



南京邮电大学  
Nanjing University of Posts and Telecommunications

电子电路课程设计

# 简易电容测试仪

# THE MAIN CONTENTS

---

01



课题概况简介



02



课题技术指标

03



整体方案设计



04



单元电路设计

第

1

部分

# 课程概况简介

# 01 课程概况简介

课程名称：电子电路课程设计（32学时，两周）

课程性质：必修（2学分）

教学目的：

- 1.提高模拟电路、数字电路理论和实验的综合能力。
- 2.掌握综合型电子电路的设计、装配和调测方法。
- 3.掌握电子元器件资料和电路资料的检索方法。
- 4.提高设计报告的撰写能力。
- 5.全面培养学生科技工作素质。

## 2022/2023学年第一学期 2020级电子电路课程设计进度表

## 1. 教法:

### ① 在实验室集中，分3次讲解。

- 电路设计提示。
- 装配要求、调测方法。
- 实验报告撰写要求。

### ② 逐一验收。

## 2. 学习方法:

- 认真自学《电子系统设计与实践教程》相关章节，查阅相关资料。
- 独立完成设计。
- 独立装配、调测、撰写设计报告。

## 课程纪律:

1. 缺少实验达三分之一以上无成绩，必须重修！
2. 设计报告必须手写，不得用打印机打印。
3. 预习报告和设计报告抄袭他人者，报告成绩按0分论处！
4. 迟到、早退3次成绩降档。

## 成绩评定:

1. 成绩分档：优秀、良好、中等、及格、不及格、不及格必须重修，没有补考。

第

2

部分

课题技术指标



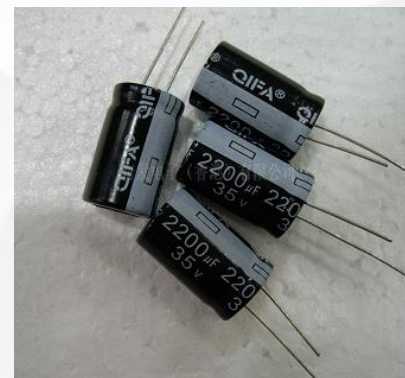
## 02 课题技术指标

### 1) 整体功能要求:

电容测试仪在一定的测量范围内测量出电容的容值，并以数字方式直观的显示测量数值。

### 2) 系统结构要求:

数字式电容测量仪的整体方案图如图所示:



## 02 课题技术指标

### 3) 电器指标（基本指标）

a、电容器的测量范围**100pF—9.9uF**。

b、显示方式：三位数码管显示，前两位显示电容量的数值（有效位），后一位显示**10**的倍率（添加**0**的个数）。容量单位为**pF**。

c、测量误差  $\leq 10\%$ 。

（附加指标：测量范围**10PF—100uF**，有小数点和单位切换）

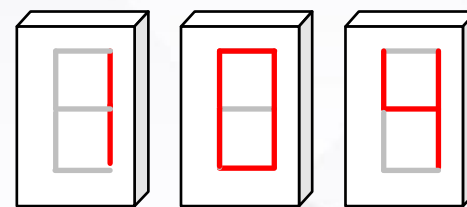
### 4) 设计条件：

a、直流稳压电源

b、装有**ISE**软件的计算机

c、面包板

d、元器件清单（见表一）



$10 \leq 10^4 \text{PF}$

## 02 课题技术指标

表一 元器件清单

序号	元件型号	数量	备注
1	4511	3	
2	NE555	1	
3	C391共阴极数码管	3	
4	100K $\Omega$	2	小型，多圈，可插面包板
5	560 $\Omega$ ，4.7 K，30 K	各1	
6	75K $\Omega$	各1	
7	1 K $\Omega$	3	
8	10nF（103）	3	独石电容
9	47 $\mu$ F	2	
10	100pF（101），1nF（102）， 47nF（473），100nF（104）， 1 $\mu$ F（105） 10 $\mu$ F（106）2.2 $\mu$ F（225）	各1	独石电容
11	1M有源晶振		
12	XC3S50AN下载板	1	
13	面包板	1	小的
14	剥线钳	1	
15	镊子	1	
16	单股导线	10	

第

3

部分

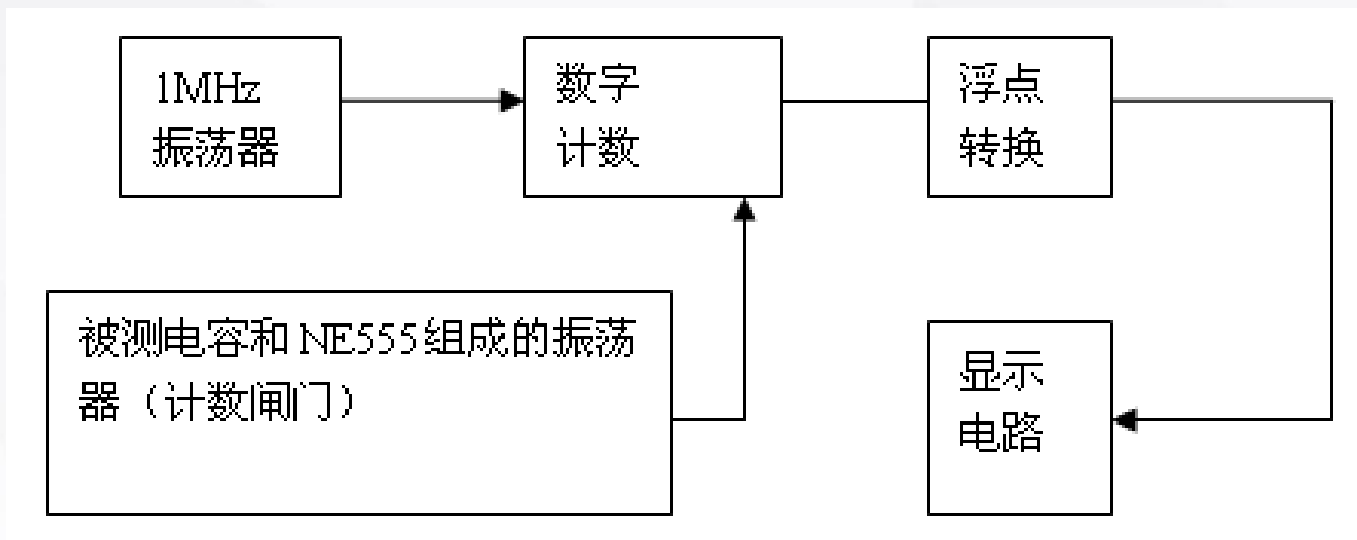
# 整体方案设计

### 03 整体方案设计

系统框图：

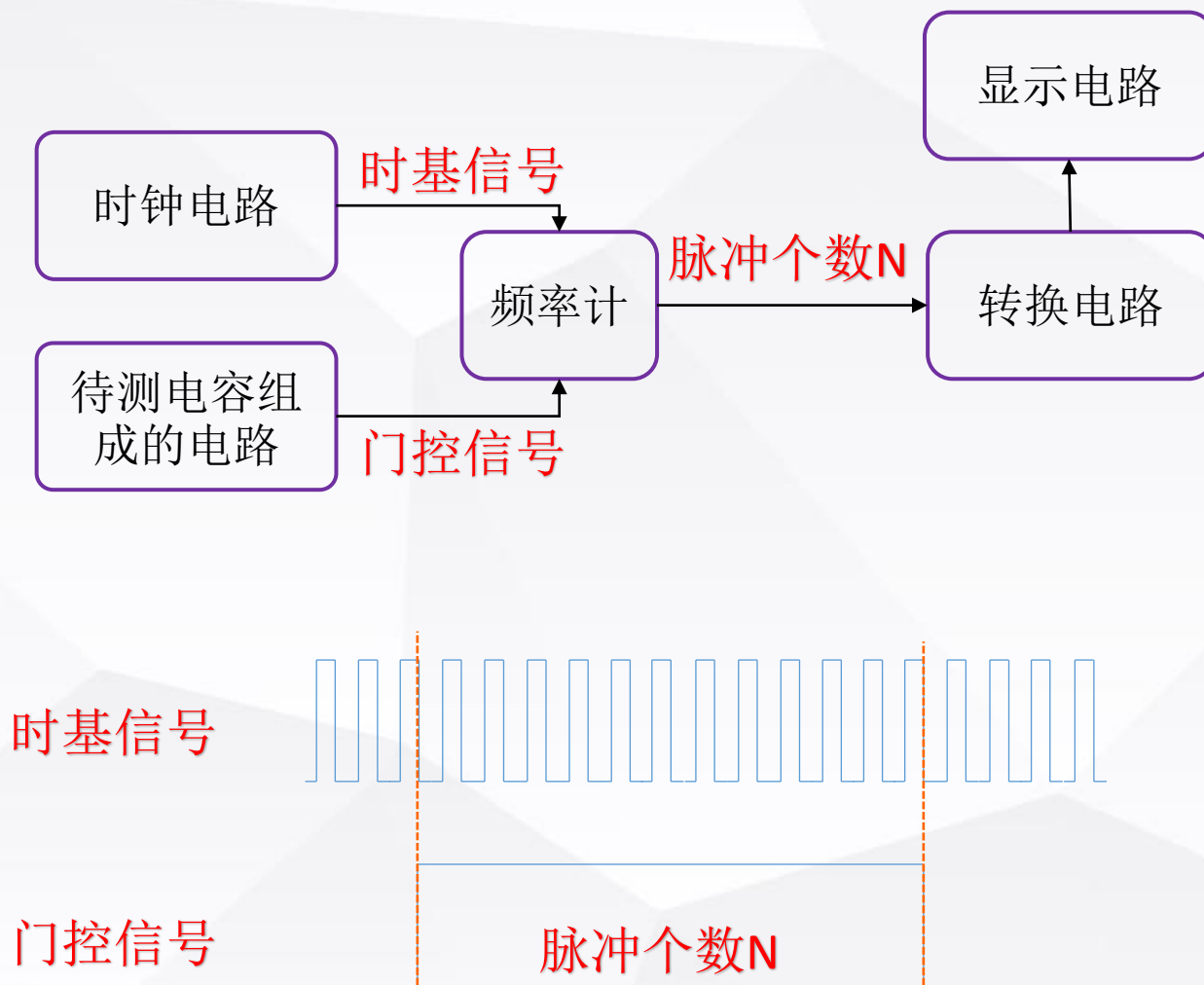
电容测量仪的设计方法很多，有测量频率法、测量周期法、测量相位法、测量积分法、测量方波法和电容电桥法。

本设计采用测量周期的方法实现测量电容量，原理框图如下：



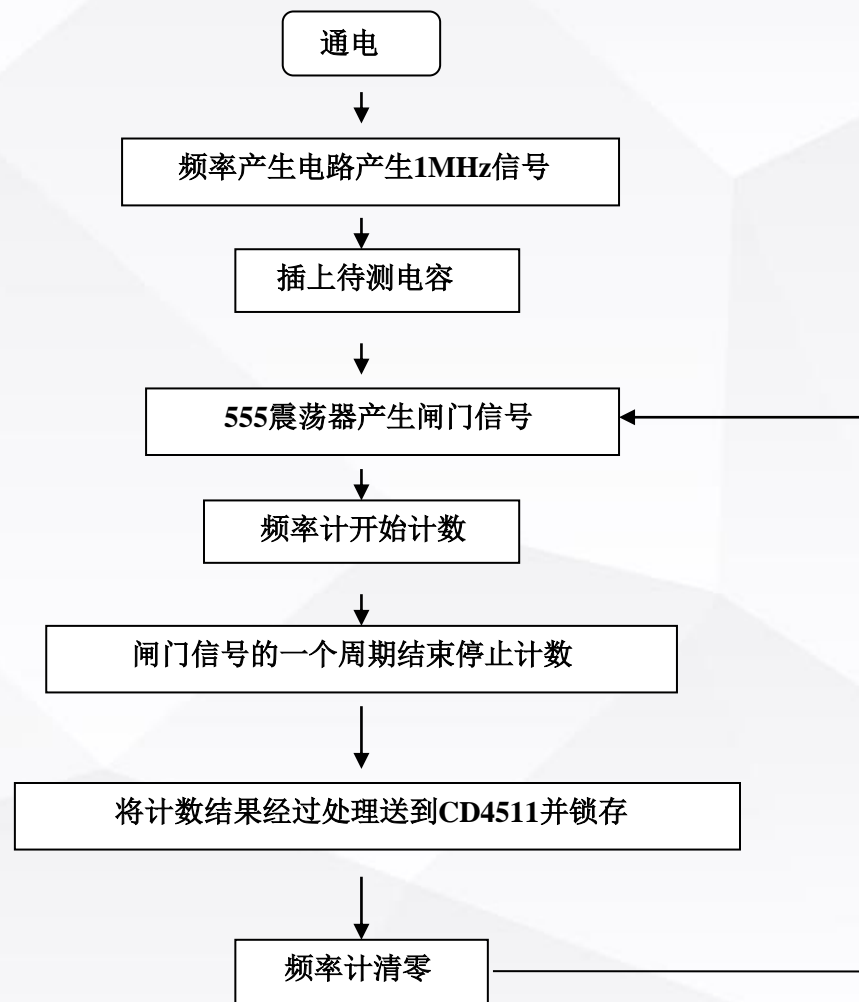
### 03 整体方案设计

由被测电容 $C$ 和NE555组成的多谐振荡器。该振荡器的输入脉冲周期（或宽度）与待测电容的容量成正比，用此周期作为数字计数器的计数闸门，对一个标准频率（1MHz）计数，合理选择多谐振荡器中的定时电阻，可使计数器的计数值直接作为电容的容量值，经浮点转换后显示。



## 03 整体方案设计

系统流程图如下：



数据测试举例（计数脉冲 $f=1\text{MHz}$ ， $T=1\mu\text{s}$ ）

待测电容 C	计数闸门 T	计数值	显示 (pF)
$<100\text{pF}$	$<10\mu\text{s}$	$<10$	000
$100\text{pF}$	$10\mu\text{s}$	10	101
$68\text{nF}$	$6.8\text{ms}$	6800	683
$100\text{nF}$	$10\text{ms}$	10000	104
$3.5\mu\text{F}$	$350\text{ms}$	350000	355
$10\mu\text{F}$	$1\text{s}$	最高位溢出	000



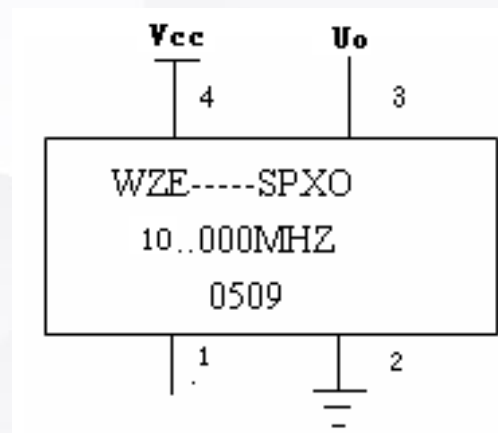
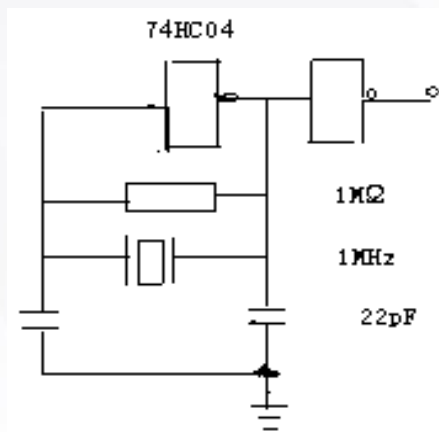
# 第 4 部分

## 单元电路设计

### 1、1MHz振荡器

1MHz振荡器用于提供计数器标准的计数信号，其频率的准确与否直接影响测试精度，一般需用晶振体构建高精度的振荡器。

以下是晶体振荡电路和晶振的外形封装：



### 2、多谐振荡器(闸门电路)

被测电容 $C$ 、定时电阻 $R_A$ 、 $R_B$ 和NE555组成多谐振荡器，电路图和原理参考数字电路书介绍。

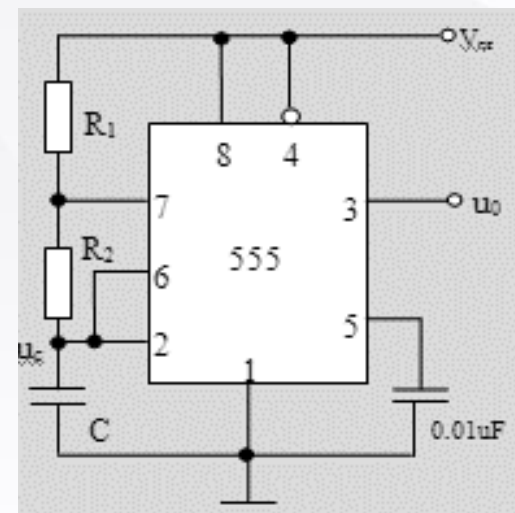
该振荡器输出脉冲有：

输出高电平时间： $T_{ph}=0.7(R_A+R_B)C$

输出低电平时间： $T_{pl}=0.72R_B C$

输出脉冲周期： $T=0.7(R_A+2R_B)C$

根据设计原理，输出脉冲的周期和1MHz信号的脉冲个数成正比。根据上表计算电阻 $R_A$ 、 $R_B$



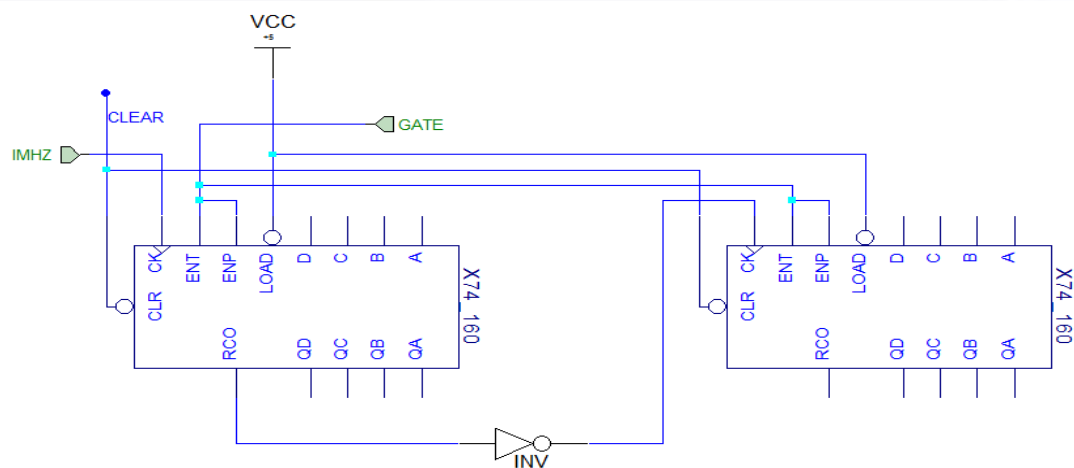
参考电路：555时基电路

### 3、数字计数器（可由FPGA实现）

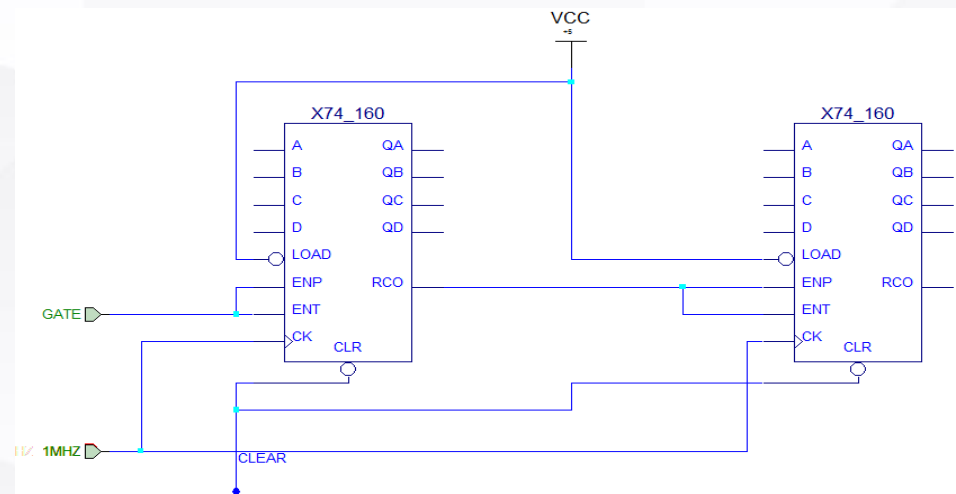
为了满足计数要求,应使用若干个十进制计数器级联,低位计数器的进位脉冲作为高位计数器的计数脉冲,每100pF电容量对应10个计数脉冲,故在测量范围100pF~10uF内计数范围为10~999999,当计数值小于10或者大于999999时,该数字电容测试仪必定显示000,故在测量范围100pF~10uF内需要计数器级联来实现。

需要

#### 方案一：异步级联



#### 方案二：同步级联



### 4、转换电路（可用FPGA实现）

由于显示方式为三位数码管显示,其中前两位显示电容器的数值,后一位显示10的倍率(添加0的个数),而计时器的范围为0~999999,故需作适当的转换。

待测电容 C	计数闸门 T	计数值	显示 (nF)
<100pF	<10 $\mu$ s	<10	000
100pF	10 $\mu$ s	10	101
68nF	6.8ms	6800	683
100nF	10ms	10000	104
3.5 $\mu$ F	350ms	350000	355
10 $\mu$ F	1s	最高位溢出	000

## 04 单元电路设计

待测电容 C	计数闸门 T	计数值	显示 (nF)
<100pF	<10 $\mu$ s	<10	000
100pF	10 $\mu$ s	10	101
1nF	0.1ms	100	102
68nF	6.8ms	6800	683
100rF	10ms	10000	104
3.5 $\mu$ F	350ms	350000	355
10 $\mu$ F	1s	最高位溢出	000

根据上表，显示电路具有以下六种情况：

- 1) 十位无进位或百万位有进位：送全零给显示电路，显示值**000**
- 2) 个位有进位，更高位无进位：送计数器个位、十位值给显示电路，倍率为**1**
- 3) 十位有进位，更高位无进位：送计数器十位、百位值给显示电路，倍率为**2**
- 4) 百位有进位，更高位无进位：送计数器百位、千位值给显示电路，倍率为**3**
- 5) 千位有进位，更高位无进位：送计数器千位、万位值给显示电路，倍率为**4**
- 6) 万位有进位，更高位无进位：送计数器万位、十万位给显示电路，倍率为**5**

### 5、显示电路

本课题显示电路用三个**4511**（七段译码器，功能表自己查找），其输入为经过转换的三组**BCD**码.输出可直接驱动七笔划共阴数码管.

### 6、锁存和清零控制电路

方案一：

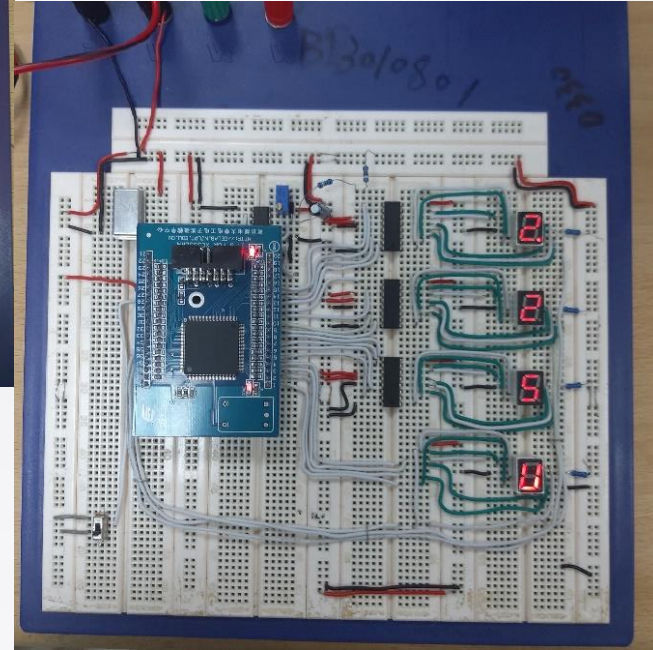
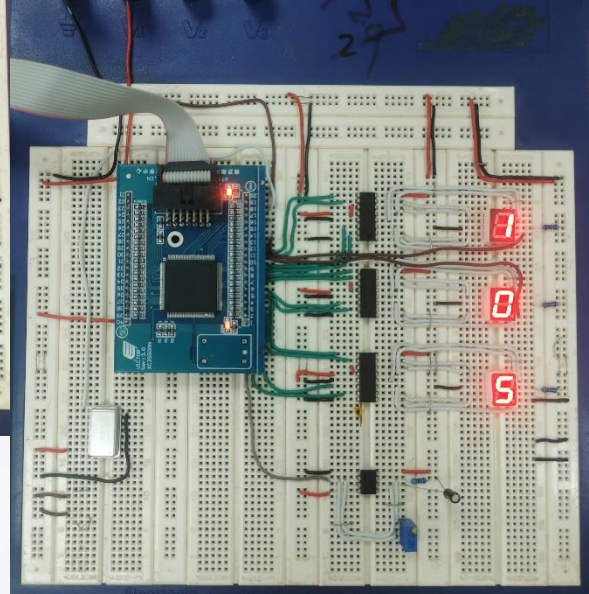
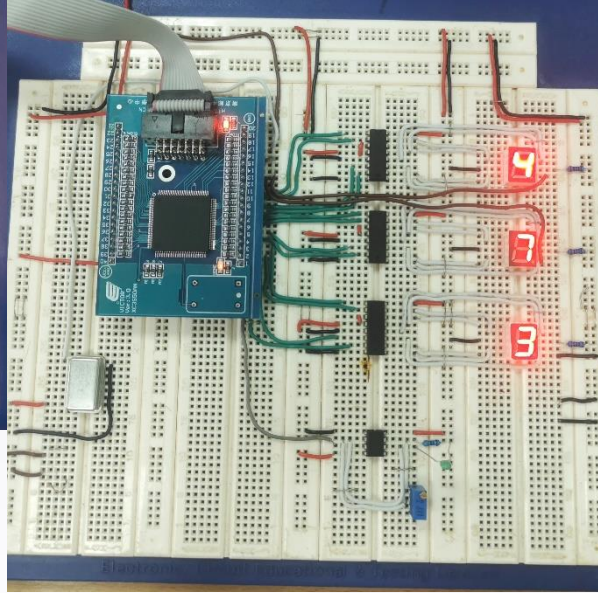
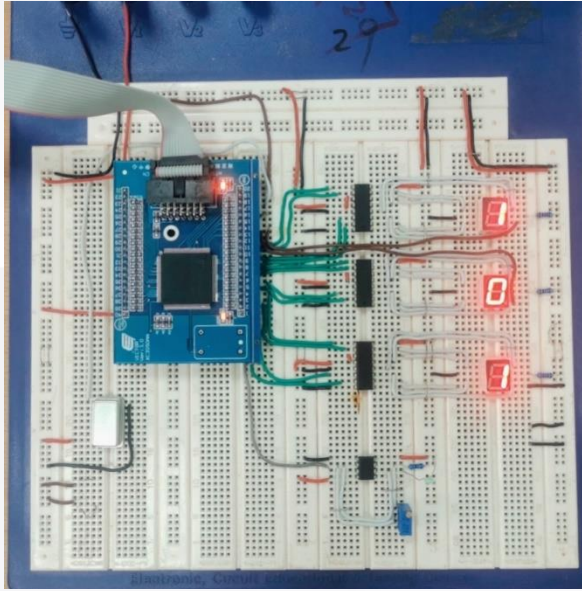
当显示电路锁存时，电路正常产生1MHz的CP信号，是频率计正常计数。当锁存信号为低电平，显示电路开始显示的同时，频率计停止计数，处于保持状态，保持住计数结束时候的数据，使得显示电路的显示数据稳定。

方案二：

在计数器计数的时候，显示电路处于锁存状态。当计数即将结束的时候，抢占很小的一个时隙，将锁存端置‘0’，显示瞬间的计数值，之后又将锁存端置为‘1’，显示电路锁存住，使其保持显示计数的结果不变，如此循环。



# 成果展示





# 预习要求

## ◆ 1、认真阅读教材

要求认真阅读《电子系统设计与实践教程》第一~第六章

## ◆ 2、查阅资料

查找参考资料并认真学习。

## ◆ 3、设计电路并绘制电路图

- (1) 必须绘制在规定的坐标纸上，**必须用铅笔绘制。**
- (2) 集成电路必须采用**CAD**功能符号形式，**不可用管脚图！**
- (3) 所有元件必须有标号。
- (4) 独立设计，发现雷同电路将影响成绩。

## ◆ 4、分组讲解设计方案



**态度决定一切！ 细节决定成败！**



**希望同学们能够圆满完成课程设计！**

