

监护用脉搏式血氧饱和度检测模块的研制

黄建新, 刘 怀

(南京师范大学 电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 基于单片机技术的脉搏式血氧饱和度检测模块, 可实时、连续、无创对动脉血氧进行监测。该模块采用透射型血氧饱和度传感器, 给出了光信号发生电路及脉搏式血氧监护模块的原理结构图。模块在硬件和软件上均增加了自然光和噪声消除功能, 可更准确地反映血氧饱和度和脉率。另外, 选用内含多个 12 位 A/D、10 位 D/A 且运算速度很高的 Cignal 公司的 C8051 单片机作为主控制和处理器, 不需外接 A/D 和 D/A, 既提高了运算速度, 又降低了产品成本, 简化了电路设计。经实验证明, 该模块结构简单, 性能稳定, 具有较强的抗干扰能力, 准确性高。

[关键词] 血氧饱和度, 检测模块, 单片机

[中图分类号] TH83; TP212.3 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1672-1292(2006)01-0017-03

The Development of the Pulse Oxygen Saturation Monitoring Module

HUANG Jianxin, LU Huai

(School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: The pulse oxygen saturation monitoring module based on a single chip microcomputer is introduced in this paper. With this module, oxygen saturation can be monitored timely, non-invasively and continuously. The module adopts transmission type oxygen saturation sensor. The light signal electro-circuit and the configuration chart of the pulse oxygen saturation monitoring module are presented in this paper. The module has the function of eliminating nature light and electrical noise in hardware and software, so it can detect oxygen saturation and pulse accurately. In addition, we use single chip microcomputer C8051 as main controller and processor, which is made by Cignal company and is of 12bit A/D and 10bit D/A, so the module do not need additional A/D or D/A. Thus not only the operation speed is increased, but also the cost is reduced and the design of the electrical circuit is simple. Experiment shows that this module has characteristics of simple construction, good stability, anti-interference ability and high accuracy.

Key words: oxygen saturation, monitoring module, single chip microcomputer

血氧饱和度 (SpO_2) 是血液中被氧结合的氧合血红蛋白 (HbO_2) 的容量占全部可结合的血蛋白 (Hb) 容量的百分比, 即血液中血氧的浓度, 它是反映全身氧合状况的重要生理参数。尤其对危重病人, 连续监测其血氧饱和度可早期发现随时可能出现的低血氧症, 以避免因缺氧造成的损害乃至死亡。因此血氧测定仪已是手术麻醉重症急救的必备医疗监测仪器。传统的血氧饱和度测量仅靠血气分析仪。该仪器采用化学隔膜式, 需作创伤性操作采取动脉血样, 测出氧分压, 计算血氧饱和度。这种方法不仅麻烦, 且不能进行连续监测。

波长为 600 ~ 1500 nm 的谱段是物质化学信息检测的重要光谱区域, 一直在药学、农业、工业等领域得到广泛应用。自 20 世纪 80 年代以来, 采用光谱信息的统计学方法以后, 光谱定量分析的灵敏度、精度、准确性和可靠性有了很大提高, 并被迅速地运用于医学检验。在此基础上, 该方法成为无损检测的重要手段^[1,2]。

1 测量原理

采用光电法测量血氧饱和度的传感器主要有两种类型: 反射型和透射型。反射型是指光源和光电探测

收稿日期: 2005-09-22

作者简介: 黄建新 (1965-), 博士, 副教授, 主要从事自动控制理论与应用、计算机控制等方面的教学与研究。E-mail: hjx@mail.nsgk.net

器位于被测体的同一侧,并紧靠在一起.而透射型是光源和光电探测器位于被测体的对侧.本模块采用广泛应用的透射型血氧饱和度传感器.

血氧饱和度探头类似于图 1 所示,使用时探头夹在手指上.上壁固定了两个并列放置的发光二极管(LED),发出波长为 660 nm 的红光和 940 nm 的红外光.下壁有一个光电检测器,将透射过手指动脉血管的红光和红外光转换成电信号,它所检测到的光电信号越弱,表示光信号穿透探头部位时,被那里的组织、骨头和血液等吸收掉的越多.而皮肤、肌肉、脂肪、静脉血、色素和骨头等对这两种光的吸收系数是恒定的,因此它们只对光电信号中的直流分量大小产生影响.根据氧合血红蛋白(HbO₂)和还原血红蛋白(Hb)在红光和红外光区域的光谱特性,可知在红光区(600~700 nm)HbO₂和Hb的吸收差别很大,血液的光吸收程度和光散射程度极大地依赖于血氧饱和度;而在红外光谱区(800~1 000 nm),则吸收差别较小,血液的光吸收程度和光散射程度主要与血红蛋白含量有关.所以,HbO₂和Hb的含量不同吸收光谱也不同.根据文献报道^[4]:血液在波长 660 nm 附近和 940 nm 附近透射之比最敏感地反映出血氧饱和度的变化. SpO₂ 计算的经验公式如下^[3]:

$$SpO_2 = A + B$$

(1)

其中常系数 A、B 理论上可通过动脉中的 HbO₂ 和 Hb 对红光和红外光的吸光系数来计算,但考虑到光电传感器的离散性,一般要通过实验定标来确定.而可由下式求出

$$= \frac{I_{1,max}/I_{1,max}}{I_{2,max}/I_{2,max}}$$

(2)

式中, $I_{1,max}$, $I_{2,max}$, $I_{1,max}$ 和 $I_{2,max}$ 分别表示红光和红外光透射光的最大光强以及它们的最大变化量.

2 血氧饱和度测量的实现

2.1 光信号发生电路

光信号发生电路如图 2 所示,其发光的原理可以参考文献[4].由于图 1 探头中光电管虽然能产生正比于透射到它上面的红光和红外光强度的电流,但是它不能区分光的类型,故需用一个定时电路控制两个 LED 交替发光,以区别光电管接收到的是红光、红外光还是环境光和干扰光.

当信号 RED-DRV 高电平时, Q_5 导通,然后 Q_3 和 Q_4 也导通,电源 V_{cc} 通过 Q_3 的集电极加到 RED-LED 的阳极,使其导通点亮;类似地,当 IR-DRV 高电平时,可使 IR-LED 导通点亮;当 RED-DRV 和 IR-DRV 均为低电平时,则 RED-LED 和 IR-LED 都熄灭.这个发光时序以 400 次/s 的频率重复出现,这种设计具有对环境光的抑制能力.在两个 LED 均熄灭时,光电检测器接收到的是环境光和干扰信号,从红光和红外光信号中将其减去,可以提高信噪比.

2.2 监护模块

脉搏式 SpO₂ 监护模块的原理结构图如图 3 所示.模块由 CPU、光源驱动电路、光电传感器、信号放大电路、滤波电路、采样保持电路、模拟开关、A/D 和 D/A 转换器等组成.其工作原理为:

- (1) 由单片机周期性地输出两路数字信号,由 D/A 转换器将其转换为模拟信号,作为红光和红外光的驱动信号,光强由数字信号的大小决定;
- (2) 光电转换电路接收通过手指后的光信号,将其转换为电信号,并由差动放大电路进行差动放大;
- (3) 由模拟开关选择得到 3 路信号 X、Y、Z,分别对应于红光驱动、红外光驱动和无光驱动时的输出信

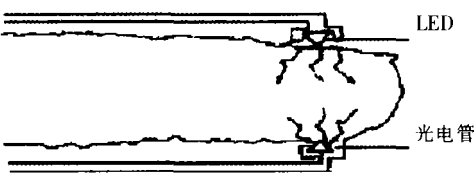


图 1 血氧饱和度探头

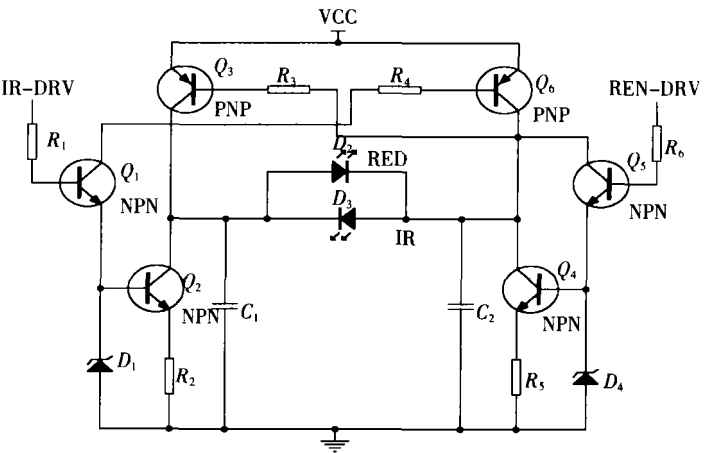
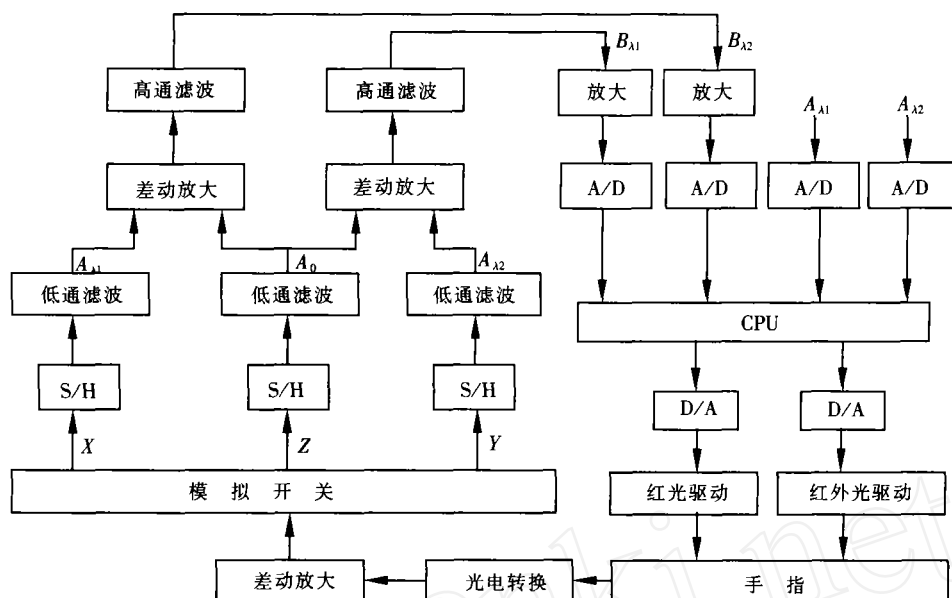


图 2 光信号发生电路

图3 脉搏式 SpO_2 监护模块的原理结构图

号;

(4) 经过采样保持和低通滤波,滤去高频干扰信号,得到信号 A_1 、 A_2 ,考虑到交流分量远小于直流分量,这两个量可以视为公式(2)中的 $I_{1,\max}$ 、 $I_{2,\max}$;

(5) 利用差分放大电路祛除背景干扰信号,高通滤波祛除直流分量,得到交流信号 B_1 、 B_2 ,由于交流信号幅值很小,为了减小 A/D 转换带来的误差,将此信号放大后再进行 A/D 转换,由此不难得到公式(2)中的 $I_{1,\max}$ 和 $I_{2,\max}$;

(6) 将直流信号直接进行 A/D 转换,这是因为直流信号幅值较大;

(7) CPU 可根据直流信号的大小,自动调节 D/A 的输入量,控制 D/A 的输出,从而调节红光和红外光的光强,达到自动调节 A/D 输入信号幅度的目的,保证 A/D 转换的准确性;

(8) 根据公式(2)求出血氧饱和度。

由于光电信号的脉动规律是和心脏的搏动一致,因此检测出信号的重复周期,还能确定出脉率。

3 结论

本血氧模块能无创、快速、连续监测血氧饱和度和脉率。模块在硬件和软件上均增加了自然光和电噪声消除功能,可更准确地反映血氧饱和度和脉率。另外,选用内含多个 12 位 A/D、10 位 D/A 且运算速度很高的 Cignal 公司的 C8051 单片机作为主控制和处理器,不需外接 A/D 和 D/A,既提高了运算速度,又降低了产品成本,且可简化电路设计。

[参考文献] (References)

- [1] YAMA KOSHI K, SH MAZU H, SH BATA M, et al New oscillometric method for indirect measurement of systolic and mean arterial pressure in the human finger[J]. Med Biol Eng Comp, 1982, 20: 307~ 313.
- [2] SH IGA T, TANABE K, NAKASE Y, et al Development of portable tissue oximeter using near infra-red spectroscopy[J]. Med Biol Eng Comp, 1995, 33: 622~ 626.
- [3] 陈亚明,谭小丹,邓清恺. 监护用脉搏式血氧饱和度测试方法的研究[J]. 中国医疗器械杂志, 1999, 33(3): 139~ 141. CHEN Yaning, TAN Xiaodan, DENG Qingkai Study on measuring method of pulse oxygen saturation in clinical monitor[J]. Chinese Journal of Medical Instrumentation 1999, 33(3): 139~ 141. (in Chinese)
- [4] 张志清. 光学传感血氧饱和度的检测[J]. 传感器世界, 1999, 5(2): 19~ 23. ZHANG Zhiqing Detection of optical sensors SpO_2 [J]. SensorWorld, 1999, 5(2): 19~ 23. (in Chinese)

[责任编辑:刘健]