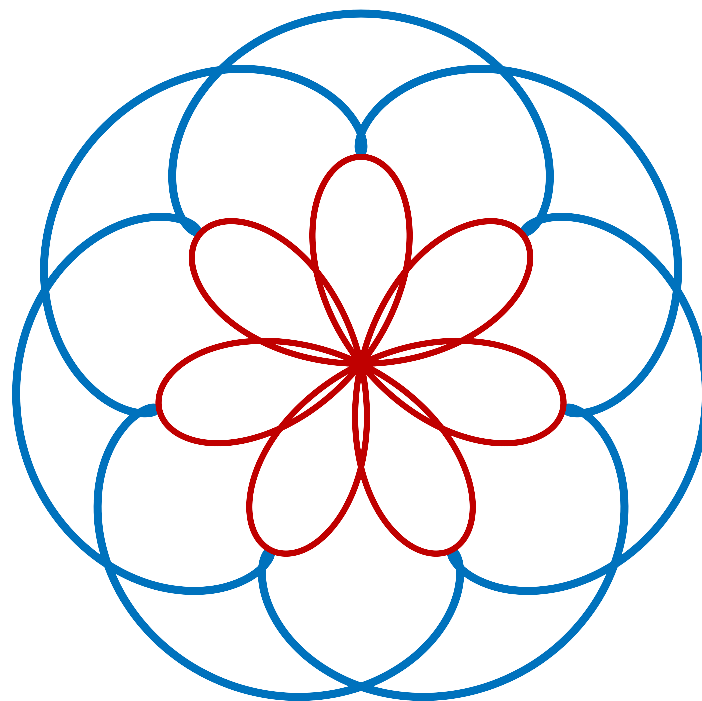




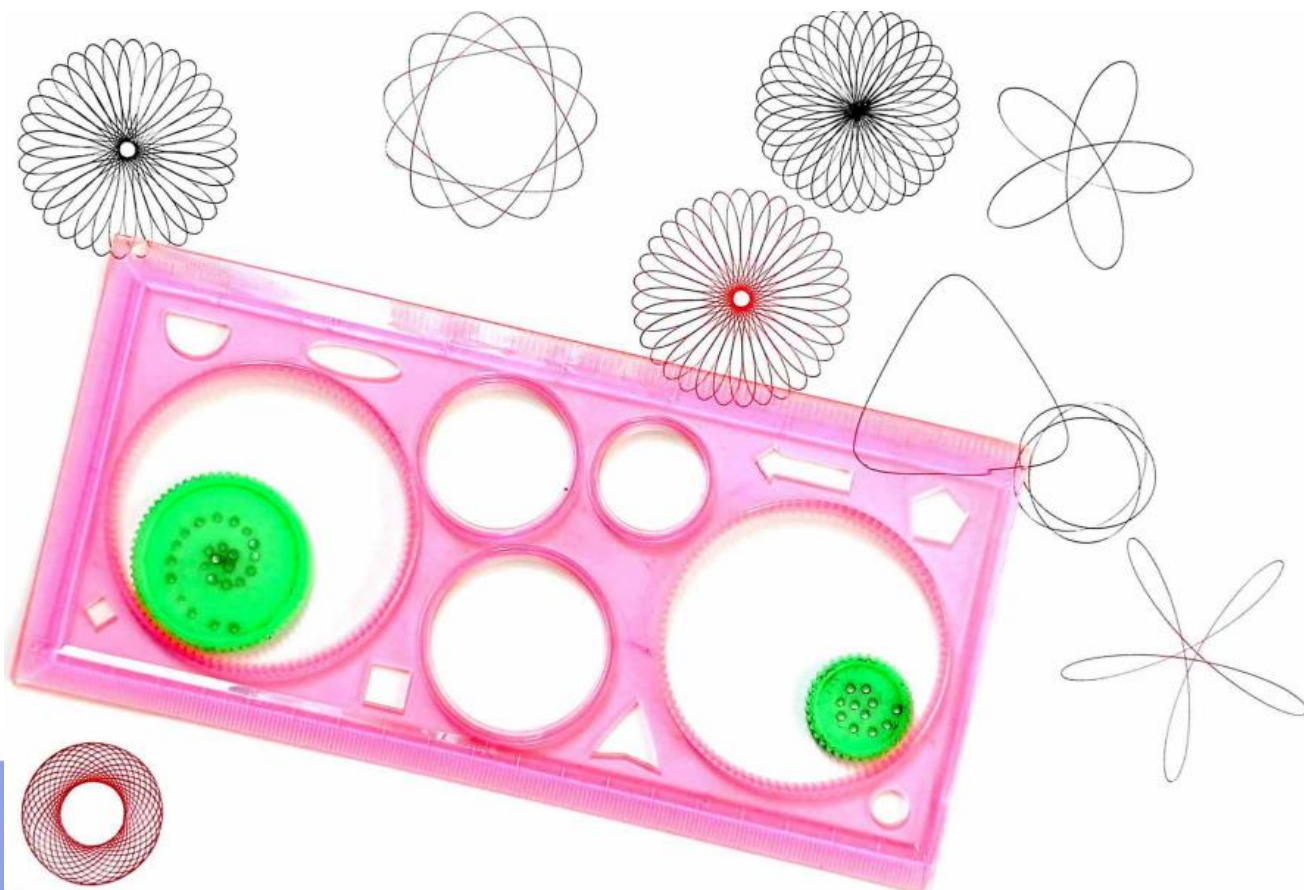
综合实验（考核） 示波器上的万花尺





示波器上的万花尺

- ◆ 繁花曲线规，也叫万花尺，其最基础的一款由内外齿合的圆形齿轮构成，可以在纸面上画出内旋轮线

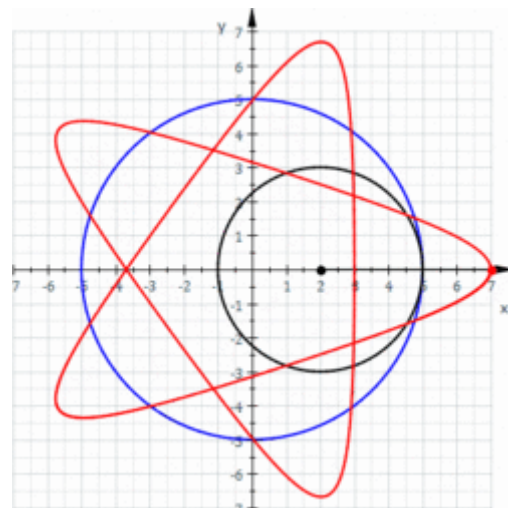




示波器上的万花尺

◆其参数方程：

$$\begin{cases} x(t) = (1-d)\cos(2\pi f_1 t) + d\cos(2\pi f_2 t) \\ y(t) = (1-d)\sin(2\pi f_1 t) + d\sin(2\pi f_2 t) \end{cases}$$



◆设计内容：根据旋轮线的参数方程，生成相应模拟信号，送入示波器以XY模式进行显示

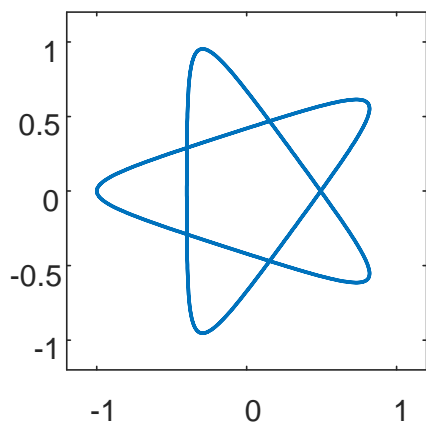
- 其中 $0 < d < 1$ ，为了避免示波器上波形闪烁并减小器件的非理想因素影响， f_1 和 f_2 的频率一般取在300Hz~3kHz之间



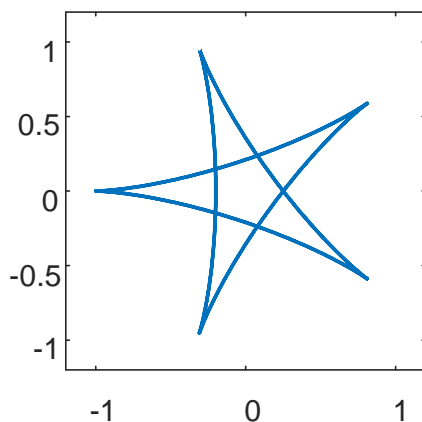
示波器上的万花尺

◆ 改变 f_1 、 f_2 和 d ，可以产生不同的图案

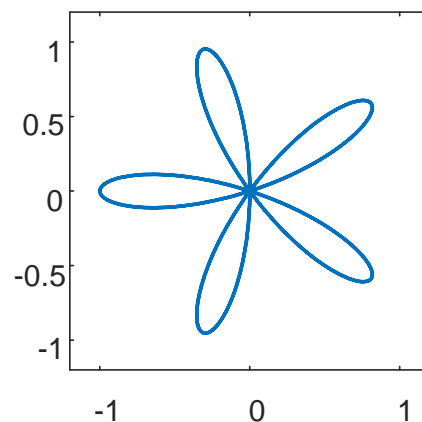
$$f_1 = 400\text{Hz} \quad f_2 = 600\text{Hz}$$



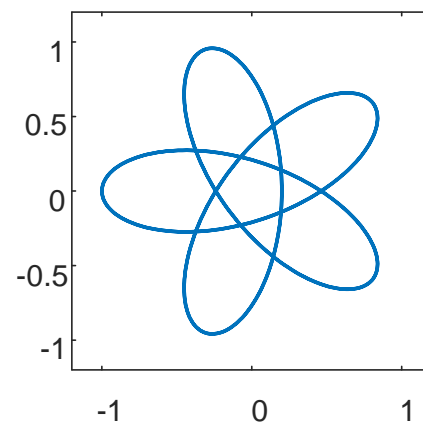
$d = 0.3$



$d = 0.4$



$d = 0.5$



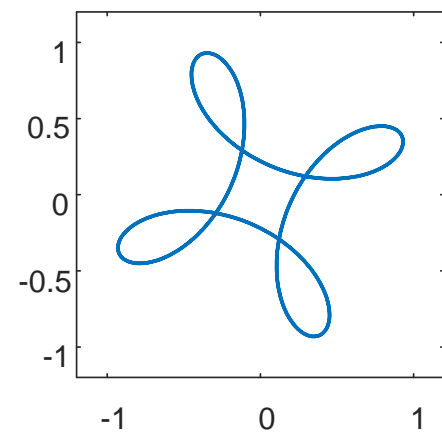
$d = 0.6$



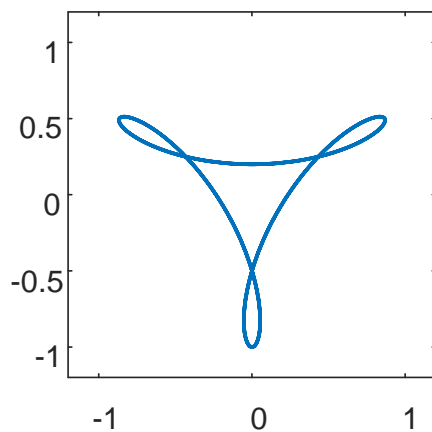
示波器上的万花尺

◆ 改变 f_1 、 f_2 和 d ，可以产生不同的图案

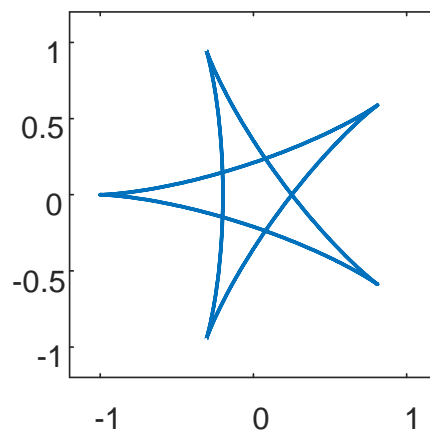
$$f_2 = 600\text{Hz}, \quad d = 0.4$$



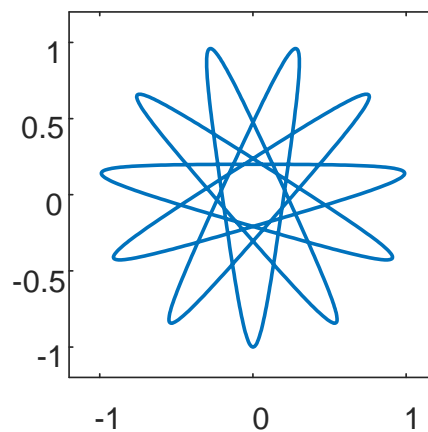
$f_1 = 200\text{Hz}$



$f_1 = 300\text{Hz}$



$f_1 = 400\text{Hz}$

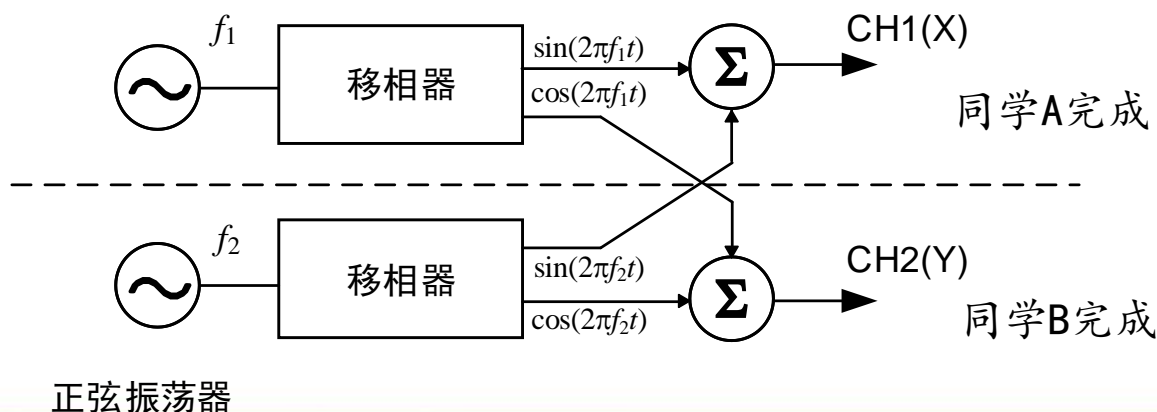


$f_1 = 500\text{Hz}$

电路设计提示 (1)

◆ 系统设计

- f_1 和 f_2 : 振荡器
- $\cos(2\pi f_1 t)$ 和 $\sin(2\pi f_1 t)$: 移相器
- 求和: 电阻求和或运算放大器求和
- 建议两人一组, 共同完成

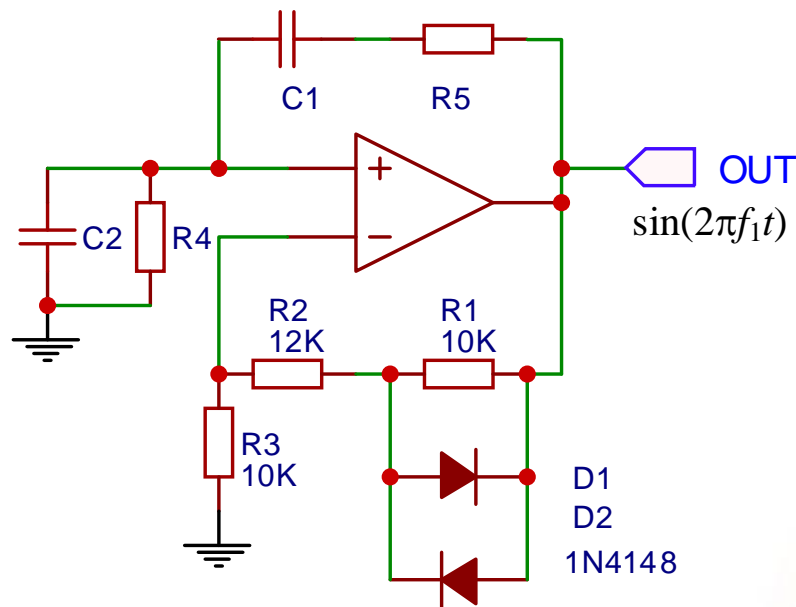




电路设计提示 (2)

◆ 振荡器的设计提示

- 振荡电容C1、C2应当用涤纶电容（实验室有），其温度系数比较小
- 改变频率时，R4和R5应当同步调节，可使用双联电位器
- R2可以使用微调电阻调谐，降低失真





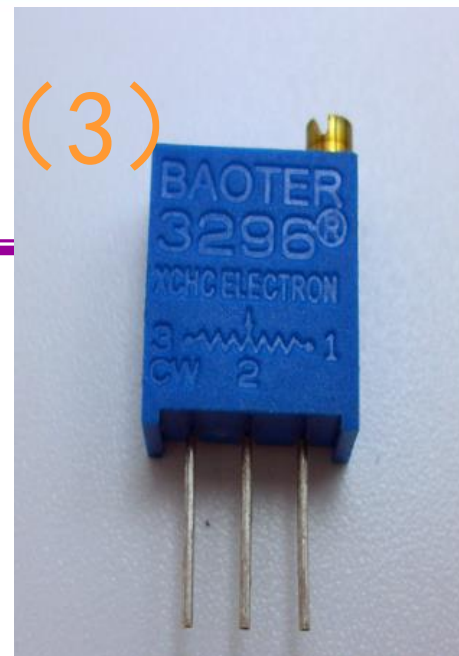
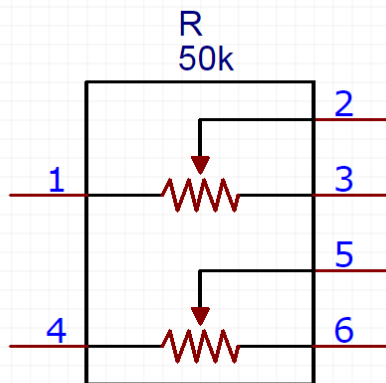
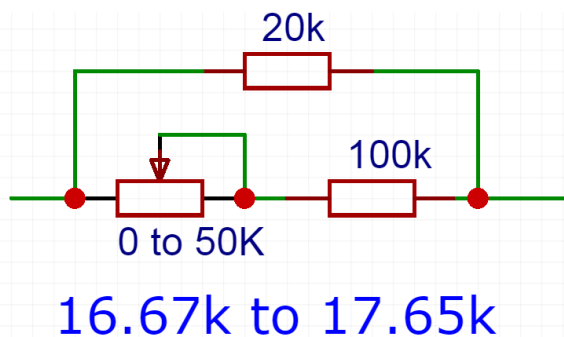
电路设计提示 (3)

◆ 50k微调电阻（电位器）

- 多圈调节，不得过量旋转
- 管脚不得弯曲

◆ 50k双联电位器

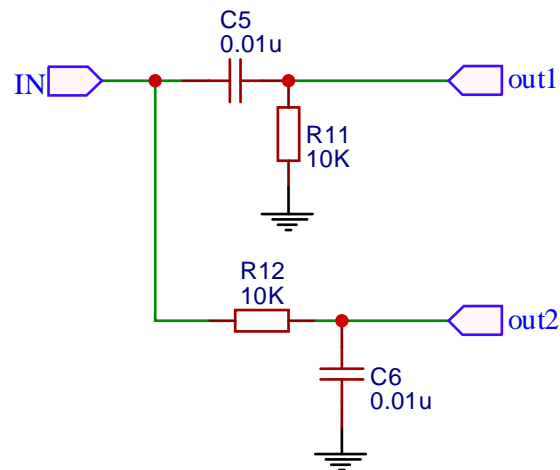
- 电阻范围0~50k
- 如果需要缩小变化范围，可以串并联电阻





电路设计提示（4）

- 下图的移相器相移可以维持90度，但是out1和out2的幅度比随频率而变化，需要后面用增益可以调节的放大器补偿
- 增益可以调节的放大器可以利用微调电阻和运放实现





考核要求

评分标准（实验验收部分，实验报告另计）

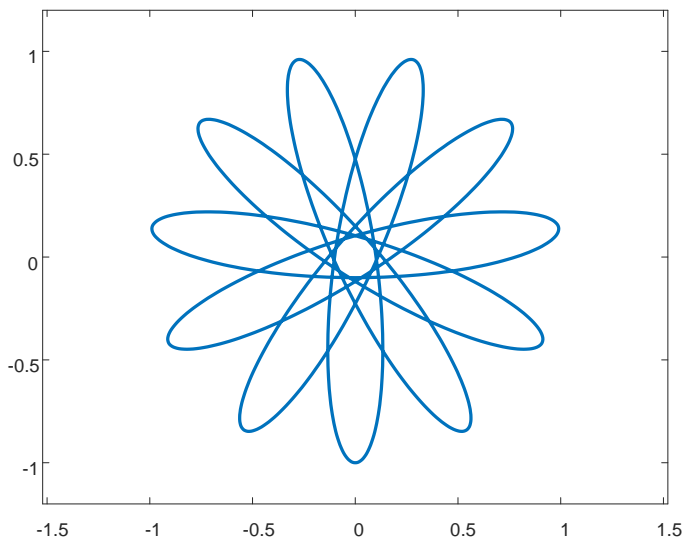
- 示波器上实现一个圆形：60分
- 示波器上图形美观，与设计一致，不闪烁，旋转速度小于每秒一圈：85分
 - 与理论设计得到预期图形不一致 扣5分
 - 图形变形严重 扣5分
 - 旋转速度大于每秒一圈 扣5分
 - 波形毛草 扣5分
 - 每使用一个实验室提供的振荡器或宽带移相器模块，扣5分
- 提高要求
 - 图形不旋转 加10分
 - 实现宽带90度“等幅”移相器，图形变化时不用特别调节幅度 加10分
 - 其他图案（内外旋轮线以外的图形），根据完成情况和电路设计，评定后加0~10分



参考代码

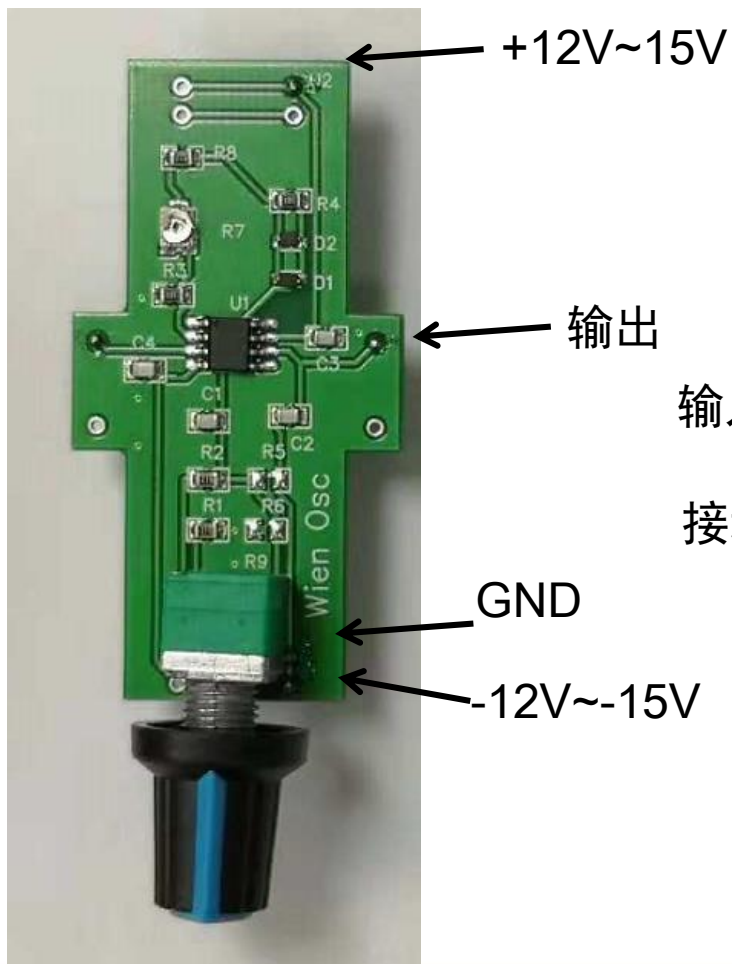
■ Matlab代码

```
t=0:1e-5:1e-2;  
f1=500;  
f2=600;  
d=0.55;  
x=(1-d)*cos(2*pi*f1*t)+d*sin(2*pi*f2*t);  
y=(1-d)*sin(2*pi*f1*t)+d*cos(2*pi*f2*t);  
plot(x,y)
```

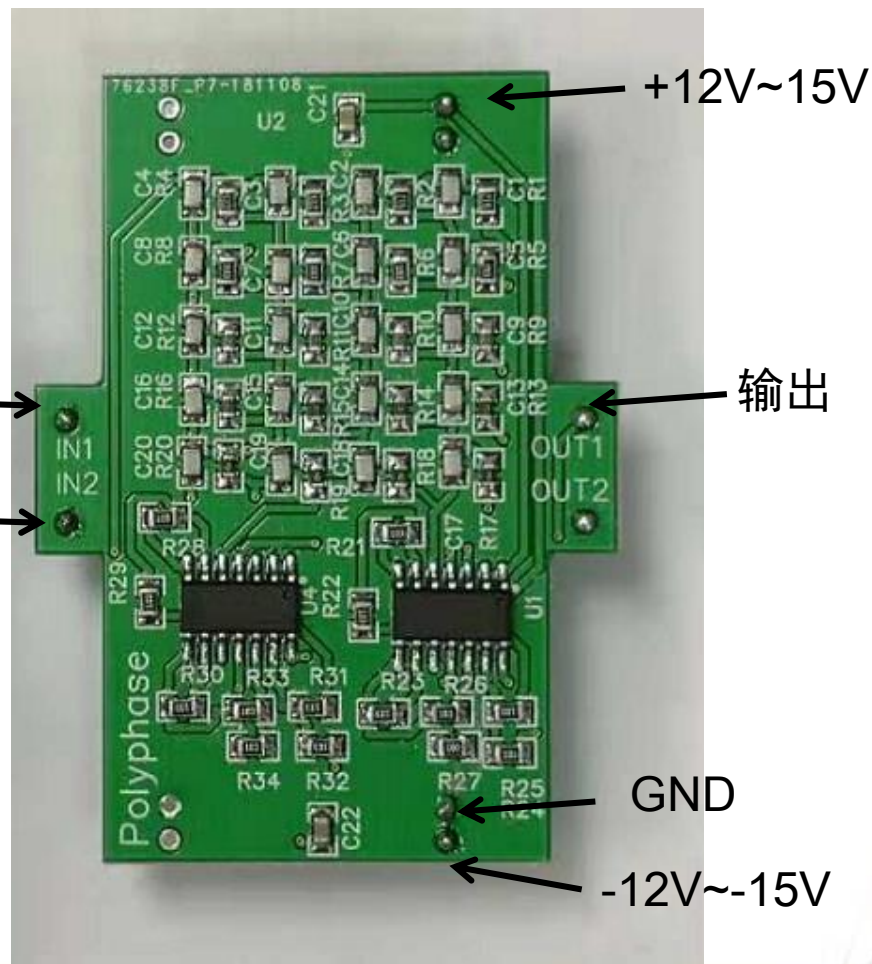




实验室提供的模块



正弦振荡器



宽带移相器