



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109581903 A

(43)申请公布日 2019.04.05

(21)申请号 201710896022.4

(22)申请日 2017.09.28

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所  
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街  
114号

(72)发明人 王志平 徐皓冬 曾鹏 俞建成  
黄琰 闫炳均 胡波 王锴

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 王倩

(51)Int.Cl.  
G05B 19/042(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种水下滑翔机控制器低功耗装置及其控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种水下滑翔机控制器低功耗装置及其控制方法,装置包括:微处理器单元、电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元。电源转换单元选用转换效率高LM2672电压转换芯片,微处理器单元控制电源转换单元工作状态;存储管理单元选用SD卡作为存储介质,当SD卡处于待机状态时,微处理器单元关闭SD卡工作电源,使其进入低功耗状态;外设管理单元选用导通内阻低CMOS场效应管,设计外设电源开关电路,微处理器单元控制外设管理单元工作状态;串口扩展单元选用具有低功耗模式的WK21XX系列芯片,扩展控制器串口数量,微处理器单元通过修改WK21XX寄存器改变其工作状态。该方法具有结构简单、通用性强和稳定可靠等特点,广泛应用于低功耗控制领域。



1. 一种水下滑翔机控制器低功耗装置,其特征在于:包括微处理器单元以及与其连接的电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元;

微处理器单元,用于根据接收的水下滑翔机状态数据和环境信息对其它各单元进行功耗管理;

电源转换单元,用于将电池电源进行电压转换,给其它各单元供电;

存储管理单元,用于存储滑翔机状态数据和环境信息;

外设管理单元,用于通过场效应管对传感器进行通电管理;

串口扩展单元,用于微处理器单元与传感器和外部设备的串口通信。

2. 根据权利要求1所述的一种水下滑翔机控制器低功耗装置,其特征在于所述微处理器单元选用具有多种低功耗管理模式的STM32F4系列微处理器。

3. 根据权利要求1或2所述的一种水下滑翔机控制器低功耗装置,其特征在于所述微处理器单元根据水下滑翔机的不同工况,选择不同的低功耗模式,用于降低水下滑翔机控制器的功耗。

4. 根据权利要求1所述的一种水下滑翔机控制器低功耗装置,其特征在于所述存储管理单元采用SD卡;SD卡的电源端与场效应管的漏极连接,场效应管的源极与电源连接,场效应管的栅极与微处理器单元连接;场效应管的漏极通过电容C1接地。

5. 根据权利要求1所述的一种水下滑翔机控制器低功耗装置,其特征在于所述外设管理电路采用两个场效应管Q1、Q2;场效应管Q2的栅极通过电阻R2与微处理器单元连接;Q2的源极接地,还通过电阻R3与栅极连接;Q2的漏极与Q1的栅极连接;Q1的源极连有电源,Q1的源极还通过电阻R1与Q1的栅极连接,Q1的漏极与电源连接,用于连接外部设备,还通过电容接地。

6. 根据权利要求5所述的一种水下滑翔机控制器低功耗装置,其特征在于所述场效应管Q1、Q2分别为P沟道增强型CMOS场效应管和N沟道增强型CMOS场效应管,导通电阻均低于 $0.1\Omega$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种水下滑翔机控制器低功耗设计方法,其特征在于所述串口扩展单元选用具有低功耗模式的WK21XX系列芯片,用于扩展控制器串口数量。

8. 一种水下滑翔机控制器低功耗控制方法,其特征在于包括以下步骤:

微处理器单元根据水下滑翔机的工况触发相应的低功耗模式,控制电源转换单元、外设管理单元、存储管理单元和串口扩展单元的处于不同工作状态,实现水下滑翔机控制器的低功耗。

9. 根据权利要求8所述的一种水下滑翔机控制器低功耗控制方法,其特征在于所述微处理器单元根据工况触发相应的低功耗模式具体如下:

1) 当水下滑翔机在下潜和上浮工况时,微处理器单元间歇处于低功耗模式;

控制电源转换单元中电压转换芯片的使能引脚,使电压转换芯片处于待机状态;

控制外设管理单元中场效应管Q1的栅极,使外设管理单元处于待机状态;

控制存储管理单元中场效应管的栅极,使场效应管的源极与漏极截止,与场效应管漏极连接的SD卡处于待机状态;

控制串口扩展单元中串口芯片的控制寄存器,使串口扩展单元处于待机状态;

2) 当水下滑翔机通信阶段工况时,微处理器单元处于工作模式;

控制电源转换单元中电压转换芯片的使能引脚,使电压转换芯片处于工作状态;

控制外设管理单元中场效应管Q1的栅极,使外设管理单元处于工作状态;

控制存储管理单元中场效应管的栅极,使场效应管的源极与漏极导通,与场效应管漏极连接的SD卡处于工作状态;

控制串口扩展单元中串口芯片的控制寄存器,使串口扩展单元处于工作状态。

10. 根据权利要求1所述的一种水下滑翔机控制器低功耗控制方法,其特征在于控制外设管理单元中场效应管Q1的栅极:

若微处理器单元发送的控制信号为高电平,N沟道增强型CMOS场效应管Q2导通,即P沟道增强型CMOS场效应管Q1栅极的电压为低电平,则P沟道增强型CMOS场效应管Q1的源极和漏极导通,实现对供电电压为5V外设供电,使外设管理单元处于工作状态;

若微处理器单元发送的控制信号为低电平,N沟道增强型CMOS场效应管Q2,即P沟道增强型CMOS场效应管Q1栅极的电压为高电平,则P沟道增强型CMOS场效应管Q1的源极和漏极截止,实现对供电电压为5V外设断电,使外设管理单元处于待机状态。

## 一种水下滑翔机控制器低功耗装置及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及水下滑翔机控制器低功耗设计方法,对水下滑翔机控制器的微处理器单元、电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元进行低功耗设计,属于工业控制领域。

### 背景技术

[0002] 水下滑翔机是一种将浮标、潜标技术与水下机器人技术相结合而研制出的一种无外挂推进装置、依靠自身浮力驱动的新型水下移动观测平台,其具有低噪声、低能耗、投放回收方便、制造成本和作业费用低、作业周期长、作业范围广等特点,已逐渐成为一种通用的水下监测手段。

[0003] 水下滑翔机主要功能包括海洋环境参数测量功能、自主滑翔运动控制功能、测量路径规划功能、测量数据存储与远距离传输功能等。水下滑翔机的应用可有效提高海洋环境的空间和时间观测密度,增强海洋环境的综合监测能力。由于水下滑翔机长时间对海洋环境参数进行工作,水下滑翔机控制器的低功耗技术是水下滑翔机的关键技术,研究水下滑翔机控制器低功耗技术,对水下滑翔机技术发展具有重要意义。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术中的上述问题,本发明提出一种水下滑翔机控制器低功耗设计方法,作为水下滑翔机的关键技术,为水下滑翔机控制器降低功耗提供了重要保障。

[0005] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种水下滑翔机控制器低功耗装置,包括微处理器单元以及与其连接的电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元;

[0006] 微处理器单元,用于根据接收的水下滑翔机状态数据和环境信息对其它各单元进行功耗管理;

[0007] 电源转换单元,用于将电池电源进行电压转换,给其它各单元供电;

[0008] 存储管理单元,用于存储滑翔机状态数据和环境信息;

[0009] 外设管理单元,用于通过场效应管对传感器进行通电管理;

[0010] 串口扩展单元,用于微处理器单元与传感器和外部设备的串口通信。

[0011] 所述微处理器单元选用具有多种低功耗管理模式的STM32F4系列微处理器。

[0012] 所述微处理器单元根据水下滑翔机的不同工况,选择不同的低功耗模式,用于降低水下滑翔机控制器的功耗。

[0013] 所述存储管理单元采用SD卡;SD卡的电源端与场效应管的漏极连接,场效应管的源极与电源连接,场效应管的栅极与微处理器单元连接;场效应管的漏极通过电容C1接地。

[0014] 所述外设管理电路采用两个场效应管Q1、Q2;场效应管Q2的栅极通过电阻R2与微处理器单元连接;Q2的源极接地,还通过电阻R3与栅极连接;Q2的漏极与Q1的栅极连接;Q1的源极连有电源,Q1的源极还通过电阻R1与Q1的栅极连接,Q1的漏极与电源连接,用于连接

外部设备,还通过电容接地。

[0015] 所述场效应管Q1、Q2分别为P沟道增强型CMOS场效应管和N沟道增强型CMOS场效应管,导通电阻均低于 $0.1\ \Omega$ 。

[0016] 所述串口扩展单元选用具有低功耗模式的WK21XX系列芯片,用于扩展控制器串口数量。

[0017] 一种水下滑翔机控制器低功耗控制方法,包括以下步骤:

[0018] 微处理器单元根据水下滑翔机的工况触发相应的低功耗模式,控制电源转换单元、外设管理单元、存储管理单元和串口扩展单元的处于不同工作状态,实现水下滑翔机控制器的低功耗。

[0019] 所述微处理器单元根据工况触发相应的低功耗模式具体如下:

[0020] 1) 当水下滑翔机在下潜和上浮工况时,微处理器单元间歇处于低功耗模式;

[0021] 控制电源转换单元中电压转换芯片的使能引脚,使电压转换芯片处于待机状态;

[0022] 控制外设管理单元中场效应管Q1的栅极,使外设管理单元处于待机状态;

[0023] 控制存储管理单元中场效应管的栅极,使场效应管的源极与漏极截止,与场效应管漏极连接的SD卡处于待机状态;

[0024] 控制串口扩展单元中串口芯片的控制寄存器,使串口扩展单元处于待机状态;

[0025] 2) 当水下滑翔机通信阶段工况时,微处理器单元处于工作模式;

[0026] 控制电源转换单元中电压转换芯片的使能引脚,使电压转换芯片处于工作状态;

[0027] 控制外设管理单元中场效应管Q1的栅极,使外设管理单元处于工作状态;

[0028] 控制存储管理单元中场效应管的栅极,使场效应管的源极与漏极导通,与场效应管漏极连接的SD卡处于工作状态;

[0029] 控制串口扩展单元中串口芯片的控制寄存器,使串口扩展单元处于工作状态。

[0030] 控制外设管理单元中场效应管Q1的栅极:

[0031] 若微处理器单元发送的控制信号为高电平,N沟道增强型CMOS场效应管Q2导通,即P沟道增强型CMOS场效应管Q1栅极的电压为低电平,则P沟道增强型CMOS场效应管Q1的源极和漏极导通,实现对供电电压为5V外设供电,使外设管理单元处于工作状态;

[0032] 若微处理器单元发送的控制信号为低电平,N沟道增强型CMOS场效应管Q2,即P沟道增强型CMOS场效应管Q1栅极的电压为高电平,则P沟道增强型CMOS场效应管Q1的源极和漏极截止,实现对供电电压为5V外设断电,使外设管理单元处于待机状态。

[0033] 本发明具有如下有益效果及优点:

[0034] 1. 实现电路简单、硬件成本低。水下滑翔机控制器低功耗设计方法选用外设丰富的STM32F4系列微处理器进行设计主控电路,大大节省了外围电路设计,使水下滑翔机控制器电路设计简单,降低硬件成本。

[0035] 2. 控制器功耗低。水下滑翔机控制器低功耗设计方法利用STM32F4系列微处理器进行低功耗模式设计;利用转换效率高电压转换芯片进行电源电路设计,降低电源转换的损失;存储管理单元设计电源开关电路,使存储管理单元在待机状态时,使其功耗降到几乎为0W;外设管理单元利用导通电阻低的CMOS场效应管进行设计,若外设处于待机状态时,使其功耗降到几乎为0W;串口扩展单元利用具有低功耗模式的WK21XX进行设计,若外扩串口处于待机状态时,使其进入低功耗模式,降低水下滑翔机控制器功耗。

## 附图说明

- [0036] 图1是本发明的结构原理图；
- [0037] 图2(a)是本发明的具体实施例中微处理器单元低功耗设计示意图一；
- [0038] 图2(b)是本发明的具体实施例中微处理器单元低功耗设计示意图二；
- [0039] 图3是本发明的具体实施例中电源转换单元低功耗设计示意图；
- [0040] 图4是本发明的具体实施例中存储管理单元低功耗设计示意图；
- [0041] 图5是本发明的具体实施例中外设管理单元低功耗设计示意图；
- [0042] 图6是本发明的具体实施例中串口扩展单元低功耗设计示意图。

## 具体实施方式

[0043] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0044] 本发明水下滑翔机控制器低功耗设计包括：微处理器单元、电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元。

[0045] 微处理器单元选用外设丰富的STM32F4微处理器，具有多种低功耗管理模式，根据控制器工作状态进行工作模式划分，主要包括：正常工作模式、低功耗模式。电源转换单元选用转换效率高电压转换芯片，降低电源转换的损失，当电源转换电路不需要工作时，微处理器单元可以利用使能引脚，将其处于待机状态，降低控制器功耗。存储管理单元选用SD卡作为存储介质，当SD卡处于待机状态时，微处理器单元利用电源开关电路关闭SD卡工作电源，使其进入关闭状态；外设管理单元选用导通内阻低CMOS场效应管，设计外设电源开关电路，若外设处于待机状态时，微处理器单元关闭外设工作电源；串口扩展单元选用具有低功耗模式的WK21XX系列芯片，若外扩串口处于待机状态时，微处理器单元使其进入低功耗模式，降低水下滑翔机控制器功耗。

[0046] 一种水下滑翔机控制器低功耗设计方法，包括微处理器单元、电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元。

[0047] 微处理器单元选用外设丰富的STM32F4系列微处理器进行设计主控电路，其具有多种低功耗管理模式。

[0048] 水下滑翔机微处理器根据水下滑翔机的不同工况，选择不同的低功耗模式，降低水下滑翔机控制器的功耗。

[0049] 所述电源转换单元选用转换效率高电压转换芯片进行设计电源电路，微处理器单元根据低功耗模式控制电压转换芯片具有使能引脚，若电源电路不需要工作时，需要使电压转换芯片处于待机状态。

[0050] 所述存储管理单元设计电源开关电路，微处理器单元根据低功耗模式通过控制存储管理单元设计电源开关电路，实现对存储单元控制。若存储管理单元处于待机状态时，微处理器单元将存储管理单元的电源电路关闭，减少水下滑翔机控制器功耗。

[0051] 所述外设管理单元选用导通电阻低的CMOS场效应管设计外设管理电路。

[0052] 所述外设管理电路，微处理器单元根据低功耗模式通过控制外设管理电路，实现对外设管理。若外设处于工作状态时，外设管理电路处于打开状态；若外设处于关闭状态时，外设管理电路处于关闭状态。

[0053] 所述串口扩展单元选用具有低功耗模式的WK21XX系列芯片,扩展控制器串口数量。

[0054] 所述WK21XX系列芯片,微处理器单元根据低功耗模式分别控制扩展串口的工作状态。若扩展串口处于工作状态时,WK21XX系列芯片处于工作状态;若扩展串口处于关闭状态时,WK21XX系列芯片处于低功耗状态。

[0055] 本发明涉及以下两项关键技术:

[0056] 1) 外设电源关闭技术。本发明采用P沟道增强型CMOS场效应管和N沟道增强型CMOS场效应管设计外设电源关闭电路,利用3.3V控制电压,可以实现对5V、12V外设进行电源控制,其工作效率高于智能电源开关芯片,而其硬件成本低于智能电源开关芯片。

[0057] 2) 控制器低功耗技术。本发明对水下滑翔机控制器的微处理器单元、电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元进行低功耗设计。微处理器单元选用STM32F4系列微处理器进行低功耗模式设计;电源转换单元利用转换效率高电压转换芯片进行电源电路设计;存储管理单元设计存储器电源开关电路;外设管理单元利用导通电阻低的CMOS场效应管进行设计;串口扩展单元利用具有低功耗模式的WK21XX进行设计。微处理器单元对各个单元进行功耗管理,使其降低整个控制器的功耗。

[0058] 如图1所示,本发明一种水下滑翔机控制器低功耗设计方法包括:微处理器单元、电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元。

[0059] 如图2(a)~图2(b)所示,微处理器选用STM32F405VGT6微处理器,电阻R1与STM32F405VGT6微处理器的37脚相连,电阻R2与STM32F405VGT6微处理器的94脚相连,设定STM32F405VGT6启动方式为:用户FLASH启动。低速晶振Y1分别于STM32F405VGT6微处理器的8、9脚相连,高速晶振X1分别于STM32F405VGT6微处理器的12、13脚相连,高速晶振为系统高速总线提供时钟,低速晶振为系统低速总线提供时钟。控制器的复位电路选用看门狗芯片MAX6370设计电路,MAX6370的5、6脚连接到VCC,设置看门狗超时周期,当系统程序执行顺序发生错误时,控制器利用看门狗电路进行复位。STM32F4系列微处理器具有低功耗模式,当其他单元进入待机模式时,微处理器进入低功耗状态,使其整个控制器功耗最低。STM32F4系列微处理器利用I0引脚和数据总线对电源转换单元、存储管理单元、外设管理单元、串口扩展单元分别进行控制。

[0060] 如图3所示,本发明电源转换单元利用转换效率高电压转换芯片LM2672M-5.0进行电源电路设计,其转换效率最高为96%,电容C2、C3、C4为滤波去耦电容,F1为电子保险丝,当工作电流过大时,F1开路,保护控制器。将LM2672M-5.0的5脚(ON/OFF)与微处理器的I0引脚相连,若电源电路不工作时,将LM2672M-5.0的5脚为低电平,则LM2672M-5.0进入待机状态,消耗功率降到最低。

[0061] 如图4所示,本发明存储管理单元选用SD卡作为存储介质,利用导通电阻低P沟道增强型CMOS场效应管设计电源开关电路,C1为滤波电容。当SD卡处于待机状态时,微处理器的I0引脚控制电源开关电路关闭SD卡工作电源,使其进入关闭状态,消耗功率降到最低。

[0062] 如图5所示,本发明外设管理单元选用P沟道增强型CMOS场效应管和N沟道增强型CMOS场效应管设计外设电源关闭电路,微处理器利用I0引脚与Q1栅极相连,利用3.3V控制电压(en\_Press\_5V),可以实现对供电电压为5V外设进行电源(Press\_5V)控制,若en\_Press\_5V为高电平,N沟道增强型CMOS场效应管Q2导通,即P沟道增强型CMOS场效应管Q1栅

极的电压为低电平,则P沟道增强型CMOS场效应管Q1的源极和漏极导通,实现对供电电压为5V外设供电。

[0063] 如图6所示,本发明串口扩展单元选用具有低功耗模式的WK2124进行设计。晶振Y1连接WK2124的19、20脚,为其提供时钟;R2与C4构成复位电路;R3为上拉电阻,WK2124的默认状态为高电平,若WK2124接收到数据时,WK2124的10脚输出低电平。WK2124的2脚(SCS)、3脚(SCLK)、4脚(SDIN)、5脚(SDOUT)与微处理器的SPI控制器相连。WK2124外扩4个串口都独立具有低功耗模式,若每一个外扩串口处于待机状态时,微处理器利用SPI控制器,使其进入低功耗模式,降低水下滑翔机控制器功耗。

[0064] 本发明包括以下步骤:

[0065] 微处理器单元根据水下滑翔机的状态数据和环境信息得到不同工况;

[0066] 微处理器单元根据工况触发相应的低功耗模式,控制电源转换单元、外设管理单元、存储管理单元和串口扩展单元的处于不同工作状态,实现水下滑翔机控制器的低功耗。

[0067] 其中,水下滑翔机的状态数据包括采集的信息;

[0068] 环境信息包括采集的信息。

[0069] 工况包括:

[0070] 1.下潜阶段;

[0071] 2.下潜切换至上浮;

[0072] 3.上浮阶段;

[0073] 4.上浮切换至通信;

[0074] 5.通信阶段;

[0075] 6.通信切换至下潜。

[0076] 1)当水下滑翔机在下潜和上浮工况时,微处理器单元周期性(每隔若干秒)处于低功耗模式,相邻两次低功耗模式的间隔期间用于采集传感器数据,全部单元仍处于工作模式。

[0077] 控制电源转换单元中电压转换芯片的使能引脚,使电压转换芯片处于待机状态;

[0078] 控制外设管理单元中场效应管Q1的栅极,使外设管理单元处于待机状态;

[0079] 控制存储管理单元中场效应管的栅极,使场效应管的源极与漏极截止,与场效应管漏极连接的SD卡处于待机状态;

[0080] 控制串口扩展单元中串口芯片的控制寄存器,使串口扩展单元处于待机状态;

[0081] 2)当水下滑翔机通信阶段工况时,微处理器单元处于工作模式;

[0082] 控制电源转换单元中电压转换芯片的使能引脚,使电压转换芯片处于工作状态;

[0083] 控制外设管理单元中场效应管Q1的栅极,使外设管理单元处于工作状态;

[0084] 控制存储管理单元中场效应管的栅极,使场效应管的源极与漏极导通,与场效应管漏极连接的SD卡处于工作状态;

[0085] 控制串口扩展单元中串口芯片的控制寄存器,使串口扩展单元处于工作状态。

[0086] 3)下潜切换至上浮、上浮切换至通信、通信切换至下潜等切换状态时,微处理器单元处于工作模式,控制电源转换单元、存储管理单元和串口扩展单元处于工作模式,与2)相同。

[0087] 其中,外设管理单元外接传感器以及GPS模块,根据各外设数据采集的时间需求,



在所需的设定时间内控制对应的外设管理单元处于工作模式,数据采集时间结束则回到低功耗模式。

[0088] 上述方案使得控制器功耗达到0.3W,现有的控制器功耗为0.7W,大幅度地降低控制器功耗,提高了水下滑翔机的续航能力。



图1

U1A			
23	PA0/WKUP/ADC123_IN0/T2C1ETR/T5C1/T8ETR	PD0/CAN_Rx/FSMC_D2	81
24	PA1/ADC123_IN1/T5C2/T2C2	PD1/CAN_Tx/FSMC_D3	82
25	PA2/ADC123_IN2/USART2_Tx/T5C3/T2C3	PD2/UART5_Rx/T3ETR/SDIO_CMD	83
26	PA3/ADC123_IN3/USART2_Rx/T5C4/T2C4	PD3/FSMC_CLK	84
29	PA4/ADC123_IN4/DAC_OUT1/SPI1_NSS	PD4/FSMC_NOE	85
30	PA5/ADC123_IN5/DAC_OUT2/SPI1_SCK	PD5/USART2_Tx/FSMC_NWE	86
31	PA6/ADC123_IN6/SPI1_MISO/T8T1BKIN/T3C1	PD6/USART2_Rx/FSMC_NWAIT	87
32	PA7/ADC123_IN7/SPI1_MOSI/T8C1N/T3C2/T1C1N	PD7/FSMC_NE1/FSMC_NCE2	88
67	PA8/T1C1/MCO	PD8/USART3_Tx/FSMC_D13	55
68	PA9/T1C2/USART1_Tx	PD9/USART3_Rx/FSMC_D14	56
69	PA10/T1C3/USART1_Rx	PD10/FSMC_D15	57
70	PA11/CAN_Rx/T1C4/USBDM	PD11/FSMC_A16	58
71	PA12/CAN_Tx/T1ETR/USBDP	PD12/T4C1/FSMC_A17	59
77	PA15/JTDI/I2S3_WS/JTDI/T2C1ETR/SPI3_NSS	PD13/T4C2/FSMC_A18	60
		PD14/T4C3/FSMC_D0	61
		PD15/T4C4/FSMC_D1	62
35	PB0/ADC123_IN8/T3C3/T8C2N/T1C2N		15
36	PB1/ADC123_IN9/T3C4/T8C3N/T1C3N		16
37	PB2/BOOT1	PC0/ADC123_IN10	17
89	PB3/JTDO/SPI3_SCK/I2S3_CK/T2C2/SPI1_SCK	PC1/ADC123_IN11	18
90	PB4/NJTRST/SPI3_MISO/T3C1/SPI1_MISO	PC2/ADC123_IN12	33
91	PB5/I2C1_SMBA/I2S3_SD/SPI3_MOSI/T3C2/SPI1_MOSI	PC3/ADC123_IN13	34
92	PB6/I2C1_SCL/T4C1/USART1_Tx	PC4/ADC123_IN14	63
93	PB7/I2C1_SDA/FSMC_NADV/USART1_Rx	PC5/ADC123_IN15	64
95	PB8/SDIO_D4/I2C1_SCL/T4C3(7)/CAN_Rx	PC6/USART6_TX/T8C1/T3C1/SDIO_D6	65
96	PB9/SDIO_D5/I2C1_SDA/T4C4/CAN_Tx	PC7/USART6_RX/T8C2/T3C2/SDIO_D7	66
47	PB10/USART3_Tx/I2C2_SCL/T2C3	PC8/T8C3/T3C3/SDIO_D0	78
48	PB11/USART3_Rx/I2C2_SDA/T2C4	PC9/T8C4/T3C4/SDIO_D1	79
51	PB12/I2S2_WS/T1BKIN/SPI2_NSS/I2C2_SMBA	PC10/UART4_Tx/SDIO_D2	80
52	PB13/I2S2_CK/T1CHIN/SPI2_SCK	PC11/UART4_Rx/SDIO_D3	7
53	PB14/T1CH2N/SPI2_MISO	PC12/UART5_Tx/SDIO_CK	39
54	PB15/I2S2_SD/T1CH3N/SPI2_MOSI	PC13-TAMPER-RTC	40
		PE8/FSMC_D5/T1CHIN	41
97	PE0/T4_ETR/FSMC_NBL0	PE9/FSMC_D6/T1C1	42
98	PE1/FSMC_NBL1	PE10/FSMC_D7/T1CH2N	43
1	PE2/TRACECK/RSMC_A23	PE11/FSMC_D8/T1C2	44
2	PE3/TRACED0/FSMC_A19	PE12/FSMC_D9/T1CH3N	45
3	PE4/TRACED1/FSMC_A20	PE13/FSMC_D10/T1C3	46
4	PE5/TRACED2/FSMC_A21	PE14/FSMC_D11/T1C4	
5	PE6/TRACED3/FSMC_A22	PE15/FSMC_D12/T1BKIN	
38	PE7/FSMC_D4/T1ETR		

STM32F405VGT6

图2 (a)

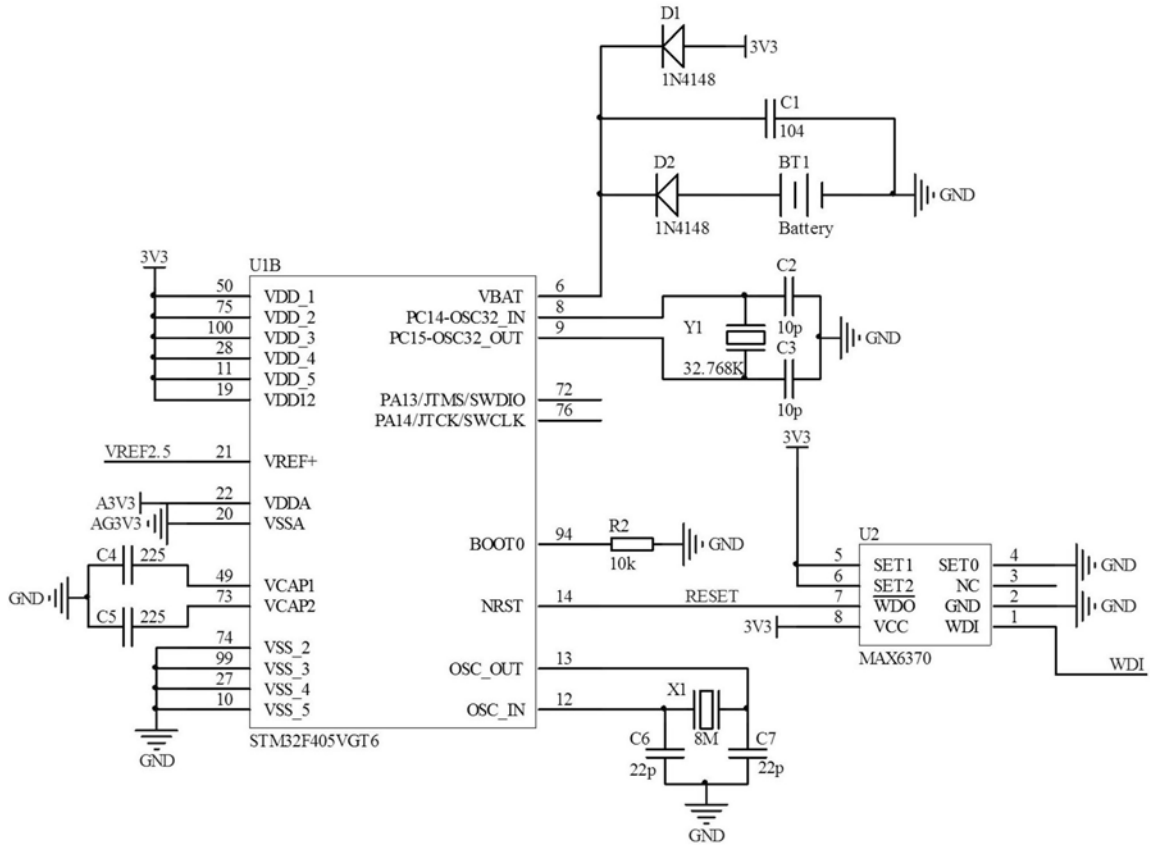


图2 (b)

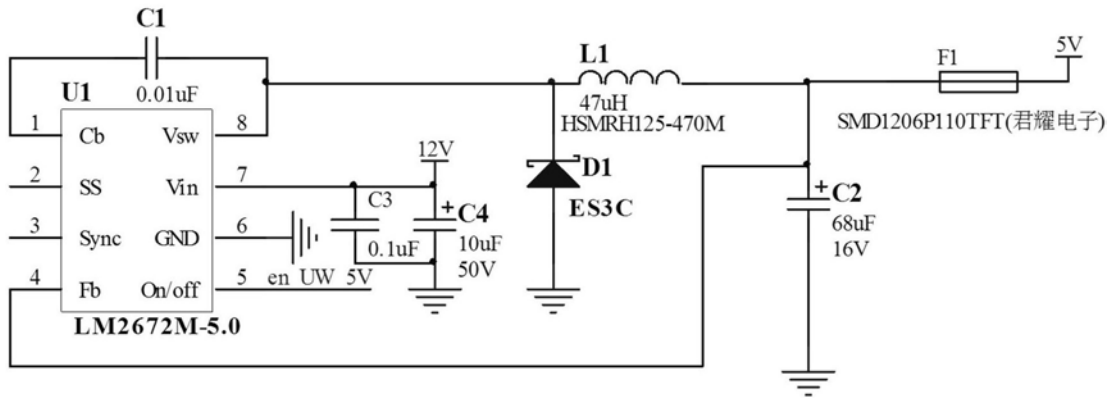


图3

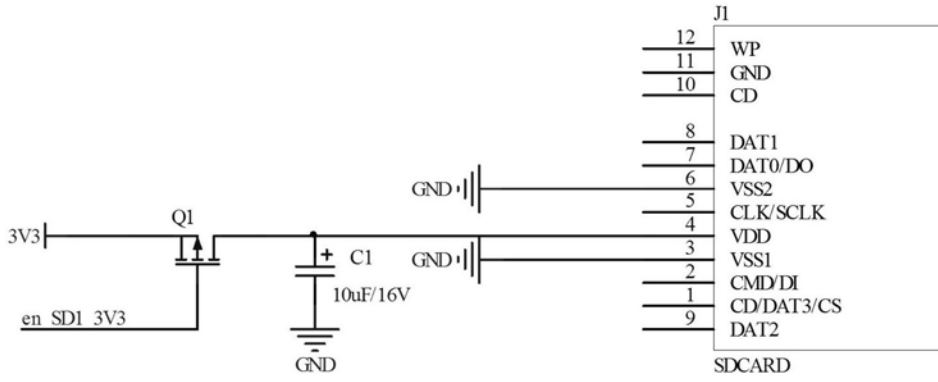


图4

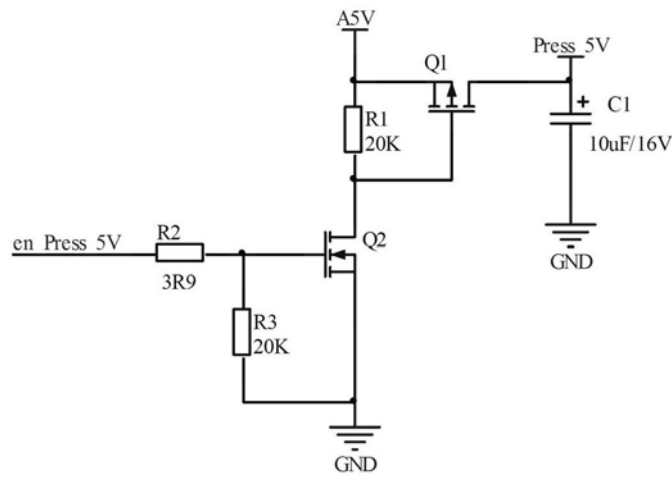


图5

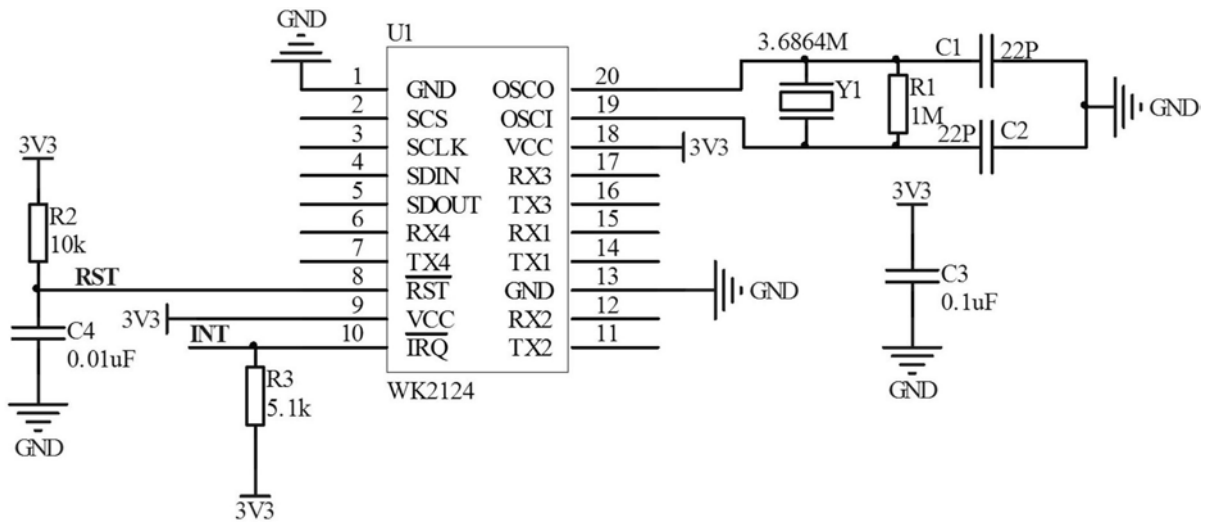


图6