



安徽信息工程学院
Anhui Institute of Information Technology

**《数字电子技术实验》
自编讲义**

电气与工程学院

2022年8月制

前 言

《数字电子技术》是工科电类专业一门重要的专业基础课，而数字电子技术实验则是该课程的重要教学环节。本讲义是根据理论课程教学内容，结合课程组多年教学经验编写，适用于电气与电子工程学院各专业。通过实验教学，加深学生对理论知识的理解，培养学生独立分析问题、解决问题、撰写实验报告的能力，进一步培养学生综合能力和创新设计的能力。

全讲义分为4章：

第1章是实验基础知识。主要介绍了实验基本过程、实验箱的使用、实验布线与故障排除、集成电路的使用等内容，为学生实验提供基本知识和手段。

第2章是Multisim 14的使用。介绍了Multisim 14的基本界面、电路的创建、虚拟仪器仪表的使用。

第3章是基础实验。精选8个实验项目，按理论课的内容顺序进行编排。每个实验包括：实验目的、实验设备及器材、预习要求、实验内容、实验报告及要求、实验注意事项及思考题等。

目 录

第 1 章 实验基础知识.....	1
1.1 实验的基本过程.....	1
1.1.1 实验预习.....	1
1.1.2 实验操作.....	1
1.1.3 课后拓展性仿真实验.....	2
1.1.4 实验报告.....	2
1.2 数字电路实验设备使用介绍.....	2
1.3 布线与故障排除.....	5
1.3.1 布线原则.....	5
1.3.2 故障检查.....	6
1.4 数字集成电路使用知识.....	7
1.4.1 TTL 数字集成电路.....	7
1.4.2 CMOS 集成电路.....	8
1.5 数字逻辑电路的测试方法.....	10
1.5.1 组合逻辑电路的测试.....	10
1.5.2 时序逻辑电路的测试.....	10
第 2 章 Multisim14 使用介绍.....	11
2.1 Multisim 14 使用简介.....	11
2.2 Multisim14 的基本界面.....	12
2.2.1 Multisim14 的主界面.....	12
2.2.2 Multisim 14 菜单栏.....	12
2.2.3 Multisim 14 工具栏.....	16
2.2.4 Multisim 14 元件库.....	16
2.2.5 Multisim 14 虚拟仪表库.....	17
2.3 Multisim 14 元件创建基础.....	17
2.3.1 元器件的操作.....	18
2.3.2 电路图选项的设置.....	19
2.3.3 导线的操作.....	20

2.4 Multisim14 常用数字电路试验仪器仪表使用	21
2.4.1 数字信号发生器	21
2.4.2 逻辑分析仪	22
2.4.3 逻辑转换仪	24
第 3 章 基础实验	26
3.1 门电路功能测试与应用	26
3.1.1 实验目的	26
3.1.2 实验设备及器材	26
3.1.3 预习要求	26
3.1.4 实验内容	26
3.1.5 实验步骤	27
3.1.6 实验报告及要求	27
3.1.7 思考与拓展仿真	28
3.2 译码器的应用	29
3.2.1 实验目的	29
3.2.2 实验设备及器件	29
3.2.3 预习要求	29
3.2.4 实验内容	30
3.2.5 实验注意事项	30
3.2.6 思考与拓展仿真	30
3.3 数据选择器及其应用	31
3.3.1 实验目的	31
3.3.2 实验设备及器件	31
3.3.3 预习要求	31
3.3.4 实验内容	31
3.3.5 实验注意事项	32
3.3.6 思考与拓展仿真	32
3.4 触发器功能测试与应用	33
3.4.1 实验目的	33
3.4.2 实验设备及器件	33

3.4.3 预习要求	33
3.4.4 实验内容	33
3.4.5 思考与拓展仿真	34
3.5 移位寄存器及其应用	35
3.5.1 实验目的	35
3.5.2 实验设备及器件	35
3.5.3 预习要求	35
3.5.4 实验内容	35
3.5.5 实验注意事项	36
3.5.6 思考与拓展仿真	36
3.6 中规模计数器及其应用	37
3.6.1 实验目的	37
3.6.2 实验设备及器件	37
3.6.3 预习要求	37
3.6.4 实验内容	37
3.6.5 实验注意事项	37
3.6.6 思考与拓展仿真	37
3.7 时序逻辑电路的设计	38
3.7.1 实验目的	38
3.7.2 实验设备及器件	38
3.7.3 预习要求	38
3.7.4 实验内容	38
3.7.5 思考与拓展仿真	38
3.8 555 定时器及其应用	39
3.8.1 实验目的	39
3.8.2 实验设备及器件	39
3.8.3 预习要求	39
3.8.4 实验内容	39
3.8.5 实验注意事项	40
3.8.6 思考与拓展仿真	40

参考文献.....	41
附录 A 集成芯片外引脚图.....	42

第1章 实验基础知识

数字电子技术实验是一门实践性很强的专业基础课程，通过实验帮助学生巩固和加深对理论及概念的理解，提高实验分析、解决实际问题的能力，培养理论联系实际的作风、严谨求实的科学态度和基本的工程素质。

1.1 实验的基本过程

数字电子技术实验中，通常采用中规模集成电路进行实验，根据逻辑构思选择并灵活运用集成电路和正确连接电路。其实验的主要目的是验证设计思想、测试和调整电路的逻辑关系、完善电路的逻辑功能。因此，实验的基本过程应包括实验预习、实验操作、课后拓展及实验报告 4 个环节。

1.1.1 实验预习

认真预习是做好实验的关键，预习的好坏不仅关系到实验能否顺利进行，而且直接影响实验效果。在每次实验前，要认真复习有关实验的基本原理，掌握有关器件使用方法，对如何着手实验做到心中有数。本讲义的每个实验都有计算机仿真实验内容，在个人计算机上用 Multisim 软件对实验内容进行虚拟仿真，课前对实验的内容和结果有个大概的了解，可达到预习的目的。

1.1.2 实验操作

在实验室进行实际仪器设备的操作时，切忌在实验过程中手忙脚乱、顾此失彼。

①检查本次实验所需仪器和器件是否满足要求。

②接线时应该关闭电源，看清器件的型号、管脚顺序，接线完成并检查无误后方能通电测试。电路复杂的综合性实验，按电路功能分级接线并调试，遵循先调试前级后调试后级，先调试子系统后调试整机电路的原则，切忌一口气把所有的线都接完，这样会增加检查故障的难度。

③在实验过程中要认真分析数据，碰到除设备和器件故障外的其他问题，应自己认真分析解决，培养自己分析问题、解决问题的能力。

④出现故障，应该有目的、有方法地排除，可参考本章第 1.3 节内容。

⑤认真记录实验结果，包括实验数据、波形和实验现象，判断其正确性。如有怀疑应立即查找原因，不能编造实验数据或实验结果，或没有记录完整就拆线离开实验室。

1.1.3 课后拓展性仿真实验

课后总结提高是学习必不可少的环节，课堂实验受到时间和设备的限制，不能有效地进行拓展性实验。本书在每个实验后面都设置了计算机仿真拓展性实验，旨在帮助学生课后在计算机上用 Multisim 进行仿真拓展性实验，达到总结提高相关内容的目的。

1.1.4 实验报告

实验报告是对实验结果的总结与提高，是培养学生科学实验的总结能力和分析思维能力的有效手段，也是一项重要的基本功训练。实验报告是一份技术总结，不是单纯地记录实验数据。实验报告要求文字简洁，内容清楚，图表工整，既要忠实、科学地反映实验结果，又要通过对实验结果的分析讨论得出相应的结论，并提出必要的改进建议。实验报告应有以下内容：

①实验的名称、日期及实验者姓名。

②实验目的，实验器材记录，实验原理。

③实验课题的方框图、逻辑图（或测试电路）、状态图，真值表以及文字说明等，对于设计性课题，还应有整个设计过程和关键的设计技巧说明。

④实验记录和经过整理的数据、表格、曲线和波形图，其中表格、曲线和波形图应充分利用专用实验报告简易坐标格，并且三角板、曲线板等工具描绘，力求画得准确，不得随手示意画出。

⑤实验结果与技术理论的比较及对异常现象的分析讨论。

⑥实验结果的评价及对实验的体会与建议。

1.2 数字电路实验设备使用介绍

THD-1 型数字电路实验箱是浙江天煌教仪科技实业有限公司研制的产品，如图 1-1 所示为实验箱面板的照片。在图 1-1 中，根据功能的不同用实线将面板大致划分了 10 个区域，它们分别为电源及信号源区、电源区、15 位拨码开关区、15 位 LED 电平显示灯区、数码管显示区、脉冲信号区、集成块插座区、针管座区、可变电阻区及逻辑笔区。下面分别对不同区域进行说明。

（1）电源及信号源区

电源及信号源区包括实验箱的总电源、 $\pm 5\text{V}$ 电源、 $\pm 12\text{V}$ 电源，中间两个黑色插孔是接地。本实验箱有电源短路报警功能，实验中一旦听到蜂鸣器响，应立即关闭电源开头，排除短路故障后方可重新开启电源进行实验。

(2) 电源区

提供 $\pm 5V$ 和 $\pm 12V$ 共四路直流稳压电源。有相应的电源输出插座及相应的LED

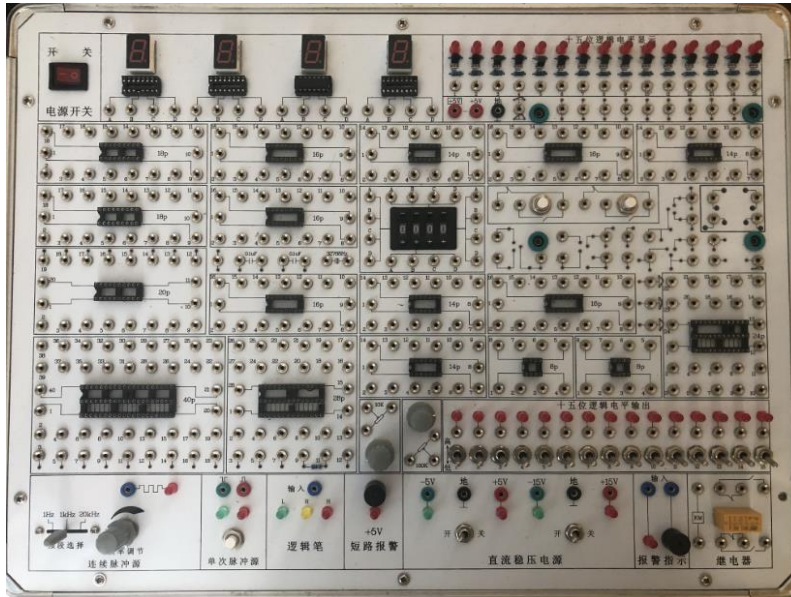


图 1-1 数字电路实验箱面板区

发光二极管指示。只要开启面板上电源开关，就有相应的 $\pm 5V$ 或 $\pm 12V$ 输出。

(3) 15 位拨码开关区

拨码开关区的 15 个拨码开关是相同的，往下拨到“低”位置则对应插孔输出低电平，往上拨到“高”位置则对应插孔输出高电平，用于电路的输入信号及控制信号。

(4) 15 位 LED 电平显示灯区

LED 电平显示灯区的区域内有 15 个 LED 灯，每个灯下方都对应一个插孔，作为控制 LED 灯亮灭的输入信号。输入高电平时灯亮，输入低电平时灯灭。它用来监测电路输出电平的高低。

(5) 数码管显示区

数码管显示区的区域内有 4 个完全相同的数码管，每个数码管下方都有一个 16 脚插座，用于插配套的译码驱动器，使数码管显示相应的数字。下方还有 4 个输入插孔 ABCD，当向数码管输入 8421BCD 码时，显示对应的十进制数。任何与数字显示有关的实验都要用到此区域。

(6) 脉冲信号区

脉冲信号区包括单次脉冲、1Hz、1kHz、20KHZ 频率可调的连续脉冲 4 种信号源。上边标连续矩形波的插孔对应的是频率连续可调输出，它下面的旋钮是频率微

调钮，左侧的开关是高中低频段调节。上方分别标着 1Hz、1kHz、20KHZ，对应输出的是 1Hz、1kHz、20KH 的矩形脉冲信号。右边有两组单次脉冲输出，有一个按钮，两个插孔，插孔下方分别对应着一个绿色和红色发光二极管，对应两个单次脉冲输出，分别为负脉冲输出和正脉冲输出，根据需要可以从不同的插孔引线。以正脉冲为例，将导线插入红色发光二极管对应的插孔，按下按钮之前输出的是低电平，按下后输出高电平，再松开后又回到低电平。

(7) 集成块插座区

集成块插座区提供了 17 个芯片插槽，分别有 2 个 8 脚的、4 个 14 脚的、5 个 16 脚的、2 个 18 脚的、1 个 20 脚的、1 个 24 脚的、1 个 28 脚的、1 个 40 脚的。不同引脚数的集成块应对应插入不同的插座中，每一个插座的周围都有与引脚数相同的导线插孔，以便实验时进行必要的连线。

(8) 针管座区

针管座可插接电阻、电容、晶体管等针状引线的元件，供综合性实验或课程设计中实验用。

(9) 可变电阻区

可变电阻区有 2 个旋钮，每个旋钮对应一个可变电阻，转动旋钮可改变输出电阻的阻值。

(10) 逻辑笔区

逻辑笔区有 3 个发光二极管，一个插孔。当插孔输入的电平为高电平时，红色发光二极管点亮；当插孔输入的电平为低电平时，绿色发光二极管点亮；当电平状态不稳定时，黄灯亮。

(11) 面包板

图 1-2 为实验用到的面包板。由四块相同结构的面包板构成，图中 1、2、3、4 四块区域结构相同。以区域 1 结构为例，每一列之间是不通的，凹槽两边每一横行 5 个孔（橘黄色框）是相互连通。两边单列孔形成 10 组每组 5 个孔，前三组、后三组以及中间四组是通的。

面包板中最上方蓝色区域（1）和（2）两块区域结构相同。以（1）区域为例，每一横行是相互连通的，每一列的两个孔是不连通的。

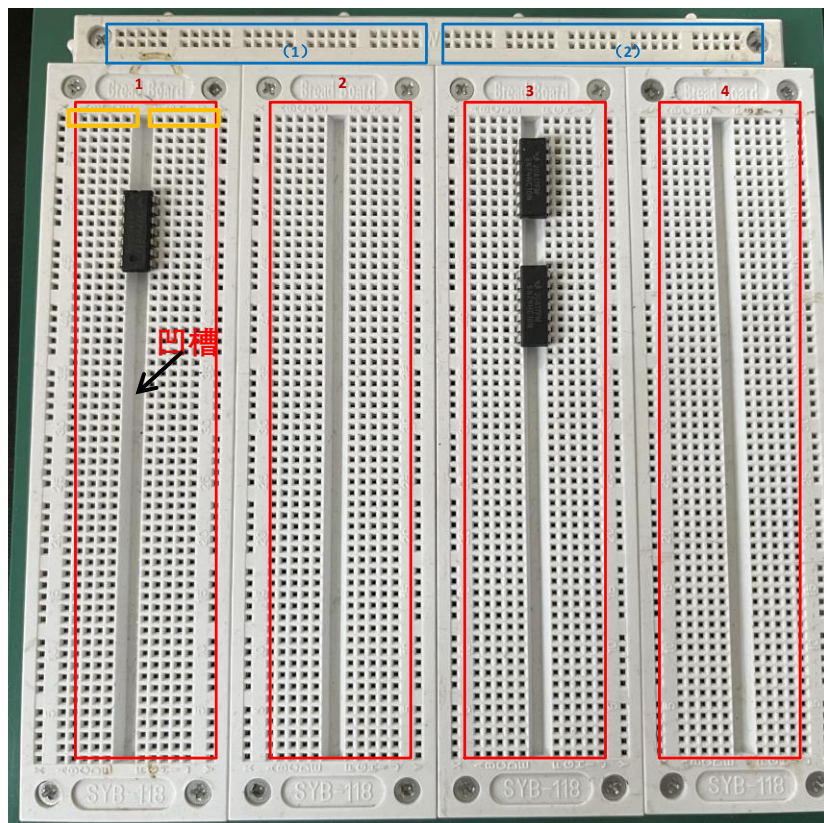


图 1-2 面包板结构

1.3 布线与故障排除

实验中操作的正确与否直接影响实验结果，因此，实验者在搭接电路时必须遵循“先接线后通电，先断电再拆线”的原则进行。

1.3.1 布线原则

①实验室通常使用双列直插式集成块，集成块一般都有定位标记（缺口或圆点），使用时要认清方向，一般是将定位标记朝左，引脚序号从左下方的第一个引脚开始，按逆时针方向依次递增至左上方的第一个引脚，不允许插反。

②布线前先检查两排引脚是否与实验板上集成块插座的插孔对应，如不能对应则用镊子轻轻校准，然后将集成块轻轻地插在插座上，观察是否所有引脚都插在了插座里后，再稍用力将其插紧，避免集成块引脚弯曲、折断或接触不良。

③导线尽可能做到长短适当，最好采用不同颜色的导线以区别不同用途，如电源线用红色线，地线用黑色线。

④布线应有序地进行，不要乱接以免造成漏接错接，可以先接好电源线（+5V）和地线，以及其他不改变电平的输入端，如门电路多余的输入端，置位复位端等。上述线布好后，再按信号流向的顺序从前往后依次布线。

⑤当实验电路的规模较大、器材很多时，可将总电路按其功能划分为若干相对独立的部分，逐个布线、调试（分调），然后将各部分连接起来（联调）。

1.3.2 故障检查

实验中，当电路不能完成预期的逻辑功能时，就称电路有故障，产生故障的原因大致有以下 5 个方面：

- ①电路设计错误。
- ②布线错误。
- ③操作错误，没有按照要求进行操作。
- ④元器件使用不当或功能不正常。
- ⑤数字电路实验箱和集成块本身出现故障。

在保证电路设计正确的前提下，按照上述原因作为检查故障的主要线索，介绍 8 种常见的故障检查方法。

（1）测量法

用万用表直流电压挡测量各集成块的 VCC 端与 GND 端是否有+5V 电压；测量各输入/输出端的直流电平；用电阻挡测量各连接导线的通断。

（2）查线法

由于在实验中大部分故障都是由布线错误引起的。因此，在故障发生时，复查电路连线为排除故障的有效方法。应着重注意，有无漏线、错线，导线与插孔接触是否可靠，集成电路是否插牢，集成电路是否插反，等等。

（3）观察法

输入信号、时钟脉冲等是否加到实验电路上，观察输出端有无反应。重复测试观察故障现象，然后对某一故障状态，用万用表测试各输入/输出端的直流电平，从而判断出是否是插座板、集成块引脚连接线等原因造成的故障。

（4）信号注入法

在电路的每一级输入端加上特定信号，观察该级输出响应，从而确定该级是否有故障，必要时可以切断周围连线，避免相互影响。

（5）信号寻迹法

在电路的输入端加上特定信号，按照信号流向逐线检查是否有响应和是否正确。必要时，可多次输入不同信号。

（6）替换法

对于多输入端器件，如有多余端则可调换另一输入端试用。必要时，可更换器件，以检查器件功能不正常所引起的故障。

(7) 动态逐线跟踪检查法

对于时序电路，可输入时钟信号按信号流向依次检查各级波形，直到找出故障点为止。

(8) 断开反馈线检查法

对于含有反馈线的闭合电路，应该设法断开反馈线进行检查，或进行状态预置后再进行检查。

需要强调指出，实践经验对于故障检查是大有帮助的，但只要充分预习，掌握基本理论和实验原理，就不难用逻辑思维的方法较好地判断和排除故障。

1.4 数字集成电路使用知识

数字集成电路里最常用的有 TTL 电路和 COMS 集成电路。下面介绍这两种电路的分类及使用注意事项。

1.4.1 TTL 数字集成电路

(1) TTL 集成电路的分类

TTL 集成电路内部输入级和输出级都是晶体管结构，属于双极型数字集成电路。其特点是速度快、集成度高。其主要系列如下：

①74 系列是早期的产品，现仍在广泛使用，但正逐渐被淘汰。

②74H 系列是 74 系列的改进型，属于高速 TTL 产品。其“与非门”的平均传输时间达 10ns 左右，但电路的静态功耗较大，目前该系列产品使用越来越少，逐渐被淘汰。

③74S 系列是 TTL 的高速型肖特基系列。在该系列中，采用了抗饱和肖特基二极管，速度较高，但品种较少。

④74LS 系列是当前 TTL 类型中的主要产品系列。品种和生产厂家都非常多。性价比较高，目前在中小规模电路中应用非常普遍。

⑤74ALS 系列是“先进的低功耗肖特基”系列。属于 74LS 系列的后继产品，速度（典型值为 4ns）、功耗（典型值为 1mW）等方面都有较大的改进，但价格比较高。

⑥74AS 系列是 74S 系列的后继产品，尤其速度（典型值为 1.5ns）有显著的提高，又称“先进超高速肖特基”系列。

(2) TTL 集成电路使用注意事项

①电源电压应严格保持在 $5V \pm 10\%$ 的范围内，过高则易损坏器件，过低则不能正常工作。使用时，应特别注意电源与地线不能错接，否则会因过大电流而造成器件损坏。

②多余输入端最好不要悬空，虽然悬空相当于高电平，并不能影响与门（与非门）的逻辑功能，但悬空时易受干扰，为此，与门、与非门多余输入端可直接接到 VCC 上，或通过一个公用电阻（几千欧）连到 VCC 上。若前级驱动能力强，则可将多余输入端与使用端并接，不用的或门、或非门输入端直接接地，与或非门不用的与门输入端至少有一个要直接接地，带有扩展端的门电路，其扩展端不允许直接接电源。

③输出端不允许直接接电源或接地（但可通过电阻与电源相连）；不允许直接并联使用（集电极开路门和三态门除外）。

④应考虑电路的负载能力（即扇出系数）。要留有余地，以免影响电路的正常工作，扇出系数可通过查阅器件手册或计算获得。

⑤在高频工作时，应通过缩短引线、屏蔽干扰源等措施抑制电流的尖峰干扰。

1.4.2 CMOS 集成电路

(1) CMOS 集成电路分类

CMOS 数字集成电路是利用 NMOS 管和 PMOS 管巧妙组合成的电路，属于一种低功耗的数字集成电路。其主要系列如下：

1) 标准型 4000B/4500B 系列

该系列是以美国 RCA 公司的 CD4000B 系列和 CD4500B 系列制订的，与美国 Motorola 公司的 MC14000B 系列和 MC14500B 系列产品完全兼容。该系列产品的最大特点是工作电源电压范围宽（ $3 \sim 18V$ ）、功耗最小、速度较低、品种多、价格低廉，是目前 CMOS 集成电路的主要应用产品。

2) 74HC 系列

54/74HC 系列是高速 CMOS 标准逻辑电路系列，具有与 74LS 系列等同的工作速度和 CMOS 集成电路固有的低功耗及电源电压范围宽等特点。74HCxxx 是 74LSxxx 同序号的翻版，型号最后几位数字相同，表示电路的逻辑功能、管脚排列完全兼容，为用 74HC 替代 74LS 提供了方便。

3) 74AC 系列

该系列又称“先进的 CMOS 集成电路”，54/74AC 系列具有与 74AS 系列等同的工作速度和 CMOS 集成电路固有的低功耗及电源电压范围宽等特点。

国产 CMOS 集成电路主要为 CC (CH) 4000 系列，其功能和外引线排列与国际 CD4000 系列相对应。高速 CMOS 系列中，74HC 和 74HCT 系列与 TTL74 系列相对应，74HC4000 系列与 CC4000 系列相对应。

(2) CMOS 集成电路使用注意事项

CMOS 集成电路由于输入电阻很高，因此极易接受静电电荷。为了防止产生静电击穿，生产 CMOS 时，在输入端都要加上标准保护电路，但这并不能保证绝对安全。因此，使用 CMOS 集成电路时，必须采取以下预防措施：

①存放 CMOS 集成电路时要屏蔽，一般放在金属容器中，也可用金属箔将引脚短路。

②电源连接和选择。VDD 端接电源正极，VSS 端接电源负极（地）。绝对不许接错，否则器件因电流过大而损坏。对于电源电压范围为 3~18V 系列器件，如 CC4000 系列，实验中 VDD 通常接+5V 电源，VDD 电压选在电源变化范围的中间值，如电源电压在 8~12V 变化，则选择 VDD=10V 较恰当。CMOS 器件在不同的 VDD 值下工作时，其输出阻抗、工作速度和功耗等参数都有所变化，设计中须考虑。

③输入端处理。多余输入端不能悬空。应按逻辑要求接 VDD 或接 VSS，以免受干扰造成逻辑混乱，甚至还会损坏器件。对于工作速度要求不高，而要求增加带负载能力时，可把输入端并联使用。对于安装在印刷电路板上的 CMOS 器件，为了避免输入端悬空，在电路板的输入端应接入限流电阻 R_P 和保护电阻 R ，当 VDD=+5V 时， R_P 取 5.1k Ω ， R 一般取 100k Ω ~1M Ω 。

④输出端处理。输出端不允许直接接 VDD 或 VSS，否则将导致器件损坏，除三态 (TS) 器件外，不允许两个不同芯片输出端并联使用，但有时为了增加驱动能力，同一芯片上的输出端可以并联。

⑤对输入信号 V_I 的要求。为了防止输入端保护二极管因正向偏置而引起损坏，输入电压必须处在 VDD 和 VSS 之间，即 $VSS < V_I < VDD$ 。没有接通电源的情况下，不允许有输入信号输入。

⑥焊接 CMOS 集成电路时，一般用 20 W 内热式电烙铁，而且烙铁要有良好的接地线。也可利用电烙铁断电后的余热快速焊接。禁止在电路通电的情况下焊接。

1.5 数字逻辑电路的测试方法

1.5.1 组合逻辑电路的测试

组合逻辑电路测试的目的是验证其逻辑功能是否符合设计要求，也就是验证其输出与输入的关系是否与真值表相符。

(1) 静态测试

静态测试是在电路静止状态下测试输出与输入的关系。将输入端分别接到逻辑开关上，用发光二极管分别显示各输入和输出端的状态。按真值表将输入信号一组一组地依次送入被测电路，测出相应的输出状态，与真值表相比较，借以判断此组合逻辑电路静态工作是否正常。

(2) 动态测试

动态测试是测量组合逻辑电路的频率响应。在输入端加上周期性信号，用示波器观察输入、输出波形。测出与真值表相符的最高输入脉冲频率。

1.5.2 时序逻辑电路的测试

时序逻辑电路测试的目的是验证其状态的转换是否与状态图相符合。可用发光二极管、数码管或示波器等观察输出状态的变化。

常用的测试方法有以下两种：

(1) 单拍工作方式

以单脉冲源作为时钟脉冲，逐拍进行观测。

(2) 连续工作方式

以连续脉冲源作为时钟脉冲，用示波器观察波形，来判断输出状态的转换是否与状态图相符。

第2章 Multisim14 使用介绍

Multisim 是美国 NI 公司推出的以 Windows 系统为平台的仿真工具，适用于板级的模拟/数字电路板的设计工作。它包含了电路原理图的图形输入、电路硬件描述语言输入方式，具有丰富的仿真分析功能。为适应不同的应用场合，Multisim 推出了许多版本，用户可以根据自己的需要进行选择。本章以 NI Multisim 的新版本 NI Multisim 14 为平台，介绍常用数字电路实验仪器仪表的使用方法。

2.1 Multisim 14 使用简介

Multisim 14 是美国国家仪器公司（National Instruments, NI）推出的一款优秀的电子仿真软件。Multisim 14 易学易用，便于电子信息、通信工程、自动化、电气控制类专业学生自学，方便开展综合性的设计和实验，有利于培养学生综合分析能力、开发和创新能力。

该软件具有以下功能：

Multisim 14 是一个原理电路设计、电路功能测试的虚拟仿真软件。

②Multisim 14 的元器件库提供数千种电路元器件供实验选用。基本器件库包含有电阻、电容等多种元件。基本器件库中的虚拟元器件的参数是可以任意设置的，非虚拟元器件的参数是固定的，但是可以选择的。

③Multisim 14 的虚拟测试仪器仪表种类齐全，有一般实验用的通用仪器，如万用表、函数信号发生器、双踪示波器、直流电源；而且还有一般实验室少有或没有的仪器，如波特图仪、字信号发生器、逻辑分析仪、逻辑转换器、失真仪、频谱分析仪及网络分析仪等。

④Multisim 14 具有较为详细的电路分析功能，可完成电路的瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、器件的线性和非线性分析、电路的噪声分析和失真分析、离散傅里叶分析、电路零极点分析、交直流灵敏度分析等电路分析方法，以帮助设计人员分析电路的性能。

⑤Multisim 14 可以设计、测试和演示各种电子电路，包括电工学、模拟电路、数字电路、射频电路及微控制器和接口电路等。可对被仿真的电路中的元器件设置各种故障，如开路、短路和不同程度的漏电等，从而观察不同故障情况下的电路工作状况。在进行仿真的同时，软件还可存储测试点的所有数据，列出被仿真电路的所有元器件清单，以及存储测试仪器的的工作状态、显示波形和具体数据等。

⑥Multisim 14 有丰富的帮助功能。

⑦利用 Multisim 14 可实现计算机仿真设计与虚拟实验，与传统的电子电路设计与实验方法相比，具有如下特点：设计与实验可同步进行，可边设计边实验，修改调试方便；设计和实验用的元器件及测试仪器仪表齐全，可完成各种类型的电路设计与实验；可方便地对电路参数进行测试和分析；可直接打印输出实验数据、测试参数、曲线和电路原理图；实验中不消耗实际的元器件，实验所需元器件的种类和数量不受限制，实验成本低，实验速度快，效率高；设计和实验成功的电路可直接在产品中使用。

2.2 Multisim14 的基本界面

2.2.1 Multisim14 的主界面

选择“开始”→“程序”→“National Instruments”→“Circuit Design Suite 14.0”→“Multisim”，启动 Multisim 14，可出现如图 2-1 所示的 Multisim 14 的主界面。

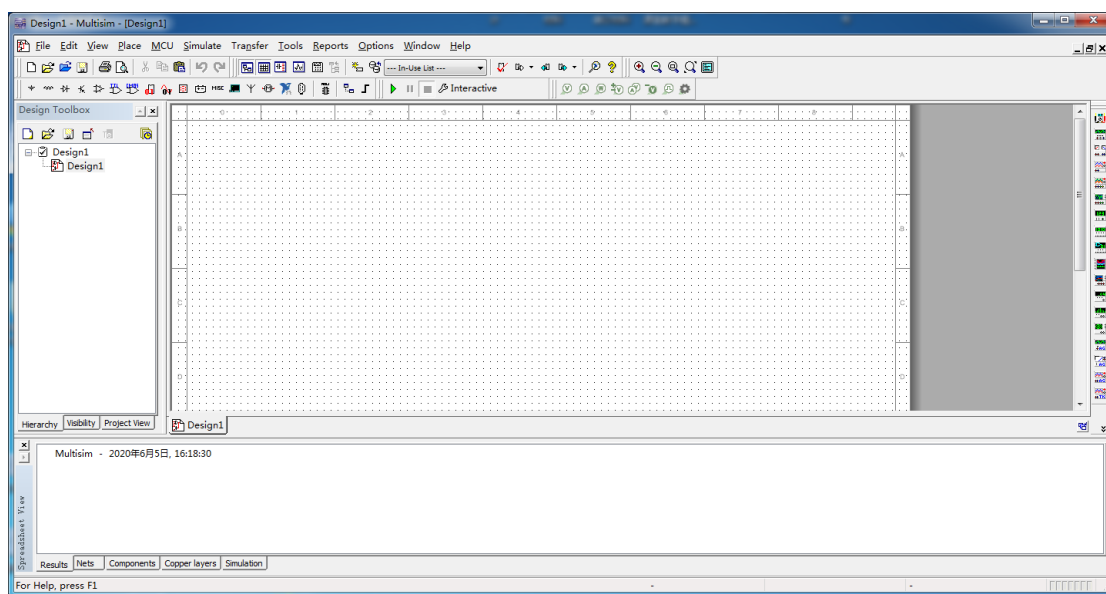


图 2-1 Multisim 14 主界面

主界面主要由菜单栏、工具栏、缩放栏、设计栏、仿真栏、工程栏、元件栏、仪器报表栏及电路图编辑窗口等部分组成。

2.2.2 Multisim 14 菜单栏

Multisim 14 有 12 个主菜单，菜单中提供了本软件几乎所有的功能命令，如图 2-2 所示。

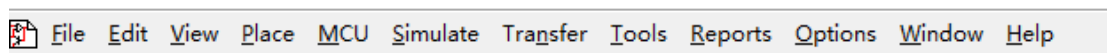


图 2-2 菜单栏

(1) 文件菜单

文件菜单提供 18 个文件操作命令，如打开、保存和打印等。文件菜单中的命令及功能如图 2-3 所示。

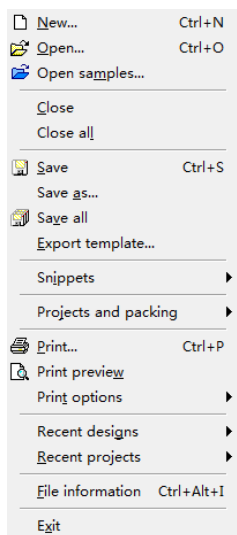


图 2-3 文件菜单

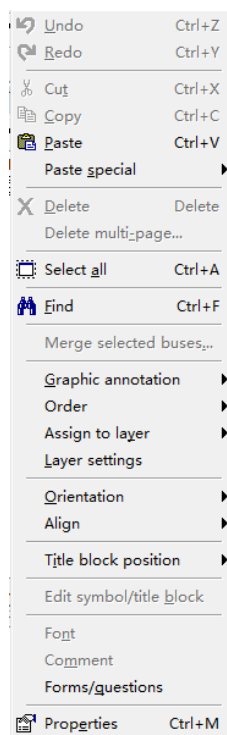


图 2-4 编辑菜单

(2) 编辑菜单

编辑菜单在电路绘制过程中，提供对电路和元件进行剪切、粘贴、旋转等操作命令，共 23 个命令。编辑菜单中的命令及功能如图 2-4 所示。

(3) 视图菜单

视图菜单提供 22 个用于控制仿真界面上显示的内容的操作命令。视图菜单中的命令及功能如图 2-5 所示。

(4) 放置菜单

放置菜单提供在电路工作窗口内放置元件、连接点、总线和文字等 18 个命令。放置菜单中的命令及功能如图 2-6 所示。

(5) MCU（微控制器）菜单

MCU（微控制器）菜单提供在电路工作窗口内 MCU 的调试操作命令。MCU 菜单中的命令及功能如图 2-7 所示。

(6) 仿真菜单

仿真菜单提供 18 个电路仿真设置与操作命令。仿真菜单中的命令及功能如图

2-8 所示。

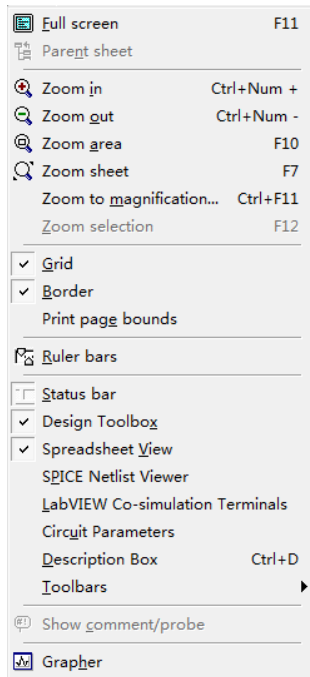


图 2-5 视图菜单

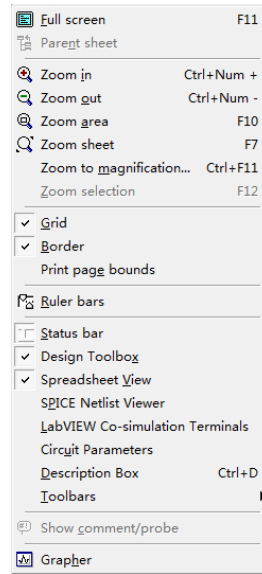


图 2-6 放置菜单

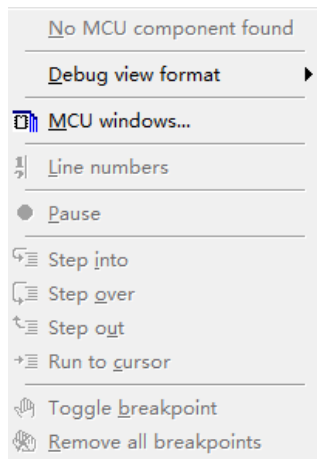


图 2-7 MCU 菜单

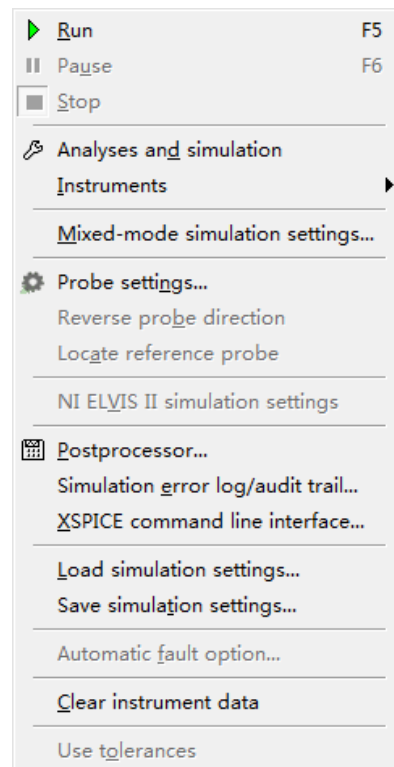


图 2-8 仿真菜单

(7) 转换菜单

转换菜单提供 6 个传输命令。转换菜单中的命令及功能如图 2-9 所示。

(8) 工具菜单

工具菜单提供 18 个元件和电路编辑或管理命令。工具菜单中的命令及功能如图 2-10 所示。

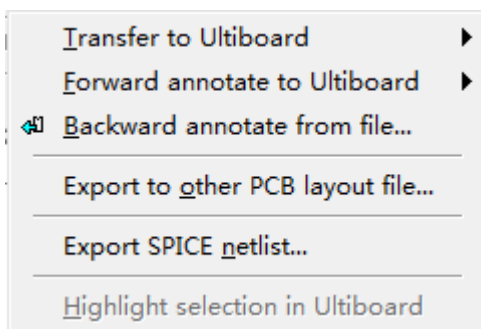


图 2-9 转换菜单

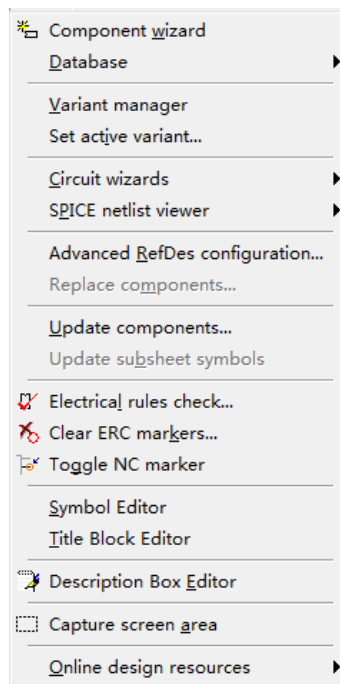


图 2-10 工具菜单

(9) 报表菜单

报表菜单提供材料清单等 6 个报告命令。报表菜单中的命令及功能如图 2-11 所示。

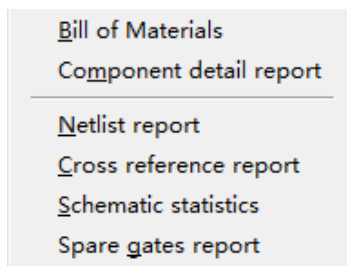


图 2-11 报表菜单

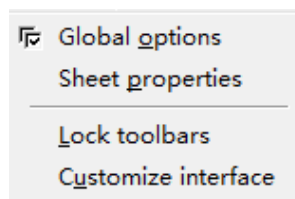


图 2-12 选项菜单

(10) 选项菜单

选项菜单提供电路界面和电路某些功能的设定命令。选项菜单中的命令及功能如图 2-12 所示。

(11) 窗口菜单

窗口菜单提供 10 个窗口操作命令。窗口菜单中的命令及功能如图 2-13 所示。

(12) 帮助菜单

帮助菜单为用户提供在线技术帮助和使用指导。帮助菜单中的命令及功能如图

2-14 所示。

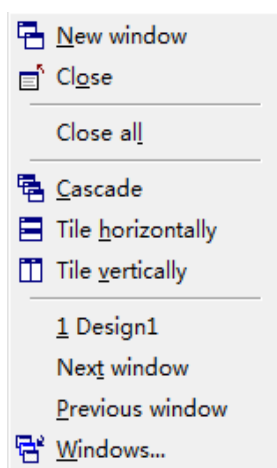


图 2-13 窗口菜单

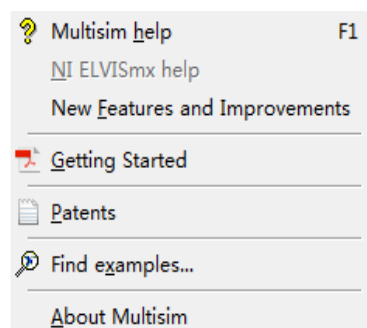


图 2-14 帮助菜单

2.2.3 Multisim 14 工具栏

Multisim 14 常用工具栏如图 2-15 所示。工具栏各图标名称依次为新建、打开文件、打开设计范例、存盘、直接打印、打印预览、剪切、复制、粘贴、撤销、重做、放大、缩小、缩放到已选择面积、缩放到页、切换全屏幕。



图 2-15 常用工具栏

2.2.4 Multisim 14 元件库

Multisim 14 提供了丰富的元件库，元件工具条如图 2-16 所示。工具条各图标名称依次为电源/信号源库、基本元件库、二极管库、晶体管库、模拟集成电路库、TTL 数字集成电路库、CMOS 数字集成电路库、其他数字器件、混合元器件、显示模块、放置功率元件、杂项器件、高级外围电路、高频元器件、机电元器件、放置 NI 元件、放置连接器、单片机模块、放置模块、放置总线。

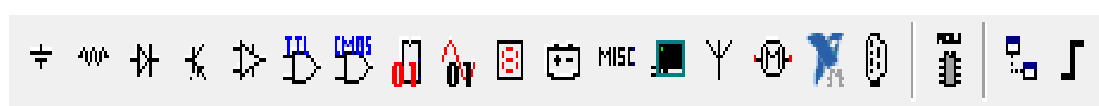


图 2-16 原件工具条

选择元件工具条中每一个按钮都会弹出相应的元件选择窗口。如图 2-17 所示为元件组的元件选择界面。其中，一个元件组有多个元件系列，每一个元件系列有多个元件。

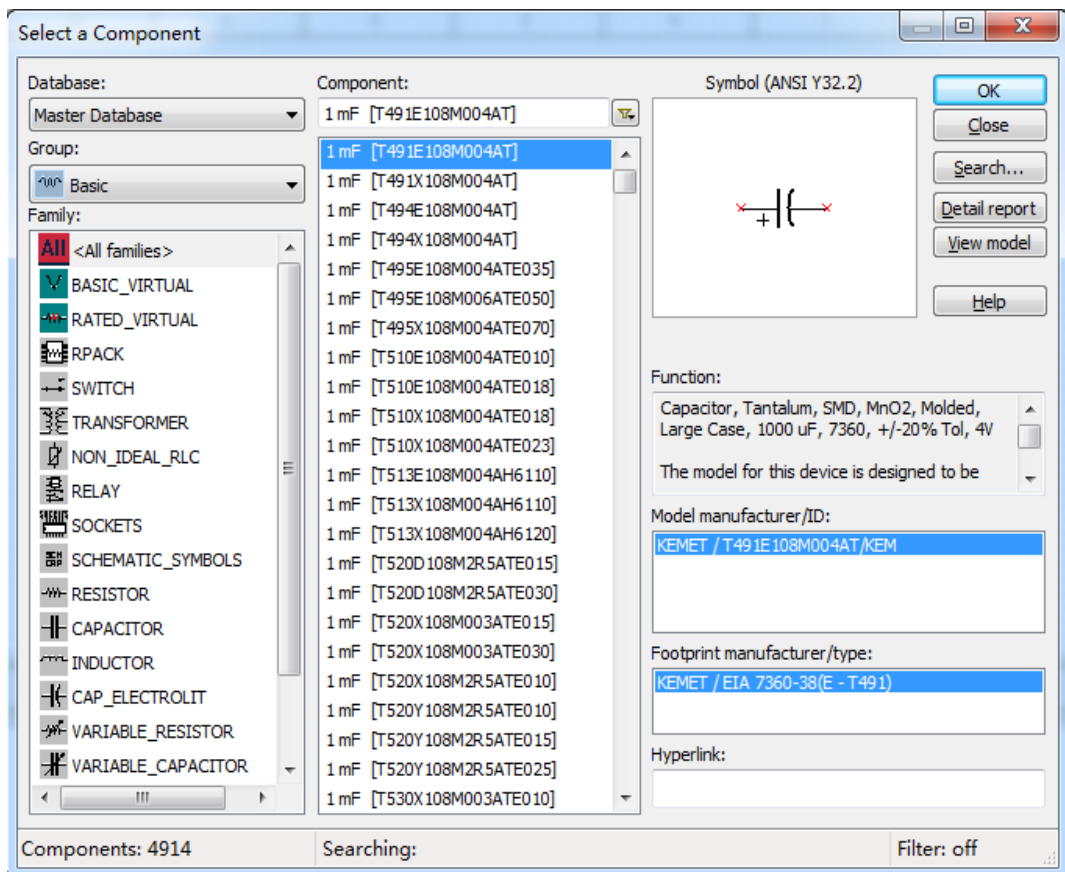


图 2-17 元件选择窗口

2.2.5 Multisim 14 虚拟仪表库

虚拟仪表工具条如图 2-18 所示。它是进行虚拟电子实验和电子设计仿真的最快捷而又形象的特殊工具。各仪表的功能名称与 Simulate（仿真）菜单下的虚拟仪表相同。各图标名称依次为万用表、失真度分析仪、函数信号发生器、功率表、示波器、频率计、安捷伦函数信号发生器、四踪示波器、波特图仪、IV 分析仪、字发生器、逻辑转换器、逻辑分析仪、安捷伦示波器、安捷伦万用表、频谱分析仪、网络分析仪、泰克示波器、电流探针、LabVIEW 测试仪、测量探针。

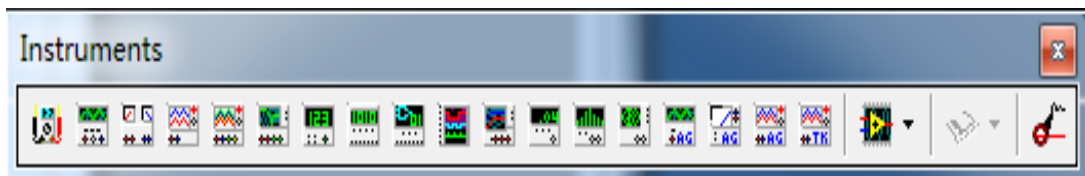


图 2-18 仪表工具条

2.3 Multisim 14 元件创建基础

选用元器件时，首先在元器件库栏中用鼠标单击包含该元器件的图标，打开该元器件库。然后从选中的元器件库对话框中（见图 2-19），用鼠标单击该元器件，再单击“OK”按钮，用鼠标拖曳该元器件到电路工作区的适当地方即可。

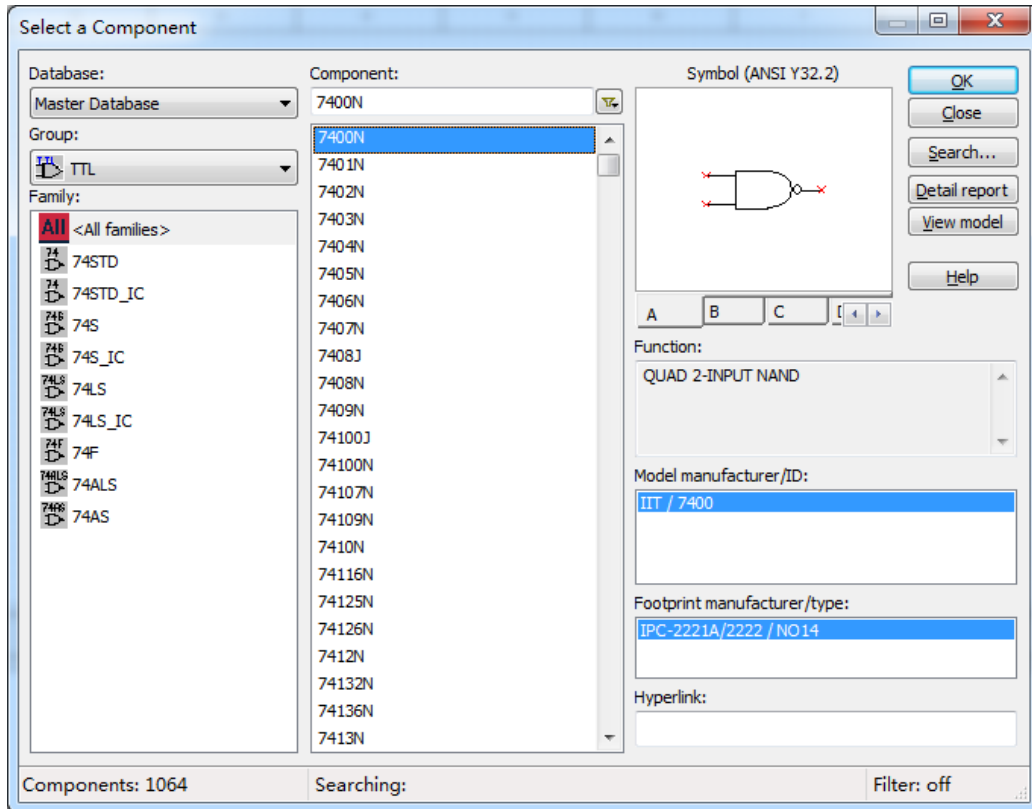


图 2-19 元器件库对话框

2.3.1 元器件的操作

(1) 选中元器件

用鼠标左键单击所需要的元器件，元件四周出现一个矩形虚线框。

(2) 元器件的移动

用鼠标的左键单击该元器件（左键不松手），拖曳该元器件即可移动该元器件。

(3) 元器件的旋转与反转

先选中该元器件，然后单击鼠标右键或者选择“编辑”菜单编辑，选择菜单中的方向，再根据需要将所选择的元器件顺时针或逆时针方向旋转 90°，或进行水平镜像、垂直镜像等操作。

(4) 元器件的复制、删除

对选中的元器件，进行元器件的复制、移动、删除等操作，可单击鼠标右键或者使用菜单剪切、复制和粘贴、删除等菜单命令，实现元器件的复制、移动、删除等操作。

(5) 元器件标签、编号、数值、模型参数的设置

在选中元器件后，双击该元器件，或者选择“编辑”菜单→“属性”，会弹出相关的对话框，可供输入数据，如图 2-20 所示。元器件特性对话框具有多种选项可

供设置，包括标签、显示、参数、故障设置、引脚、变量等内容。

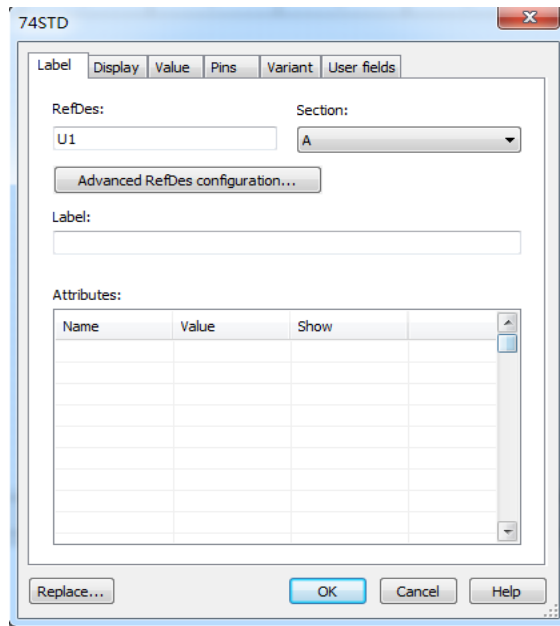


图 2-20 元器件特性对话框

2.3.2 电路图选项的设置

(1) 表单属性对话框

选择选项菜单中的“Sheet Properties”（工作台界面设置）（“Options” → “Sheet Properties”）用于设置与电路图显示方式有关的一些选项，如图 2-21 所示。此对话框包括电路、工作区、配线、字体、PCB、可见 6 个选项，可分别进行设置。

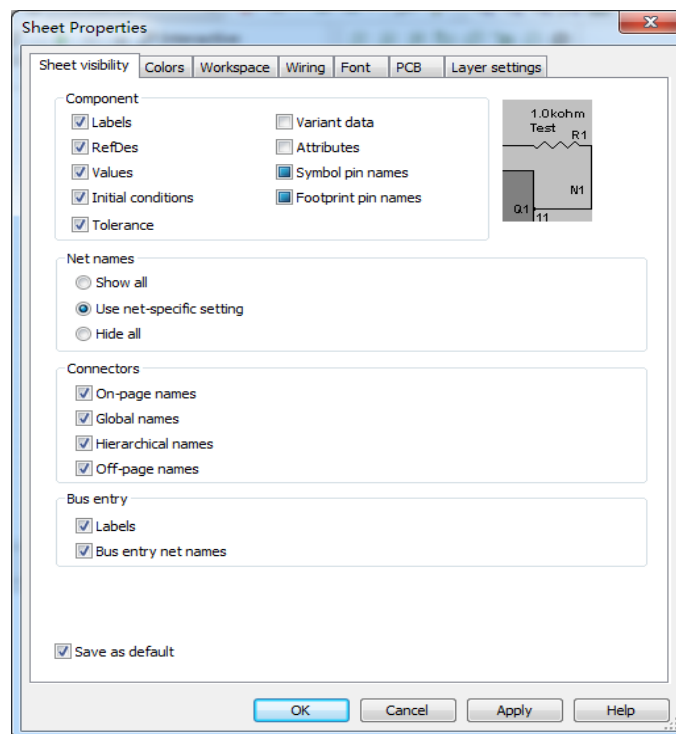


图 2-21 表单属性对话框

(2) 零件对话框

选择“Options”→“Global Preferences”对话框的“Part”选项，可弹出如图2-22所示的“零件”对话框。在“零件”对话框中，可对放置元件方式、符号标准、数字仿真等进行设置。

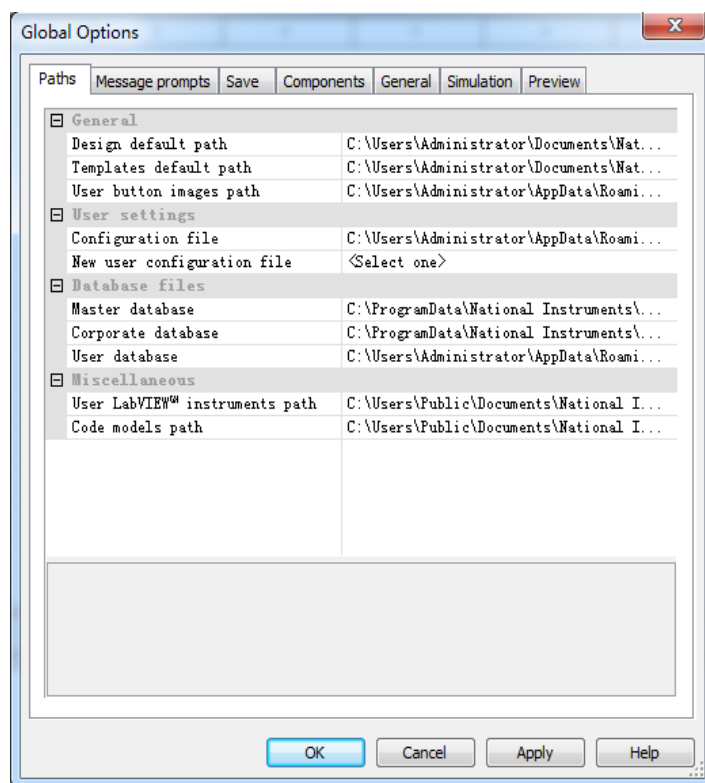


图 2-22 “零件”对话框

2.3.3 导线的操作

(1) 导线的连接

在两个元器件之间，将鼠标指向一个元器件的端点使其出现一个小圆点，按下鼠标左键并拖曳出一根导线，拉住导线并指向另一个元器件的端点使其出现小圆点，释放鼠标左键，则导线连接完成。连接完成后，导线将自动选择合适的走向，不会与其他元器件或仪器发生交叉。

(2) 连线的删除与改动

将鼠标指向元器件与导线的连接点使其出现一个圆点，按下左键拖曳该圆点使导线离开元器件端点，释放左键，导线自动消失，完成连线的删除。也可将拖曳移开的导线连至另一个接点，实现连线的改动。

(3) 改变导线的颜色

在复杂的电路中，可将导线设置为不同的颜色。要改变导线的颜色，用鼠标指

向该导线，单击右键可出现菜单，选择“Change Color”选项，出现“颜色”选择框，然后选择合适的颜色即可。

2.4 Multisim14 常用数字电路试验仪器仪表使用

Multisim 14 仪器仪表工具条中除包括一般电子实验室中所常用的仪器外，还有一些高档仪器，如安捷伦函数信号发生器、安捷伦示波器、安捷伦万用表、泰克示波器；另外，还有几种用于数字电路实验的仪器，如字信号发生器、逻辑分析仪和逻辑转换器。下面重点介绍字信号发生器、逻辑分析仪及逻辑转换仪的使用和设置方法。

2.4.1 数字信号发生器

数字信号发生器在数字电路仿真中应用非常广泛，它是并行输入多路数字信号的理想仿真工具。它最多可输出 32 路数字信号，用于对数字逻辑电路进行测试。

双击 XWG1 即弹出字符设置界面如图 2-23 所示。界面中，右半部分为字信号编辑区，显示一系列 8 位并行十六进制或其他进制字元；左半部分为显示设置栏、控制设置栏、触发设置栏、输出频率设置栏。

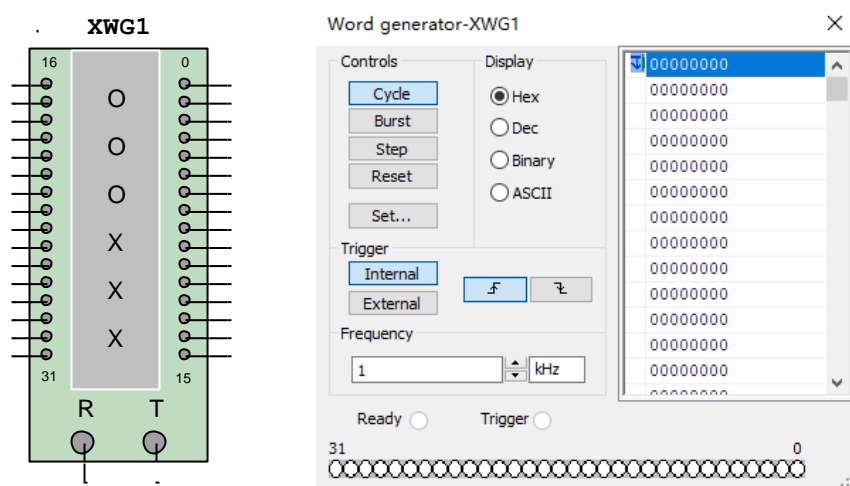


图 2-23 数字信号发生器图标及字符设置界面

显示设置栏中有 4 个条目：Hex（十六进制）、Dec（十进制）、Binary（二进制）、ASCII 码。

控制设置栏中有 3 个条目：Cycle（循环输出）、Burst（一次性从初始地址到最大地址的字元输出）、Step（一次输出一个地址的字元）。

单击“设置”栏，在弹出窗口的“缓冲区大小”栏中设置字符组数，其数字决定输出字符组数（如输入 5），单击“确认”按钮，即可得字信号发生器放大面板窗口中右边的字符组数，如图 2-24 所示。

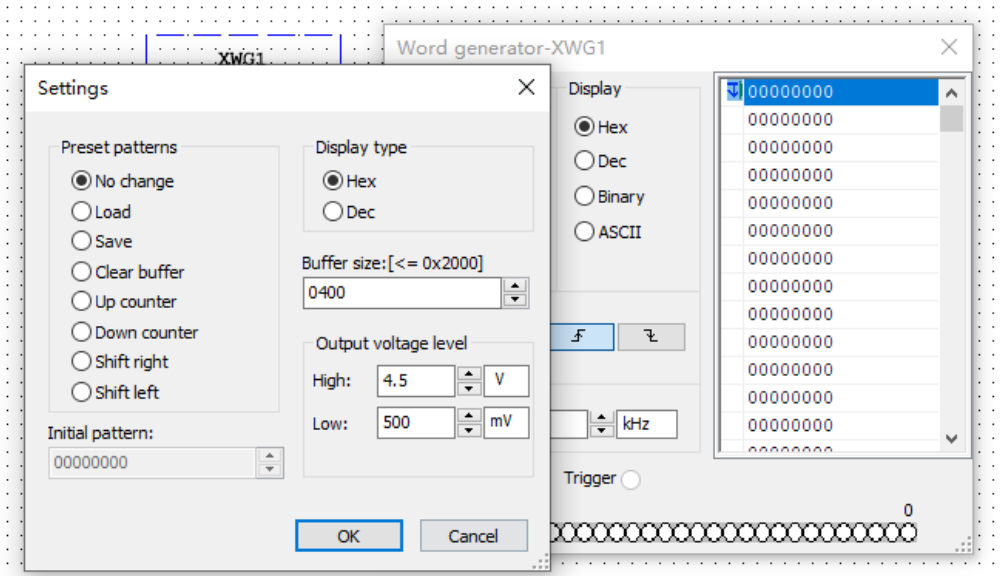


图 2-24 设置字符组数

触发栏可设置触发信号，包括内触发、外触发，上升沿触发及下降沿触发。频率栏设置输出频率，是指字符发生器输出字元的频率。

2.4.2 逻辑分析仪

逻辑分析仪用于对数字逻辑信号的高速采集和时序分析，可同步记录和显示 16 路数字信号。逻辑分析仪的面板如图 2-25 所示。

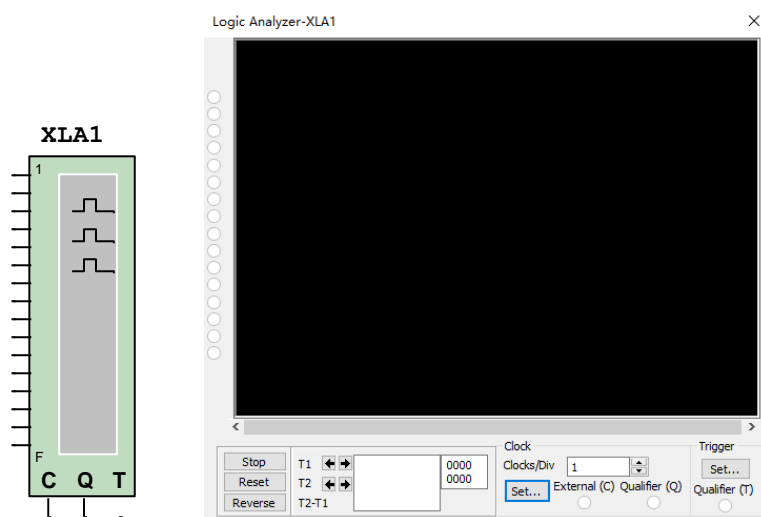


图 2-25 逻辑分析仪图标及控制面板

图标中有 16 路信号输入端、外部时钟输入端 C、时钟控制输入端 Q 以及触发控制输入端 T。双击图标打开逻辑分析仪的控制面板，可进行参数设置和读取被测信号值。

(1) 时钟设置

①时钟/格：设置波形显示区中横轴每格显示的时钟数。

单击设置按钮后进入“时钟设置”对话框，如图 2-26 所示。

②时钟源：选择外部触发，这时 C 端口必须接入外部时钟；选择内部触发，这时必须设置时钟频率值；通常选择内部触发。

③时钟频率：设置内部信号时钟频率，可在 1Hz~100MHz 选择。

④时钟限制：表示对外部信号时钟的限制。其值为 1 时，表示 Q 端输入 1 时开放时钟，逻辑分析仪可进行波形采集；其值为 0 时，表示 Q 端输入 0 时开放时钟；其值为 X 时，表示时钟始终开放，不受 Q 端输入限制。

⑤取样点设置：预触发取样点、后置触发取样点和阈值电压设置。

(2) 触发信号设置

单击触发下方的“设置”按钮后进入“触发设置”对话框，如图 2.27 所示。

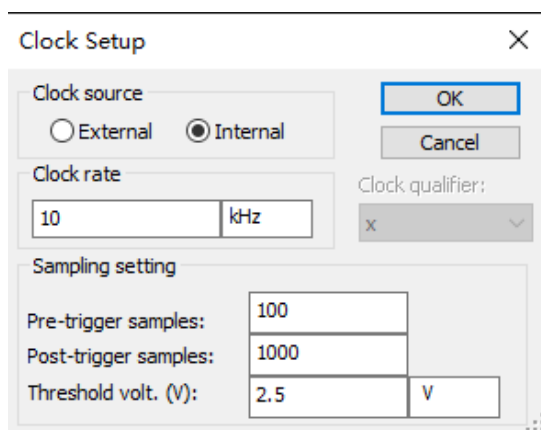


图 2-26 “时钟设置”对话框

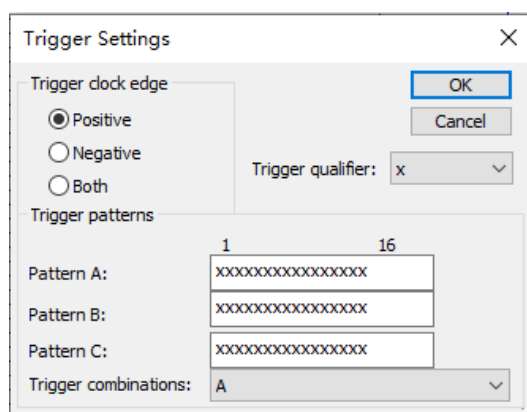


图 2-27 “触发设置”对话框

①触发时钟边沿：正边沿、负边沿，两者均可。

②触发模式：由 A、B、C 定义触发模式，触发组合下有 21 种触发组合可以选择。分析仪只有在满足触发字的组合条件时才被触发而采集波形数据。

③触发限制：表示对外部触发控制输入端的限制。其值为 1 时，表示 T 端输入

1 时开放外部触发信号，逻辑分析仪可以进行波形采集；其值为 0 时，则 T 端输入 0 时开放外部触发信号；其值为 X 时，则外部触发信号始终开放，不受 T 端输入限制。

④读取被测信号值：可在显示屏上读取输出波形的周期、频率，也可通过移动标尺 1、标尺 2，在显示屏的下方 T1、T2、T2-T1 读取输出波形的周期、频率，如图 2-25 所示。

2.4.3 逻辑转换仪

逻辑转换仪是 Multisim 特有的仪器，能够完成真值表、逻辑表达式和逻辑电路三者之间的相互转换。实际中，不存在与此对应的设备。其图标和面板如图 2-28 所示。图标中有 9 个接线端，其中，左边的 8 路为信号输入端，右边的 1 路为信号输出端。双击图标打开逻辑转换仪的控制面板，左边为真值表区域（其中，左栏显示序号，中栏显示输入变量值，右栏显示输出变量值），下边为逻辑表达式区域，右边为 6 个转换功能选择按钮。

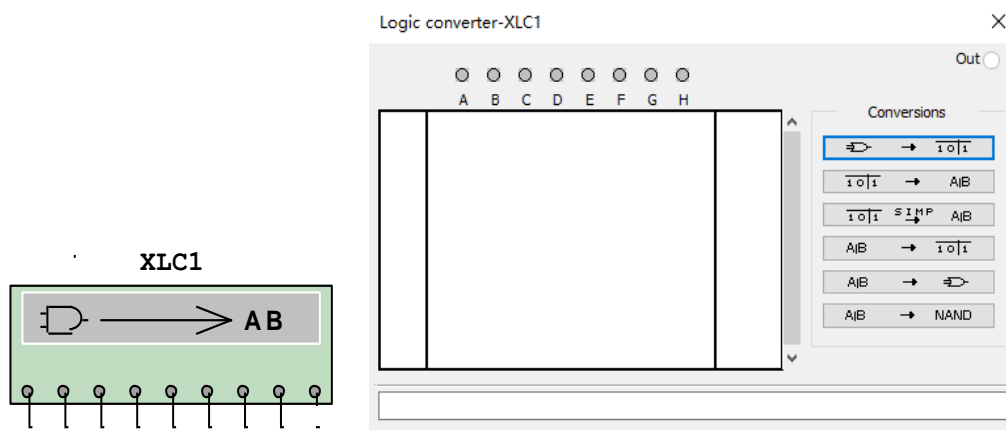


图 2-28 逻辑转换仪图标及控制面板

(1) 真值表输入方法

1) 输入变量值

真值表中栏上方共有 8 个变量 (A, B, ..., H) 可供选择，用左键单击所需变量，则自动产生序号和输入变量值。

2) 输出变量值

输入变量值确定后，输出变量值全部显示为“？”，用左键单击会在“？，0，1，X4”种状态之间切换，用户可根据需要选择。

(2) 逻辑表达式输入方法

在逻辑表达式区域直接输入即可。

(3) 转换功能选择

面板右边从上到下的 6 个按钮功能依次为逻辑电路转换为真值表、真值表转换为与或式逻辑表达式、真值表转换为最简逻辑表达式、逻辑表达式转换为真值表、逻辑表达式转换为逻辑电路、逻辑表达式转换为与非门电路。

第3章 基础实验

3.1 门电路功能测试与应用

3.1.1 实验目的

- ①学会用 Multisim 14 软件进行集成门电路的仿真实验。
- ②掌握基本门电路逻辑功能的测试方法。
- ③熟悉 THD-1 型数字电路实验箱的使用。
- ④掌握常用集成门电路的逻辑功能。
- ⑤了解集成门电路的应用。

3.1.2 实验设备及器材

- ①计算机及电路仿真软件 Multisim 14。
- ②THD-1 型数字电路实验箱。
- ③RIGOL DS1072U 双踪示波器 1 台。
- ④胜利仪器（VICTOR）数字万用表 VC890C+。
- ⑤集成电路：1 片 74LS00，1 片 74LS04，2 片 74LS10。

3.1.3 预习要求

- 1.预习附录 B 中集成芯片的外引脚图中的相关部分；
- 2.预习基本门功能、任意函数的化简及用门电路实现函数的方法；
- 3.写出必要的过程，并填入表 3-1-1 中；
- 4.进入实验室前，通过 Multisim 14 完成实验的仿真。

表 3-1-1 实验数据

输入		输出	
A	B	电平/V	逻辑状态
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

3.1.4 实验内容

- 1.测试 74LS00 的逻辑功能。
- 2.某产品有 A、B、C、D 四种指标，其中 A 为主要指标。当包含 A 在内的三项指标合格时，产品为正品，否则为废品。要求用“与非门”设计产品质量检验器。
- 3.假设有两个正整数，每个正整数都由两位二进制数组成，分别用 $X=X_2X_1$ ，

$Y=Y_2Y_1$ 表示，要求用“与非门”判别 $X > Y$ 的逻辑电路。

3.1.5 实验步骤

1.74LS00 芯片逻辑功能测试

(1) 判断芯片引脚和型号

把芯片的缺口朝左，左下脚为第 1 引脚，按照逆时针方向引脚为 1, 2, 3.....

在数字电子技术实验中，TTL 芯片的型号是 74LS 系列，CMOS 芯片的型号是 CD4000 系列。

(2) 测试芯片

关闭实验箱电源，将芯片安装在实验箱的面包板上（注意芯片的引脚与面包板上的插孔一一对应时方可加力按下）。按照图 3.1 所示，选取 74LS00 中任意一个与非门，14 脚接 +5V 电源，7 脚接地，将其输入端 A 和 B 分别接至实验箱 12 位拨码开关区中任意两个拨码开关对应的插孔。每个插孔下方都对应有一个拨码开关，插孔与开关之间对应有一个指示灯。当开关向上扳为高电平，指示灯亮，向下扳为低电平，指示灯灭。将输出端接至 LED 电平显示灯区中的一个发光二极管的对应插孔，并在输出端接上万用表测量输出电平。

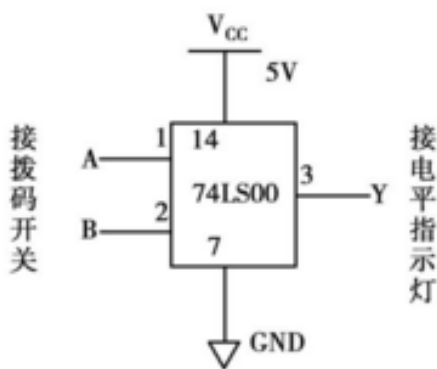


图 3-1-1 与非门接线图

②根据表 3-1-1 所列出的 A, B 的几种组合，扳动拨码开关输入电平，通过发光二极管的亮和灭来观察与非门的输出状态，同时读出万用表的直流电压值，将观测结果填入表 3-1-1 中。

2.根据题意设计内容 2、3 的电路，并将电路在实验箱上搭接出来。

3.1.6 实验报告及要求

1.在预习报告的基础上，根据实验结果，把预习报告进一步完善。如果设计电路无误，只需要写出实验小结即可；如果有错误在预习报告预留的空白部分进行更

改，并写出实验小结。

2.根据实验原理和掌握的理论知识对实验结果进行必要的分析和说明。

3.1.7 思考与拓展仿真

1.TTL 与非门输入端悬空相当于输入什么电平？为什么？

2.如何处理各种门电路的多余输入端？

3.总结与门、与非门、或门、或非门、异或门的逻辑功能。

3.2 译码器的应用

3.2.1 实验目的

- ①掌握用 Multisim 14 软件进行译码器的仿真实验。
- ②掌握 3/8 线译码器 74LS138 的工作原理及测试方法。
- ③掌握用 3/8 线译码器 74LS138 构成组合电路的方法,学习译码器的扩展方法。
- ④熟悉七段 LED 数码管及 BCD-七段译码/驱动器 74LS47 的工作原理及应用。

3.2.2 实验设备及器件

- ①计算机及电路仿真软件 Multisim 14。
- ②THD-1 数字电路实验箱。
- ③集成电路: 74LS147、74LS00、74LS139、74LS138、74LS20、CD4511 各 1 片。

3.2.3 预习要求

- 1.预习优先编码器、线译码器、显示器的功能;
- 2.填写表 3-2-1、表 3-2-2、表 3-2-3, 画出硬件实验内容 2/4/5 的实验电路图, 并用 Multisim14 软件实现;

表 3-2-1 74LS139 真值表

输入			输出
S'	A_1	A_0	$Y_3'Y_2'Y_1'Y_0'$
1			
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	

表 3-2-2 编码-译码-显示电路真值表

74LS147										CD4511								数码 显示			
I_9	I_8	I_7	I_6	I_5	I_4	I_3	I_2	I_1		A_3	A_2	A_1	A_0	Y_a	Y_b	Y_c	Y_d		Y_e	Y_f	Y_g
0	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
1	0	x	x	x	x	x	x	x	x												
1	1	0	x	x	x	x	x	x	x												
1	1	1	0	x	x	x	x	x	x												
1	1	1	1	0	x	x	x	x	x												
1	1	1	1	1	0	x	x	x	x												
1	1	1	1	1	1	0	x	x	x												
1	1	1	1	1	1	1	0	x	x												
1	1	1	1	1	1	1	1	0	x												
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0												
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												

表 3-2-3 3 线-8 线译码器真值表

输入			输出							
A_2	A_1	A_0	Y_7'	Y_6'	Y_5'	Y_4'	Y_3'	Y_2'	Y_1'	Y_0'
0	0	0								
0	0	1								
0	1	0								
0	1	1								
1	0	0								
1	0	1								
1	1	0								
1	1	1								

3.预习时注意“权位”对应。

3.2.4 实验内容

- 1.测试二—十进制优先编码器 74LS147 的逻辑功能。
- 2.用编码器、译码器和数码显示器组成以为 8421BCD 码的编码-译码-显示电路。
- 3.测试 2 线-4 线译码器 74LS139 的逻辑功能。
- 4.将 2 线-4 线译码器扩展成 3 线-8 线译码器。
- 5.用译码器实现以下函数：

$$F = A'B + BC + AB'C'$$

3.2.5 实验注意事项

- ①注意集成电路输入控制端和输出控制端的信号。
- ②74LS138 集成块搭接中注意输出信号的处理。
- ③注意显示器管脚与译码器的对应关系。

3.2.6 思考与拓展仿真

- ①74LS138 为什么能接成数据分配器？
- ②74LS47 直接驱动共阴极数码管还是共阳极数码管？

3.3 数据选择器及其应用

3.3.1 实验目的

- ①学习用 Multisim 14 软件进行数据选择器的仿真实验。
- ②了解中规模集成数据选择器的功能、管脚排列，掌握其逻辑功能。
- ③熟悉利用数据选择器构成任意逻辑函数的方法。
- ④了解数据选择器的扩展方法。

3.3.2 实验设备及器件

- ①计算机及电路仿真软件 Multisim 14。
- ②THD-1 数字电路实验箱。
- ③集成电路：74LS153，74LS04，74LS32，74LS151 各 1 片。

3.3.3 预习要求

- 1.预习数据选择器的功能表及它的应用。
- 2.填写表 3-3-1 和表 3-3-2, 画出实验内容 2、3、4 的实验电路图, 并在 Multisim14 中进行仿真。

表 3-3-1 74LS153 真值表

片选	地址端		数据输入端				输出
S'	A_1	A_0	D_3	D_2	D_1	D_0	Y
1	×	×	×	×	×	×	
0	0	0	×	×	×	d_0	
0	0	1	×	×	d_1	×	
0	1	0	×	d_2	×	×	
0	1	1	d_3	×	×	×	

表 3-3-2 8 选 1 数据选择器真值表

地址端			数据输入端								输出
A_2	A_1	A_0	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0	Y
0	0	0	×	×	×	×	×	×	×	d_0	
0	0	1	×	×	×	×	×	×	d_1	×	
0	1	0	×	×	×	×	×	d_2	×	×	
0	1	1	×	×	×	×	d_3	×	×	×	
1	0	0	×	×	×	d_4	×	×	×	×	
1	0	1	×	×	d_5	×	×	×	×	×	
1	1	0	×	d_6	×	×	×	×	×	×	
1	1	1	d_7	×	×	×	×	×	×	×	

3.3.4 实验内容

- 1.测试 4 选 1 数据选择器 74LS153 的逻辑功能。
- 2.将 4 选 1 数据选择器扩展成 8 选 1 数据选择器。

3.用 74LS151 实现以下函数： $F = ACD + B'D + AC'$ 。

4.试用一片双 4 选 1 数据选择器 74LS153 设计一个一位全加器。

3.3.5 实验注意事项

- ①注意 74LS153 控制端的信号。
- ②注意数据选择器扩展时所用门电路的类型。

3.3.6 思考与拓展仿真

- ①分析数据选择器的逻辑功能。
- ②总结用数据选择器实现函数的原理及扩展功能的连接方法。
- ③数据选择器与数据分配器有什么不同？

3.4 触发器功能测试与应用

3.4.1 实验目的

- ①掌握用 Multisim 14 软件进行触发器仿真实验的方法。
- ②掌握基本 JK 触发器、D 触发器的逻辑功能。
- ③了解各触发器之间的转换方法，并检验其逻辑功能。

3.4.2 实验设备及器件

- ①计算机及电路仿真软件 Multisim 14。
- ②THD-1 数字电路实验箱、双踪示波器。
- ③集成电路：CD4027，74LS74，74LS00，74LS04 各 1 片。

3.4.3 预习要求

1. 预习 D 触发器、JK 触发器的功能及触发时间的相互转换；
2. 填写表 3-4-1，表 3-4-2，画出实验内容 3 的实验电路图及状态转换图，在 Multisim14 中仿真，并画出波形图（注意波形之间的对应关系）。

表 3-4-1 JK 触发器 CD4027 的功能表

S_D	R_D	CP	J	K	Q^{n+1}	$(Q^{n+1})'$
1	0	×	×	×		
0	1	×	×	×		
1	1	×	×	×		
0	0	×	×	×		
0	0	01	0	1		
0	0	01	1	0		
0	0	01	1	1		
0	0	01	0	0		

表 3-4-2 D 触发器 74LS74 的功能表

S_D	R_D	CP	J	Q^{n+1}	$(Q^{n+1})'$
1	0	×	×		
0	1	×	×		
0	0	×	×		
1	1	×	×		
1	1	01	0		
1	1	01	1		

3.4.4 实验内容

1. JK 触发器 CD4027 的功能测试。

按表 3-4-1 测试 JK 触发器的异步置位端、异步复位端及 JK 触发器的特征方程，并将结果填入。

2.D 触发器 74LS74 的功能测试

按表 3-4-2 测试 D 触发器的异步置位端、异步复位端及 D 触发器的特征方程，并将结果填入。

3.分别用 JK 触发器和 D 触发器构成计数型触发器，画出电路图，在 CP 端加入 1KHz 的连续脉冲，用示波器观察 Q 端波形，并画于图 3-4-1 中。

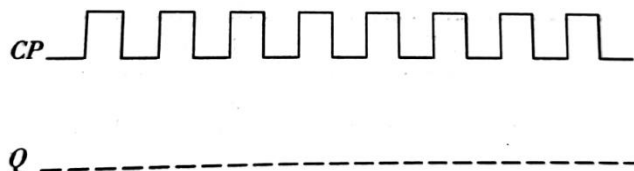


图 3-4-1 计数型触发器的波形

3.4.5 思考与拓展仿真

- ①分析各类型触发器的逻辑功能。
- ②总结 JK 触发器 74LS112 和 D 触发器 74LS74 的特点。
- ③JK 触发器改成 D 触发器后其触发特性有无改变？为什么？

3.5 移位寄存器及其应用

3.5.1 实验目的

- ①掌握用 Multisim 14 软件进行移位寄存器仿真实验的方法。
- ②掌握中规模 4 位双向移位寄存器逻辑功能及使用方法。
- ③熟悉移位寄存器的应用——实现数据的串行、并行转换和构成环形计数器。

3.5.2 实验设备及器件

- ①计算机及电路仿真软件 Multisim 14。
- ②THD-1 数字电路实验箱。
- ③集成电路：CD40194 芯片 2 片，74LS00，74LS32 各 1 片。

3.5.3 预习要求

- 1.预习移位寄存器的功能及应用
- 2.填写表 3-5-1，并画出实验内容 2、3 的实验电路图，并通过 Multisim14 仿真实现。

表 3-5-1 CD40194 功能表

R'_d	CP	S_1S_0	D_{IL}	D_{IR}	$D_0D_1D_2D_3$	$Q_0Q_1Q_2Q_3$
0	×	×	×	×	××××	
1	01	00	×	×	××××	
		01	1	d	××××	
		10	d	1	××××	
		11	×	×	$d_0d_1d_2d_3$	

3.5.4 实验内容

- 1.测试移位寄存器 CD40194 的逻辑功能。
- 2.设计一个流水灯电路，流水灯用 8 个发光管示意，灯亮与灭顺序如图 3-5-1 所示。

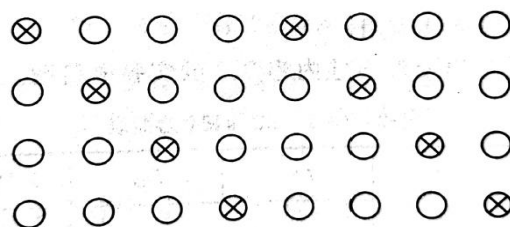


图 3-5-1 流水灯状态示意图

3. 利用 CD40194 设计一个输出状态如图 3-5-2 所示的彩灯控制器。

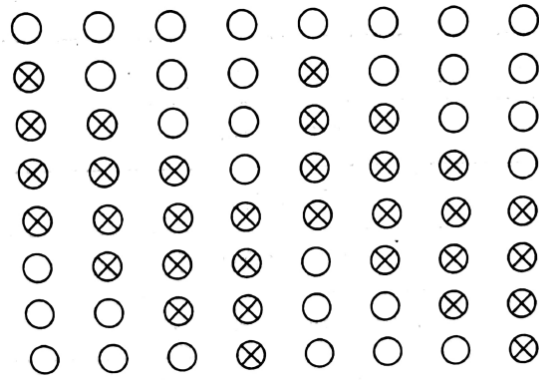


图 3-5-2 彩灯输出状态示意图

3.5.5 实验注意事项

- ①注意移位寄存器模式控制端的状态。
- ②使用移位寄存器的时候注意左移和右移的连接方式。

3.5.6 思考与拓展仿真

- ①总结 74LS194 逻辑功能。
- ②使寄存器清零，除采用 $C'R$ 输入低电平外，可否采用右移或左移的方法？可否使用并行送数法？若可行，如何进行操作？

3.6 中规模计数器及其应用

3.6.1 实验目的

- ①学习用 Multisim 14 软件进行计数器的仿真实验。
- ②熟悉中规模集成芯片 74LS161 和 74LS90 的逻辑功能、使用方法及应用。
- ③掌握构成任意进制计数器的方法。

3.6.2 实验设备及器件

- ①计算机及电路仿真软件 Multisim 14。
- ②THD-1 数字电路实验箱。
- ③集成电路：CD40161，74LS00，74LS20，74LS86，74LS08 各 1 片。

3.6.3 预习要求

- 1.预习中规模计数器的功能及应用知识。
- 2.画出实验内容 1、2、3 状态转换图及实验电路图，并在 Multisim 14 中进行仿真。

3.6.4 实验内容

- 1.利用 CD40161 构成一个 8421BCD 码的十进制计数器（置数法）；
- 2.利用一片 CD40161 设计一个输出状态如图 3-6-1 所示的电路。

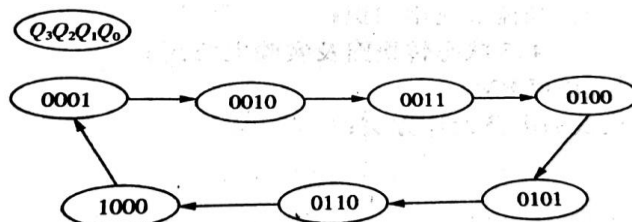


图 3-6-1 输出状态图

3.6.5 实验注意事项

- ①注意集成块功能端有效的状态。
- ②实现其他进制计数器的时候注意中断状态和反馈线的处理。

3.6.6 思考与拓展仿真

- ①计数器的同步置零方式和异步置零方式有什么不同？同步预置数方式和异步预置数方式有什么不同？
- ②在用十六进制计数器 74LS161 接成小于十六进制的计数器时，怎样使其原有的进位输出端产生进位输出信号？

3.7 时序逻辑电路的设计

3.7.1 实验目的

掌握时序逻辑电路的设计方法。

3.7.2 实验设备及器件

- ①计算机及电路仿真软件 Multisim 14。
- ②THD-1 数字电路实验箱。
- ③集成电路： 74LS00， 74LS04， 74LS32 各 1 片;74LS112， 74LS74 各 2 片。

3.7.3 预习要求

- 1.预习时序逻辑电路设计的方法与步骤。
- 2.画出实验内容 1 状态转换图及实验电路图，并在 Multisim 14 中进行仿真。
- 2.画出实验内容 1 实验电路图，并在 Multisim 14 中进行仿真。

3.7.4 实验内容

- 1.用 JK 触发器设计一个 8421BCD 码的加法计数器；
- 2.用 JK 触发器设计一个能自启动的同步六进制计数器，主循环状态如图 3-7-1 所示。

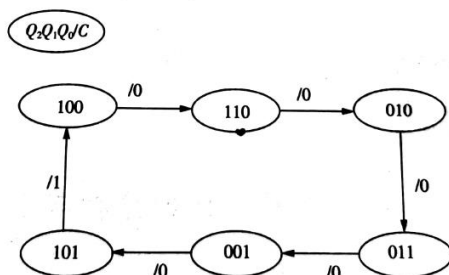


图 3-7-1 六进制计数器主循环状态图

3.7.5 思考与拓展仿真

- ①利用 JK 触发器和上述集成芯片设计其他进制计数器？。
- ②在设计①任务中实现自启动应注意哪些？

3.8 555 定时器及其应用

3.8.1 实验目的

- ①熟悉 555 定时器的工作原理。
- ②熟悉 555 定时器的典型应用。
- ③学习用 Multisim 14 软件进行 555 定时器的仿真实验。
- ④了解定时元件对输出信号周期及脉冲宽度的影响。

3.8.2 实验设备及器件

- ①计算机及电路仿真软件 Multisim 14。
- ②SAC -DMS2 数字电路实验箱。
- ③555 定时器、电阻、电容。
- ④双踪示波器 1 台。
- ⑤函数信号发生器 1 台。

3.8.3 预习要求

- 1.预习 555 定时器的电路结构、工作原理及基本应用；
- 2.画出实验内容 1 中 V_I 、 V_C 、 V_O 的波形；
- 3.画出实验内容 2 的实验电路，并计算 T 、 f 和 q 。
- 4.在 Multisim14 中对实验内容 1 和 2 进行仿真。

3.8.4 实验内容

1.555 定时器构成的单稳态触发器如图 3-8-1 所示。图中的 $R = 1k\Omega$ ， $C = 0.1\mu F$ 。简述电路的工作原理及充、放电回路，利用示波器观察 V_I 、 V_C 、 V_O 的波形，并计算 T_W 。

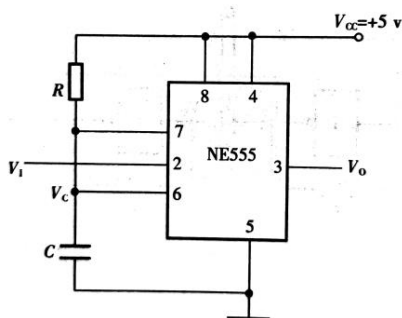


图 3-8-1 555 定时器构成的单稳态触发器

- 2.试用 555 定时器构成一个 $f \approx 1\text{Hz}$ 的多谐振荡器。计算 T 、 f 和 q 。

3.8.5 实验注意事项

- ①定量画出实验所要求记录的各点波形。
- ②整理实验数据，分析实验结果与理论计算结果的差异，并进行分析讨论。

3.8.6 思考与拓展仿真

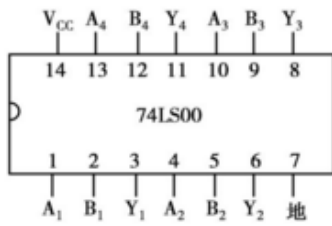
- ①用 555 定时器构成的施密特触发器电路中，怎样改变回差电压的大小？
- ②用 555 定时器构成的单稳态触发器电路中，如触发脉冲大于单稳态持续时间，电路能否正常工作？

参考文献

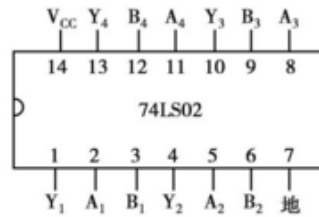
- [1]郎朗.电路与电子技术实验教程[M].合肥：合肥工业大学出版社,2012.
- [2]唐明良.数字电子技术实验与仿真[M].重庆：重庆大学出版社,2014.
- [3]阎石.数字电子技术基础(第六版)[M].北京：高等教育出版社,2016.
- [4]《中国集成电路大全》编委会.TTL 集成电路[M].北京：国防工业出版社,1985.
- [5]吕波.Multisim14 电路设计与仿真[M].北京：机械工业出版社,2016.
- [6]杨春玲.数字电子技术基础[M].北京：高等教育出版社,2017.

附录 A 集成芯片外引脚图

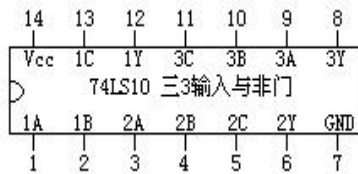
1. 二输入与非门



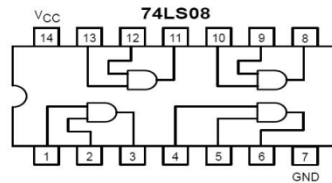
2. 二输入四或非门



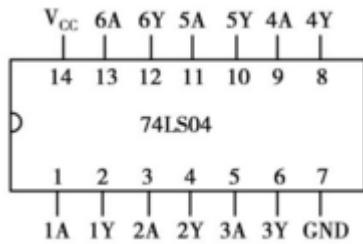
3. 三输入三与非门



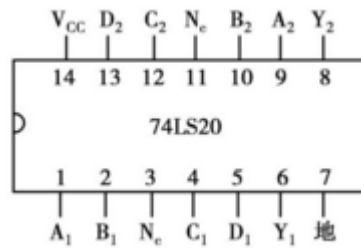
4. 二输入四与门



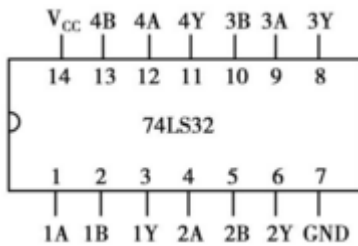
5. 六反相器



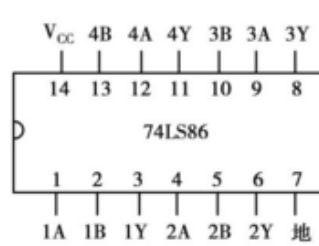
6. 四输入二与非门



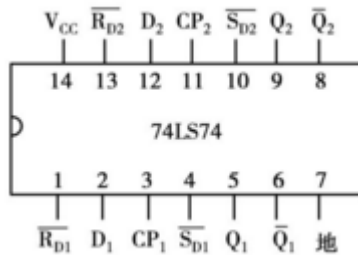
7. 二输入四或门



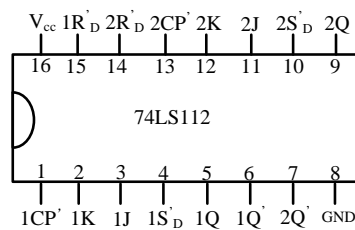
8. 二输入四异或门



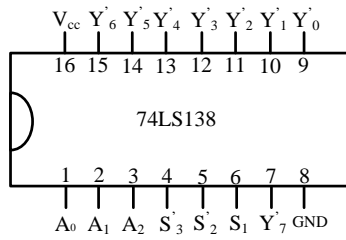
9. 双 D 触发器



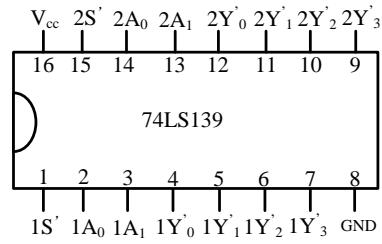
10. 双 JK 触发器



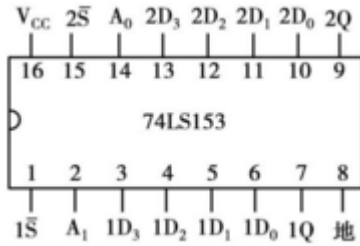
11. 3/8 译码器



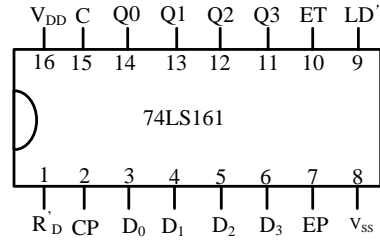
12. 2/4 译码器



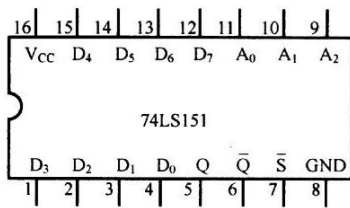
13. 双 4 选 1 数据选择



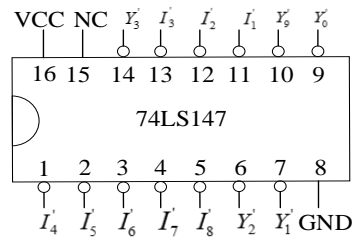
14. 四位同步可预置二进制计数器



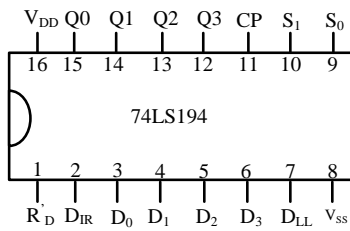
15. 八选一数据选择器



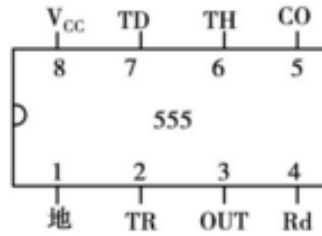
16. 10/4 线优先编码器



17. 四位并行存取双向移位寄存器



18. 555 定时器



19. 双 JK 触发器 CD4027

