



电子血压计

HY16F188+HY2163

应用说明书

目录

1	简介	2
2	原理说明	2
2.1	血压检测	2
2.2	感测元件	3
2.3	血压信号及控制晶片	3
2.4	电源控制	5
2.5	显示控制	5
3	设计规划	6
3.1	硬体说明	6
3.1.1	ADC量测电路及内部ADC设置	6
3.1.2	充放气控制电路	7
3.1.3	显示控制部分	7
3.1.4	周边电路	8
3.1.5	血压计整体电路	8
3.2	血压判断软体流程	8
3.2.1	血压判别法	9
3.2.2	脉搏信号提取	9
3.2.3	血压处理流程	10
4	操作说明	11
4.1	标定流程	11
4.2	按键操作	11
4.3	显示数据说明	11
4.4	图形与数据采集	12
5	结论	12
6	参考数据	12
7	附件	12
8	修訂記錄	12

1 简介

随着社会、经济文化的发展，人们饮食、生活、工作习惯出现了不健康的改变，导致心血管疾病成为目前国民的主要死亡原因之一。据不完全统计数据表明，每年中国因心血管疾病而死亡人数正在以百分之三的速度增加，儿童增加数量更为严重，但是我国对于心血管疾病特别是高血压的防止方面异常薄弱，而血压与脉搏是最重要的健康指标。

如果能经常测量自己的血压，就做到对自己的健康情况心理有数，早期发现问题，就能得到较好的治疗效果。另外对于诊断这些疾病方面脉搏信息也包含了许多有价值的人体生理病理信息，如它可反映出血管阻力的大小；每搏输出量的多少；血管的伸展性；主动脉狭窄和主动脉瓣闭锁的情况等。脉搏作为生理参考信息，其在血压测量及血流量检测等方面也起着重要的作用。对于心血管疾病的防治血压与脉搏的量测是大家值得去研究与关注的问题。

本文是基于 HYCON HY16F188 内部的高精度 $\Sigma\Delta$ ADC 搭配 LCD 驱动 IC HY2613 用示波法和臂式量测方式对血压脉搏进行量测，测试数据表明：用该方法实现的电子血压计具有测量精度高、抗干扰能力强、使用简便，成本低等特点，适合作为保健类仪器大批量生产。

2 原理说明

2.1 血压检测

现在血压的检测方法大致可以分为两类：柯氏法（也叫听诊法）与示波法（也叫震荡法）。而现在大多数电子血压计基本上利用示波法来量测人体的血压，主要是柯氏法存在一些固有的缺点：一是确定舒张压比较困难；二是此法凭人的视觉和听觉，带有主观因素，除非专业医生，一般人很难测准血压。七十年代出现了多种柯氏法电子血压计，试图实现血压的自动检测，但很快发现这类血压计未能克服柯氏法的固有缺点，误差大，重复性差。目前，国外大多数无损自动血压自动检测仪器都采用示波法。

血压计示波法的测量过程中包含加压、定速排气或充气、血压测量的技术来进行。并采用充气袖套来阻断上臂动脉血流，由于心搏的血液动力学作用，在袖带压力上将重叠与心搏同步的压力波动，即脉搏波。在加压过程当袖带压力小于收缩压时，动脉逐渐弹开，振荡波幅逐渐增大；当袖带压力等于平均脉压时，动脉管壁完全处于去负荷状态，波幅达到最大值；袖带压力上升到平均脉压以下时，臂带逐渐绑紧，波幅逐渐减小。相应的波形如图 1。



图 1 震荡法的 ADC 脉搏曲线信号

基于统计规律的分析方法判定平均脉压的准则是：袖带内振荡信号达到最大值时对应的最小袖带压力为动脉平均压。当腕带的压力等于血压时，血液开始可以流通而产生所谓的 cuff 声，这时候也就是收缩压，我们必须开始从这里做记录，直到最最后 cuff 声没有的时候，此点即为舒张压。

2.2 感测元件

对于人体血压信号的感测是利用专用半导体材料的传感器 US09111-006S，为电阻式全桥式压力传感器，具有良好的线性度，输出电压与所加压力成正比关系，宽的工作温度范围 -40°C — 85°C 。通过 HY16F188 内部 LDO 提供 2.4V 于压力 sensor 两端它可以直接将动脉血液对血管壁的压力转换为 $0\sim 100\text{mV}$ 的电信号，对应的血压值为 $0\sim 40\text{KPa}$ ，与血压计的设计要求非常匹配，因此特别适合示波法压力测量。

2.3 血压信号及控制晶片

人体血压信号通过压力感测元件转为电信号，而且这个信号直接利用 HY16F188 内部最大为 128 倍的放大及它的高精度 ADC 和内建 LDO 模块提供参考电压把这个信号转成数字量。由于 HY16F188 具有以下的特性，血压信号的量测电路非常简单，性价比非常高。

HY16F188 的特性:

- 系统工作电压 2.4-3.6V;
- 10MIPS 32bit 控制器;
- 低的耗电流;
 - A. 工作模式下的耗电流 450uA/MIPS;
 - B. 睡眠模式的耗电量 2.5uA.
- 内建 VDDA 稳压器, 可选择电压: off, 2.4V, 2.7V, 3.0V, 3.3V;
- 内建单独使用于系统电源与晶片电源的 charge Pump regulator;
- 外部震荡电路输入或者内部高精度 RC 振荡器, 并有 4 种工作时钟切换选择;
- 全差动的输入方式;
- 内建前置放大器 (PGA) 可选择增益 $\times 1$, $\times 2$, $\times 4$, $\times 8$, $\times 16$, $\times 32$, $\times 64$, $\times 128$;
- 内建直流偏压设置, 可选择 0, $\pm 1/8$, $\pm 1/4$, $\pm 3/8$, $\pm 1/2$, $\pm 5/8$, $\pm 3/4$, $\pm 7/8$ 的 VREF 的偏置电压;
- 内置 4 种信号输入模式切换 (正向输入、S-短路, S+短路, 交叉);
- 可选择 10, 20, 40、80、160、320、640、1280、2560、5120 或者 10240 sps 的数据输出速率;
- SPI 与 UART 数据传送界面;
- 64K 的 flash memory 与 8K bytes SRAM;
- 16bit 的 PWM 控制器;
- -40° C to +85° C 的操作温度范围;

2.4 电源控制

血压计的主控部分采用 16F188 32bit 为内核的单片机，并其内建单独使用于晶片电源的 charge Pump 电路；这样的电源控制，能在刚启动直流电机的时候由于瞬间的大电流使用这个模块能防止电源瞬间被拉低而造成系统复位。而且当启动马达时，对于 16F188 内部 Charge Pump 的控制只需通过软件来切换晶片的工作电源选择。16F188 这样的电源设计架构与其他的血压计应用比较起来，电源部分的设计非常简洁无需外接 charge Pump 的升压电路，而且可以做到能直接使用两节电池来供电。

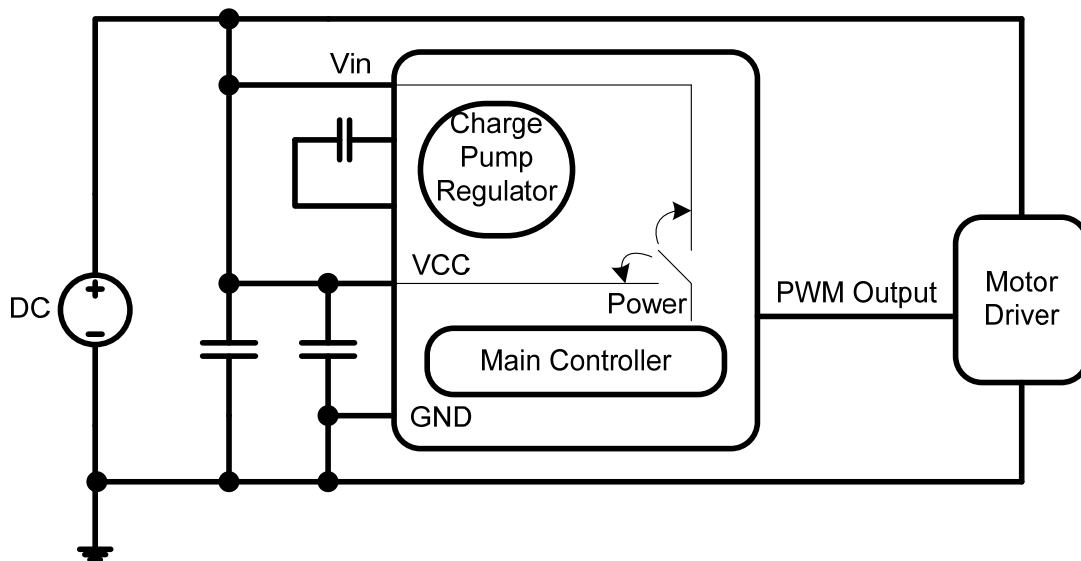


图 2 HY16F188 内部电源架构

2.5 显示控制

血压计的显示控制部分是用 HYCON 的 LCD driver 晶片 HY2613 来驱动 LCD 面板的显示。其特性为：

- 4*36 点或者在背光输出模式下 4*32 点；
- 片内自带闪烁功能；
- LCD 驱动方式可以设置 1/2 或者 1/3 Bias, 1/4 Duty；
- 可选择 High side 或 low side 驱动；
- 内置电源泵具有 8 种电源输出，并具有微调和对比调节 CONTRAST 功能；
- LED 背光功能，驱动能力 20mA/4.2V 的定电流；
- 内置 4*36=144bit 的显示数据 RAM；
- 2 线式 I2C 通讯接口；
- 内置 32K 的 LPO 震荡器；
- 支持外接晶体振荡器；
- 具有低功耗的待机模式；

3 设计规划

3.1 硬件说明

血压计的整体线路主要包括：

- ADC 量测电路
- 充放气控制
- 控制显示
- 周边电路

3.1.1 ADC量测电路及内部ADC设置

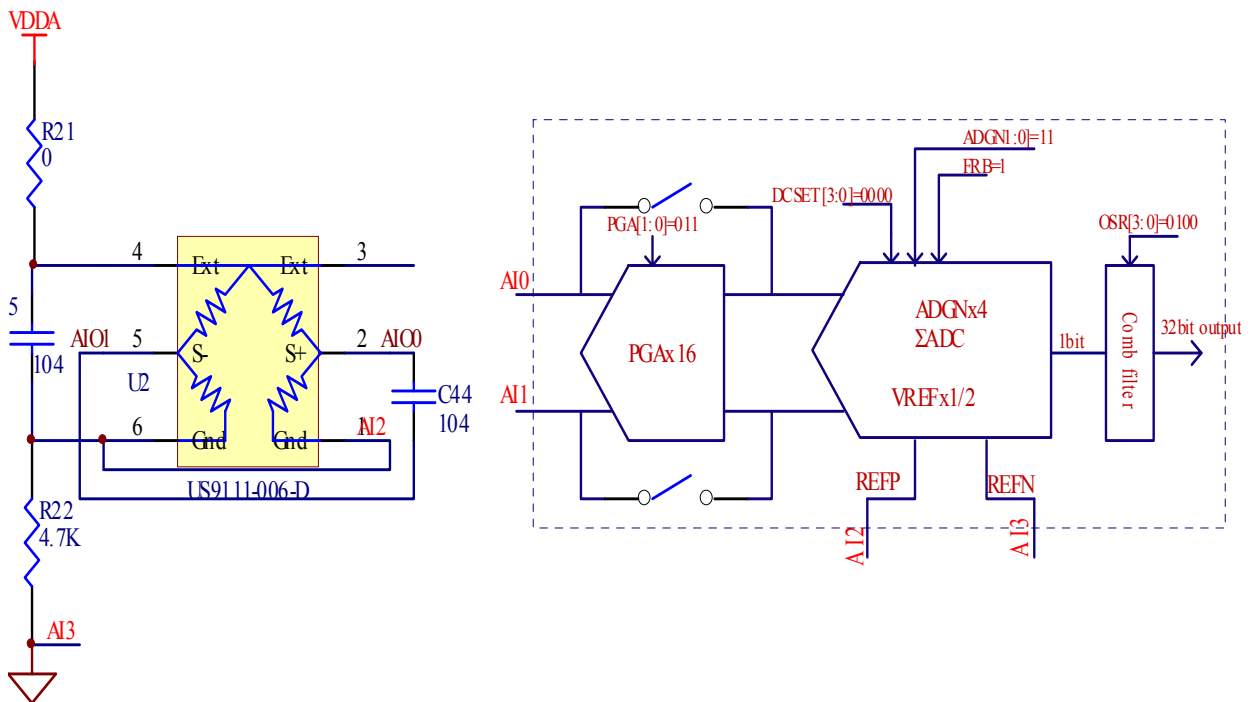


图 2 血压信号量测电路

压力传感器的采用定电压的驱动方式，它的输入电压由 HY16F188 内部 LDO 设置为 3.3V 的 VDDA 端子提供，US9111-006-D 为内阻为 5K 的电阻全桥式的压力 sensor，压力 sensor 的输出信号直接由 HY16F188 内部高精度的 $\Sigma \Delta$ ADC 进行转化位数字量。

信号处理部分，HY16F188 内部 ADC 参考电压也是由 VDDA 端子经 AI2 供给参考电压正端 REFP，VSS 端子经 AI3 短接到参考电压负端 REFN。由于压力传感器的最大输出信号为 42mV，而参考电压为 1.65V，这个信号直接由 HY16F188 内部 PGA 进行放大 24 倍来满足 ADC 量测要求。这样的量测电路 VDDA 的温漂对量测系统不会造成影响，而且 HY16F188 内部 PGA 的温漂为 $\pm 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，所以 HY16F188 的温漂对量测部分的影响非常小。另外参考电压端与信号输入端子的两颗电容必须要加，这在温度变化时，让 ADC 有足够的保持时间。

3.1.2 充放气控制电路

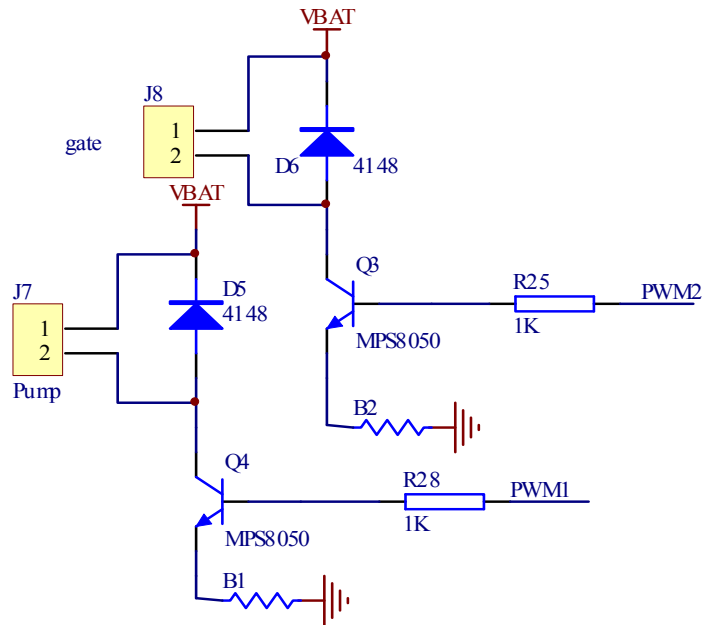


图 3. 充放气控制电路

充气控制电路是通过 16F188 的内部 16 bit 的 PWM 输出及三极管的控制电路来控制直流马达对袖带的充气。并通过调节 PWM 输出的占空比来控制袖带内的充气速度。而袖带内的放气也是由 PWM 输出 high 与 low 的状态经三极管的开关电路来控制电磁气阀门的打开与关闭。

在充气控制上，PWM 设置的输出频率 120HZ，当刚启动充气马达时通过调节 PWM 的占空比来实现快速充气过程，当袖带内的气压达到 35mmHg 时通过调节 PWM 输出的占空比来改变充气的速度，并在当前气压下 ADC 开始能分辨出人体的血压信号。

3.1.3 显示控制部分

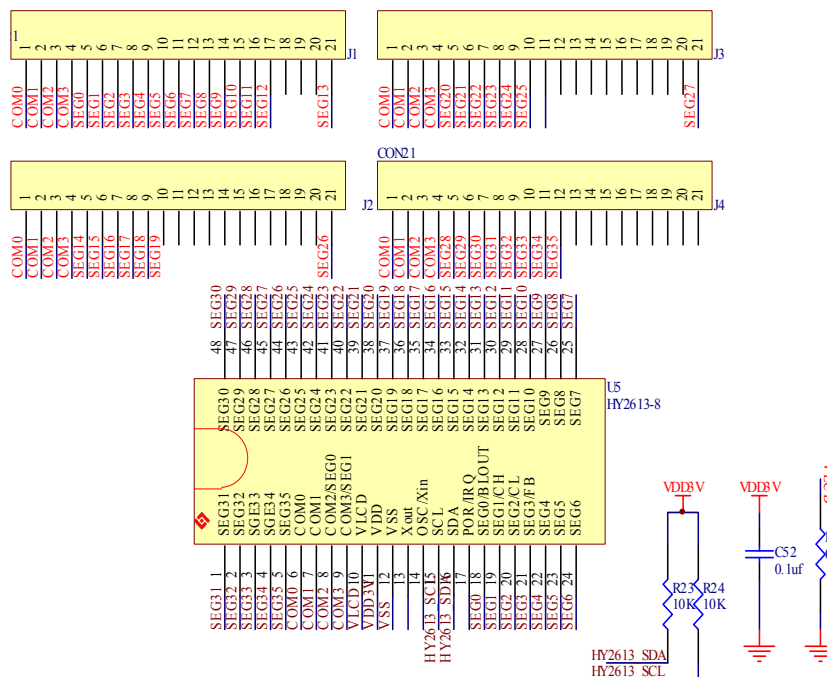


图 4. 控制显示电路

显示部分的控制是由 HYCON 的 LCD driver 晶片 HY2613 来驱动 4 片 LCD 面板的显示。HY2613 与 HY16F188 主控之间通过 I2C 接口来配置 HY2613 并控制 lcd 面板的显示。图 4 的 4 片不同面板上，分别可以显示收缩压、舒张压、心率及时间。

3.1.4 周边电路

从下面的整体电路来看血压计的周边电路非常简洁有 RS232 的串口通讯电路，血压计的 AC 分离曲线可以通过 RS232 通讯界面并借助于 ADCENOB 分析工具来实现图形采集。电源部分由于 HY16F188 自带直接提供晶片工作的电源的 charge Pump regulator，可以直接用两节电池来供电不需要使用 GS2612 的 LDO 提供的电源电路。

3.1.5 血压计整体电路

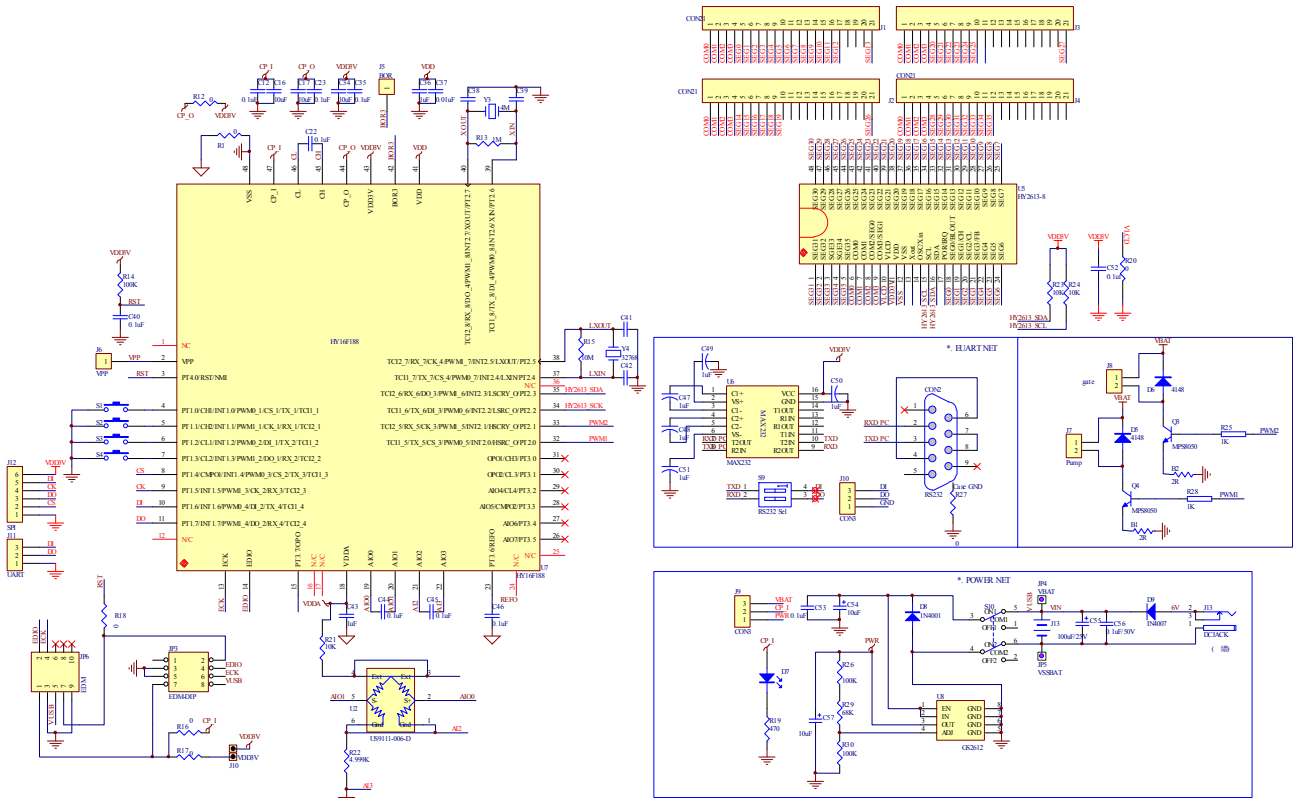


图 5. 血压计整体电路

3.2 血压判断软体流程

血压计的检测主要是对收缩舒、舒张压、心率的检测。示波法是目前检测血压中相对准确率较高，因而也是最常用的方法。本文对血压检测是基于示波法，所以下面介绍示波法对血压的分析方法。

3.2.1 血压判别法

本文是对血压的量测是基于示波法的 S 判别法，该方法判别血压时首先确定脉搏波幅度的最大值 A_m ，且同时需要根据所在最大值的振荡波进行积分再除以波动周期得到收缩压对应的波动幅度 $A(sp)$ ，舒张压对应的波动幅度 $A(dp)$ 则由最大幅度与 $A(sp)$ 的差值得到。在脉搏波曲线上，波动幅度为 $A(sp)$ 、 $A(dp)$ 时对应的袖套压力即收缩压、舒张压。

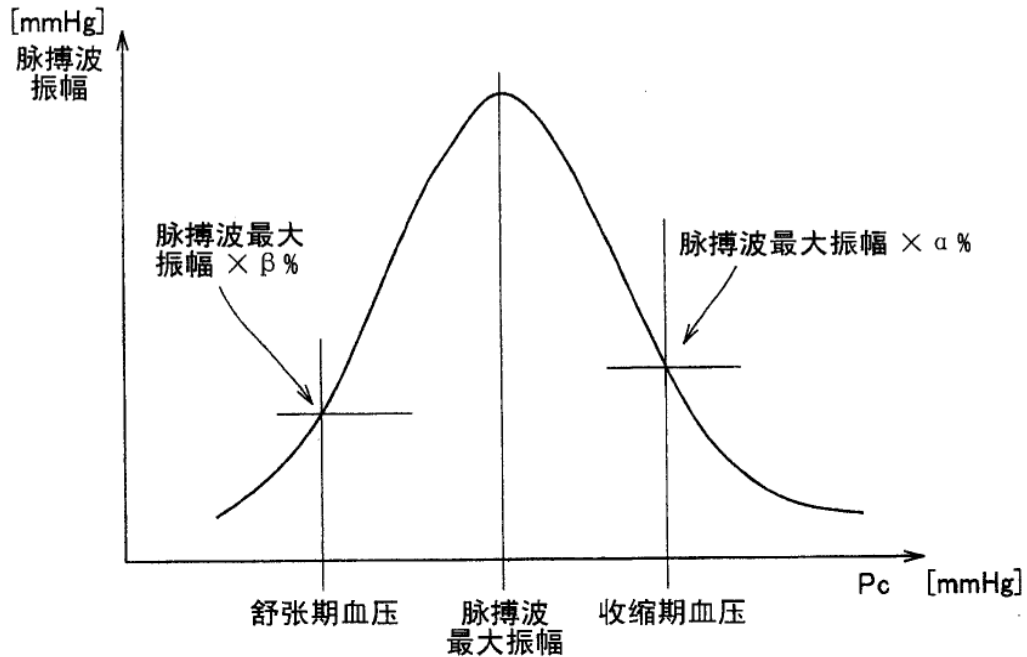


图 6 脉搏特征曲线

3.2.2 脉搏信号提取

对于脉搏信号的采集，HYCON 的 HY16F188 内建有效位为 21bit 高精度 $\Sigma \Delta$ ADC，并结合内部 64 倍的放大完全能有效的分辨出人体的血压信号。另外，由于 ADC 采集到的压力值包含 DC 压力信号与心脏周期性搏动的 AC 血压信号，软件上的处理方面有效的提取 AC 分量对人体血压的量测是一个关键的步骤。对于 AC 血压信号的提取流程如图 7 所表示。

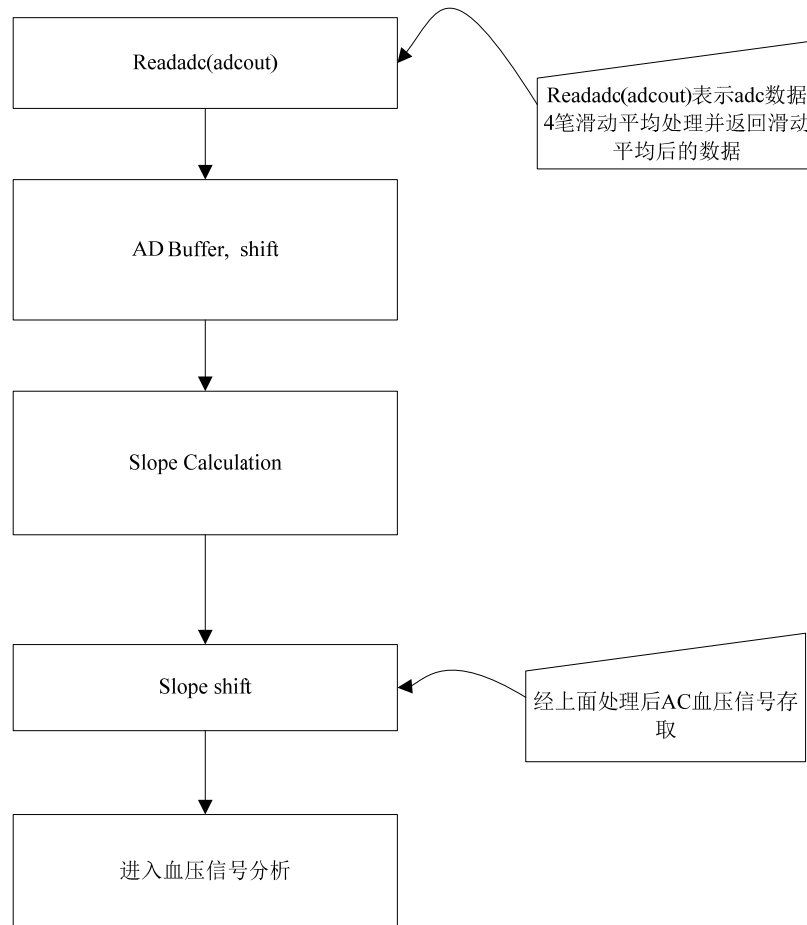


图 7 血压信号提取

3.2.3 血压处理流程

对于血压信号的处理主要是通过软件判断来分辨每次心脏搏动时 AC 信号的峰值与波谷值之间的差值所对应的振幅的大小，并比较每次采集到的血压信号振幅值的大小来判断是否是取得最大的振动波。同时在血压信号处理的过程中需保存每次血压信号峰值所对应的静态压力和搏动的振幅值大小，其次也需对每次血压搏动信号的曲线做积分。如果判断当前波形为最大振幅波时，后续会跟踪连续的三个波形为减少才确认最大振幅波已经找到，根据这个最大振幅波的位置与对应的平均幅值往前寻找该平均幅值的大小间于哪两个振幅波之间，并通过寻找的这两个波形所对应静态压力的平均值为舒张压。而收缩压所对应的幅值是最大振幅减去最大振幅处所对应的平均幅值往后继续找舒张压对应相邻振幅波幅值之间，同样也根据这两个间于舒张压幅值之间的振幅波峰值对应的静态压力来计算舒张压

4 操作说明

4.1 标定流程

进入标定流程可以再上电之间短接 PT1.0 即为 S1 键进入标定状态。

- 标定的第一步：收缩压处显示 ‘0’，提示传感器处气压需为 0 mmHg，稳定后，按 S1 键确认进入下一步；
- 标定的第二步：收缩压处显示 ‘300’，提示传感器处气压需为 300mmHg，稳定后，按 S1 键确认进入下一步；
- 标定的第三步：收缩压处显示标定后实时压力值；用于校验刚才标定数据是否精准，按 S1 键确认保存。

4.2 按键操作

- S1 键
 - ◆ ON/OFF 键；
- S2 键
 - ◆ 调出记忆数据显示，并通过这个按键可以往后查询记忆值，最多可以调出 15 笔记忆数据；
 - ◆ 在时间设置模式下。设置数增加键；
- S3 键，
 - ◆ 在关机下，长按 3s 可以进入时间设置，并 LCD 面板上闪烁显示设置的数据，通过这个按键可以设置年份、月份、日期、时钟及分钟；
 - ◆ 在记忆模式下，通过这个按键可以往前调出记忆的数据；
- 仿真测试比较精度设置；
 - ◆ 低压闪烁显示所设置精度 0~40；

4.3 显示数据说明

在血压量测模式下显示当前的静态压力，当采集到血压的振幅波时闪烁显示心跳标志，当血压量测完后 LCD 面板上显示舒张压、收缩压及心率值。并在血压量测过程中会显示时钟。

记忆值显示模式的进入在关机下按记忆键即可进入记忆值显示，记忆显示模式下可以显示第几笔记忆的血压数据，并可以通过按键来调整显示第几组的记忆数据，最大可以记录 15 组数据。并且每隔 5s 钟会自动切换显示 1s 钟时间的年份或者月份日期，平时是显示时钟。

长按 3s 时间设置键进入时间设置模式下时，先显示时钟并且小时部分闪烁显示可以通过记忆键来调整时间，小时部分设置 0k 后可以短按时间设置键分钟部分闪烁，用记忆键调整当前的分钟 0k 后，短按时钟 set 键 LCD 面板显示年份闪烁显示，通过记忆键调整当前年份后，按时间设置键进入显示月份与日期，并且月份闪烁显示，通过记忆键调整好月份后，按时间设置键闪烁显示日期，同样记忆键调整好日期，按时间设置键进入关机状态。

4.4 图形与数据采集

HYCON 16F188 血压计数据采集通过它的串口模块搭配 HYCON HY11PXX 的 ENOB 通讯工具及软体可以实现血压计波形图像化的显示，这对于工程师在前期开发过程中具有非常大的帮助。其图 1 就是利用这样的方法采集到的完整的血压搏动曲线。



5 结论

以 HY16F188 内建高精度 ADC 为模拟信号处理前端搭与内建提供 ADC 部分的 LCD 输出在臂式血压信号的处理方面完全能满足设计规格，并且还内建直接可提供于晶片电源的 charge Pump regulator 模块，无需外接升压电路。这个的设计系统充分利用了 HY16F188 内部资源来量测血压信号，使得外围电路非常简单，抗干扰能力佳，性价比高等特性。与其他的血压计设计来比这样的血压量测系统有着广阔的市场前景。

6 参考数据

Datasheet file: HY2613datasheet
Datasheet file: HY16F188datasheet
重庆邮电学士论文：各种血压计测试介绍

7 附件

 
Demo code: HY11P24 Fast SPI APD-HY16F005_V0
Code_use blood.ra 4.zip

8 修訂記錄

以下描述本档差异较大的地方，而标点符号与字形的改变不在此描述范围。

版本	页次	变更摘要
V01	A11	初版发行
V02	8	更改電路圖
V03	ALL	更改 EDM 电路、基于 HY16F188 C LIBv0.7 版本更新程序
V04	ALL	套用新版本 Linker and start up code.以及更新部分 Library.