

电路实验报告

包泽芑-2020302871-DL062039

实验一 基尔霍夫的验证实验报告

一、实验任务

验证基尔霍夫定律（基尔霍夫电压定律 KVL 和基尔霍夫电流定律 KCL）

二、实验原理

基尔霍夫定律是电路的基本定律

1. 基尔霍夫电压定律

在任一集中参数电路中,在任意时刻,沿任一回路,各支路电压的代数和等于零。

其数学表达式为:

$$\sum_{k=1}^m v_k = 0$$

2. 基尔霍夫电流定律

在任一集中参数电路中,在任意时刻,流出或流入任意节点的电流的代数和为零。

其数学表达式为:

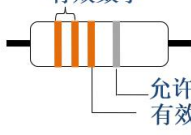
$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

3.色环法读出电阻的大小

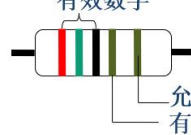
电阻的标注

■ 色环法

四环法



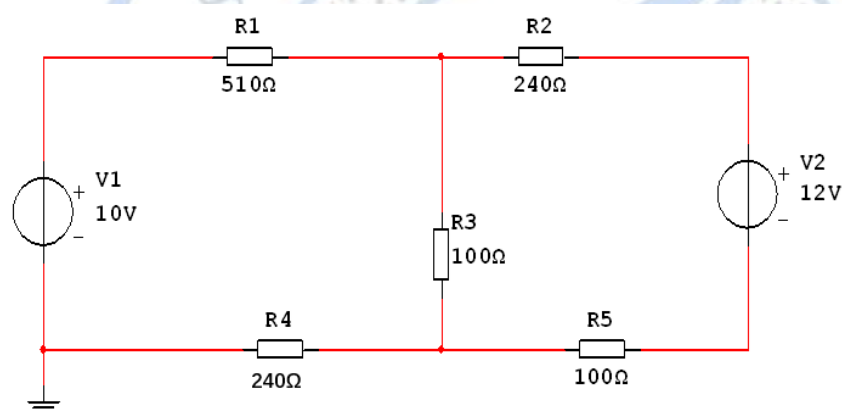
五环法



数值的读取方法

颜色	每一段	第二段	第三段	乘数	误差	
黑色	0	0	0	1		
棕色	1	1	1	10	± 1%	F
红色	2	2	2	100	± 2%	G
橙色	3	3	3	1K		
黄色	4	4	4	10K		
绿色	5	5	5	100K	± 0.5%	D
蓝色	6	6	6	1M	± 0.25%	C
紫色	7	7	7	10M	± 0.10%	B
灰色	8	8	8		± 0.05%	A
白色	9	9	9			
金色				0.1	± 5%	J
银色				0.01	± 10%	K
无					± 20%	M

三、实验电路方案



四、分析与计算

我们要验证基尔霍夫电压定律 (KVL), 不妨选取 ABEF 回路, 测量两两相邻节点之间的电压 ($U_{ab}, U_{be}, U_{ef}, U_{fa}$), 若 $U_{ab} + U_{be} + U_{ef} + U_{fa} = 0$, 则说明基尔霍夫电压定律成立。

我们要验证基尔霍夫电流定律 (KCL), 不妨选取 B 节点, 测量各条支路流入节点的电流, 若 $I_{ab} + I_{cb} + I_{eb} = 0$, 则说明基尔霍夫电压定律成立。

五、测试与分析

1、测试用仪器

- 一个 510Ω 的电阻
- 两个 240Ω 的电阻
- 两个 100Ω 的电阻

- 一个电压源（其中一个接口调成 10V，另一个接口调成 12V）
- 一个万用表（用来测电压或者电流）
- 一个面包板
- 若干导线

2、测试步骤

- (1)按照实验电路图，现在面包板上连接好电阻.
- (2)将 10V 和 12V 恒压源接入电路中.
- (3)依次将万用表（20V 电压档）接在回路的各个节点两端，测量两两相邻节点之间的电压（ U_{AB} ， U_{BE} ， U_{EF} ， U_{FA} ），并记录实验数据.
- (4)断开电源，带电阻冷却后重复步骤 2 和 3，多次测量，减少实验误差.
- (5)依次将万用表（100mA 电压档）接在电阻与节点 B 两端，测量通过各条支路的电流（ I_{AB} ， I_{CB} ， I_{EB} ），并记录实验数据.
- (6)断开电源，带电阻冷却后重复步骤 2 和 3，多次测量，减少实验误差.

3、数据记录

标定值	100 Ω	100 Ω	240 Ω	240 Ω	510 Ω
实测值	99.11	99.32	239.11	239.54	509.42
误差	0.9%	0.7%	0.004%	0.002%	0.0012%

	I_{ab}	I_{cb}	I_{eb}
电流	11.02mA	21.3mA	-33.12mA

	U_{ab}	U_{be}	U_{ef}	U_{fa}
电压	5.01	5.54	3.21	-14.31

4、结论

对于最上方的节点 B，有 $I_{(ab)}+I_{(cb)}+I_{(eb)}=0$

对于左回路，有 $U_{(ab)}+U_{(be)}+U_{(ef)}+U_{(fa)}=0$

(1)分析：由上述仿真实验的得出的结果可知，实验误差较小，故可基本认为实验值与计算值相等。

(2)结论：实验数据误差较小，可以经上述仿真实验得出，基尔霍夫电压定律与基尔霍夫电流定律正确

实验二 验证线性电路的线性特征实验报告

一、实验任务

验证线性电路的线性特征

二、实验原理

线性电路符合叠加定理与齐次定理

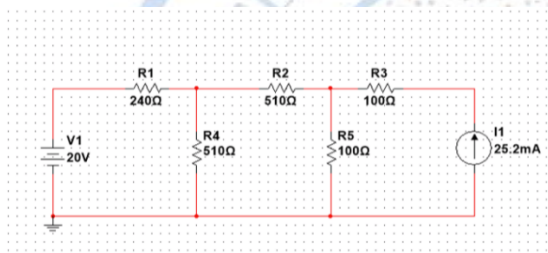
叠加定理

叠加定理是指在线性电路中，所有独立电源同时作用时，在每一个支路中所产生的响应电流或电压，等于各个独立电源单独作用时在该支路中产生相应电流或电压的代数和。

齐次定理

齐次定理是指在线性电路中，当全部激励同时增大 k 倍（ k 为常数）时，其相应也增大 k 倍。

三、实验电路方案



四、分析与计算

由电路的叠加定理可知：

U_i （电流源和电压源共同作用）= U_i （电流源单独作用）+ U_i （电压源单独作用）

I_i （电流源和电压源共同作用）= I_i （电流源单独作用）+ I_i （电压源单独作用）

由电路的齐次定理可知：

$U_i = k \cdot U_i$ （电压源和电流源同时减小到 $1/k$ ）

$I_i = k \cdot I_i$ （电压源和电流源同时减小到 $1/k$ ）

五、测试与分析

1、测试用仪器

1 个 240Ω 的电阻

2 个 100Ω 的电阻

2 个 510Ω 的电阻

一个芯片 LM317(配套 50Ω 或 100Ω 的电阻)

一个电压源

一个万用表（用来测电压或者电流）

一个面包板

若干导线

2、测试步骤

1. 按照实验电路图，现在面包板上连接好电阻和 LM317 芯片
2. 先进行电压源与恒流电流源（由 LM317 芯片实现）共同作用的实验
3. 将电源的两个接口的电压都调到 20V，LM317 芯片的 Cout 针脚串联 51Ω 的电阻（因为电阻包中没有 50Ω 的电阻），以保持 25mA 的横流输出
4. 依次测各个电阻两端的电压，和各个支路的电流
5. 进行电流源单独作用的实验
6. 依次测各个电阻两端的电压，和各个支路的电流
7. 进行电压源单独作用的实验
8. 依次测各个电阻两端的电压，和各个支路的电流
9. 到此为止，验证线性电路的叠加定理的实验结束，下面进行验证线性电路的齐次定理
10. 将电源的一个直接与电阻相连的接口调到 10V，另一个与 LM317 芯片相接的接口电压保持 20V 不变的电阻，LM317 芯片的 Cout 针脚串联 100Ω 的电阻，以保持 12.5mA 的横流输出。
11. 依次测各个电阻两端的电压，和各个支路的电流
12. 断开电源，待电阻冷却后重复上述步骤，多次测量，减少实验误差

3、数据记录

电 压 源	电 流 源	U1	U2	U3	U4	U5	I1	I3	I5
20 V	25mA	7.719 V	4.131 V	2.346 V	12.131 V	7.696 V	34.97m A	12.64m A	28.17mA
0V	25mA	0.214 V	1.131 V	1.313 V	0.276V	1.115 V	1.021m A	12.62m A	10.864m A
20 V	0mA	7.219 V	4.204 V	0V	11.997 V	6.315 V	36.53m A	0mA	17.41mA
10 V	12.5m A	3.798 V	2.102 V	3.567 V	6.091V	3.291 V	17.59m A	12.67m A	15.13mA

4、结论

由实验数据可得，除了 I3 外（因为 R3 处于一条恒流的支路上），都满足以下：

U （电流源和电压源共同作用） $\approx U$ （电流源单独作用）+ U （电压源单独作用）

I （电流源和电压源共同作用） $\approx I$ （电流源单独作用）+ I （电压源单独作用）

所以线性电路的叠加定理成立

电路的电压和电流也分别满足：

$U \approx 2U$ (电压源和电流源同时减小到 $1/2$)

$I \approx 2I$ (电压源和电流源同时减小到 $1/2$)

所以线性电路的齐次定理成立

5、分析与讨论

我们发现，LM317 芯片输出的电流与我们预期的有一点差距，这可能是由 I_{Adj} 的干扰或这芯片自身的误差

通过电流一段时间后，电阻会发烫，可能对电阻阻值会有一定的影响，所以做实验的时候应该快一点

测量支路的电流时，电流表示数变化较大，不稳定，猜测可能是手抖，或者表笔与电路的接触不良。

实验三 戴维南等效电路实验报告

一、实验任务

1. 用直接测量法测量等效电源内阻
2. 从半偏法、开路短路法、二次测量法中选一种方法测内阻，与直接法比较
3. 验证戴维南等效电路的正确性。记录数据，画出曲线，分析结果

二、实验原理

戴维南定理：

任何一个线性有源单口网络，对于外电路而言，总可以用一个电压源和电阻的串联形式来代替，电压源的电压等于原单口网络的开路电压 U_{sc} ，其等效内阻等于网络中所有独立源置零时无源单口网络的输出电阻。

诺顿定理：

任何一个线性有源单口网络，对于外电路而言，总可以用一个电流源和电阻的并联形式来代替，电流源的电流等于原单口网络的短路电流 I_{sc} ，其等效内阻等于网络中所有独立源置零时无源单口网络在输出端的等效电阻。

内阻的测量方法

方法一：除源等效变换

实验手段：除源后直接测量

方法二：外加电源法

实验手段：外加电源后测电压或电流

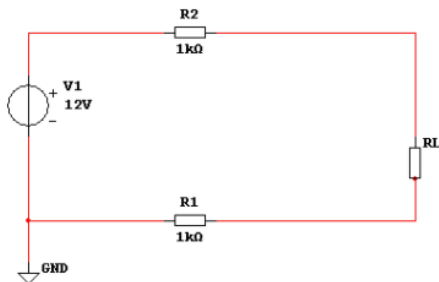
方法三：开路短路法

实验手段：测量开路电压，短路电流

方法四：二次测量法

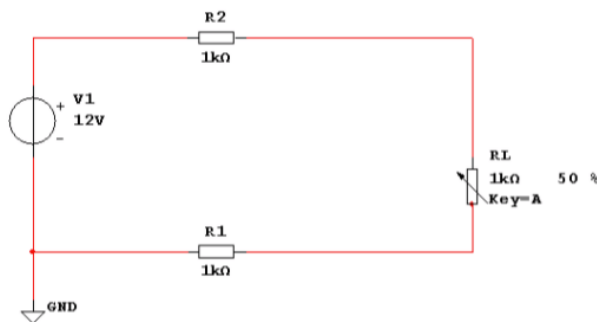
实验手段：

- (1) 不加负载 R_L ，测量开路电压
- (2) 加入负载，测量负载电压
- (3) 计算内阻

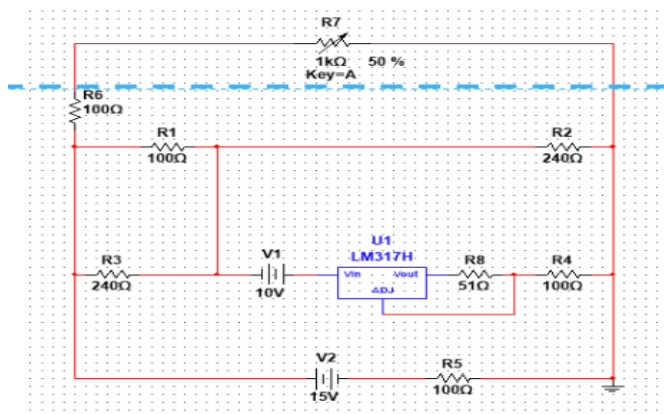


方法五：半偏法

实验手段：调整 R_L 的阻值，使其上电流值时 R_L 等于 0 时电流值的一半，此时 R_L 阻值即为内阻 R_1 的值



三、实验电路方案



四、测试与分析

1、测试用仪器

-
- 一个 240Ω 的电阻
 - 四个 100Ω 的电阻
 - 一个 LM317 芯片(配套 51Ω 的电阻)
 - 一个电压源（可以独立提供两种恒定电压）
 - 一个万用表（用来测电压或者电流或电阻）
 - 一个面包板
 - 一个可调电阻
 - 若干导线

2、测试步骤

(1).先用直接测量法测等效电阻：将电流源断路，电压源短路，用欧姆表测量电路的内阻，测得 171.56Ω

(2)再用开路短路法测等效内阻：先测出电路两端的开路电压：记为 $U_0=10.00V$ ，再将等效电阻两端短路，测出短路电流，记为 $I_0=57.94mA$ ，根据公式 $R_0=U_0/I_0$ 得等效内阻为

(3).下面将可变电阻接入电路，我们先记录电路戴维南定理变换前的数据

(4).将可调电阻的阻值依次调到 51Ω ， 100Ω ， 240Ω ， 510Ω ， 1000Ω 。具体操作方法：用欧姆表接在可调电阻两个脚上，用螺丝刀拧旋钮，达到目标阻值。

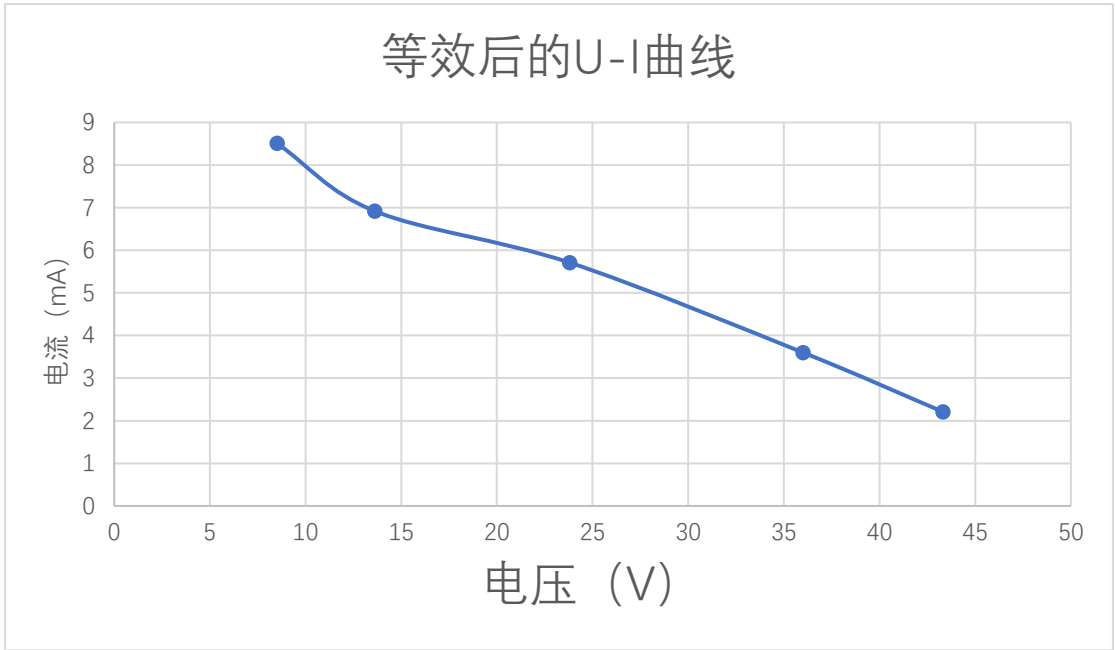
(5).将电压表（ $20V$ 直流档）接在可调电阻两端，测出可调电阻两端电压并记录；将电流表（ $200mA$ 直流档）接在有可调电阻的支路上，记录通过可调电阻的电流

(6).连接戴维南等效后的电路，重复 4、5 步骤

3、数据记录

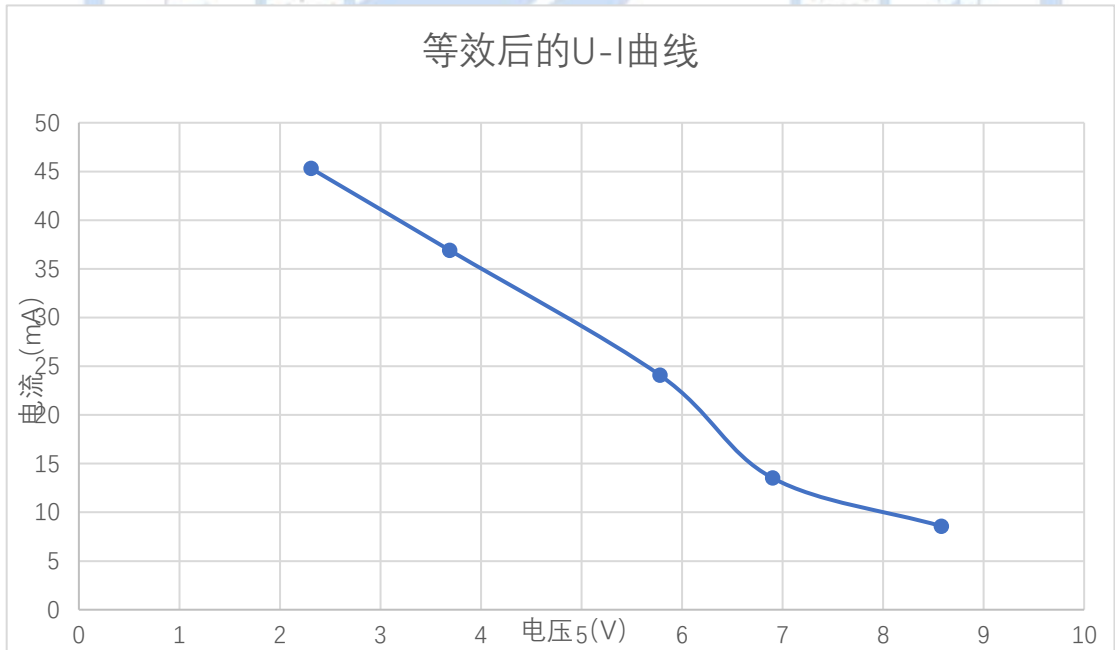
直测电阻 $R=170\Omega$

半偏



等效前的电路记录

可变电阻 Ω	51	100	240	510	1000
电压 V	2.21	3.60	5.71	6.92	8.51
电流 mA	43.31	36.00	23.81	13.62	8.51



可变电阻 Ω	51	100	240	510	1000
电压 V	2.31	3.69	5.78	6.90	8.58
电流 mA	45.30	36.90	24.08	13.53	8.58

4、分析与讨论

不同测量方法测内阻的优缺点及误差来源

直接测量法:

优点: 可以在除源后直接用万用表测量等效电阻, 在复杂电路中易于求得等效电阻。

缺点: 使用万用表前需要对电路进行除源, 而且没有分析内部电阻的具体连接方式, 未对内部电路有效把握。

开路短路法

在对应支路上分别放置电压表, 求得开路电压; 放置电流表求得短路电流; 即可求得该支路的伏安关系, 解出等效电阻。

优点: 可以通过支路两端的伏安关系间接求出电阻, 对电路的结构有了一定的分析。

缺点: 由于电流表与电压表均存在内阻, 对等效电阻的计算会产生一定微小的影响, 但几乎可忽略不计。

半偏法

调整 R_L 的阻值, 使其上电流值是 R_L 等于 0 时电流值的一半, 或电压值是 R_L 趋于无穷大时电压值的一半, 此时 R_L 阻值即为内阻 R 的值。

优点: 无论等效电阻的阻值为整数或小数, 均可通过参数扫描的方法, 改变增加频率为小数, 即可求得等效电阻, 且在模拟电路中的操作较为方便

缺点: 需要得到和电流或电压的最大值进行比较, 并找出最大值一半所对应的电阻值, 可能寻找过程中可能由于精度太小, 无法正确看出内阻大小, 只能找到一个粗略相等的值。

实验四 功率因数的提高实验报告

一、实验任务

功率因数的提高

二、实验原理

1. 功率因数提高的意义:

在发电机的额定电压、额定电流一定时, 发电机的容量即是它的视在功率。如果发电机在额定容量下运行, 输出的有功功率的大小取决于负载的功率因数。功率因数越低, 发电机输出的功率越低, 其容量得不到充分利用。功率因数低, 在输电线路上有较大的电压降和功率损耗。故当输电线输出功率 P 一定时, 线路中电流与功率因数成反比, 即 $I = P / U \cos \varphi$ 。当 $\cos \varphi$ 越低时, 电流 I 增大, 在输电线阻抗上压降增大, 使负载端电压过低。严重时, 影响设备正常运行, 用户无法用电。此外, 阻抗上消耗的功率与电流平方成正比, 电流增大要引起线损增大。

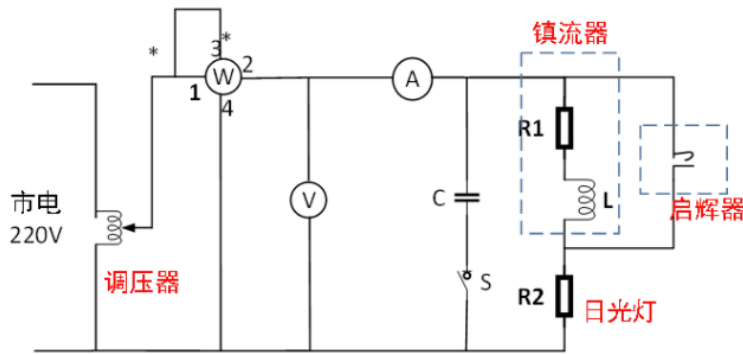
2. 遵循原理:

中和电路的电感成分, 使电路总阻抗趋于电阻型, 减少无功损耗。

3. 功率因数的提高方法:

合理地选择和使用电气设备，用户的同步电动机可以提高功率因数，甚至可以使功率因数为负值，即进相运行。而感应电动机的功率因数很低，尤其是空载和轻载运行时，所以应该避免感应电动机空载和轻载运行。安装并联补偿电容器或静止补偿器等设备，使电路中总的无功功率减少

三、实验电路方案



四、测试与分析

1、测试用仪器

一个 220V 交流电源

一个功率表

一个电压表 一个电流表

1 个电感和 2 个电容

一个调压器

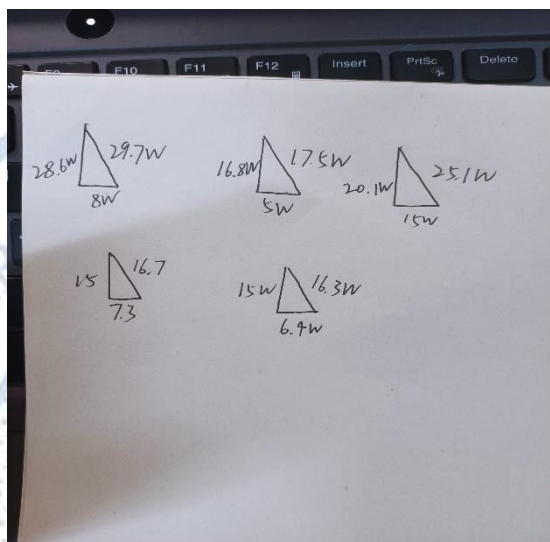
若干导线

2、测试步骤

- (1) 缓慢增加调压器输出，让日光灯点亮，记录 U , I , I , I , P
- (2) 将电压调至 220V，不接入电容 C ，测量 U , I , I , I , P ，计算 S , Q , $\cos\varphi$ 和 φ
- (3) 接入 $1\mu\text{F}$ ，重复上述步骤
- (4) 接入 $2\mu\text{F}$ ，重复上述步骤
- (5) 接入 $3\mu\text{F}$ ，重复上述步骤

3、数据记录

	U	I	I _c	I _L	P	S	Q	cosφ
	220V	135mA	0	135mA	8W	29.7W	28.6W	0.27
	180V	97mA	0	97mA	5W	17.5W	16.8W	
1μF	220V	114mA	76mA	173mA	15W	25.1W	20.1W	
2μF	220V	76mA	153mA	172mA	15W	16.7W	7.3W	
3μF	220V	74mA	194mA	173mA	15W	16.3W	6.4W	



实验五 RLC 谐振电路实验报告

一、实验任务

1. 利用示波器和毫伏表，测出实验电路的谐振频率
2. 利用双表法测量 $R=100\Omega$ 和 $R=5000\Omega$ 时对应的幅频特征曲线

二、实验原理

谐振电路

1. 对于包含电容和电感及电阻元件的无源一端口网络，其端口可能呈现容性、感性及电阻性，当电路端口的电压 U 和电流 I ，出现同相位，电路呈电阻性时。称之为谐振现象，这样的电路，称之为谐振电路。
2. 谐振的实质是电容中的电场能与电感中的磁场能相互转换，此增彼减，完全补偿。电场能和磁场能的总和时刻保持不变，电源不必与电容或电感往返转换能量，只需供给电路中电阻所消耗的电能

3.当

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

时，达到串联谐振的条件，此时阻抗的虚数部分为 0。

品质因数

对于 RLC 串联电路，品质因数的理论计算公式为

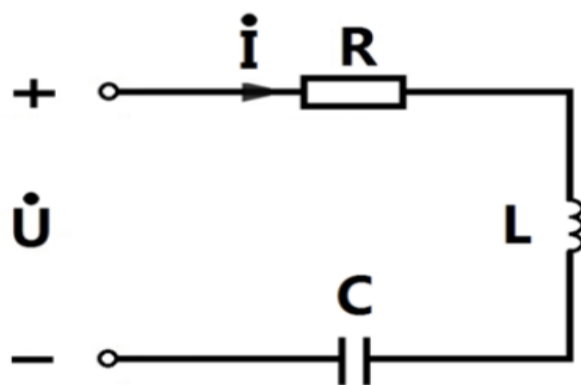
$$Q = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{R}$$

定义回路电流下降到峰值在 0.707 时对应的频率为截止频率，介于两截止频率间的频率范围为通带。

所以，根据幅频特性曲线估算电路的品质因数 Q 的公式为：

$$Q = \frac{f_0}{B}$$

三、实验电路方案



四、测试与分析

1、测试用仪器

- 一个可变电容箱
- 一个可变电感箱
- 一个可变电阻箱
- 两个毫伏表
- 一个函数信号发生器

- 一个示波器
- 若干导线

2、测试步骤

(1) 在 $R=100\Omega$, $C=0.1\mu F$, $L=100mH$, 用示波器法 (不改变信号源电压), 测量电路的谐振频率, 并找出通频带。

(2) 在 $R=100\Omega$, $C=0.1\mu F$, $L=100mH$, 用双表法测量电路的谐振频率, 并找出通频带。

(3) 将电阻替换为 $5.1K\Omega$, 其他参数不变, 利用毫伏表法测量电路谐振频率。

3、数据记录

(面包板) $R=100\Omega$, $C=0.1\mu F$, $L=100mH$ 时:

理论值: 谐振频率 $f_0=1.591kHz$

实际测得: 谐振频率 $f=1.584kHz$, $f_1=1.392kHz$, $f_2=1.763kHz$, 带宽 $f_2-f_1=0.371kHz$

(直接相连) 分别在 $R=100\Omega$, $R=5000\Omega$ 下测量 RLC 的幅频特性曲线:

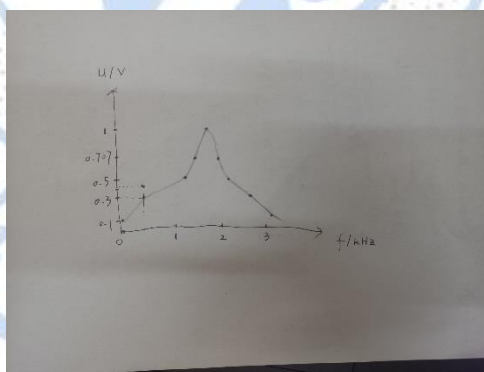
① $R=100\Omega$

F/kHz	1.590	1.334	1.112	0.441	0.021	3.021	2.664	2.021	1.841
U/V	1.000	0.707	0.500	0.300	0.100	0.100	0.300	0.500	0.707

理论值: 谐振频率谐振频

实际测得: 谐振频率 $f=1.600kHz$, $f_1=1.414kHz$, $f_2=1.724kHz$, 带宽 $f_2-f_1=0.310kHz$

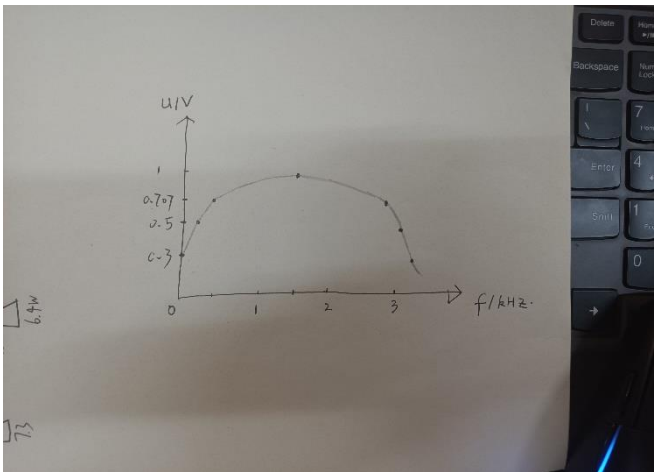
曲线如下:



② $R=5000\Omega$

F/hz	1.501	2.897	3.001	3.210	0.002	0.127	0.294
U/V	1.000	0.707	0.500	0.300	0.300	0.500	0.707

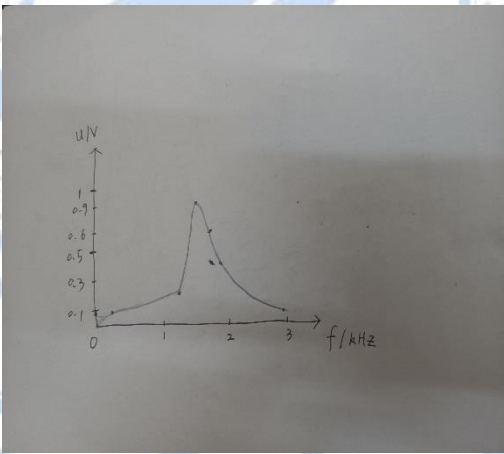
曲线如下：



3.利用双表法测量 $R=100\Omega$ 时对应的频率特性曲线：

F/hz	1.587	1.630	1.748	1.289	0.227	0.227	2.947	1.887	1.448	1.539
U/V	0.870	0.620	0.460	0.260	0.090	0.090	0.090	0.260	0.460	0.620

曲线如下：



4、分析与讨论

信号源内阻对内阻的影响

信号源内阻增加时，中心频率、截止频率几乎没有发生改变，但是信号的最大有效值及各个相应有效值都会降低，从而使图线变得更加平缓。

所以电源内阻增加会使得电阻上的输出电压降低，但不会改变其频率特性。

面包板会对本次实验造成哪些影响？分析原因

面包板内导线较多，会产生较高的寄生电容，使测量结果不准确。

实验六 一阶 RC 电路实验报告

一、实验任务

1. 利用示波器观察全响应波形：方波频率根据 RC 所给参数自行选择，幅度为 $2V_{pp}$ ，标称值 $R=10k\Omega$ ， $C=0.01\mu F$ ，定量测量记录电容上的电压波形与时间常数，并与理论计算时间常数对比
2. 自选适当的电阻与电容与信号源频率（方波），实现微分电路与积分电路，要求将示波器上的结果拍照，并反映到实验报告中
3. 利用示波器或者交流毫伏表仪器测量低通或高通滤波的幅频特性曲线（曲线横坐标为频率，纵坐标为电压，至少 8 个点），信号源输入采用正弦信号，滤波器电路从元器件包里选取自行设计

二、实验原理

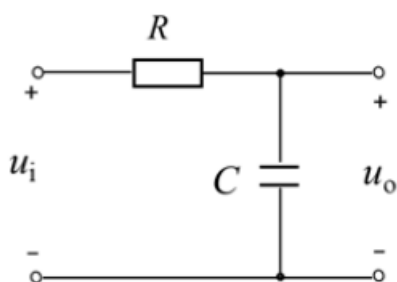
RC 电路的零状态响应、零输入响应、全响应、积分电路、微分电路、瞬态过程等相关内容

全响应可以看成是零输入与零状态的相加。零输入响应，是研究没有激励源作用下，但 L ， C 一开始有能量储存，电路中 LC ， RC 回路的电路状态的时间演化。零状态响应，是研究电路中一开始 L ， C 元件没有储存能量，然后在激励源作用下的电路时间演化。

瞬态过程：

瞬间的一个状态，电路（系统）正常启动后，人为给电路一个激励信号或者是外部的干扰信号对电路施加的影响等等，电路（系统）都会在一定时间专间内作出相应的响应，这个在一定时间内作出的响应即电路的瞬态响应过程。

三、实验电路方案



四、测试与分析

1、测试用仪器

一个万用表

一个 $10k\Omega$ 电阻

一个信号发生器

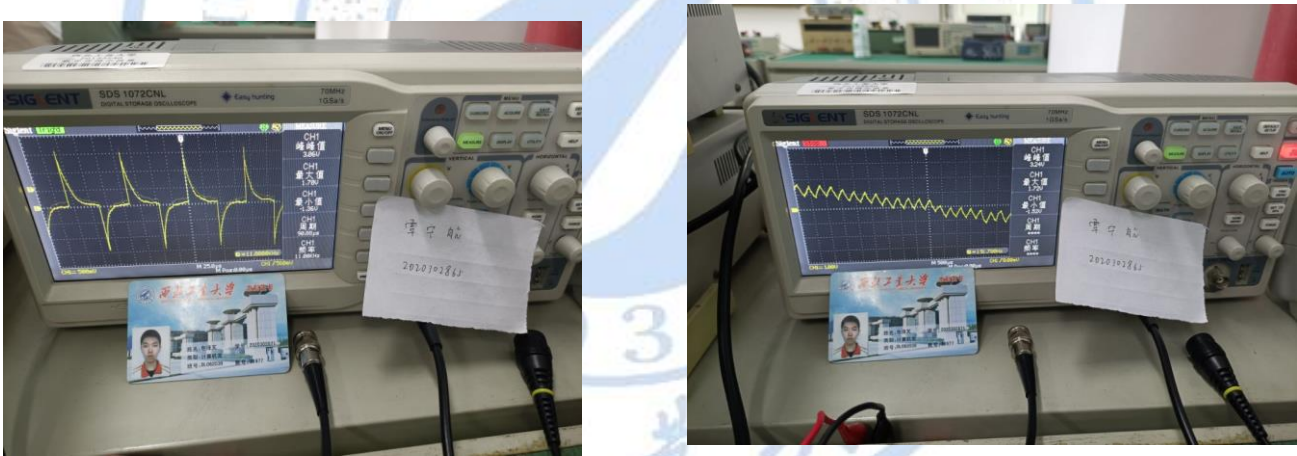
一个示波器
一个 0.01 μ F 电容
其他阻值电阻、电容，导线若干

2、测试步骤

- (1) 利用示波器观察全响应波形：方波频率根据 RC 所给参数自行选择，幅度为 2Vpp，标称值 $R=10k\Omega$ ， $C=0.01\mu F$ ，定量测量记录电路上的电压波形与时间常数，并与理论计算时间常数对比。
- (2) 自选适当的电阻与电容与信号源频率（方波），实现微分电路与积分电路，要求将示波器结果拍照。
- (3) 利用示波器或者交流毫伏表仪器测量低通与高通滤波器的幅频特性曲线。

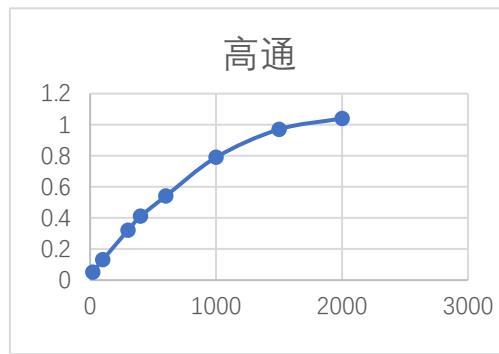
3、数据记录

微分电路与积分电路的波形图



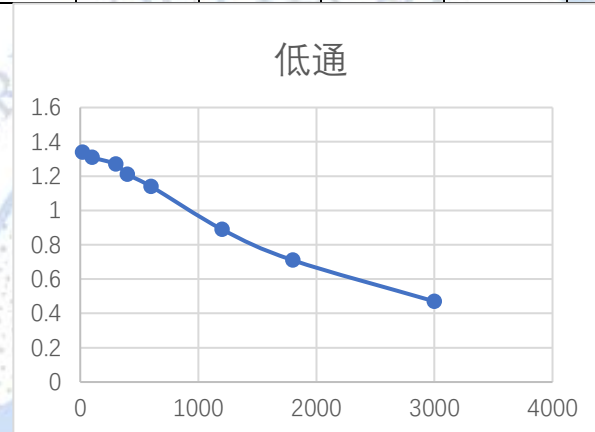
高通

f	20	100	300	400	600	1000	1500	2000
v	0.05	0.13	0.32	0.41	0.54	0.79	0.97	1.04



低通

f	20	100	300	400	600	1200	1800	3000
v	1.34	1.31	1.27	1.21	1.14	0.89	0.71	0.47



4、分析与讨论

根据数据和波形，分析测试结果总结相关内容

- (1) 实验过程中的读数误差
- (2) 仪器的基本误差，其中电阻箱和电容箱产生了较大误差
- (3) 由于导线连接不紧密产生的接触误差

全响应可以看成是零输入与零状态的相加。零输入响应，是研究没有激励源作用下，但 L ， C 一开始有能量储存，电路中 LC ， RC 回路的电路状态的时间演化。零状态响应，是研究电路中一开始 L ， C 元件没有储存能量，然后在激励源作用下的电路时间演化。

瞬态过程：

瞬间的一个状态，电路（系统）正常启动后，人为给电路一个激励信号或者是外部的干扰信号对电路施加的影响等等，电路（系统）都会在一定时间内作出相应的响应，这个在一定时间内作出的响应即电路的瞬态响应过程。

实验七 运算放大器实验报告

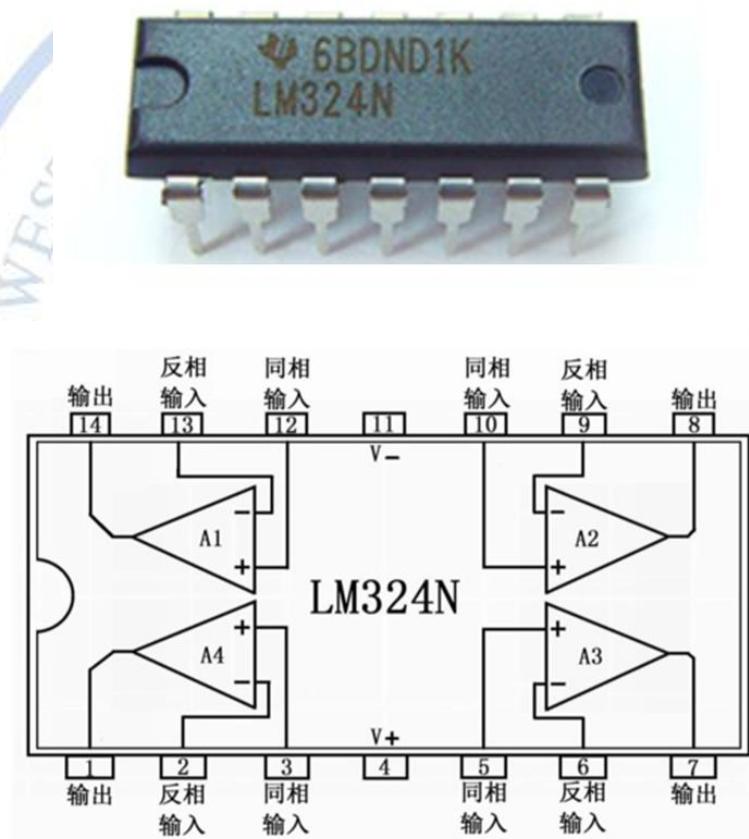
一、实验任务

- 1、学习使用集成运算放大器 LM324。
- 2、学习 LM324 组成的反向放大器与积分器等基本运算电路的设计。

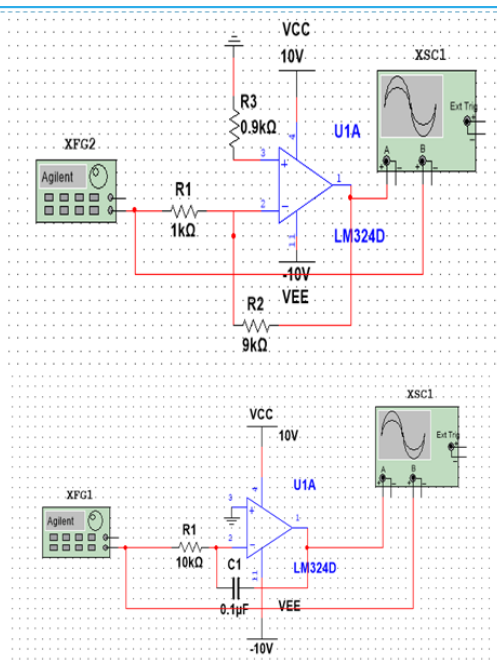
二、实验原理

LM324 系列

LM324 系列是低成本的四路运算放大器，具有真正的差分输入。静态功耗小，可单双电源使用。



三、实验电路方案



四、测试与分析

1、测试用仪器

一个万用表
一个信号发生器
一个示波器
一个 LM324 芯片
一个 $0.1\mu\text{F}$ 电容
一个 $10\text{k}\Omega$ 电阻
一个直流稳压电源
一个 $0.9\text{k}\Omega$ 电阻
一个 $9\text{k}\Omega$ 电阻
导线若干

2、测试步骤

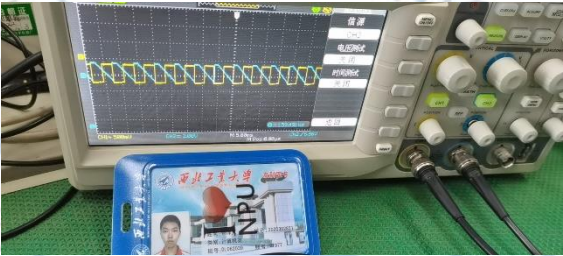
- (1) 按上述电路方案中的第一个连接电路，构成一个反向比例放大器，其中函数信号发生器输出正弦波，频率为 1000Hz ，调整函数发生器的电压幅度 V_{pp} ，从示波器上观察 LM324 输出端电压波形
- (2) 改变 V_{pp} : $0.5\text{V}\sim 4\text{V}$ 并记录输出端 V_{pp} 。
- (3) 记录输入信号幅度从多少开始，输出信号波形出现失真。
- (4) 按照第二个电路图连接电路，构成一个含运放的积分电路，其中函数信号发生器输出

方波，频率自选，并实现输出为三角波。

3、数据记录

输入电压 V_{pp} (V)	0.5	1	2	3	4
理论估算值 (V_{pp})	5	10	20	30	40
实测值 (V_{pp})	4.71	9.42	19.54	19.86	19.86
误差	0.058	0.580	0.023	0.338	0.504

波形图



含运放的积分电路输出波形图



4、分析与讨论

波形失真的原因：

运算放大器的放大能力是有上限的，这是因为其输出电压受限于电源供电电压，具体表现为输出电压 U_o 不能超过饱和电压 U_{oH} 或者 U_{oL} 。当输入电压 U_i 超出了线性放大区域时进入到非线性放大区域时，放大器已经达到饱和，此时继续增加输入电压 U_i 也不会产生更高的输出电压而是只保持在 U_{oH} 或者 U_{oL} 不能够继续增加，对应于这种情况的现象是正弦波波峰附近由原本的正弦曲线变为平直的线段，即出现失真。

实验八 有源滤波器的设计实验报告

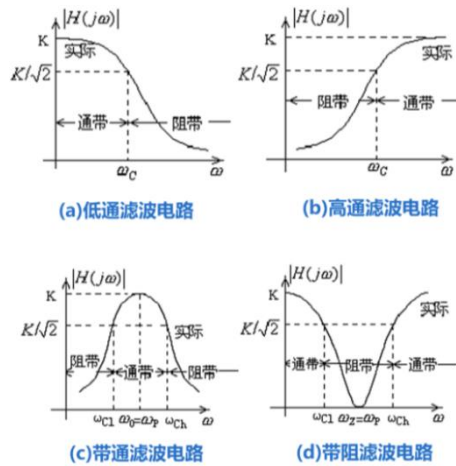
一、实验任务

学习滤波器的概念与分类。

学习有源滤波器。

使用所给的元器件，设计一个低通有源滤波器，并在此基础上通过串联，设计一个带通有源滤波器。

二、实验原理



$$\text{幅频特性: } |H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}};$$

$$\text{相频特性: } \phi(\omega) = -\arctan(\omega RC);$$

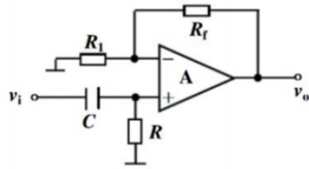
$$H(j\omega) = \frac{1/j\omega C}{(R + 1/j\omega C)} = \frac{1}{1 + j\omega C R}$$

$$\text{截止角频率 } \omega_c = \frac{1}{RC} \text{ 时, 振幅 } |H| = \frac{1}{\sqrt{2}} = -3\text{dB}$$

式中为 ω 输入信号的角频率，令 $\tau = RC$ 为回路的时间常数，则有

$$f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC}, \quad f_c \text{ 为截止频率。}$$

一阶有源高通滤波器



$$A_u(j\omega) = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1 + \frac{R_f}{R_1}}{1 + j\omega RC}$$

所以通带截止频率为:

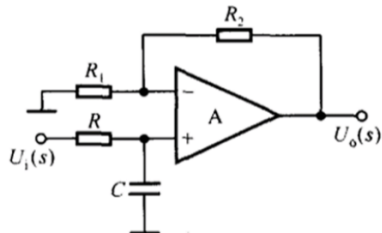
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

通带电压增益为

$$A_u = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)$$

三、实验电路方案

一阶有源低通滤波器



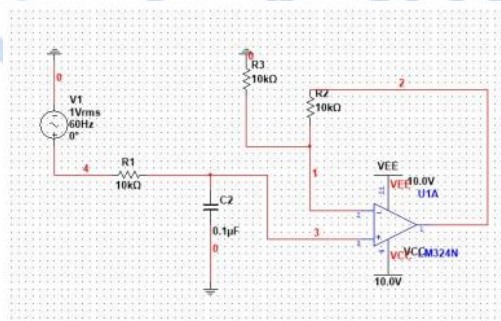
所以通带截止频率为:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

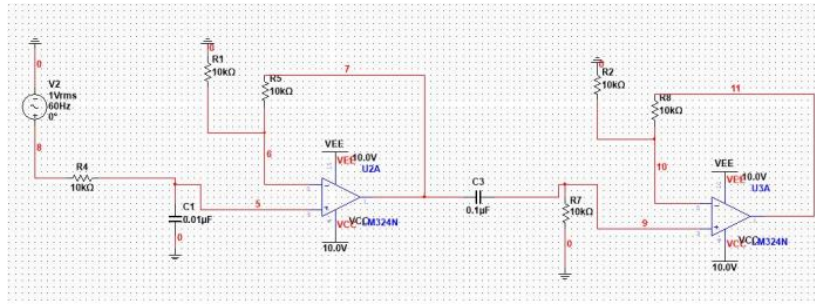
通带电压增益为

$$A_u = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

低通有源滤波器



带通有源滤波器



四、测试与分析

1、测试用仪器

一个函数信号发生器

6 个 10kΩ 的电阻

0.1μF 和 0.01μF 的电容各一个

一个 LM324 芯片

一个示波器

直流稳压电源

导线若干

2、测试步骤

(1) 电路器材故障检查、分析、排除

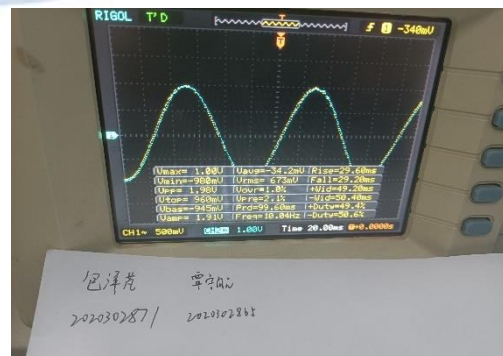
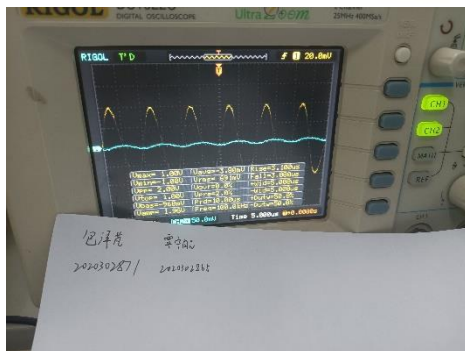
(2) 由所给元器件，设计一个低通有源滤波器，截至频率约为 159.2Hz，通带电压增益为 2，函数信号发生器输出正弦波， $V_{pp}=1V$ 。

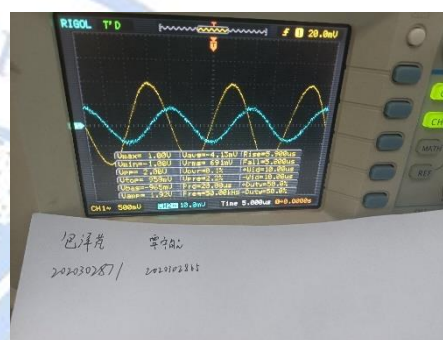
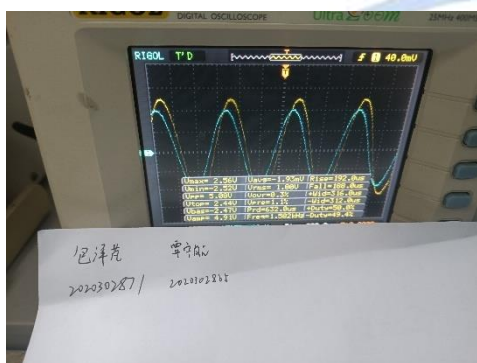
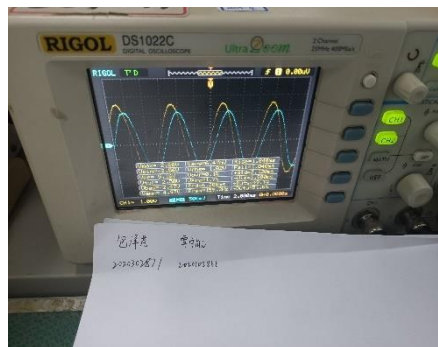
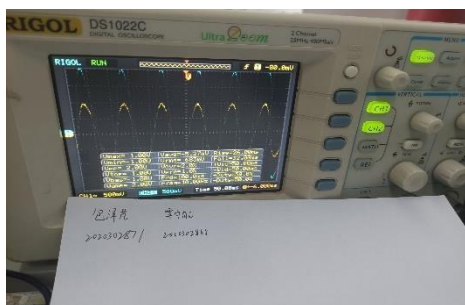
(3) 示波器上显示正确的输入、输出波形

(4) 在 2 的基础上设计后继电路实现一个带通有源滤波器，其中函数发生器输出正弦波， $V_{pp}=1V$ ，要求通带范围约为 159.2Hz~1592.4Hz，通带电压增益为 4。

(5) 示波器上显示正确的输入、输出波形。

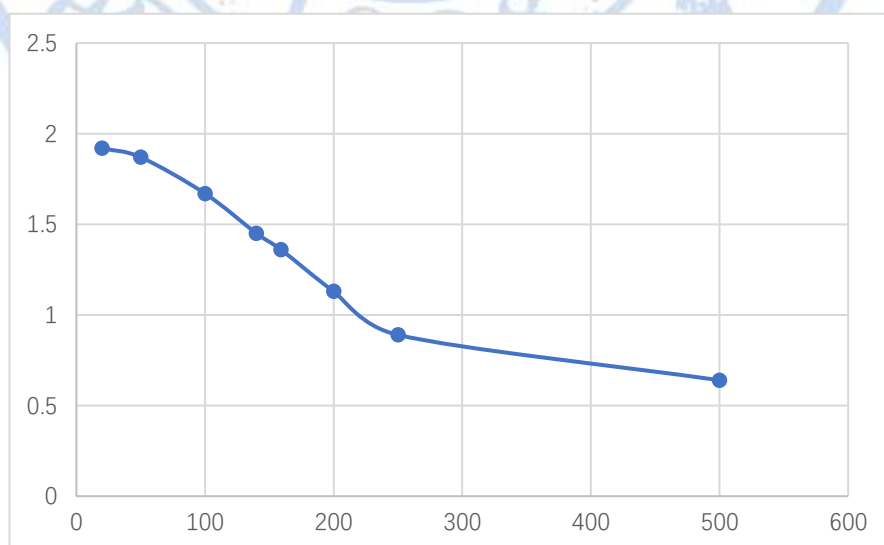
3、数据记录





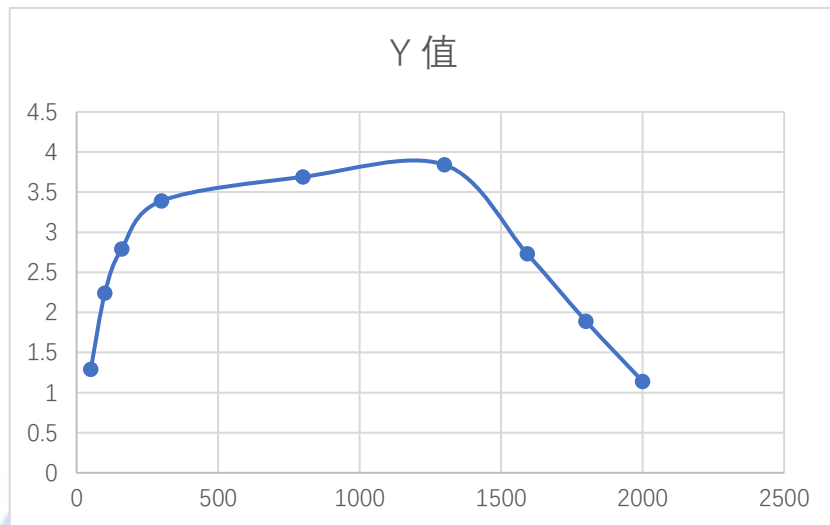
低通有源滤波器实验数据

f (Hz)	20	50	100	140	159.1	200	250	500
V (v)	1.92	1.87	1.67	1.45	1.36	1.13	0.89	0.64



带通有源滤波器实验数据

f (Hz)	50	100	159.1	300	800	1300	1592.1	1800	2000
V (v)	1.29	2.24	2.79	3.39	3.69	3.84	2.73	1.89	1.14



4、分析与讨论

实际中的滤波器与理想滤波器之间存在一定误差,实际中的滤波器都存在一个过度带,实际中的滤波器不可能作到完全理想,所以在实际应用时必须充分考虑到过度带的问题,从而得到自己所需要的滤波器。

实测中的截至频率并不是 159Hz,这可能是由于实际连线电路中所使用的电阻达不到 10k Ω 。