

# 浙江大学实验报告

专业：电子信息工程

姓名：邢毅诚

学号：3190105197

日期：2020-9-21

地点：东三-406

课程名称：电路与电子技术实验

指导老师：姚纓英

成绩：

实验名称：

实验类型：验证实验

同组学生姓名：无

## 一、实验目的

- (1) 熟悉光耦合器件的结构、种类及其工作原理；
- (2) 掌握常用光耦合器件的使用方法。
- (3) 掌握基本光耦合器件应用电路的设计与调试方法。

## 二、实验内容

- (1) 光耦合器件的电流传输比测试和开关时间测试。测量电流传输比： $CTR = I_C / I_F$ ，( $I_C$ ：集电极电流， $I_F$ ：正向电流)，以及开通时间  $t_{ON}$ ，关断时间  $t_{OFF}$ ，存储时间  $t_s$ ，上升时间  $t_r$ 。
- (2) 设计一单极性模拟量线性光耦隔离电路。要求输入模拟量电压范围为 2-10V，对应的输出模拟量电压为 2-10V。并测试此电路的电压传输特性和电压阶跃响应和频率特性。
- (3) 设计一双极性模拟量线性光耦隔离电路。要求输入模拟量电压范围为 -5V +5V，对应的输出模拟量电压为 -5V +5V。并测试此电路的幅频特性与相频特性。(HCNR200)

## 三、实验原理

### 1. 实验 1

光电耦合器输入输出形式如下图所示：

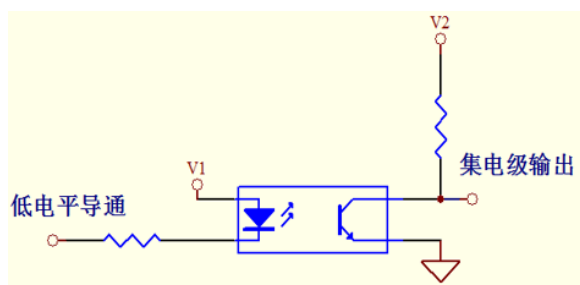


图 1: 光耦合器输入形式

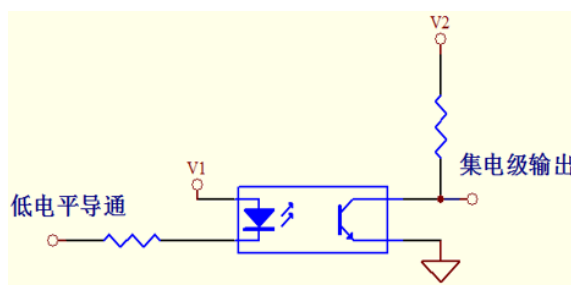


图 2: 光耦合器输出形式

光电耦合器的基本参数为：

- 输入电流: 一般 5-20mA
- 电流传输比 (Current Transfer Ratio)
- 输出晶体管饱和压降、击穿电压
- 隔离电压
- 速度: 上升时间, 下降时间

在本实验中, 我们需要对电流传输比, 上升时间, 下降时间, 开通时间, 关断时间, 存储时间, 上升时间等一系列的参数进行测量。光电耦合器参数如下图所示:

Switching Characteristics ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Rise time	$t_r$	$V_{CC} = 10\text{ V}$ $I_C = 2\text{ mA}$ $R_L = 100\Omega$	—	2	—	$\mu\text{s}$
Fall time	$t_f$		—	3	—	
Turn-on time	$t_{on}$		—	3	—	
Turn-off time	$t_{off}$		—	3	—	
Turn-on time	$t_{ON}$	$R_L = 1.9\text{ k}\Omega$ (Fig.1) $V_{CC} = 5\text{ V}$ , $I_F = 16\text{ mA}$	—	2	—	$\mu\text{s}$
Storage time	$t_s$		—	15	—	
Turn-off time	$t_{OFF}$		—	25	—	

Fig.1: SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

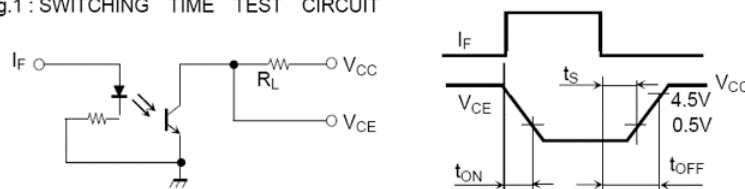


图 3: 测量电路图

当输入激励为方波时, 上升时间为输出电压从低电压变为高电压的时间 (取 80%), 下降时间为输出电压从高电压变为低电压的时间 (取 80%), 开通时间为方波变为高电压之后, 输出电压变为低电平所需要的时间, 关断时间为当输入方波变为低电压之后, 输出电压变为高电平所需要的时间。

具体测量电路图如下图所示:

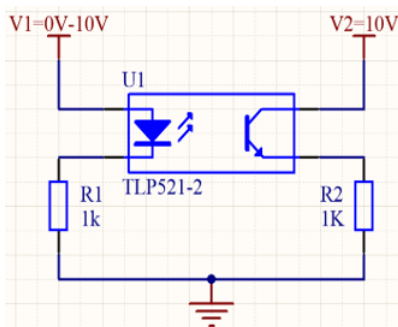


图 4: 测量电路图

我们可以使用示波器测量  $R_1, R_2$  上的电压, 进而测量  $I_C, I_F$

## 2. 实验 2

光电耦合器的接口方式如下图所示:

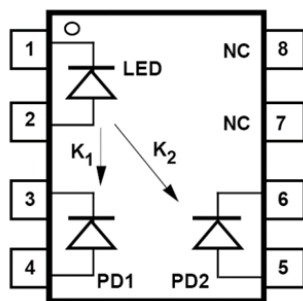


图 5: 光电耦合器

分别设计电路图如下图所示:

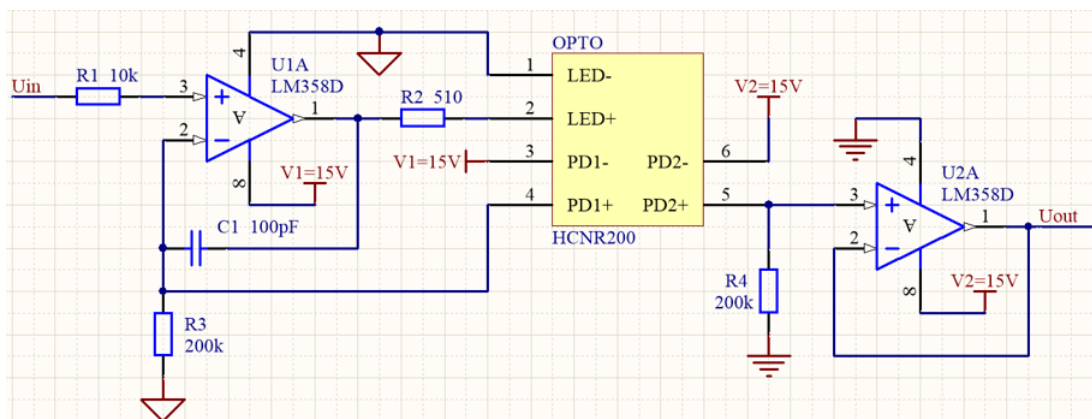


图 6: 实验 2-电路图 1

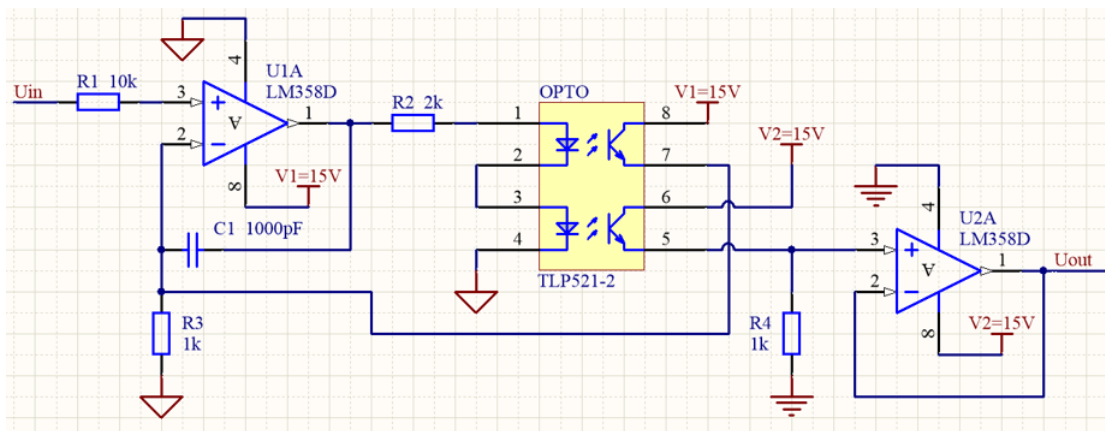


图 7: 实验 2-电路图 2

通过测量输出端, 输入端, 以及输入方波时的相应并对波形进行 Fourier 变换, 我们就可以获得实

验所要求结果。

### 3. 实验 3

设计电路图如下图所示：

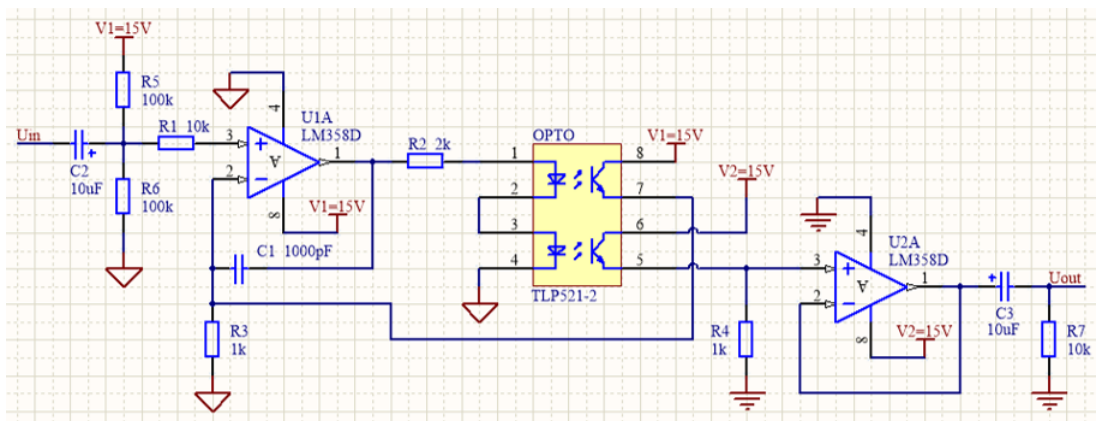


图 8: 实验 3-电路图

对输出波形进行幅频分析，我们就可以获得电路的幅频特性与相频特性。

## 四、 实验原理与内容

### 1. 实验 1

#### (1) 参数设置

设置参数如下图所示，按照下图进行仿真与实验接线，进而进行实验：

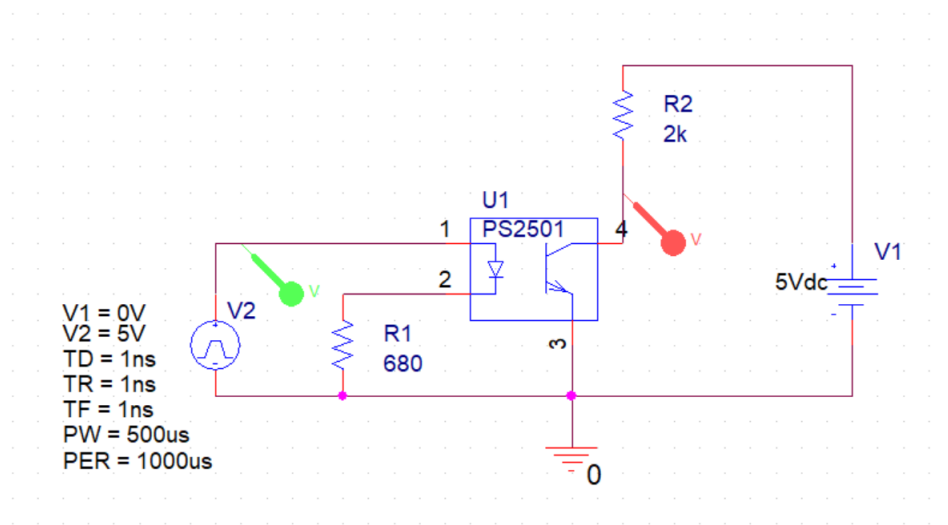


图 9: 测量电路图

## (2) 仿真部分

对电路进行仿真分析, 选取合适的参数, 并运行 PSpice 进行仿真分析。

获得输入电压与输出电压波形如下图所示:

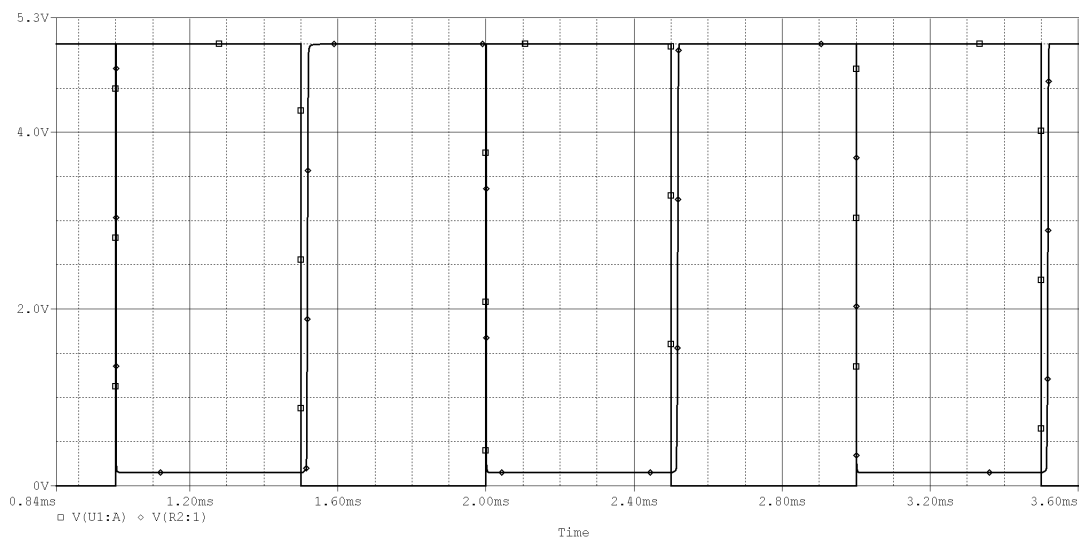


图 10: 输入电压与输出电压波形

进行局部放大, 分别按照要求测量开通时间  $t_{on}$ , 关断时间  $t_{off}$ , 存储时间  $t_s$ , 上升时间  $t_r$ , 下降时间  $t_f$ , 具体结果如下:

上升时间 $t_r/\mu s$	3.3338
下降时间 $t_f/\mu s$	0.73643
开通时间 $t_{on}/\mu s$	1.2649
关断时间 $t_{off}/\mu s$	19.503
存储时间 $t_s/\mu s$	16.396

表 1: 实验 1-仿真数据

测得  $I_C$ (集电极电流),  $I_F$ (正向电流), 其波形如下图所示:

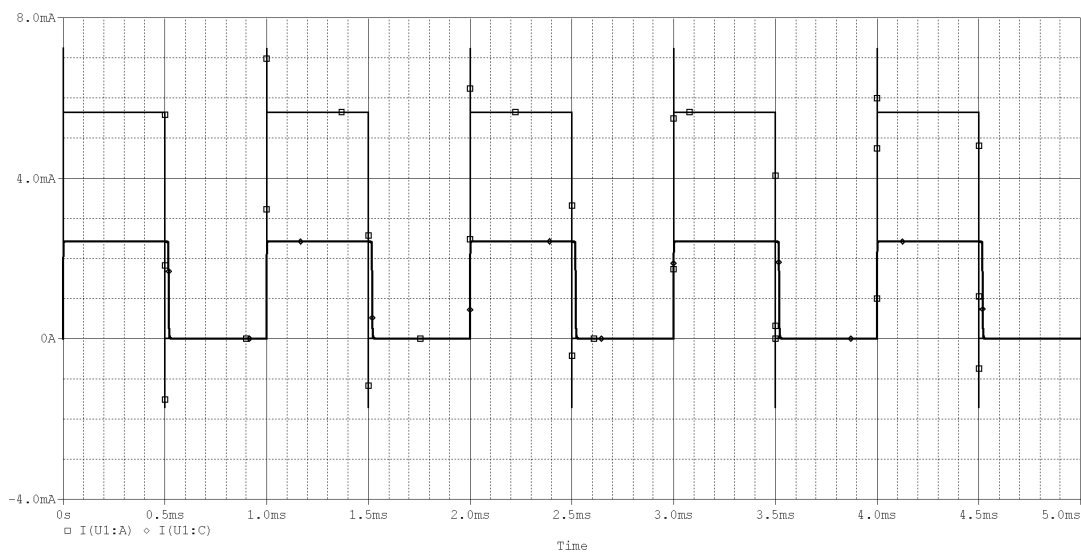


图 11: 输入电压与输出电压波形

测量得到  $I_C = 2.4247mA, I_F = 5.6460mA$

### (3) 实验部分

实际搭建电路，实现此电路，分别按照要求测量输入电压与输出电压，波形如下图所示：

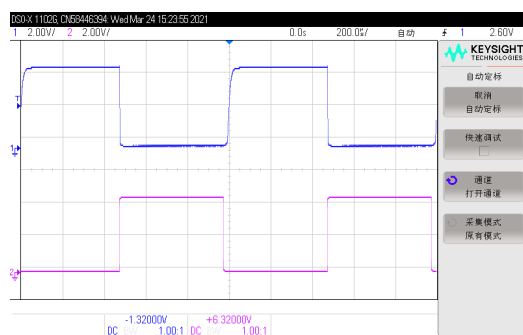


图 12: 输入与输出电压波形

进行局部放大，分别按照要求测量开通时间  $t_{on}$ ，关断时间  $t_{off}$ ，存储时间  $t_s$ ，上升时间  $t_r$ ，下降时间  $t_f$ ，具体结果如下：

上升时间 $t_r/\mu s$	18.1
下降时间 $t_f/\mu s$	1.34
开通时间 $t_{on}/\mu s$	2.49
关断时间 $t_{off}/\mu s$	37.4
存储时间 $t_s/\mu s$	20.6

表 2: 实验 1-实验数据

分别测量 R1 与 R2 两端电压，进而得到  $I_C, I_F$  的值。测量得到  $I_C = 2.4765mA, I_F = 6.338mA$

## 2. 实验 2-1

### (1) 参数设置

设置参数如下图所示, 按照下图进行仿真与实验接线, 进而进行实验:

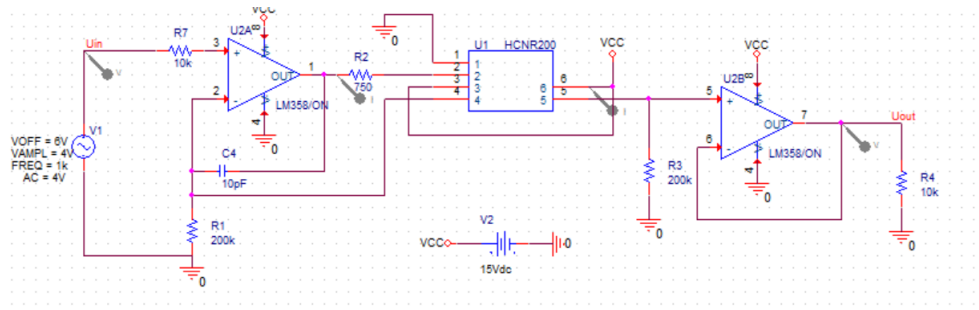


图 13: 测量电路图

### (2) 仿真部分

对电路进行仿真分析, 选取合适的参数, 并运行 PSpice 进行仿真分析。

获得输入电压与输出电压波形如下图所示:

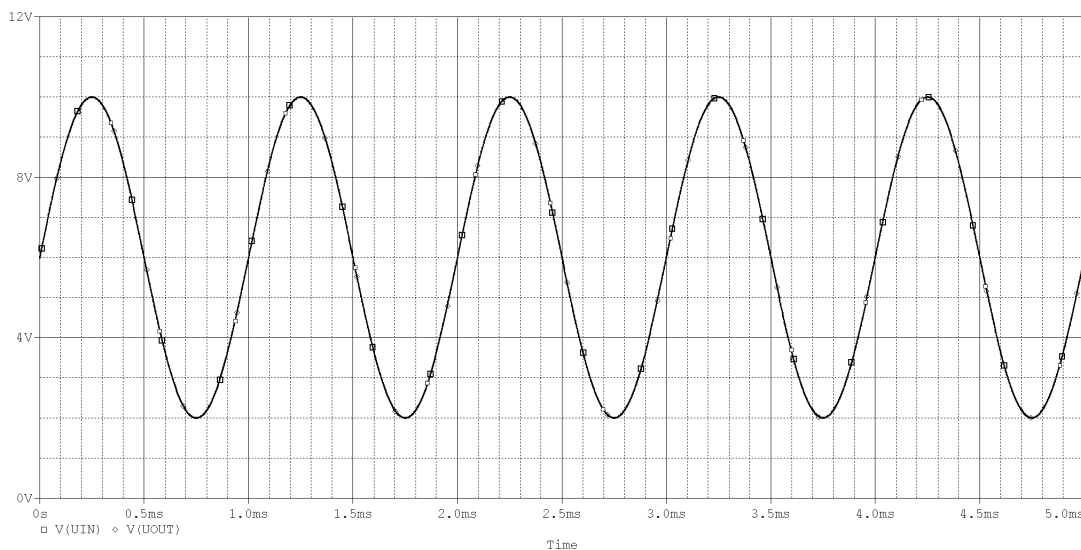


图 14: 输入电压与输出电压波形

将横坐标设置为输入电压, 纵坐标设置为输出电压以测量其电路的电压传输特性, 获得曲线如下图所示:

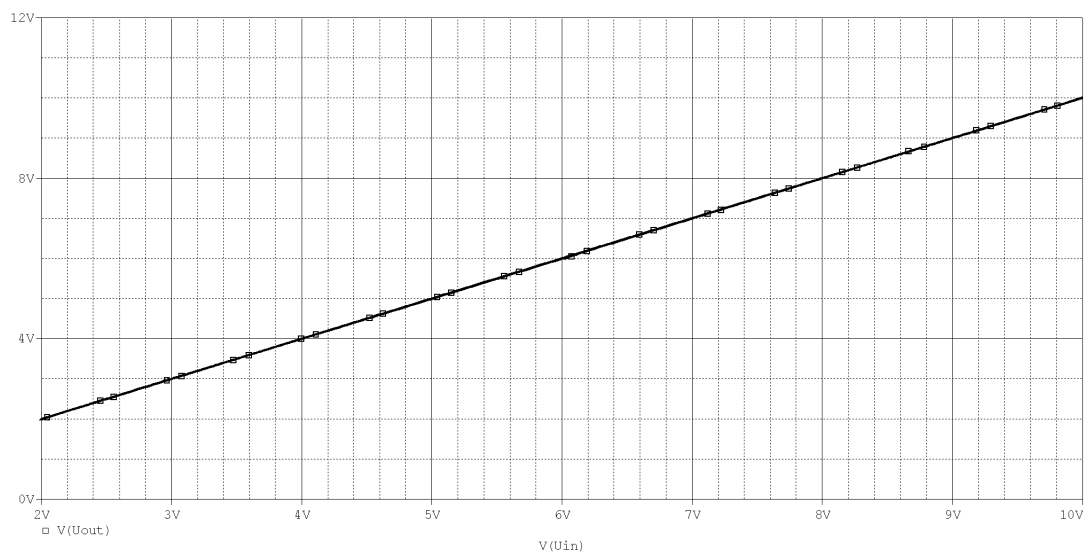


图 15: 电压传输特性

测量  $I_{PD1}$ ,  $I_{PD2}$ ,  $I_F$  波形, 如下图所示:

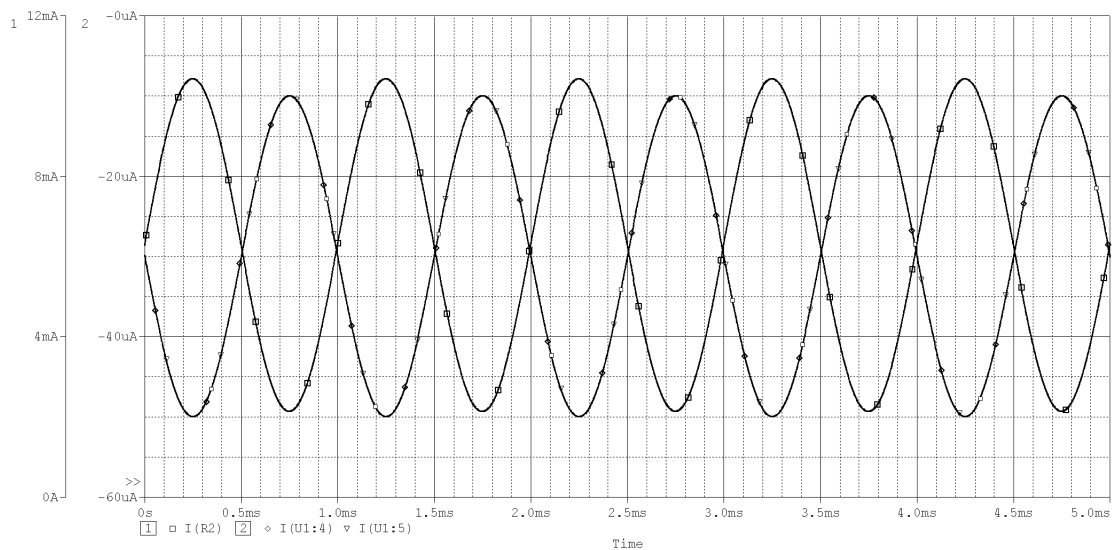


图 16: 实验 2.1-电流波形

测得  $I_{PD1} = I_{PD2} = 39.982\mu A$ ,  $I_F = 8.2867mA$

使用交流扫描, 获得此电路的幅频曲线以及相频曲线, 如下图所示:



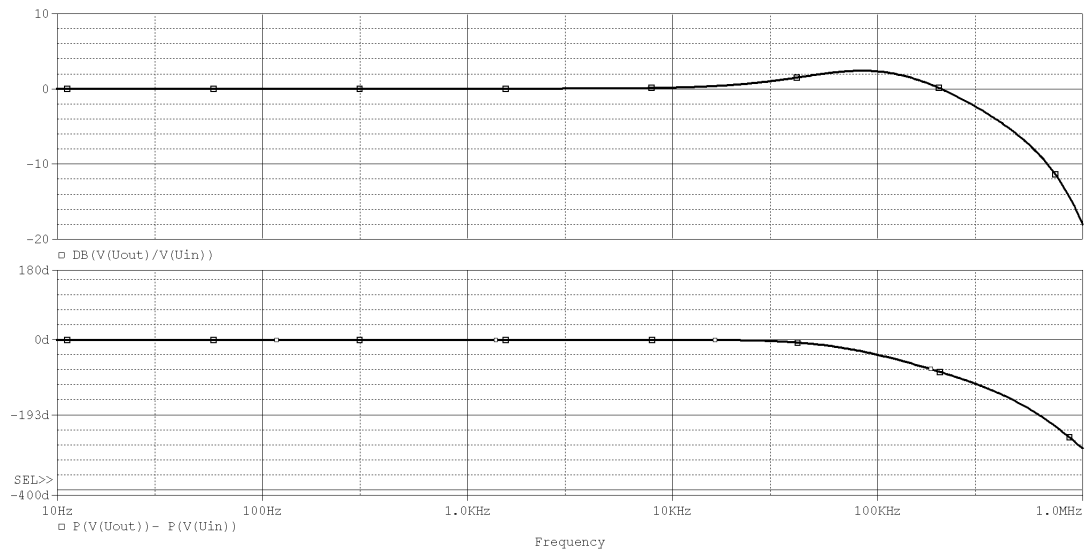


图 17: 幅频与相频曲线

将输入改为阶跃信号，如下图所示：

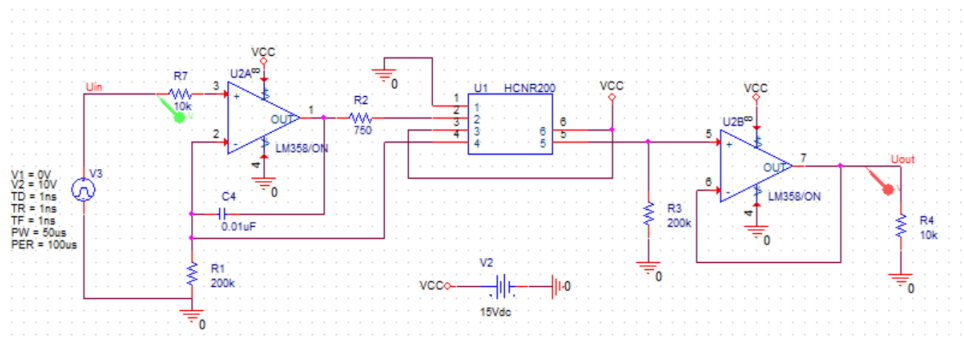


图 18: 实验 2-1 电路图

运行仿真软件，测得相应如下图所示：

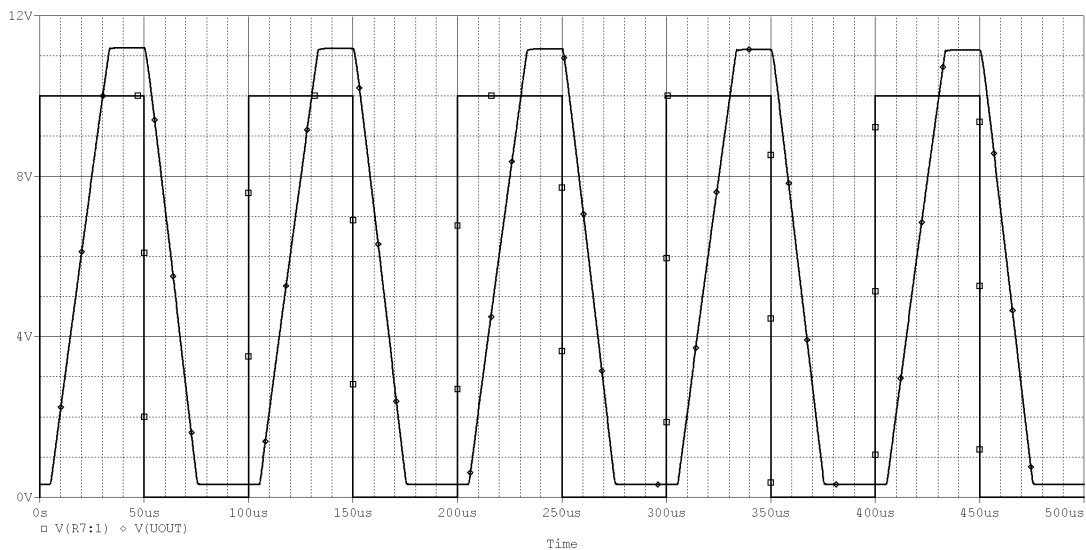


图 19: 输入与输出波形

### 3. 实验 2-2

#### (1) 参数设置

设置参数如下图所示，按照下图进行仿真与实验接线，进而进行实验：

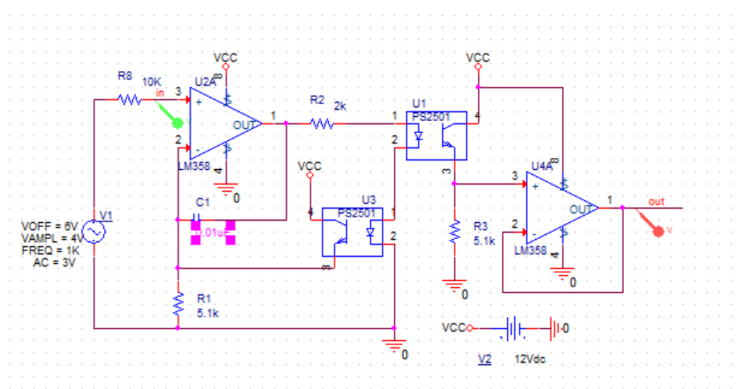


图 20: 测量电路图

#### (2) 仿真部分

对电路进行仿真分析，选取合适的参数，并运行 PSpice 进行仿真分析。

获得输入电压与输出电压波形如下图所示：

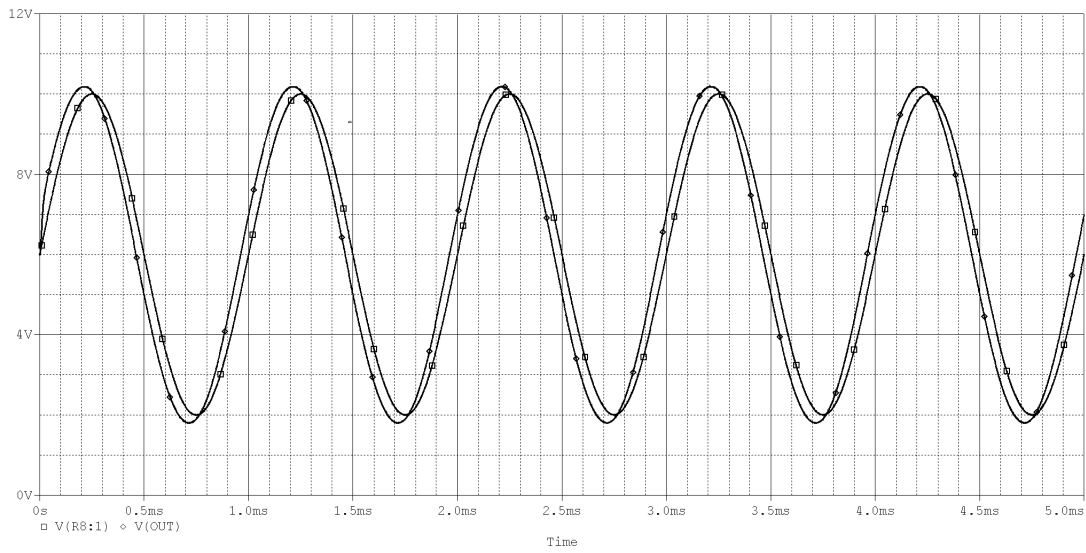


图 21: 输入电压与输出电压波形

将横坐标设置为输入电压，纵坐标设置为输出电压以测量其电路的电压传输特性，获得曲线如下图所示：

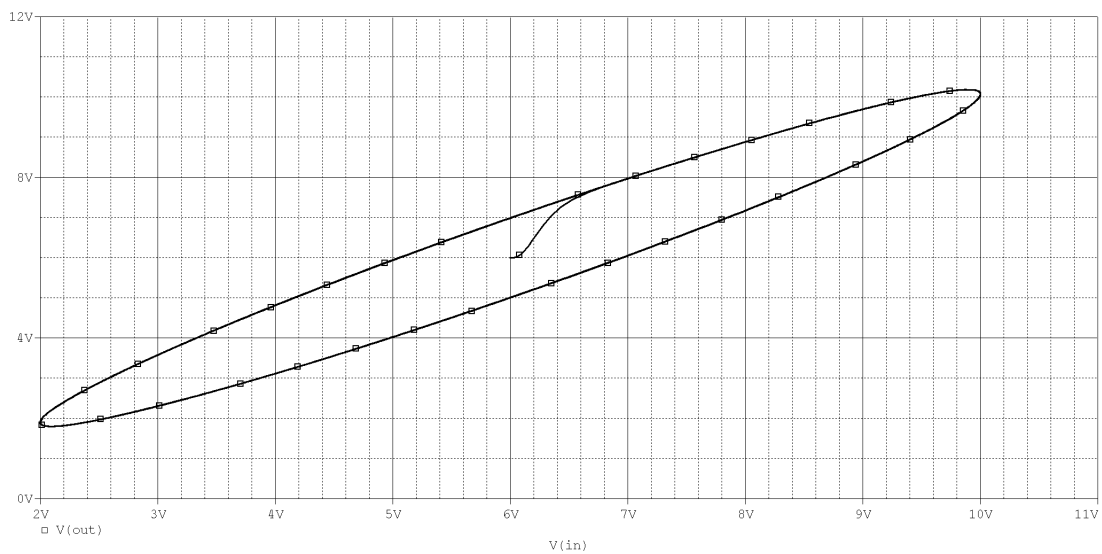


图 22: 电压传输特性

使用交流扫描，获得此电路的幅频曲线以及相频曲线，如下图所示：

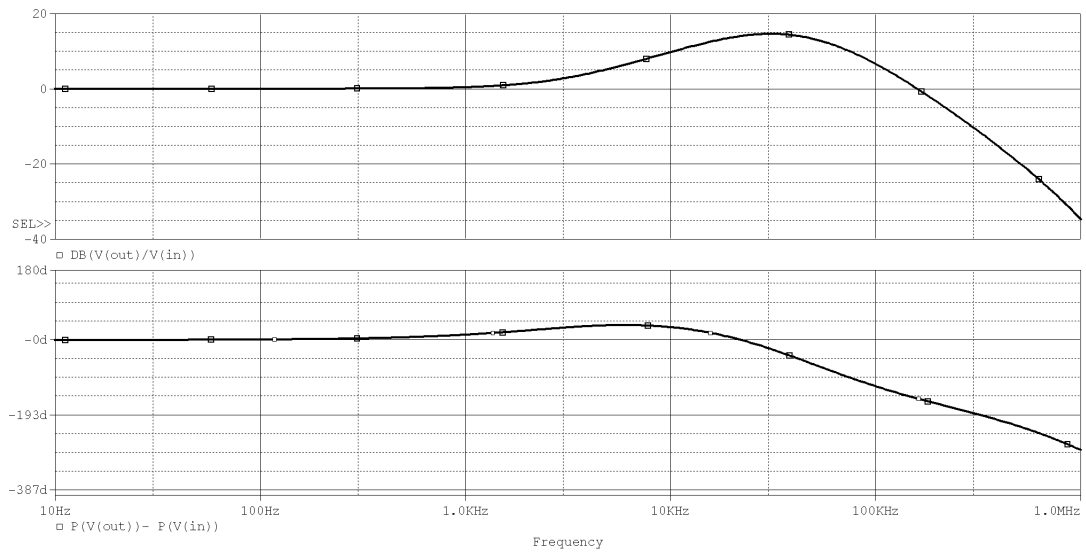


图 23: 幅频与相频曲线

将输入改为阶跃信号，如下图所示：

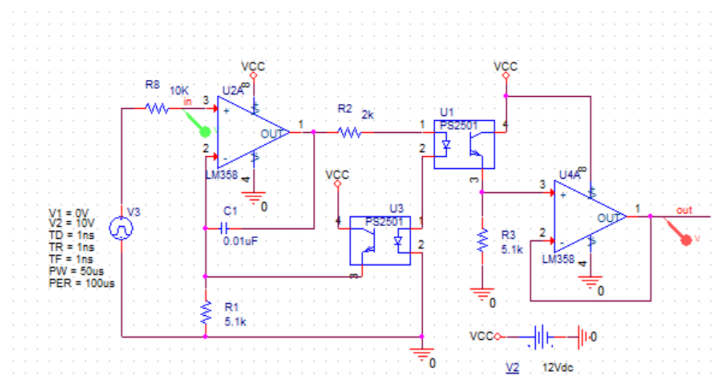


图 24: 实验 2-1 电路图

运行仿真软件，测得相应如下图所示：

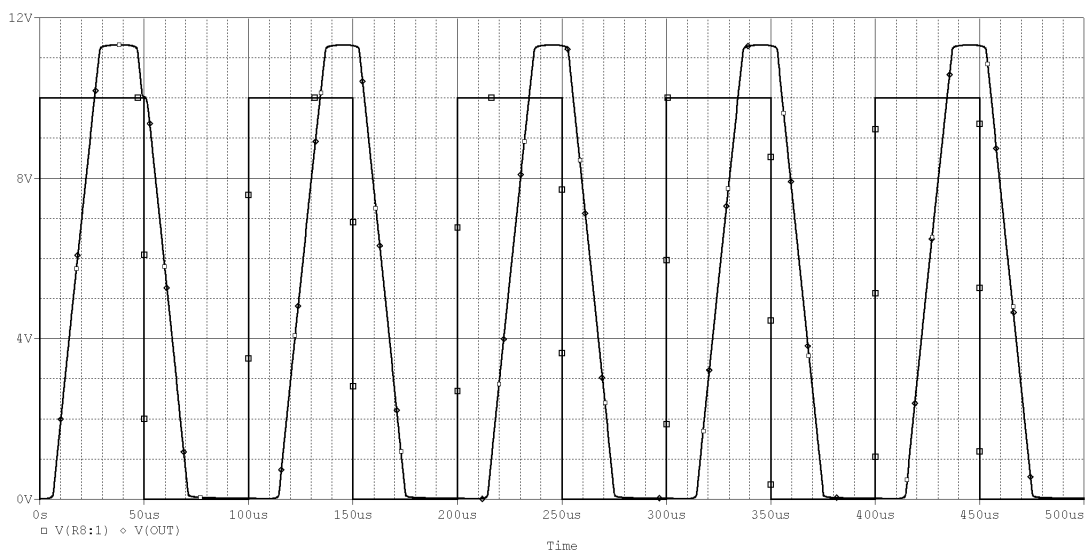


图 25: 输入与输出波形

(3) 实验部分实际搭建电路, 实现此电路, 分别按照要求测量输入电压与输出电压, 波形如下图所示:

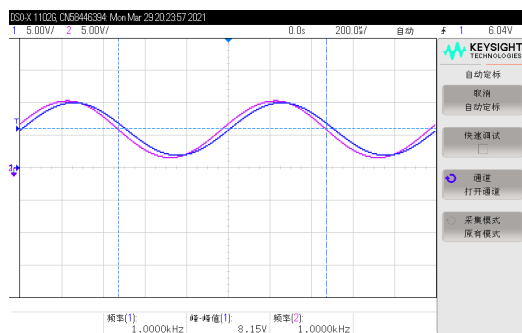


图 26: 输入与输出电压波形

将时基模式改为 X-Y 模式, 测量得到电压传输特性曲线如下图所示:

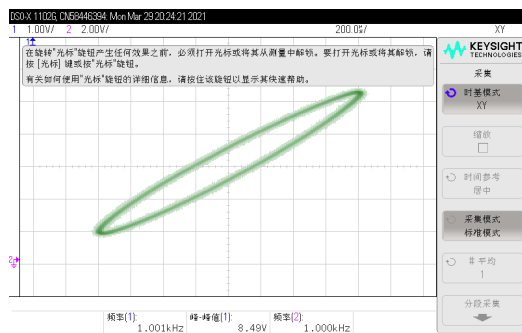


图 27: 电压传输特性曲线

对电路进行幅频与相频分析, 测量得到波形如下图所示:

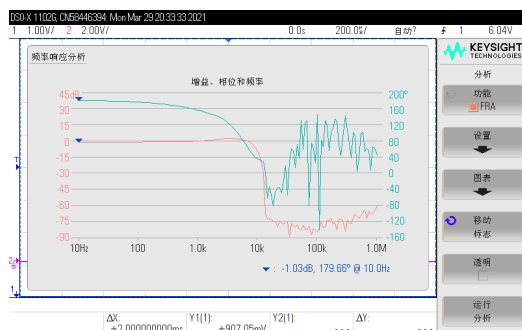


图 28: 幅频与相频曲线

与仿真图形进行比较, 我们可以看出, 在频率较小的时候二者拟合较好, 但当频率超过 10KHz, 示波器进行扫频的图像就产生了极大波动, 猜测可能是已经达到光电耦合器的频率上限或者示波器输出存在一定问题。

#### 4. 实验 3-1

##### (1) 参数设定

设置参数如下图所示, 按照下图进行仿真与实验接线, 进而进行实验:

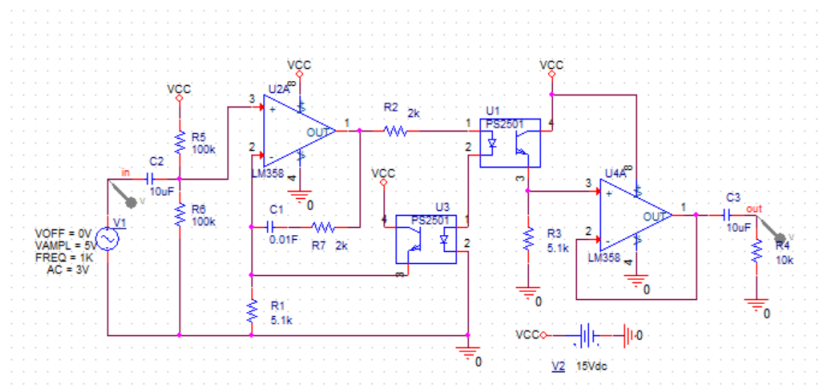


图 29: 测量电路图

##### (2) 仿真部分

对电路进行仿真分析, 选取合适的参数, 并运行 PSpice 进行仿真分析, 测量得到幅频曲线与相频曲线如下图所示:

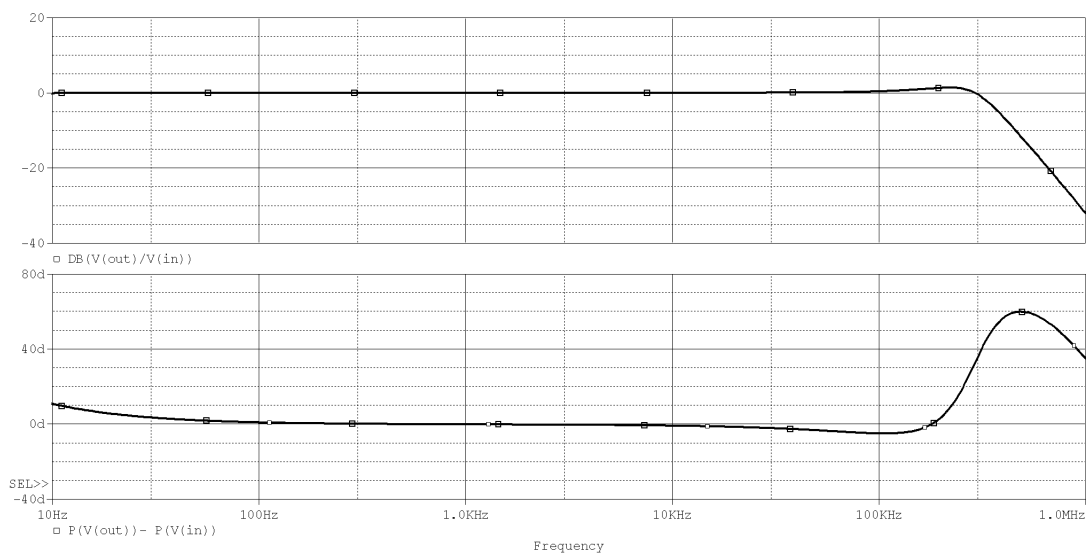


图 30: 测量电路图

## 5. 实验 3-2

### (1) 参数设定

设置参数如下图所示，按照下图进行仿真与实验接线，进而进行实验：

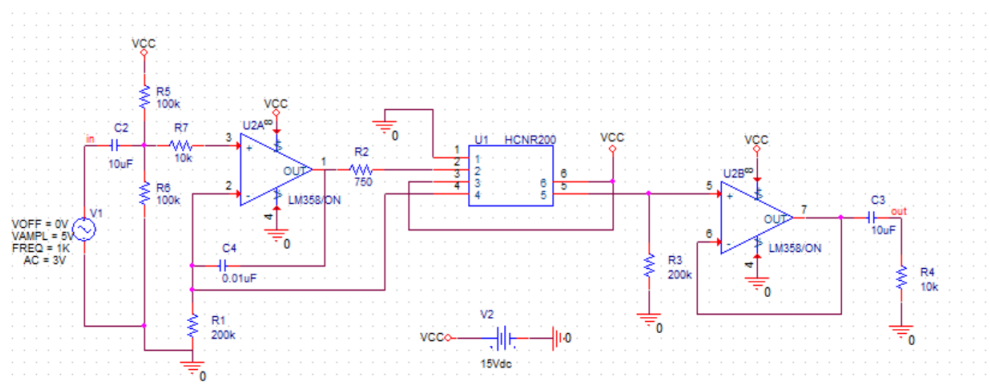


图 31: 测量电路图

### (2) 仿真部分

对电路进行仿真分析，选取合适的参数，并运行 PSpice 进行仿真分析，测量得到幅频曲线与相频曲线如下图所示：

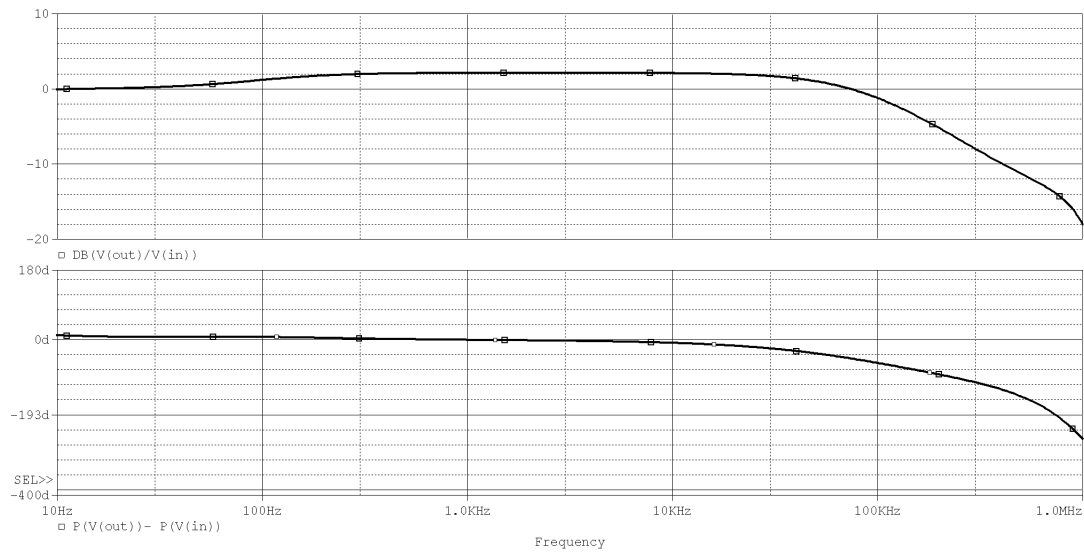


图 32: 测量电路图

## 五、心得与体会

本次实验中,我们进行了光电耦合器的相关实验,通过本次实验,我了解到了光电耦合器的相关特性,比如开通时间,关断时间等等,这些特性都是在工程领域需要仔细考量的