

数字电子技术实验指导书

（燕山大学电类本科用）

杨 楠 蔡璐璐 编

电子实验中心

2005 年 9 月 1 日

实验室：信息馆 221 224

数字实验必读

本实验指导书是根据本科教学大纲安排的，共计 12 学时。除第一个实验外均为设计性实验（其中综合实验为 4 学时）。本实验室采取开放式管理，一人一组，第一个实验以班级为单位统一安排，其它实验学生可在规定时间内任选时间完成，，每次所做实验个数不限。

一、设计性实验要求：

- 1、设计题目。
- 2、设计过程（其中包括真值表、卡诺图、函数表达式、逻辑电路图）。
- 3、列出所需元件清单（根据实验室所提供的元器件）。

二、实验报告要求：

- 1、实验目的。
- 2、实验设计题目。
- 3、实验内容（设计过程——其中包括真值表、卡诺图、函数表达式、逻辑电路图）。
- 4、验证结果（可用语言叙述）。

三、实验室提供的集成片如下（引脚图见附录）：

1、TTL 系列：

74LS00、74LS10、74LS04、74LS08、74LS11、74LS20、74LS47、74LS86、
74LS74、74LS112、74LS138、74LS148、74LS153、74LS160、74LS283

2、MOS 系列：

4001、4011

目 录

实验一	数字电路学习机 (XFJS-2 型与 SXJ-3C 型) 的 使用及门电路测试-----	1
实验二	组合逻辑电路设计 (一) -----	3
实验三	组合逻辑电路设计 (二) -----	5
实验四	时序逻辑电路设计-----	6
实验五	综合实验-----	7
附录一	数字电路学习机-----	8
附录二	集成电路外引线功能端排列表-----	12

实验一 数字电路学习机（XFJS-2 型与 SXJ-3C 型）
的使用及门电路测试

一、实验目的：

- 1、掌握门电路逻辑功能测试方法；
- 2、熟悉示波器及数字电路学习机的使用方法；
- 3、了解 TTL 器件和 CMOS 器件的使用特点。

二、实验原理

门电路的静态特性。

三、实验设备与器件

- 设备：1、电路学习机 一台 2、万用表 两快
- 器件：1、74LS00 一片（四 2 输入与非门）
- 2、74LS04 一片（六反向器）
- 3、CD4001 一片（四 2 输入 或非门）
- 或使用《数字实验必读》（封二）提供的集成片

四、实验内容和步骤

1、测试 74LS04 的电压传输特性。按图 1-1 连好线路。调节电位器，使 V_I 在 0-1.5V 间变化，在表 1-1 中记录相应的输入电压 V_I 和输入电压 V_O 的值，画出电压传输特性。

表 1-1

V_I (V)	0	0.5	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.5
V_O (V)								

2、测试四二输入与非门 74LS00 的输入负载特性。测试电路如图 1-2 所示。请用万用表测试，将 V_I 和 V_O 随 R_I 变化的值添入表 1-2 中。

表 1-2

R_I	100 Ω	300 Ω	1K	4.7K	5.1K	6.1K	10K	15K
V_I								
V_O								

3、测试与非门的逻辑功能。测量 74LS00 二输入与非门的真值表：将测量结果添入表 1-3 中。

表 1-3

74LS00			CD4001		
输 入		输 出	输 入		输 出
A B	Y	电压 (V)	A B	Y	电压 (V)
L L			L L		
L H			L H		
H L			H L		
H H			H H		

4、测量 CD4001 二输入或非门的真值表，将测量结果填入表 1-3 中。

注意:CMOS 电路的使用特点：应先加入电源电压，再接入输入信号；断电时则相反，应先断输入信号，再断电源电压。另外，CMOS 电路的多余输入端不得悬空。

五、预习要求

- 1、阅读实验指导书，了解学习机的结构；
- 2、了解所有器件（74LS00，74LS04，CD4001）的引脚结构；
- 3、TTL 电路和 CMOS 电路的使用注意事项。

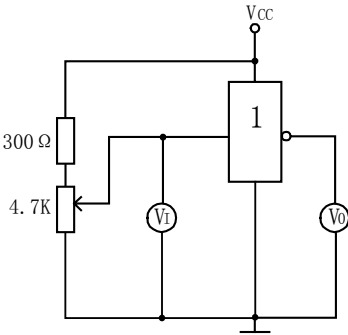


图 1-1

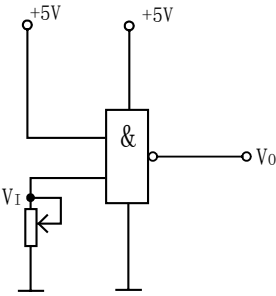


图 1-2

实验二 组合逻辑电路设计（一）

一、实验目的

- 1、学习并掌握小规模芯片（SSI）实现各种组合逻辑电路的方法；
- 2、学习用仪器检测故障，排除故障。

二、实验原理

用门电路设计组合逻辑电路的方法。

三、实验内容及要求

1、用 TTL 与非门和反向器实现“用三个开关控制一个灯的电路。”要求改变任一开关状态都能控制灯由亮到灭或由灭到亮。测试其功能。

2、用 CMOS 和非门实现“判断输入者与受血者的血型符合规定的电路”，测试其功能。要求如下：

人类由四种基本血型：A、B、AB、O 型。输血者与受血者的血型必须符合下述原则；O 型血可以输给任意血型的人，但 O 型血的人只能接受 O 型血；AB 型血只能输给 AB 型血的人，但 AB 血型的人能够接受所有血型的血；A 型血能给 A 型与 AB 型血的人；而 A 型血的人能够接受 A 型与 O 型血；B 型血能给 B 型与 AB 型血的人，而 B 型血的人能够接受 B 型与 O 型血。试设计一个检验输血者与受血者血型是否符合上述规定的逻辑电路，如果输血者的血型符合规定电路，输出高电平（提示：电路只需要四个输入端，它们组成一组二进制数码，每组数码代表一对输血与受血的血型对）。

约定“00”代表“O”型

“01”代表“A”型

“10”代表“B”型

“11”代表“AB”型

3、TTL 与非门和反向器实现一组逻辑电路，其功能自行选定。

四、实验设备及器件

- | | |
|-----------|-------------|
| 1、数字电路学习机 | 一台 |
| 2、74LS20 | 一片（双四输入与非门） |
| 3、74LS04 | 一片（六反相器） |
| 4、74LS10 | 两片（三三输入与非门） |
| 5、CD4011 | 两片（四二输入与非门） |

或使用《数字实验必读》（封二）提供的集成片

五、预习要求

- 1、提前预习实验内容及相关知识。
- 2、自行设计电路，画出逻辑电路图（用指定器件设计）。

实验三 组合逻辑电路设计（二）

一、实验目的

- 1、学习掌握用中规模芯片（MSI）实现各种组合逻辑电路的方法；
- 2、学习芯片使能端的功能、用法。

二、实验原理

用集成译码器和数据选择器设计组合逻辑电路的方法。

三、实验内容及要求

- 1、用 3-8 线译码器 74LS138 和与非门实现两个二位二进制数乘法运算电路，测试其功能。
- 2、用四选一数据选择 74LS153 和与非门实现全减器的电路，测试其功能。
- 3、自己选择一组合电路。可用译码器、数据选择器或四位加法器及必要电路实现。

四、实验设备及器件

- | | |
|-----------|---------------|
| 1、数字电路学习机 | 一台 |
| 2、74LS138 | 两片（3-8 线译码器） |
| 3、74LS00 | 一片（四二输入与非门） |
| 4、74LS153 | 一片（双四选一数据选择器） |
| 5、74LS04 | 一片（六反向器） |
| 6、74LS283 | 一片（四位二进制全加器） |
| 7、74LS20 | 三片（双 4 输入与非门） |

或使用《数字实验必读》（封二）提供的集成片

五、预习要求

- 1、提前预习实验内容及相关知识；
- 2、自行设计电路。列写必要的真值表、表达式，画出逻辑电路图。

实验四 时序逻辑电路设计

一、实验目的

- 1、掌握边沿 JKFF 的功能、动作特点；
- 2、掌握用边沿 JKFF 设计同步时序电路的方法；
- 3、熟悉集成计数器的逻辑功能和各控制端的作用，弄清同步清零和异步清零的区别；
- 4、熟悉集成计数器的级联扩展；
- 5、掌握用中规模集成电路计数器设计和实现任意进制计数器的方法。

二、实验原理

同步时序逻辑电路的设计方法。

三、实验内容及要求

- 1、用双 J-K 负边沿触发器 74LS112 实现同步时序电路。其逻辑功能为：同步十进制减计数，能自启动，有进位输出，测试其功能(采用 8421 码)。
- 2、用同步十进制计数器 74LS160 实现 36 进制计数器，要求使用异步清除 $\overline{R_D}$ 端，测试其功能。
- 3、自选一个时序电路，自行设计。

四、实验设备及器件

- | | |
|-----------|-----------------|
| 1、电路学习机 | 一台 |
| 2、74LS112 | 两片（双 JK 负边沿触发器） |
| 3、74LS20 | 两片（双四输入与非门） |
| 4、74LS04 | 一片（六反向器） |
| 5、74LS00 | 一片（四二输入与非门） |
| 6、74LS160 | 二片（同步十进制计数器芯片） |

或使用《数字实验必读》（封二）提供的集成片

五、预习要求

- 1、提前预习实验内容及相关知识；
- 2、自行设计电路，画出实验电路图。

实验五 综合实验

一、实验目的

数字电子技术综合实验是针对《数字电子技术基础》课程要求，通过独立完成一个较复杂的设计题目训练学生综合运用数字电路基本知识设计、调试电路的能力。

二、实验原理

组合逻辑电路时序逻辑电路的设计方法。

三、实验内容及要求

设计题目：

（一）、设计一个 4 人抢答逻辑电路。具体要求如下：

- 1、每个参赛者控制一个按钮，按动按钮发出抢答信号。
- 2、竞赛主持人另有一个按钮，用于将电路复位。
- 3、竞赛开始后，先按动按钮者将对应的一个发光二极管点亮，此时其他 3 人按动按钮对电路不起作用。

（二）、设计一个 1--5 号的呼叫系统。具体要求如下：

- 1、1 号优先级最高，优先级依次递减，5 号最低
- 2、用数码管显示呼叫信号的号码，没有信号呼叫时显示“0”；有多个信号呼叫时显示优先级最高的呼叫号。
- 3、凡有呼叫就发出间歇 0.5 秒的呼叫声，直至有应答信号为止。

（三）、设计一个三位数字显示可控制计时器。要求如下：

- 1、计时范围为 0~9 分 59 秒，精确到秒；
- 2、能实现开机自动清零和手动清零；
- 3、用三位数码管显示计时时间；
- 4、可随时启动和停止计时，显示当时的计时值。

四、预习要求

从上述三个题目中任选一个，设计电路；列出所用元件清单；要求有详细设计步骤、逻辑电路图。

附录 I

数字电路学习机 (SXJ—3C 型) (XFJS-2)

本学习机采用彩色面板、图象清晰。本学习机具有实验功能全,使用灵活,操作方便,电源种类多,具有短路报警、多种信号显示、自锁紧接插件接插电阻极小、维修简单等优点。

一、技术性能

1、电源: 输入 $AC220V \pm 10\%$ ($P < 20W$)

输出 ① $DC+5V/1A$; ② $DC+15V/0.2V$; ③ $DC-15V/0.2A$ 。

2、信号源:

(1)单脉冲信号源: 有正负两种脉冲。

(2)可调频率脉冲源: 其频率范围由 $1Hz \sim 500KHz$ 。

(3)固定频率脉冲源: 晶体频率为 $4MHz$, 分频得到 $2MHz$ 、 $20KHz$ 、 $1KHz$ 、 $2Hz$ 、 $1Hz$ 5 种频率。

3、逻辑电平开关电路: 本机设落机电平开关 8 只。

4、平显示电路: 本机设有 8 位 LED 显示。

5、数码显示电路: 面板上有两位 BCD 七段译码器显示。另有两位共阳七段 LED 数码管。

6、元件库: 元件库装有 3 个电位器, 10 只电阻, 4 只电容。

7、双列直插式集成电路座: 面板上装有 8P 两只, 14P 六只, 16P 六只, 20P 一只, 28P 一只, 共计 16 只。

二、电路原理

1、电源

三种直流稳压电源分别有 LED 指示灯显示。

2、信号源

(1)单脉冲源。由正负两种脉冲。输出端有指示灯显示。

(2)可调频率脉冲源。用压控振荡器 4046 组成占空比为 50%方波脉冲源。

频率范围分成 4 档，每档由微调电位器调节，经缓冲器输出。输出端接有指示灯。其频率范围由 $1\text{Hz}\sim 500\text{Hz}$ ，输出波形占空比基本保持在 50% 状态。

(3) 固定评频率脉冲源。本机装有石英晶体多谐振荡器，晶体频率为 4MHz ，用 74LS390、74LS74 分别得到 2M、20K、1K、2、1 (Hz) 5 种频率，用插口引出。在 1Hz 输出端装有 LED 显示秒脉冲。

3、逻辑电平开关电路。本机设逻辑电平开关 8 只，高电平为 4.2V，可输出 1mA。

三、使用方法

1、将电源线电插入市电插座，然后接通电源，这时三种电源的三只指示灯亮，这表明本机电源工作正常。

2、板上 IC 插座均未接电源，实验时应按插入 IC 的引脚接好相应电源线才能正常工作。

3、IC 插入插座前应调整好双列引脚间距，仔细对准插座后均匀压入，拔出时需要用螺丝刀从两边轻轻翘起。

4、实验前应先阅读指导书，在短开电源开关的状态下按实验线路接好连接线，检查无误后再接通主电源。

5、实验时更改接线或元器件，应先关断电源，插错或多余的线拔出，不能一端插再电路上，另一端悬空，防止短接电路其它部分。

四、注意事项

1、实验过程中，切勿将杂物放在本机的面板上，以免短路。

2、本机的稳压电源电路中装有短路保护装置，如有报警声时，应首先关电源，排除电路故障后再接通电源。有时在接通或断开 AC220V 开关时有极短的报警声，这是正常现象。

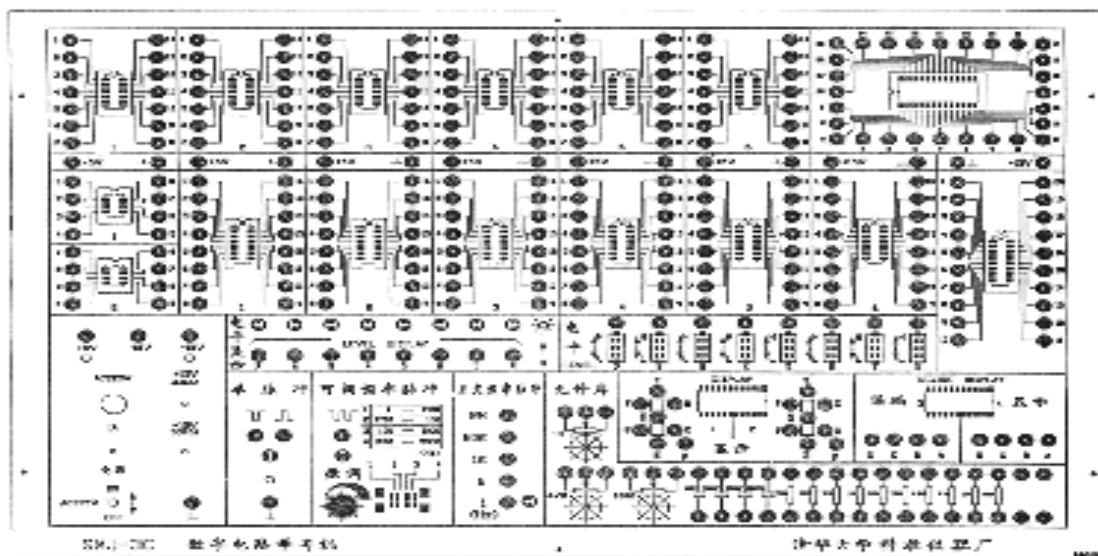
3、在 $\pm 15\text{V}$ 电源输出电路中接有保险管 (0.5A)。在做 TTL 电路实验时，为了防止接错电源，可以予先将 $\pm 15\text{V}$ 电源的保险座拧开取出保险管。这样 $\pm 15\text{V}$ 电源没有输出。

4、电平显示电路。本机的电平显示电路，采用 4049 (反相缓冲/变换)

驱动LED发光二极管显示，输出阻抗 $R_i \approx 100K$ 。当显示电路中的高电平时取电流小，只有 μA 级。几乎不影响电路工作状态。

5、数码显示电路。面板上有两位 BCD 七段数码管。译码器为 74LS47，数码管为共阳七段 LED。另有二位工阳七段 LED 数码管，其输入端 a、b、c、d、e、f、g 及小数点 p 都接有输入插口，低电平有效。

图 1 SXJ-3C 数字电路学习机面板图



五、量较高脉冲的方法。

将 Y 信号接入示波器的一种方法是通过一段导线，但这样会受到交流声和寄生信号的干扰。另一种方法是采用屏蔽电缆，对于频率较低的信号和上升时不太短的脉冲来说，屏蔽电缆一般是令人满意的。但对于频率较高且速度较快的脉冲来说，信号会因屏蔽电缆的输入并联电容而衰减或失真。

被偿的分压探头克服了这类问题。它与 Y 输入端通过屏蔽电缆来连接的方法相比，它能为被测电路提供较高的负载电阻和较低的并联电容，但这是以衰减输入为代价的，在按坐标刻度测量信号幅度时需将它计算进去。可利用 10: 1 和 50: 1 分压比的探头，它们分别相当于 20dB 和 34Db。因此，当用示波器的输入衰减测量信号幅度时，必须用探头的衰减量（以分贝值或直接的比值）来修正衰减器/刻度值。

还可利用 1:1 增益比的有源探头,但其输入端动态范围有限(约 $\pm 0.5 \sim \pm 5V$)。探头中的有源器件一般为场效应晶体管。10:1 无源探头最为通用,其电路示于图 1。调节补偿微调电容器以得到无倾斜的矩形信号(注意,有些示波器具有提供约 6V 峰峰快速上升正向脉冲的探头测试点,当探头尖接触测试点时,可调节探头使所显示的脉冲为正角,它与欠补偿一样不好。

六、维护及故障排除

(一)维护

- 1、防止撞击跌落
- 2、用完后拔下电源插头并关闭机箱,防止灰尘、杂物进入机箱。
- 3、做完实验后要将面板上插件及连线全部拔出并整理好。
- 4、多次使用后可能发生连接线内部接触不良或断开的故障,当实验连接发生故障时应检查连线。

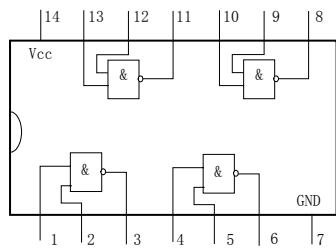
(二)故障排除

- 1、电源无输出:学习机电源初级接有 1.0 (0.5) A 熔断器。当输出短路或过载时有可能烧断熔断管,如烧断,需更换同规格熔断管。
- 2、信号源、电源、线路区部分异常(不能调节或无输出),检查或更改相应元器件。

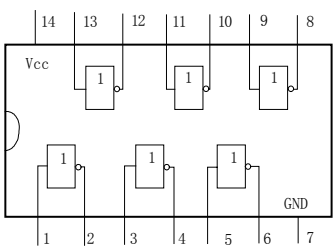
注意: 打开实验面板时必须拔下电源插头!

附录 II

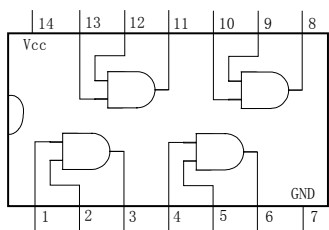
集成电路外引线功能端排列表



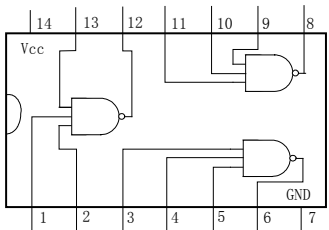
00 四两输入与非门



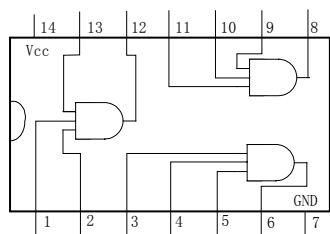
04 六反相器



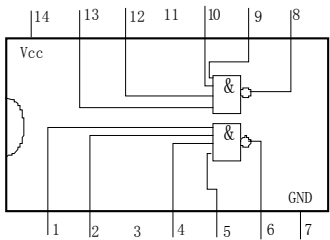
08 四两输入与门



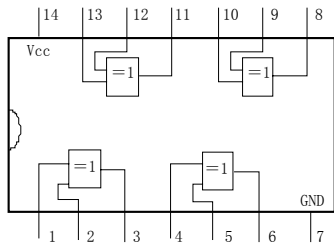
10 三三输入与非门



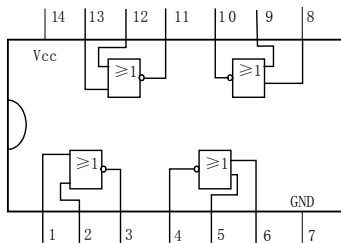
11 三三输入与门



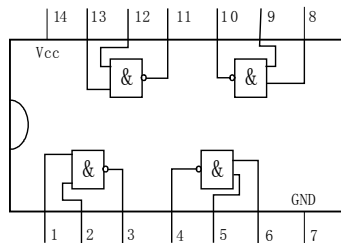
20 双四输入与非门



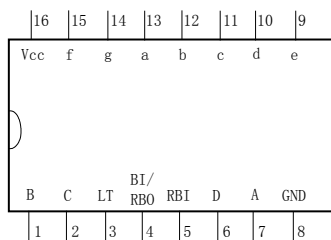
86 四异或门



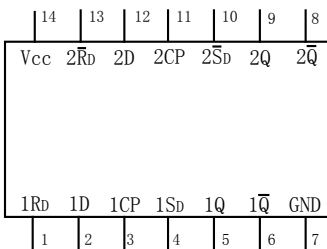
4001 四二输入或非门(CMOS)



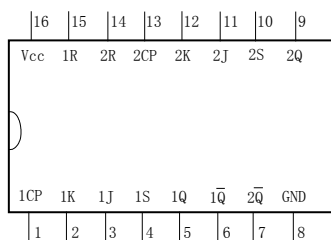
4011 四二输入与非门(CMOS)



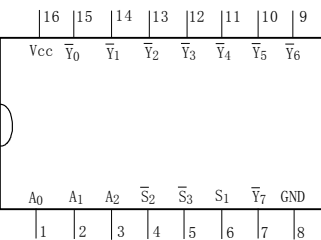
47 BCD-七段译码器



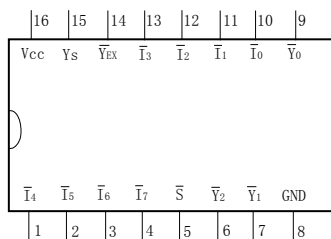
74 双上升沿 D 触发器



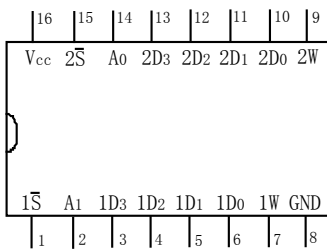
112 双下降沿 J-K 触发器



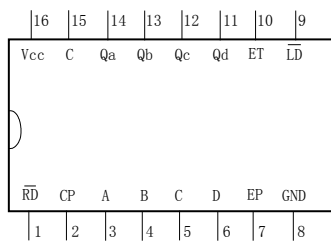
138 3 线-8 线译码器



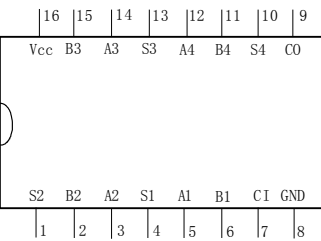
148 8 线-3 线优先编码器



153 双四选一数据选择器



160 同步十进制计数器



283 四位二进制超前进位全加器