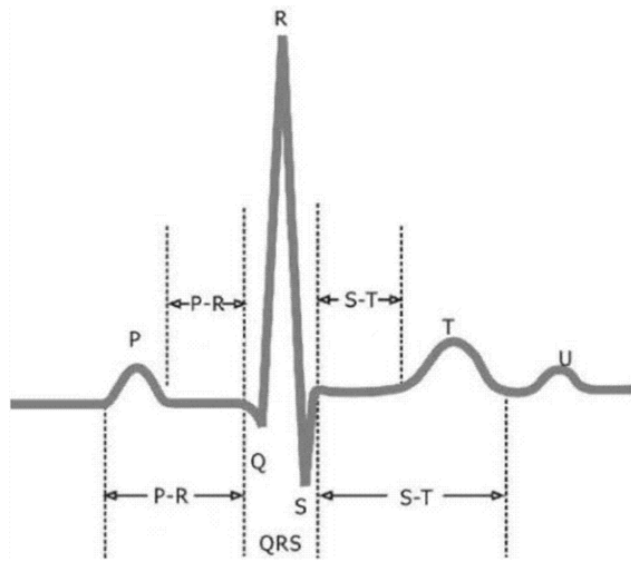


心电信号放大器的设计

设计背景

心电图(electrocardiogram, 简称 ECG), 是采集心脏兴奋的电活动过程, 它在心脏基本功能以及病理研究方面具有重要的参考价值。心电信号十分微弱, 一般幅度在 $10\mu\text{V}\sim 4\text{mV}$, 典型值为 1mV , 而频率在 $0.05\sim 100\text{Hz}$, 主要能量集中在 $0.25\sim 35\text{Hz}$, 正常的心电信号如下图所示。



在测量心电信号时, 主要有以下几种干扰:

1、肌电干扰

肌电干扰主要来源于肌肉活动时, 肌肉细胞的电位变化, 一般来源于肌肉的收缩和颤动, 这样的干扰幅值较小, 但频率较高, 其频率在 $5\text{Hz}\sim 2000\text{Hz}$, 表现为不规则快速变化的波形。

2、工频干扰

一般还伴随着谐波, 在我国使用的市电是 50Hz , 因此工频干扰也是 50Hz 的, 其谐波干扰频率一般是 50Hz 的整数倍。其在时域中表现为整体的极高频, 使波形整体图形模糊, 使得信号看起来像是“一整块”, 淹没了信号的细节。(一般用均值滤波进行去噪)

3、基线漂移

心电信号的基线漂移主要是由人体呼吸引起的胸廓变化, 心电电极的移动引

起，因为基线漂移与心电信号的 ST 段较为接近，处理不当，将引起心电信号的 ST 段信号失真，造成误诊。常用的去除基线漂移的方法有：小波变换法、中值滤波法、形态学滤波法、高通滤波法小波变换法去除基线漂移很有效，但是需要一点的数据长度，实时性差；中值滤波法在处理基线漂移严重的心电信号时，由于其本身的非线性特性，容易造成 T 波变形；高通滤波法选择 IIR 滤波器时，由于其自身的非线性相位特性，容易造成波形失真。

设计任务

设计一个心电信号放大电路，能够有效滤除心电信号以外的干扰信号，并能将微弱的心电信号放大至适合的幅度，以供后续单片机进行集采处理。

主要技术指标

1) 输入阻抗： $\geq 5\text{M}\Omega$

2) 共模抑制比： $\geq 60\text{dB}$ （或者 80dB ）

3) 频带： $0.05\sim 100\text{Hz}$

4) 增益：1000 倍（放大至单片机可处理范围）

芯片范围：OP07、LM353、LM358、TL084

查阅资料，用 Multisim（或其他电路仿真软件）使用在规定范围内的元器件自行设计电路并进行仿真，确定后采用 EDA 软件绘制电路原理图和印刷电路板图，设计验收合格后自行制作 PCB 板，焊接调试达到设计要求，完成电路制作。

设计思路

1、前置放大器

由于心电信号属于高强噪声下的低频微弱信号，前置放大器应具有高输入阻抗、高共模抑制比、低噪声、低漂移等特点，一般选用仪用放大器作为前置放大器。

2、低通滤波器、高通滤波器

心电信号频率在 $0.05\sim 100\text{Hz}$ ，为了能够去除其他信号的干扰，分别需要低通滤波器滤除干扰，高通滤波器滤除低频干扰。

3、电压放大器

由于心电信号十分微弱，需要将心电信号进行放大以便观察。在本设计中心电信号最终输出给单片机进行后续处理，而单片机的输入电压范围为 0-3.3V，因此在设计电压放大器时需合理选择放大倍数。放大倍数不能太小，使得单片机采集数据的时候误差太大；也不宜过大，超出单片机输入最大电压 3.3V。

4、电压抬升电路

单片机的输入电压范围为 0-3.3V，而心电信号有负电压，因此需要将心电信号加上直流偏置后输出给单片机进行处理。

5、50Hz 陷波器

在众多噪声中，50Hz 的工频干扰尤为严重，因此在电路设计时可设计 50Hz 的陷波器，进一步消除工频信号干扰。但由于心电信号频率在 0.05~100Hz，陷波器的加入会使得 50Hz 及其附近频率处的能量衰减，心电信号会有一定程度地失真。

6、右腿驱动

为了进一步降低共模干扰信号，提高电路的共模抑制比，在电路设计时可加入右腿驱动电路。该电路一般由跟随器和反相放大器构成，从前置放大电路中取出人体共模电压，经过电路后与右腿相连（右腿不直接接地），有效地衰减了人体的共模电压。