



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104459298 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410699872. 1

(22) 申请日 2014. 11. 28

(71) 申请人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市迎泽西大街 79 号

(72) 发明人 宋建成 耿蒲龙 田慕琴 宋渊 刘媛 梁智勇 李泽宇

(74) 专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101

代理人 李富元

(51) Int. Cl.

G01R 19/25(2006. 01)

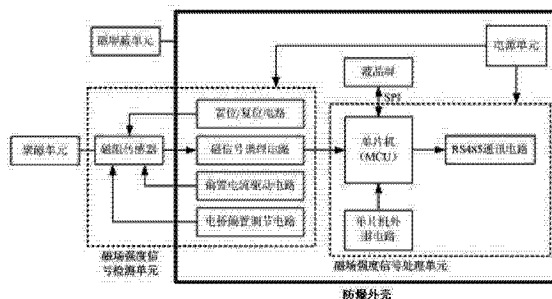
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

矿用杂散电流检测装置

(57) 摘要

本发明公开了一种矿用杂散电流检测装置,特别用于井下电缆和各种管路的杂散电流的检测。检测装置主要包括五个部分,即信号检测单元、信号处理单元、聚磁单元、磁屏蔽单元和防爆外壳;信号检测单元通过磁阻传感器采集杂散电流信号,信号处理单元对检测到的信号进行数字滤波、电流解算和误差补偿校准,再实时显示于液晶显示屏;聚磁单元实现增强被测磁场强度的目的;磁屏蔽单元屏蔽现场与检测信号不相关的磁场信息;防爆外壳将检测装置主电路板与外界隔离,既避免内部火花对井下环境造成的危险,又屏蔽主电路板对磁阻传感器产生的电磁干扰;本发明适用于井下各种杂散电流的检测,具有安全、可靠、精度高、便于组网等优点,可为井下杂散电流防治措施的制定提供判断依据。



1. 一种矿用杂散电流检测装置,由磁场强度信号检测单元、磁场强度信号处理单元、聚磁单元、磁屏蔽单元、通讯单元以及防爆外壳组成,其特征在于:

所述磁场强度信号检测单元由磁阻传感器(1)、磁场强度信号调理电路(U1)、磁阻传感器偏置电流驱动电路(U2)、磁阻传感器电桥偏置调节电路(U3)和磁阻传感器置/复位电路(U4)组成,实现对杂散电流信号的采集和调理;磁阻传感器(1)安装在防爆壳体(7)之外,通过喇叭口(6)实现与主电路板(8)的电气连接;磁阻传感器(1)的敏感轴一侧与聚磁装置(2)的磁感应线汇集端相连接;磁场强度信号调理电路(U1)的输入端与磁阻传感器(1)的输出管脚 Xout+ 和 Xout- 相连接,调理后的信号传输至 C8051F020 芯片(U9)的 A/D 接口;磁阻传感器偏置电流驱动电路(U2)的输出口和磁阻传感器(1)的 offset- 管脚相连接;磁阻传感器电桥偏置调节电路(U3)一端与 +5V 电源相连,另一端与磁阻传感器(1)的输出管脚 Xout+ 和 Xout- 相连接;磁阻传感器置/复位电路(U4)的脉冲输出口与磁阻传感器(1)的管脚 S/R+ 相连接;

所述磁场强度信号处理单元由 C8051F020 芯片(U9)、复位电路(U10)、时钟电路(U11)、JTAG 接口电路(U12)和电源转换电路(U13)组成,实现对信号的数字滤波、电流解算和实时存储,复位电路(U10)、时钟电路(U11)、JTAG 接口电路(U12)和电源转换电路(U13)与 C8051F020 芯片(U9)对应的管脚相连接;

所述的聚磁单元由聚磁装置(2)、连接杆(4)、上部转轴(3)和下部转轴(5)组成,实现增强被测磁场强度的目的,聚磁装置(2)和磁阻传感器(1)安装在上部转轴(3)上,经连接杆(4)和下部转轴(5)固定在防爆壳体(7)的上部;

所述的磁屏蔽单元由磁屏蔽板(9)和转轴(10)组成,实现屏蔽干扰磁场的目的,磁屏蔽板(9)通过转轴(10)固定在防爆壳体(7)的上部边缘;

所述的防爆外壳包括防爆壳体(7)和内置的液晶显示屏(13),防爆壳体(7)由钢板焊接而成,防爆壳体(7)上开有用于磁阻传感器电气进线的喇叭口(6),侧面开有用于通讯的喇叭口(11)和用于电源进线的喇叭口(12),液晶显示屏(13)置于防爆壳体(7)内部。

矿用杂散电流检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种矿用杂散电流检测装置,尤其是一种能够实现井下 mA 级杂散电流检测的装置。

技术背景

[0002] 近年来,在各类矿井瓦斯爆燃和瓦斯爆炸事故中,杂散电流所引起安全事故占有很大的比重。据统计,在我国煤矿机电事故中,杂散电流引发的火灾和瓦斯爆炸事故约占总数的 25%~35%,因此由杂散电流引起的各类安全事故已成为影响井下安全生产的重要隐患。井下杂散电流不仅能导致电雷管发生早爆现象,还能引起瓦斯爆燃和爆炸事故。除此之外,它还腐蚀电缆外皮及风、水、瓦斯管路,甚至导致井下漏检装置发生误动作,影响井下供电系统和通讯系统的正常工作。可见,研制矿用 mA 级杂散电流检测仪器,为杂散电流治理提供数据支撑,这对保障矿井安全生产具有非常重要的现实意义和社会意义。

[0003] 国外对杂散电流的研究起步较早,制定的防护标准也比较完善,但存在检测精度低、抗干扰能力差、需要施加阴极保护电流、过分依赖操作者经验和不针对井下设计等问题。目前,国外最先进的 SCM 检测技术虽然具有快速、便利、高精度和非接触式检测等优点,但相关装备造价太高,核心技术对外不公开,且只适用于金属管路杂散电流的检测,所以并不适合我国煤矿的使用和推广。我国对杂散电流的研究起步较晚,且大多局限于铁轨和管道防腐方面。针对矿用杂散电流检测仪,以 FZY-3 型和 CZL1 型两个典型检测仪为例,其检测方式虽然具有操作简单和便于实施等优点,但其检测精度并不能满足井下的检测需求,不能对井下 mA 级微小杂散电流进行准确检测;此外,其金属表笔接触式的检测方式存在安全隐患,严重影响检测过程的安全性。针对以上问题,本发明设计了一种检测精度高、检测方式安全可靠并支持远程监测的矿用杂散电流检测装置。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对井下现有检测设备存在的局限性及瓶颈问题,提供一种检测精度高、反应灵敏和检测方式安全可靠的矿用杂散电流检测装置,解决现有装置难以准确检测井下杂散电流、检测安全性差等缺点。涉及的理论和技术有各向异性磁阻效应、电磁场理论、聚磁 / 磁屏蔽技术、信号传输技术和数据通讯技术等。能实现井下不同类型设施、不同位置杂散电流的检测,为矿井杂散电流防治措施的制定提供判断依据,保证煤矿安全生产。

[0005] 本发明为了实现上述目的所采用的技术方案是:一种矿用杂散电流检测装置,由磁场强度信号检测单元、磁场强度信号处理单元、聚磁单元、磁屏蔽单元、通讯单元、防爆外壳组成;

所述磁场强度信号检测单元由磁阻传感器(1)、磁场强度信号调理电路(U1)、磁阻传感器偏置电流驱动电路(U2)、磁阻传感器电桥偏置调节电路(U3)和磁阻传感器置 / 复位电路(U4)组成,实现对杂散电流信号的采集和调理;磁阻传感器(1)安装在防爆壳体(7)之

外,通过喇叭口(6)实现与主电路板(8)的电气连接;磁阻传感器(1)的敏感轴一侧与聚磁装置(2)的磁感应线汇集端相连接;磁场强度信号调理电路(U1)的输入端与磁阻传感器(1)的输出管脚 Xout+ 和 Xout- 相连接,调理后的信号传输至 C8051F020 芯片(U9)的 A/D 接口;磁阻传感器偏置电流驱动电路(U2)的出口和磁阻传感器(1)的 offset- 管脚相连接;磁阻传感器电桥偏置调节电路(U3)一端与 +5V 电源相连,另一端与磁阻传感器(1)的输出管脚 Xout+ 和 Xout- 相连接;磁阻传感器置 / 复位电路(U4)的脉冲输出口与磁阻传感器(1)的管脚 S/R+ 相连接;

所述磁场强度信号处理单元由 C8051F020 芯片(U9)、复位电路(U10)、时钟电路(U11)、JTAG 接口电路(U12)和电源转换电路(U13)组成,实现对信号的数字滤波、电流解算和实时存储,复位电路(U10)、时钟电路(U11)、JTAG 接口电路(U12)和电源转换电路(U13)与 C8051F020 芯片(U9)对应的管脚相连接;

所述的聚磁单元由聚磁装置(2)、连接杆(4)、上部转轴(3)和下部转轴(5)组成,实现增强被测磁场强度的目的,聚磁装置(2)和磁阻传感器(1)安装在上部转轴(3)上,经连接杆(4)和下部转轴(5)固定在防爆壳体(7)的上部;

所述的磁屏蔽单元由磁屏蔽板(9)和转轴(10)组成,实现屏蔽干扰磁场的目的,磁屏蔽板(9)通过转轴(10)固定在防爆壳体(7)的上部边缘;

所述的防爆外壳包括防爆壳体(7)和内置的液晶显示屏(13),防爆壳体(7)由钢板焊接而成,防爆壳体(7)上开有用于磁阻传感器电气进线的喇叭口(6),侧面开有用于通讯的喇叭口(11)和用于电源进线的喇叭口(12),液晶显示屏(13)置于防爆壳体(7)内部;

所述的通讯单元是基于 C8051F020 芯片的串口扩展的 RS485 接口电路(U18)。

[0006] 本发明的有益效果在于:1)该装置实现了井下微小杂散电流的非接触式检测,有效解决了现有检测设备检测精度低、安全性差和缺乏数据存储功能等问题;2)该装置采用了各向异性磁阻传感器和聚磁装置,实现了井下 mA 级杂散电流的检测;3)该装置具有轻巧和移动便利的特点,适合井下不同类型设施、不同位置杂散电流的检测;4)该装置中的硬件电路结构简单、可靠性高,易于推广应用;5)该装置支持远程实时在线监测,可及时发现和排除因杂散电流引起的危险;6)该装置为井下杂散电流的研究和防治措施的制定提供可靠的数据支持。

附图说明

[0007] 图 1 矿用杂散电流检测装置的组成框图;

图 2 矿用杂散电流检测装置的结构图;

图 3 矿用杂散电流检测装置硬件电路原理图;

图 4 磁场强度信号调理电路;

图 5 磁阻传感器偏置电流驱动电路;

图 6 磁阻传感器电桥偏置调节电路;

图 7 磁阻传感器置 / 复位电路;

图 8 检测装置电源电路;

图 9 检测装置通讯电路。

[0008] 图中 1、磁阻传感器;2、聚磁装置;3、上部转轴;4、连接杆;5、下部转轴;6、用于磁

阻传感器电气进线的喇叭口 ;7、防爆壳体 ;8、主电路板 ;9、磁屏蔽厚板 ;10、转轴 ;11、用于通讯的喇叭口 ;12、用于电源进线的喇叭口 ;13、液晶显示屏 ;U1 为磁场强度信号调理电路 ;U2 为磁阻传感器偏置电流驱动电路 ;U3 为磁阻传感器电桥偏置调节电路 ;U4 磁阻传感器置 / 复位电路 ;U5 为 $\pm 12\text{V}$ 电源 ;U6 和 U7 为 $\pm 12\text{V}$ 转 $\pm 5\text{V}$ 电源电路 ;U8 为 $+3.3\text{V}$ 转 $+1.8\text{V}$ 电源电路 ;U9 为 C8051F020 芯片 ;U10 为复位电路 ;U11 为时钟电路 ;U12 为 JTAG 接口电路 ;U13 为电源转换电路 ;U14 为 VCC3.3 去耦电路 ;U15 为 VDD3.3 去耦电路 ;U16 为模拟量输入高频滤波电路 ;U17 为 VREF 接地电路 ;U18 为检测装置通讯电路。

具体实施方式

[0009] 下面结合附图,进一步详细描述本发明提出的矿用杂散电流检测装置的结构和工作原理。

[0010] 如图 1 所示,一种矿用杂散电流检测装置的组成框图,包括磁场强度信号检测单元、磁场强度信号处理单元、聚磁单元、磁屏蔽单元和防爆外壳 ;所述磁场强度信号检测单元由磁阻传感器(1)、磁场强度信号调理电路(U1)、磁阻传感器偏置电流驱动电路(U2)、磁阻传感器电桥偏置调节电路(U3)和磁阻传感器置 / 复位电路(U4)组成,通过磁阻传感器(1)和电路(U1)实现被测信号的采集和调理,通过电路(U2)、(U3)和(U4)实现对磁阻传感器(1)的控制和调节 ;所述磁场强度信号处理单元由 C8051F020 芯片(U9)、复位电路(U10)、时钟电路(U11)、JTAG 接口电路(U12)、电源转换电路(U13)和 RS-485 通讯电路(U18)组成,通过信号处理单元实现信号的数字滤波、电流解算、实时存储和数据通讯 ;所述的聚磁单元由聚磁装置(2)、连接杆(4)、上部转轴(3)和下部转轴(5)组成,通过聚磁单元实现增强被测磁场强度的目的 ;所述的磁屏蔽单元由磁屏蔽板(9)和转轴(10)组成,通过磁屏蔽单元来屏蔽检测现场存在的干扰磁场 ;所述的防爆外壳包括防爆壳体(7)和内置的液晶显示屏(13),通过防爆壳体(7)可以避免内部火花对井下环境造成的危险,同时也可以屏蔽主电路板对磁阻传感器造成的电磁干扰。所述的磁场强度信号处理单元将调理过的磁场强度信号传送到工控机,实现检测信息的实时显示。

[0011] 如图 2 所示,一种矿用杂散电流检测装置的结构图。磁阻传感器(1)安装在防爆外壳(7)之外,通过喇叭口(6)实现与主电路板(8)的电气连接,磁阻传感器(1)的敏感轴一侧与聚磁装置(2)的磁感应线汇集端相连接 ;聚磁装置(2)和磁阻传感器(1)安装在上部转轴(3)上,经连接杆(4)和下部转轴(5)固定在防爆壳体(7)的上部 ;磁屏蔽板(9)通过转轴(10)固定在防爆壳体(7)的上部边缘,磁屏蔽板(9)的长度应大于连接杆(4)的长度 ;防爆壳体(7)上面开有用于磁阻传感器电气进线的喇叭口(6),侧面开有用于通讯的喇叭口(11)和用于电源进线的喇叭口(12),液晶显示屏(13)置于防爆壳体(7)内部。

[0012] 如图 3 所示为检测装置硬件电路原理图,包括磁阻传感器(1)、磁阻传感器外围电路、单片机最小系统和电源转换电路。所述的磁阻传感器外围电路包括信号调理电路(U1)、磁阻传感器偏置电流驱动电路(U2)、磁阻传感器电桥偏置调节电路(U3)和磁阻传感器置 / 复位电路(U4),实现被测信号的采集和调理,同时完成对磁阻传感器的控制和调节 ;所述的单片机最小系统包括 C8051F020 芯片(U9)、复位电路(U10)、时钟电路(U11)、JTAG 接口电路(U12)、和 RS-485 通讯电路(U18),实现被测信号的数字滤波、电流解算、实时存储和数据通讯 ;接地电路部分包括 VCC3.3 及 VDD3.3 去耦电路(U14 和 U15)、模拟量输入高频滤波

电路(U16)和VREF接地电路用来防止芯片数字噪声的串扰(U17);所述的电源以及转换电路包括 $\pm 12\text{V}$ 电源(U5)、 $\pm 12\text{V}$ 转 $\pm 5\text{V}$ 电源电路(U6和U7)、 $+5\text{V}$ 转 $+3.3\text{V}$ 电源电路(U13)和 $+3.3\text{V}$ 转 $+1.8\text{V}$ 电源电路(U8),实现对检测装置硬件电路各个部分的供电。

[0013] 如图4所示为磁场强度信号调理电路(U1),主要包括一阶差分滤波电路(RF1、RF2、CF1和CF2组成)、差分放大电路(UF1)和反相器(UF2),实现信号的调理;磁场强度信号调理电路(U1)的差分输入端和磁阻传感器(1)的输出引脚Xout+和Xout-相连接,信号经过一阶差分滤波电路(RF1、RF2、CF1和CF2组成)后进入差分放大器(UF2),差分放大器(UF2)的放大倍数可通过RF3来调节,在差分放大器(UF2)的5号引脚和6号引脚连接一个增益为-1的反相器(UF2),可以使信号调理电路(U1)具有更好的共模抑制比。通过磁场强度信号调理电路(U1)将磁阻传感器(1)输出的电压信号调节至C8051F020芯片(U9)内置ADC模块的电压输入范围,为后续信号的处理奠定了基础。

[0014] 如图5所示为磁阻传感器偏置电流驱动电路(U2),主要包括偏置电流驱动芯片(UZ1)。偏置电流驱动芯片(UZ1)为XTR115,可向偏置电流带提供的最大偏置电流为20mA,产生的最大偏置磁场为0.4Gs。XTR115的3号引脚作为芯片的参考地,7号引脚接 $+5\text{V}$ 电源,1号引脚产生2.5V的电压,电位器(RZ1)连接在XTR115的1号引脚和2号引脚之间,通过调节电位器(RZ1)就可以在XTR115的4号引脚产生变化的偏置电流。产生的偏置电流通过与磁阻传感器(1)的引脚offset-相连接。通过磁阻传感器偏置电流驱动电路(U2)可以抵消检测现场存在的干扰磁场,使磁阻传感器在检测前处于一种“零磁场”的检测环境。

[0015] 如图6所示为磁阻传感器电桥偏置调节电路(U3),由开关(SW1和SW2)和电位器(RC1和RC2)组成。HMC1001的电桥偏置范围是 $-60\text{mV}\sim 30\text{mV}$,其典型值为 -15mV 。开关SW1和SW2一端接 $+5\text{V}$ 电源,另一端分别和磁阻传感器(1)的引脚Xout+和Xout-相连接。当磁阻传感器输出Xout+大于Xout-时,电桥偏置为正,闭合SW1,断开SW2,调节电位器RC1使电桥达到平衡;Xout+小于Xout-时,电桥偏置为负,断开SW1,闭合SW2,调节电位器RC2使电桥达到平衡。通过电桥偏置调节电路(U3)将磁阻传感器(1)的电桥偏置调节为零或一个很小的值,可有效解决因电桥偏置导致的差分电路输出饱和的问题。

[0016] 如图7所示为磁阻传感器置/复位电路(U4),由置/复位信号产生电路(US1)和 $5\text{V}\sim 20\text{V}$ 升压电路(US2)组成。磁阻传感器(1)内置一条置/复位电流带,用以将磁阻传感器内部各个磁畴进行排列和整合,从而恢复传感器的特性。 $5\text{V}\sim 20\text{V}$ 升压电路(US2)采用芯片MAX662A,其5号引脚接 $+5\text{V}$ 电源,6号引脚产生的20V电压与IRF7106芯片的3号引脚相连接。三极管Q1的基极和C8051F020芯片(U9)的P0.0口相连,发射极接模拟地,集电极和电容CS1一侧相连;CS1为充放电电容,其另一侧和IRF7106芯片的4号引脚相连,用以控制IRF7106芯片内部增强型P沟道场效应管的导通和截止;IRF7106芯片的2号引脚与C8051F020芯片(U9)的P0.1口相连,用以控制IRF7106芯片内部增强型N沟道场效应管的导通和截止;CS3为置/复位信号产生电容,一端和IRF7106芯片的5号引脚相连,另一端和磁阻传感器(1)的S/R+引脚相连接。通过磁阻传感器置/复位电路(U4)可以使磁阻传感器始终工作在高灵敏的状态,使检测的数据更加准确。

[0017] 如图8所示为检测装置电源电路,包括 $\pm 12\text{V}$ 转 $\pm 5\text{V}$ 电源电路(U6和U7)、 $+5\text{V}$ 转 $+3.3\text{V}$ 电源电路(U13)和 $+3.3\text{V}$ 转 $+1.8\text{V}$ 电源电路(U8)。 $\pm 12\text{V}$ 转 $\pm 5\text{V}$ 采用芯片L7805和L7905完成, $+5\text{V}$ 转 $+3.3\text{V}$ 采用芯片AMS1117完成, $+3.3\text{V}$ 转 $+1.8\text{V}$ 采用芯片LM1117完成,

为信号检测单元和信号处理单元的各部分电路提供稳定电源。

[0018] 如图 9 所示为检测装置通讯电路(U18),采用 MAX485CSA 芯片实现和工控机的通讯。RO 端和 DI 端分别为接收器的输出和驱动器输入;RE 端和 DE 端分别为接收和发送的使能端。当 RE 端为逻辑 1 时,器件处于接收状态;当 DE 端为逻辑 1 时,器件处于发送状态。当 RE 端或 DE 端禁止时,接收器或驱动器输出为高阻态。A 端和 B 端为待接收和发送的差分信号端。通常情况下,作为发送器, U_{AB} 在 $+2V\sim+6V$ 之间,为逻辑“1”; U_{AB} 在 $-2V\sim-6V$ 之间,为逻辑“0”。作为接收器,当在 A、B 之间有大于 $+200mV$ 的电压差时,输出为逻辑“1”;小于 $-200mV$ 时,输出为逻辑“0”。而 A、B 之间电位差的绝对值小于 $200mV$ 时,输出为不确定状态。输入接收器和输出驱动器可抗 $\pm 15kV$ 的静电冲击,RS485 接口电路电源由电源单元(U6)提供。

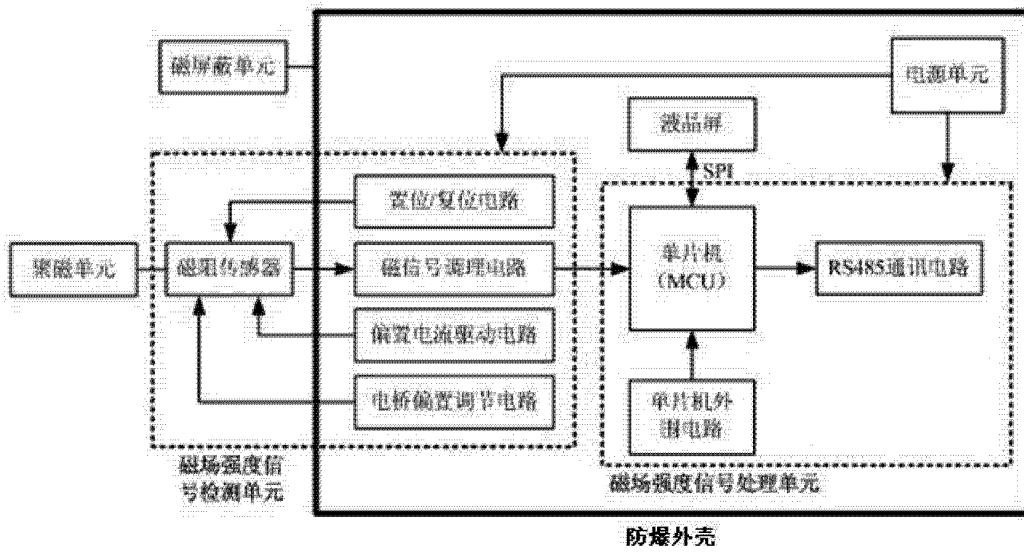


图 1

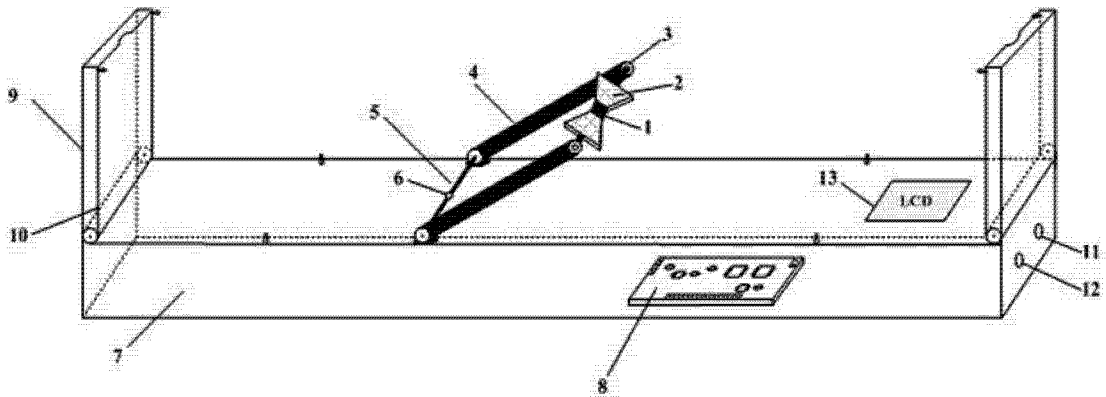


图 2

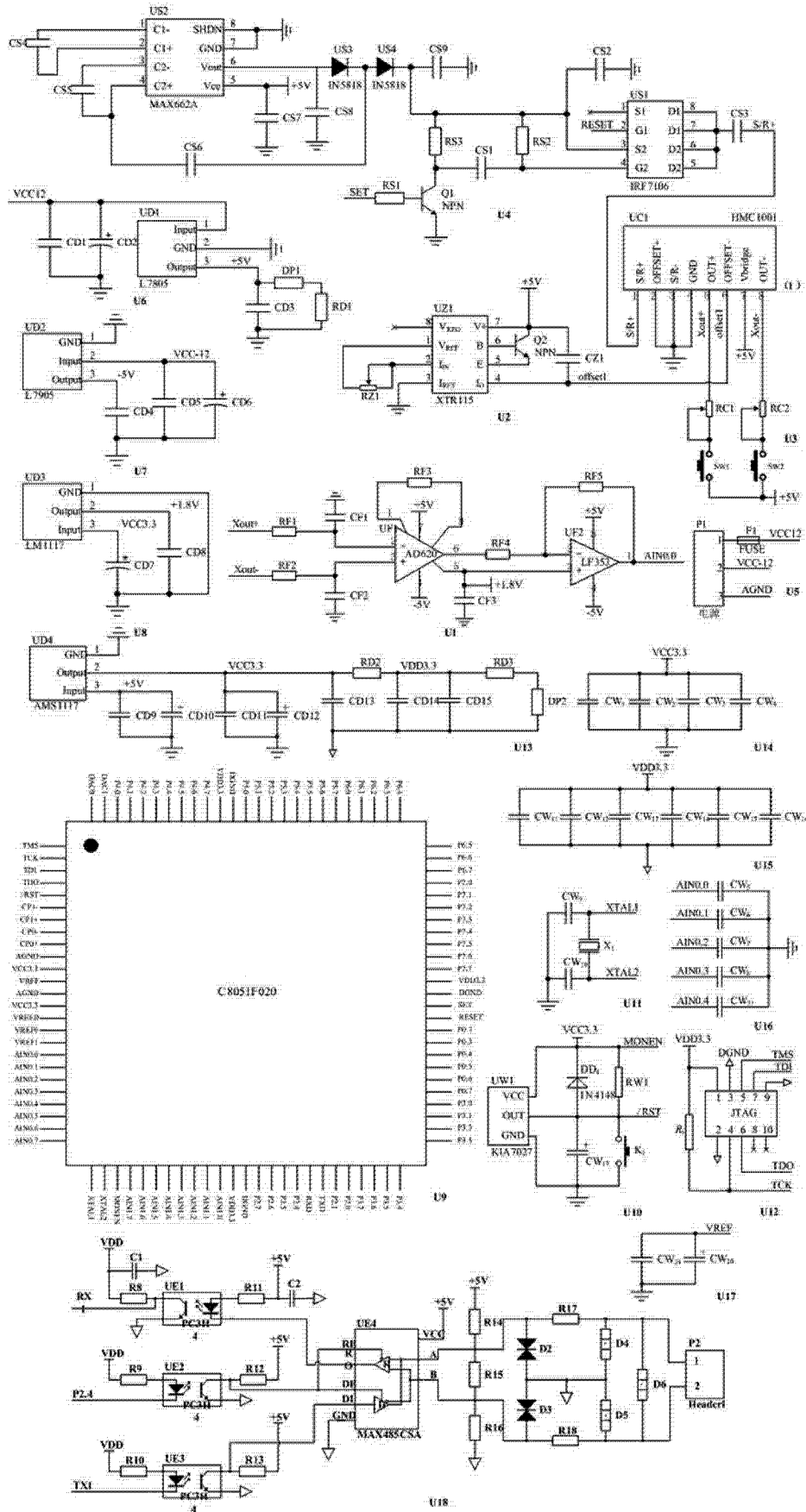


图 3

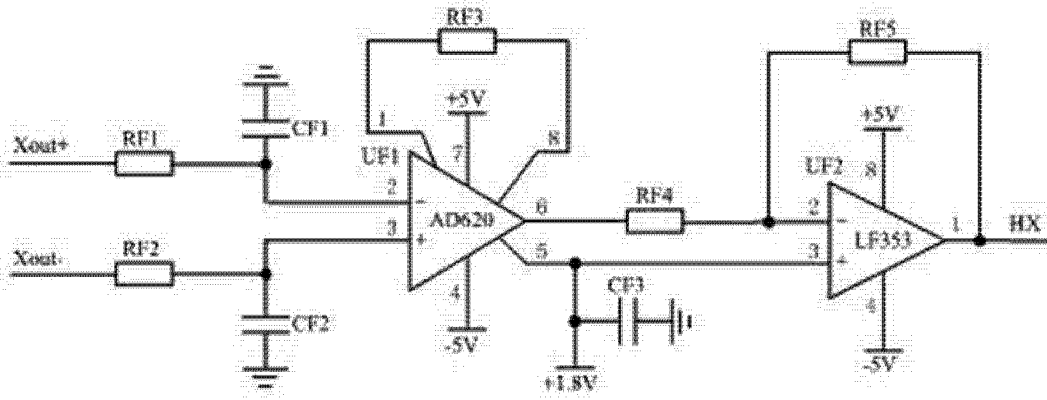


图 4

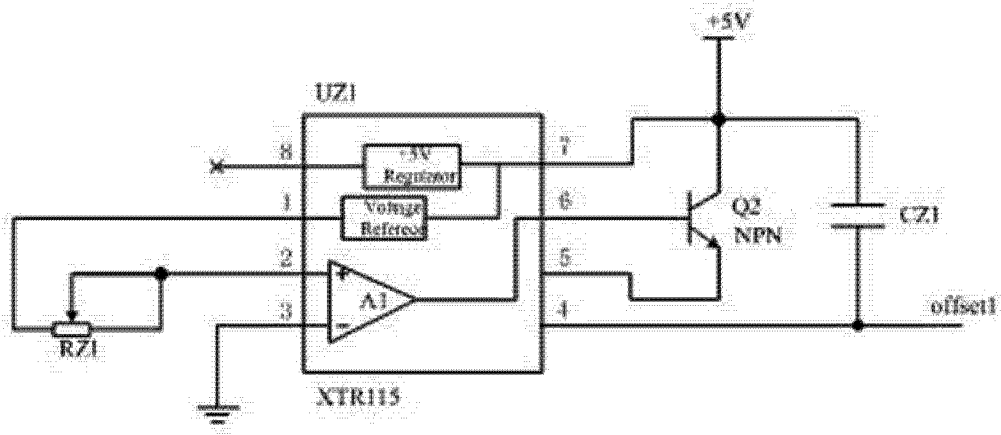


图 5

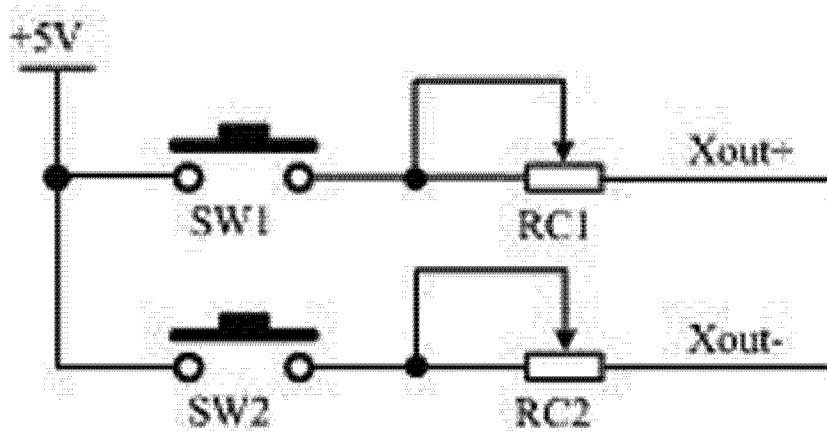


图 6

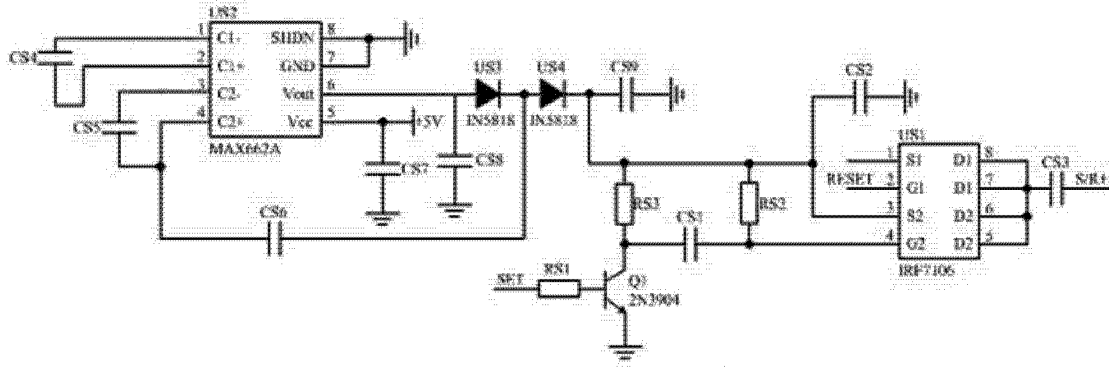


图 7

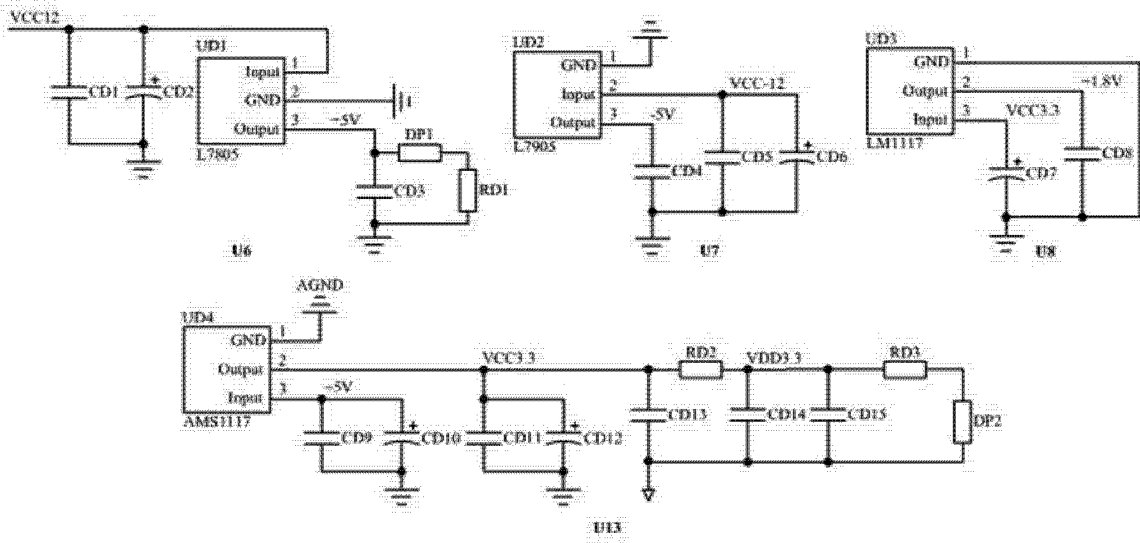


图 8

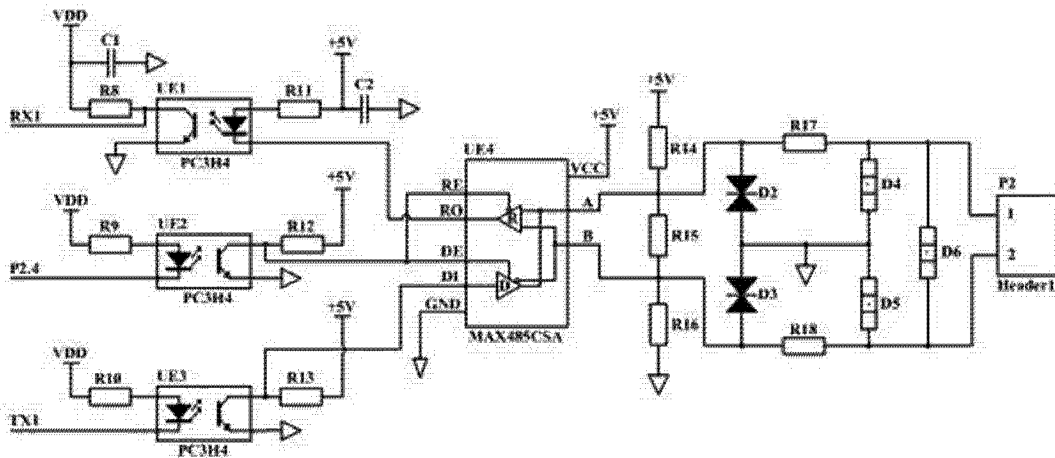


图 9