文章编号:1674-2974(2024)08-0047-10 DOI:10.16339/j.cnki.hdxbzkb.2024277

低功耗海上救援个人示位标的设计与实现

廖密[1],聂桂根[1,2†],赵静[1],贺喜[1]
(1. 武汉大学 卫星导航定位技术研究中心,湖北 武汉 430079;
2. 湖北珞珈实验室,湖北 武汉 430079)

摘 要:设计和实现了一种改进的海上救援个人示位标,该示位标具备北斗导航定位能力和北斗短报文通信功能,同时具备人体生命体征监测上报和触水启动的功能,并支持COSPAS-SARSAT卫星搜救系统.为延长示位标的工作时间,设计了一种动态电源管理方法,实现了对不同功能电路电源通道的控制.同时,针对示位标的待机模式和工作模式,设计了超低功耗待机电路和低功耗软件控制设计方案,减少了电能的浪费.最后,分别在山东省威海市和浙江省宁波市至舟山市附近海域对原型样机进行了实际场景测试.原型样机的测试结果表明:示位标在待机状态下,电流为2.3 μA,待机时间超过5年;示位标在接收北斗信息状态下,电流为79 mA;示位标在发送状态下,7 000 mAh 7.4 V电池可发送200次求救信息.与现有产品相比,本文提出的海上救援个人示位标具有更低的待机功耗.

关键词:海上救援;个人示位标;超低功耗待机;动态电源管理
中图分类号:U676.8 **文献标志码**:A

Design and Implementation of a Low Power Personal Location Beacon for Maritime Search and Rescue

LIAO Mi[1], NIE Guigen[1,2†], ZHAO Jing[1], HE Xi[1]
(1. GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan 430079, China;
2. Hubei Luojia Laboratory, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper designs and implements an improved personal location beacon (PLB) for maritime search and rescue. The PLB has the functions of Beidou navigation and positioning, Beidou short message communication, human vital signs monitoring and reporting, and water touch trigger. What's more, the proposed PLB supports the COSPAS-SARSAT system. To extend the working time of the PLB, this paper introduces a dynamic power management method to conduct the power channels of different functional circuits. Meanwhile, this paper designs an ultra-low power consumption standby circuit and low power consumption software control scheme to reduce power dissipation. Finally, the prototype of the PLB is tested, respectively, in the adjacent sea areas of Weihai City in

* **收稿日期**:2023-09-06
基金项目:基于北斗导航系统的海上搜寻定位关键技术合作研究(2018YFE0206500)
作者简介:廖密(1991—),女,湖北仙桃人,武汉大学卫星导航定位技术研究中心 博士研究生
† 通信联系人,email: ggnie@whu.edu.cn

Shandong Province and Ningbo to Zhoushan City in Zhejiang Province. The test results of the prototype show that in the standby state, the current of the PLB is 2.3 μA, with a standby time exceeding 5 years; in the state of receiving the Beidou short message, the current is 79 mA; and in the state of transmitting rescue messages, the 7 000 mAh 7.4 V battery can send 200 distress messages. Compared to existing products, the proposed PLB in this paper for maritime rescue has lower standby power consumption.

Key words: maritime search and rescue; personal location beacon; ultra-low standby power; dynamic power management

遇到海事时,海上遇险通信设备及时有效地传输求救信息对于提高海上事故的生存率至关重要[1].卫星无线电示位标给海上救援提供了一种可靠的手段,它通过卫星将遇险位置和遇险信息转发给搜救组织,搜救组织再组织救援,及时挽救生命[2-4].为了最大限度地保障人民的生命和财产安全,研制小型化、实用化的个人便携式通导一体化终端设备具有重要的现实意义.美国的ACR公司是世界上最大的示位标制造商,示位标型号超过73个,生产的PLB产品最早通过了COSPAS-SARSAT的认证.澳大利亚GME公司是澳大利亚及新西兰这两大示位标需求大国唯一的示位标制造商.英国Ocean公司的Resue Me是目前世界最小的PLB生产厂家[5-6].国内的示位标行业中,在2013年以前,示位标产品主要以代理国外产品为主,后期中电科开发的VEP8卫星紧急无线电示位标是国内首个通过COSPAS、CCS、渔检和无线电委员会认证的产品,它可以发射406 MHz遇险信号和121.5 MHz引导信号[6].但是这些示位标产品都是针对COSPAS-SARSAT系统的卫星示位标.

考虑到北斗卫星导航系统的高精度导航定位功能和短报文双向通信能力,国内开始研发兼容北斗导航系统和具备北斗短报文通信功能的卫星示位标.2012年,芦庆丰等[7]研制了一款具有自主知识产权的基于北斗卫星导航系统的海上救生示位标,第一次实现了在整个亚太区域海洋上的遇险精确定位、自动报警和实时跟踪的功能.2016年,姜景春[8]利用北斗精确定位、短报文通信和ZigBee节点自组网通信的功能,研发了具有自主知识产权的船舶应急搜救系统,使得搜救船可以快速定位落水人员的位置.但是,北斗短报文通信系统的上行频率是国际电联规定的次要业务,干扰信号多,安全可靠性低[9].而COSPAS-SARSAT系统的频率是专用卫星搜救的频段,可避免其他系统的信号干扰,可以弥补北斗短报文信号安全性低这一缺点.由此,本文提出了一种具备北斗导航定位能力和北斗短报文通信功能,并支持COSPAS-SARSAT卫星搜救系统的海上救援个人示位标.

本文研究与实现了一种高续航能力的海上救援个人示位标.首先,该示位标设计了一种动态电源管理方法,实现了对不同功能电路电源通道的控制.其次,设计了针对示位标两种工作模式的超低功耗待机电路和低功耗软件控制设计方案,降低了电路的功耗.实验结果表明,本文提出的示位标改进电路与现有产品相比具有更低的待机功耗.最后,在山东省威海市和浙江省宁波市至舟山附近海域对本示位标样机进行了海上测试,验证该示位标的实际应用.

1 系统架构

本文提出的超低功耗海上救援个人示位标的控制芯片选用意法半导体公司推出的基于ARM Cortex-M4内核并带有DSP和FPU的STM32F413VGT6单片机,该单片机拥有1 MB Flash、100 MHz CPU、ART加速器和DFSDM等超强配置[10],能轻松应对系统的各种需求.

该示位标的系统结构框架如图1所示.系统组成包括手动启动按钮、触水开关、复位电路、开关电路、DC-DC转换电路、电池、北斗通信模块、RDSS天线、DDS模块、LNA模块、射频功放、406 MHz天线、

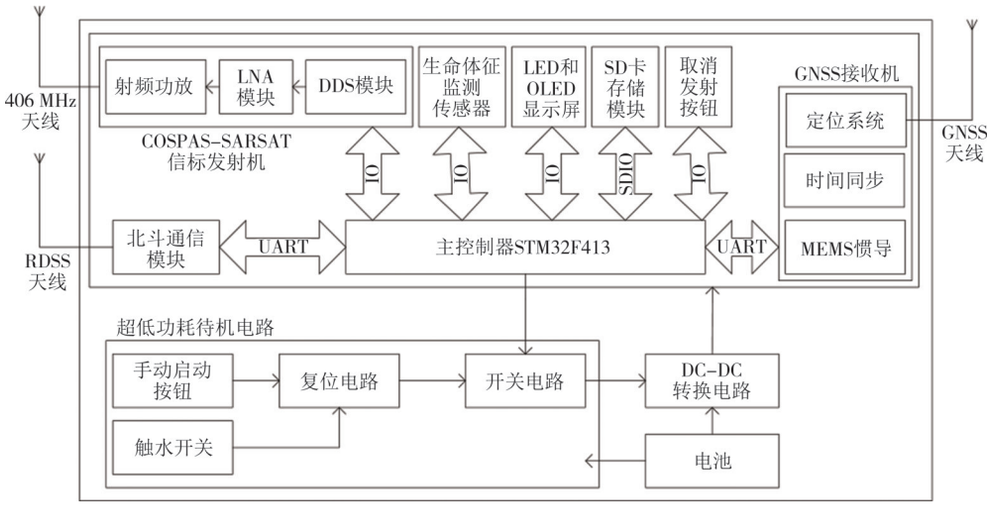


图 1　示位标系统结构框架图

Fig.1　Structural frame diagram of the proposed PLB

生命体征监测传感器、LED 信号灯、OLED 显示屏、SD 卡存储模块、取消发射按钮、定位系统、时间同步、MEMS 惯导、GNSS 接收机、GNSS 天线和主控制器 STM32F413.其中,手动启动按钮、触水开关、复位电路、开关电路组成超低功耗待机电路,DDS 模块、LNA 模块、射频功放组成 COSPAS-SARSAT 信标发射机,定位系统、时间同步、MEMS 惯导组成 GNSS 接收机.

示位标各部分的作用分别是:电池用来给整个示位标中的各个器件供电;DC-DC 转换电路用来将电池的电压转换成系统各个模块需要的电压;手动启动按钮、触水开关、复位电路和开关电路组成超低功耗待机电路,在系统未启动时超低功耗待机,当触水开关触水或者手动启动按钮按下时,系统启动;主控制器 STM32F413 单片机控制北斗通信模块、开关电路、GNSS 接收机、COSPAS-SARSAT 信标发射机、取消发射按钮、SD 卡存储模块、LED、OLED 显示屏以及生命体征监测传感器的工作;GNSS 接收机用来接收示位标所在的位置信息;北斗通信模块用来实现与北斗救援中心的信息交互;COSPAS-SARSAT 信标发射机用来将求救信息发送给全球搜救组织;生命监测传感器用来采集遇险人员生命体征;LED 和 OLED 显示屏用来直观显示示位标的状态;SD 卡存储模块用来存储示位标运行的状态;取消发射按钮用来在误触发或者遇险人员脱险时取消求救信息的发射.

2　电源管理部分设计

2.1　动态电源管理系统设计

本系统采用独立降压方式,针对不同的电压需求,设计了合理的电源拓扑结构,结合开关电源,有效地降低系统功耗.图 2 是主电路的电源树,电路经过转换分别得到 5 V、3.3 V 的电源以供给不同的模块.

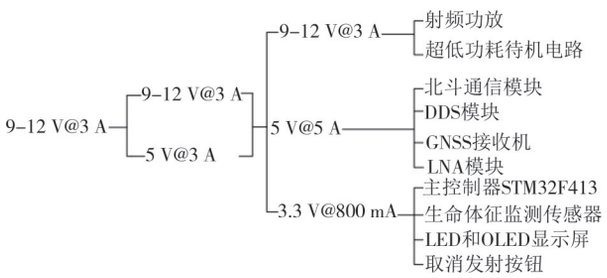


图 2　电源树

Fig.2　Power tree

动态电源管理(DPM)是一种设计方法,用于动态地重新配置系统,以最小数量的活动组件或最小负载提供所请求的服务.DPM 包含一组技术,这些技术通过在系统组件空闲(或部分未被利用)时选择性地关闭(或降低性能)系统组件来实现节能[11].本文为降低海上救援示位标的功耗,设计了一种适用于本文所提出的个人救援示位标的动态电源管理系统.

该动态电源管理系统的原理框图如图 3 所示,锂电池用于给系统供电,触水开关和启动按钮用来控制电流通过电源管理系统,电源管理系统用于控制负载的工作.只有当示位标的触水开关或者启动

按钮打开时,锂电池的电流才通过稳压芯片转换成5 V和3.3 V的电压给不同的负载供电.同时,对于可以关闭的负载,通过单片机和MOS管控制电流通断,如图3中的R_1~R_9所示.

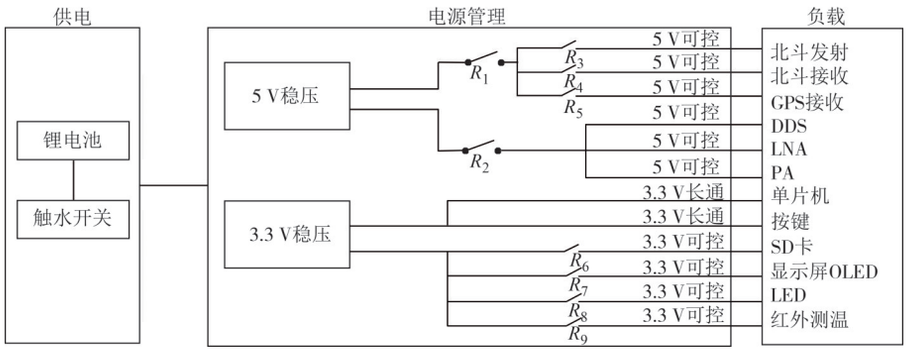


图3 电源管理系统原理框图

Fig.3 Schematic diagram of the dynamic power management system

系统工作的流程是:当示位标触水启动或者手动启动后,电流允许流向电源管理系统,在稳压芯片的转换下,转化成5 V电压或者3.3 V电压.5 V电压用来给北斗发射机、北斗接收机、GPS接收机、DDS、PA、LNA等负载供电,3.3 V电压用来给单片机、按键、SD卡、显示屏OLED、LED、红外测温等负载供电.在5 V供电模块中,开关R_1控制北斗接收机、北斗发射机和GPS接收机的供电,同时北斗接收机、北斗发射机和GPS接收机也分别通过开关R_3、R_4、R_5的控制,DDS、LNA和PA一起受开关R_2的控制.在3.3 V供电模块中,单片机、按键的供电为长通,SD卡、显示屏OLED、LED、红外测温分别通过开关R_6、R_7、R_8、R_9控制,选择性地断开和关闭.同时开关R_1~R_9均受单片机引脚的控制.

2.2 超低功耗待机电路设计

传统的海上救援示位标启动方式有3种:自动启动、手动启动和远程启动.自动启动是指当设备遇险时,设备自动浮走后测量压力,之后系统自动启动,然后设备与浮支架分离浮到水面,遇水打开水敏开关后设备启动.手动启动是指键盘的手动操作,输入的命令被确认无误后,系统启动.远程启动是指天线接收到信号,系统解析接收到的信号命令后控制系统启动.对于个人海上救援设备,浮式自动启动后,水敏开关与水分离,电路不再接通,会导致信息传输延迟;手动启动在遇险人员落水时,不方便按下手动按钮,也会导致遇险信息传递不及时;远程启动需要让天线长时间处于接收信号的状态,并随时对接收到的信号进行分析,需要消耗大量的功率[12-13].依据以上提出的示位标的3种启动方式,本示位标改进设计了超低功耗待机电路,解决了海上救援个人示位标待机启动的问题.

图4为本文提出的超低功耗待机电路结构图.它主要由复位电路和开关电路组成.本文提出的示位标电路待机电路均采用超低功耗集成电路.它的功能是在人不遇险时,电池仅为超低功耗待机电路供电,既满足遇险监测需求,又能实现超低功耗待机,减少电能浪费.其中开关电路选用P通道低漏电流金属氧化物半导体管(PMOS)—CSD25404Q3[14].它是一个-20 V, 5.5 mΩ功率金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET),在功率转换负载管理应用中被设计为最小化损耗,漏电流小于1 μA.传统控制上电路的方式是控制DC-DC转换电路的EN引脚,但是这样仍然会存在关闭电流,关闭电流远比超低功耗待机的复位电路要高.例如,我们在系统中选用的DC-DC转换器,其输出电压电流满足5 V 5 A的需求,但其关闭电流仍高达10 μA[14-15].因此,我们选择使用开关电路来控制电池电流允许流入DC-DC换电路,以减少DC-DC转换器的关断电流.图5所示为超低功耗待机电路原理图.

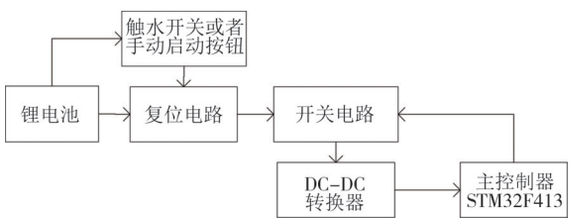


图4 超低功耗待机电路结构图

Fig.4 The structure of the ultra-low power standby circuit

如图5所示,锂电池通过J1接入超低功耗待机电路中,正极命名为Power,负极命名为GND.输入电压Power为7.4 V,给复位芯片TPS3840PH25DBVR供电[16].复位芯片输入连接手动开关和触水开关,输出

复位信号引脚命名为RESET.当按下手动开关时,输出引脚产生1.5 s复位脉冲信号.图6为手动输入信号和复位输出信号的电压变化图.当触水开关触水时,复位引脚也会产生1.5 s复位脉冲信号.图7为触水开关输入信号和复位输出信号的电压变化图.开关电路主要由P型MOS管Q1和两个NPN晶体管Q2、Q3组成.Q1选择型号是CSD25404Q3,Q2选择的型号是FMMT495.Q1引脚的输入信号为V_{in},输入Q2的控制信号为RESET信号,输入Q3的控制信号为STM32控制器的控制信号Control Port.当RESET和Control Port信号中任一信号为高电平(大于0.7 V)时,PMOS打开,锂电池电流允许流入系统.只有当RESET和Control Port信号都为低电平(小于0.7 V)时,锂电池电流才不允许流入系统.

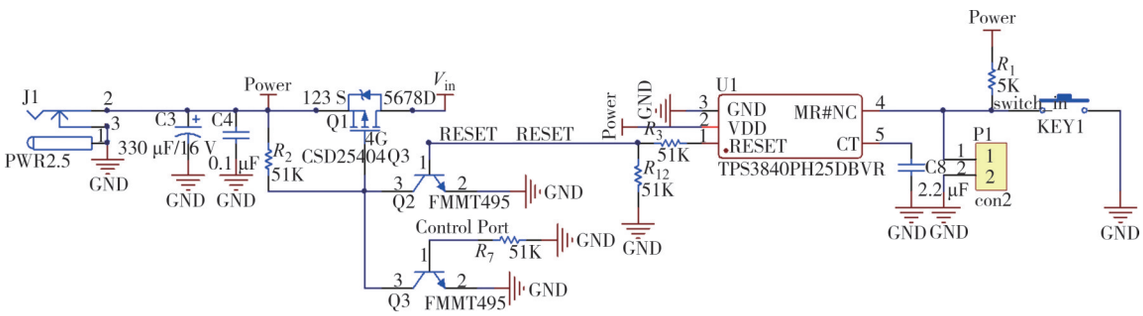


图5　超低功耗待机电路原理图

Fig.5　Schematic diagram of ultra-low power standby circuit

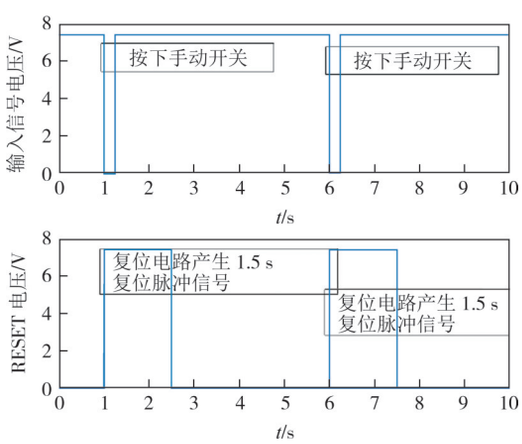


图6　手动输入信号和复位输出信号的电压变化图

Fig.6　The variation of the manual input-voltage signal and the reset output-voltage signal

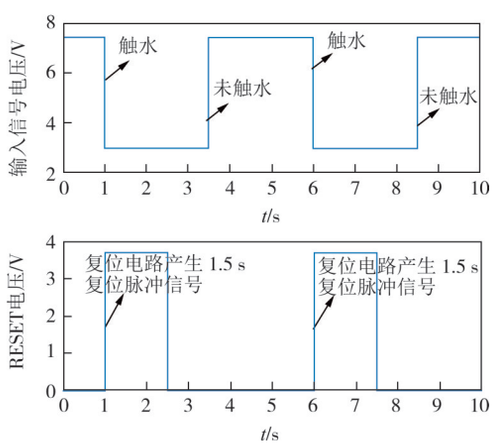


图7　触水开关输入信号和复位输出信号的电压变化图

Fig.7　The variation of the water touch input voltage signal and the reset output voltage signal

表1是V_{in}随RESET、Control Port和Power电压变化表.

表1　V_{in}随RESET、Control Port和Power的电压变化

Tab.1　The V_{in} changes with the voltage of RESET, Control Port and the Power

RESET/V	Control Port/V	Power/V	V_{in}/V
0	0	7.4	0
3.7	0	7.4	7.4
0	3.3	7.4	7.4
3.7	3.3	7.4	7.4

复位电路和开关电路组成待机电路,开关电路由复位电路和单片机引进控制.当复位电路不产生复位信号时,开关电路关闭,系统处于超低功耗待机状态.锂电池只向复位电路供电,减少不必要的能源浪费,延长系统的待机时间.

2.3　低功耗软件设计

示位标实现低功耗不仅需要动态电源管理系统和超低功耗待机电路,还需要嵌入式软件的配合.具体过程如下:如果PLB未触水或手动开关未被激活,系统将一直处于待机状态,待机电流极低.当水接触触水开关或人为按下手动开关时,PLB打开,示位标以60 s的时间间隔向COSPAS-SARSAT系统和北斗短报文通信系统发送SOS信息.当救援中心接收到SOS信息时,救援中心将向海上遇险人员发送回执.当PLB收到3次回执信息后,它将停止向救援中心发送求救信息.其中,SD卡每分钟上电存储一次位

置信息,其余时刻电源关闭.OLED显示屏电源在等待救援时也关闭,红外测温仅仅只在需要发射温度信息前由单片机控制上电并采集,其余时刻均断电.示位标的控制流程图如图8所示.

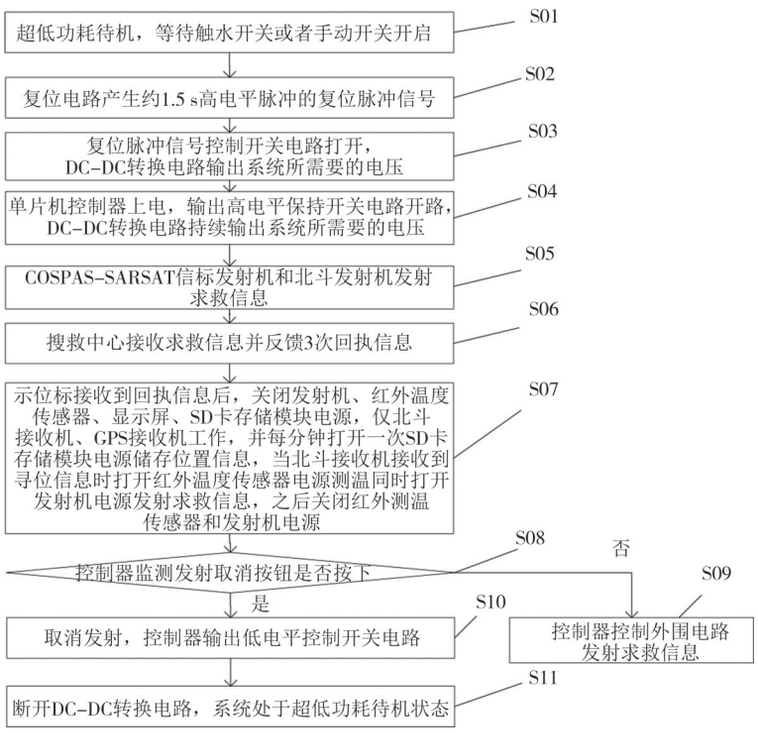


图8 示位标控制流程图

Fig.8 Program flowchart of our designed PLB

3 分析、实现及结果

为了对文中所提出的动态电源管理(DPM)系统的可行性进行评估,本文进行了理论分析和实验验证.

理论上:如果没有超低功耗待机电路,系统在使用时开机,整个系统均供电,待机时间大幅减少;如果没有动态电源管理,系统器件一直上电,增加了能耗,不利于延长电池的使用时间.实验上:对PLB不实行动态电源管理和使用动态电源管理的电流使用情况进行了实验分析和比对,采集的相关数据如图9和图10所示.

从图9和图10中可以看出,采用动态电源管理和待机电路后,在待机时,示位标的电能损耗减少了,从而延长了电池的待机时间;在示位标启动后,求救信息发射成功后仅北斗接收机工作,减少了示位标的电能损耗,从而延长了电池的使用时间.

图11所示为万用表实测待机电路的待机电流,测得的待机电流仅为2.3 μA,对于7 000 mAh 7.4 V的锂电池,待机时间至少5年.

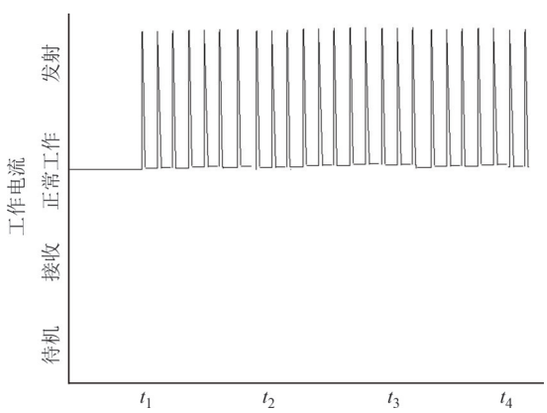


图9 无动态电源管理时的工作电流图

Fig.9 Working current diagram without dynamic power management

为了证明本文所提示位标超低功耗设计的可行性,本文对所设计的海上救援个人示位标样机的功能和性能做了测试和评估.

图12显示本文所设计的PLB发射的COSPAS-SARSAT测试码信息是由中国电子科技集团公司(CETC)示位标检测仪得到的解码结果.主要信息包括:406.024 947 MHz测量频率,该频率满足406.025 MHz±2 kHz的要求;国家代码是413,代表国家是中

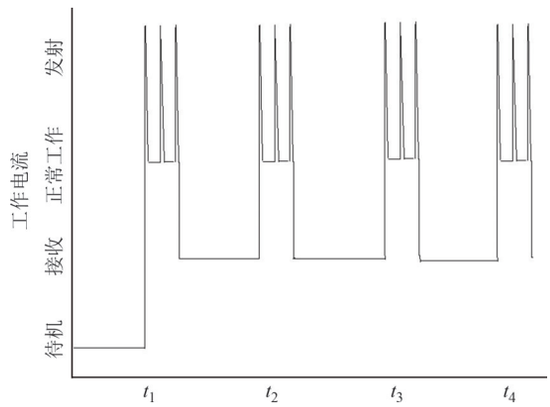


图 10　我们设计的动态电源管理时的工作电流图

Fig.10　Working current diagram with our designed dynamic power management



图 11　待机电路的待机电流

Fig.11　Standby current of standby circuit

Beacon Test Report　CETC

Beacon Information:		
Vessel Name:	NINGBO YU 12345	
Beacon Model:	VEP8	
Beacon Manufacturer:	CETC-36	
Beacon Serial No.:	12345678	
Battery Expiry Date:	02 January 2015	
HRU Expiry Date:	02 January 2015	
Measurements:		
406 Frequency:	406.024947 MHz	OK
406 RF Power:	73.0	OK
121 Frequency:	121.509639 MHz	
121 RF Power:	0.0	
Message Decoding:		
15 HEX Message:	33A43C4800FFBFF	
Country Code:	413 - China	
MMSI:	123456	
Message Format:	Long Format	TEST
Protocol:	Standard Location - EPIRB (MMSI)	
Position:	Lat:N30.5° Lon:E114.25°	
Position Data Source:	Internal GPS	
Aux Device:	121.5 MHz	
Beacon Number:	0	
Full Message:	FFFED099D21E24001E8E485158B783E0F66C	
BCH Verification:		OK
Conclusion:	✓ PASS	
Organization:	cetc-maritime1	
Tested by:	tester1	
Tested Date:	2021/11/24	13:41:28
Tester Model:	VR8	
Tester Serial No.:	39091062	
Tester Cal Due Date:	2023/4/15	

图 12　示位标检测仪解码图

Fig.12　The messages decoded by the beacon detector

国;位置信息是东经 114.25°,北纬 30.5°;海上移动服务识别(MMSI)代码是 123456;测试结果为 PASS. 该测试码的编解码结果符合 SPECIFICATION FOR COSPAS-SARSAT 406MHz DISTRESS BEACON C/S T.001 Issue4-Revision 10 November 2022 规定的数据编码格式.

图 13 显示本文提出的 PLB 向救援中心发射的且被救援中心接收的 SOS 信息的解码信息. 主要信息包括:位置信息—东经 114210.18165°,北纬 3031.784137°,ID 为 0991323,人体温度 36 ℃. 结果与我们测试状态一致.

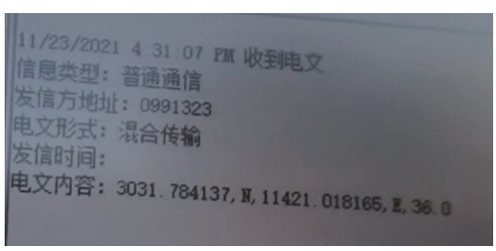


图 13　PLB 向救援中心发射的 SOS 消息

Fig.13　The SOS messages received from the presented PLB

其次,本文根据海水的电导率[17]设计了一款触水开关,如图 14(b)所示. 触水开关由两个镀金的 PCB 电极组成,当不接触海水时,两个电极处于断开状态,示位标不启动;当触水开关接触海水时,两个电极导通,示位标启动.



(a)触水开关接触点



(b)触水开关电极



(c)未触水时的示位标



(d)触水启动后的示位标

图 14　触水启动模式测试图

Fig.14　The water touch trigger test

图 14 演示了示位标触水启动的测试过程,图 14(a)为示位标触水开关的接触点,图 14(b)为触水开关的两个电极,图 14(c)为处于超低功耗待机状态的未触

水时的示位标,图 14(d)为触水启动后的示位标.

图 15 提供了本文设计的海上救援个人示位标的原型样机图.

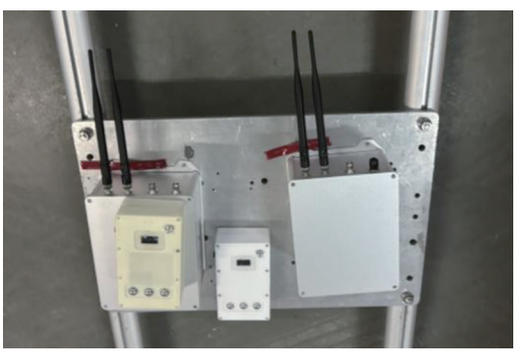


图 15 本设计的原型样机

Fig.15 The prototype of our designed PLB

在 2023 年 8 月 12—13 日期间,研发团队在威海海域对本示位标的低功耗应用进行了实际应用场景的模拟测试.示位标样机向岸基终端控制中心和 COSPAS-SARSAT 卫星发射求救信息的测试码,岸基终端控制中心接收北斗求救信息并向示位标样机发射反馈和寻问信息.其中,岸基终端控制中心设于武汉大学信息学部星湖综合实验大楼楼顶,实验过程中采用 TH-MNC300 型号的民用北斗三代指挥机进行北斗短报文信息的收发.测试结果表明示位标的续航时间为 2 d.

图 16 提供了本文所测试的海上救援个人示位标原型样机,图 17 为威海海上测试现场.

为了对示位标样机的其他功能进行测试,研发团队于 2023 年 8 月 30 日当天在浙江省宁波市至舟山市附近海域进行了测试.图 18 为浙江省宁波市至舟山市附近海域示位标海上测试现场图.

图 19 为浙江省宁波市至舟山市附近海域测试存储位置数据轨迹图,与实际测试时示位标运动的轨迹一致.

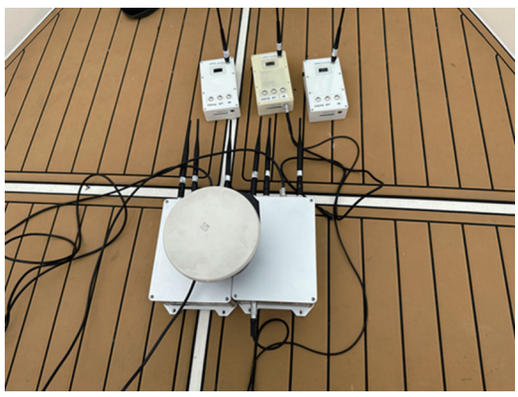


图 16 原型样机现场测试图

Fig.16 The field test of the PLB prototype



图 17 威海海上现场测试图

Fig.17 The field test in the coastal of Weihai

为了对超低功耗待机的实际效果进行检验,研发团队在 2022 年 6 月 1 日—2023 年 6 月 1 日期间对测试用示位标样机进行了待机测试.示位标充满电后不停发射北斗和 COSPAS 求救信息至电量耗尽,测试结果表明示位标可以发射 200 次求救信息.其次,在 2022 年 6 月 1 日—2023 年 6 月 1 日期间,对同一个测试用示位标充满电后进行 1 年时间的待机,2023 年 6 月 1 日之后的某一时间开始不停发射北斗



图 18 宁波市至舟山市附近海域示位标海上测试现场图

Fig.18 The field test of the PLB prototype in the sea near Ningbo City to Zhoushan City

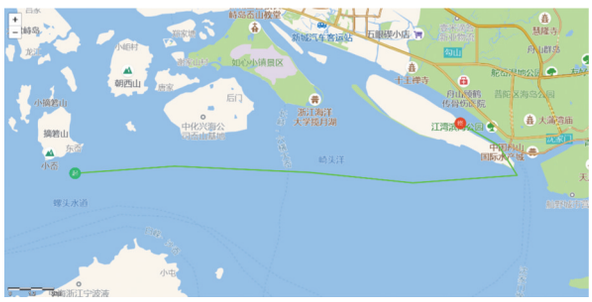


图 19　个人示位标测试用存储数据的轨迹图

Fig. 19　The moving trajectory of the PLB based on the test data

和 COSPAS 求救信息,试验结果显示测试用示位标仍可以发射 200 次求救信息.测试结果表明本文所述测试用个人示位标具有超长待机时间.

为了证明我们设计的 PLB 具有更低的待机功耗和更高的性能,在船舶导航设备行业中,我们对国内外几种不同品牌最新 PLB 设备的功能与我们设计的海上救援示位标的原型样机进行了对比,如表 2 所示.表 2 的对比结果表明现有的 PLB 装置大部分都没有兼容 COSPAS-SARSAT 系统和北斗系统并缺少超低功耗待机电路来监测人员落海情况,也没有监测人体生命体征的功能,且工作时间均短于本文设计的示位标,故本示位标具有更低的待机功耗和更高的性能.

表 2　本文所设计的海上救援个人示位标样机与国内外几种不同品牌 PLB 产品的比较

Tab.2　The comparison of this proposed PLB prototype and several other domestic and international PLB products

参数	中国电子科技集团公司	中国电子科技集团公司	Mcmurdo	Kannad	本样机
名称	北斗个人搜救报警示位标	COSPAS 个人示位标	快速查找便携式个人应急示位标	卡纳德海上安全链路个人搜救示位标	海上救援个人示位标
型号	ME3006[18]	VPL8[19]	Fastfind[20]	Kannad Marine SafeLink Solo[21]	PLB-GRC
功能	1.具有北斗定位和短报文收发功能; 2.支持 SOS 紧急救援功能; 3.支持落水报警功能; 4.支持 AIS 报警信息收发功能	同时支持 GPS、COSPAS 系统,可实现搜救任务的全球覆盖	1.同时支持 GPS、Galileo 和 COSPAS 系统,可实现搜救任务的全球覆盖; 2.支持 SOS 紧急救援功能	同时支持 GPS、Galileo 和 COSPAS 系统,可实现搜救任务的全球覆盖	1.支持 GPS、北斗和 COSAS-SARSAT 系统; 2.具有北斗短报文收发功能
射频输入、输出频率	S:(2 491.75±4.08) MHz; L:(1 615.68±4.08) MHz; 406.025 MHz	406.040 MHz±1 kHz	406.031 MHz	406.031 MHz 121.5 MHz	S:(2 491.75±4.08) MHz; L:(1 615.68±4.08) MHz
定位接收灵敏度	−127.6 dBm	/	/	/	−162 dBm
发射信号功率	5 W(37 dBm)	5 W	5 W	5 W	北斗 5 W(37 dBm); COSAS-SARSAT 2.5 W
定位精度	≤10 m	≤100 m	30 miles,plus 3 m	/	水平≤6 m,高程≤8 m
定位模式	GPS+北斗	GPS	GPS+GALILEO	GPS+GALILEO	GPS+北斗
工作时间	>24 h(北斗发送频次为 5 min)	24 h	24 h	24 h	48 h
启动模式	手动开机/自动激活	手动启动	手动启动	手动,三级	手动启动或触水启动
超低功耗待机电流	/	/	/	/	2.3 μA
待机时间	5 a	5 a	5 a	5 a	大于 5 a
数据存储功能	无	无	无	无	有

4　结 论

本文所设计的海上救援个人示位标在硬件上采用超低功耗待机电路和增加北斗回执信息的方式进行工作.在待机时,示位标处于超低功耗待机模式;在工作时,如果救援中心接收到了求救信息,反馈给北斗系统信息后,系统关闭发射求救信息,使系统的

工作时间得到延长,功耗降低.

实验结果表明,本文所设计的个人示位标的超低功耗设计方案有效可行.本示位标的二次开发功能十分强大,能应用于各种实时性要求较低的嵌入式产品,如救援示位标、便携设备、智能室外救生设备等.本文所设计的个人示位标为人们的安全出行提供了有效的防护保障,同时为智能救生产品的低功耗设计提供了较高的参考价值.

参考文献

[1] BROWN R, MOLYNEUX D, RYAN J, et al. Maritime search and rescue in Canada and the use of emergency radio beacons[J]. Marine Policy, 2023, 147: 105261.

[2] ILCEV S D. Alternative maritime radio solutions for enhanced GMDSS network [J]. TransNav: the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 2022, 16(2): 259-265.

[3] BELLANTONI J F. A match/merge technique for 121.5/243 MHz beacons in the COSPAS-SARSAT system[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1993, 29(2): 518-526.

[4] ALI SRIHEN B, YONNET J P, BENSLAMA M. Design and realization an ELT beacon and decoders of frames 406 MHz[C]// 2017 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS). Monastir, Tunisia. IEEE, 2017: 1-6.

[5] 姚克波,陈岱岱. 个人示位标研究与设计[J]. 无线互联科技, 2019, 16(7): 108-110.
YAO K B, CHEN D D. Personal indicator research and design [J]. Wireless Internet Technology, 2019, 16(7): 108-110. (in Chinese)

[6] 方雄生,薛国松,陈凯. 基于北斗RDSS的个人示位标的设计[J]. 数字通信世界, 2016(12): 8-9.
FANG X S, XUE G S, CHEN K. The design of PLB based on compass RDSS[J]. Digital Communication World, 2016(12): 8-9. (in Chinese)

[7] 芦庆丰,张三喜,孟宪宏. 基于北斗卫星导航系统的海上救生示位标[C]//中国航海科技优秀论文集(2012), 2013: 55-61.

[8] 姜景春. 基于北斗和ZigBee的海上搜救系统研究[J]. 科技视界, 2016(11): 133-134.
JIANG J C. Research on maritime search and rescue system based on Beidou and ZigBee[J]. Science & Technology Vision, 2016(11): 133-134. (in Chinese)

[9] 冯新岗,宋志强,张立新. 卫星搜救与北斗短报文通信搜救对比研究[J]. 空间电子技术, 2014, 11(2): 63-66.
FENG X G, SONG Z Q, ZHANG L X. Study between satellite search and rescue and Beidou radio determination satellite system [J]. Space Electronic Technology, 2014, 11(2): 63-66. (in Chinese)

[10] STM32F413/423-PDF Documentation [EB/OL]. [2023-8-31]. https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f413-423/documentation.html.

[11] BENINI L, BOGLIOLO A, DE MICHELI G. A survey of design techniques for system-level dynamic power management [J]. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, 2000, 8(3): 299-316.

[12] CETC. Satellite emergency radio beacon[EB/OL]. [2023-8-20]. http://cetcme.sansg.com/product_page-70.html.

[13] CETC. Satellite emergency radio beacon[EB/OL]. [2023-8-20]. http://cetcme.sansg.com/product_page-58.html.

[14] Texas Instruments. CSD25404Q3datasheet [EB/OL]. [2023-8-20]. https://www.ti.com/cn/lit/ds/symlink/csd25404q3.pdf? ts=1655830887319.

[15] Texas Instruments. TPS5450datasheet [EB/OL]. [2023-8-20]. https://www.ti.com/cn/lit/ds/symlink/tps5450.pdf? ts=1655777987834.

[16] Texas Instruments. TPS3840datasheet [EB/OL]. [2023-8-20]. https://www.ti.com/cn/lit/ds/symlink/tps3840.pdf? ts=1655771543570.

[17] GREKOV A N, GREKOV N A, SYCHOV E N. Measuring salinity and density of seawater samples with different salt compositions and suspended materials [J]. Metrology, 2021, 1(2): 107-121.

[18] CETC. ME3006[EB/OL]. [2024-3-26]. http://www.cetcme.com/products_detail/58.html.

[19] CETC. VPL8 [EB/OL]. [2024-3-26]. http://www.cetcme.com/products_detail/34.html.

[20] Seas of solution. FastFind Return Link [EB/OL]. [2024-3-26]. https://www.seasofsolutions.com/products/fastfind-return-link/.

[21] Seas of solution. Kannad Marine SafeLink Solo[EB/OL]. [2024-3-26]. https://www.seasofsolutions.com/products/kannad-marine-safelink-solo/.