

# 基于电流环电路的远距离数据传输

李绍卓<sup>1</sup>, 王薇<sup>2</sup>

(1. 神华国华(北京)电力研究院有限公司, 北京 100025;

2. 第二炮兵装备研究院, 北京 100085)

**摘要:** 电平转换在工业控制远距离数据传输过程中被广泛采用, 取得了良好的效果。阐述了另一种数据传输的电路——电流环, 该电路将电平信号转换为电流信号, 以电流作为数据传输的载体, 在恶劣工业环境下具有较强的抗噪、抗干扰的能力。

**关键词:** 电流环; 数据传输; 工业控制

中图分类号: TP274+.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)10-0019-03

## Data transfer of long distance based on electric current loop circuit

Li Shaozhuo<sup>1</sup>, Wang Wei<sup>2</sup>

(1. Shenhua Guohua (Beijing) Power Research Institute Co., Ltd, Beijing 100025, China;

2. The Second Artillery Equipment Research Institute, Beijing 100085, China)

**Abstract:** Level switch is widely used in the process of data transfer of long distance in the area of the industrial control. This paper mainly discusses the electric current loop, which is another data transfer circuit. This circuit switches level signal to current signal, taking current as the carrier of data transfer. This circuit has the excellent performance of anti-noise in the vile industrial environment.

**Key words:** electric current loop; data transfer; industrial control

工业控制应用中常常涉及到一个非常重要的环节——数据或者控制信号的长距离准确传输。当今主流数字集成电路芯片往往采用 CMOS 或者 TTL 电平作为数据交互的载体, 即使对于一般的工业环境而言, 仅仅依靠这两种电平信号来传输数据都是难以实现整个系统的。RS-232 和 RS-422/485 的引入使真正的工业控制(特别是恶劣的环境的控制)变为可能。在恶劣的工业环境中, 按照电平噪声设计容限, RS-232 的有效传输距离为 10 m 左右, RS-422/485 也能够 在 100 m 内取得良好的数据传输效果。这种电平信号的传输距离受物理通道的影响较大, 容易受到信道容抗衰减, 使传输距离受限。若将电平信号转换为电流信号, 以电流作为载体进行数据传输, 一方面可以增大信号的噪声容限, 另一方面也可以提高信号的抗衰减能力。

### 1 电流环电路原理

按照欧姆定律  $U=IR$  可知, 电平信号与对应的电流信号由回路中的阻抗(容抗/感抗)来决定。控制器输出的信号功率限制了信号的传输距离, 因而可以通过一个晶体放大器来提升信号的驱动能力, 如图 1 所示。当 Q1

基极输入为 0 时, Q1 截止, 集电极没有电流流过; 当 Q1 的输入为 1 时, 电流由  $V_{CC}$  流经  $R_3$ 、传输电缆  $R_2$ 、Q1、 $R_1$ , 最后回到接收端, 形成电流回路。在接收端由电压比较器 U1 获取电阻  $R_3$  上的压降, 从而形成输出电平信号。由欧姆定律得知: 当  $R_3$  上没有电流流过时,  $R_3$  两端压降为 0, 比较器 U1 的输出也降为 0; 当  $R_3$  上有电流流过时,  $R_3$  上的压降为  $U_1$  形成输入, 从而 U1 也将输出高电平<sup>[1]</sup>。

由图 1 可知, 数据转移中的电流  $I=I_Q$  ( $I_Q$  为晶体管的集电极电流), 同时受到 Q1、线路阻抗  $R_2$  和  $R_3$  以及电源  $V_{CC}$  的影响。一旦选定足使 Q1 进入饱和状态的  $V_{CC}$  (主要由线路的直流阻抗决定), 则  $I_Q$  的大小由 Q1 的基极输入决定; 同时忽略 U1 的输入阻抗, 则 U1 的输入电压  $U_i=I_Q R_3$ 。只要恰当地选定  $R_3$ , 数据的传输将不受外界噪声的影响。为防止误操作, 可以设定 U1 输入的门槛或者调整  $R_3$  大小, 来提高系统可靠性<sup>[2]</sup>。

在工业控制中, 电气隔离是保证整个系统可靠运行的重要措施之一, 而图 1 所示的原理没有任何隔离, 不适合直接在实际的工业控制系统中应用。

《微型机与应用》2012 年 第 31 卷 第 10 期

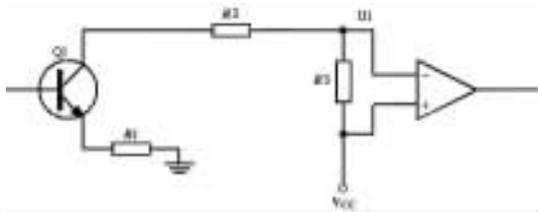


图1 晶体管放大器电路图

为避免图1中系统执行部分对控制器的干扰，常用光电隔离的方法来抑制系统执行部分的电气噪声。图2给出了一种改进后的电流环电路(方框中表示电路中的数据传输的物理通道)<sup>[3]</sup>，包括两个方向的数据传输电路：发送数据时，TX端的数据控制U1中的发光二极管开关，从而控制U2上发光二极管电流的通断，最终使数据到达RX1端；同样的工作原理，接收数据时可由RX端读取经U4、R4、R5、C3、C1、U3等传送来的数据。由此，可实现发送端和接受端电气的完全隔离，且通过电流的方式实现了数据的远距离传输。同样，只要保证V<sub>CC</sub>一定的稳定性，高频噪声或者电网的波动无法形成传输回路的电流，可以降低传输物理通道中数据受到干扰的可能性。

从图2可知，数据的单向传输虽然可以取得良好的隔离和抗干扰的效果，但是需要两根导线来完成。如果距离较远，这种方式显得很经济。

图3给出了一种经济型的电路。当在控制近端发送数据时，U2中光电管的输出由TXD输出来控制，电流流经控制器远端U1中的发光二极管；若此时远端U2作为使能端，则RXD能够接收到来自控制器近端的信息<sup>[4]</sup>。同理，RXD可以读取来自控制器远端由TXD发送过来的信息。与图2所示电路相比，该电路节约了物理通道，但只能实现半双工通信。

## 2 工程使用电路

图4和图5示意了工程上远距离串行通信的使用电路，在图3电路的基础上增加了逻辑门、晶体管等器

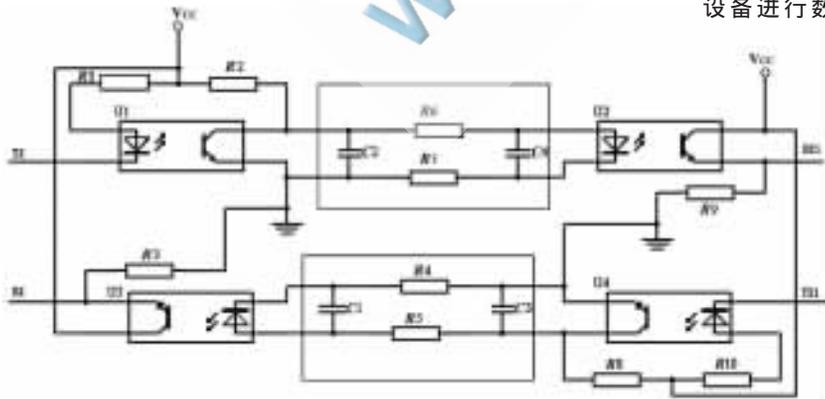


图2 改进后的电流环电路

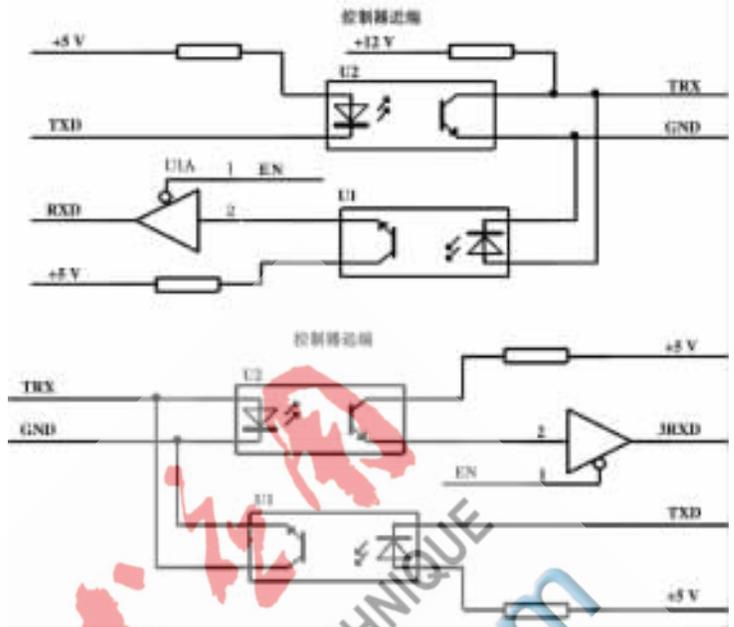


图3 经济型电路

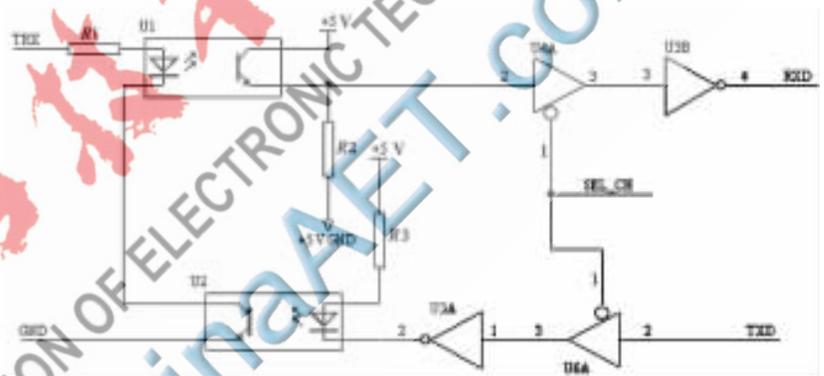


图4 串行通信电路控制器近端

件，增强了驱动能力，提高了系统的可靠性。其中，RXD为读取数据端、TXD为发送数据端、SEL\_CH为通道的控制逻辑。在此基础上可以将多个通道进行并联，由主控制器通过SEL\_CH通道选择逻辑，以查询的方式实现与多个终端的通信。

图6显示了处理器通过上述电路与5个终端实现串行数据交互的原理。该电路在实际工程上用于对多个终端设备进行数据采集和控制，在通信速率为19.2 kb/s，距离300 m时取得非常稳定的效果。

由基本电路理论可知，交流信号传输过程中，主要受信道的感抗、容抗影响。在整个数据的物理通道上，相对容抗而言，感抗非常小。故传输速率主要受光电耦合器件、晶体管的容抗影响。因此，恰当地选择这些器件，降低传输通道的容抗，有利于提高系统的数据交互速率和稳定性。

工程应用结果表明，以电流作为载体来进行工业控制中的数据交互，具

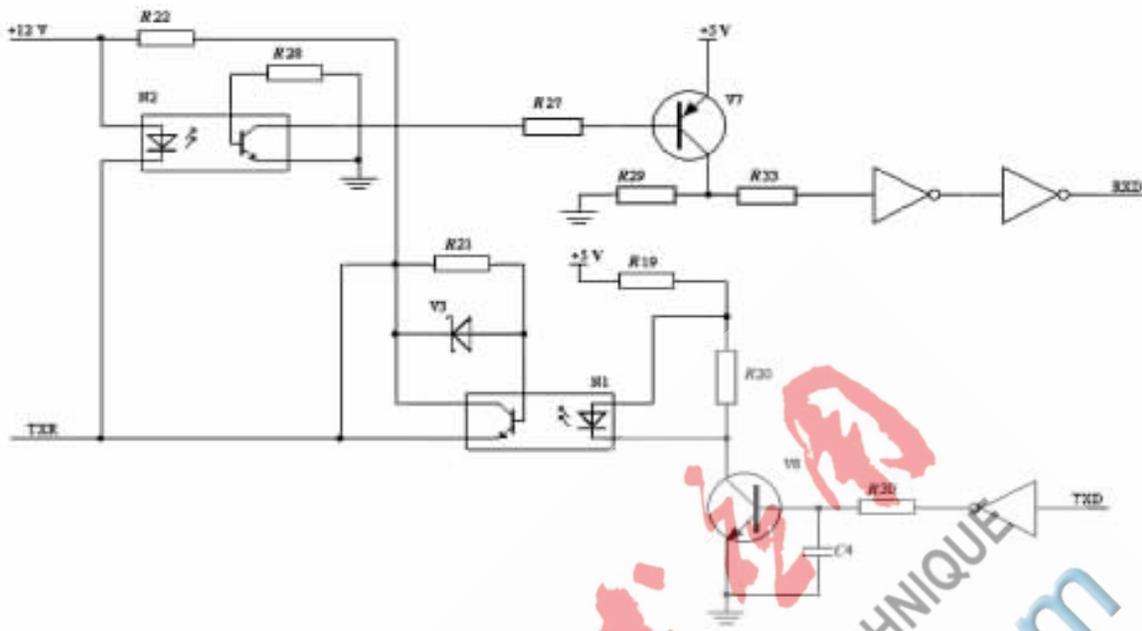


图5 串行通信电路终端接口

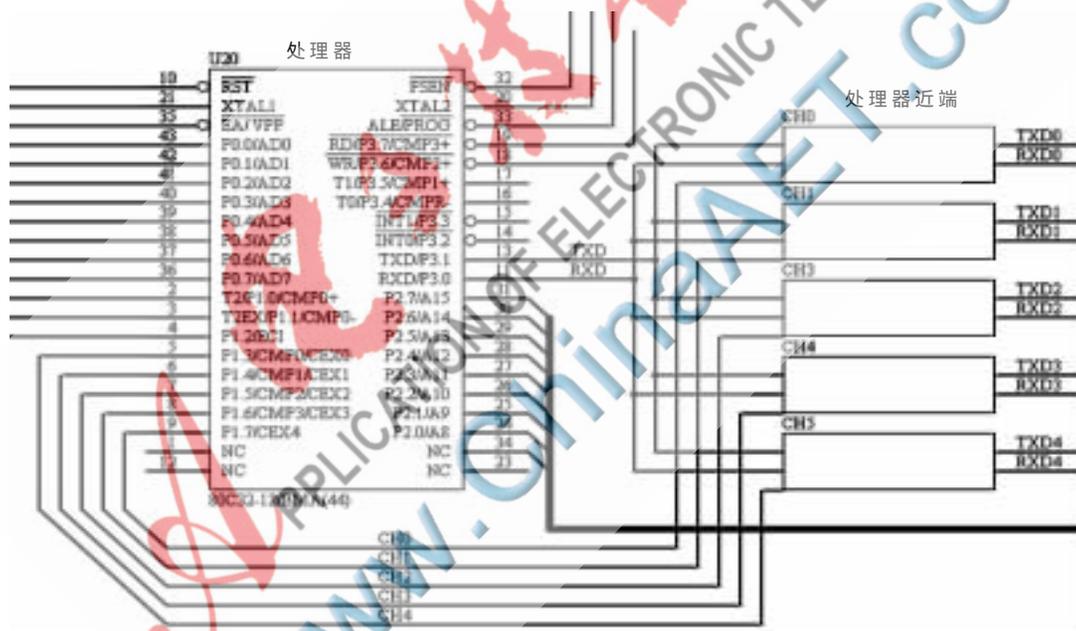


图6 串行口的扩展

有很强的抗噪声和电源波动干扰的能力。在物理上采用两线实现数据交互，降低了对通信电缆的要求，也比差分电平信号传输更经济。图5所示的电路在工程实践中用来实现中央控制机与多个终端设备串口数据交互，并取得了成功。该电路并不局限于串口数据的交互，通过略加变换也可以应用到 eCan、Spi、I<sup>2</sup>C 等总线中。

参考文献

[1] MAXIM. High-efficiency, current-mode, inverting PWM controller[S]. 2001.  
 [2] SORENSEN J. Direct-access arrangements are crucial to successful embedded-modem designs[J].Electronic Design,

2001.

[3] 沈国伟, 费元春. HART 通信协议在现场仪表远程通信中的实现[J]. 今日电子, 2003(11): 22-24.  
 [4] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.

(收稿日期: 2012-03-19)

作者简介:

李绍卓, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 嵌入式控制与工业信息化。