

智能手表

1. 系统概述

智能手表是做成手表形式的嵌入式软件，能够进行时间显示，还能够进行运动监测、卡路里消耗计算、运动上报。

智能手表组成结构图，如图 1 所示。

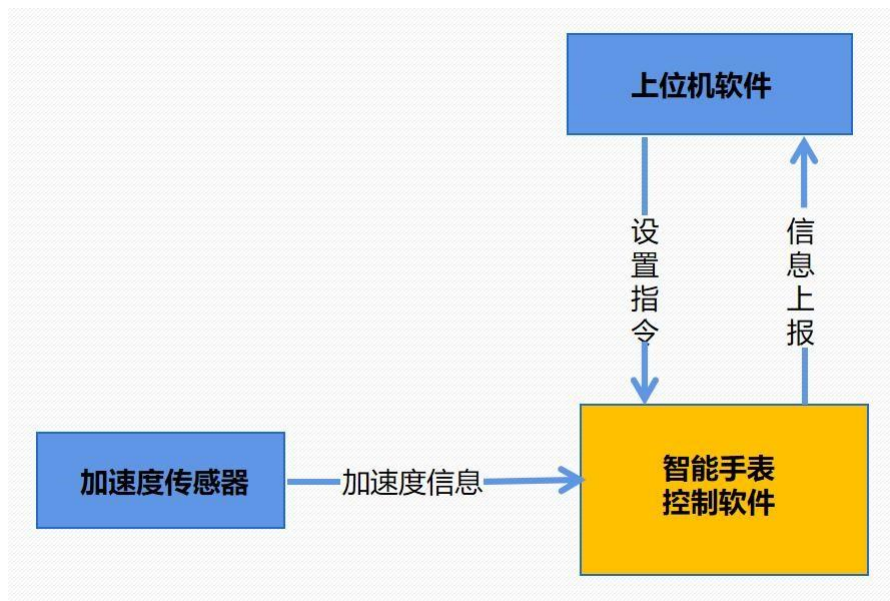


图 1 智能手表系统

从上图可以看出，整个系统由智能手表控制软件、上位机、加速度传感器几个部分构成：

- 1、智能手表控制软件：嵌入式计算机硬件配合构成计算机系统，能够进行信号的处理和核心数据运算，完成系统主要功能。
- 2、加速度传感器：能够进行 X、Y、Z 三个方向上的加速度采集。
- 3、上位机软件：运行在云端的控制软件，能够对智能手表控制软件进行指令下发，并获取智能手表的上报数据，进行保存和显示。

智能手表控制软件是我们的被测对象。其主要使用流程如图 2 所示。

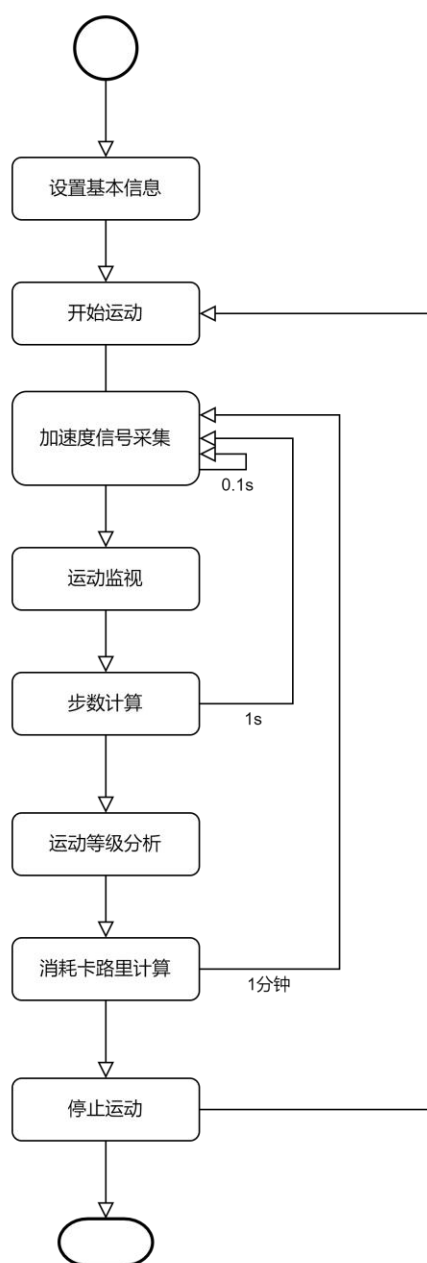


图 2 智能手表使用流程图

本文档对智能手表的工作方法进行了描述。选手需要对给出的被测软件进行测试，验证其工作是否同需求文档的描述一致。

2. 功能需求

功能需求包括信息设置功能、开始运动功能、加速度信号采集功能、运动监视功能、步数计算功能、运动等级分析功能、消耗卡路里计算功能、结束运动并进行上报功能这几部分。

2.1. 信息设置功能(F_Info)

上位机软件通过信息设置接口，发送信息设置内容给智能手表（使用“信息输入接口”协议）。智能手表接收后，对数据进行检验，并显示在显示屏上。

设置的信息内容有：

数据内容	取值范围	数据类型
当前时间	从 2000 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒到 2100 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒	无符号整形
性别	1：女性；2：男性	无符号整形
身高	0-200 厘米	无符号整形
体重	0-150 公斤	无符号整形
年龄	0-100 岁	无符号整形

“身高”、“体重”、“年龄”、“当前时间”，如果数据超过边界，需要进行截断，显示为边界值。“性别”如果超出范围，显示为“男性”。

开始运动之后，结束运动之前，不能接收信息设置；结束运动之后，可以接收信息设置。

2.2. 开始运动功能(F_Start)

界面有“开始运动”按钮，点击按钮后，开始进行运动信息监视、步数计算、运动等级分析和消耗卡路里计算。步数和卡路里计算都清零。

开始运行之前，不接收加速度信息。开始运动之后，“停止运动”按钮变为可用状态，“开始运动”按钮变为不可用状态。

2.3. 加速度信号采集功能(F_Acceleration)

智能手表通过串口 1 采集加速度信号。加速度从 X、Y、Z 三个维度来表示。每个维度的加速度取值范围为 $[-100, 100]$ ，超过边界，需要截断为边界值。

被测件对加速度的取值，采用按 0.1S (非实时操作系统，会导致时间在 0.1S 左右。)的时间划片，取平均值的形式。即：在一个时间划片中，如果收到超过一帧加速度信息帧，则进行取平均值操作，获得该时间片的最终加速度信息。如果只收到一帧，则取当前帧数据为加速度信息；如果没收到，则当前时间片加速度信息为零。

2.4. 运动监视功能(F_Movement)

在开机运行状态，智能手表对采集到的加速度信息进行分析，获得运动状态信息。加速度计算方式为：对每两个连续的时间片的加速度值进行求差操作，公式为：

$$\Delta A = \sqrt{(a_{x1} - a_{x2})^2 + (a_{y1} - a_{y2})^2 + (a_{z1} - a_{z2})^2}$$

其中 a_{x1} 、 a_{y1} 、 a_{z1} 是第一个时间片的加速度在 x、y、z 三个方向的值； a_{x2} 、 a_{y2} 、 a_{z2} 是第二个时间片的加速度在 x、y、z 三个方向的值。如果 ΔA 大于 H，则记录一次运动信息。H=5。每秒记录 10 次运动信息。

2.5. 步数计算功能(F_Pace)

步数计算是根据每秒的运动信息个数来计算的。如下表所示。

编号	每秒运动信息	每秒增加的步数
1	0-2 次	0
2	3-6 次	1
3	7-10 次	2

每次开始运动后，步数进行累计。

2.6. 运动等级分析功能(F_State)

运动状态主要根据每分钟增加的步数进行计算。

则做出如下定义：

编号	运动等级	每分钟增加的步数 M	说明
1	0 级	$M < 20$	久坐不动
2	1 级	$20 \leq M < 40$	少量运动
3	2 级	$40 \leq M < 80$	中等运动量
4	3 级	$80 \leq M < 100$	高运动量
5	4 级	$100 \leq M$	超强度运动

2.7. 消耗卡路里计算功能(F_Calorie)

消耗卡路里数据根据基础能量消耗、身体活动水平、运动时间进行计算。

1、基础能量消耗分男性和女性，按照如下公式进行计算：

男性基础能量消耗=66+13.7×体重(kg)+5×身高(cm)－6.8×年龄

女性基础能量消耗=65.5+9.6×体重(kg)+1.8×身高(cm)－4.7×年龄

2、身体活动水平的计算与运动等级相关。具体如下表所示：

运动等级	男性	女性
0 级	1.55	1.42
1 级	1.64	1.53
2 级	1.78	1.64
3 级	1.9	1.73
4 级	2.1	1.82

3、每分钟的卡路里消耗=基础能量消耗×身体活动水平×运动时间（1 分钟）。

4、总卡路里消耗量为开始运动后，每分钟的卡路里消耗的累计。

2.8. 结束运动并进行上报功能(F_Report)

界面上有“停止运动”功能按钮。点击按钮后，软件停止进行运动状态监视和卡路里消耗计算。并且发送“信息上报”信息帧给上位机，包含消耗的卡路里总量。同时打开 log 信息保存的目录。

“停止运动”后，“开始运动”按钮变为可用状态，“停止运动”按钮变为不可用状态。

3. 接口需求

智能手表与加速度传感器、GPS 芯片、上位机之间使用串口进行通讯。所有串口都采用相同的通信参数：波特率：9600；奇偶校验：不发生奇偶校验；数据位长：8 位；停止位：1 位停止位。

3.1. 加速度输入接口(I_Acc)

加速度传感器向智能手表发送加速度数据，其格式如表 1 所示。

表 1 加速度输入接口数据帧格式

字节号	长度 (字节)	字段	编码方式	内容
0-1	2	包头	无符号整形，大端字节序	固定值：0xFF 0x55
2	1	数据长度	无符号整形	固定值：0x0C
3-6	4	X 方向加速度	单精度浮点数	
7-10	4	Y 方向加速度	单精度浮点数	
11-14	4	Z 方向加速度	单精度浮点数	
15	1	校验和	无符号整形	校验值，xx（从第 2 号到 14 号字节按字节进行累加和，得到校验码，只保留低字节。）
16-17	2	包尾	无符号整形，大端字节序	固定值：0xFF 0x55

输入接口处理时，要考虑数据帧格式的容错处理，容错处理的要求如下：

- (1) 包头、数据长度、校验和、包尾应该按照要求填写，否则进行丢包处理。
- (2) 当包前有冗余字段时，应该可以剔除冗余字段。

3.2. 信息输入接口(I_Set)

上位机软件向智能手表发送设置信息数据，其格式如表 2 所示。

表 2 信息输入接口数据帧格式

字节号	长度 (字节)	字段	编码方式	内容
0-1	2	包头	无符号整形，大端字节序	固定值：0xFF 0x55
2	1	数据长度	无符号整形	固定值：0x0A
3-8	6	当前时间（从 2000 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒到现在的秒数）	无符号整形	从 2000 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒到 2100 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒
9	1	性别	无符号整形	1：女性 2：男性其他：男性
10	1	身高	无符号整形	0-200 厘米
11	1	体重	无符号整形	0-150 公斤
12	1	年龄	无符号整形	0-100 岁

13	1	校验和	无符号整形	校验值，xx（从第 2 号到 12 号字节按字节进行累加和，得到校验码，只保留低字节。）
14-15	2	包尾	无符号整形，大端字节序	固定值：0xFF 0x55

输入接口处理时，要考虑数据帧格式的容错处理，容错处理的要求如下：

- （1） 包头、数据长度、校验和、包尾应该按照要求填写，否则进行丢包处理。
- （2） 当包前有冗余字段时，应该可以剔除冗余字段。

3.3. 信息上报输出接口(I_Report)

智能手表向上位机软件发送信息上报数据，其格式如表 3 所示。

表 3 信息上报输出接口数据帧格式

字节号	长度 (字节)	字段	编码方式	内容
0-1	2	包头	无符号整形，大端字节序	固定值：0xFF 0x55
2	1	数据长度	无符号整形	固定值：0x08
3-6	4	运动时长	无符号整形	单位为秒
7-10	4	消耗卡路里	单精度浮点型	

11	1	校验和	无符号整形	校验值，xx（从第 2 号到 10 号字节按字节进行累加和，得到校验码，只保留低字节。）
12-13	2	包尾	无符号整形，大端字节序	固定值：0xFF 0x55

3.4. 消耗卡路里输入接口(I_Calorie)

点击“停止运动”按钮前，上位机软件通过消耗卡路里输入接口，发送每分钟消耗的卡路里数据给智能手表（使用“消耗卡路里输入接口”）协议。智能手表接收后，对数据进行检验，并显示在显示屏上。其格式如表 4 所示。

表 4 消耗卡路里接口数据帧格式

字节号	长度 (字节)	字段	编码方式	内容
0-1	2	包头	无符号整形，大端字节序	固定值：0xFF 0x55
2	1	数据长度	无符号整形	固定值：0x08
3-6	4	运动级别	无符号整形	0~4 级
7-10	4	每分钟消耗卡路里	单精度浮点型	
11	1	校验和	无符号整形	校验值，xx（从第 2 号到 10 号字节按字节进行累加和，得到校验码，只保留低字节。）

12-13	2	包尾	无符号整形，大端字节序	固定值：0xFF 0x55
-------	---	----	-------------	---------------

4. 性能需求

无。