

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2005343

智能药物储藏箱的设计与应用

张光华 马超 蒋杨 樊宗源
(东北石油大学 电气信息工程学院 大庆 163318)

摘要: 智能药物存储箱的设计顺应社会老龄化趋势,以弱势群体保护和特殊药物储藏作为研究对象,对目标监测、闹钟提醒、药物储藏等需求的智能化进行了深入研究。针对特殊群体生理能力退化和特殊药物储藏的需求为目标,设计了一款智能药物储藏箱。使用者通过人机交互页面可以稳定调动整个智能药物储藏箱的资源,包括按时服药提醒、储藏箱开启检测、温度控制、紧急报警等功能,设计中采用了红外检测和多级信号运放结合的方式,能够在5 s内准确测出使用者的心率。智能药物储藏箱所设定功能均可以稳定运行,使用成功率接近百分之百,多次试验结果表明,该设计可以为病患等特殊群体解决按时用药等问题同时方便家属观察病患信息,能够有效方便病患的日常生活。

关键词: 人机交互;药物冷藏;心率检测;无线通信

中图分类号: TP391.8; TN919.5 **文献标识码:** B **国家标准学科分类代码:** 510.8060

Design and application of intelligent medicine storage box

Zhang Guanghua Ma Chao Jiang Yang Fan Zongyuan
(School of Electrical Engineering and Information, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract: The design of intelligent drug storage box conforms to the trend of social aging. Taking the protection of vulnerable groups and special drug storage as the research object, the intelligent requirements of target monitoring, alarm clock reminder and drug storage are deeply studied. An intelligent drug storage box is designed, aiming at the physiological ability degradation of special groups and the demand of special drug storage. Users can stably mobilize the resources of the whole intelligent drug storage box through the human-computer interaction page, including timely medication reminder, opening detection of the drug storage box, temperature control, emergency alarm and other functions. The combination of infrared detection and multi-level signal operational amplifier is adopted in the design process, which can accurately measure the user's heart rate within 5 seconds. The functions set in the intelligent drug storage box can run stably, and the success rate is close to 100%. The results of many experiments show that the design can solve the problem of medication on time for patients and other special groups, at the same time, it is convenient for family members to observe the patient information, and can effectively facilitate the daily life of patients.

Keywords: human-computer interaction; temperature detection; heart rate detection; wireless communication

0 引言

在当下的社会大环境下,老龄化日趋严重,老年人的身体机能衰退,记忆力下降,并且年轻人不可能无时无刻陪在老人的身边,因此针对老年人的健康产品的市场前景极为乐观^[1]。在当前智能化社会的驱动下,许多设备也逐渐智能化。文献[2]基于人性化理念的老年人医疗器械设计研究,提出了改善传统的老年人医疗器械的产品设计,使老年人医疗器械产品逐渐智能化。文献[3]嵌入式智能云药箱的设计,设计一款能够语音播报,控制出药数量,检测剩余药物并且监护人通过手机终端获取老人服药情况但温度控

制没有考虑到一些药品需要低温存储。文献[4]新型智能家用电子药箱设计提出了将药物冷藏储藏,但是当下社会大多数日常服药的群体是老年人,没有设计关于老年人方便使用的功能。文献[5]基于STM32的家用智能药箱,通过语音提醒吃药、分药、储药。并且设计了一款APP可以语音播报当地的天气环境、室内的环境但缺少提醒紧急联系人的功能,一旦老人没听到提示音,错过了提醒吃药时间后续就可能忘记再次服用。文献[6]基于GSM无线通讯技术的智能药箱,设计了一款能够设定吃药时间,携带手机APP与患者家属实现远距离沟通的智能药箱,但是缺少检测心率等其他与老年人息息相关的电子设备,所以性价

收稿日期:2020-11-10

• 176 •

比不高。

针对以上的优缺点,设计加以创新和功能完善。本设计在市场已有的智能药箱上添加了许多功能,设备配有心率监测功能,开盖监测,SD卡文件系统存储单元,温度设定和控制温度,掉电保护即不会再断电之后重新设定闹钟时间提高便捷度,以及整套设备安装了带天线的4G无线通信模组亦在药箱与监护人进行通信体现更加智能。本文对自主研制的智能药物储藏箱的设计和测试进行说明。

1 功能设计

1.1 功能模块设计

为了便于设计,将智能药物存储箱的功能划分3大模块分别是信息模块、辅助模块和环境模块。图1所示为本次设计的功能模块分区。信息模块主要用于添加或修改联系人信息、液晶屏显示、时间管理系统即闹钟时间的设定或修改、报警功能主要用3大方式:蜂鸣器报警、指示灯报警、短信报警即通过4G模组获取网络时间,当网络时间与设定时间一直时,智能药物储藏箱则在视觉和听觉给予辅助也就是发出蜂鸣器提醒同时指示灯也亮起。一分钟内老人没有打开智能药物储藏箱时则通过4G模组发送短信至监护人手机上。辅助模块则是本设计的辅助功能主要包含心率监测、一键报警、开盖监测。环境模块则是监测箱内的温度,传统的药物储藏只要存放一般普通药物,但考虑到有些老人的药品需要冷藏处理如中药、胰岛素等则需要低温处理至此本次设计在采用温度检测的同时也可控制箱内温度。

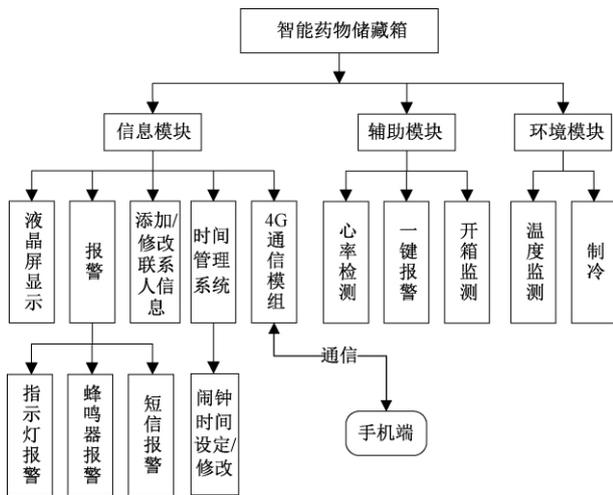


图1 智能药物储藏箱的功能模块分区

1.2 系统整体设计

为实现1.1节中提到的各种功能,智能药物储藏箱系统设计时,以国产的芯片GD32为主控处理器,控制能实现对应功能的采集电路、通信模块、制冷模块、闹钟模块、显示模块等,各个子模块之间的系统连接如图2所示。

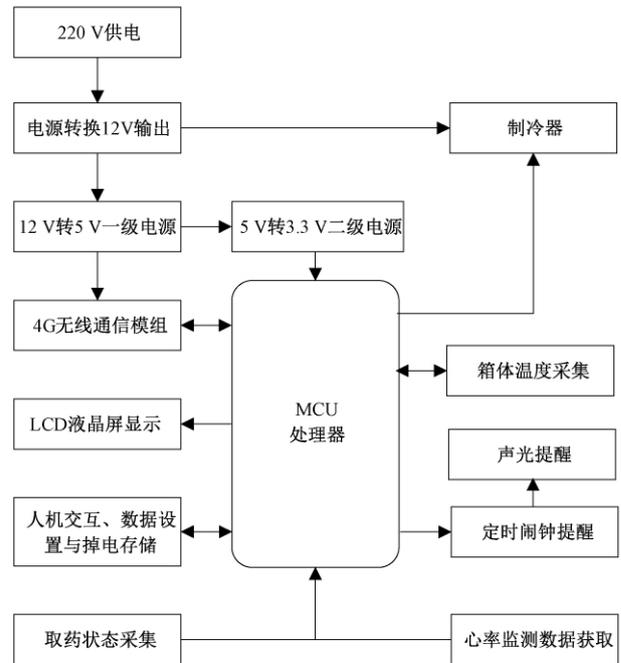


图2 智能药物储藏箱的系统设计

依据图2,设备采用最常见的220V/AC作为供电电源,以开关电源作为初级稳压,通过3级降压分别将其供给对应的传感器模块及主控使用;以SIM800C做为4G通信模组向手机端传输设备及使用者的关键信息;采用薄膜按键作为人机交互的基础来控制设备;药箱顶部特殊位置设有能够检测药箱盖开合状态的传感器,以此判断使用者是否开盖取药;同时应用18B20温度传感器和制冷模块相结合控制药箱的温度,以保证存放药物的质量;此外使用4G通信协议和蜂鸣器等传感器相结合组成了时间管理系统,进一步扩展药箱的功能^[7];而核心的自制心率检测模块则可以精确检测使用者的心率情况,并在需要时向手机端发送。

2 关键技术及创新点

2.1 心率测量

1) 心率测量的技术改进

针对智能药箱的心率检测功能,结合市场已有的心率检测方案,做出了重要的技术改进。

对于用户的心率检测,采用光电式检测传感器进行心率的信号获取,传感器发射恒定波长的光信号,通过人体组织中动脉的收缩和扩张的所导致的透光度的不一致,电路所获取到的反射光电信号经过电路处理作为心率信号的判决依据。

对于获取到的脉搏信号,周围环境的光线均会导致波形受到干扰,因此添加了波形滤波功能。

由于脉搏信号是非常微弱的,因此需要对于波形进行运算放大,结合市场已有的方案,通过多次实验调试,确定使用多级运算放大的技术方案进行波形处理。

针对以上所述优化方案,设计了如下关于脉搏信号的采集电路,心率采集电路由 3 个主要部分组成,包括红外检

测采集模块、心率滤波电路和信号放大电路^[8]。心率采集电路如图 3 所示。

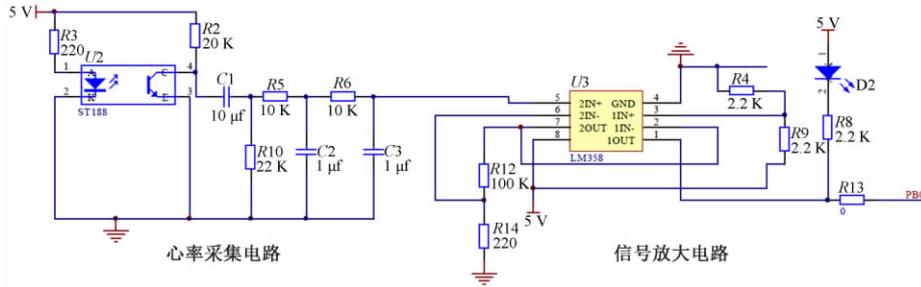


图 3 心率采集电路

光电式脉搏检测电路的实验测量及波形分析:心脏跳动会引起动脉的扩张与收缩,导致指尖血液透光度随之而发生变化,因此采用 ST188 光电式传感器作为脉搏采集传感器,它可以检测到人体指尖细微的动脉变化,并将其转换为微弱的电信号跳变。

(1)考虑到脉搏跳动引起的传感器信号变化是很微弱的,因此再采集端添加了 R6 作为激励电阻,同时在传感器的输出端口添加了多个滤波电路稳定信号,通过 R5、C1 的组合电路,可有效滤除高频干扰,之后添加的 C2、C3、R9 组成 π 型滤波电路,可有效传递交流信号,隔断直流信号,通过该部分电路的有效处理,获取到的波形信号可近似达到预期的理想状态^[9],实际检测波形如图 4 所示。

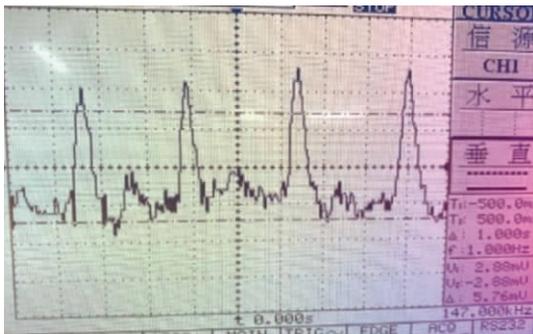


图 4 心率采集原始波形

(2)如图 5 所示,采集道德原始心率信号非常微弱,峰值脉冲信号近 2.88 mV 左右,无法直接进行处理。同时,上图也体现出了该波形混合了其它杂波的情况,便可知检测的过程极易受到外部的电磁干扰、环境光线、运动噪声等外部环境因素的影响,因此,需要该信号进行滤波放大,将滤波处理后的心率信号输入初级放大电路,初级运放电路由双运放 LM358 的一路、R16、R14 共同构成正向运算放大电路,将电阻值代入正向运放公式(1)中:

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_{14}}{R_{16}} + 1 \right) \quad (1)$$

得到原始信号被放大 455 倍,同时进一步的滤去了信

号中的高频成分^[10-11],初级放大电路后得到的波形如图 5 所示。

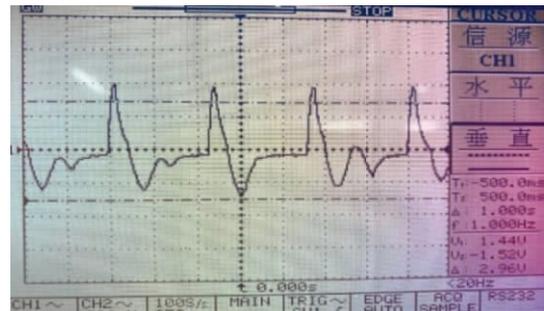


图 5 心率整形波形

(3)经过初级放大滤波之后的心电信号已经较为理想,尖峰超过 2 V 可以被单片机所采集,然而由于心率信号的一个周期中除了最高的 QRS 波群之外,P 波、T 波、T 波也会引起不同高度的信号脉冲,在某些特殊情况下会被程序误判为一个新的周期,因此需要对其做进一步的优化处理。将初级放大之后的心率信号传入 LM358 的第二个通道,由 R7、R12 和内部第二个运放组成单限电压比较器,当信号中出现大于 1.5 V 的脉冲输出高电平,小于 1.5 V 的脉冲输出低电平,由此得到如图 6 所示的心率电平信号^[12-13]。



图 6 单级运算放大心率波形

(4)经过电压比较器的信号已经能够被单片机识别,

但电压的幅值相对较小,当外部干扰较为强烈或者在采集心率过程中受到干扰时依旧会有影响,因此最后一步将信号送入另一片正向 LM358 运放电路之中放大两倍,最终得到如图 7 所示的心电信号,该信号尖峰波形达到 5.76 V,能被市面上的绝大多数单片机及 ADC 设备所识别,而且信号稳定性极强,失误率低于 1%,能够完美解决心率检测之中各个环节的问题^[14-15]。



图7 双级运算放大心率波形

以往的通过红外发射管及其红外接收管组成的心率传感器只采用有源滤波和单级放大电路。虽说同样放大 100 倍,但是只通过第一次滤波会有明显运放本身的失调或者严重失真。并且其中的一些不需要的波形也会被放大也会导致 LED 电亮从而心率监测会有很大的误差。而两次放大稳定性会变得强一些。并且不需要选择较为严格的器件成本也比较低,更加接近真实心率值。

本文使用的是采用的是由红外发射管及其红外接收管组成的心率传感器。根据医学的验证,人心脏的跳动会使人体组织的半透明度改变,这种现象最明显的表现在人的手指尖,于是可以利用红外发射装置照射手指尖,接收管检测透射光。得到的透射光的光信号,将其光信号转换为电信号,电信号的频率与心率次数成正比。

2) 心率信号类型转换

为了用户能够很直观的得到测量的心率值,因此对于上述处理后的脉搏波形模拟信号要将其转换为数字信号,同时进行智能化的显示。在对波形进行处理时,为能够最大程度的保证测量脉搏数值的高度准确性,因此在波形检测算法上也进行了多次代码包容性测试,对多种人群的多种波形信号能够达到目标期望值,具体的模数转换数值获取算法方案如图 8 所示。

图 9 所示为获取心率数值得具体实际流程,实际原理为单位时间内检测波形的峰值点。该电路的输出端口与主控制器 MCU 连接,通过微处理器的 AD 模数转换功能,获取波形信号对应的数值,当某一时间点的波形信号数值大于设定阈值时,进入峰值判断过程,当该点的电压值同时满足大于左右两个点采集的电压值时,则将该点记为波形峰值点,该步骤可有效提升峰值检测的准确性,通过主控内部的定时器记录两次峰值的时间间隔,同时进行 5 次的周期性采集,对于数值进行均值化处理,可获得准确性

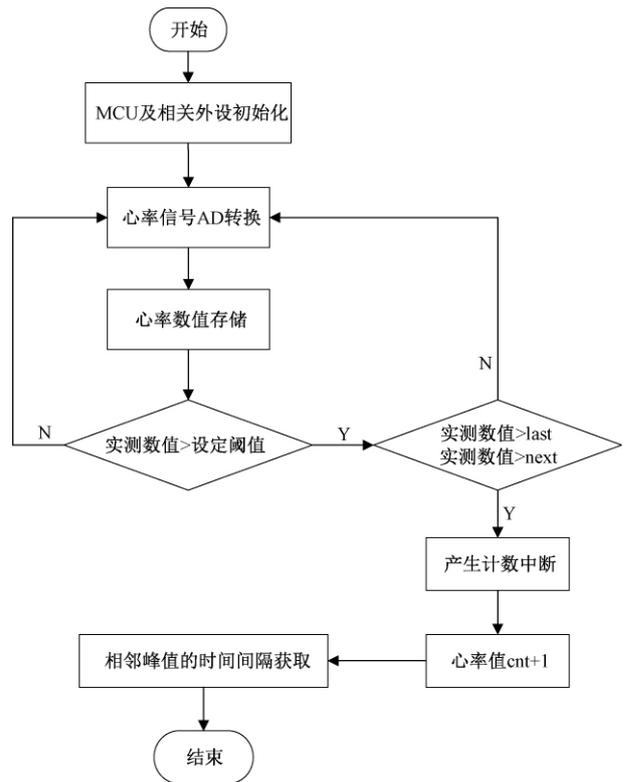


图8 心率获取算法程序

较高的人体脉搏数值。

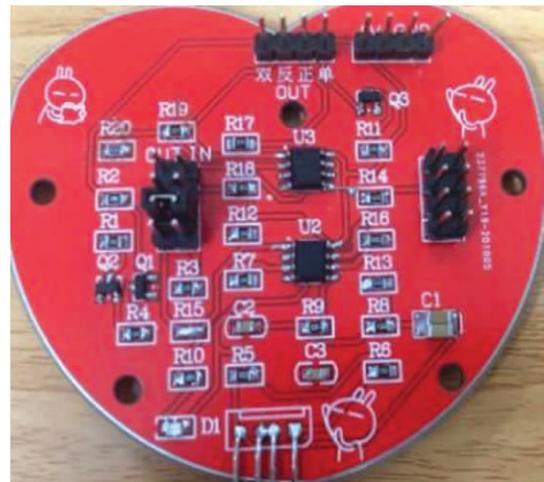


图9 自制心率监测模块

2.2 设备走时优化方案设计

对设备进行功能性分析便可得知,该设备需要精准化的北京时间获取,以实现对于定时闹钟的准确相应。通过对于市场相关产品进行研究发现,对于相关产品的时处理部分,尤其是该种设备需要定时闹钟这种精准化的时间获取,市场上的产品可能大部分都需要设备进行联网以保证设备与网络时间的同步性,因此需要不断地获取网络授

时。对于市场上不需要网络授时的设备,则设备内部的走时在一定的运行周期后势必导致一定程度的误差积累,进一步扩大了时间信息的误差性,虽然不排除市场上已有的高精度时钟芯片,但相对来说成本以会有进一步的提升。针对该种问题,进行了多次分析研究。

方案 1:利用 4G 模组来获取。结合研发成本以及对于设备使用场景等多种实际情况的综合考虑,第一种方案就是通过 4G 模组获取网络时间。该种模式首先要保证设备处于网络环境较好的状态,主控 MCU 通过与 4G 通信模组进行串口通信,进行实时化的网络时间获取。该种方案的时间正常显示运行要保证以下两点:

1)4G 模组在保证处在网络环境较好的条件下的同时,还要保证 SIM 卡 GPRS 数据流量,以便设备可以进行上网。

2)MCU 的指令发送时间间隔要 $<1\text{ s}$,保证时间在液晶屏上数字化走时的精确性。

满足以上两点后,MCU 可通过发送 AT+CIPSTART="TCP","time.nist.gov","13"指令,通过 NTP 获取到同步时间,但该种获取形式所得到的时间信息是在北京时间的基础上加 8 个小时。从上述过程中可得知,该方案的实现不仅对于设备使用环境有一定的要求,同时不断地进行数据通信会出现一定的 GPRS 流量消耗,不仅如此,同时也增加了 CPU 的运行负荷,其高效率的响应要求也会导致一定程度的代码运行稳定隐患。

方案 2:利用市场上的实时时钟模块进行软件控制及时间的获取。如 DS1302、DS3234 这些,通过调试发现,该种形式的时间获取方案在运行一段时间后时间误差累积已经严重影响到了设备的精准化控制需求,一个月后误差单位按分钟计算,因此该方案显然不太可取。

方案 3:在 MCU 上进行处理,主控 GD32 有提供 RTC 实时时钟的功能,通过查阅资料,在该芯片外围设计了低频晶振 32.768 kHz 作为专供 RTC 走时的独立晶振,通过测试,发现随着时间的延长,其误差相对于方案 2 要小很多,同时在时间获取效率上,该方案可直接通过 RTC 中断进行获取,而 DS1302 等外部时钟模块需要地址及数据等处理,代码的时间复杂度要高很多,因此该方案可考虑^[16]。

综合以上方案,经过多次的实验与测试,决定选用通过 4G 模组初始化获取网络时间+RTC 实时时钟的形式进行设备的走时,同时在运行一定的时间周期后,设备自动再一次获取网络时间用于设备的时间矫正,这样的控制形式有效提升了设备的应用领域与应用场景^[17-18]。具体实现流程如图 10 所示。

3 项目测试

3.1 心率检测测试

通过心率测量技术的改进,智能药物储藏箱具有心率监测的功能,如图 11 所示为智能药物储藏箱上的自制优

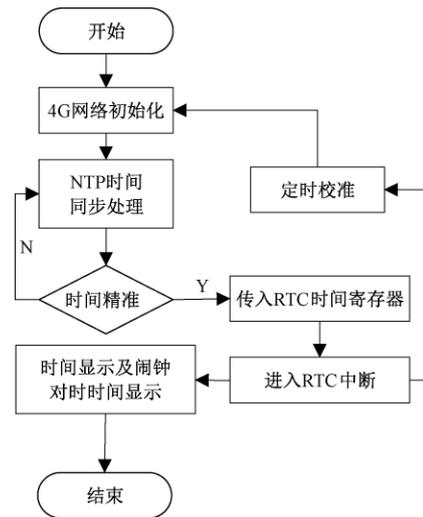


图 10 走时实现流程

化心率传感器的显示数据。



图 11 心率测量显示

为保证获取的数据对比可靠性,排除外部因素可能导致的数据采集不严谨问题,实验以多个年龄层次的人群作为检测目标,同时一个人在同一时间同一身体状态条件下,利用市场心率检测仪与该设备同时进行心率值检测,检测具体数据如表 1 所示,由该数据对比可知,误差率完全满足市场对于心率检测仪的精度需求。

表 1 心率测量结果

人员编号	心率仪测量值	药箱心率测量值
1	62	63
2	76	76
3	80	81
4	85	83
5	90	90

由表 1 可以得出被测者的心率数值,对比发现误差在 ± 2 之内。由这些数值可以得到老年人的健康状态,心率的测量在智能药箱的应用中,成本低廉同时对于老年人或者病人有着很高的使用价值,非常适合广泛的推广。

3.2 4G 模组短信传输测试

在实验开始前,调整好实验的设备,打开电源,将移动 4G 卡插入,等待网络搜索,待网络稳定,进入手机号界面,

输入接收短信的手机号码于是准备开始实验。实验开始:首先,进入闹钟设置界面,设置吃药的时间,退出闹钟设置界面,等待蜂鸣器的报警提醒。当蜂鸣器响起以提示吃药等待 1 min 不进行取药操作,于是 1 min 后,闹钟关闭然后手机接收到提醒短信。

最后,为了防止误差和偶然性并检测是否可以正常实现功能重复实验并记录实验数据如表 2 所示为 GSM 短信传输测试结果。

表 2 GSM 短信传输测试结果

设定时间	实时时间	蜂鸣器是否报警	1 min 蜂鸣器关闭	是否接收短信
5:15	5:15	是	是	是
10:10	10:10	是	是	是
11:25	11:25	是	是	是
15:15	15:15	是	是	是
18:10	18:10	是	是	是

由以上的图表得出:当设定的时间与实时时间一致时,老人未及时吃药,蜂鸣器报警提醒吃药,若不进行吃药动作,等待 1 min,蜂鸣器关闭,提醒短信发送到手机上。GSM 短信传输技术不仅照顾到老人的安全而且还减轻了年轻人的负担。老年人没吃药的提醒短信发送到子女手机上,子女会打电话给老人或者直接回家提醒吃药,因此这也是老年人与子女的情感连接。

3.3 显示测试

显示测试包括温度信息、心率信息、时间信息还有闹钟设定信息和手机号修改的界面显示。当打开智能药箱的电源,等待 4G 网络的搜寻,网络稳定后进入主界面,其中,主界面显示时间信息、温度信息。图 12 所示为主界面。



图 12 主界面

为防止误差和偶然性并检测是否可以正常实现功能重复实验并记录实验数据,温度信息和时间信息显示的测试结果如表 3 所示。

在主界面的基础上,按动一次“B”键进入闹钟一界面;按动两次“B”键进入闹钟二界面;3次“B”进入闹钟三界面;按动 4 次“B”进入心率测试界面;按动“#”键进入手机号修改界面;若进入闹钟界面或者手机号修改界面超过 8 s 自动回到智能药箱的主界面。

表 3 主界面显示的测试结果

时间信息	温度信息/($^{\circ}\text{C}$)	是否有 4G Init...
2020/4/10 10:15	24.7	是
2020/4/12 11:15	25.3	是
2020/4/25 16:16	22.8	是
2020/5/10 11:26	26.1	是
2020/5/10 15:15	25.2	是

根据设计,进入主界面后按动“B”的进入闹钟的设置界面或是心率测试界面;按动“#”进入手机号修改界面并且在闹钟设置界面或者手机号修改界面每超过 8 s 自动回到智能药箱的主界面并显示实时时间信息和温度信息

当监护人想得知老人最近一次的心率值也可通过发送特定的手机短信:heart rate,来获取到最近一次检测的心率信息和当时测试心率的时间心率值显示如图 13 所示。



图 13 监护人读取最近心率值显示

4 结 论

本文设计的智能药物储藏箱主要使用了物联网技术、传感技术、以及人机交互技术,智能药箱在功能上实现了吃药提醒、短信提醒、温度检测、心率检测和药物冷藏的功能。不仅有效的提醒老年人按时服药,同时减轻了子女的很大负担,也为老年人和其子女们建立起情感的桥梁。

本文设计的智能药箱在功能上有待完善,可以增加脉搏测量、血压测量和血糖测量等多种功能,并且随着 5G 进入人们的生活,未来的药箱可以利用 5G 网络能更高效并迅速地传递吃药提醒信息,而且提醒方式不仅限于短信的提醒。随着以后科技的发展社会的进步,会有更多的科学技术应用在智能药箱上,将为老人提供更多的贴心的服务。

参考文献

- [1] 杨一帆,潘君豪. 互联网时代,别落下老年人[N]. 健康报,2020-10-13(8).
- [2] 邓威. 基于人性化理念的老年人医疗器械设计研究[J]. 设计,2019,32(20):138-139.
- [3] 陈舒益. 嵌入式智能云药箱的设计[J]. 辽宁师专学报(自然科学版),2019,21(3):76-80.

- [4] 闫学顺,于洋.基于 Android 的远程互通智能药箱的设计与实现[J].电子世界,2018(5):134-135.
- [5] 管明浩,王艳媛.基于 STM32 的家用智能药箱[J].电子技术与软件工程,2020(9):75-76.
- [6] 葛杰,李泽政,钟奕琦,等.基于 GSM 无线通讯技术的智能药箱[J].电子制作,2020(14):9-10,16.
- [7] 胡进德.STC12C5A60S2 的小数据量掉电保护系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2019,19(8):8-10,13.
- [8] 杨帆,王鹏,张宁超,等.一种基于小波变换的改进滤波算法及其在光谱去噪方面的应用[J].国外电子测量技术,2020,39(8):98-104.
- [9] 吴海燕,季忠,李孟泽.基于脉搏波的无创连续血压监测模型簇研究[J].仪器仪表学报,2020,41(7):224-234.
- [10] PÉREZ S A, DÍAZ A M, LÓPZE D M. Personalized tracking of physical activity in children using a wearable heart rate monitor[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2020,17(16), DOI:10.3390/ijerph17165895.
- [11] 吴全玉,贾恩祥,戴飞杰,等.便携式低功耗可穿戴心率血氧监测系统的设计[J].江苏理工学院学报,2020,26(4):53-61.
- [12] 卢超.基于 GSM 智能温度测控装置的设计[C].广播技术与多媒体通信国际会议,2010:230-233.
- [13] 邹俊丞,卢占军,乔宁,等.监测部位差异对黄龙病近红外预测模型的影响[J].光谱学与光谱分析,2020,40(8):2605-2610.
- [14] 杨森杰,林锦锋,马凯创,等.一种无线便携式心率血氧检测仪的设计[J].科技创新与应用,2020(28):47-49,51.
- [15] 张小兰,房玉,刘栋博,等.肥心病心音时频杂波特征提取识别算法研究[J].电子测量与仪器学报,2020,34(4):20-26.
- [16] 许永峰,贺玉成,周林.血压脉搏振荡波的重软件滤波提取算法[J].电子测量与仪器学报,2015,29(3):454-459.
- [17] 张光华,李世海,赵玲.智能油井电驱式刮蜡设备的设计与应用[J].电子测量技术,2020,43(17):181-188.
- [18] 姬宪法,李传江.基于 STM32 的智能线性位移传感器信号处理系统设计[J].电子测量技术,2016,39(11):109-112.

作者简介

张光华,博士,副教授,主要研究方向为信息与信号处理、移动定位及卫星导航。

E-mail:dqzgh@nepu.edu.cn

马超,硕士研究生,主要研究方向为车联网通信中的资源分配。

E-mail:machao0452666@163.com