

高等职业院校电子信息专业系列教材

数字电子技术

SHUZI DIANZI JISHU

(下册·实验指导)



谭文群 鲁杰 蒋萍萍 主编

 中国科学技术出版社

高等职业院校电子信息专业系列教材

数 字 电 子 技 术

(下册·实验指导)

谭文群 鲁 杰 蒋萍萍 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国科学技术出版社

·北 京·

编写说明

本实验指导书是为《数字电子技术》(上册·教材)配套而写的。全书分为17个实验,编写顺序与《数字电子技术》(上册·教材)章节基本一致。

数字电子技术是一门实践性很强的专业基础课,必须十分重视加强实验教学。数字电子技术实验课的目的是进一步巩固和加强理论知识,培养学生基本操作技能,提高解决实际问题的能力。因此,要学好数字电子技术,关键在于动手。只要学好《数字电子技术》(上册·教材)的理论知识,并且亲自动手做好每一个实验,通过实验加深对数字电子技术的理解,就不难达到预期的目的。

作为配套书,本书不再过多交待原理,只介绍各种常用集成逻辑芯片的功能、外部特性、主要参数及典型应用,强调如何利用各种芯片设计实用数字逻辑电路,解决数字技术应用中的一些实际问题。

在本书编写过程中,由于时间仓促,加之本人水平有限,凡有不妥之处,请读者批评指正。

编者

2005年8月

前 言

自 20 世纪 90 年代以来,随着高等教育结构的调整,我国的高等职业教育取得了长足发展。尤其是近年来,随着一大批高等职业技术学院的成立,以普通高中毕业生和中等职业学校毕业生为生源,以培养经济建设和社会发展急需的中高级应用型、技能型人才为目标的高等职业教育发展势头良好。为保持高等职业教育发展的良好势头,2004 年 6 月,全国职业教育会议进一步指出:职业教育必须坚定不移地以服务为宗旨,以就业为导向,在办学思路、办学体制和机制、培养模式等方面进行改革创新,实现职业教育快速、健康、持续发展。

在这一背景下,作为整个高等职业教育工作重要组成部分的教材建设工作也取得了可喜的成绩,并已出版了一大批高等职业教育教材。但从整体上看,具有高等职业教育特色的教材还比较匮乏,目前仍有少数院校尚在借用本科或中专教材,教材建设仍落后于高等职业教育的发展。也正是在这一背景下,我们组织二十余所高校的专家和一线骨干教师编写了这套“高等职业院校电子信息专业系列教材”,现呈现在各位面前的《数字电子技术》(下册·实验指导)便是其中之一。其目的在于为建设与我国高等职业教育发展水平相适应、特色鲜明的高等职业教材体系作出我们应有的探索。

本书既可作为高职及大、中专院校开设数字电路课程的实验教材,也可以作为各类成人教育学校开设数字电路课程的实验教材。

本书由谭文群、鲁杰、蒋萍萍任主编,谢剑锋、梅振东任副主编。参加本书编写的人员有:蒋萍萍(实验一至实验九)、鲁杰(实验十、十一)、刘炜(实验十二)、周皓东(实验十三),杨细莲、谢剑锋、雷秀华等参加本书资料收集整理工作。成稿后,由主编负责书稿的修改、补充工作,最后由蒋萍萍负责全书的总纂。

本书在编写过程中,参考借鉴了有关教材和专著,而且引用了部分经典论述和最新内容,同时还得到江西生物科学技术学院、南昌工程学院、江西工业贸易职业技术学院、江西农业工程职业学院、江西省科学院、江西省通用技术工程学校等单位领导及有关老师的大力支持与帮助,在此,一并表示衷心的感谢!虽然本书作者通力合作,力求做到精益求精,但因作者水平所限,疏漏之处,在所难免,敬请广大同行和读者提出宝贵意见。

编 者

2005 年 8 月

目 录

实验一 基本逻辑门电路的逻辑功能测试	1
实验二 集成与非门逻辑功能与参数测试	6
实验三 组合逻辑电路的设计与测试	11
实验四 集成译码器及其应用	15
实验五 数据选择器及其应用	21
实验六 触发器及其应用	26
实验七 计数器及其应用	34
实验八 移位寄存器及其应用	37
实验九 用集成门电路构成信号产生与变换电路	41
实验十 集成 555 定时器及其应用	45
实验十一 D/A、A/D 转换器	50
实验十二 智力竞赛抢答装置	57
实验十三 电子秒表	59
实验十四 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	64
实验十五 数字频率计	70
实验十六 拔河游戏机	76
实验十七 随机存取存储器 2114A 及其应用	81
附录 1 CC7107 型 A/D 转换器组成的 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	88
附录 2 集成逻辑门电路新、旧图形符号对照	91
附录 3 集成触发器新、旧图形符号对照	92
附录 4 部分集成电路引脚排列	93
主要参考文献	102

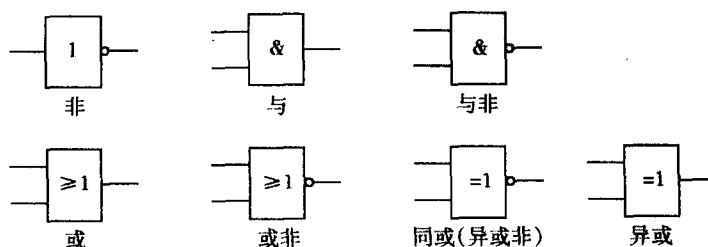
实验一 基本逻辑门电路的逻辑功能测试

一、实验目的

熟悉几种常用 TTL 集成门电路的逻辑功能,掌握其测试方法。

二、实验原理

1. 常用逻辑门电路的符号



2. TTL 集成门电路管脚图(图 1-1)

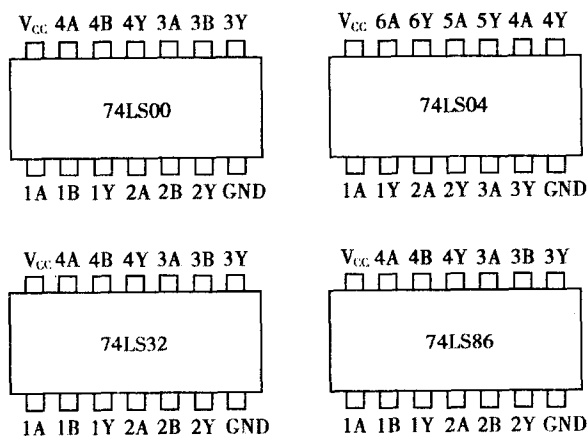


图 1-1 TTL 集成门电路管脚图

三、实验仪器和器材

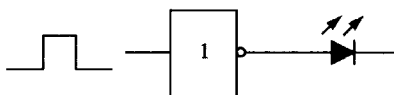
- (1) 双踪示波器
- (3) 逻辑电平开关
- (5) 数字逻辑电路实验装置
- (6) 74LS00 二输入四与非门
- 74LS04 六反相器

- (2) 数字万用表
- (4) 逻辑电平显示器
- 74LS32 二输入四或门
- 74LS86 二输入四异或门

四、实验内容

按图正确接线,并将测量结果填入表格。

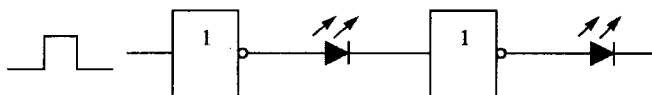
1. 非



真值表

A	F

2. 非-非



真值表

A	B	F

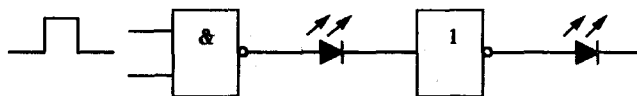
3. 与非



真值表

A	B	F

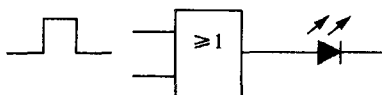
4. 与



真值表

A	B	F

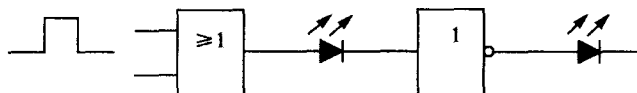
5. 或



真值表

A	B	F

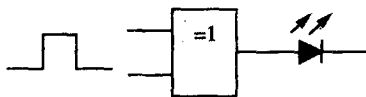
6. 或非



真值表

A	B	F

7. 异或



真值表

A	B	F

8. 同或



真值表

A	B	F

五、实验预习要求

- (1) 复习教材相关内容,熟悉实验用芯片引脚功能。
- (2) 拟定实验接线图、实验数据记录表格。
- (3) 熟悉数字逻辑电路实验装置、双踪示波器使用方法。

六、实验报告

记录、整理实验结果,并对结果进行分析。

七、集成电路芯片简介

本次实验中所用到的集成门电路芯片都是双列直插式的,其引脚排列规则如图 1-1 所示。识别方法是:正对集成电路型号(如 74LS00)或看标记(缺口或小圆点对着左边),从左下角开始按逆时针方向以 1,2,3,……依次排列到最后一脚(在左上角)。在标准型 TTL 集成门电路中,电源端 V_{CC} 一般排在左上端,接地端 GND 排在右下端。如 74LS00 芯片为 14 脚芯片,14 脚为 V_{CC} ,7 脚为 GND。若集成芯片引脚上功能标记为 NC,则表示该引脚为空脚,与内部电路不连接。

八、TTL 集成电路使用规则

(1) 接插集成块时,要认清定位标记,不得插反。

(2) 电源电压使用范围为 $+4.5 \sim +5.5\text{V}$ 之间,实验中要求使用 $V_{\text{cc}} = +5\text{V}$,电源极性绝对不允许接错。

(3) 闲置输入端处理方法

1) 悬空,相当于正逻辑“1”,对于一般小规模集成电路的数据输入端,实验时允许悬空处理。但易受外界干扰,导致电路的逻辑功能不正常。因此,对于接有长线的输入端,中规模以上的集成电路和使用集成电路较多的复杂电路,所有控制输入端必须按逻辑要求接入电路,不允许悬空。

2) 直接接电源电压 V_{cc} (也可以串入一只 $1 \sim 10\text{k}\Omega$ 的固定电阻)或接至某一固定电压($+2.4\text{V} \leq V \leq 4.5\text{V}$)的电源上,或与输入端为接地的多余与非门的输出端相接。

3) 若前级驱动能力允许,可以与使用的输入端并联。

(4) 输入端通过电阻接地,电阻值的大小将直接影响电路所处的状态。当 $R \leq 680\Omega$ 时,输入端相当于逻辑“0”;当 $R \geq 4.7\text{k}\Omega$ 时,输入端相当于逻辑“1”。对于不同系列的器件,要求的阻值不同。

(5) 输出端不允许并联使用[集电极开路门(OC)和三态输出门电路(3S)除外]。否则不仅会使电路逻辑功能混乱,还会导致器件损坏。

(6) 输出端不允许直接接地或直接接 $+5\text{V}$ 电源,否则将损坏器件,有时为了使后级电路获得较高的输出电平,允许输出端通过电阻 R 接至 V_{cc} ,一般取 $R = 3 \sim 5.1\text{k}\Omega$ 。

实验二 集成与非门逻辑功能与参数测试

一、实验目的

- (1) 掌握 74LS20 及 74LS00 型 TTL 集成与非门主要参数的测试方法。
- (2) 掌握与非门逻辑功能的测试方法。

二、实验原理

本实验所使用的 74LS20(双四输入与非门)或 74LS00(四二输入与非门)是一种低功耗肖特基集成 TTL 门电路,其电路图及引脚排列功能如图 2-1 所示。

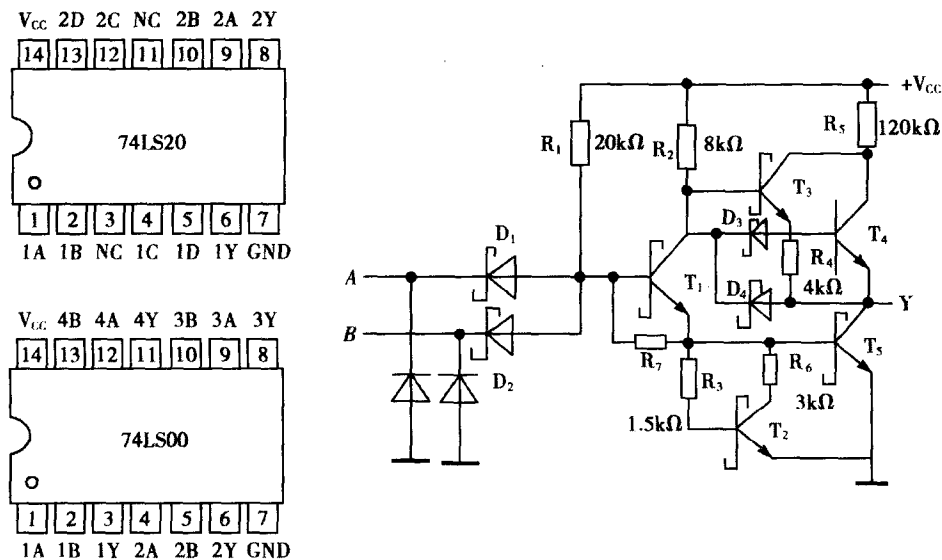


图 2-1 74LS00 电路结构及引脚排列

74LS00 及 74LS20 采用肖特基二极管作为输入级,组成与门电路,而用三极管作为输出级而实现非的逻辑功能。下面分析该电路的逻辑功能。

1. 输入端有一个或几个接低电平(0.3V)——“关门状态”

假设 A 端接低电平 0.3V,则 $V_{B1} = 0.3 + 0.2 = 0.5V$ (0.2V 为肖特基二极管导通电压)。此电压使 T_1 、 T_2 、 T_5 均截止, V_{CC} 通过 8kΩ 电阻给 T_3 、 T_4 提供偏置电流, T_3 、 T_4 导通,且处于空载电流很小的饱和状态。输出高电平 V_{OH} 达 3.6V。输出电阻是复合管电阻,其数值很小,输出高电平稳定,且可带一定的拉电流负载(I_{OH})。

2. 输入端全部接高电平(3.6V)——“开门状态”

这时 $V_{B1} = V_{BE1} + V_{BE5} = 0.7 + 0.7 = 1.4V$,各输入二极管均截止。 T_1 、 T_5 正偏且有足够大的基极电流使 T_1 、 T_5 饱和导通,输出为低电平 $V_{OL} = 0.3V$, $V_{B3} = V_{C1} = V_{BE5} + V_{CES1} = 0.7 + 0.3 = 1V$,其电位差 $V_{B3} - V_{C5} = 1 - 0.3 = 0.7V$,此值不会使 T_3 、 T_4 同时导

通。但 T_3 的发射极有一电阻,较易导通,故为微导通状态。 T_4 截止,其很大的输出电阻作为 T_5 的负载,所以 T_5 这时可带较大的灌电流负载(I_{OL})。

以上分析说明 74LS00 和 74LS20 型 TTL 电路能实现“与非”的逻辑功能。

74LS00 为二输入与非门 $Y = \overline{AB}$

74LS20 为四输入与非门 $Y = \overline{ABCD}$ 。

三、实验设备与器件

- | | |
|---|----------------|
| (1) +5V 直流电源 | (2) 直流数字电压表 |
| (3) 双踪示波器 | (4) 函数信号发生器 |
| (5) 直流毫安表 | (6) 数字逻辑电路实验装置 |
| (7) 逻辑电平显示器 | (8) 逻辑电平开关 |
| (9) 74LS20 74LS00 1k Ω 、10k Ω 电位器 | |

四、实验内容

1. 元件认识

观察集成芯片的外形,了解引脚排列及各管脚的位置和功能。

2. 主要外部特性参数测量

(1) 输出高电平 V_{OH}

将与非门任一输入端接地,其他输入端悬空,测量输出端的电压值,即得 V_{OH} , V_{OH} 的典型值是 3.6V,产品规范值为 $V_{OH} \geq 2.4V$,标准高电平 $V_{SH} = 2.4V$ 。

实测得:

$$V_{OH} = \quad V$$

(2) 输出低电平 V_{OL}

将与非门输入端全部接至高电平 3.6V,此时测得的输出电压值即为输出低电平 V_{OL} , V_{OL} 的典型值是 0.3V,产品规范值为 $V_{OL} \leq 0.4V$,标准低电平 $V_{SL} = 0.4V$ 。

实测得:

$$V_{OL} = \quad V$$

(3) 开门电平 V_{ON}

测量电路如图 2-2 所示,将 V_I 从 0 逐渐增加,当输出电平达到标准低电平 $V_{SL} = 0.4V$ 时的输入电压即为 V_{ON} 。 V_{ON} 的典型值为 1.5V,产品规范值为 $V_{ON} \leq 1.8V$ 。 V_{ON} 越小,与非门在输入高电平时的抗干扰能力越强。

实测得:

$$V_{ON} = \quad V$$

(4) 关门电平 V_{OFF}

测量电路同上,调节输入电压 V_I ,使输出端为低电平,然后逐渐减小 V_I ,当输出电平达到标准高电平 $V_{SH} = 2.4V$ 时的输入电压即为 V_{OFF} 。 V_{OFF} 的典型值为 1V,产品规范值

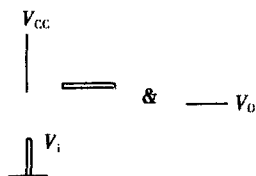


图 2-2 开门电平测量电路

为 $V_{OFF} \geq 0.8V$ 。 V_{OFF} 越大,与非门在输入低电平时的抗干扰能力越强。

实测得:

$$V_{OFF} = \quad V$$

实际中,只要开门电平 V_{ON} 合格, V_{OL} 也一定合格。

(5) 输入短路电流 I_{IS} 的测量

将与非门任一输入端经毫安表接地,如图 2-3 所示,其余各端悬空,毫安表读数即 I_{IS} 值,产品规范值为 $I_{IS} \leq 1.6\text{mA}$,此值最好小于 0.4mA 。

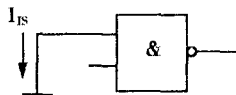


图 2-3 输入短路电流的测量电路

实测得:

$$I_{IS} = \quad \text{mA}$$

(6) 空载导通功耗 P_{ON}

测量电路如图 2-4 所示,与非门输入端全部开路、输出端空载,测量电源电流 I_{CC} ,得两个(或四个)与非门总的空载导通功耗。

$$P_{ON} = V_{CC} \times I_{CC}$$

此值小于 20mW 为合格。

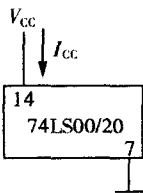


图 2-4 空载导通功耗的测量电路

实测得:

$$I_{CC} = \quad \text{mA}$$

3. 逻辑功能测试

与非门输入端接 0/1 逻辑电平开关输出插口,与非门输出端接 LED 逻辑电平指示器输入插口。扳动 0/1 逻辑电平开关,给与非门输入不同的逻辑电平组合,观察 LED 指示器显示状态,LED 亮为高电平(逻辑 1),LED 熄灭为低电平(逻辑 0),列出真值表。

4. 动态测试

(1) 从任一输入端输入单极性方波信号,如图 2-5 所示。方波信号从函数信号发生器中获得,方波信号频率以双踪示波器能稳定观察波形为准,其他输入均接高电平(0/1 逻辑电平开关拨在“1”位置),用示波器观察输入方波电压与输出方波电压的波形,比较两波形的相位关系。

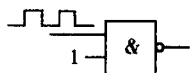


图 2-5 动态测试电路

(2) 将输入端的 0/1 逻辑电平开关其中之一拨在“0”位置,用示波器观察此时的输入电压和输出电压的波形,记录之。

5. 用示波器观察电压传输特性

与非门输入端接锯齿波电压,要求锯齿波电压的谷值电压为 $0 \sim 0.5\text{V}$ 、峰值电压为 $3 \sim 5\text{V}$,并将此锯齿波电压作为示波器 X 轴的扫描输入信号。与非门输出电压作为示波器 Y 轴的输入信号,示波器显示电压传输特性,观察并记录传输特性。

锯齿波信号可从函数信号发生器输出获得,也可将方波信号经积分输入电路来获取,电路如图 2-6 所示。

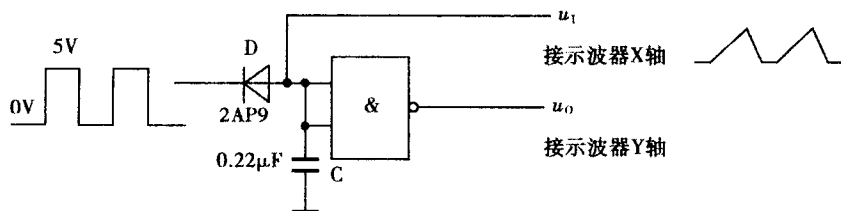


图 2-6 积分输入电路

五、实验预习要求

- (1) 复习门电路的工作原理和逻辑代数运算。
- (2) 熟悉门电路的管脚排列。
- (3) 复习示波器工作原理,掌握双踪示波器操作方法。
- (4) 拟定实验所需记录表格。

六、实验报告

- (1) 根据实验测量的与非门各主要参数,说明被测芯片是否符合技术指标要求。
- (2) 根据 V_{ON} , V_{OFF} , V_{OH} , V_{OL} 计算抗干扰能力。

高电平抗干扰能力 $V_{NH} = V_{OH} - V_{ON} =$

低电平抗干扰能力 $V_{NL} = V_{OFF} - V_{OL} =$

- (3) 根据测量结果,说明 74LS20 或 74LS00 门电路的逻辑功能。
- (4) 说明不同功能的门电路闲置端的处理办法,如:与非门,或非门,与或非门,异或

门等。

七、思考题

- (1) 如何用示波器来测量开门电平和关门电平。
- (2) 测试电路中能否加入双极性方波信号。

实验三 组合逻辑电路的设计与测试

一、实验目的

- (1) 掌握组合逻辑电路的设计与测试方法。
- (2) 能用指定芯片完成组合逻辑电路的设计。
- (3) 用实验验证所设计的逻辑电路的逻辑功能。

二、实验原理

1. 设计要求

使用中、小规模集成电路来设计组合电路是最常见的逻辑电路。设计组合电路的一般步骤如图 3-1 所示。

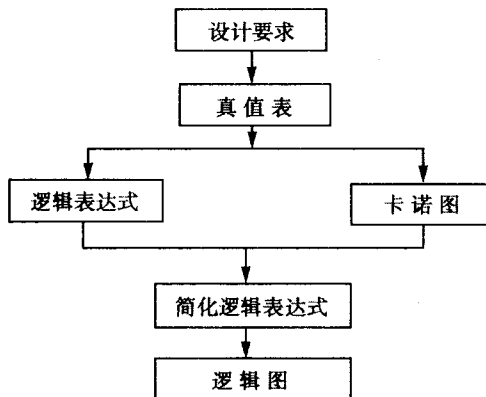


图 3-1 组合逻辑电路设计流程图

根据设计任务的要求建立输入输出变量,并列出真值表。然后用逻辑代数或卡诺图化简法求出简化的逻辑表达式,并按实际选用逻辑门的类型修改逻辑表达式。根据简化后的逻辑表达式,画出逻辑图,用标准器件构成逻辑电路。最后,用实验来验证设计的正确性。

2. 组合逻辑电路设计举例

用 74LS20“与非”门设计一个表决逻辑电路,设有四个输入变量 A、B、C、D,当输入变量中有三个或四个全为高电平“1”时,输出 Y 为“1”。

设计步骤:

- (1) 根据题意列出真值表如表 3-1 所示。再填入卡诺图表 3-2 中。

表 3-1 表决逻辑电路真值表

D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
C	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Y	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1

表 3-2 卡诺图表

$\begin{matrix} DA \\ BC \end{matrix}$	00	01	11	10
00				
01			1	
11		1	1	1
10			1	

(2) 由卡诺图得出逻辑表达式,并演化成“与非”的形式

$$Y = ABC + BCD + ACD + ABD$$

$$= \overline{ABC \cdot BCD \cdot ACD \cdot ABD}$$

(3) 根据逻辑表达式画出用“与非门”构成的逻辑电路如图 3-2 所示。

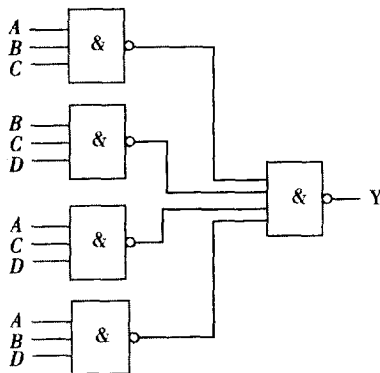


图 3-2 “与非门”构成的逻辑电路

(4) 用实验验证逻辑功能

在实验装置适当位置选定三个 14P 插座,按照集成块定位标记插好集成块 74LS20。

按图 3-2 接线,输入端 A、B、C、D 接至 0/1 逻辑电平开关输出插口,输出端 Y 接逻辑电平显示输入插口,按真值表(自拟)要求逐次改变输入变量,测量相应的输出值,验证逻辑功能,与表 3-1 进行比较,验证所设计的逻辑电路是否符合要求。

三、实验设备与器件

- | | |
|--------------------------------------|----------------|
| (1) +5V 直流电源 | (2) 逻辑电平开关 |
| (3) 逻辑电平显示器 | (4) 数字逻辑电路实验装置 |
| (5) 集成芯片:74LS00 72LS02 74LS11 74LS14 | |
| 74LS20 74LS32 74LS51 74LS86 | |

74LS00,74LS20 引脚图见实验二,其他芯片引脚功能见图 3-3。