



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109541457 A
(43)申请公布日 2019.03.29

(21)申请号 201910008507.4

(22)申请日 2019.01.04

(71)申请人 中国第一汽车股份有限公司
地址 130011 吉林省长春市西新经济技术
开发区东风大街2259号

(72)发明人 隋建鹏 王强 闻继伟 杨莉
赵楠楠 焦育成

(74)专利代理机构 北京青松知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 11384
代理人 郑青松

(51)Int.Cl.
G01R 31/327(2006.01)

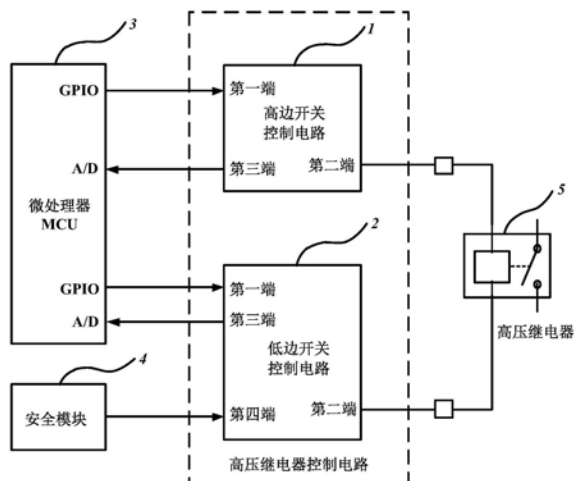
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

动力电池高压继电器控制电路及故障诊断方法

(57)摘要

本发明公开了一种动力电池高压继电器控制电路,其特征在于,包括高边开关控制电路和低边开关控制电路。本发明的动力电池高压继电器控制电路包括高边开关控制电路和低边开关控制电路,高压继电器通过高边开关控制电路和低边开关控制电路共同控制高压继电器的导通或者关断。高边开关控制电路和低边开关控制均具诊断电路,可以根据故障诊断信号的电压与诊断阈值电压的关系实现高边开关和低边开关故障诊断,判断并区分开路、短路到地、短路到电源故障,故障诊断覆盖率达到99%。硬件架构度量和随机硬件失效率指标满足安全完整性等级ASIL-C或ASIL-D的安全目标。



1. 一种动力电池高压继电器控制电路,其特征在于,包括高边开关控制电路(1)和低边开关控制电路(2);

所述的高边开关控制电路(1)的第一端连接MCU的一个输出端口,高边开关控制电路(1)的第二端连接高压继电器的线圈的一端,高边开关控制电路(1)的第三端连接MCU的一个A/D输入端口;

所述的低边开关控制电路(2)的第一端连接MCU的一个输出端口,低边开关控制电路(2)的第二端连接高压继电器的线圈的另一端,低边开关控制电路(2)的第三端连接MCU的一个A/D输入端口,低边开关控制电路(2)的第四端连接安全模块的一个输出端口。

2. 根据权利要求1所述的动力电池高压继电器控制电路,其特征在于,所述的高边开关控制电路(1)包括:智能功率高边开关U1、二极管D1、电阻R1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R_{GND}、电容C1和电容C_F;

所述的智能功率高边开关U1的控制输入端IN作为所述高边开关控制电路(1)的第一端,输入高边开关控制电路(1)的控制信号V_{INH},并连接MCU的一个输出端口;

所述的智能功率高边开关U1的电源端V_{BAT}连接12V蓄电池正极;所述的智能功率高边开关U1的地端子GND通过电阻R_{GND}接地;所述的智能功率高边开关U1的输出端OUT作为所述高边开关控制电路(1)的第二端,连接电阻R1的一端;电阻R1的另一端连接12V蓄电池正极;所述二极管D1的阳极接地,所述二极管D1的阴极连接智能功率高边开关U1的输出端OUT;

所述的电阻R2、电阻R3和电阻R4的一端连接在一起;电阻R4的另一端连接智能功率高边开关U1的输出端OUT;电阻R2的另一端连接数字电源电压VDD5;电阻R3的另一端接地;电容C1并联在电阻R3的两端;电阻R2、电阻R3和电阻R4的公共端为诊断信号的输出端,作为所述高边开关控制电路(1)的第三端,输出高边开关控制电路(1)的故障诊断信号V_{DIAGH}。

3. 根据权利要求1或2所述的动力电池高压继电器控制电路,其特征在于,所述的低边开关控制电路(2)包括:智能功率低边开关U2、三极管Q1、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8、电阻R9、电阻R10、电阻R11和电容C2;

所述的智能功率低边开关U2的控制输入端IN作为所述低边开关控制电路(2)的第一端,输入低边开关控制电路(2)的控制信号V_{INL},并通过电阻R8连接所述MCU的一个输出端口;

所述的智能功率低边开关U2的地端子S接地,所述的智能功率低边开关U2的输出端D作为所述低边开关控制电路(2)的第二端;电阻R9的一端连接智能功率低边开关U2的控制输入端IN,另一端接地;三极管Q1的集电极连接智能功率低边开关U2的控制输入端IN,三极管Q1的发射极接地;电阻R11连接三极管Q1的基极和发射极;电阻R10的一端连接三极管Q1的基极,电阻R10另一端作为所述低边开关控制电路(2)的第四端,连接电子控制单元安全模块的一个输出端口;

所述的电阻R5、电阻R6和电阻R7的一端连接在一起,电阻R7的另一端连接智能功率低边开关U2的输出端D;电阻R5的另一端连接数字电源电压VDD5;电阻R6的另一端接地;电容C2并联在电阻R6的两端;电阻R5、电阻R6和电阻R7的公共端为诊断信号的输出端,作为所述低边开关控制电路(2)的第三端,输出低边开关控制电路(1)的故障诊断信号V_{DIAGL}。

4. 根据权利要求3所述的动力电池高压继电器控制电路,其特征在于,安全模块实时监测MCU的工作状态,当监测到MCU工作出现异常时,安全模块输出低边开关控制电路(2)使能

信号VEN,将低边开关控制电路(2)关断。

5.一种动力电池高压继电器控制电路的故障诊断方法,其特征在于,包括高边开关控制电路的故障诊断以及低边开关控制电路的故障诊断;

其中,所述高边开关控制电路的故障诊断包括:

MCU定时读取高边开关控制电路(1)的故障诊断信号 V_{DIAGH} ;将对应的低边开关控制电路(2)处于导通状态,并判断低边开关控制电路(2)是否发生故障,如果低边开关控制电路(2)发生故障,则结束高边开关控制电路(1)的故障诊断;

当高边开关控制电路(1)的控制信号 V_{INH} 为低电平状态时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为大于4.5V,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间存在对电源短路故障;如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为2~3V,则判断高压继电器驱动线路中存在开路故障;否则,表明高压继电器高边开关至高压继电器之间在高边开关关断状态下工作正常;

在高边开关控制电路(1)的控制信号 V_{INH} 为高电平状态时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为小于1.5V,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间存在对地短路故障;否则,表明高压继电器高边开关至高压继电器之间在高边开关导通状态下工作正常;

在高压继电器高边开关至高压继电器之间,在高边开关关断状态下和导通状态下都工作正常的情况下,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间正常;

所述低边开关控制电路的故障诊断包括:

所述的MCU定时读取低边开关控制电路(2)的故障诊断信号 V_{DIAGL} ;将对应的高边开关控制电路处于导通状态,并判断高边开关控制电路是否发生故障,如果高边开关控制电路发生故障,则结束低边开关控制电路的故障诊断;

当低边开关控制电路(2)的控制信号 V_{INL} 为低电平状态时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGL} 为小于1V,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间存在对地短路故障;如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGL} 为2~3V,则判断高压继电器驱动线路中存在开路故障;否则,表明高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关关断状态下工作正常;

在低边开关控制电路(2)的控制信号 V_{INL} 为高电平状态时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGL} 为大于4.5V,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间存在对电源短路故障;否则,表明高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关导通状态下工作正常;

在高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关关断状态下和导通状态下都工作正常的情况下,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间正常。

动力电池高压继电器控制电路及故障诊断方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电动车电子控制技术领域,尤其是电动车动力电池高压继电器控制电路及故障诊断方法。

背景技术

[0002] 随着新能源汽车技术的发展,电动汽车已经成为汽车技术发展的重要方向。在电动汽车中,动力电池控制系统的安全性能是整车性能优劣表现的最重要内容。在电池包管理系统中,电池控制单元是动力电池控制系统的核心,高压继电器控制动力电池是否向驱动系统输出动力。

[0003] 电池包管理系统的汽车安全完整性等级通常被定义为ASIL-C或ASIL-D等级(ASIL为汽车安全完整性等级,有四个等级,分别为A,B,C,D,其中A是最低的等级,D是最高的等级),而现有的高压继电器控制采用1个低边开关的硬件架构进行控制,在此硬件电路拓扑下,电池控制单元的硬件架构度量(包括单点故障度量和潜伏故障度量)和随机硬件失效率指标很难满足道路车辆功能安全标准ISO26262规定的汽车安全完整性等级ASIL-C或ASIL-D的安全目标。尤其是当高压继电器控制的低边开关电路的故障诊断覆盖率不是非常高时(单点故障度量 $\geq 99\%$,潜伏故障诊断覆盖率 $\geq 90\%$),电池控制单元的硬件架构度量和随机硬件失效率指标不能实现安全完整性等级ASIL-C或ASIL-D的安全目标。

[0004] 高压继电器控制采用1个低边开关的硬件架构进行控制,在出现短路故障时,为了实现保护功能,需要熔断器和更多线束。而采用高边开关的硬件架构进行控制时,通过高边开关即可以实现保护功能。与高边开关的硬件架构相比,低边开关的系统架构复杂,且不具有成本优势,如图1和图2所示。

发明内容

[0005] 本发明目的是提供一种动力电池高压继电器控制电路及故障诊断方法,其解决了电池控制单元的硬件架构度量和随机硬件失效率指标很难满足ISO26262规定的汽车安全完整性等级水平ASIL-C或ASIL-D的技术问题。

[0006] 本发明解决技术问题采用如下技术方案:一种动力电池高压继电器控制电路,其包括高边开关控制电路和低边开关控制电路;

[0007] 所述的高边开关控制电路的第一端连接MCU的一个输出端口,高边开关控制电路的第二端连接高压继电器的线圈的一端,高边开关控制电路的第三端连接MCU的一个A/D输入端口;

[0008] 所述的低边开关控制电路的第一端连接MCU的一个输出端口,低边开关控制电路的第二端连接高压继电器的线圈的另一端,低边开关控制电路的第三端连接MCU的一个A/D输入端口,低边开关控制电路的第四端连接安全模块的一个输出端口。

[0009] 可选的,所述的高边开关控制电路包括:智能功率高边开关U1、二极管D1、电阻R1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R_{GND}、电容C1和电容C_F;

[0010] 所述的智能功率高边开关U1的控制输入端IN作为所述高边开关控制电路的第一端,输入高边开关控制电路的控制信号 V_{INH} ,并连接MCU的一个输出端口;

[0011] 所述的智能功率高边开关U1的电源端 V_{BAT} 连接12V蓄电池正极;所述的智能功率高边开关U1的地端子GND通过电阻 R_{GND} 接地;所述的智能功率高边开关U1的输出端OUT作为所述高边开关控制电路的第二端,连接电阻R1的一端;电阻R1的另一端连接12V蓄电池正极;所述二极管D1的阳极接地,所述二极管D1的阴极连接智能功率高边开关U1的输出端OUT;

[0012] 所述的电阻R2、电阻R3和电阻R4的一端连接在一起;电阻R4的另一端连接智能功率高边开关U1的输出端OUT;电阻R2的另一端连接数字电源电压VDD5;电阻R3的另一端接地;电容C1并联在电阻R3的两端;电阻R2、电阻R3和电阻R4的公共端为诊断信号的输出端,作为所述高边开关控制电路的第三端,输出高边开关控制电路的故障诊断信号 V_{DIAGH} 。

[0013] 可选的,所述的低边开关控制电路包括:智能功率低边开关U2、三极管Q1、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8、电阻R9、电阻R10、电阻R11和电容C2;

[0014] 所述的智能功率低边开关U2的控制输入端IN作为所述低边开关控制电路的第一端,输入低边开关控制电路的控制信号 V_{INL} ,并通过电阻R8连接所述MCU的一个输出端口;

[0015] 所述的智能功率低边开关U2的地端子S接地,所述的智能功率低边开关U2的输出端D作为所述低边开关控制电路的第二端;电阻R9的一端连接智能功率低边开关U2的控制输入端IN,另一端接地;三极管Q1的集电极连接智能功率低边开关U2的控制输入端IN,三极管Q1的发射极接地;电阻R11连接三极管Q1的基极和发射极;电阻R10的一端连接三极管Q1的基极,电阻R10另一端作为所述低边开关控制电路的第四端,连接电子控制单元安全模块的一个输出端口;

[0016] 所述的电阻R5、电阻R6和电阻R7的一端连接在一起,电阻R7的另一端连接智能功率低边开关U2的输出端D;电阻R5的另一端连接数字电源电压VDD5;电阻R6的另一端接地;电容C2并联在电阻R6的两端;电阻R5、电阻R6和电阻R7的公共端为诊断信号的输出端,作为所述低边开关控制电路的第三端,输出低边开关控制电路的故障诊断信号 V_{DIAGL} 。

[0017] 可选的,安全模块实时监测MCU的工作状态,当监测到MCU工作出现异常时,安全模块输出低边开关控制电路使能信号VEN,将低边开关控制电路关断。

[0018] 本发明解决技术问题采用如下技术方案:一种动力电池高压继电器控制电路的故障诊断方法,其包括高边开关控制电路的故障诊断以及低边开关控制电路的故障诊断;

[0019] 其中,所述高边开关控制电路的故障诊断包括:

[0020] MCU定时读取高边开关控制电路的故障诊断信号 V_{DIAGH} ;将对应的低边开关控制电路处于导通状态,并判断低边开关控制电路是否发生故障,如果低边开关控制电路发生故障,则结束高边开关控制电路的故障诊断;

[0021] 当高边开关控制电路的控制信号 V_{INH} 为低电平状态时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为大于4.5V,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间存在对电源短路故障;如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为2~3V,则判断高压继电器驱动线路中存在开路故障;否则,表明高压继电器高边开关至高压继电器之间在高边开关关断状态下工作正常;

[0022] 在高边开关控制电路的控制信号 V_{INH} 为高电平状态时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为小于1.5V,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间存在对地短路故障;否则,表明高压继电器高边开关至高压继电器之间在高边开关导通状态下工作正常;

[0023] 在高压继电器高边开关至高压继电器之间,在高边开关关断状态下和导通状态下都工作正常的情况下,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间正常;

[0024] 所述低边开关控制电路的故障诊断包括:

[0025] 所述的MCU定时读取低边开关控制电路的故障诊断信号 V_{DIAGL} ;将对应的高边开关控制电路处于导通状态,并判断高边开关控制电路是否发生故障,如果高边开关控制电路发生故障,则结束低边开关控制电路的故障诊断;

[0026] 当低边开关控制电路的控制信号 V_{INL} 为低电平状态时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGL} 为小于1V,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间存在对地短路故障;如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为2~3V,则判断高压继电器驱动线路中存在开路故障;否则,表明高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关关断状态下工作正常;

[0027] 在低边开关控制电路的控制信号 V_{INL} 为高电平状态时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGL} 为大于4.5V,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间存在对电源短路故障;否则,表明高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关导通状态下工作正常;

[0028] 在高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关关断状态下和导通状态下都工作正常的情况下,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间正常。

[0029] 本发明具有如下有益效果:本发明的动力电池高压继电器控制电路包括高边开关控制电路和低边开关控制电路,高压继电器通过高边开关控制电路和低边开关控制电路共同控制高压继电器的导通或者关断。高边开关控制电路和低边开关控制均具诊断电路,可以根据故障诊断信号的电压与诊断阈值电压的关系实现高边开关和低边开关故障诊断,判断并区分开路、短路到地、短路到电源故障,故障诊断覆盖率达到99%。硬件架构度量和随机硬件失效率指标满足安全完整性等级ASIL-C或ASIL-D的安全目标。

附图说明

[0030] 图1是现有技术中的低边开关的硬件架构示意图;

[0031] 图2是现有技术中的高边开关的硬件架构示意图;

[0032] 图3是本发明的电路结构示意图;

[0033] 图4是本发明的高边开关控制电路原理图;

[0034] 图5是本发明的低边开关控制电路原理图;

[0035] 图6是本发明的高边开关故障诊断流程图;

[0036] 图7是本发明的低边开关故障诊断流程图;

具体实施方式

[0037] 下面结合实施例及附图对本发明的技术方案作进一步阐述。

[0038] 实施例1

[0039] 本实施例提供了一种动力电池高压继电器控制电路,其包括高边开关控制电路1和低边开关控制电路2。

[0040] 如图3所示,所述的高边开关控制电路1的第一端连接MCU3的一个输出端口,高边开关控制电路1的第二端连接高压继电器5的线圈的一端,高边开关控制电路1的第三端连接MCU的一个A/D输入端口;所述的低边开关控制电路2的第一端连接MCU的一个输出端口,

低边开关控制电路2的第二端连接高压继电器的线圈的另一端,低边开关控制电路2的第三端连接MCU的一个A/D输入端口,低边开关控制电路2的第四端连接安全模块4的一个输出端口。

[0041] 如图4所示,所述的高边开关控制电路(1)包括:智能功率高边开关U1,二极管D1,电阻R1、R2、R3、R4和 R_{GND} ,电容C1和 C_F ;

[0042] 所述的智能功率高边开关U1的控制输入端IN作为所述高边开关控制电路1的第一端,输入高边开关控制电路1的控制信号 V_{INH} ,连接MCU的一个输出端口,电源端 V_{BAT} 连接12V蓄电池正极,地端子GND通过电阻 R_{GND} 接地,输出端OUT作为所述高边开关控制电路1的第二端,连接电阻R1的一端;电阻R1的另一端连接12V蓄电池正极;二极管D1的阳极接地,阴极连接智能功率高边开关U1的输出端OUT;

[0043] 所述的电阻R2、R3和R4,电容C1组成高边开关故障诊断电路;电阻R2、R3和R4的一端连接在一起;电阻R4的另一端连接智能功率高边开关U1的输出端OUT;电阻R2的另一端连接数字电源电压VDD5;电阻R3的另一端接地;电容C1并联在电阻R3的两端;电阻R2、电阻R3和电阻R4的公共端为诊断信号的输出端,作为所述高边开关控制电路1的第三端,输出高边开关控制电路1的故障诊断信号 V_{DIAGH} 。

[0044] 其中,一组实施例参数为,电阻 $R1=47k\Omega$, $R2=R3=R4=100k\Omega$, $R_{GND}=100\Omega$, $C1=1nF$, $C_F=100nF$,智能功率高边开关U1的型号为BTS5090-1EJA,二极管型号为SURA8220T3G。

[0045] 如图5所示,所述的低边开关控制电路2包括:智能功率低边开关U2,三极管Q1,电阻R5、R6、R7、R8、R9、R10和R11,以及电容C2;

[0046] 所述的智能功率低边开关U2的控制输入端IN作为所述低边开关控制电路2的第一端,输入低边开关控制电路2的控制信号 V_{INL} ,通过电阻R8连接所述MCU的一个输出端口,地端子S接地,输出端D作为所述低边开关控制电路2的第二端;电阻R9的一端连接智能功率低边开关U2的控制输入端IN,另一端接地;三极管Q1的集电极连接智能功率低边开关U2的控制输入端IN,发射极接地;电阻R11连接三极管Q1的基极和发射极;电阻R10的一端连接三极管Q1的基极,另一端作为所述低边开关控制电路2的第四端,连接电子控制单元安全模块的一个输出端口;

[0047] 所述的电阻R5、R6和R7,电容C2组成低边开关故障诊断电路;电阻R5、R6和R7的一端连接在一起,电阻R7的另一端连接智能功率低边开关U2的输出端D;电阻R5的另一端连接数字电源电压VDD5;电阻R6的另一端接地;电容C2并联在电阻R6的两端;电阻R5、电阻R6和电阻R7的公共端为诊断信号的输出端,作为所述低边开关控制电路2的第三端,输出低边开关控制电路1的故障诊断信号 V_{DIAGL} 。

[0048] 其中,一组实施例参数为,电阻 $R5=R6=R7=100k\Omega$, $R8=1.2k\Omega$, $R9=47k\Omega$, $C2=1nF$,智能功率高边开关U1的型号为BSP76,三极管型号为BC817。

[0049] 安全模块实时监测MCU的工作状态,当监测到MCU工作出现异常时,安全模块输出低边开关控制电路2使能信号VEN,将低边开关控制电路2关断,保证系统的功能安全。

[0050] 本实施例的动力电池高压继电器控制电路由高边开关控制电路和低边开关控制电路组成,高压继电器通过高边开关控制电路和低边开关控制电路共同控制高压继电器的导通或者关断。高边开关控制电路和低边开关控制均具诊断电路,可以根据故障诊断信号

的电压与诊断阈值电压的关系实现高边开关和低边开关故障诊断,判断并区分为开路、短路到地、短路到电源故障,故障诊断覆盖率达到99%。硬件架构度量和随机硬件失效率指标满足安全完整性等级ASIL-C或ASIL-D的安全目标。

[0051] 而且采用高边开关控制电路和低边开关控制电路共同控制高压继电器,可以不需要熔断器和更多线束,降低系统架构复杂度。

[0052] 实施例2

[0053] 本实施例提供了一种动力电池高压继电器控制电路的故障诊断方法,其基于MCU的A/D输入端口反馈电压值与诊断阈值电压的关系,并结合高边开关、低边开关的状态实现故障诊断,并包括高边开关控制电路的故障诊断以及低边开关控制电路的故障诊断。

[0054] 本实施例中,如图6所示,所述高边开关控制电路的故障诊断包括:

[0055] 所述的MCU每10ms定时读取高边开关控制电路1的故障诊断信号 V_{DIAGH} ;将对应的低边开关控制电路处于导通状态,并判断低边开关控制电路是否发生故障,如果低边开关控制电路发生故障,则结束高边开关控制电路的故障诊断;否则继续执行高边开关控制电路的故障诊断。

[0056] 当高边开关控制电路1的控制信号 V_{INH} 为低电平状态(无效)时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为大于4.5V,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间存在对电源短路故障;如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为2~3V,则判断高压继电器驱动线路中存在开路故障;

[0057] 否则,表明高压继电器高边开关至高压继电器之间在高边开关关断状态下工作正常。

[0058] 在高边开关控制电路1的控制信号 V_{INH} 为高电平状态(有效)时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGH} 为小于1.5V,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间存在对地短路故障;

[0059] 否则,表明高压继电器高边开关至高压继电器之间在高边开关导通状态下工作正常。

[0060] 在高压继电器高边开关至高压继电器之间在高边开关关断状态下和导通状态下都工作正常的情况下,则判断高压继电器高边开关至高压继电器之间正常。

[0061] 本实施例中,如图7所示,所述低边开关控制电路的故障诊断包括:

[0062] 所述的MCU每10ms定时读取低边开关控制电路2的故障诊断信号 V_{DIAGL} ;将对应的高边开关控制电路处于导通状态,并判断高边开关控制电路是否发生故障,如果高边开关控制电路发生故障,则结束低边开关控制电路的故障诊断。

[0063] 当低边开关控制电路2的控制信号 V_{INL} 为低电平状态(无效)时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGL} 为小于1V,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间存在对地短路故障;如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGL} 为2~3V,则判断高压继电器驱动线路中存在开路故障;否则,表明高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关关断状态下工作正常。

[0064] 在低边开关控制电路2的控制信号 V_{INL} 为高电平状态(有效)时,如果读取的故障诊断信号 V_{DIAGL} 为大于4.5V,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间存在对电源短路故障;否则,表明高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关导通状态下工作正常。

[0065] 在高压继电器低边开关至高压继电器之间在低边开关关断状态下和导通状态下都工作正常的情况下,则判断高压继电器低边开关至高压继电器之间正常。

[0066] 以上实施例的先后顺序仅为便于描述,不代表实施例的优劣。

[0067] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

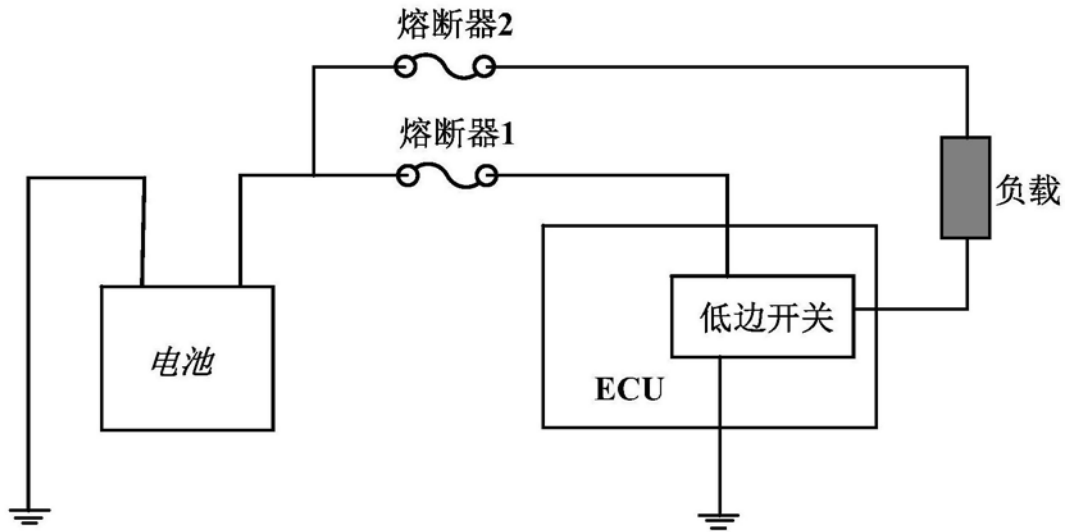


图1

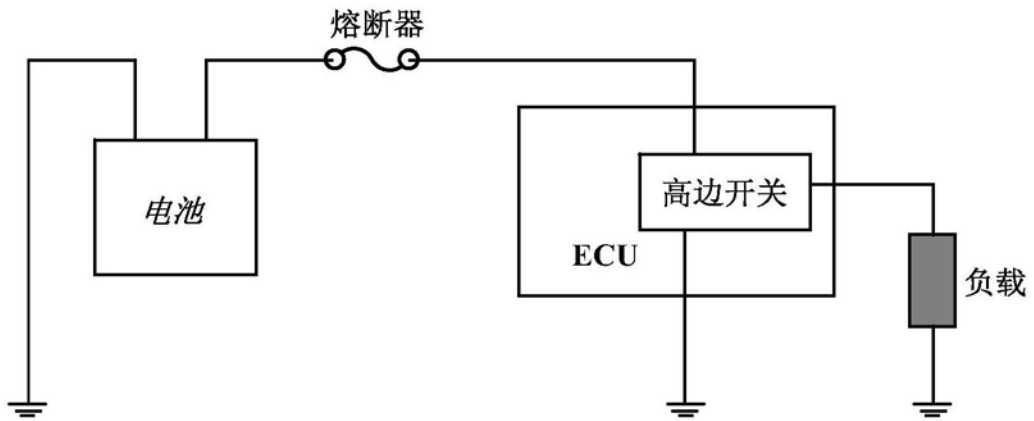


图2

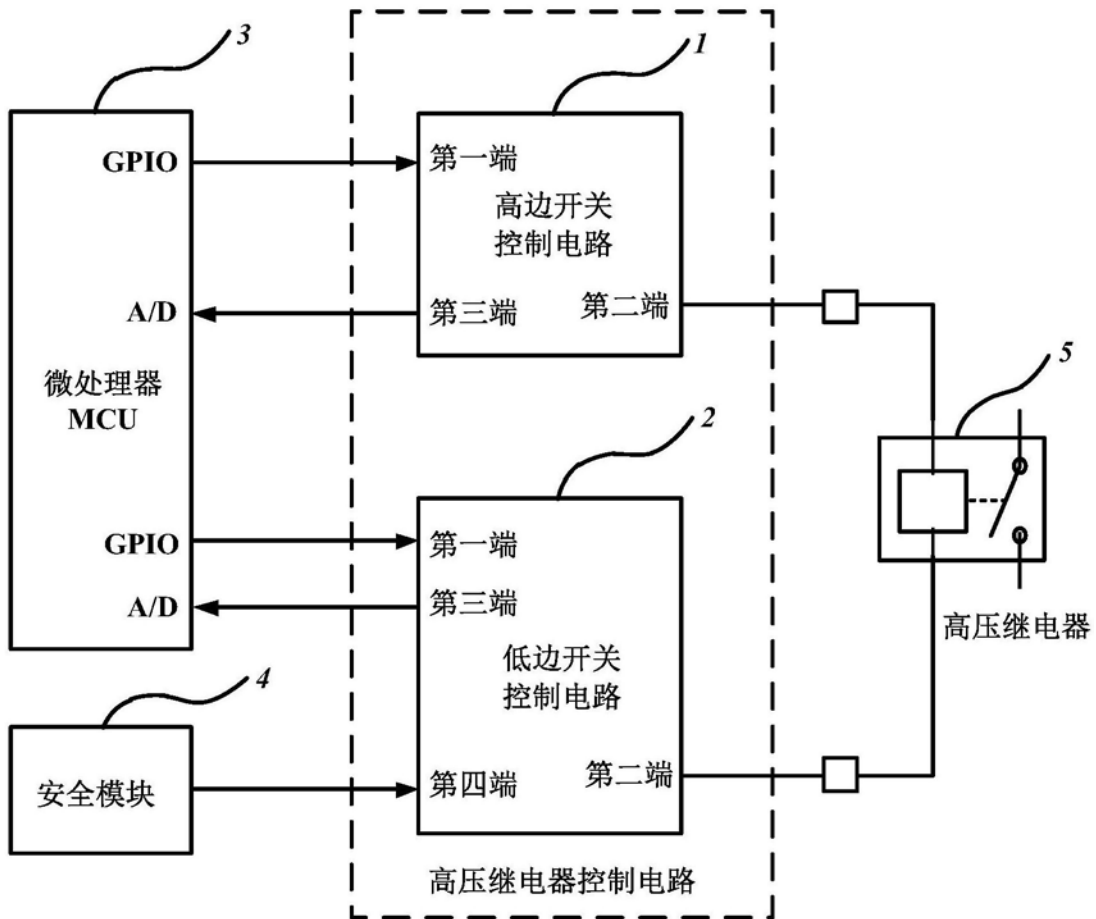


图3

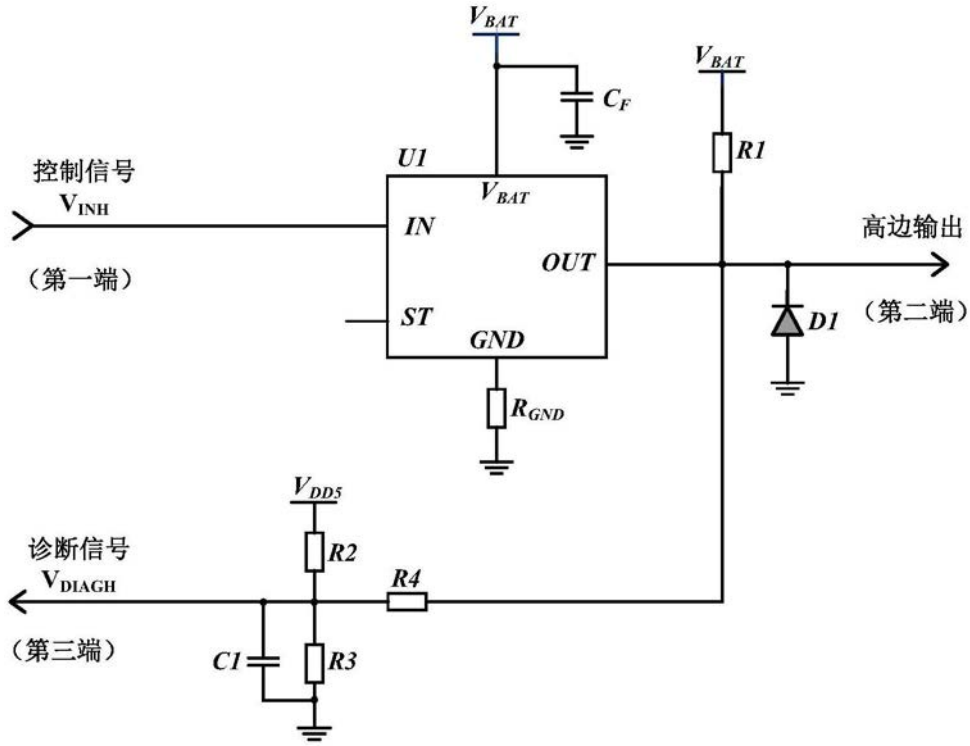


图4

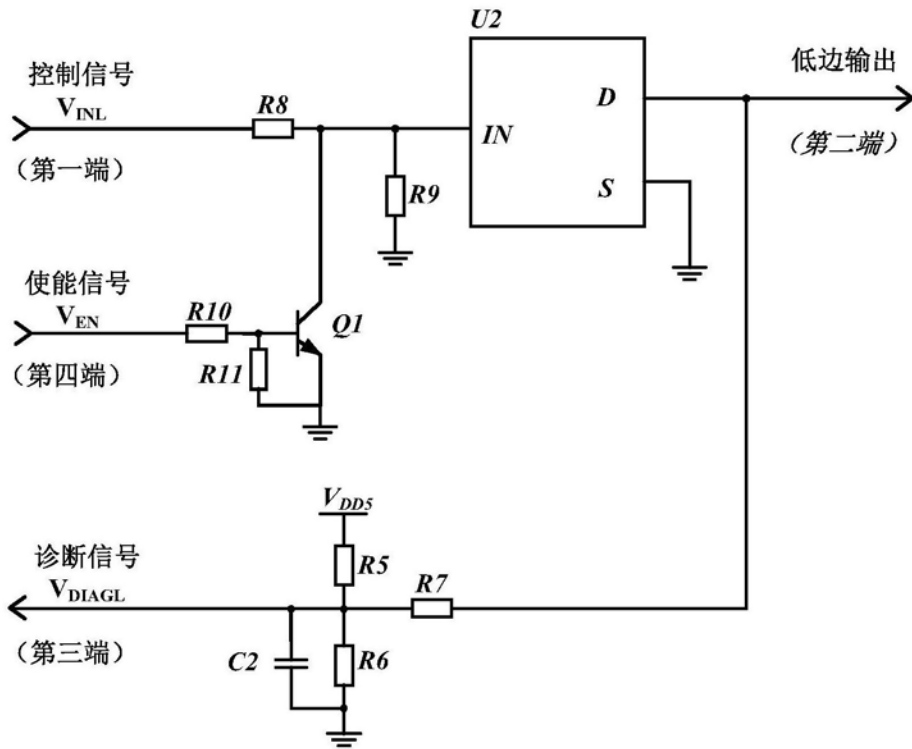


图5

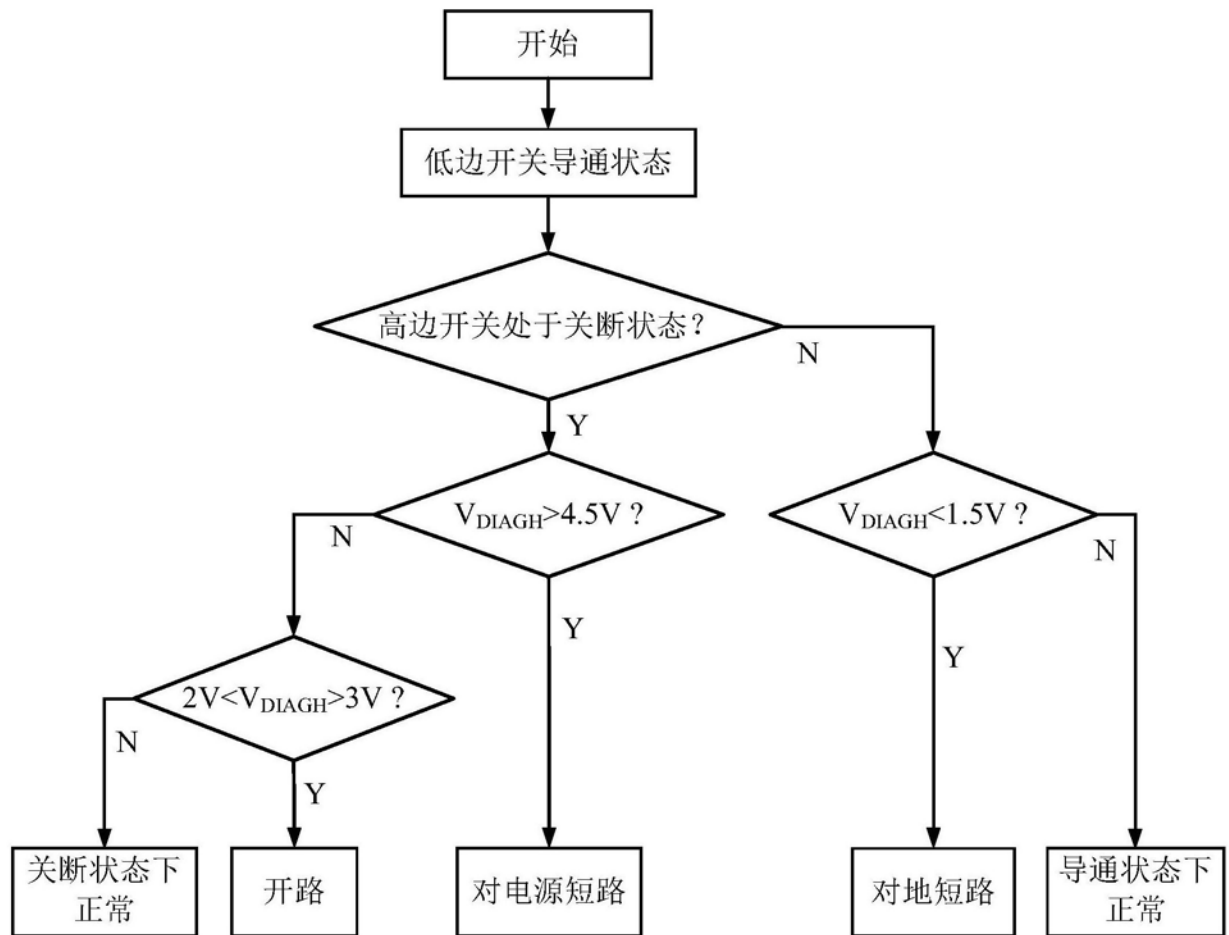


图6

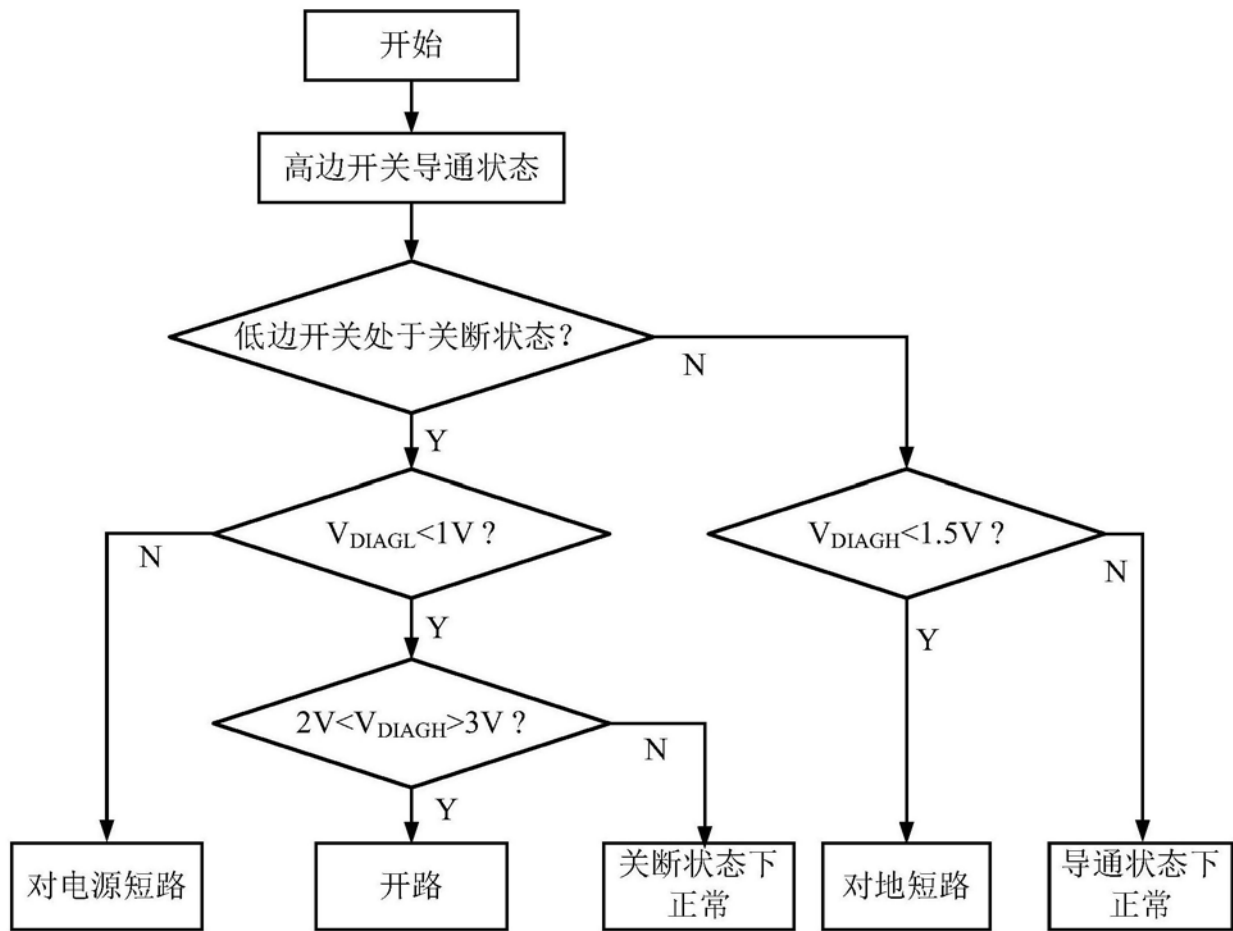


图7