

数电实验基础及仪器使用

学习中国大学MOOC平台上“数字电路分析与设计实验”课程

第一讲 认识数字电路

1.1 数电实验基本知识 (2个小视频)

1.2 实验箱使用说明 (2个小视频)

1.3 示波器的使用 (4个小视频, 主要功能1-3视频)

1.4 认识门电路 (2个小视频)

实验目的

- 了解数字电路的基本组成，认识数字信号、逻辑电平和逻辑关系
- 接触数字电路的调试过程，对数字电路达到一个大体的感性认识
- 了解数字实验箱，学习示波器的使用

1、 数字电路设计说明

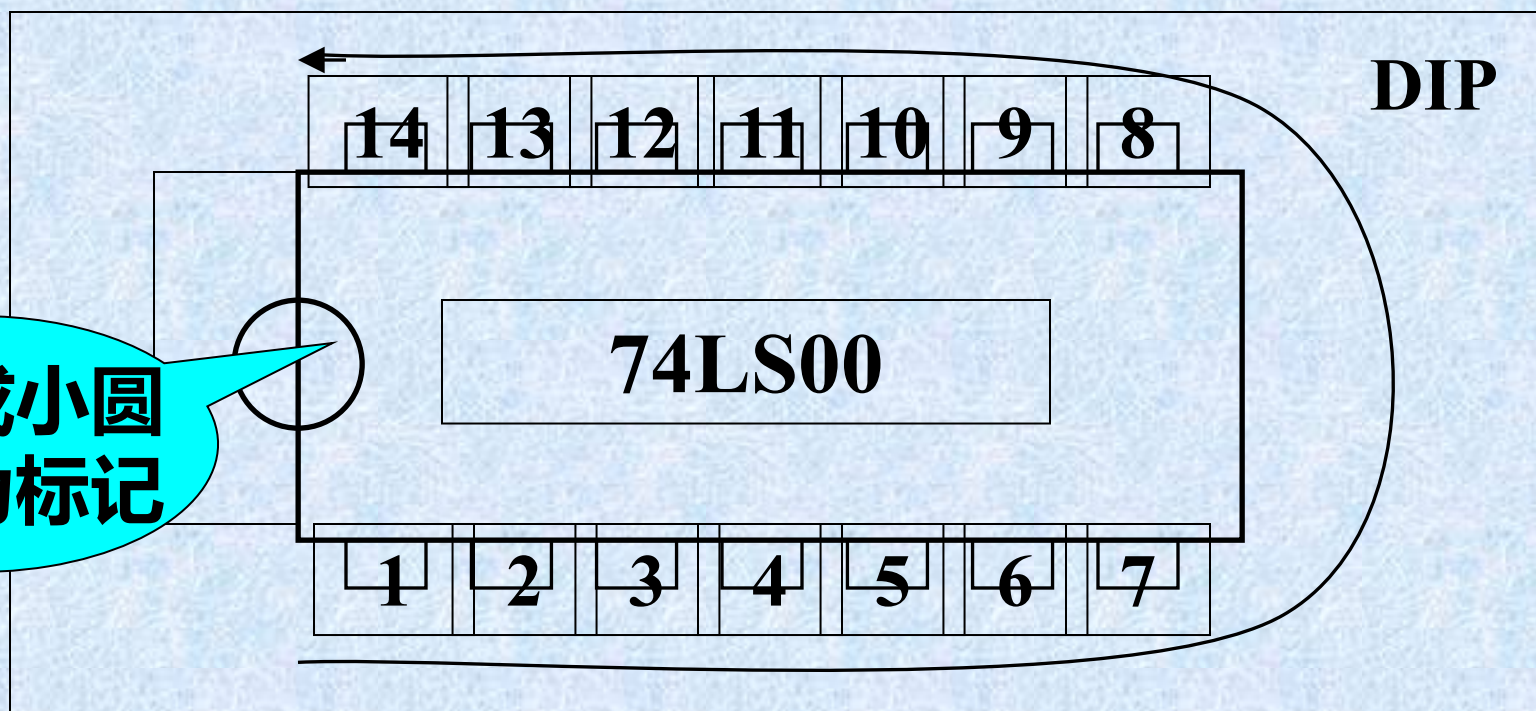
◆ 核心器件的选择是电子电路设计关键

- 各种门电路

- 常用中规模组合或时序逻辑电路

集成电路封装和引脚排列 (p579)

- 双列直插 DIP (Double In Line Package)
- 表面贴(扁平) SMD(Surface Mounting Device)



数字集成电路系列产品

■ TTL 器件

74系列——民用系列：0~70°C

54系列——军用系列：-55~120°C

型 号	类 型	国内对应系列
74xx	标准系列	T0000系列
74Hxx	高速系列	T2000系列
74Lxx	低功耗系列	
74Sxx	肖特基系列	T3000系列
74LSxx	低功耗肖特基系列	T4000系列

■ CMOS 器件

**分为4000、 74C××系列、和
74HC/HCU/HCT ××系列 等**

2、硬件实验重要规则

- ☐ 千万不可带电操作(元器件插拔)
- ☐ 第1次使用的器件必须进行单独测试
- ☐ 硬件连线是否正常必须进行 PTP通断测试
- ☐ 实验时必须准备好设计原理图和器件引脚排列图

请不要粗暴插拔连接线!

2 硬件实验重要规则 (续)

- ☐ 实验前必须设计详细的实验步骤
- ☐ 记录的实验结果必须是原始数据
- ☐ 做好预习，及时对实验结果初步判断并排除故障
- ☐ 实验完毕，关闭电源，整理好实验台，搞好环境卫生

■ 数字集成电路使用注意事项

- ☐ 严禁电源极性颠倒！
- ☐ 严禁带电插拔元器件！
- ☐ 输出端不能并联使用 (OC、TSL、TG门除外)
- ☐ TTL电路的多余输入端最好不要悬空，**特别是复位端和置位端，不能悬空。**
- ☐ CMOS电路的多余输入端不允许悬空。
- ☐ 多余输入端应根据实际需要作适当处理（接电源、接地或与有用的输入端并联）。

3、数字电路实验常见问题

➤ 器件故障

- 功能失效——实验前应进行元件的功能测试
- 特性失效：如带负载能力（静态特性）、上升沿、下降沿、延迟时间等（动态特性）
—— 专用集成电路测试仪

➤ 接线错误

- 最容易发生的错误
- 如多接、漏接、错接、元件引脚未插到插座上
- 连线过长、引脚悬空也可能引入干扰
(插线不超过3层，电源、CP端加滤波电容)

3、数字电路实验常见问题（续）

➤ 测试方法错误

- 仪器使用不正确，如示波器没有同步造成波形不稳定。

➤ 测试仪器故障

- 可先利用仪器的自检功能进行自校。

➤ 设计错误

- 在设计时，通常采用**自上而下**的方法，将系统划分为子系统、模块，直至实现具体的单元电路。
- 在调试时，应采用**自下而上**的方法，分阶段连接调试，一步一步地进行，以便较容易地发现问题并排除故障。

MDCL-I 数字电子技术实验箱



完成基本的数字电子技术实验，探究性实验与创新性实验

具体功能如下:

1. 提供16路逻辑电平指示和2路三态指示逻辑笔;
2. 提供6路译码数码管显示电路;
3. 提供12路触摸按键数据开关和2路逻辑开关;
4. 提供有1Hz、2Hz、32Hz、1024Hz、1MHz固定频率和1k-10kHz频率连续可调的基准频率信号;
5. 提供2路-5V~+5V输出的模拟信号源;
6. 提供8块数字与模拟电子技术实验模块和1块FPGA开发板, 可用于基础性、探究性与创新性实验;
7. 提供+3.3V、+5V、-5V; +12V、-12V直流电源和9V、12V、15V、18V交流电源, 用于数字与模拟电子技术实验。

MDCL-I型实验箱面板图

16路逻辑电平指示

2路三态指示逻辑笔

6路译码数码管显示

+3.3V、±5V、±12V电源

晶体三极管实验模块

数字电子技术实验区

分立元件自由实验模块

9V、12V、15V、18V交流电源

模拟电子技术实验区

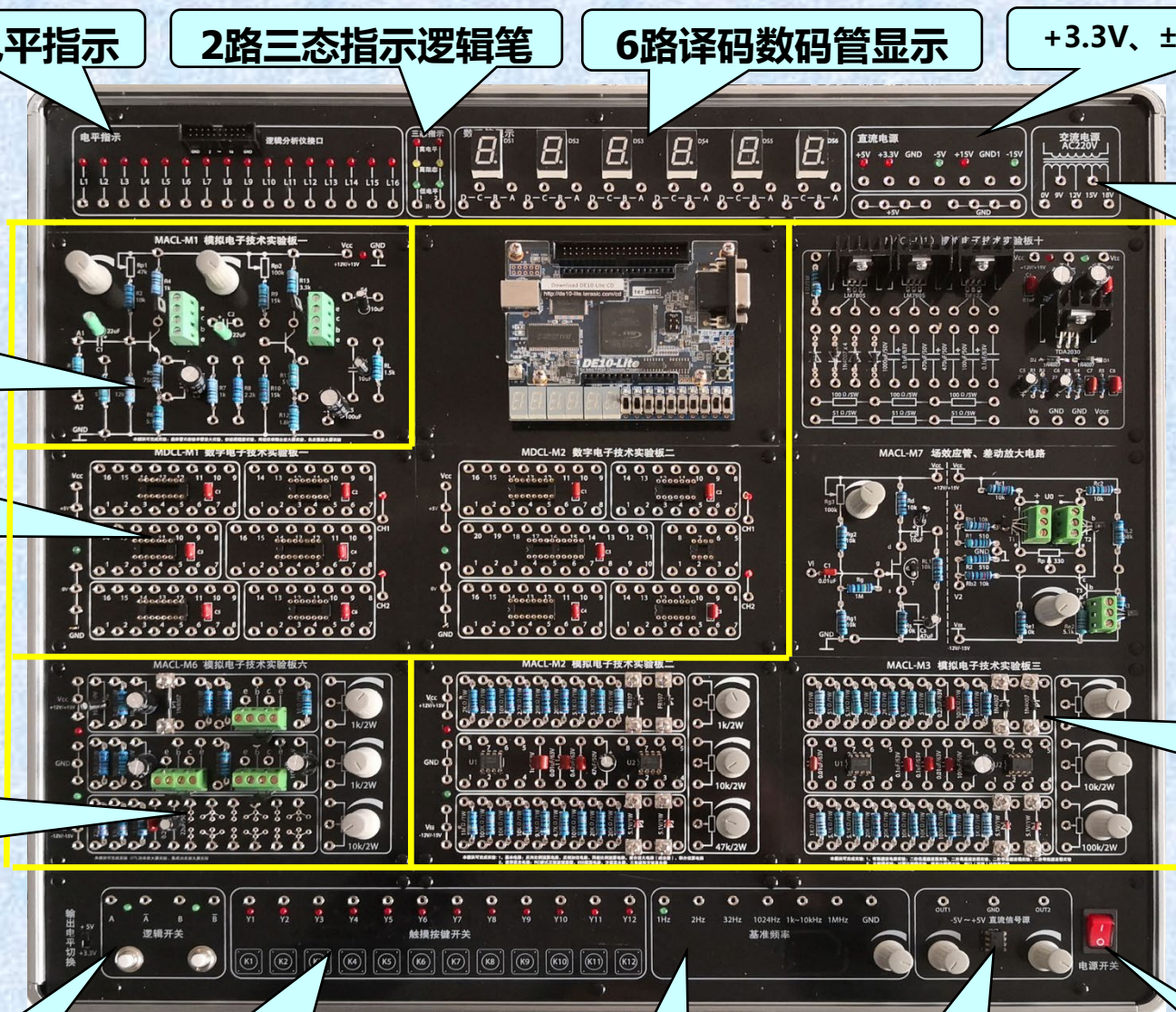
2路逻辑开关

12路触摸按键数据开关

基准频率

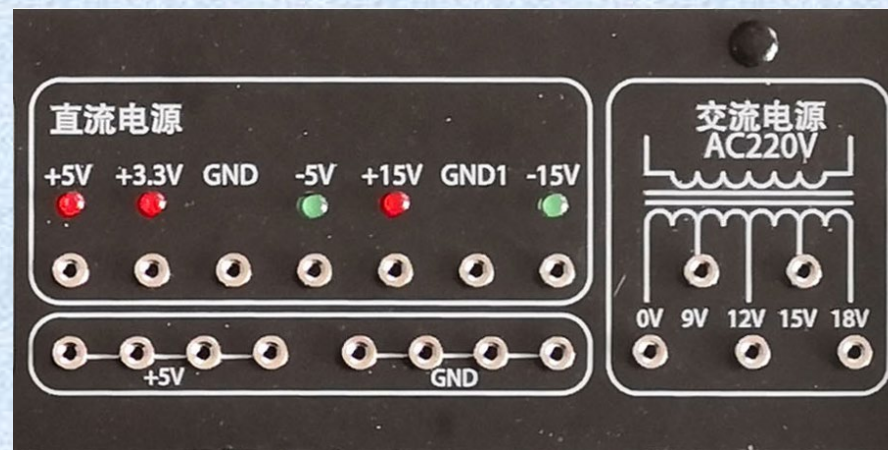
2路直流信号源

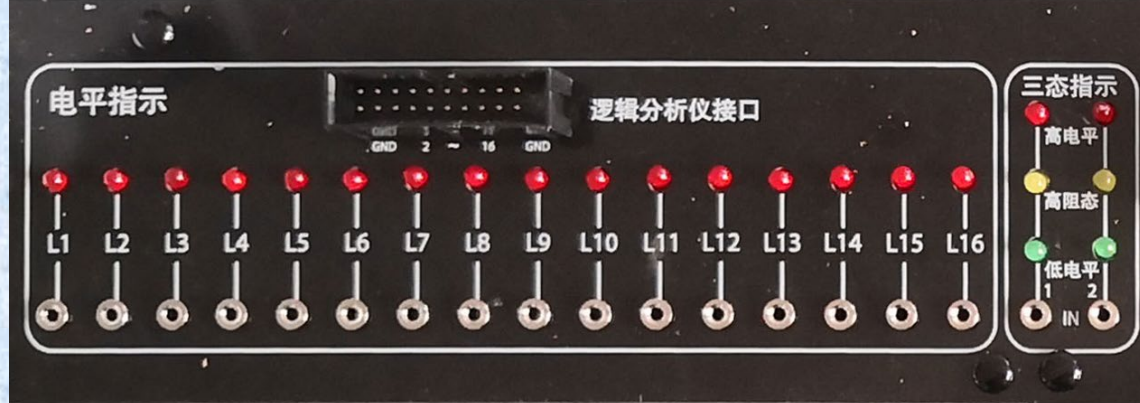
电源开关



一、电源系统

1. 实验箱采用220V交流电源，从实验箱后侧插座接入，插座内安装2A保险丝。
2. 红色电源开关位于面板右下方，打开电源后开关红灯点亮。
3. 实验箱通电后直流电源(+3.3V、 $\pm 5\text{V}/1\text{A}$ ， $\pm 12\text{V}/1\text{A}$)指示灯点亮，可从相应的接线插座输出。**在下方有3个+5V的插座和3个GND的插座，方便实验接线。**直流电源具有短路保护功能。
4. +3.3V、 $\pm 5\text{V}$ 和 $\pm 12\text{V}$ 两组电源相互独立，两个电源地GND和GND1内部没有连接，方便使用。
5. 交流电源有9V、12V、15V、18V低压交流电源输出，实验箱通电后交流电源即有输出。





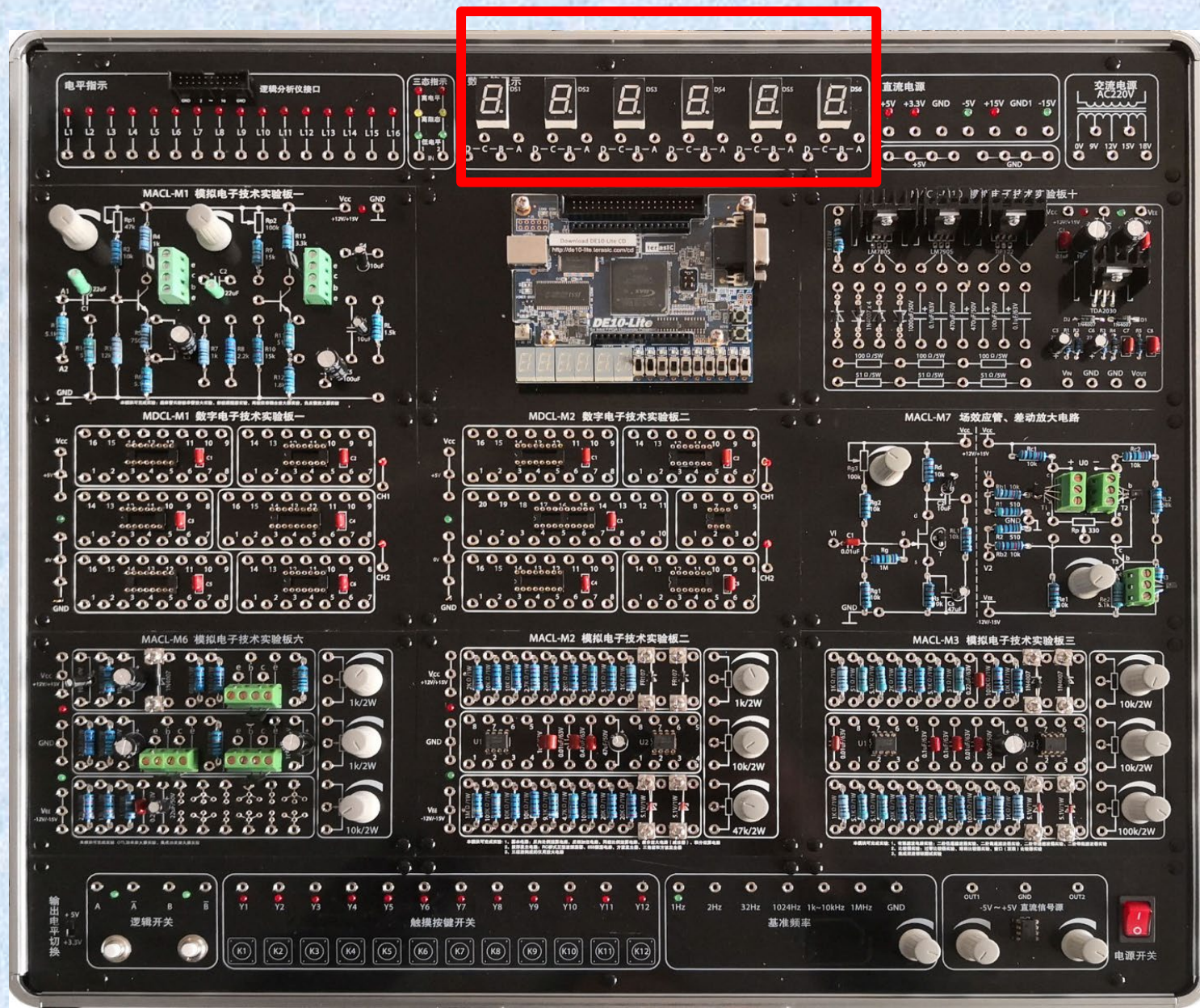
■ 16路电平指示电路：

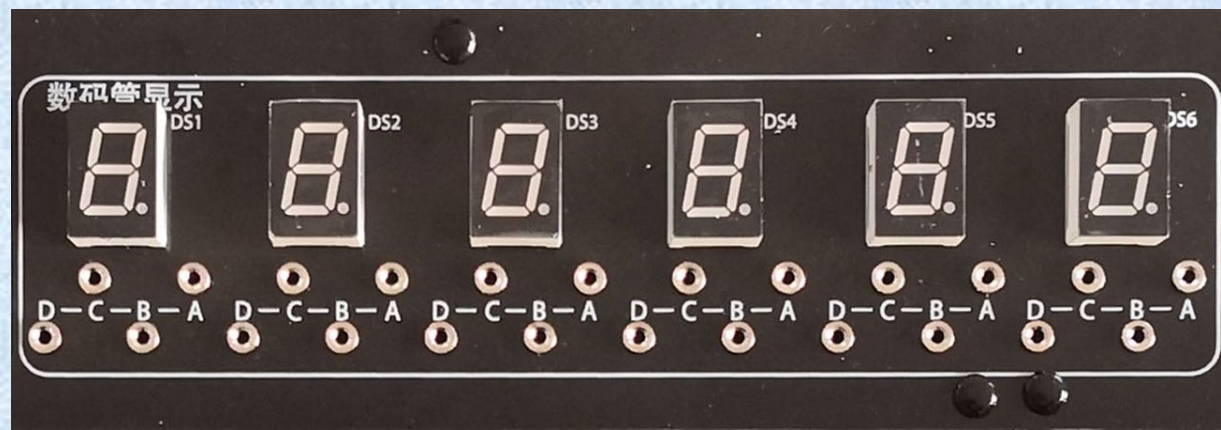
- 1、提供16路电平指示功能。
- 2、输入高电平(大于2.4V)有效，相应的红色指示灯点亮。
- 3、由于该电路为TTL电平指示电路，因此不得输入大于5V的信号。

■ 2三态指示逻辑笔：

- 1、提供两路逻辑笔，功能类同于电平指示电路。
- 2、当输入电平小于0.8V，低电平灯点亮；当输入电平大于2.4V，高电平灯点亮；当输入悬空时高阻态灯点亮。

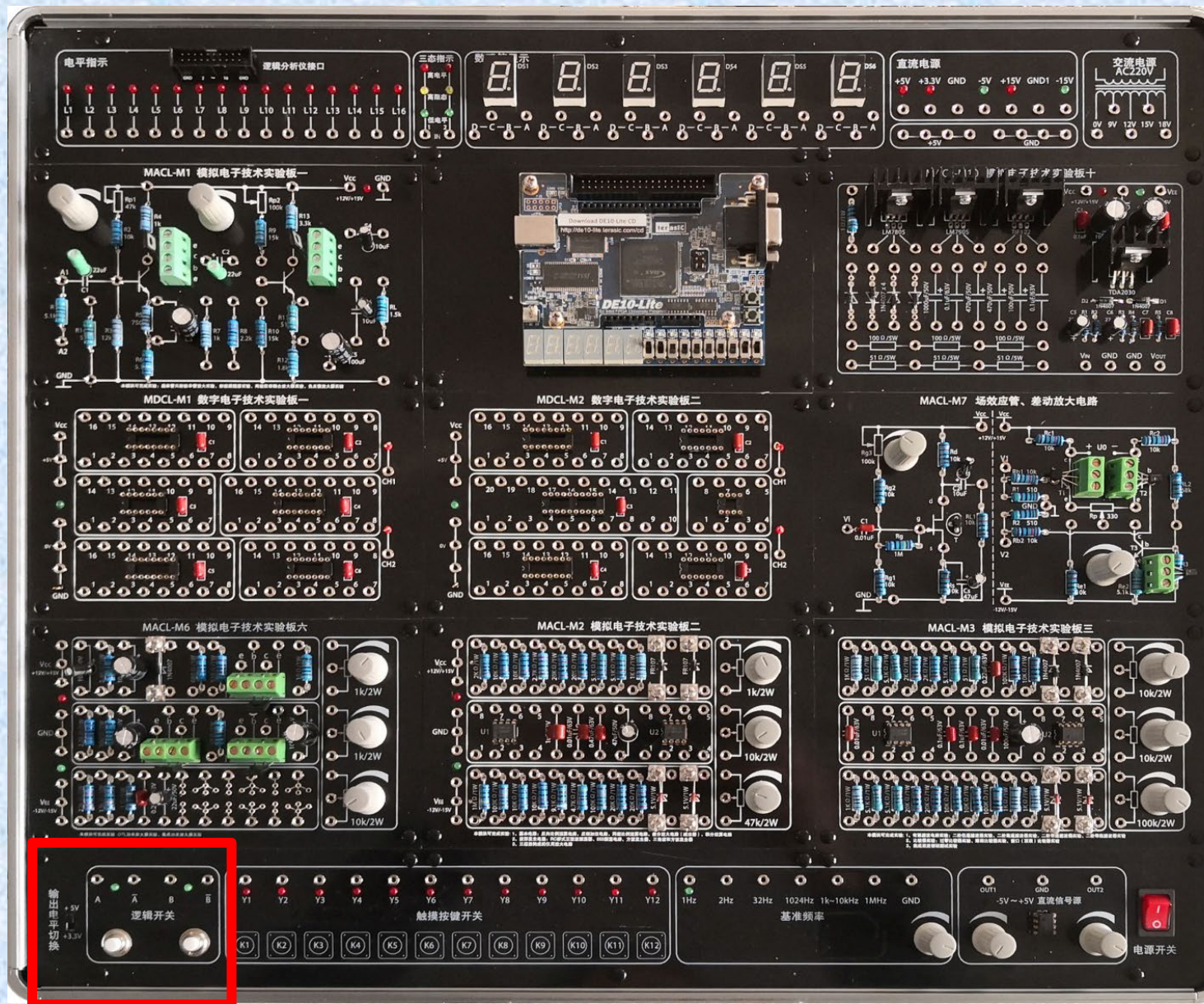
三、数码管显示部分





- 1、提供六路LED数码显示功能。
- 2、数码显示已经经过8-4-2-1码方式静态译码。
(D对应高位8，C对应4，B对应2，A对应1，如输入1001数码管显示5)。
- 3、所有的输入要求为TTL电平，高电平有效。
- 4、由于译码集成块的输入端对地接了一个固定电阻，所以高阻输入对于该显示系统为低电平。
- 5、为保证设备的正常运行，请勿输入高于5V的输入电平。

四、逻辑开关部分



- 逻辑开关（单次脉冲）：

- 1、提供2路逻辑开关（单次脉冲）

- 2、采用不自锁按钮输出单次脉冲。

- 3、按钮开关没按下时，A输出低电平， \bar{A} 输出高电平，LED指示

灯灭；按下按钮开关，A输出高电平， \bar{A} 输出低电平，LED指示灯点亮。

- 4、由于输入采用了施密特触发电路，所以该电路可以消除按键抖动干扰。

- 信号输出电平切换：

- 1、可选择逻辑开关、触摸按键开关和基准频率输出信号的高电平为+5V或+3.3V。

- 2、**当用74系列芯片进行实验时，应选择+5V高电平输出；当用FPGA或ARM等+3.3V电源电压的芯片进行实验时，必须选择+3.3V高电平输出。**



五、触摸按键开关部分



■ 触摸按键开关：

- 1、提供12路触摸按键开关，可以输出高电平或低电平两种状态。
- 2、每按一次触摸按键开关，输出状态将改变一次。输出低电平时LED指示灯灭，输出高电平时LED指示灯点亮。
- 3、高电平时的输出电压为+3.3V或+5V，由信号输出电平切换开关设定。
- 4、由于触摸按键开关采用专用的集成电路，其输出信号在高电平和低电平之间切换时**不存在机械式开关的电压抖动现象**。

六、基准频率信号部分

- 基准频率信号：

1、提供多路标准频率信号：

1Hz、2Hz、32Hz、1024Hz、

1MHz。标准信号采用晶振

分频得到，可以保证输出的信号精度。

2、提供可调频率信号：

1k-10kHz。可以通过右下方电位器调节。

3、各信号高电平时的输出电压为+3.3V或+5V，由信号输出电平切换开关设定。



七、直流信号源部分（模电）

■ 直流信号源：

1、提供2路直流信号源：

输出电压范围： $-5V \sim +5V$ 。

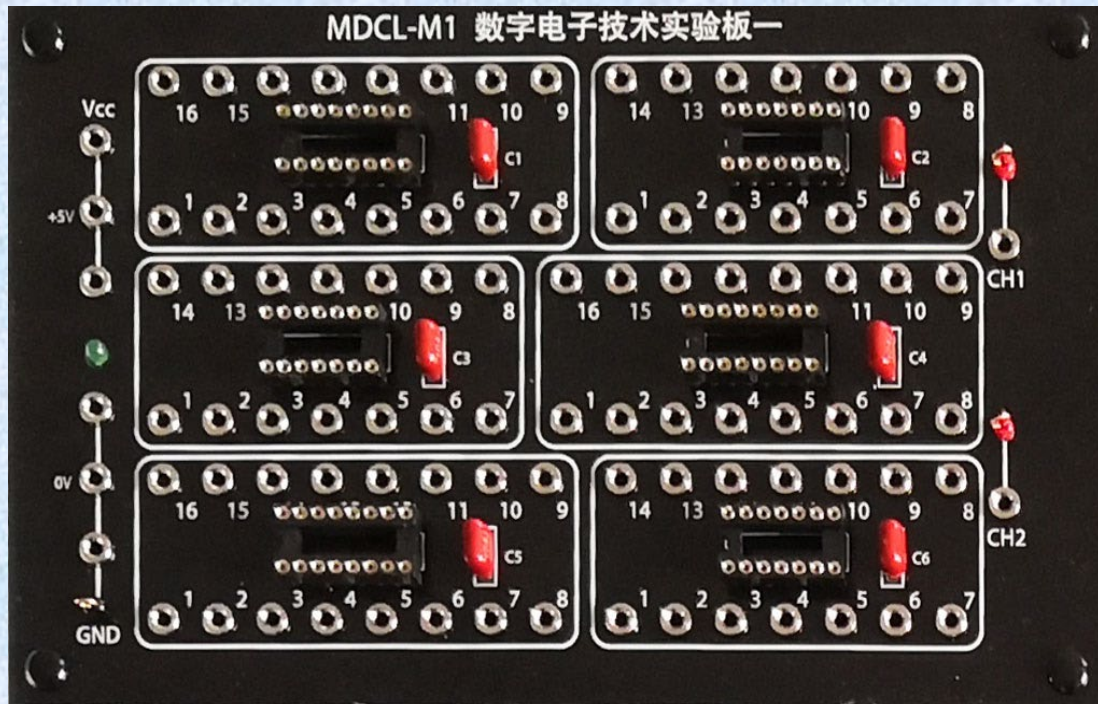
可由下方的多圈电位器调节输出电压，输出电流较小，只能用于控制信号用。

2、直流信号源的地为GND1，与 $\pm 12V$ 电源的地相连。

3、可用于运算放大器基本运算电路等实验。

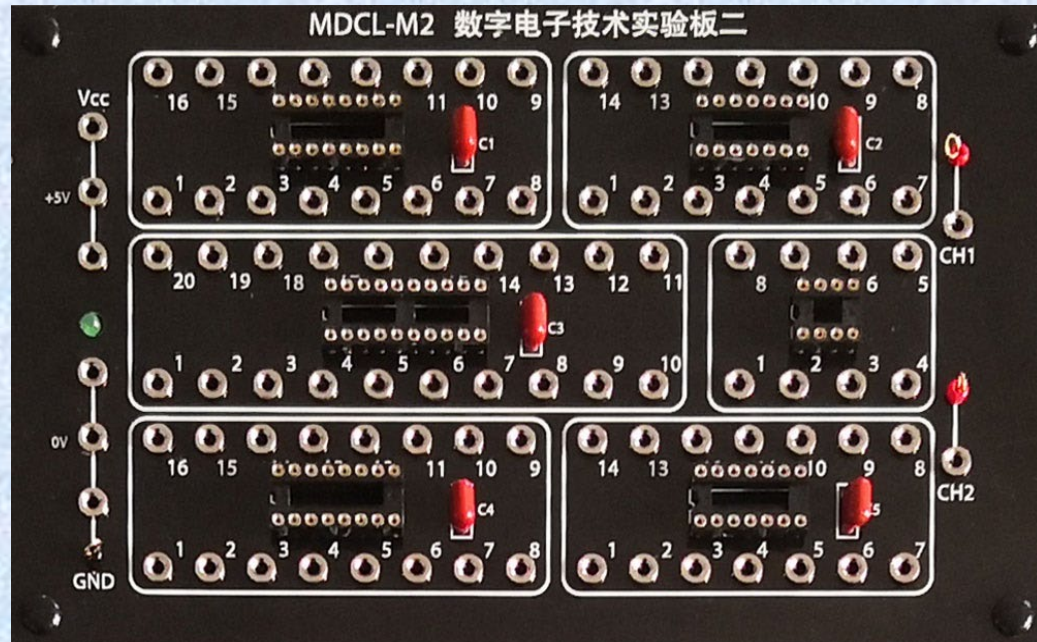


八、数字电子技术实验板一



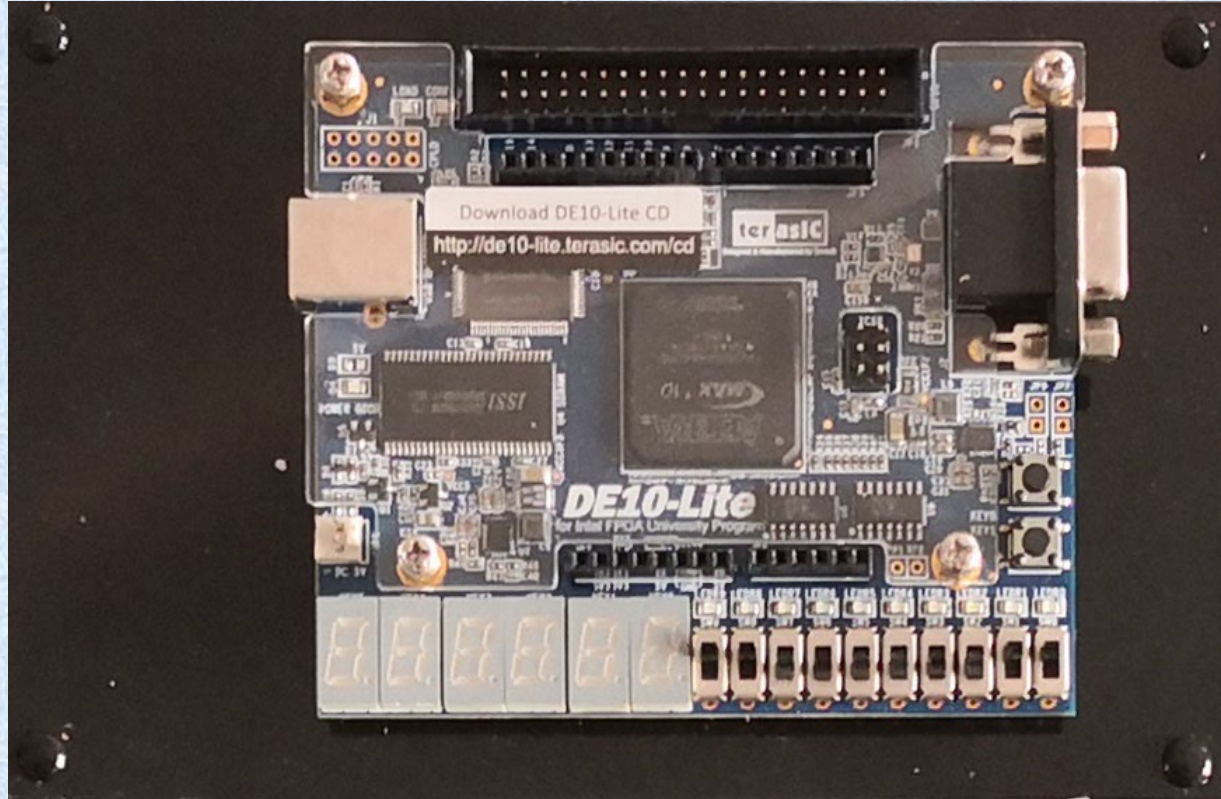
- 1、含有3个14Pin和3个16Pin共6个集成电路插座，各引脚由可叠插座引出。
- 2、在16Pin插座的16与8号引脚之间和14Pin插座的14与7号引脚之间连接有0.1uF的去耦电容。
- 3、在模块左边有两组连接端子，可以用于电源的扩展连接。
- 4、在模块的右边有两个示波器转接端子，可用于示波器挂钩的连接。

九、数字电子技术实验板二



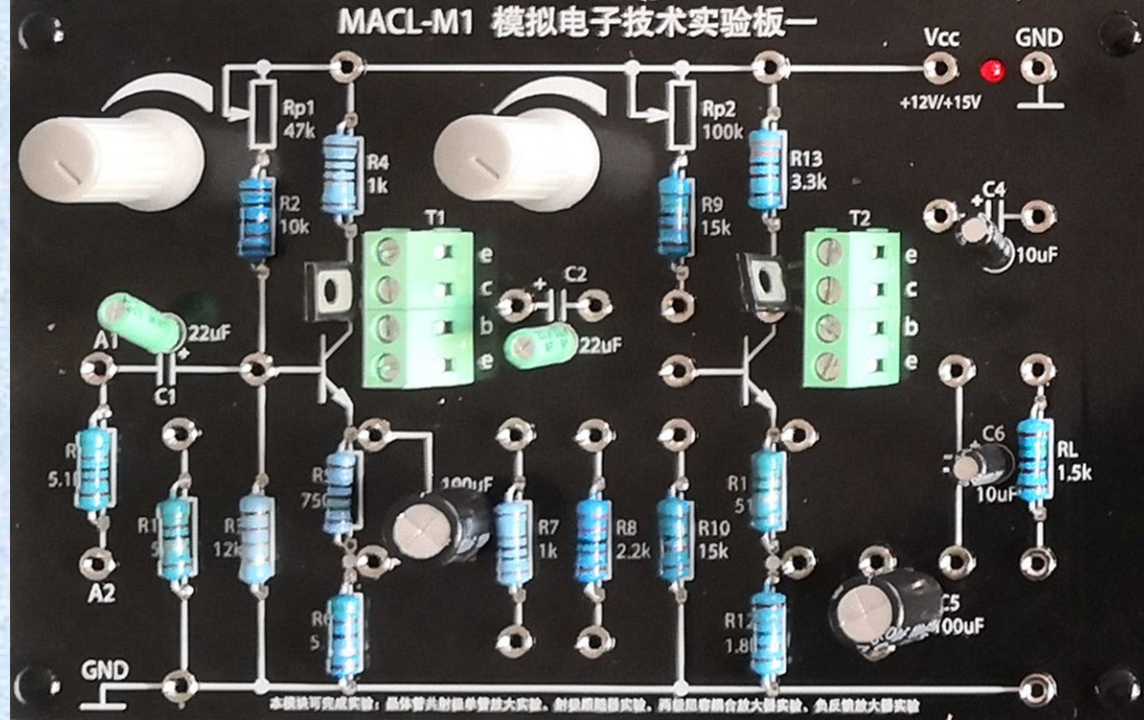
- 1、含有1个8Pin、2个14Pin、2个16Pin和1个20Pin共6个集成电路插座，各引脚由可叠插座引出。
- 2、在14Pin插座的14与7号引脚之间、16Pin插座的16与8号引脚之间和20Pin插座的20与10号引脚之间连接有0.1uF的去耦电容。
- 3、在模块左边有两组连接端子，可以用于电源的扩展连接。
- 4、在模块的右边有两个示波器转接端子，可以用于示波器挂钩的连接。

十、DE10-Lite FPGA 实验板



- 1、实验板安装有DE10-Lite开发板，FPGA芯片的型号为 MAX10系列 10M50DAF484C7G。
- 2、开发板实验时由USB 接口供电，不需要实验箱的直流电源。

十一、模拟电子技术实验板一

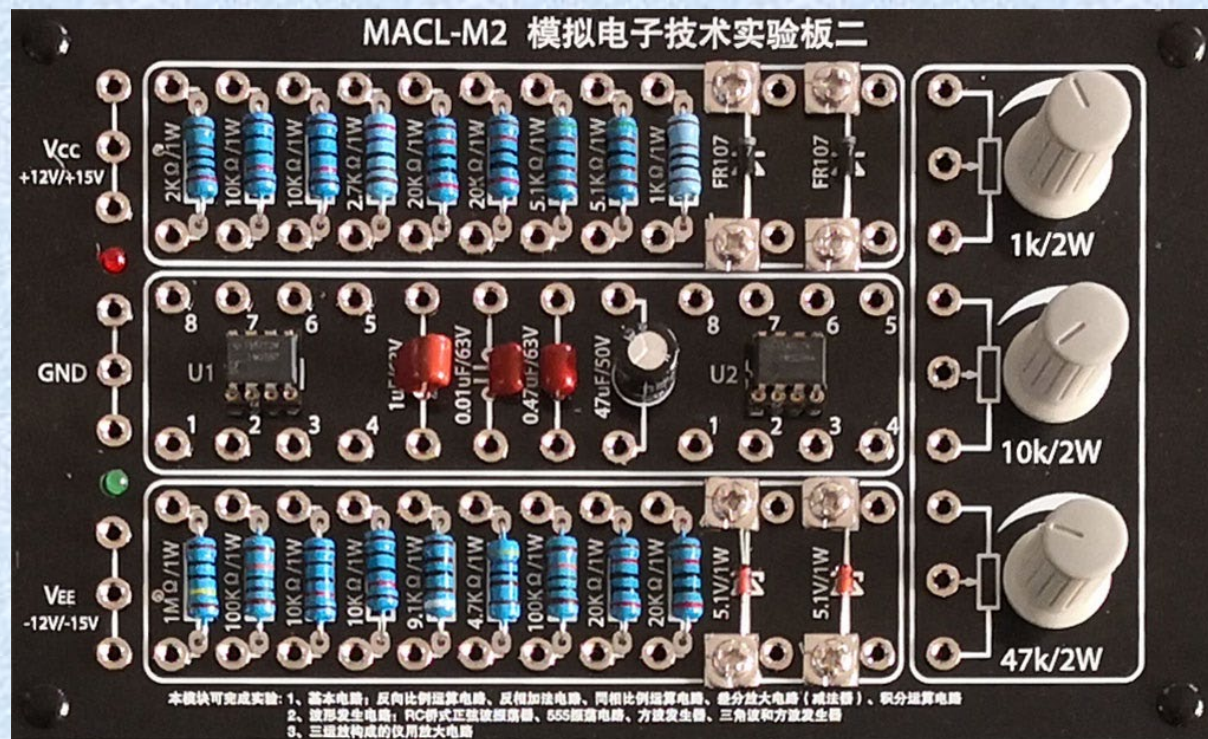


设有Vcc (+12V) 和GND接引端子，实验时需用电线连接至实验箱的直流电源。考虑到刚接触模拟电子学生搭建电路比较困难，此实验电路已设计好。

此实验电路可完成实验：

- ①晶体管共射极单管放大实验
- ②负反馈放大器实验
- ③射极跟随器实验
- ④两级阻容耦合放大电路实验

十二、模拟电子技术实验板二

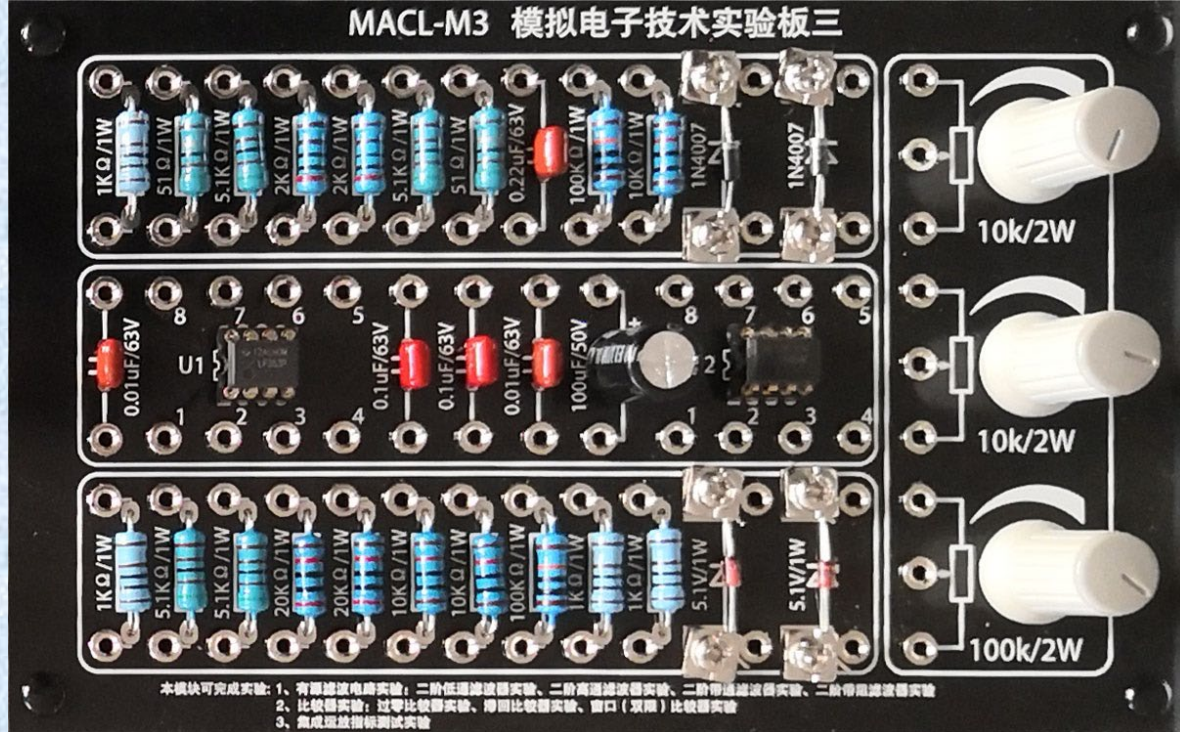


提供了需做实验的所有必需电阻、电位器、电容二极管、稳压管等元器件，同时有2个8Pin的集成芯片圆孔插座。

此模块可完成实验：

- ①基本电路实验：反相比比例积分运算电路、反向加法电路、同相比比例运算电路、差分放大电路（减法器）、积分运算电路；
- ②波形发生电路实验：RC桥式正弦波振荡器、555振荡电路、方波发生器、三角波和方波发生器；
- ③三运放构成的仪用放大电路实验。

十三、模拟电子技术实验板三



提供了需做实验的所有必需电阻、电位器、电容二极管、稳压管等元器件，同时有2个8Pin集成芯片圆孔插座。

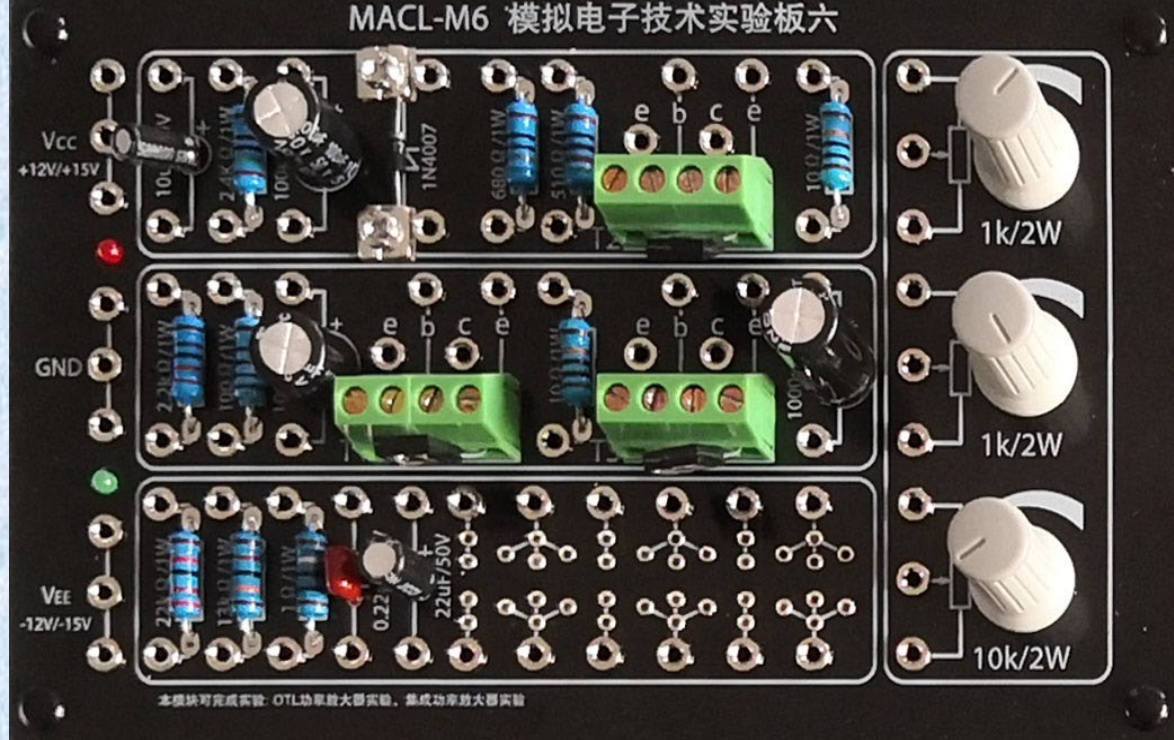
此模块可完成实验：

①有源滤波电路实验：二阶低通滤波器实验、二阶高通滤波器实验、二阶带通滤波器实验、二阶带阻滤波器实验；

②比较器实验：过零比较器实验、滞回比较器实验、窗口（双限）比较器实验；

③集成运放指标测试实验。

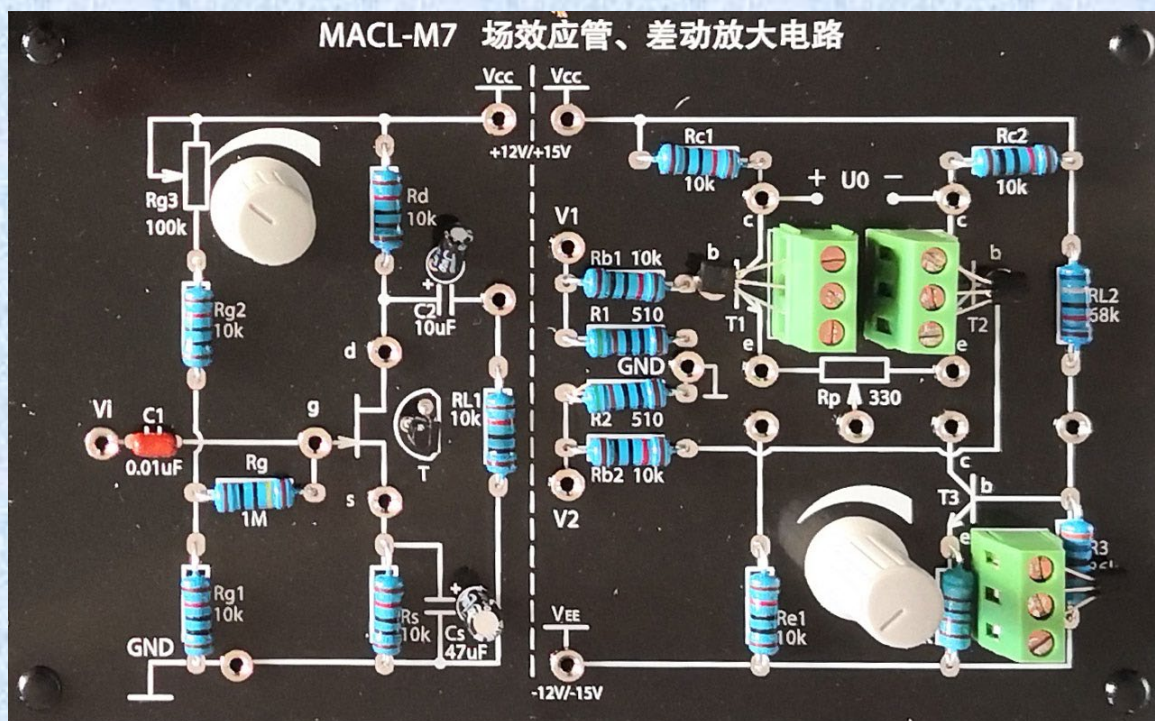
十四、模拟电子技术实验板六



本模块主要用于OCL功率放大电路实验和一些拓展实验，包含了常用的电阻、电位器、电容、二极管、接线端子等分立元件。并配置由分列元件插孔阵列，可以很方便地搭建实验电路，完成一些综合性和创新型实验。

- 1、本模块提供稳压电源实验的元件，可以和交流电源配合，完成整流电路实验，+5V（LM7805）稳压电源实验，±5V（LM7805、LM7905）稳压电源实验。
- 2、配有6各功率电阻，可以作为稳压电源或功放电路的负载。
- 3、布置由TDA2030集成功率放大器的音频放大电路，可进行音频放大实验。

十六、场效应管、 差动放大电路实验 板



可进行场效应管放大电路实验和差动放大电路实验。

实验内容： 常用电子仪器的使用练习

1. 用机内校正信号（方波）对示波器进行自检。
测量方波的幅度、频率和边沿时间，并把数据填入下表中。（波形显示检查）

表1.1 校正信号的幅度、频率和边沿时间

	标称值	原始数据		实测值
幅度	5Vp-p	div	V/div	
频率	1KHz	div	ms	
上升时间	$\leq 2\mu\text{s}$	div	μs	

*MOOC 平台上 1.3 示波器的使用（第3个视频）

Tektronix

TDS 1002C-EDU

TWO CHANNEL DIGITAL
STORAGE OSCILLOSCOPE

60 MHz
1 GS/s

Tek



Trig'd

M Pos 0.000s

MEASURE

CH1

上升时间

982.0ns

CH1

无

CH1

无

CH1

无

CH1

无

CH1 1.00V

M 500ns

CH1 / 2.40V

14-Aug-20 16:37

1.0000MHz

Tek



Trig'd

M Pos: 0.000s

CURSOR

中国大

类型

时间

信源

CH1

 Δt 1.080 μs Δf 925.9kHz ΔV 3.83V

光标1

-330ns

638mV

光标2

750ns

447V

1

CH1 840mV

M 250ns

14-Aug-20 16:41

CH1 / 2.48V

1.00000kHz

2、实验箱数码显示功能测试

在实验箱上译码显示部分的DCBA端依次输入0000~1111代码，列表记录数码管所显示的数字或形状。

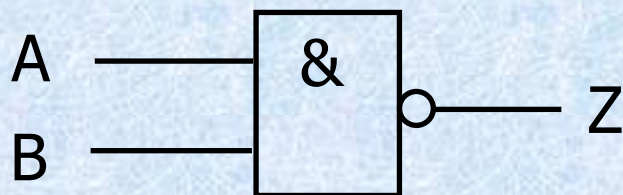
输入	显示	输入	显示
0000		1000	
0001		1001	
0010		1010	
0011		1011	
0100		1100	
0101		1101	
0110		1110	
0111		1111	

3、与非门功能测试

(1) 静态测试：输入接手动开关（组合电路输入接数据开关，时序电路输入接逻辑开关或秒脉冲），输出连LED指示灯（或逻辑笔、数码管），检查电路功能。

(2) 动态测试：输入接1kHz脉冲，输出用示波器观察波形。

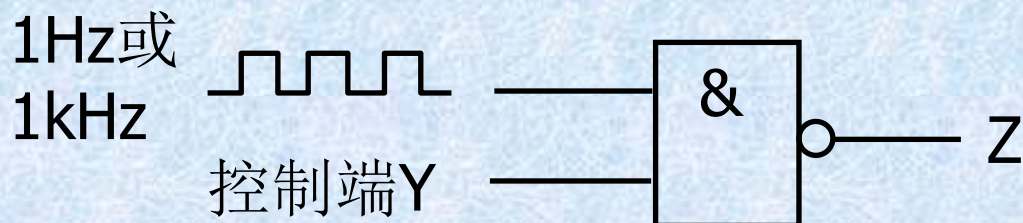
(1) 与非门逻辑功能的静态测试



将与非门的输出端接发光二极管，与非门的输入端接**数据开关**。接通与非门的电源，观察与非门在不同输入组合下的输出，并记录。

A	B	Z
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

(2) 与非门的波形测试



先将实验箱提供的1Hz基准频率（或秒信号）送入与非门输入端，输出接LED指示灯。控制端Y接数据开关，当控制端Y分别加上逻辑电平0和1时，观察Y对输出的控制作用。

然后将实验箱提供的1024Hz基准频率（或可调频率）送入与非门输入端。用示波器同时观察输入、输出波形，比较两者的相位关系。

➤ 附录：实验元件

74LS00 与非门 **2片**

74LS11 与门 **1片**

74LS55 与或非门 **3片**

74LS74 D触发器 **2片**

74LS107 JK触发器 **2片**

74LS161 计数器 **2片**

➤ 实验报告上注明桌号和实验日期:

1、 桌号请写在实验地点后

例如: 地点: 东3-306 A1

2、 日期: 2024.X.X 星期二 下午

下次实验： p381

触发器功能及应用

- 1、写出D触发器和JK触发器的功能测试方法。
- 2、设计 $D \rightarrow T'$ 、 $JK \rightarrow T'$ 、 $D \rightarrow JK$ 的转换电路。
- 3、分析JK触发器组成的单脉冲发生器的工作原理，画出其理论波形。以此类推，用双D触发器组成单脉冲发生器的原理电路。