

## Pulse Sensor 中文说明书



### 产品简介

PulseSensor 是一款用于脉搏心率测量的光电反射式模拟传感器。将其佩戴于手指或耳垂等处，通过导线连接可将采集到的模拟信号传输给 Arduino 等单片机用来转换为数字信号，再通过 arduino 单片机简单计算后就可以得到心率数值，此外还可将脉搏波形上传到电脑上显示波形。PulseSensor 是一款开源硬件，目前国外官网上已有其对应的 arduino 程序和上位机 Processing 程序，其适用于心率方面的科学研究和教学演示，也非常适合用于二次开发。

### 参数说明

电路板直径：16mm

电路板厚度：1.6mm（普通 PCB 板厚度）

LED 峰值波长：515nm

供电电压：3.3v 或 5v 均可

输出信号类型：模拟信号

输出信号大小：0~3.3v(3.3v 电源)或 0~5v(5v 电源)开发。

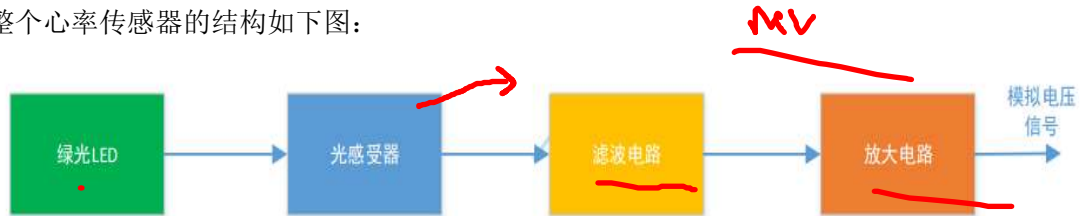
### 原理说明

传统的脉搏测量方法主要有三种：一是从心电信号中提取；二是从测量血压时压力传感器测到的波动来计算脉率；三是光电容积法。前两种方法提取信号都会限制病人的活动，如果长时间使用会增加病人生理和心理上的不舒适感。而光电容积法脉搏测量作为监护测量中最普遍的方法之一，其具有方法简单、佩戴方便、可靠性高等特点。

光电容积法的基本原理是利用人体组织在血管搏动时造成透光率不同来进行脉搏测量或耳垂上。光源一般采用对动脉血中氧和血红蛋白有选择性的一定波长（500nm~700nm）的发光二极管。当光束透过人体外周血管，由于动脉搏动充血容积变化导致这束光的透光率发生改变，此时由光电变换器接收经人体组织反射的光线，转变为电信号并将其放大和输出。由于脉搏是随心脏的搏动而周期性变化的信号，动脉血管容积也周期性变化，因此光电变换器的电信号变化周期就是脉搏率。

根据相关文献和实验结果，560nm 的波可以反映皮肤浅部微动脉信息，适合用来提取脉搏信号。该传感器采用了峰值波长为 515nm 的绿光 LED，型号为 AM2520，而光接收器采用了 APDS-9008，这是一款环境光感受器，感受峰值波长为 565nm，两者的峰值波长相近，灵敏度较高。此外，由于脉搏信号的频带一般在 0.05~200Hz 之间，信号幅度均很小，一般在毫伏级水平，容易受到各种信号干扰。在感受器后面使用了低通滤波器和由运放 MCP6001 构成的放大器，将信号放大了 331 倍，同时采用分压电阻设置直流偏置电压为电源电压的 1/2，使放大后的信号可以很好地被单片机的 AD 采集到。

整个心率传感器的结构如下图：



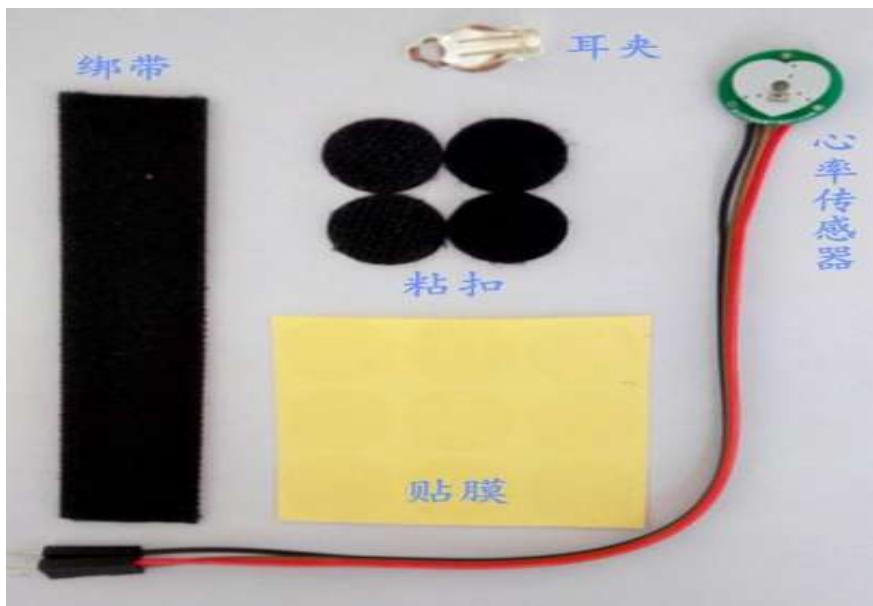
整个心率采集显示系统的结构如下图：



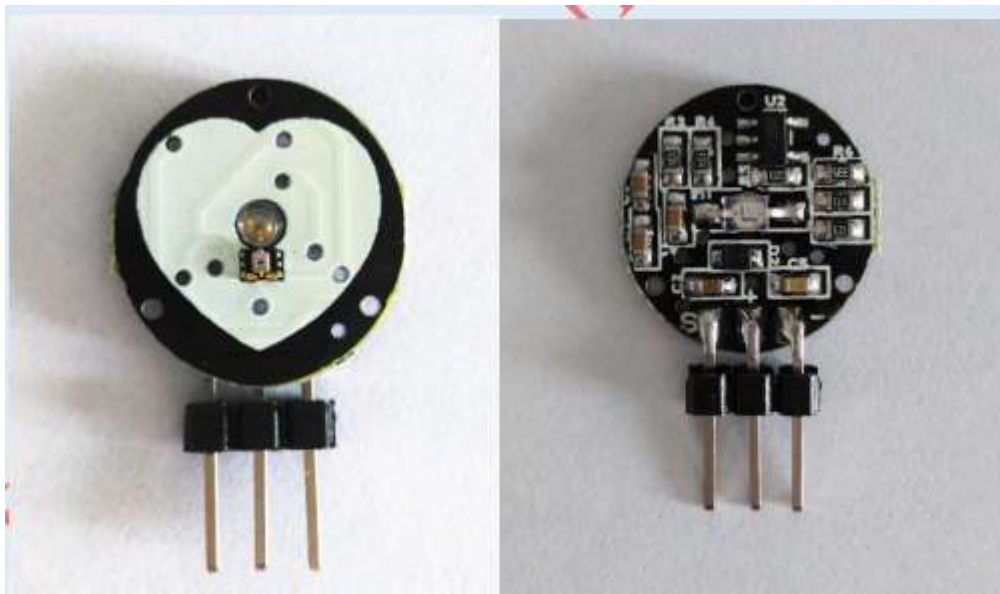
PulseSensor 的官网上已经提供了基于 arduino 开发板的程序和 processing 上位机软件程序。除此以外，我们还提供了基于 STM32 开发板的程序。所以如果各位手上有心率传感器、STM32 开发板（或 arduino 开发板）和一台电脑，那么马上就可以完成心率采集演示系统。

## 使用步骤(采用 STM32 开发板)

### 1. 材料



## 1. 传感器介绍



红框中 3 根线，标有 S 的为信号输出线（最左边），标有+的为电源输入线（中间），标有-的为地线（最右边）。这 3 根线与下位机 STM32 的对应关系为：

S → PA0(STM32 开发板的模拟输入端 0)

+ → 5v(或 3.3v)

- → GND

将 3 根线以对应关系插入 STM32 开发板中。

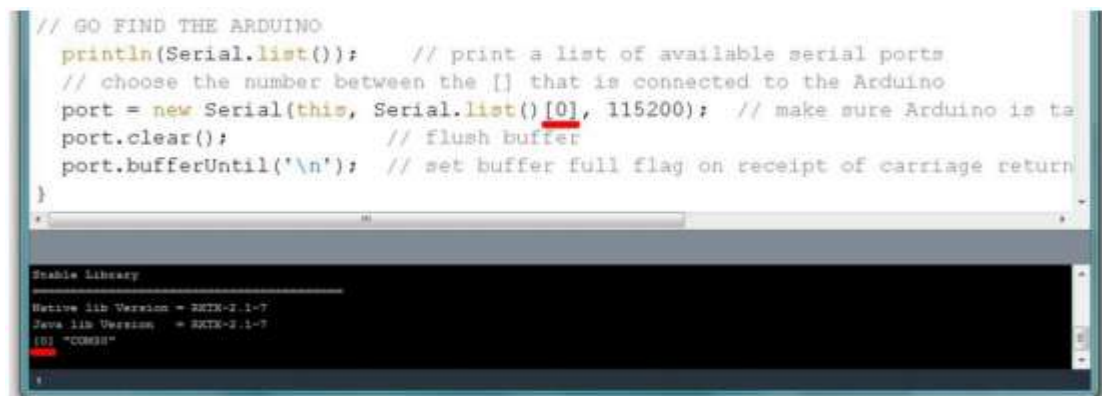
## 2. 上位机的使用

打开 processing 软件（目前使用 2.1.1 版本），点击菜单栏 file->open，找到 processing 程序文件夹，里面共有四个文件，如下图：

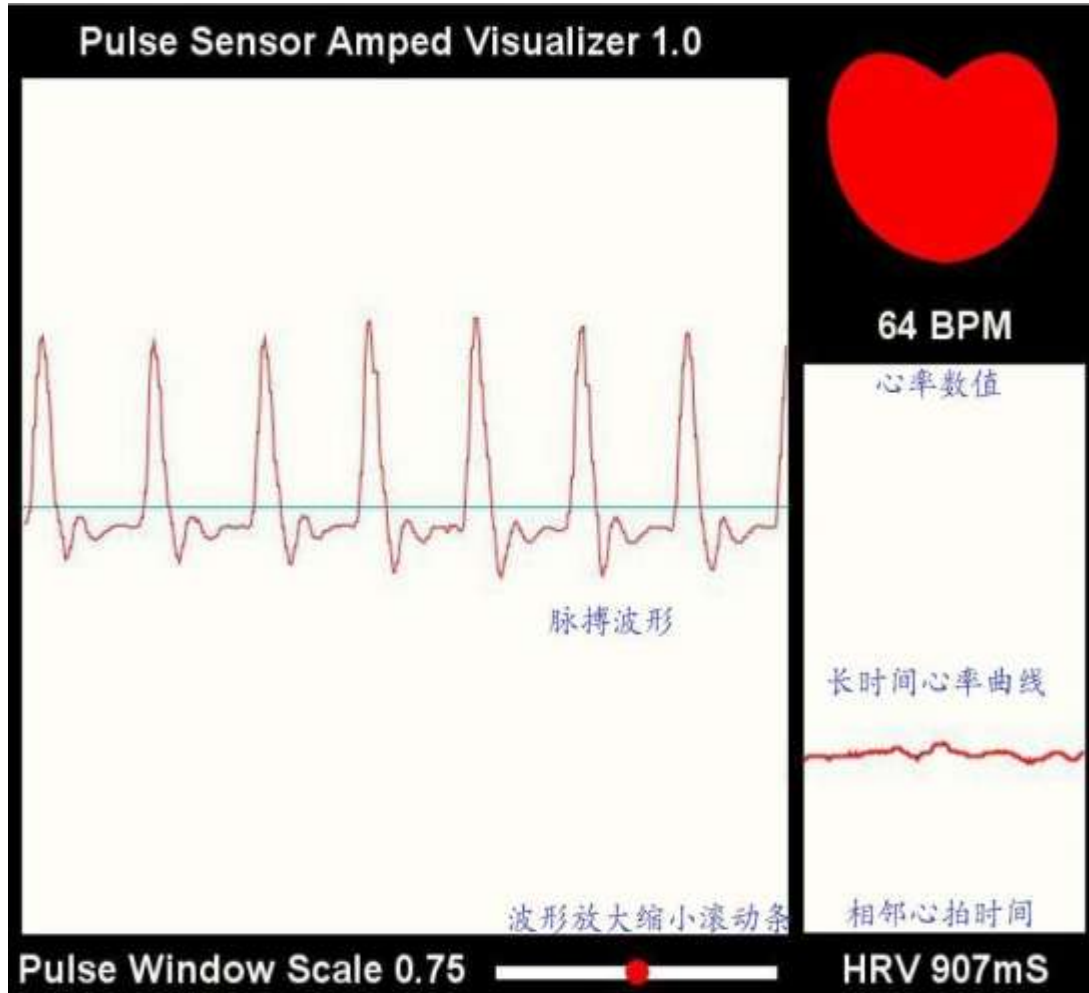


只需打开红色箭头所指的文件（名字最长）就可以了。

此时，可以先点击一下 run 按钮，上位机的显示界面会弹出来，这时我们先不要管，看一下原程序的下方会显示出软件识别出的 com 口，如下图：



如果软件只识别出了一个 com 口，那么 `serial.list()[0]` 就是表示的第一个串口。如果是识别出多个串口，比如“COM3,COM5”，那么 `serial.list()[0]` 就是代表 COM3，而 `serial.list()[1]` 代表 COM5，这时根据你所使用的板子的串口号来填写序号就可以了。当串口顺序正确后，点击运行按钮，将传感器放在手指或耳垂处，就可以看到脉搏波形了。



### 注意事项

- 1、保持指尖与传感器接触良好
- 2、不要太用力按，否则血液循环不畅会影响测量结果
- 3、保持镇静，测量时身体不要过多移动，这个会影响测量结果
- 4、不要用冰凉的手指进行测试，因为血液循环不好会让测量结果不准确

下位机程序和串口数据简单说明

程序中主要变量说明：

Variable Name	Refresh rate	What It Is
Signal	2mS	raw Pulse Sensor signal
IBI	every beat	time between heartbeats in mS
BPM	every beat	beats per minute
QS	set true every beat	must be cleared by user
Pulse	set true every beat	cleared by ISR

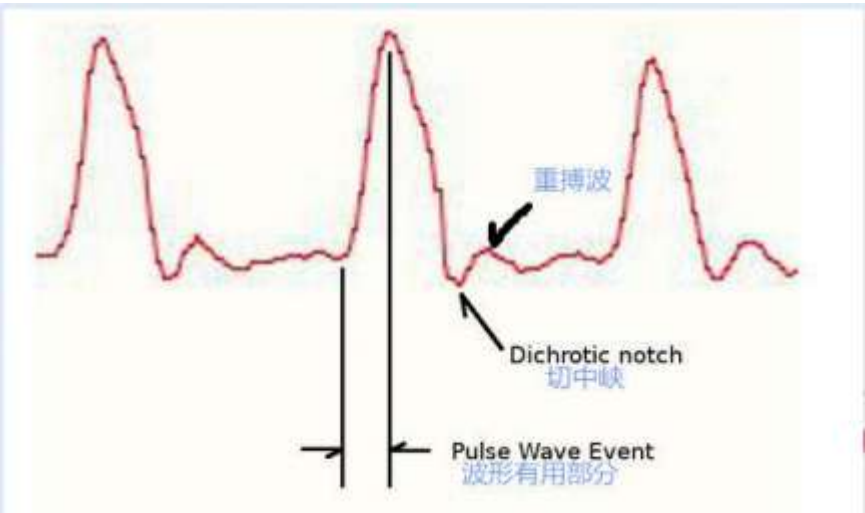
其中，最主要的是 IBI 和 BPM 两个值，IBI 是指连续的两个心拍之间的时间差，而 BPM 是心率值，表示心脏每分钟跳动的次数， $BPM=60/IBI$ 。

程序的主要思想：pulsesensor 传感器根据返回的光强，输出脉搏的电压波形曲线。下位机采样电压曲线，并数字化后发送到上位机显示，同时下位机随时计算相邻两个脉搏波的峰值点的时间差并滤波，得到两次心跳之间的时间，即 IBI 数值；心率值  $BPM=60/IBI$ ，就可以通过计算后得出。

下位机程序主要有四部分：采样、滤波、计算和输出。

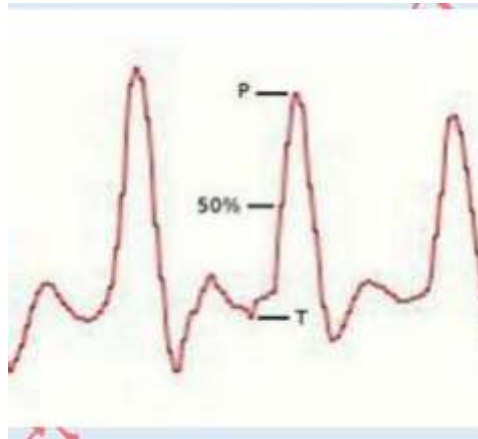
**采样：**主要通过 ADC 单元来采样传感器输出的脉冲模拟信号，采样率为 500HZ。AD 精度一般选择 10 位精度。

**滤波：**由于脉搏波在动脉中的反射，往往会出现一个重搏波（如下图）。为了避免重搏波的干扰，在程序中每隔 0.6 个 IBI 的值才开始跟踪脉搏的上升（避开重搏波峰值）。



**计算：**心率的计算是根据相邻两个脉搏波的上升段的中间值之差来确定的 IBI 的数值，由此就可以算出 BPM 的数值。如下图：





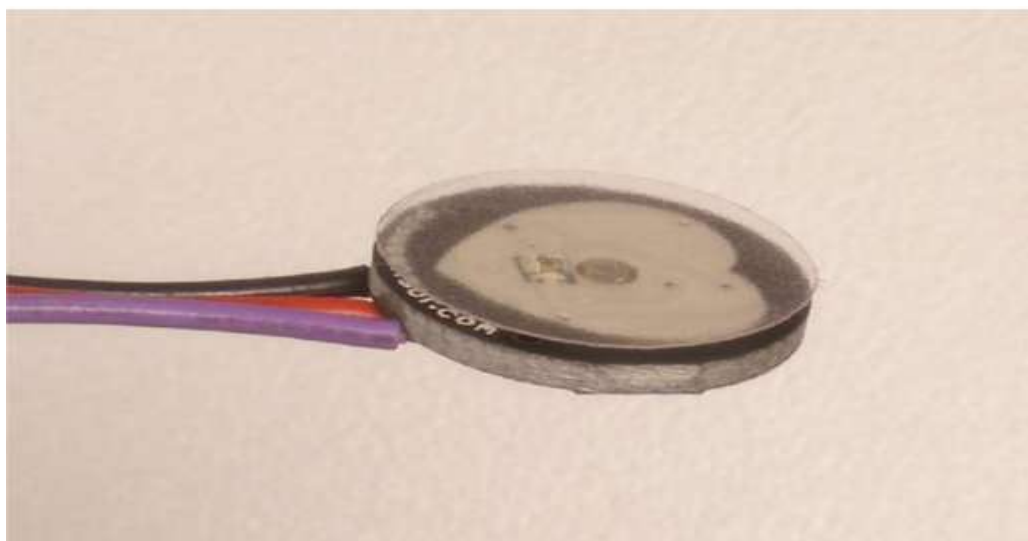
**输出：**程序主要通过串口输出数据，数据格式均为 ASCII 码，由于数据量较大，采用 的波特率位 115200。其中包含三种数据：以“S”为前缀的，表示脉搏波数据（脉象图的数值变化表示），以“B”为前缀的，表示 BPM 数值（心率值），以“Q”为前缀的，表示 IBI 数值（相邻两个心跳之间的时间）。这三种数据通过串口发送给上位机 Processing 软件，就会在窗口中显示出来。S 数据 20ms 发送一次，数据最大，B 和 Q 数据只有在检测到有效脉搏后，在每一次心跳后发送一次，数据量小。如图：

```
S388
S420
S477
S610
S830
B86
Q690
S862
S962
S962
S962
```

## 配件说明

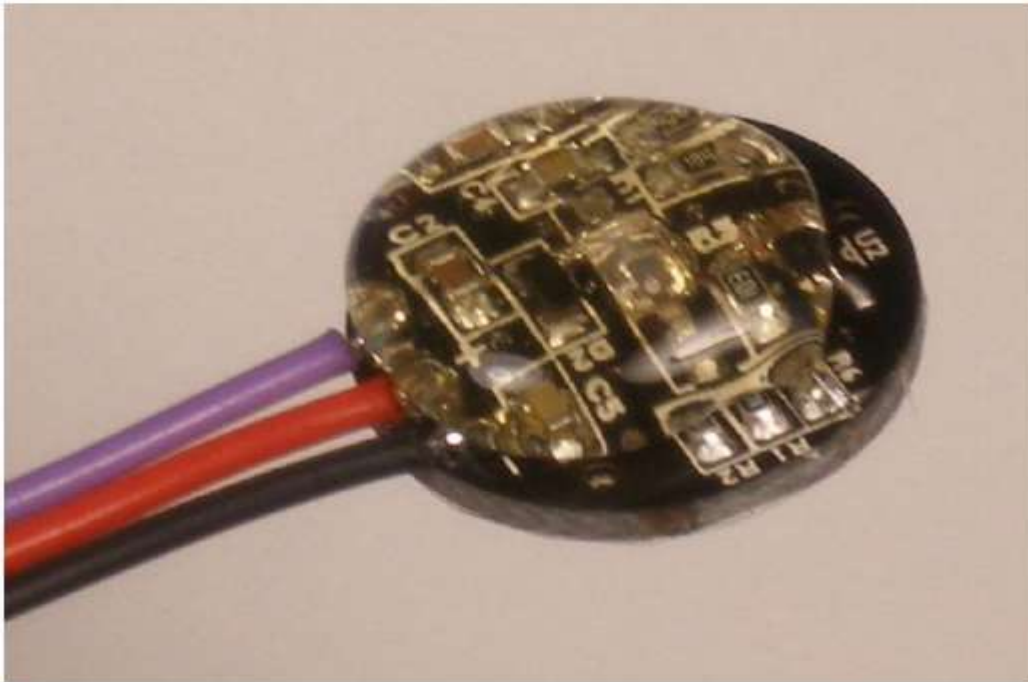
### 1. 贴膜

由于电路板正面有光感受器， 为了防止手指的汗液导致电路短路，所以可将赠送的贴膜覆盖于电路板之上，如下图：



## 2. 粘扣

由于电路板背面全部是电子器件，为了防止手指触碰发生损坏，建议利用热熔胶覆盖其上，具体操作可见下图：



根据上图演示的步骤可以很好的保护传感器。这里需要说明两点：

1. 根据本人的经验，当热熔胶滴在电路板背面后，最好按压在一个覆盖有**保鲜膜**的硬平面上，这样等胶冷却后，只需轻撕保鲜膜就可以保持电路板背面平整；
2. 热熔胶要覆盖住导线与电路板连接处，因为长期拉扯，连接处很容易折断，覆盖好热熔胶后就可以避免此种情况发生。

## 3. 绑带和耳夹

