



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

A series of overlapping geometric shapes on the left side of the slide: a small orange square at the top, a large blue rectangle below it, a red rectangle to the left of the blue one, and a teal outline rectangle to the right of the blue one. At the bottom left, there are five horizontal blue bars of varying lengths.

数字电子技术基础实验

计算机专业实践中心



主 要 内 容

- 第一章 数字电路实验基本知识
- 第二章 实验基本仪器
- 第三章 实验内容





一、数字集成电路(IC)封装

- 中、小规模数字IC中常用TTL电路和CMOS电路。TTL器件型号以74（或54）作为前缀的，称为74/54系列。

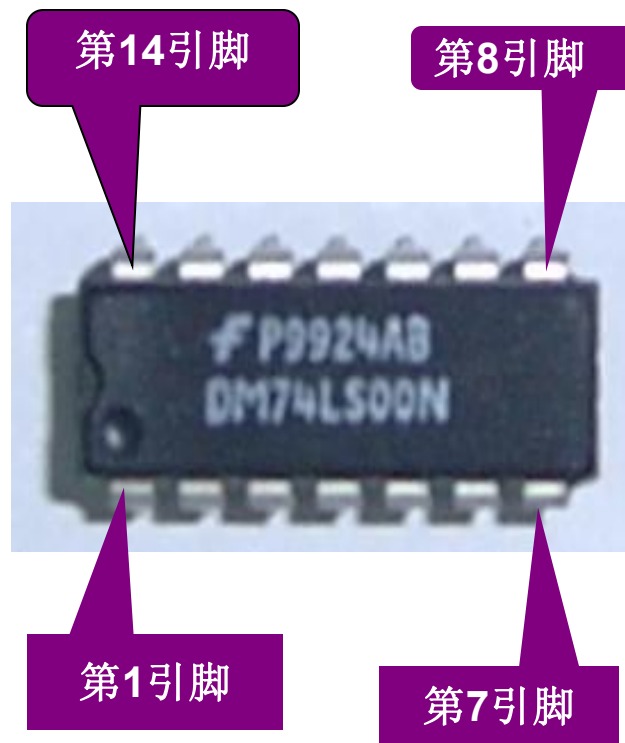
■ 高速CMOS电路HC(74HC系列)以及
与TTL兼容的高速CMOS电路HCT(74HCT系列)。TTL电路与COMS电路各有优缺点，TTL速度高，CMOS电路功耗小、电源范围大、抗扰能力强。





DIP封装特点

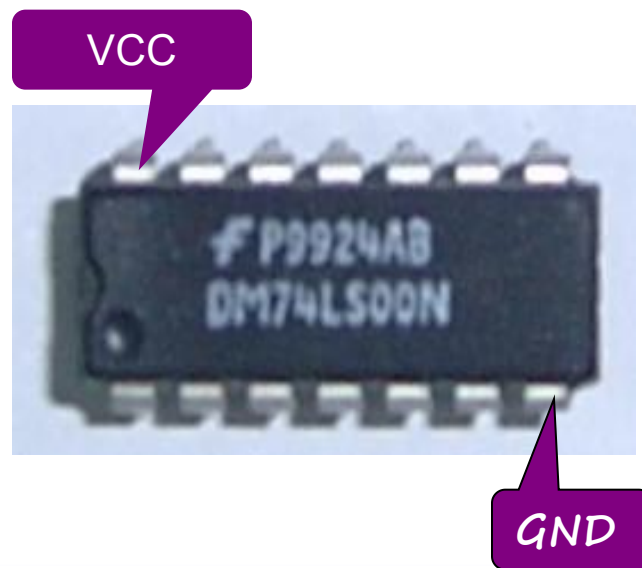
- 1、数字IC有多种封装形式。实验中所用74系列器件封装选用双列直插式（DIP）。从正面看，DIP器件一端有一个半圆缺口，这是正方向的标志。IC芯片的引脚序号是以此半圆缺口为参考点定位的，缺口左下边的第一个引脚编号为1，IC引脚编号按逆时针方向增加。





- 2、74系列器件一般右下角的最后一个引脚是GND，左上角的引脚是Vcc。例如，14引脚器件引脚7是GND；引脚14 是Vcc。

使用集成电路器件时要先看清楚其引脚分配图，找对电源和地引脚，避免因接线错误造成器件损坏。





二、现场可编程门阵列FPGA

- **FPGA** 正是一种硬件可重构的体系结构。它的英文全称是Field Programmable Gate Array，中文名是现场可编程门阵列。

- 型号：EP4CE10E22C8
- 类别：集成电路 (IC)
- 家庭：嵌入式 – FPGA
(现场可编程门阵列)
- 系列：Cyclone® IV
- 输入/输出数：91



- 逻辑块/元件数：645, 10320
- 门数：-
- 电源电压：1.15 V ~ 1.25 V
- 安装类型：表面贴装
- 工作温度：0° C ~ 85° C
- 封装/外壳：144-TQFP,
144-VQFP



三、数字电路逻辑状态规定

1. 数字电路是一种开关电路，开关的两种状态“开通”与“关断”，用二元常量0和1来表示。
2. 数字逻辑电路中，逻辑状态“1”和“0”信号的电平有两种规定，即正逻辑和负逻辑。正逻辑规定，高电平表示逻辑“1”，低电平则表示逻辑“0”；负逻辑规定，低电平表示逻辑“1”，高电平则表示逻辑“0”。对于TTL电路正逻辑输出“1”电平在 $>2.4V$ ，逻辑“0”电平在 $\leq 0.4V$ 。



四、数字电路测试及故障查找、排除

1. 数字电路测试

- 数字电路静态测试指的是给定数字电路若干组静态输入值，测定数字电路的输出值是否正确。
- 数字电路电平测试是测量数字电路输入与输出逻辑电平（电压）值是否正确的一种方法。数字逻辑电路中，对于74系列TTL集成电路要求，输入低电平 $\leq 0.8V$ ，输入高电平 $\geq 2V$ ；输出低电平 $\leq 0.2V$ ，输出高电平 $\geq 3.5V$ 。
- 动态测试：在静态测试的基础上，按设计要求在输入端加动态脉冲信号，观察输出端波形是否符合设计要求，这是动态测试。



2.故障查找与排除

- a.器件故障** 是器件失效（被烧坏）或接插问题引起的故障
- b.接线错误** 是指有漏线错误和布线错误。漏线的现象往往是忘记连接电源和地、线路输入端的悬空。
- c.设计错误** 自然会造成与预想的结果不一致。原因是所用器件的原理没有掌握。
- d.** 实验中发现结果与预期不一致，应仔细观测现象，冷静分析问题所在。首先检查仪器、仪表的使用是否正确。在正确使用仪器、仪表的前提下，按逻辑图和接线图查找问题出现在何处。查找与纠错是综合分析、仔细推究的过程，有多种方法，以“二分法”查错速度较快。



五、 数字系统设计实验步骤

- 1.实验设计** 方案设计，原理设计，线路设计
- 2.选择器件** 准备连接导线，选择器件，按功能块相对集中地排列器件
- 3.布线顺序** VCC，GND，输入/输出，控制线
- 4. 仪器检测** （电源，示波器，信号源）
- 5.实验** 测试、调试与记录



六、撰写实验总结报告

- (1) 实验内容
- (2) 实验目的
- (3) 实验设备
- (4) 实验方法与手段
- (5) 实验原理图
- (6) 实验现象（结果）记录分析
- (7) 实验结论与体会

这包括实验方案的正确性、可行性如何？可否进一步优化？有哪些收获体会？有哪些经验教训？有哪些建议？等。



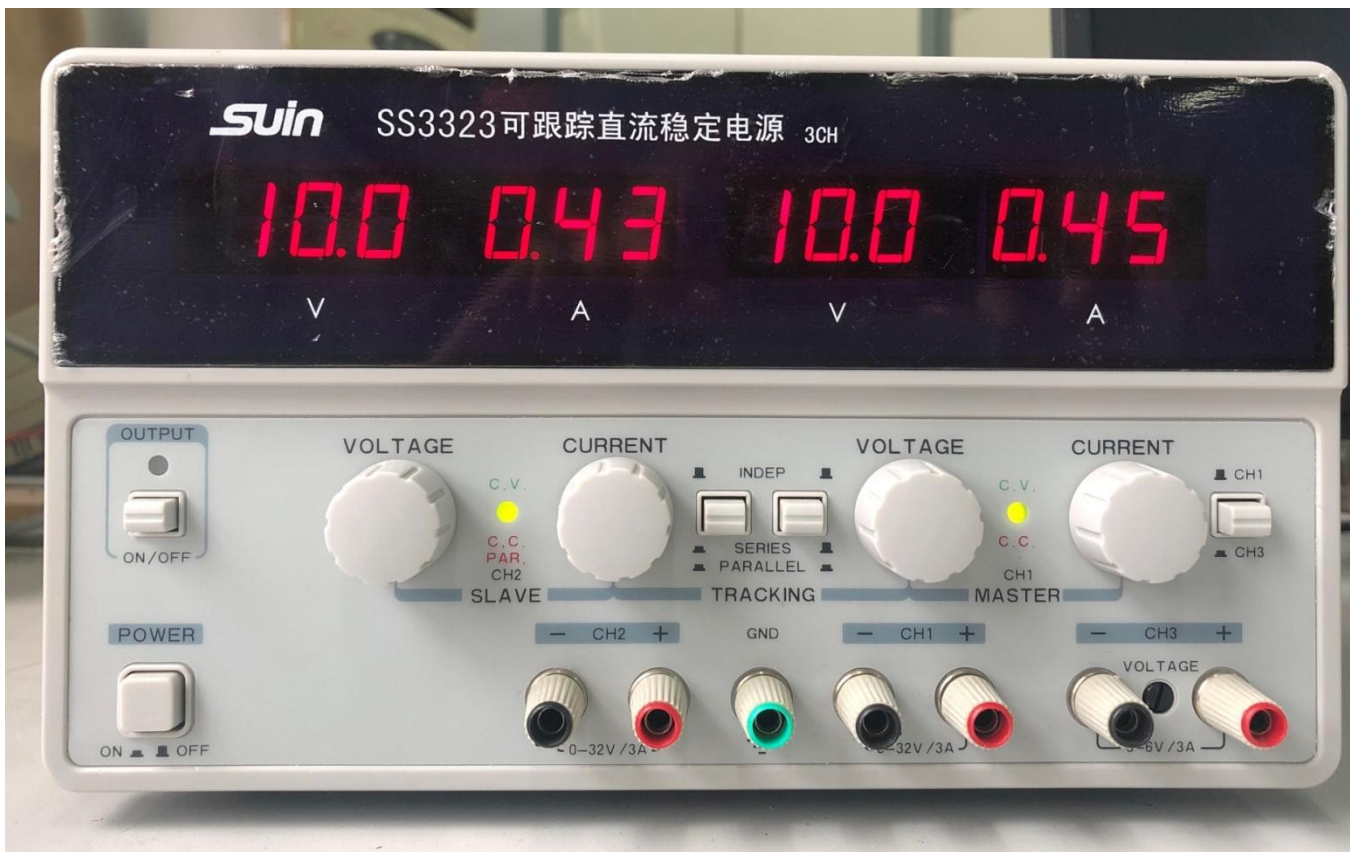


数字系统设计实验所需设备有：

直流稳压电源，示波器，基于FPGA的数字电路实验设计系统，万用表，信号源，计算机。



一、直流稳压电源



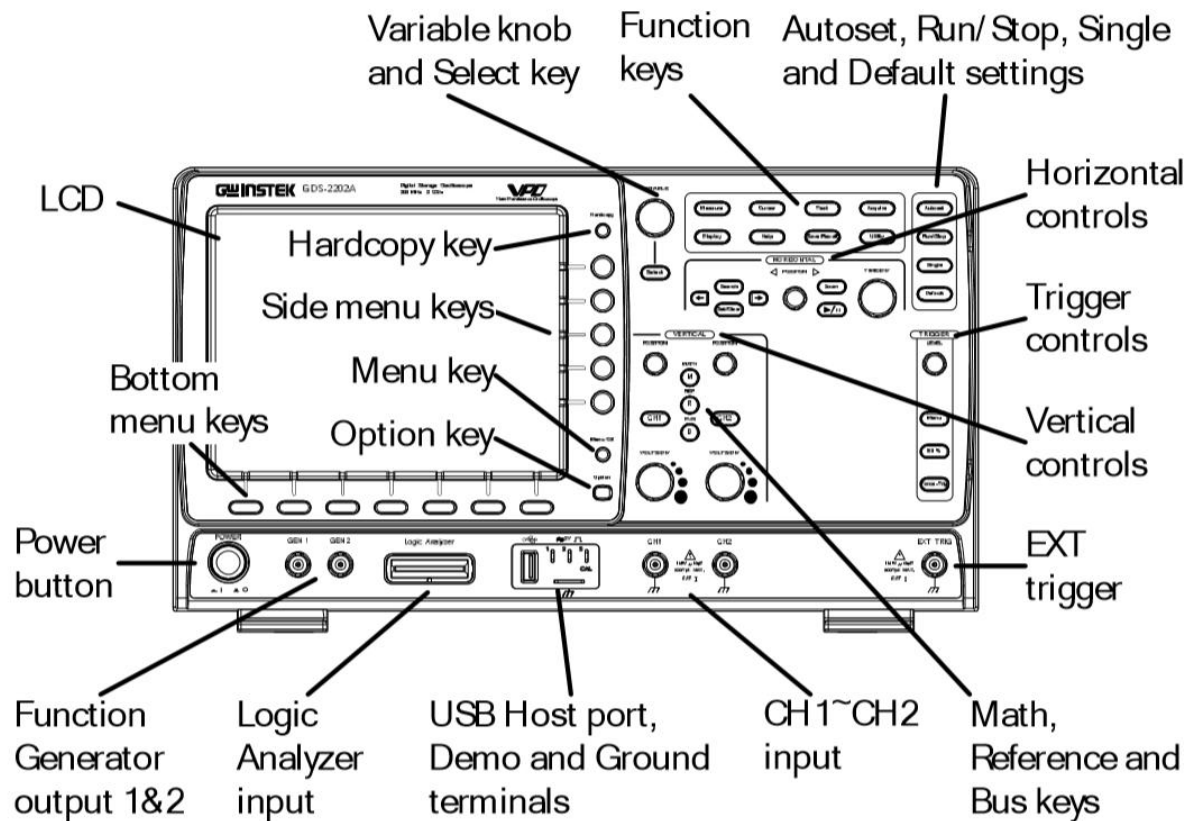


二、示波器

- 示波器是一种用来测量电信号波形的电子仪器。用示波器能够观察电信号波形，测量电信号的电压大小，周期信号的频率和周期大小。双踪示波器能够同时观察两路电信号波形。

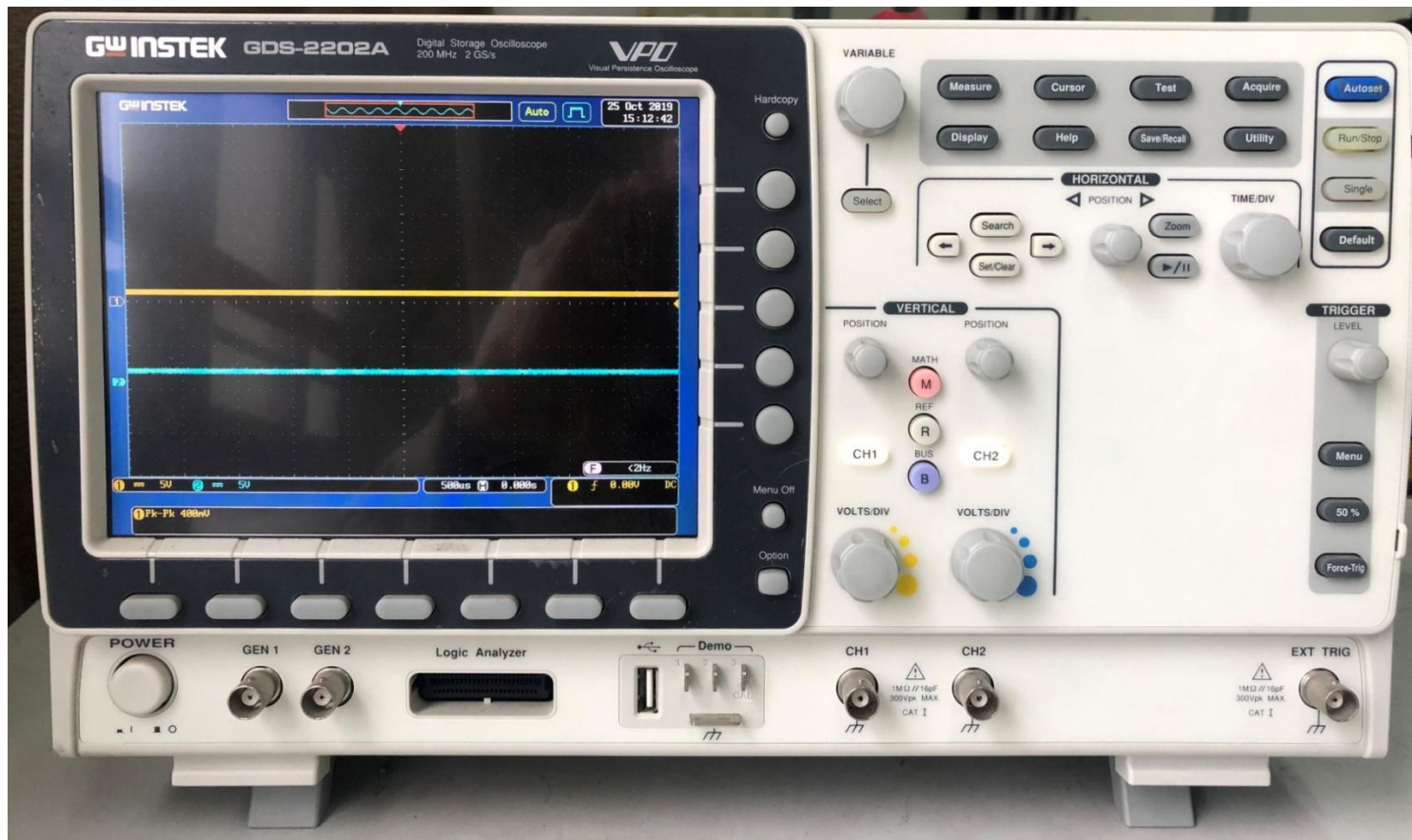


示波器面板说明



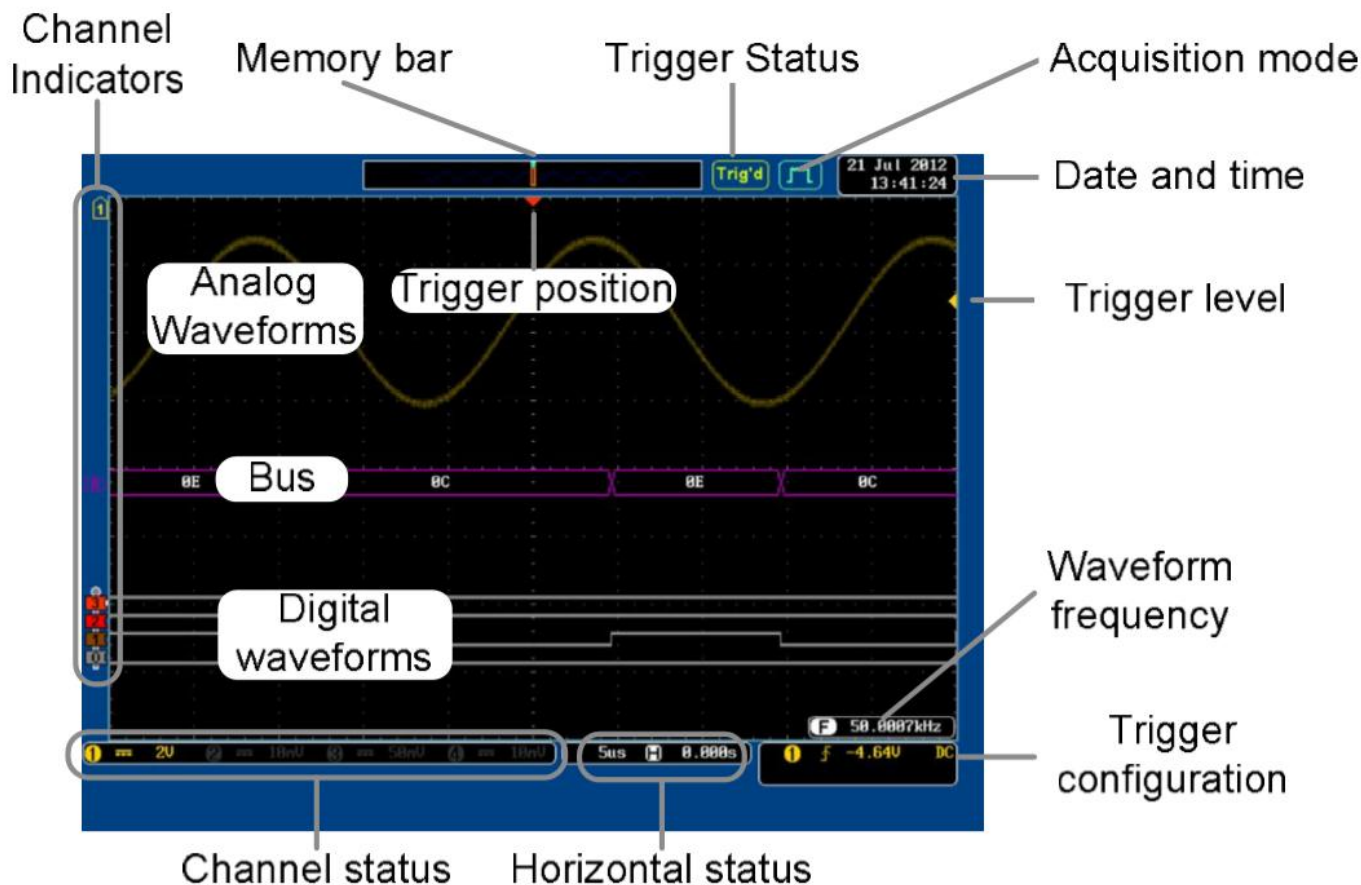


示波器面板说明





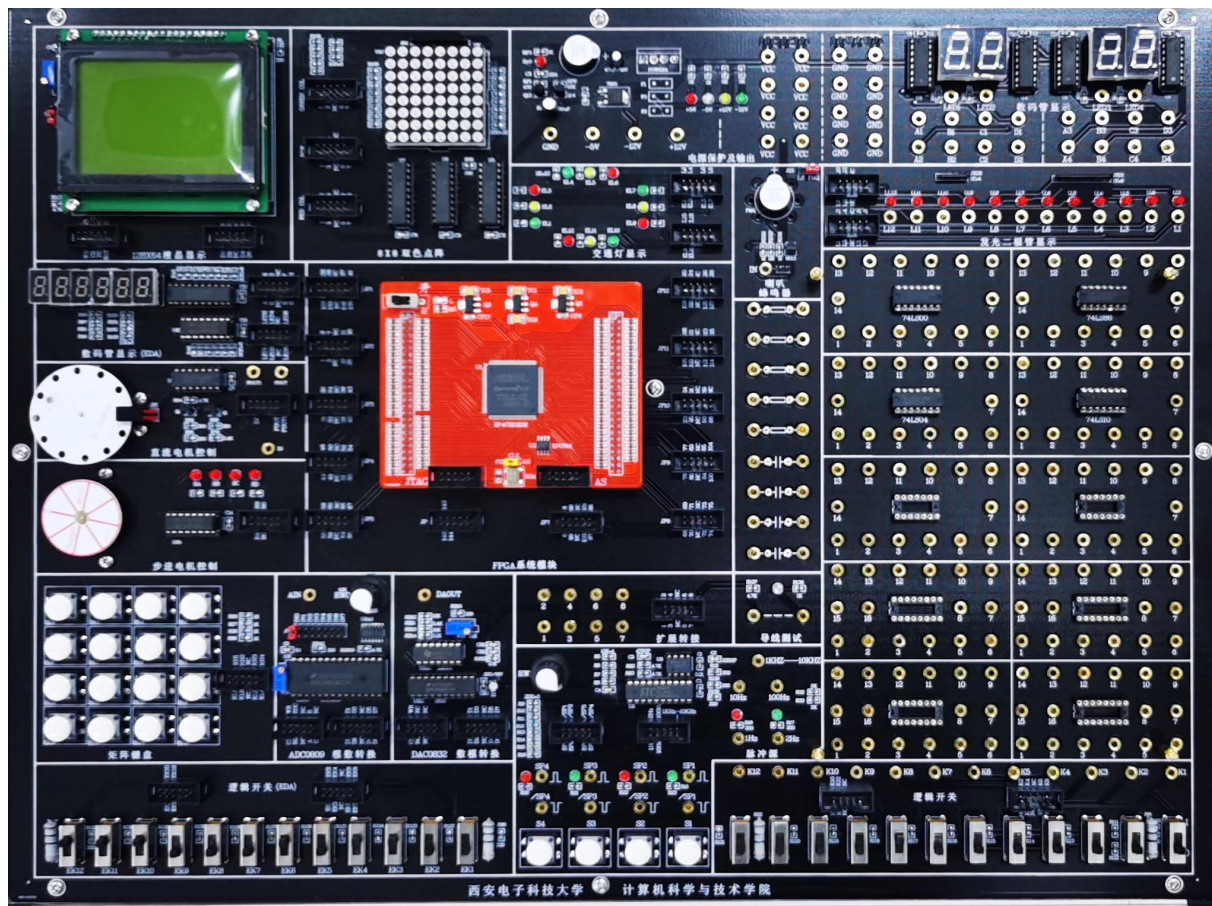
示波器屏幕说明





三、数字电路实验系统

电源接口



电源开关



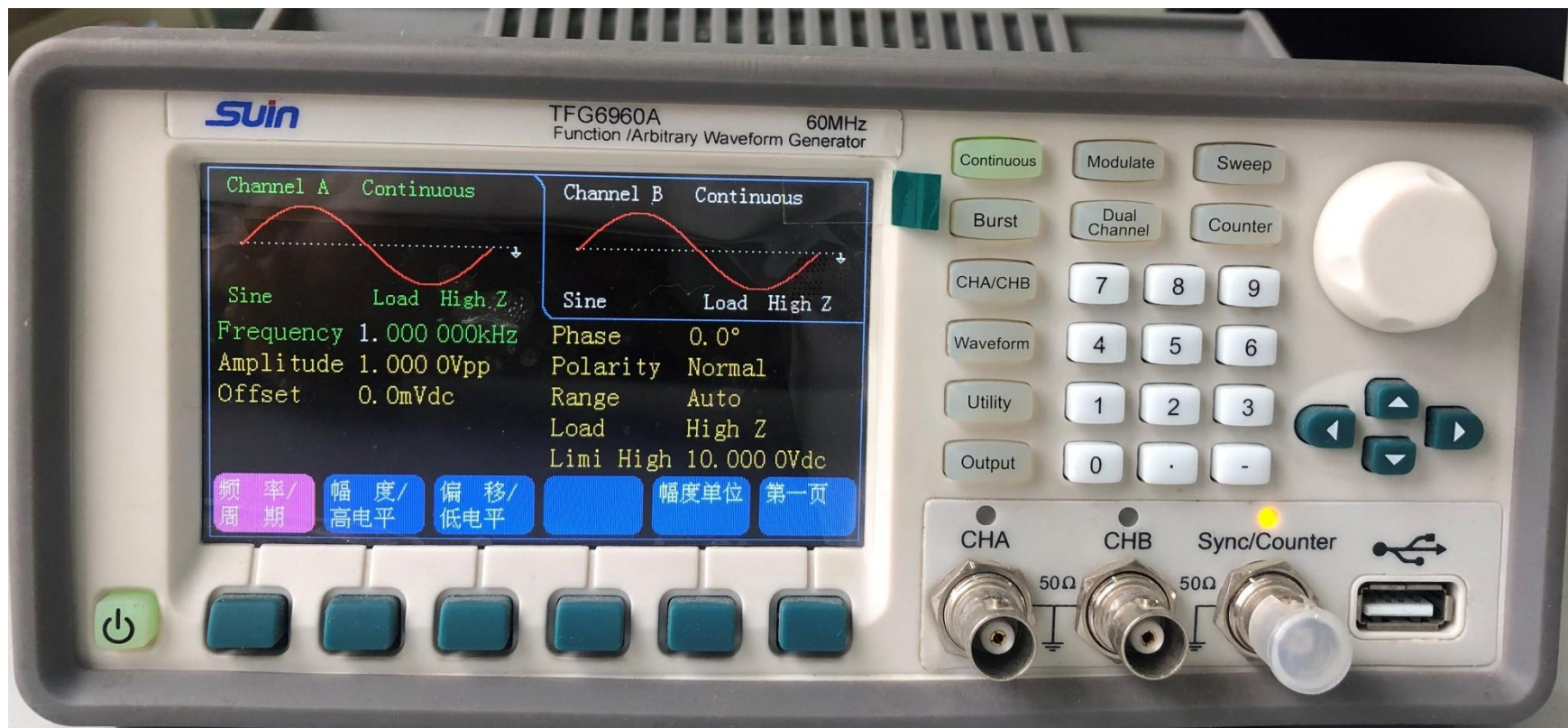
四、数字万用表

用于测量电阻、电容、三极管等元件参数，测量交、直流电压和电流的测量仪表。





五、信号源





- 实验一 基本逻辑门电路实验
- 实验二 组合逻辑电路部件实验
- 第三章 数字系统设计基础实验内容
- 实验三 时序电路设计
- 实验四 基于VHDL的逻辑电路设计
- 实验五 数字系统设计综合实验





实验一 基本逻辑门电路实验



一、基本逻辑门电路性能（参数）测试

(四) 实验内容

- 1. 将器件的输入与实验台的“地”（GND）与输出与实验台的“5V”连接。将器件的输入与实验台的“地”（GND）与输出与实验台的“5V”连接。
- 2. 用实验台的电平规模集成块被测器件的输入和输出之间的逻辑关系。
- 3. 将被测器件的输出引脚与实验台上的电平指示灯（LED）连接。输入为高电平（逻辑1）或低电平（逻辑0）。
- 4. 二输入四异或门74LS86 1片



一、基本逻辑门电路性能（参数）测试

（五）实验接线图及实验测试

74LS00中包含 4 个二输入与非门，74LS04 中包含 6 个非门，74LS86 中包含 4 个二输入异或门，它们的引脚分配图见附录。7400 第一个逻辑门逻辑关系的接线图，测试其它逻辑门的接线图与之类似。图中 K1、K2 接电平开关输出端，LED0 是电平指示灯。



1、测试74LS00逻辑关系接线图

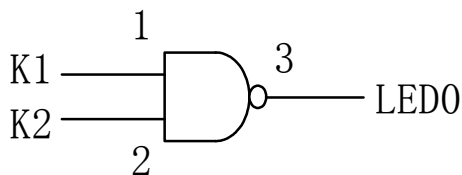


图1.1 测试74LS00逻辑关系接线图

输 入		输 出
引脚1	引脚2	引脚3
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

表1.1 74LS00真值表



2、测试74LS04逻辑关系接线图

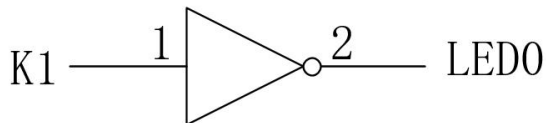


图1.2 测试74LS04逻辑关系接线图

输入	输出
引脚 1	引脚 2
L	
H	

表1.2 74LS04真值表



3、测试74LS86逻辑关系接线图

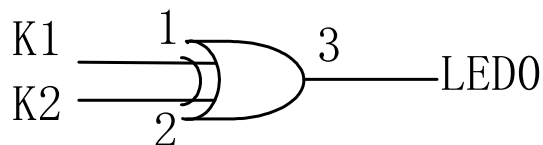


图1.3 测试74LS86逻辑关系接线图

输 入		输 出
引脚1	引脚2	引脚3
L	L	
L	H	
H	L	
H	H	

表1.3 74LS86真值表



二、TTL、HC和HCT器件的电压传输特性

(四) 实验内容

- 1. 了解测试器件的电压传输特性。分别接地和 $5V$ 。掌握万用表的使用方法。
- (2) 将实验所用器件， $74HC04$ 电位器RTL的电压输出端，连接到被测器件的输入端，片RTL的输出端电压作被测HCT器件输入电压。改变电位器改变非门的传输特性电压值。
- 3. 按步长 $0.2V$ 调整非门输入电压。首先用万用表监视非门输入电压，调好输入电压后，用万用表测量非门的输出电压，并记录下来。



二、TTL、HC和HCT器件的电压传输特性

（五）、实验接线图及实验测试

1. 实验接线图

由于 74LS04、74HC04和 74HCT04的逻辑功能相同，因此三个实验的接线图是一样的。以7404第一个逻辑门为例，画出实验接线图（电压表表示电压测试点）。

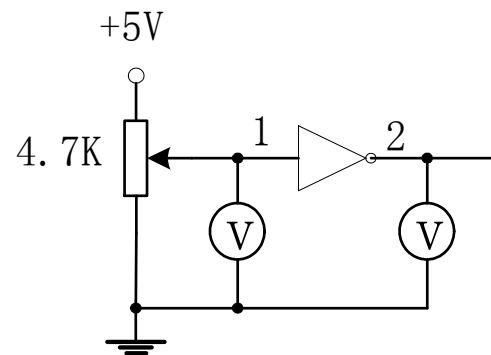


图2.1 实验二接图



二、TTL、HC和HCT器件的电压传输特性

2. 输出无负载时74LS04、74HC04、74HCT04电压传输特性测试数据

输入Vi(V)	输出Vo		
	74LS04	74HC04	74HCT04
0.0			
0.2			
...			
1.2			
1.4			
...			
4.8			
5.0			



二、TTL、HC和HCT器件的电压传输特性

3. 输出无负载时74LS04、74HC04和 74HCT04电压传输特性曲线。

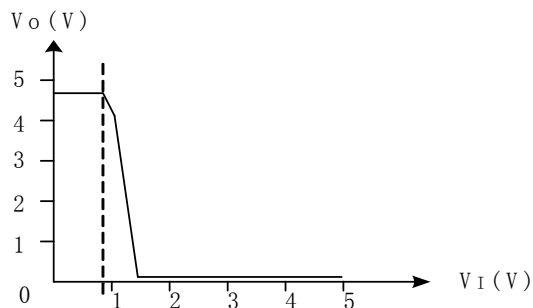


图 2.2 74LS04电压传输特性曲线

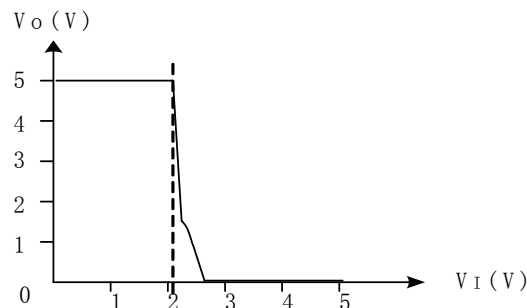


图 2.3 74HC04电压传输特性曲线

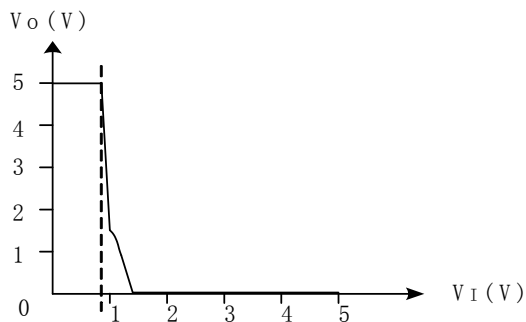


图 2.4 74HCT04电压传输特性曲线



二、TTL、HC和HCT器件的电压传输特性

4. 比较三条电压传输特性曲线的特点。

对三个芯片在输出无负载情况下进行了电压传输特性测试，图2.2、图2.3和图2.4所示的三条电压传输特性曲线说明：

(1) 74LS芯片的最大输入低电平 $V_{I L}$ 低于74HC芯片的最大输入低电平 $V_{I L}$ ，74LS芯片的最小输入高电平 $V_{I H}$ 低于74HC芯片的最小输出高电平 $V_{I H}$ 。

(2) 74LS芯片的最大输入低电平 $V_{I L}$ 、最小输入高电平 $V_{I H}$ 与74HCT芯片的最大输入低电平 $V_{I L}$ 、最小输出高电平 $V_{I H}$ 相近。

(3) 74LS芯片的最大输出低电平 $V_{O L}$ 高于74HC芯片和74HCT芯片的最大输出低电平 $V_{O L}$ 。74LS芯片的最小输出高电平 $V_{O H}$ 低于74HC芯片和74HCT芯片的最小输出高电平 $V_{O H}$ 。

(4) 74HC芯片的最大输出低电平 $V_{O L}$ 、最小输出高电平 $V_{O H}$ 与74HCT芯片的最大输出低电平 $V_{O L}$ 、最小输出高电平 $V_{O H}$ 相同。



二、TTL、HC和HCT器件的电压传输特性

5. 在不考虑输出负载能力的情况下，从上述说明得出下面的推论

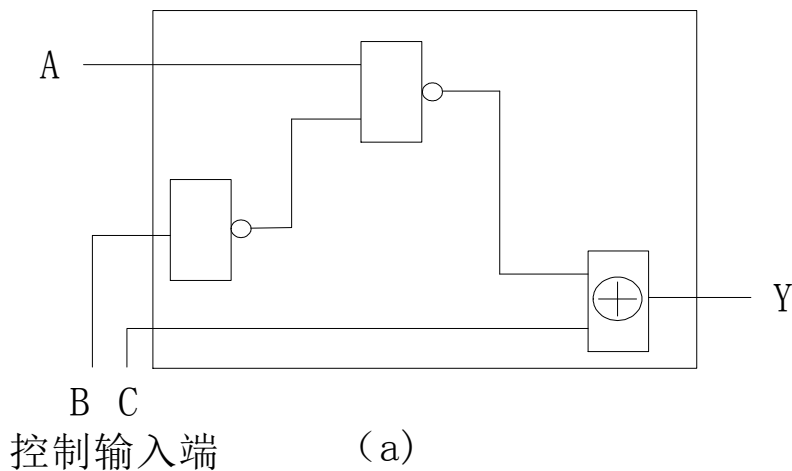
- (1) 74HCT芯片和74HC芯片的输出能够作为74LS芯片的输入使用。
- (2) 74LS芯片的输出能够作为74HCT芯片的输入使用。

实际上，在考虑输出负载能力的情况下，上述的推论也是正确的。应当指出，虽然在教科书中和各种器件资料中，74LS芯片的输出作为74HC芯片的输入使用时，推荐的方法是在74LS芯片的输出和+5V电源之间接一个几千欧的上拉电阻，但是由于对74LS芯片而言，一个74HC输入只是一个很小的负载，74LS芯片的输出高电平一般在3.5V~4.5V之间，因此在大多数的应用中，74LS芯片的输出也可以直接作为74HC芯片的输入。



三、逻辑门控制电路

1. 用与非门和异或门安装如图所示的电路。检验它的真值表，说明其功能。



输入控制端		输出
B	C	Y
0	0	\bar{A}
0	1	A
1	0	1
1	1	0

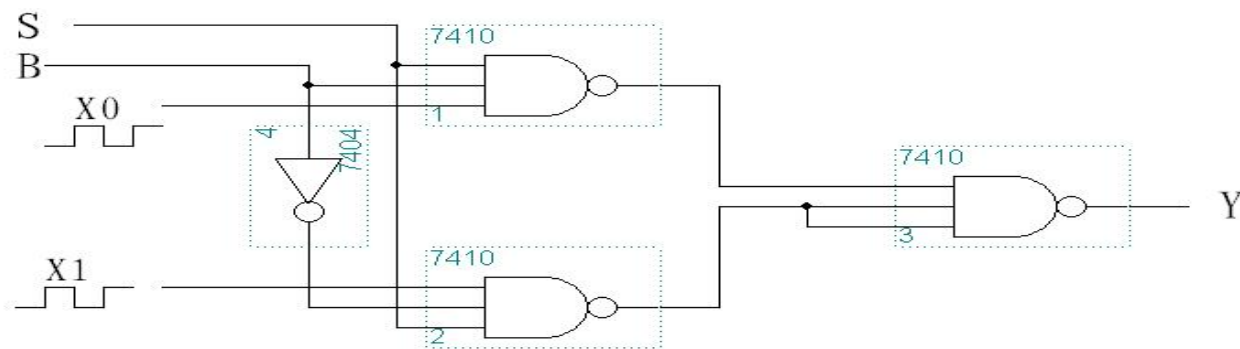
图1.3 (a) 多重控制门, (b) 真值表



三、逻辑门控制电路

2、用 3 个三输入端与非门 IC 芯片 74LS10 安装如图所示的电路

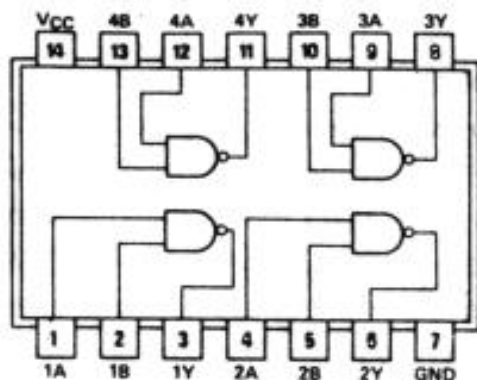
从实验台上的时钟脉冲输出端口选择两个不同频率（如 1hz 和 2hz）的脉冲信号分别加到 X0 和 X1 端。对应 B 和 S 端数字信号的所有可能组合，观察并画出输出端的波形，并由此得出 S 和 B（及/ B）的功能。



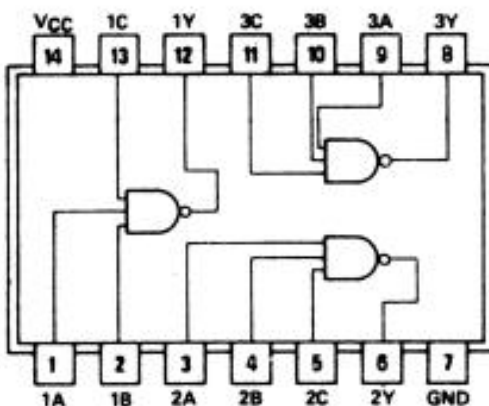


附件：常用 IC 器件引脚分配图

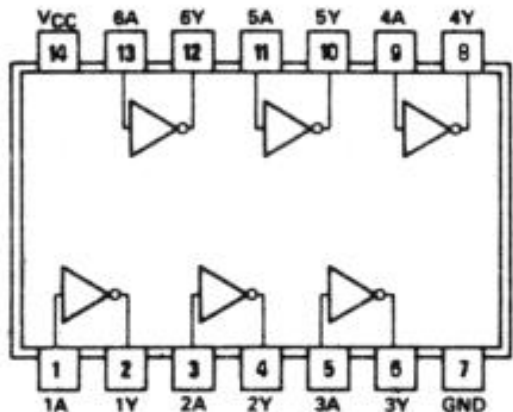
7400



7410



7404



7486

