[控制系统]

一种差分信号转换电路

文/天津成科自动化工程技术有限公司　杨　欣　王　凯　张文正

将DS18B20的一线式总线信号，通过特定电路，无需任何可编程器件和通信协议转换程序，转换为类似RS485总线的平衡发送和差分接收信号，以大幅增强DS18B20在工业现场通信中的抗干扰能力，并提高其总线传输距离。

DS18B20数字式温度传感器是美国DALLAS半导体公司生产的一线式数字温度传感器，是常用的标准数字式温度传感器，广泛用于温度的探测和转换。目前市场上的各类使用DS18B20数字式温度传感器的测温仪表与DS18B20之间的数据总线连接技术，是直接使用DS18B20提供的一线式数据总线，将MCU的任一GPIO引脚与DS18B20的DQ引脚相连；MCU的GPIO工作于三态门模式，可对DS18B20进行读写操作，DS18B20的DQ辅以上拉电阻，可以OD门工作方式收发数据，如图1所示。

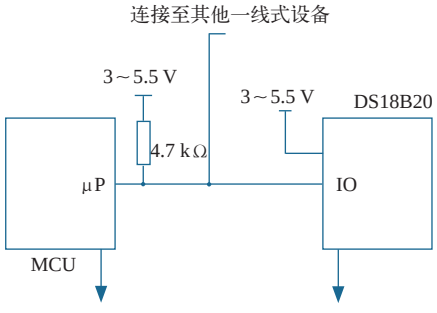

图1　一线式数据总线的连接方法电路原理图

图1中，μP为MCU的任一GPIO接口；4.7 kΩ电阻为DS18B20的上拉电阻，也是整条一线式数字总线的上拉电阻；DS18B20使用外部DC3.3～5.5 V供电。

此种一线式数据总线的连接方法电路原理简单易行，仅需MCU的一个接口、一根数据线就能完成读写数据功能，可以达到比较高的通信速度（最高约500 kbit/s）并且一条数据总线上可同时挂接多个DS18B20温度传感器。

使用上述一线式数据总线的连接方法时，由于直接使用MCU的GPIO接口的三态门工作方式、以及DS18B20的OD门工作方式组成共模信号传输数据的方式，但是这种共模传输数据的工作方式有一个致命的弱点，就是抗电磁干扰能力太差，并且数据总线距离不能达到比较长的距离；在需要长数据总线（50～200 m范围内）通信，并且用于充满了高压设备和变频设备的工业生产现场环境中时，会受到非常强烈的电磁干扰，造成数据通信失败。

众所周知，RS485总线通信技术在工业现场得到广泛运用的一个重要原因，就是其抗电磁干扰能力强大，通信工作稳定，而且数据总线能够达到比较长的传输距离（最远约1.2 km）；而RS485总线通信具备此特性的根本原因，就是总线接口采用了平衡发送和差分接收数据信号的工作方式，具有强大的抑制共模干扰的能力。

本文所要解决的技术问题，就是将MCU的GPIO接口的三态门工作方式、DS18B20的OD门工作方式以及它们组建的共模信号传输方式全部转换为类似于RS485总线通信技术的平衡发送和差分接收数据信号的工作方式，并且不再增加其他可编程器件，从而提供一种解决其抗电磁干扰能力差和通信距离短的问题的廉价简易方案。

MCU通信部分电路原理

MCU通信部分电路如图2所示。其主要功能说明如下。

1）将MCU的GPIO接口的三态门工作方式转换为RS485总线接口的平衡发送和差分接收数据信号的工作方式。

2）能够扩展出多个数据总线接口，同时收发多个数据总线上的数据。

3）对内部MCU部分电路进行隔离保护。

详细原理说明如下。

1）OP6、OP7、OP8为数据通信用高速隔离光电耦合器芯片，选用型号为HCPL0601；这3个光电耦合器芯片将内部MCU的GPIO接口电路与外部通信接口电路进行隔离保护，并能够高速传输数据；其中OP6用于接收数据（相对于MCU来说，下同），OP8用于发送数据，OP7用于切换收发状态。

2）任意选用MCU的3个具有三态门功能的GPIO引脚，分别连接到标号为RXD、RD和TXD的连线上，用于接收数据、切换收发状态和发送数据。注意，此电路不是使用MCU的UART外设功能收发标准UART数据帧格式，而是靠GPIO引脚直接读取和发送连线上的电平状态，因为DS18B20的通信数据帧不是标准的UART帧格式。

3）R28、R29和R30为光耦发射端的限流电阻，R27、R31和R32为光耦接收端的输出上拉电阻，选用型号为1 kΩ、1/8 W。

4）U7、U8为RS485数据总线接口收发器芯片，选用型号为SP485，用于将共模信号传输方式转换为平衡发送和差分接收数据信号的传输方式。

5）VD10、VD11为高速开关二极管，选用型号为1N4148，用于将各个SP485芯片的RO引脚的数据输出隔开，使其输出数据时不会出现短路；图2中，使用此原理扩展出2个RS485接口，（也可以使用同样方法增加接口数量）。注意，每个DS18B20都具有全球唯一序列号，所以在实际传输数据时只有与MCU发送的序列号数据匹配的DS18B20会发送数据，而不会出现多个DS18B20同时发送数据造成总线冲突的情况。

6）R34、R36为RS485总线A线上拉电阻，选型为1 kΩ、1/8 W，用于确定总线空闲电平，并辅

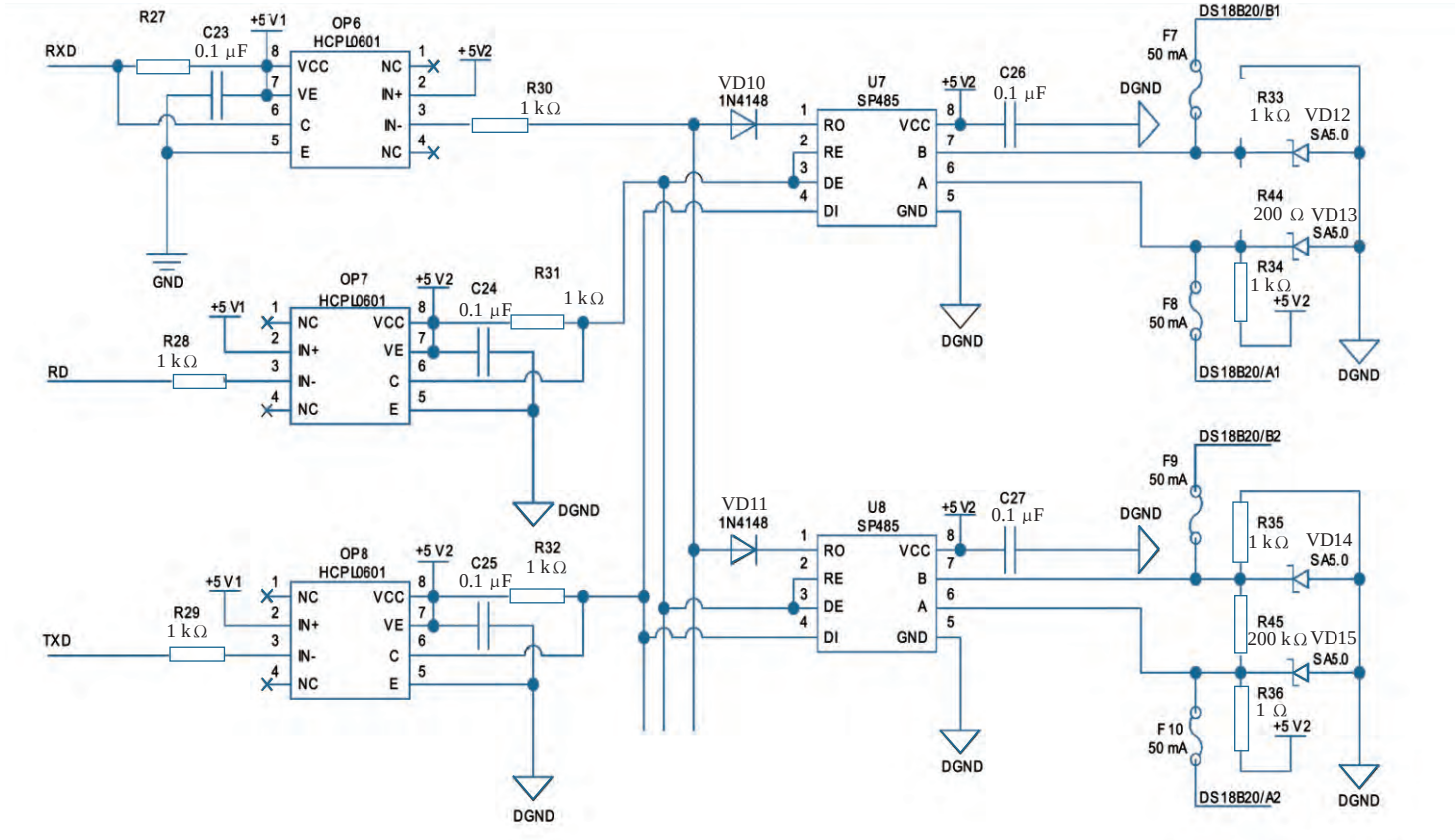

图2　MCU通信部分电路原理图

助总线插接器接口电路发送正向差分信号。

7）R33、R35为RS485总线B线下拉电阻，选型为1kΩ、1/8 W，用于确定总线空闲电平，并辅助总线连接器接口电路发送正向差分信号。

8）R44、R45为总线终端电阻，选型为200 Ω、1/8W，用于消除总线信号反射波。

9）F7、F8、F9和F10为自恢复熔断器，选型为50 mA，保护性器件，用于防止短路或浪涌电流烧毁电路。

10）VD12～VD15为瞬态抑制二极管，选型为SA5.0，保护性器件，用于防止浪涌电压烧毁电路。

11）C23～C27为电容，选型为独石104，分别用于为OP6、OP7、OP8、U7和U8退耦滤波。

由于此电路要求电气隔离，必须使用2路相互隔离的DC5 V电源为被OP6、OP7、OP8隔离开的内部MCU电路和外部通信接口电路供电；此2路相互隔离的DC5 V电源分别标为＋5 V1和＋5 V2，对应的电源负极标为GND和DGND。

DS18B20通信部分电路原理图如图3所示。其主要功能说明如下。

1）将DS18B20的OD门工作方式转换为RS485总线接口的平衡发送和差分接收数据信号的工作方式。

2）防止DS18B20的数据线的信号在高低电平转换时出现短路。

3）防止RS485总线上的信号在正向差分信号和反向差分信号转换时出现短路。

详细原理说明如下。

1）此电路供电电源为DC24 V和DC5 V，DC24 V电源正极标为VDD，DC5 V电源正极标为＋5 V3，这两个电源共用同一负极并标为DGND。

2）P103为接插件，选型为2EDG 5.08－3P，用于连接DS18B20，为其供电并连接其一线式数据总线；使用时P103的1脚到3脚分别接DS18B20的供电电源正极引脚、数据引脚和电源负极引脚。

3）F102为自恢复保险，选型为50 mA，保护性器件，用于防止对外供电输出短路。

4）RS102为压敏电阻，选型为10D560K，保护性器件，用于防止雷击烧毁电路。

5）VD103为快速整流二极管，选型为UF4003，用于将DS18B20的一线式数据总线上的信号高电平钳位于供电电压。

6）VD104为瞬态抑制二极管，选型为SA6.0，保护性器件，用于防止浪涌电压烧毁电路；

7）C105为电容，选型为独石104，用于对外供电的滤波。

8）U102为RS485数据总线接口收发器芯片，选用型号为SP485，用于将共模信号传输方式转换为平衡发送和差分接收数据信号的传输方式。

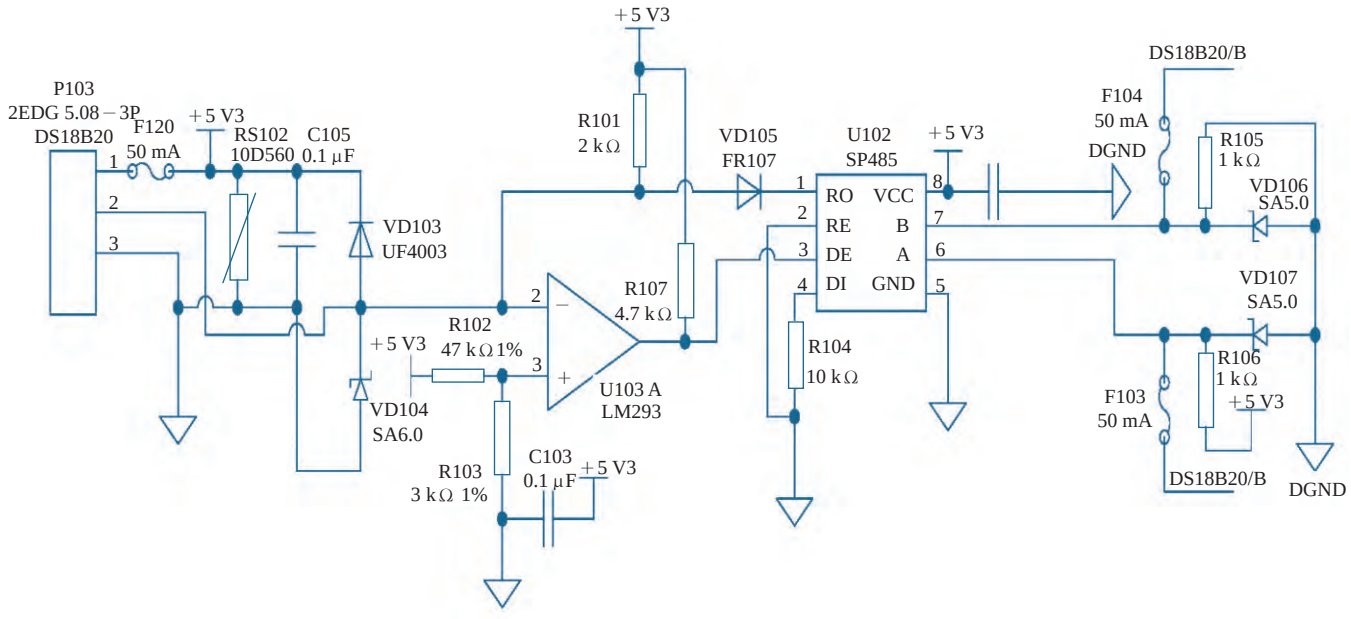

图3　DS18B20通信部分电路原理图

9）R101为DS18B20一线式数据总线上拉电阻，选型为2 kΩ、1/8 W，用于辅助DS18B20一线式数据总线输出高电平。

10）R102和R103为分压电阻，选型分别为47 kΩ、1/8 W 1%精度和3 kΩ、1/8 W、1%精度，用于输出0.3 V电压作为模拟比较器的正极参考电压。

11）R104为下拉电阻，选型为10 kΩ、1/8 W，用于将SP485的DI引脚电平下拉为低电平。

12）R105为RS485总线B线下拉电阻，选型为1 kΩ、1/8 W，用于确定总线空闲电平，并辅助RS485接口电路发送正向差分信号。

13）R106为RS485总线A线上拉电阻，选型为1 kΩ、1/8 W，用于确定总线空闲电平，并辅助RS485接口电路发送正向差分信号。

14）R107为模拟比较器输出引脚上拉电阻，选型为4.7 kΩ、1/8 W，用于辅助模拟比较器输出高电平。

15）VD105为快速整流二极管，选型为FR107，利用其正向压降特性可使SP485接收器输出的低电平有一定抬高。

16）U103A为双路模拟比较器芯片的其中一路，另一路不用，选型为LM293，用于比较输出DS18B20的数据，并与VD105配合阻止RS485总线上的反向差分信号再次经SP485的驱动器输出回RS485总线，而RS485总线再转换为正向差分信号时造成短路。

17）F103、F104为自恢复熔断器，选型为50 mA，保护性器件，用于防止短路或浪涌电流烧毁电路。

18）VD106、VD107为瞬态抑制二极管，选型为SA5.0，保护性器件，用于防止浪涌电压烧毁电路。

19）C103、C104为电容，选型为独石104，分别用于为U102、U103退耦滤波。

20）由于此电路没有MCU控制RS485接口的收发状态，即连接控制SP485芯片的2脚和3脚两个控制引脚，所以将2脚接DGND可一直使能接收器；而SP485的驱动器控制引脚3脚则由DS18B20的一线式数据总线通过模拟比较器控制，并且驱动器输出引脚4脚一直下拉为低电平；这样当一线式数据总线为高电平时，高于模拟比较器正极参考电压0.3 V，模拟比较器输出低电平，将SP485驱动器禁用，那么此时RS485总线上的电平状态将由R106和R105两个上下拉电阻确定，输出正向差分信号；而当一线式数据总线为低电平时，低于模拟比较器正极参考电压0.3 V，模拟比较器输出高电平，将SP485驱动器使能，而此时4脚被下拉为低电平，那么RS485总线上的电平状态将由SP485的驱动器输出反向差分信号；上述设计可使DS18B20的一线式数据总线信号与RS485总线信号逻辑上保持一致。

21）而快速整流二极管FR107可将SP485的接收器在输出低电平时钳位于模拟比较器的参考电压0.3 V和DS18B20接收数据逻辑0的上限电压0.8 V之间，这样可使DS18B20接收到低电平信号，而模拟比较器不会输出高电平进而控制SP485的驱动器输出反向差分信号，这样可以防止当RS485总线再次转换为正向差分信号时出现瞬间短路的问题；而之所以选择FR107，是因为经过对常见的快速二极管进行实际温漂测试，在－20～50℃的工作环境中，正向电流为1～5 mA时，FR107的正向压降可以保持在0.3～0.8 V之间，符合要求。

另外，如果不加入此模拟比较器和钳位二极管电路，而是简单地将DS18B20的一线式数据总线与SP485的1脚和4脚连接，并且一直使能发送器和接收器，则会在一线式数据总线信号由高电平转换为低电平时出现瞬间短路的问题。

综上所述，使用以上电路将一线式总线信号转换为差分信号后，实测在连接32个DS18B20及其配置的信号转换电路时，可将转换后的类RS485数据总线的通信距离延长至少200 m，相比DS18B20一线式数据总线最高只能达到50 m的通信距离有了很大提高，从本质上解决了DS18B20一线式数据总线抗电磁干扰能力差和数据传输距离短的问题，使DS18B20这种数字式温度传感器更加适应使用于严重电磁干扰的工业生产现场；

另外可将MCU通信部分电路的使用，可使总线接口数量进行扩展，向不同方向布线，极大地提高了仪器仪表的温度收集范围，降低了现场使用和设计难度；并且此电路在DS18B20通信电路部分无需其他可编程器件和程序进行接口和通信协议转换，节省可编程器件，无需编程，极大地降低了整个测温系统的制造和研发成本。EA

（收稿日期：2015.12.04）

（编辑：杨得润）