

脉象血压仪的开发和设计

我国以往主要采用机械式水银血压计来作为患者血压测量的医学仪器，但随着我国经济社会的发展，以及医疗卫生水平的进步，使得电子血压仪得到了大规模的应用，赢得了可观的市场份额。就传统的机械式血压仪和电子血压仪而言，尽管后者具备人性化的界面，操作简便，然而在稳定性以及准确性还有待提高，进而为患者的治疗提供科学的依据。

我国中医文化博大精深，脉诊是“望闻问切”中的重要方法，以脉相诊断为基础，对病人的病情进行观察和大致的估计。通过电子仪器来对脉象进行测量。对于国内脉象测量的研究现状来说，虽然相关学者进行了较为深入的研究和探讨，但是由于提纯脉象信号的过程较为复杂，易受到非线性变形以及多种干扰的共同影响，导致信号提取完成后一般都产生了根本性的变化，因此在该方面的研究还有待加强。

笔者结合自身工作经验，将脉象、心率和血压的测量有机的整合到一起，从而利于临床医学的开展。笔者在研究国内外相关学术著作的基础上，采用了更为先进的智能技术和信号处理技术，最大限度的对非线性变形和脉象提取过程内的噪声干扰进行消除，以提升测量数据的稳定性和准确性。本设计中的脉象血压仪已开发成功，得到了临床验证，脉象提取能够符合设计要求，取得了较好的效果。

测量原理简介

笔者在本设计中采用摩托罗拉生产的压强传感器 MPX50GP，当压强范围控制在 0 到 40KPa 之内时，产生 20 到 60mv 的输出信号。采用摩托罗拉的 MC68HC05SR3 单片机来作为微控制器。同时，采取大连东方的 EDM 12864B 来作为图形点阵液晶。

基于血压机械式测量方法，来进行舒张压和收缩压确定方法的设计。通过气泵袖套来环绕患者的手臂。在进行泵气的过程中，自动跟踪监测 CP 袖套压强信号和 BP 脉冲信号，袖套压强信号 CP 在增大的过程中会使得 BP 脉冲信号的振幅持续增加，在达到相应的数值时，又会呈现出明显的减小趋势，一直到脉冲信号完全消失。当脉冲信号完全消失时，然后增加 5KPa 的脉冲信号。

对于排气过程而言，事先对舒张压和收缩压的阈值进行设定，在排气的过程中，脉冲信号下降到相应幅度时，就会产生脉冲信号 BP，该时刻即为被袖套束缚的脉管被脉搏冲开的时刻。跟踪监测脉冲信号，在袖套压强信号 CP 的振幅大于收缩压阈值的情况下，收缩压的数值即为袖套压强信号的数值，持续的对脉冲信号 BP 进行跟踪，在脉冲信号振幅达到相应数值后迅速减小，达到事先设定的阈值时，测量获得的袖套压强信号即为患者的舒张压。

对于排气过程而言，实现脉冲信号向矩形波的转换，并将该矩形波来作为中断的触发信号。

完成收缩压的捕捉定位后，在袖套压强信号减小 2KPa 的情况下，获得了最强的脉冲信号，脉冲信号的采集过程必须作到准确、快速，换言之，在 1.5 个脉冲信号周期内必须完成 128 个数据的采样，进行相关处理后，能够获得所需的静态脉象图形，使得数据更加直观。

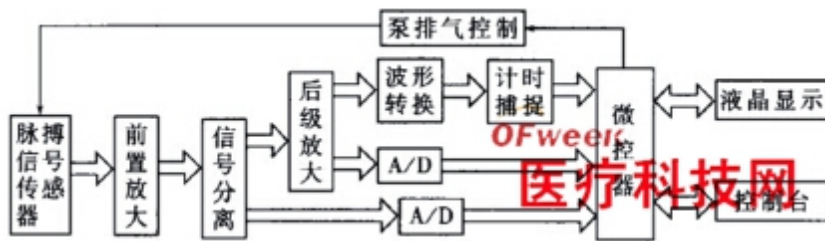


图 1 脉象血压仪系统框图

血压仪袖套内的泵排气通过微控制予以实现，袖套气压的感测转换通过脉搏传感器予以完成。电信号通过压强传感器产生后，较为微弱，一般在 10uf 之内，却拥有多达 20uf 以上的无效偏压，另外还含有为数众多的高频噪声。所以，信号需要通过前置放大级来完成差动放大，与此同完成去噪工作，然后开展二级放大和零点调整。

袖套压强信号和脉冲信号的分离基于信号分离部分完成，得到的脉冲信号在完成模/数转化后送入压力检测通道进行后续处理。由于袖套压强信号在完成分离后，相对高频干扰而言，较为微弱（主要为 50HZ 的交流电干扰），所以后级放大在完成高频滤波后还需要实现三级放大。处理后的信号分为以下两路：一路进行整形处理，将信号转换为矩形波，进而用作触发中断，以利于计时捕捉功能的实现。另外一路在完成模数转换环节后，送到微控制通道，完成数字处理等多项处理工作。

要想系统高效、准确的进行工作，软件系统功能示意图如下：

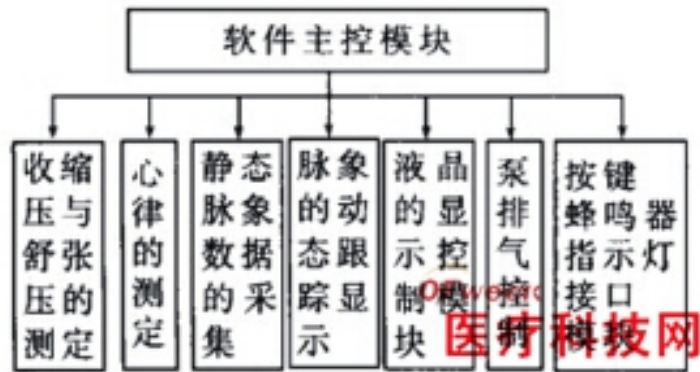


图 2 血压仪软件功能结构示意图

设计中关键因素的考虑

对于 MPX50GP 传感器而言，其输出信号组成如下：CP 信号（频率小于 0.4HZ）和 BP 信号（频率为 1HZ），所以在分开这两路信号时需要通过两级高通滤波器来完成，如果没有较为理想的抑制 CP 信号，则无法稳定 BP 信号基线，进而导致脉冲振荡的比较基准无法获得统一。下图为两级过滤器电路示意图。

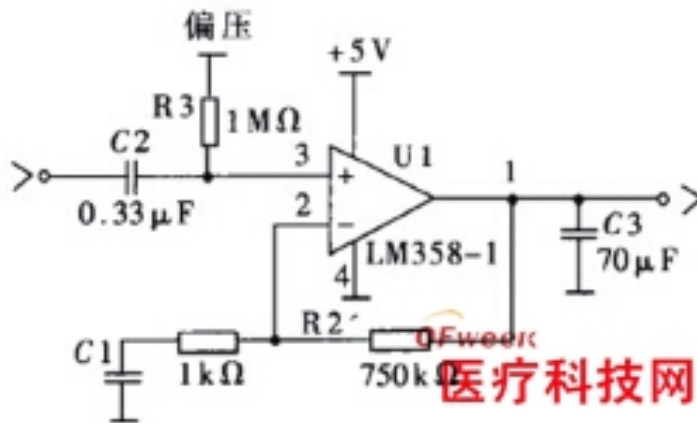


图 3 两级过滤器电路示意图

由图可见，两个 RC 网络构成了过滤器，从而使得截止频率得到确定，必须确保振荡信号不至于产生丢失或者失真。另外确定过滤器的增益的因素为 $R2/R1$ ，通过该增益来对脉冲信号实施放大处理。高频成分的滤除通过 C3 完成。

分离得到的脉冲信号还必须经过放大、滤波和基线校准等处理，以此作为舒张压和收缩压的判定标准。

面向用户的人性化设计

本脉象血压仪的操作交互界面尽可能的实现了较好的易读性、易操作性和简洁性。不仅如此，系统还实现了下列的几点重要突破：

(1) 所有控制功能都只通过 3 个按键就可以实现；

(2) 安全、准确的按键操作过程。对于不用的按键，通过系统实现了按键的暂时关闭，杜绝由于误操作而使得操作的错误；

(3) 简洁和形象的液晶显示界面；

(4) 设置了蜂鸣信号提示和指示灯；

总而言之，本脉象血压仪在测量数据的稳定性、清晰度、精确度和准确性方面都已经符合了临床医学的需求，另外由于其简单的操作、简洁友好的操作界面和较低的成本，使得其能够占据较大的市场份额。

作者简介：曹岩（1980-），男，天津市人，本科，主要做医疗器械（血压类）的研发工作。