

生物医学传感器实验

心率测量实验

一、实验目的

1. 理解心电信号原理、电学特性及临床意义。
2. 学习心率即时测量的方法。

二、实验原理及背景知识

人体心脏的活动，是先有生物电的活动，然后才有机械的收缩。这种生物电可传递到人体表面的任何部分，所以在体表不同的两点之间都会产生电位差。

若将两个测量电极放置在体表的任何两点，并联接到心电图机的输入端，即可检测到这两点之间的电位差。

这个电位差随时间的变化集中反映了心脏兴奋的产生、传导和恢复过程中生物电的变化，人们把它称为心电信号。

而电极与心电图机联接的方式被称为心电图导联。

根据电极在体表的不同位置可组成不同的十二组导联，每组导联所记录的电位差统称为心电图（Electrocardiogram，ECG）。下图为 I 导联心电图。

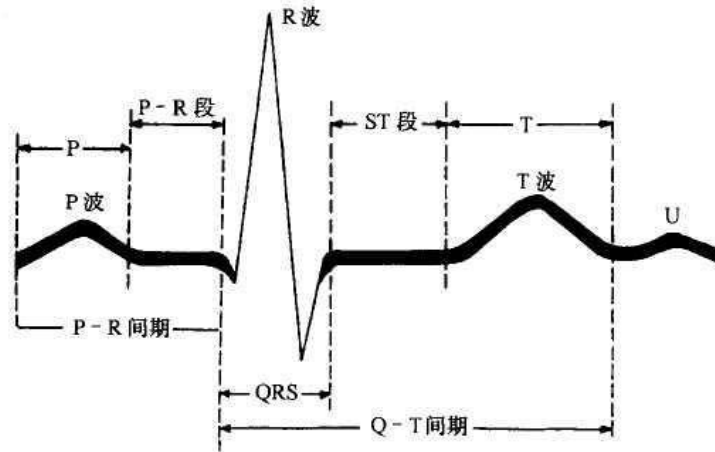


图 1 | 导联心电图

根据心电信号进行心率测量的一种方法是：先把病人的心电信号变成脉冲信号，再转换为等宽的方波信号，然后把这种随心率快慢变化的方波，通过一个 T/V 转换电路，变成一个电压信号，如果这个电压信号与心动周期成线性关系，就可以利用一个 V/F 转换电路，再变成另外一个能反映心率快慢的频率信号，只要设法测量出这个频率信号，而且是正比于心率即可，这是实现即时心率显示的方法。

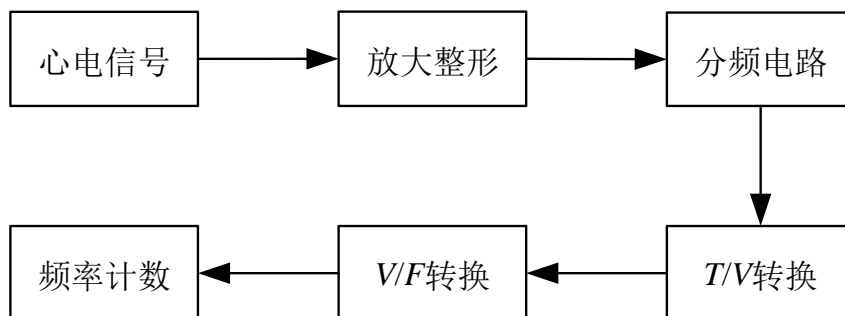


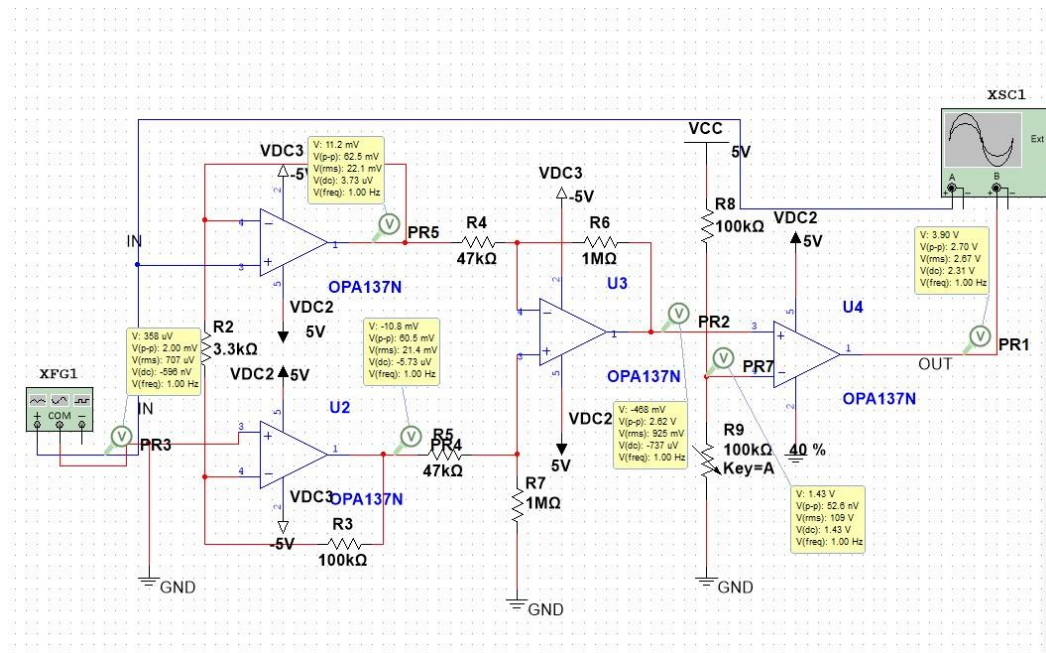
图 2 | 以脉冲信号显示心率的方法

心率传感器属于电信号传感器。心率传感器通过双电极采集心电信号，人体产生各种电
信号，例如心电信号，胃电信号，肠电信号等，心率信号检测为人体左手到右手的电位差，将左右短接，理论上应是一条直线信号，但是因为存在电磁波干扰或

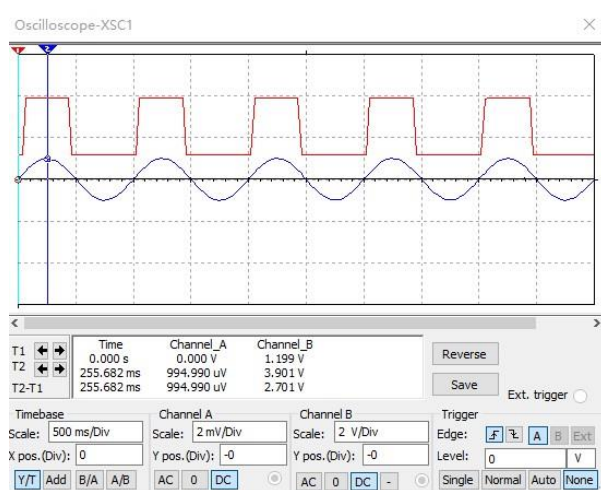
单双手误差，单手抓一边而另一边放开将相当于一根天线，所以会产生干扰。如果短接之后仍然有波形，需要在插线处短接，因为电路中也会存在干扰。

原理：通过采集人体的生物电信号，因为生物电信号很小大概在 0-4mV 变化，所以通过电路放大到 0-3V 变化，然后在由 A/D 数模转化模块采集。

三、 实验仿真

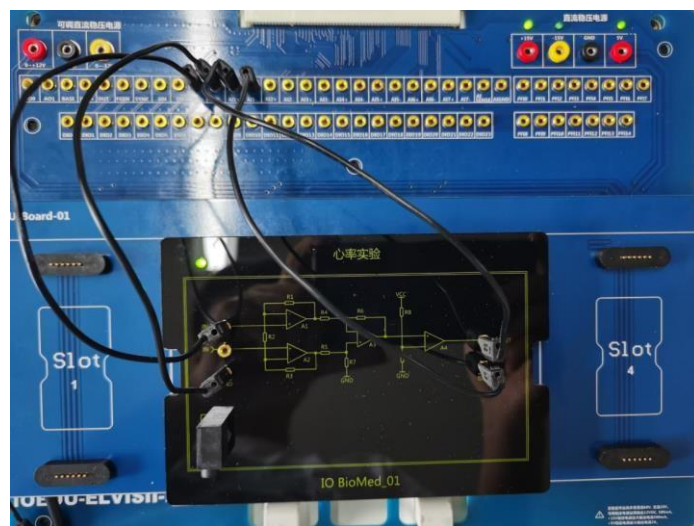


- 1、用 Multisim 创建仿真电路图；
- 2、U1 和 U2 构成差分放大电路，放大倍数 33 倍；U3 是反向放大器，放大倍数 33 倍；
U1,U2,U3 构成三运放高共模抑制比放大电路，放大倍数 1100 倍左右；U4 是比较器，信号经过比较后成方波输出，比较基准电压是 PR7 处的电压；
输出方波的频率经过软件的算法处理后转化为心律。
- 3、仿真结果：蓝色是输入信号，红色是输出信号



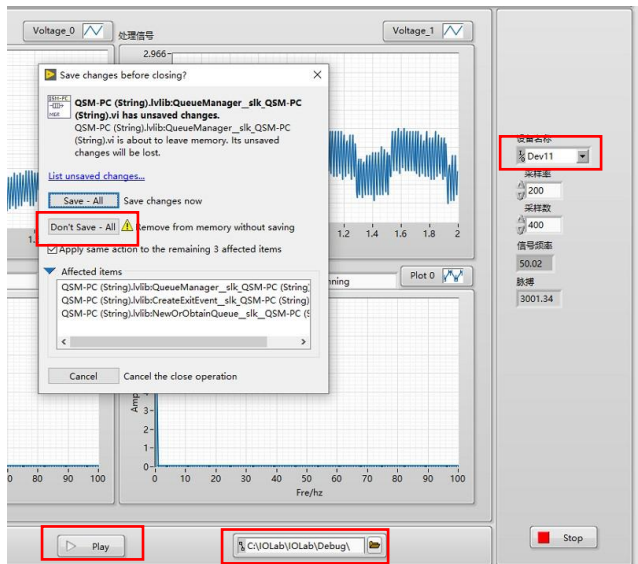
五、实验步骤

- 1、连接测量模块
- 2、连接心率传感器将导联线连接到心率实验板上，测试时被测者双手握住电极（形状为两圆柱体），请不要晃动与说话，约 20 秒后信号稳定。测试时，被测者不要用手接触心率实验板。

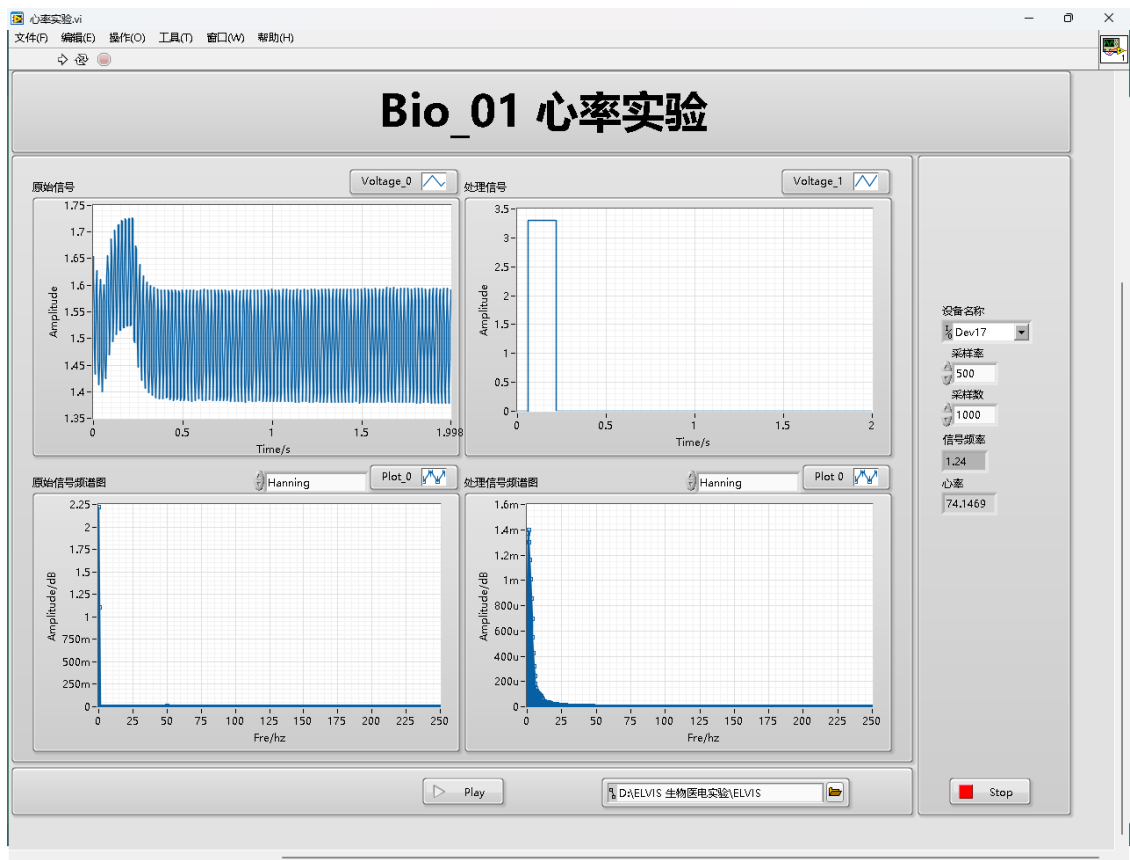


- 3、开启电源检查电路连接无误后，打开 ELVIS II 电源开关。等待计算机识别设备。
- 4、开始测量

运行 IOLab 软件，界面出现波形信号。等待信号稳定直至所采集到的脉冲信号，其节律与被测者心跳（即脉搏）同步。



结果如下图所示



六、问题与拓展

理论上，人体体表的任意两点都可以作为心电信号的测量点。为了保证采集到的信号是与被测者心跳同步的脉冲信号，可采取哪些措施？

1. **使用合适的电极：**
 - 选择合适的电极材料和大小，确保电极与皮肤接触良好，减少接触阻抗。
2. **适当的皮肤准备：**
 - 在放置电极之前，清洁皮肤，对皮肤涂抹电解质溶液，增强电导率，使信号更容易测量。
3. **使用差分放大器：**
 - 利用差分放大器来减少共模噪声，提高信号的信噪比。
4. **滤波器设计：**
 - 使用带通滤波器来滤除心电信号频谱之外的噪声，通常心电信号的频率范围在 0.05Hz 到 100Hz 之间。
5. **基线漂移校正：**
 - 采用直流放大器或交流耦合方式来减少基线漂移的影响。
6. **信号放大：**
 - 心电信号非常微弱，需要通过放大器进行放大，以便更好地检测和分析。
7. **同步采集：**
 - 如果可能，同步采集其他生理信号（如心率、呼吸等），以辅助心电信号的分析。

红外脉搏测量实验

一、实验目的

- 1、了解人体脉搏的原理、形态及生理学意义；
- 2、学习使用红外传感器提取脉搏的原理与方法。

二、实验原理及背景知识

红外接收二极管在红外光的照射下能产生电能，单个二极管能产生 0.4 V 电压，0.5 mA 电流。BPW83 型红外接收二极管和 IR333 型红外发射二极管工作波长都是 940 nm，在指夹中，红外接收二极管和红外发射二极管相对摆放以获得最佳的指向特性。红外发射二极管中的电流越大，发射角度越小，产生的发射强度就越大。当有跳动的脉搏时，血脉使手指透光性变差，红外接收二极管中的暗电流减小。

由此看来，脉搏信号的拾取实际上是通过红外接收二极管，在有脉和无脉时暗电流的微弱变化，再经过放大而得到的电压信号。

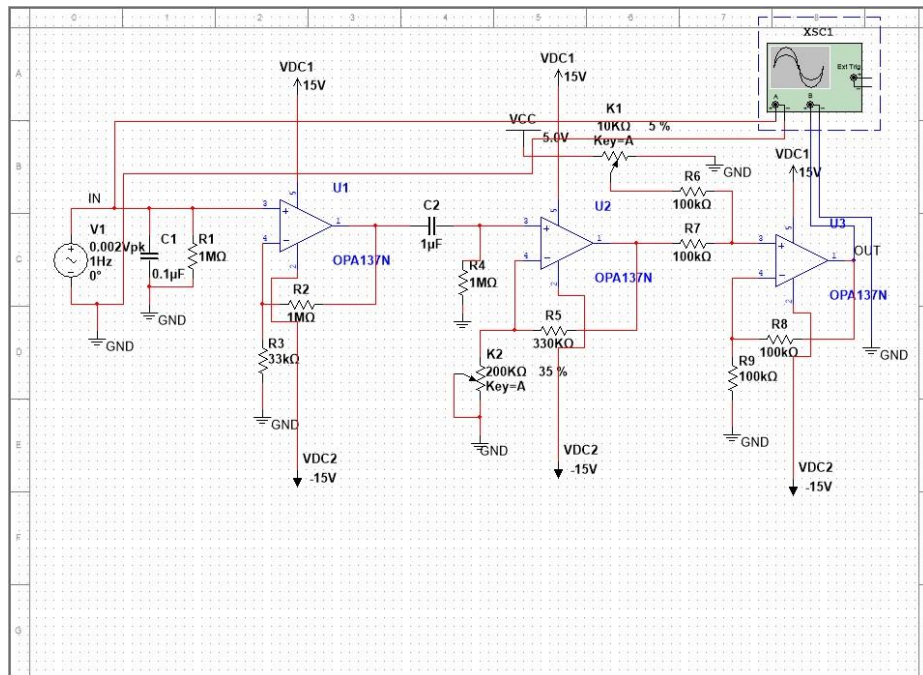
红外脉搏传感器属于光电传感器。有些红外光可见，有的需要借助一些能侦测到红外光的手机，通过其相机可见，肉眼可见的红外光容易收到环境光干扰，所以尽量采用肉眼不可见的红外光。指尖血液容积的变化会影响红外光透光率，从而影响红外接收端收到信号的强弱反映出人体的脉搏。指夹传感器有线的一端是红外发出端，另一端是红外接收端。

原理：因为人体手指上的血容积是跟随脉搏一直在变化的，通过指夹发出红外光的一端穿过手指，不同的血容积信号对应不同的透光率，在指夹的另一端接收到光照度的变化，通过电路将光信号转换为电信号。

三、需用器件与单元

NI ELVIS II（及 IOEDU-ELVISIII-Board）； IO BioMed_04；

四、实验仿真



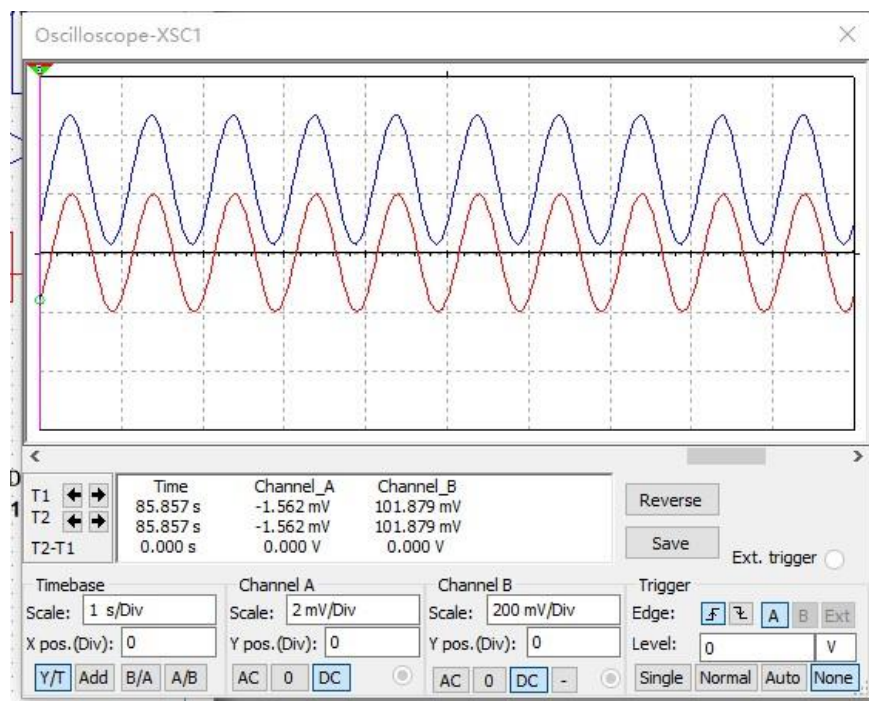
1. 创建仿真电路图；
2. 电路输入端的电容电阻起到滤波的作用滤去高频，第二个电容起到隔直流的作用，第一级运放起放大信号的作用，大约是 33 倍左右，第二级

运放可以调整信号的幅度，变阻器 K2 控制，第三级运放可以调整信号的基线，变阻器 K1 控制。

Label	Display	Value	Fault	Pins	Variant
Voltage (Pk):		0.002			V
Voltage offset:		0			V
Frequency (F):		1			Hz
Time delay:		0			s
Damping factor (1/s):		0			
Phase:		0			°
AC analysis magnitude:		1			V
AC analysis phase:		0			°
Distortion frequency 1 magnitude:		0			V
Distortion frequency 1 phase:		0			°
Distortion frequency 2 magnitude:		0			V
Distortion frequency 2 phase:		0			°
Tolerance:		0			%

Replace... OK Cancel Help

3.仿真结果；



五、实验步骤

1、 连接测量模块

确认电源断开。将心率测量模块 IO BioMed_01 安装到 ELVIS II 上，模块的输入端连接至 BI7 和 AGND 输出端连接至 AI0 和 AGND。确保 ELVIS II 已通过 USB 与计算机

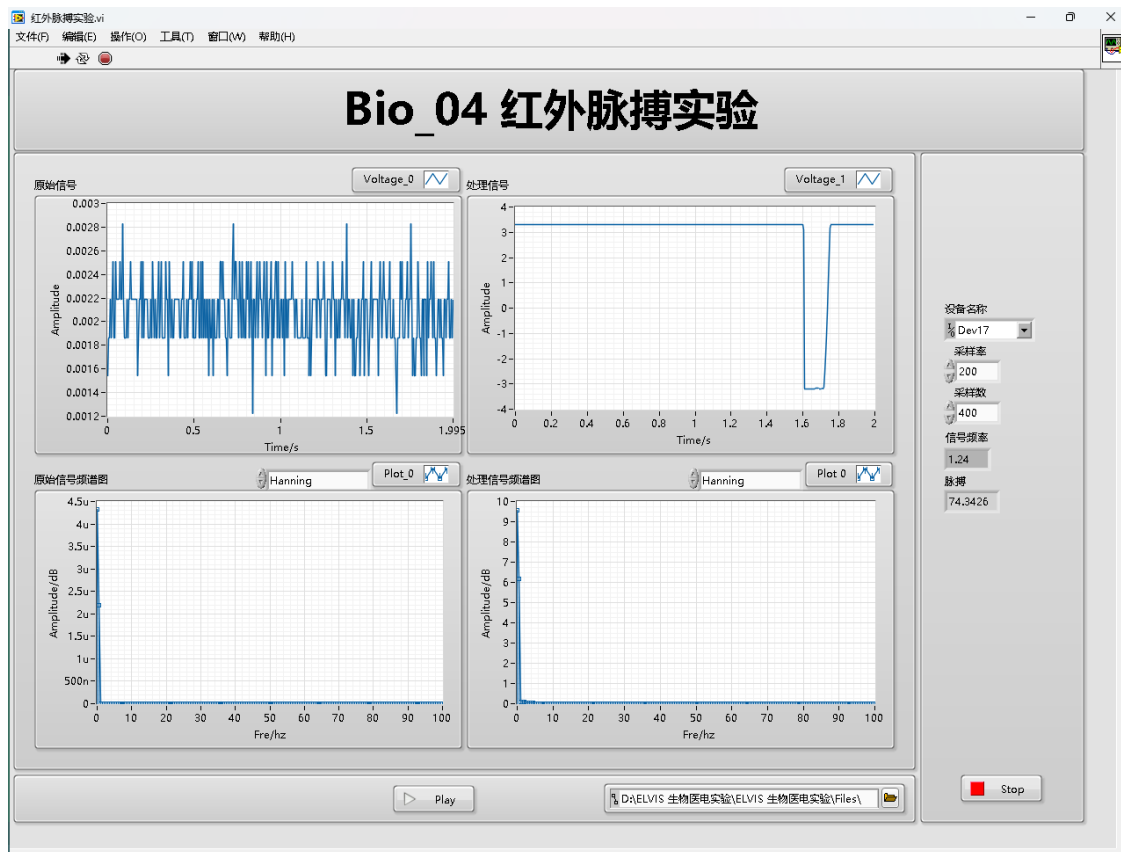
相连。

2、连接红外脉搏传感器

红外脉搏传感器采用红外光透射手指指尖，人体脉搏搏动时，指尖会产生血容积变化，血容积变化会改变红外光透射率，红外接收器输出电荷，通过放大、滤波等电路处理，输出脉搏波电压信号。将指夹夹在手指上，指夹引线靠指甲盖面。将指夹引线连接到红外脉搏实验板上，被测者不能动作不能说话，约 20 秒后输出信号稳定，实验操作参考心率实验，调整“幅度调整电位器”可对波形幅度进行调整，“基线调整电位器”可调整基线位置，记录测得的信号。



3、结束测量



从图中我们可以发现，在采样率为 200，采样数为 400 的情况下，测得的脉搏频率为 74.3.

六、问题与拓展

与压电传感器方式相比，用红外传感器提取脉搏有哪些优势和不足？

红外传感器提取脉搏的优势：

1. **非接触性测量：**红外传感器可以非接触地测量脉搏信号，这减少了对被测者的干扰，适用于各种场合。
2. **穿透能力：**红外传感器发出的红外光具有较强的穿透力，能够透过皮肤并到达血管，这使得它在衣物覆盖的情况下也能工作。
3. **高准确率：**红外传感器在检测心跳模式时精确率大约为 95%-98%，这表明其高度准确。
4. **广泛的应用：**红外传感器不仅用于心率监测，还可以用于血压测量、血氧饱和度监测等。

5. **实时监测：**红外传感器可以实时监测心率和血压的变化，为健康管理提供重要的信息。

红外传感器提取脉搏的不足：

1. **信号漂移：**红外传感器在长时间监测时可能会存在较大的信号漂移，这影响了测量的稳定性。
2. **灵敏度问题：**与压电传感器相比，红外传感器的灵敏度较差，可能不能很好地实现不同压力下脉搏波的高精度提取。

压电传感器提取脉搏的优势：

1. **高灵敏度：**压电传感器具有高灵敏度，能够精确采集人体桡动脉在不同压力下与不同位置的脉搏波。
2. **柔软的材料特性：**压电薄膜传感器具有柔软的材料特性，适用于体表脉搏信息的采集。
3. **多信号采集：**压电传感器可以实现多路脉搏信号及脉搏信号与呼吸信号的同步采集。

压电传感器提取脉搏的不足：

1. **接触要求：**压电传感器需要与皮肤接触，这可能会给用户带来不适感和压迫感。
2. **耐久性问题：**压电传感器的地形变可能会影响其寿命，使用一段时间后可能会发生参数变化或损坏。