

# 实验二

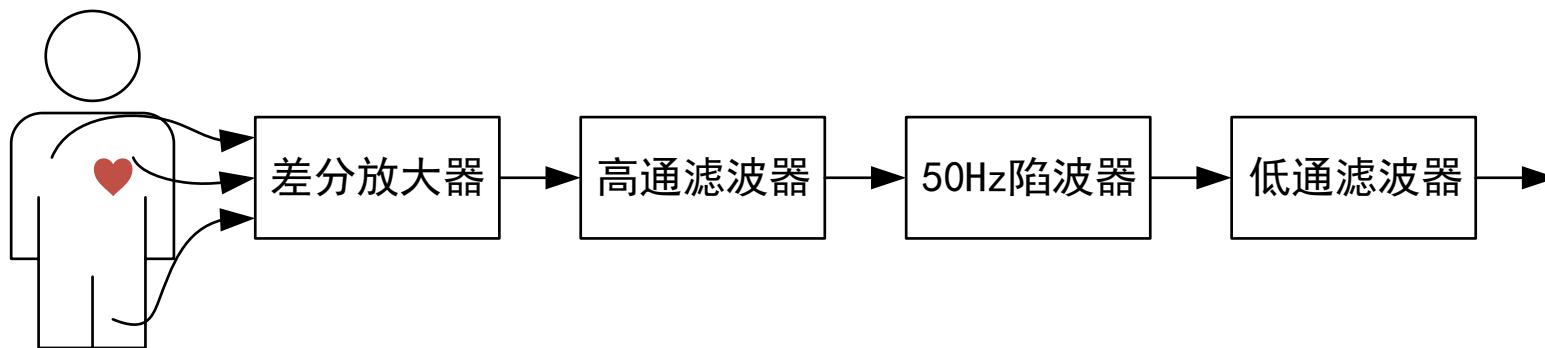
## 心电信号检测电路 的搭建与测试



# 心电信号采集

◆ 在每次心跳心肌细胞去极化的时候会在皮肤表面引起很小的电学改变，这个小变化被心电图记录装置捕捉并放大即可描绘心电图。

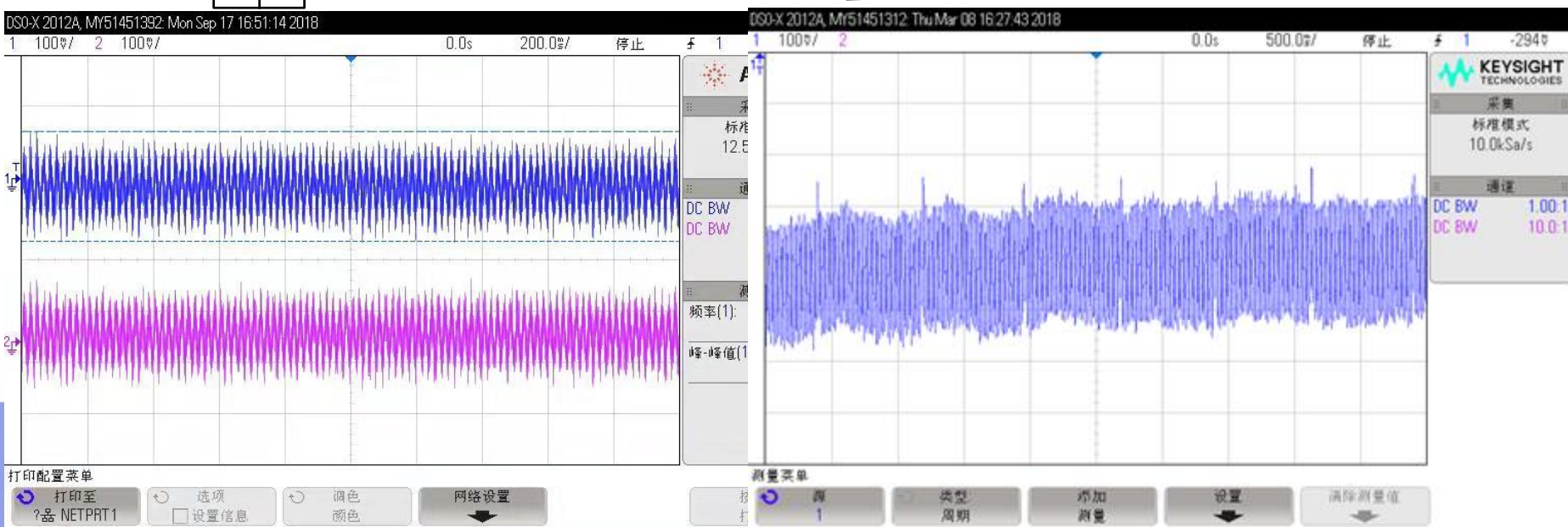
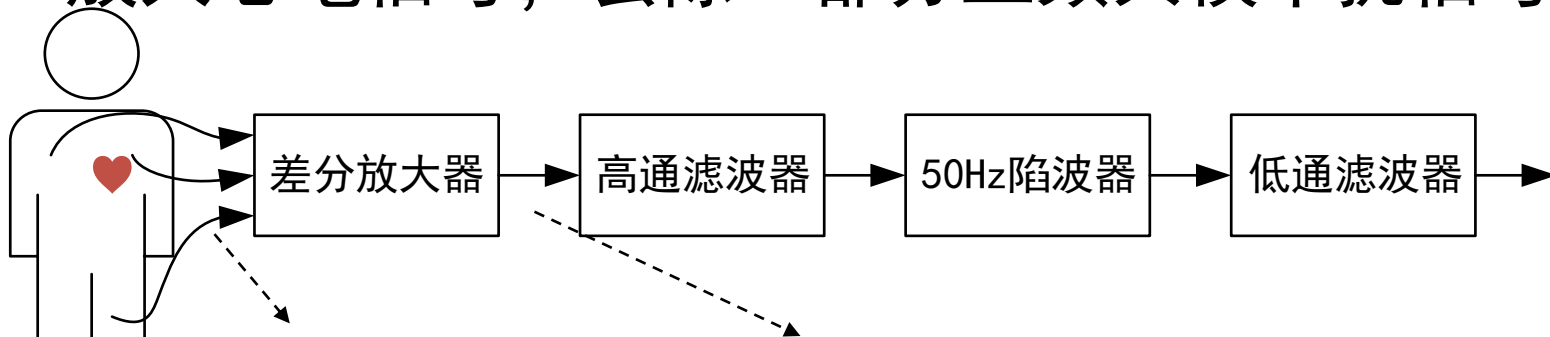
■ 在心肌细胞处于静息状态时，心肌细胞膜两侧存在由正负离子浓度差形成的电势差，去极化即是心肌细胞电势差迅速向0变化，并引起心肌细胞收缩的过程。





## ◆ 差分放大

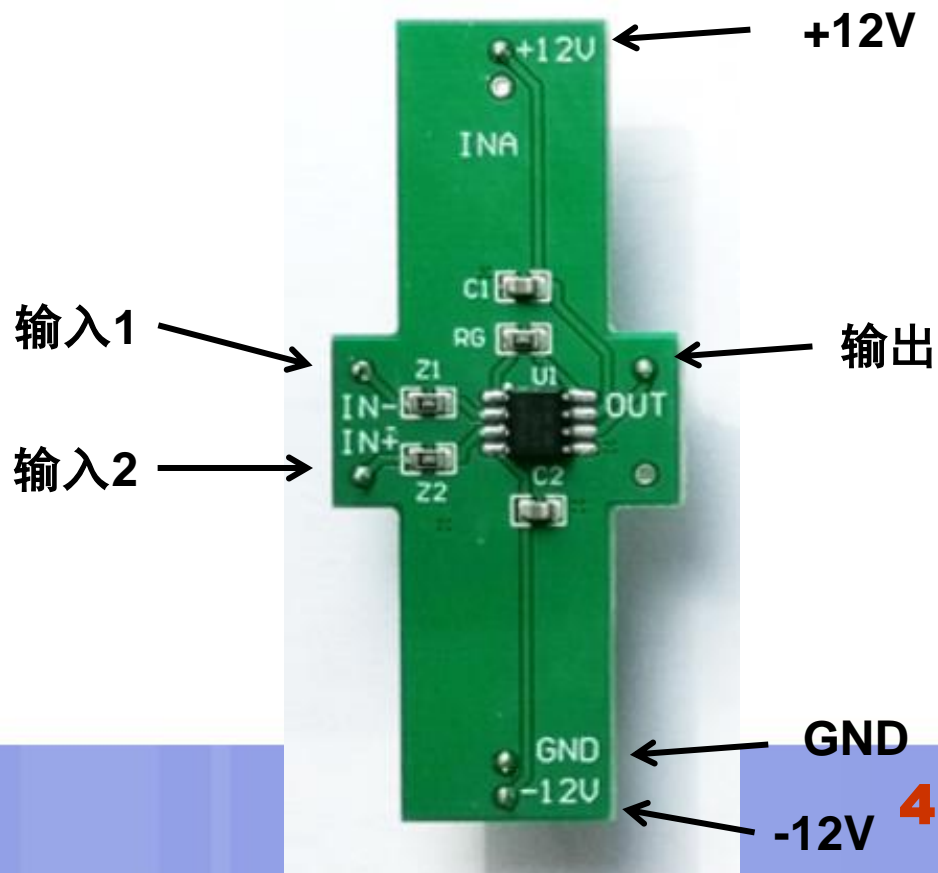
■ 放大心电信号，去除一部分工频共模干扰信号





## ◆ 差分放大

■ 放大心电信号，去除一部分工频共模干扰信号

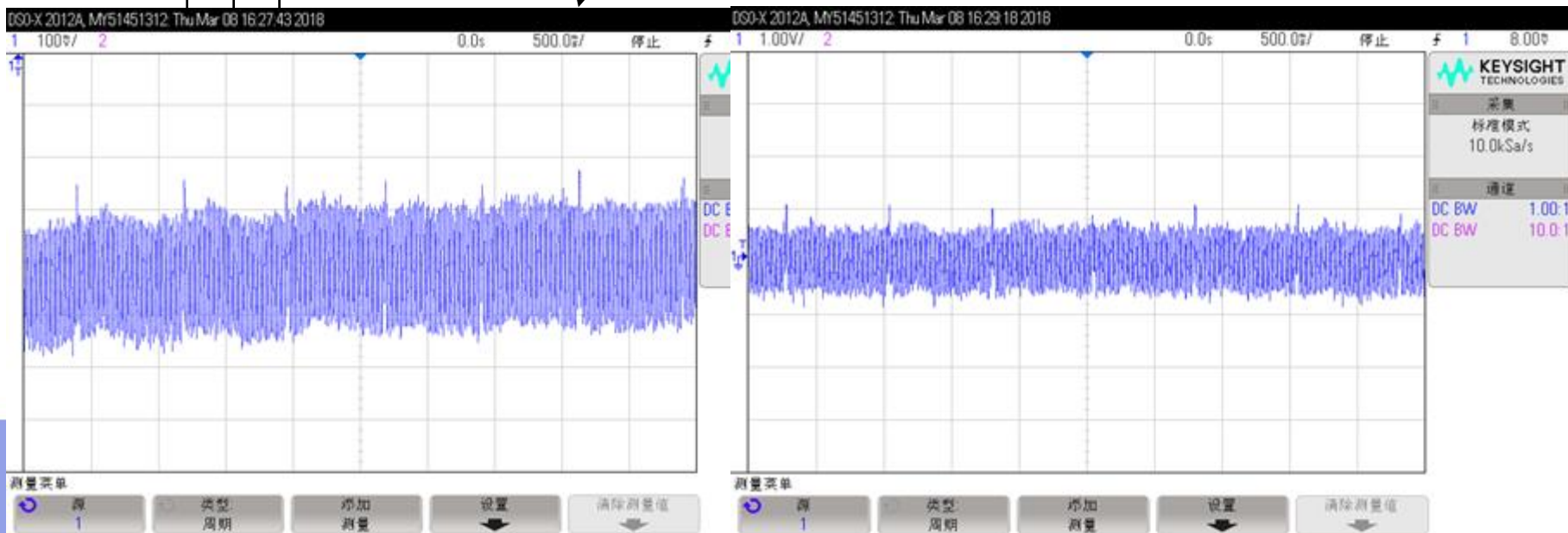
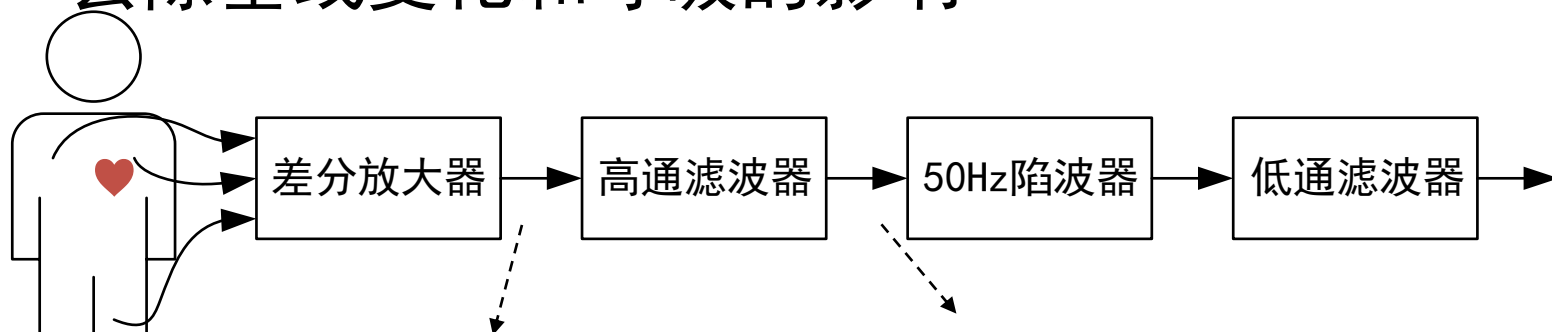


为了保证放大器的输入偏置，请将放大器的两个输入端分别接入10MΩ的电阻到地。



## ◆ 高通滤波器

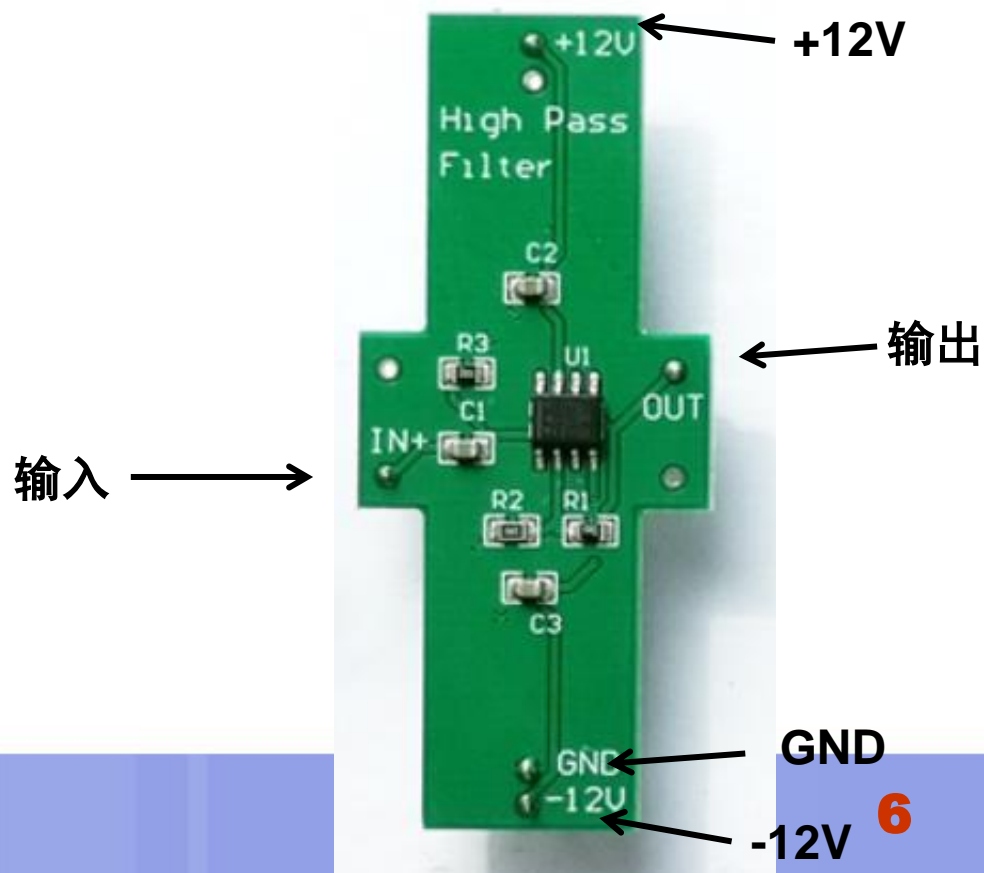
### ■ 去除基线变化和呼吸的影响





## ◆ 高通滤波器

■ 去除基线变化和呼吸的影响

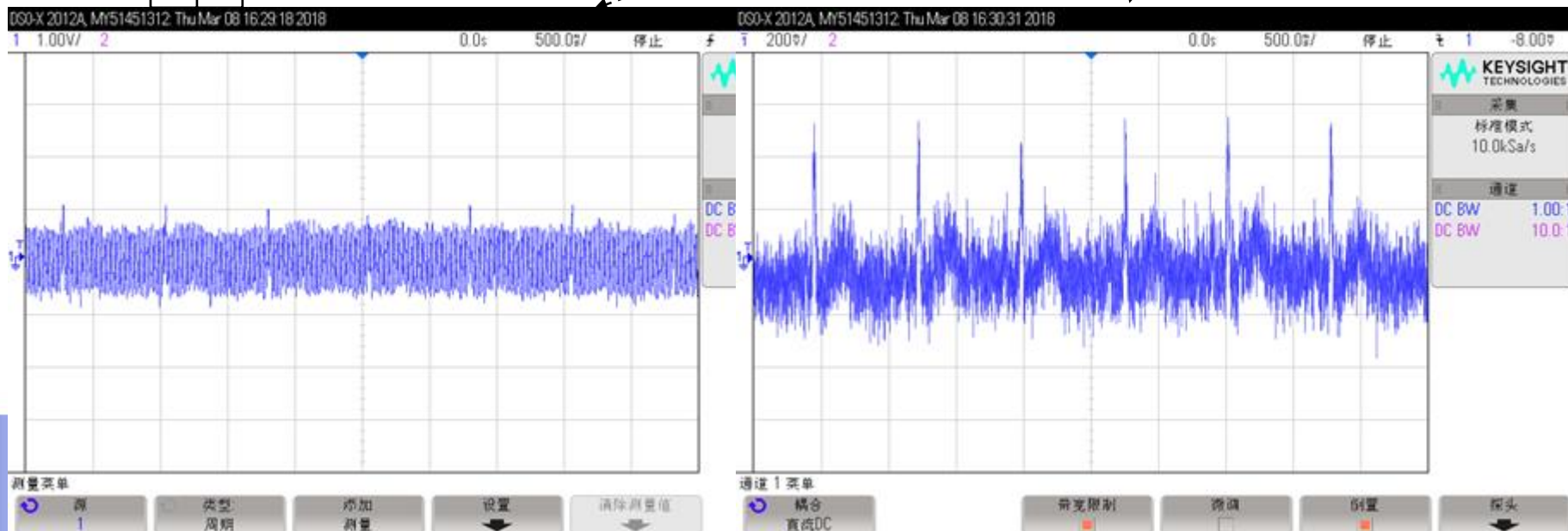
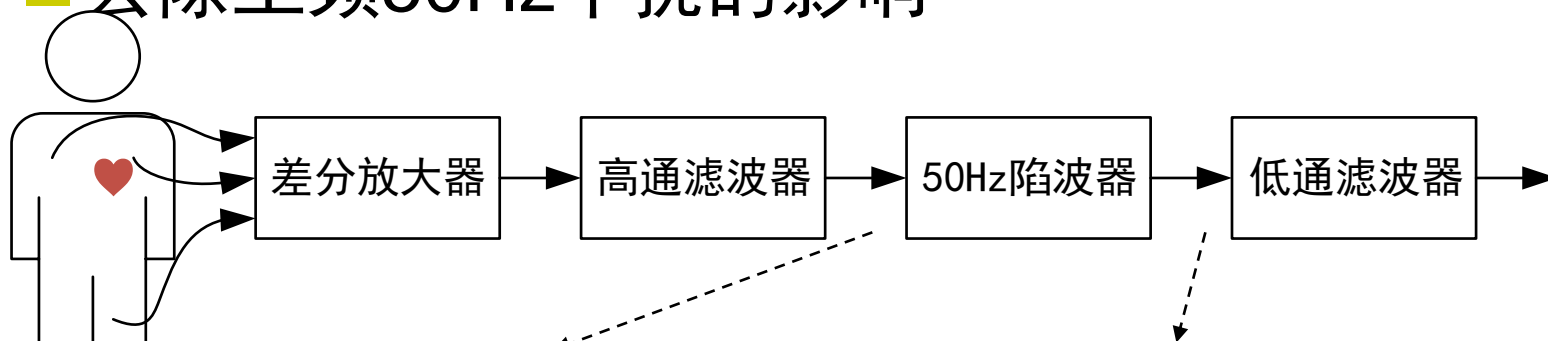






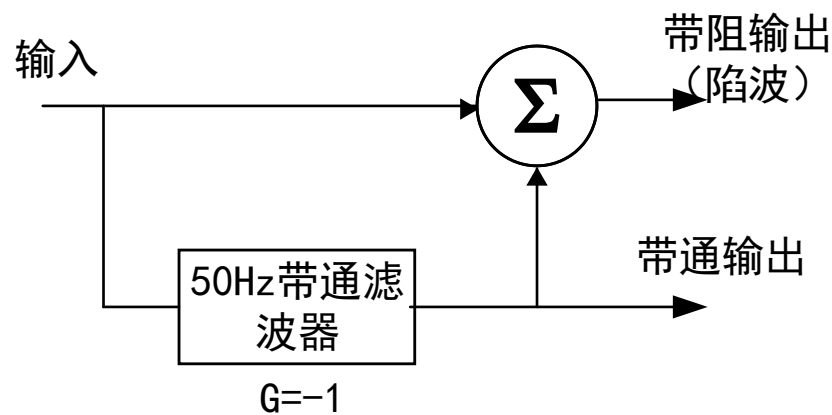
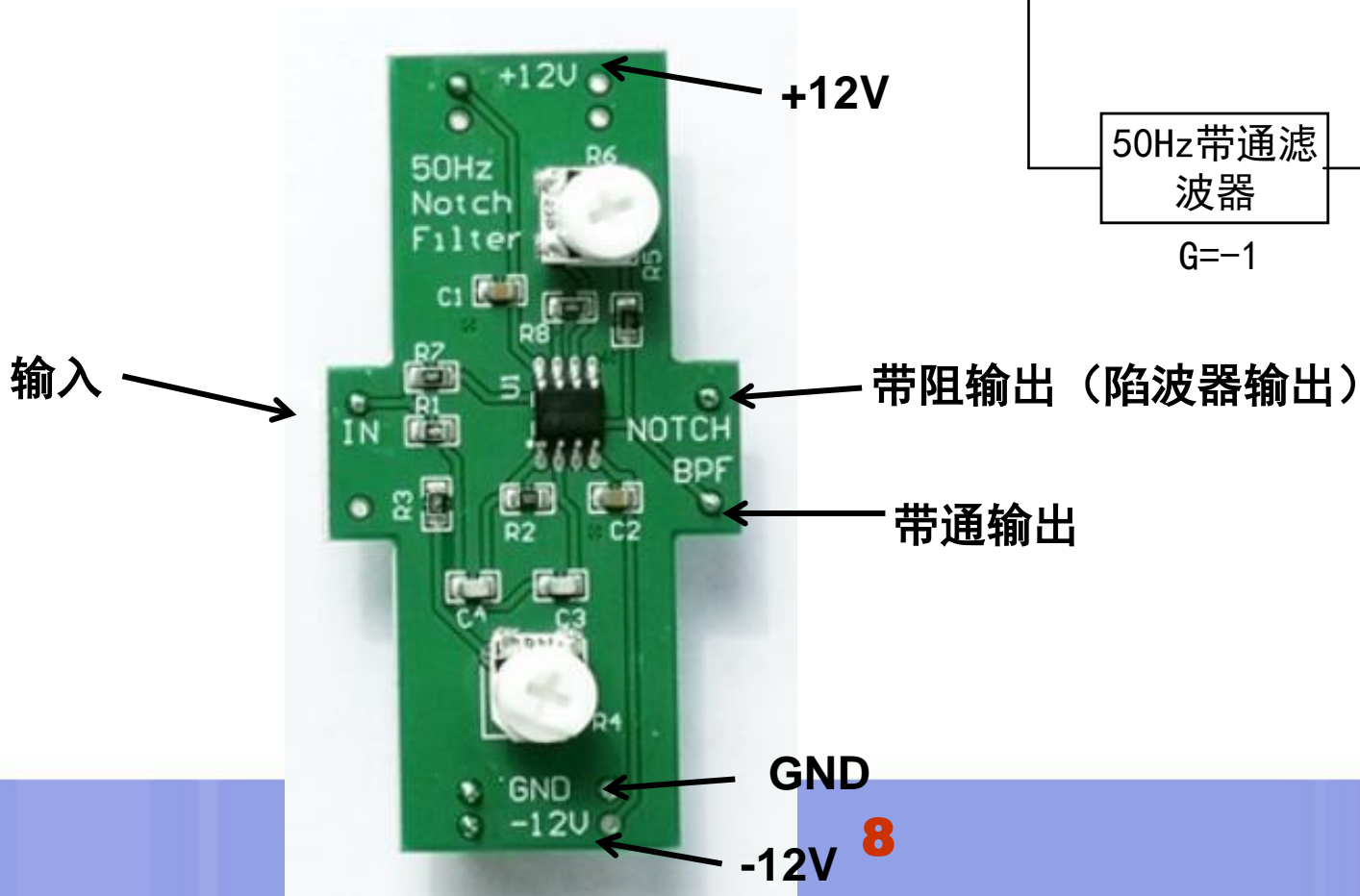
## ◆ 50Hz陷波器

■ 去除工频50Hz干扰的影响





## ◆ 50Hz陷波器

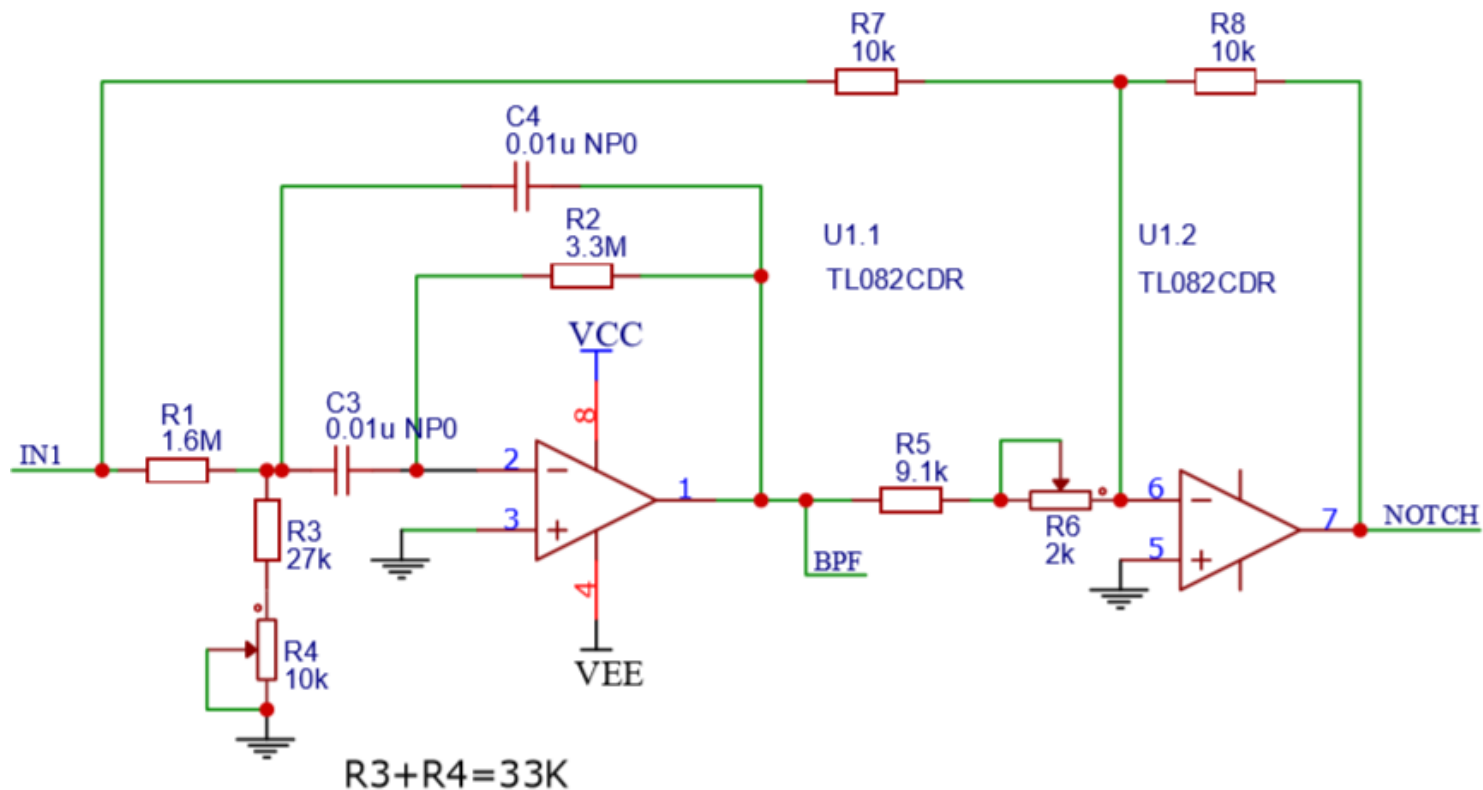






# 陷波器的电路

## ■ 去除工频50Hz干扰的影响





# 陷波器的系统函数

$$H_{BPF}(s) = \frac{-\frac{1}{R_1 C_4} s}{s^2 + s \left( \frac{1}{R_2 C_3} + \frac{1}{R_2 C_4} \right) + \frac{1}{R_2 C_3 C_4} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3 + R_4} \right)}$$

$$H_{Notch}(s) = - \left( \frac{R_8}{R_7} + \frac{R_8}{R_5 + R_6} H_{BPF}(s) \right)$$

其中,  $s = j\omega$



# 陷波器的调节

## ◆ 未调节的陷波器在50Hz时

■  $\angle(H_{\text{BPF}}) \neq 180^\circ$  ,  $|H_{\text{BPF}}| \neq 1$

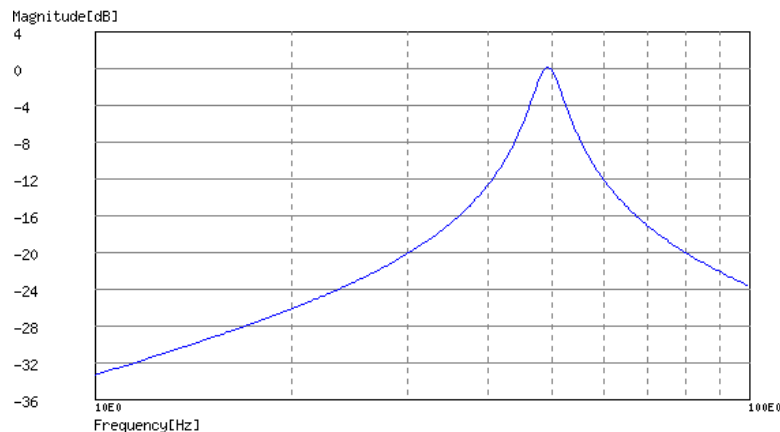
■  $|H_{\text{Notch}}| \neq 0$

## ◆ 加50Hz正弦波激励

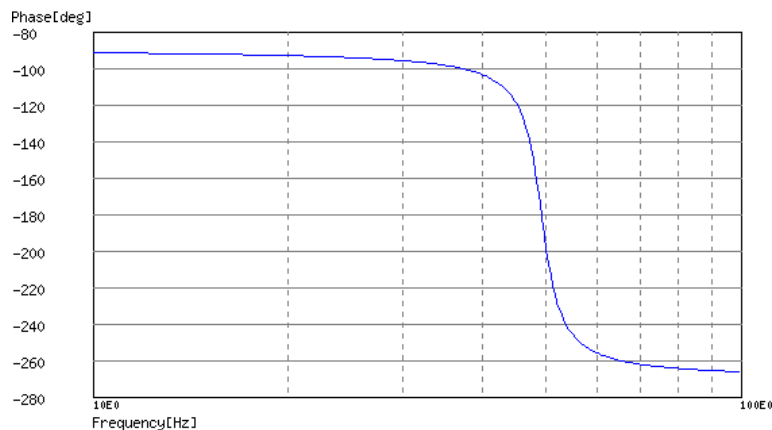


示波器XY模式，X：陷波器输入，Y：陷波器输出

BodeDiagram



BodeDiagram





# 陷波器的调节

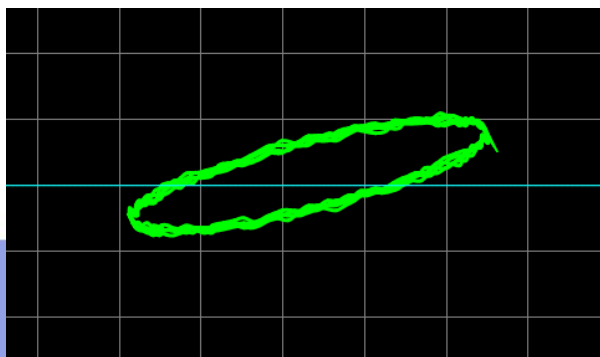
## ◆ 调节步骤

■ 调节R4, 使得  $\angle(H_{BPF})=180^\circ$

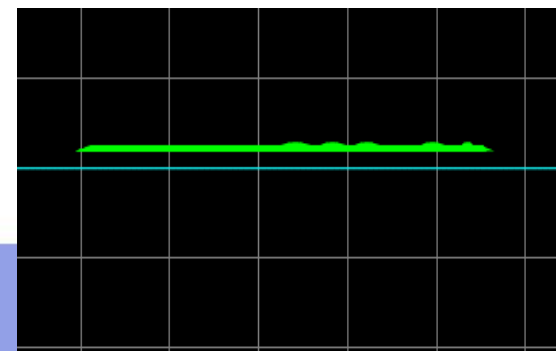
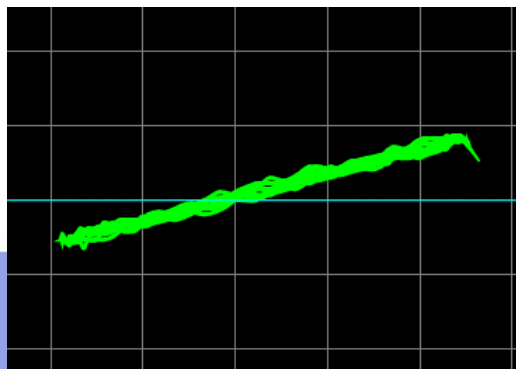
■ 调节R6, 使得  $\left| \frac{R_8}{R_5 + R_6} H_{BPF} \right| = \frac{R_8}{R_7}$

■ 从而  $|H_{\text{Notch}}|=0$

调节R4



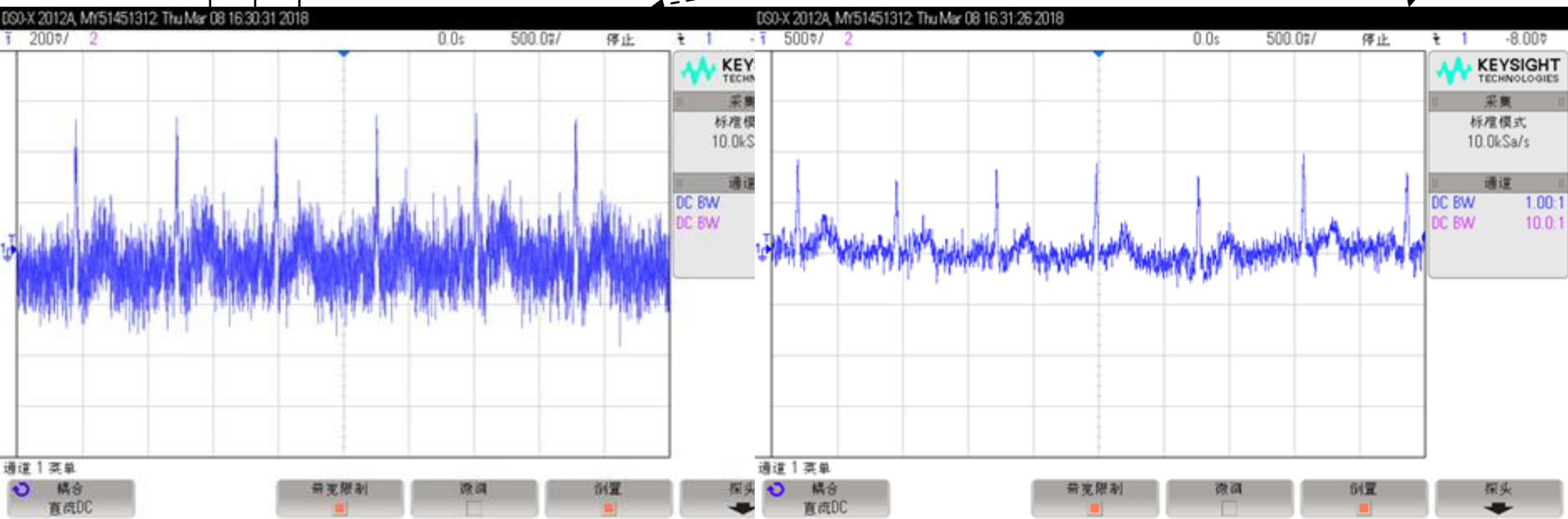
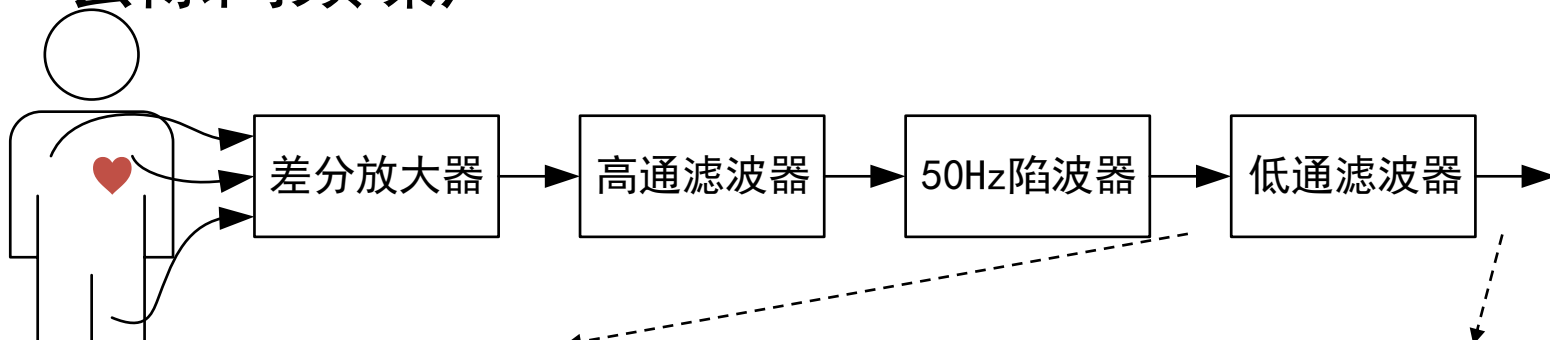
调节R6





## ◆ 低通滤波器

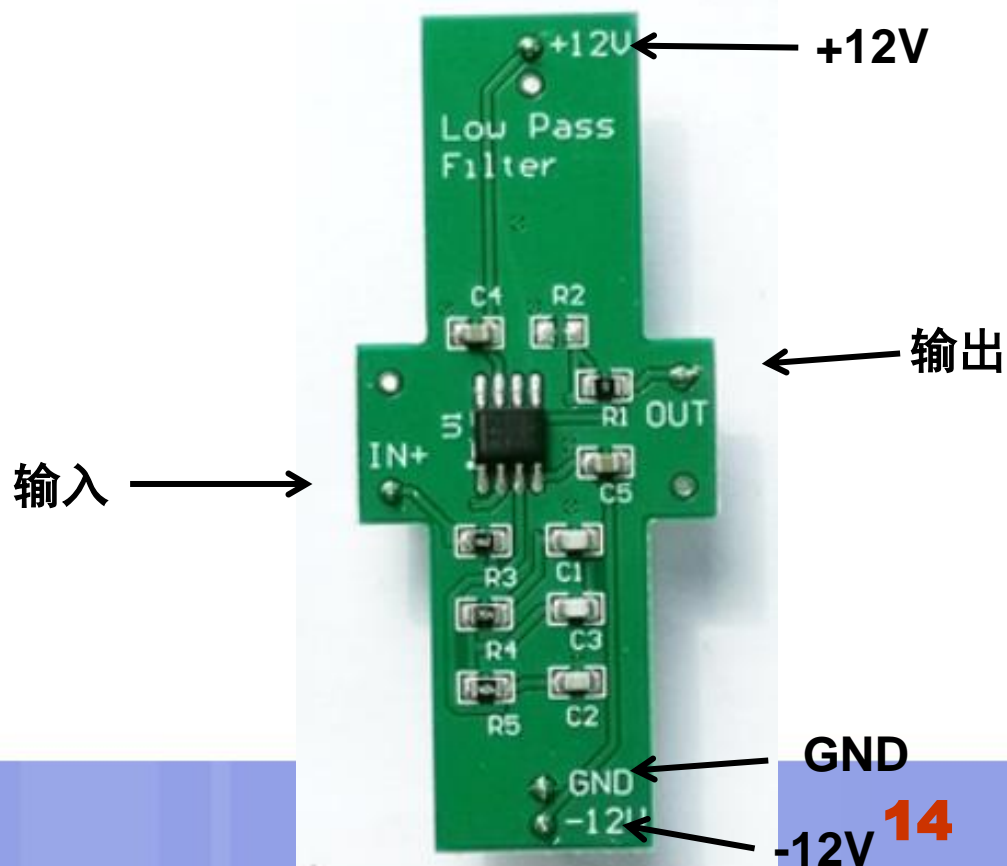
### ■ 去除高频噪声





## ◆ 低通滤波器

■ 去除高频噪声







# 实验要求

- ◆ 用正弦小信号确定差分放大器的增益
- ◆ 用高电平为200mV，低电平为0，周期为5s的方波信号激励高通滤波器，测量其输出波形，即阶跃响应。
- ◆ 测量低通滤波器的幅频特性，并以合适的输入信号测量低通滤波器的阶跃响应。
- ◆ 调节好50Hz陷波器，测量50Hz陷波器在50Hz附近的频率特性（幅频和相频），并观察50Hz方波信号输入下的输出波形
- ◆ 级联电路，观察并记录心电波形、心率，并折算原始心电信号的幅度。