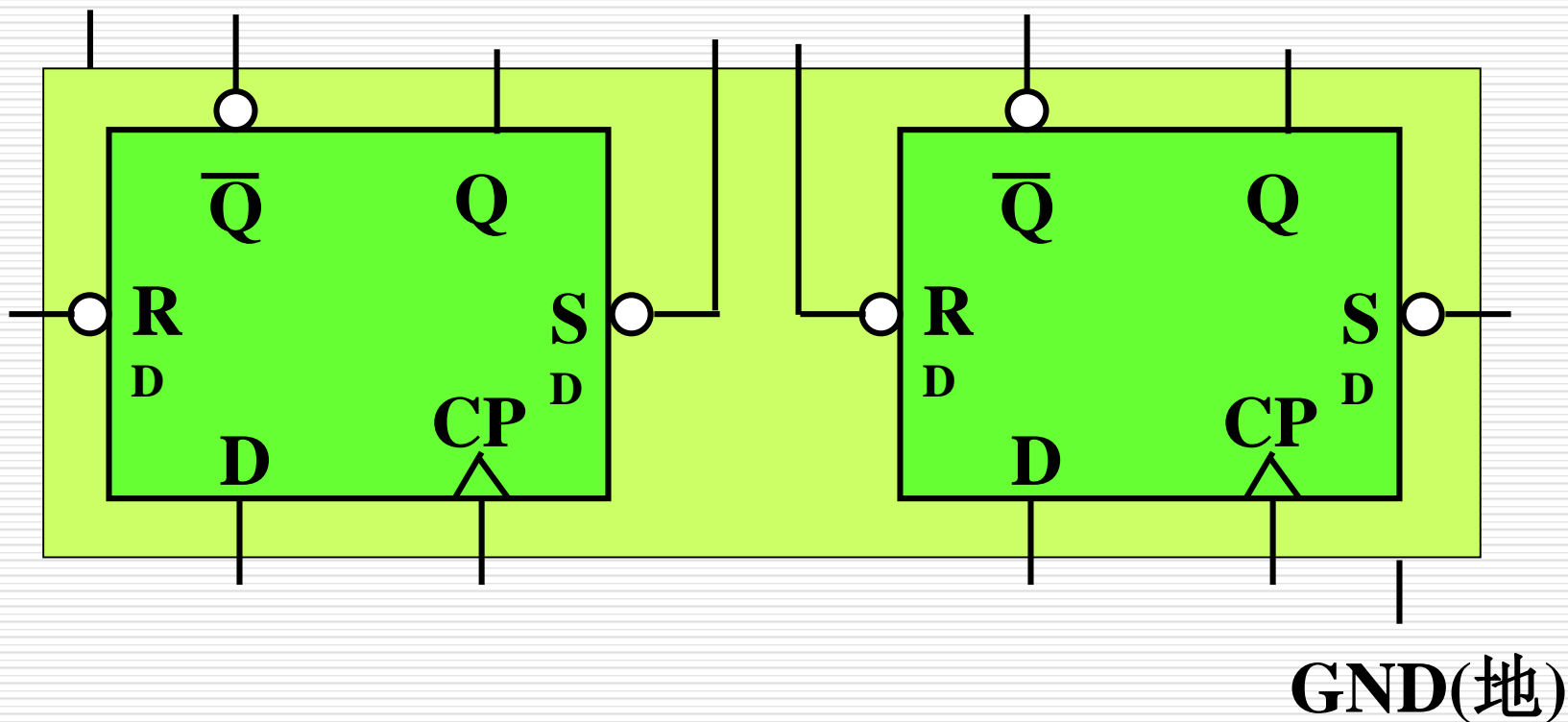
EN	Q_1	Q_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1
1	X	X	1	1	1	1

集成D触发器介绍

74LS74功能表见书 P163 P153

(1) 集成双D触发器74LS74

$V_{cc}(+5V)$



74LS74 功能表⁴⁾

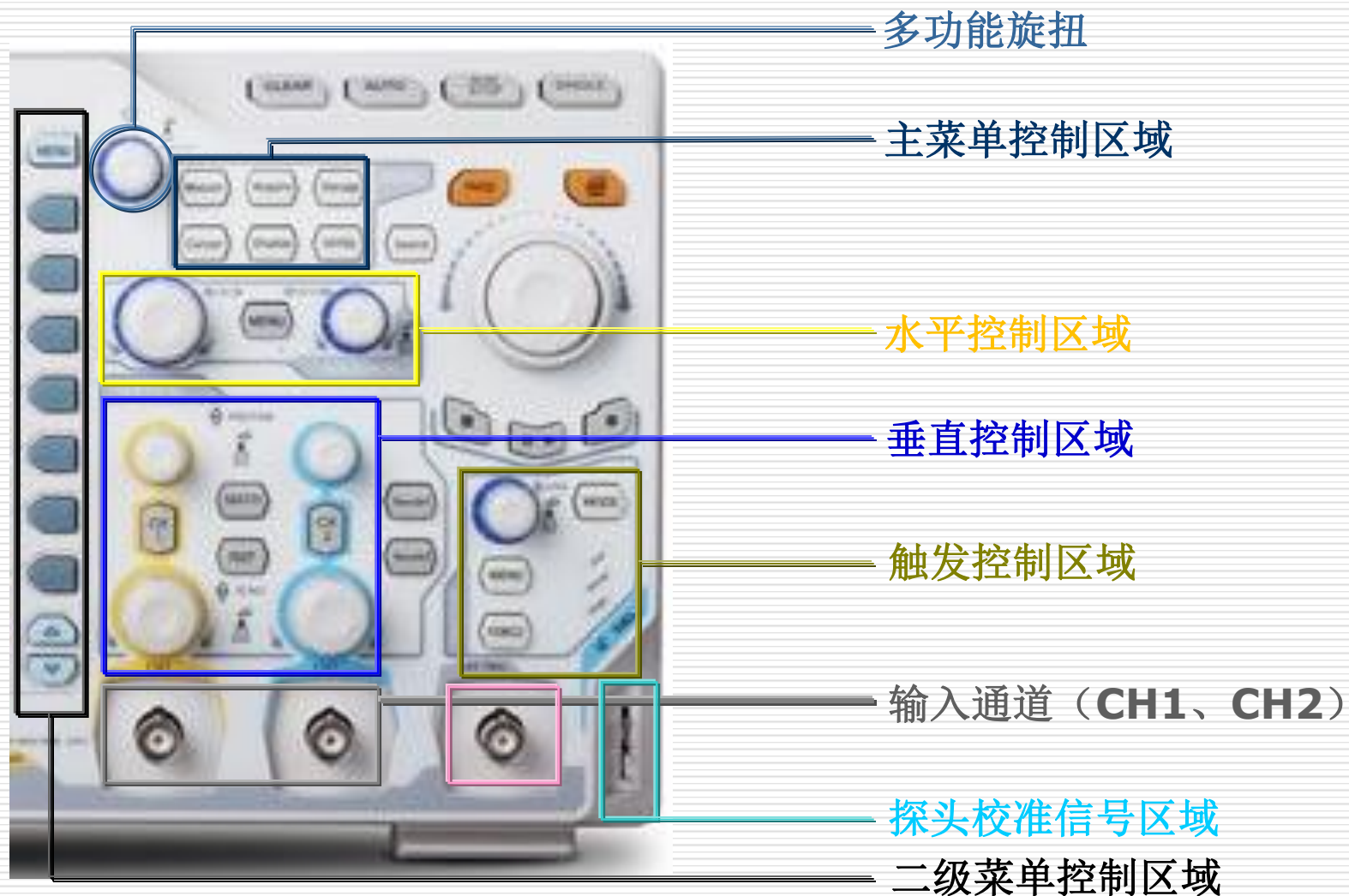
输 入				输 出	
预置 \overline{S}	消除 \overline{R}	时钟 CP	D	Q	\overline{Q}
0	1	×	×	1	0
1	0	×	×	0	1
0	0	×	×	不	定
1	1	↑	1	1	0
1	1	↑	0	0	1
1	1	0	×	Q_0	\overline{Q}_0

实验的具体要求及注意事项：

2. 触发器与逻辑门应用电路设计

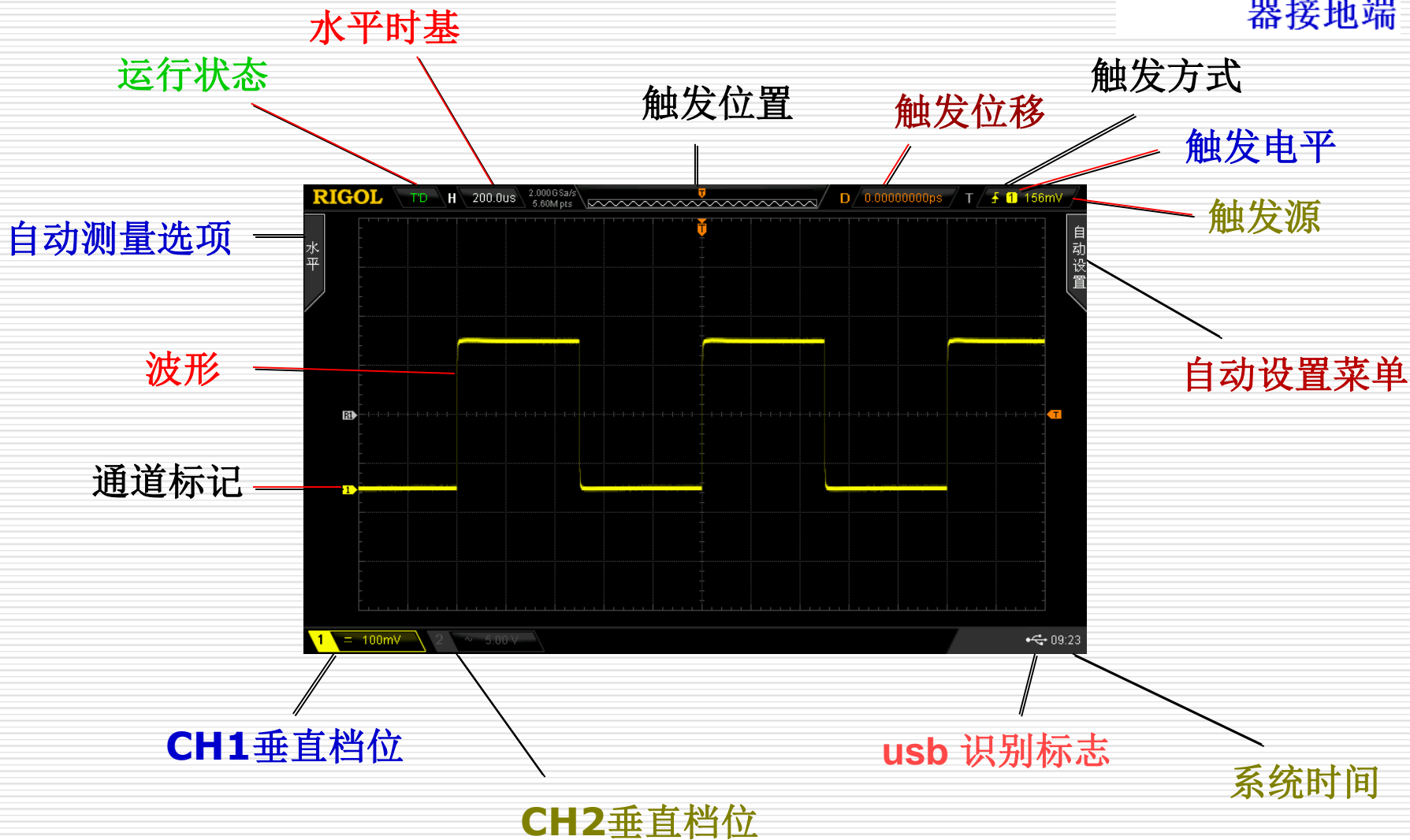
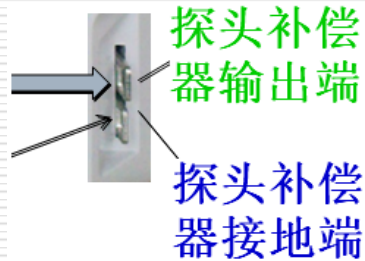
- 发光二极管的导通电流不能太大，否则会损坏。使用时应在**LED**电路中串接限流电阻**R**。
- 验收时，要有设计过程；
- 画出逻辑电路图（应标上管脚号）；
- 实验现象及测试结果记入自拟表格中。
- 将电路**CP** 改为1kHz输入，示波器用**直流耦合**输入方式，用 **Y_3** 作为触发信源，用坐标纸画出**EN=0**时**CP**、 **Q_1** 、 **Q_0** 和译码器输出波形，注意波形的时序关系，并总结观察多个相关信号时序关系的方法。

前面板介绍



功能检查

Storage → 默认设置
AUTO



波形的测量

测量波形的周期

测量波形的频率

测量波形的上升时间

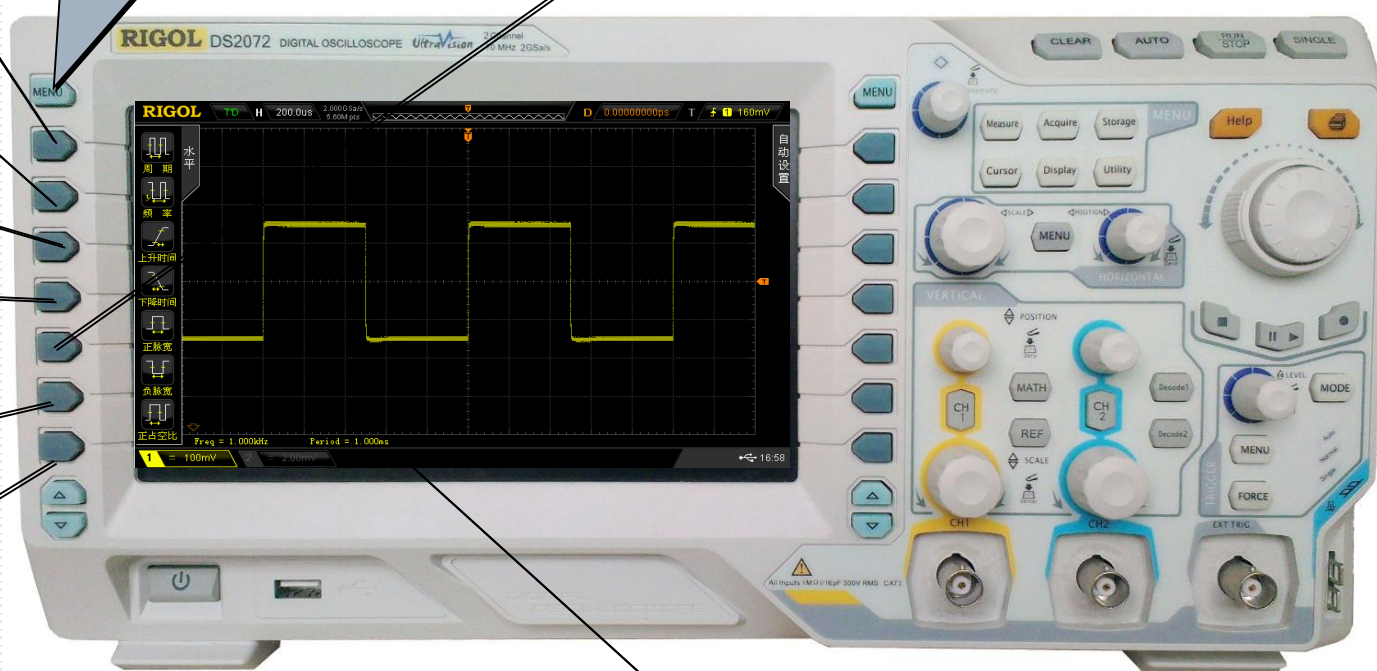
测量波形的下降时间

测量波形的正脉宽

测量波形的负脉宽

按下
MENU

测量波形的正脉宽



屏幕的下方会出现相应的测量量

波形的测量

测量波形的最大值

测量波形的
最小值

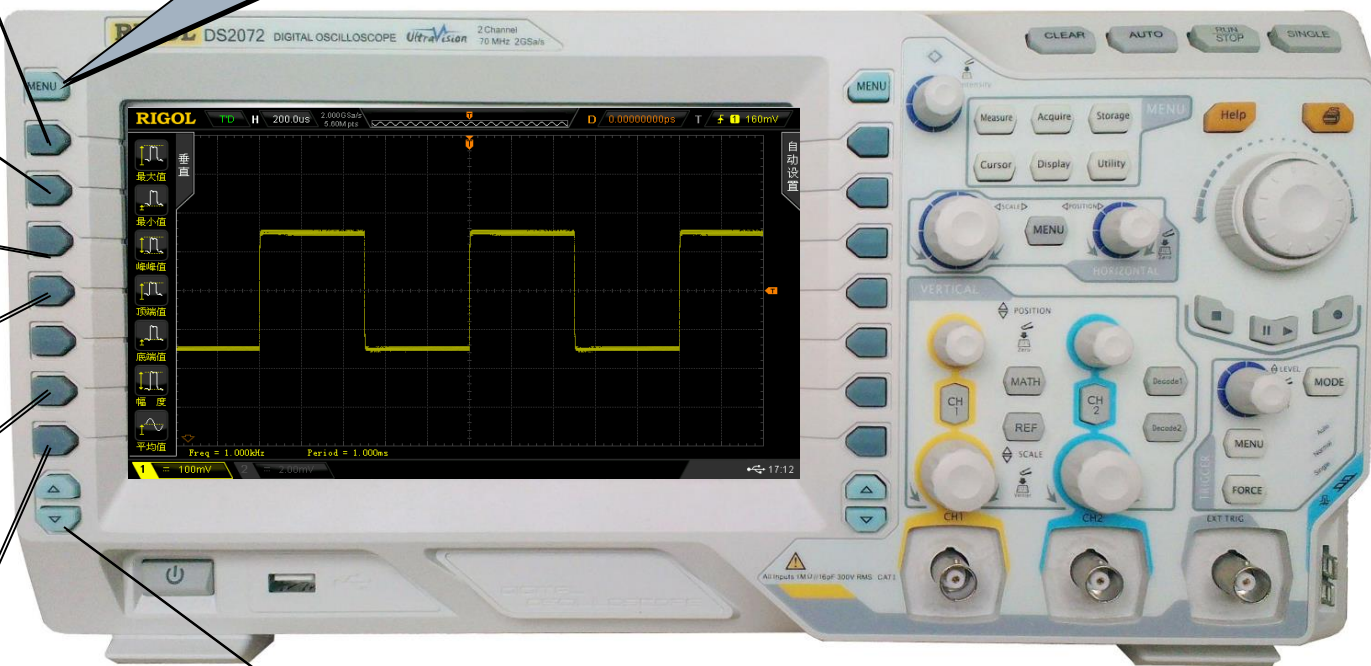
测量波形的
峰峰值

测量波形的
顶端值

测量波形的
幅度

测量波形的平均值

再次按下
MENU



按下翻页键后如下图所示



触发功能介绍



----触发菜单键



用示波器观察多个波形的方**法**

示波器屏幕上波形能够稳定显示的条件？

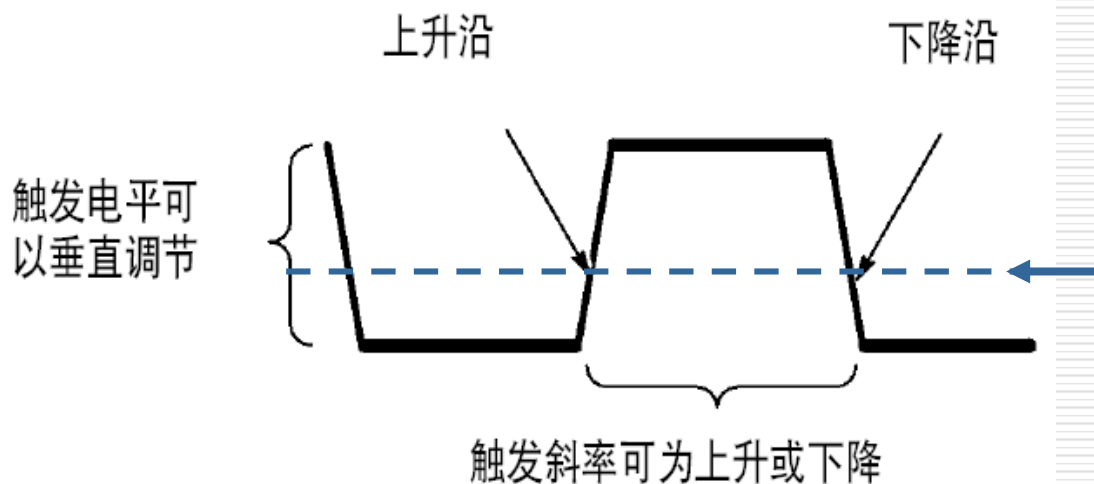
- 被观察的两个信号必须是相关（同源）的；
- 正确设置好示波器的触发方式：
 - 触发信源：内触发（CH1、CH2）
外触发（EXT）
 - 触发电平
 - 触发斜率：上升沿触发、下降沿触发

触发的正确设定 —— 三要素

1.信源

2.触发电平

3.触发斜率



波形不能稳定显示的常见问题：

1.触发电平：在信号变化范围外

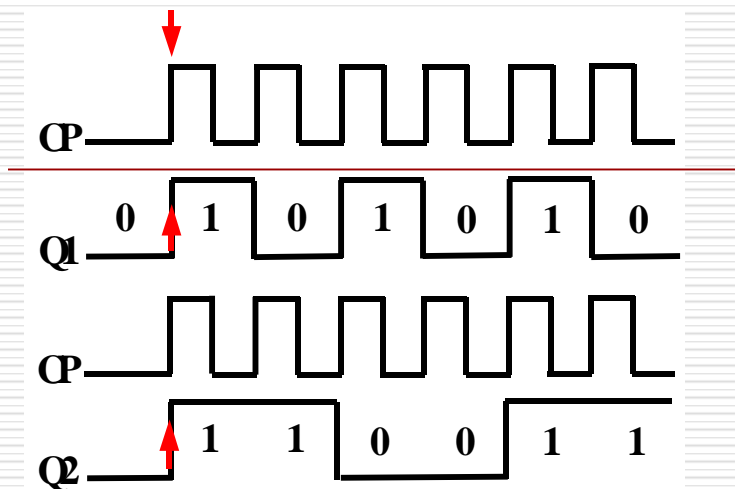
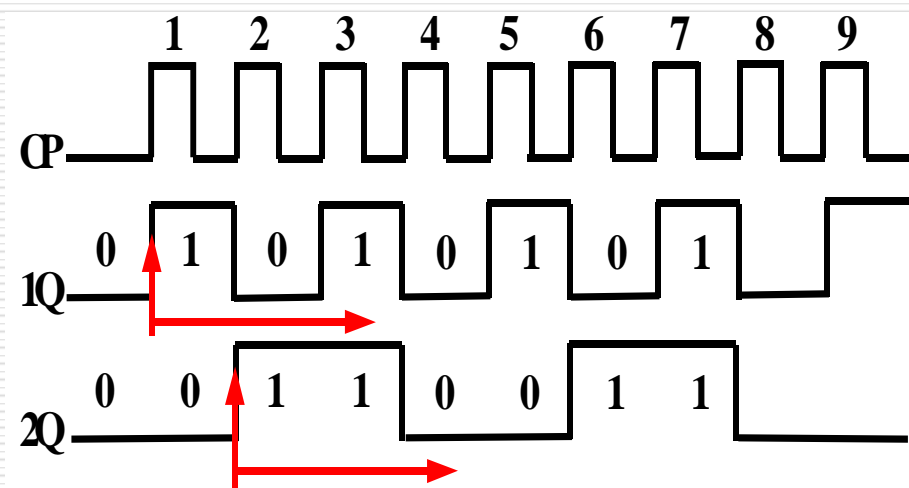
2.信源选择： **CH1**未加信号，信号→**CH2**，
信源选择**CH1**

2. 观测3个以上的波形，应该如何操作？ 应将所有波形与频率最低的波形比较！

正确的操作：

- 选择频率最低的信号**2Q** → **CH1**显示
- 触发信源选择 **CH1**
- 其它信号**CP**、**1Q**分别送 **CH2**显示

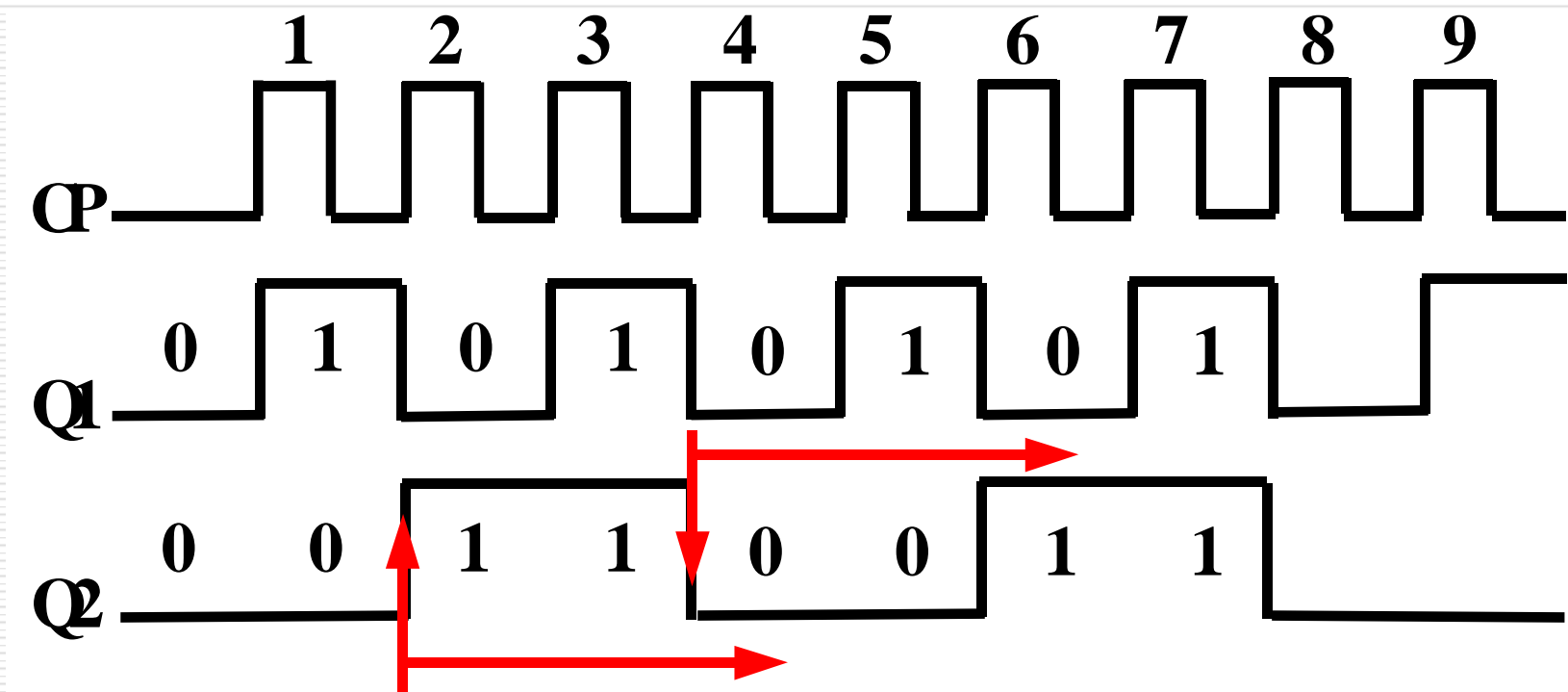
错误的操作： ①观察**CP**和**Q1**
②观察**CP**和**Q2**



观察计数器的波形时，触发斜率应选上升沿还是下降沿？

加法计数器 → 应选下降沿触发

减法计数器 → 应选上升沿触发



本次课程的实验内容

- OC门实验 （P158 任务7）
- 流水灯电路设计 （P165 任务2）
- **提高：** 使用verilogHDL编程实现模16可逆计数流水灯