

一种改进的基于 M-BUS 的通信接口设计

张丽娜¹, 王 林¹, 朱起浙², 沈绪榜¹

(1 西安微电子技术研究所, 陕西 西安 710054; 2 西安电子科技大学 微电子学院, 陕西 西安 710071)

摘 要: 针对三表系统开发的需求, 对一种原有的应用于 M-BUS 从节点的通信接口做了改进. 在接收端加入施密特触发器以降低其误码率, 并将发送端的电流调制模式改为电压调制模式, 使电路变得易于实现. 目前该接口已成功应用于一款从节点通信芯片, 可实现 300~9600bps 速率下的通信. 给出了在 0.35 μm 1st-silicon 工艺下, 采用 Cadence Spectre 对设计进行仿真的结果.

关键词: M-Bus; 通信接口; 施密特触发器

中图分类号: TN495

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)10-0156-04

Advanced Design of a Communication Interface Based on M-BUS

ZHANG Li-na¹, WANG Lin¹, ZHU Qi-xi², SHEN Xu-bang¹

(1 Xi'an Microelectronics Technology Institute, Xi'an 710054, China;

2 Department of Microelectronics, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: Based on the requirements of developing a new meter system, improvements has been made to the communication interface which was previously used on M-BUS slave node. The error rate is reduced by adding Schmitt trigger at the receiving end, and by changing the current modulation mode on the sending end to voltage modulation mode, the circuit becomes easier to implement. Currently this interface has been successfully applied to a slave chips, enabling 300~9600bps rates of communication. With the 0.35 μm technology of 1st-silicon, the circuit is designed and simulated by Cadence Spectre and the simulation result is presented.

Key words: M-Bus; communication interface; Schmitt trigger

1 引言

Meter Bus, 简称 M-BUS, 即仪表总线, 是一种带供电功能的串行双总线通信系统, 采用主从式半双工协议, 实现多种通信速率 (300~9600bps) 下的异步通信, 使用简单的双绞线电缆, 极性无关. 它具有通讯设备容量大, 通讯速率高, 设计简单, 布线方便, 抗干扰能力强的特点, 可以总线供电, 单台设备可提供高达 500mA 的电流, 使数据能可靠的远途传播. 它是针对热能表、煤气表、水表、电表等各种消费类仪表的总线系统, 可广泛用于小区的计量集抄, 智能家庭控制网络, 消防报警及联动网络, 小区智能化控制网络, 中央空调控制系统等方面^[1].

文中基于 M-BUS 的物理层协议, 对一种已有

的用于从节点通信接口进行了改进.

2 M-BUS 的物理层原理及应用

M-BUS 主要通过改变两条总线之间的电压差的变化来发送数据, 通过测定总线电流的变化来接收数据. 当主站向从节点发送数据时, M-BUS 两条总线电流恒定, 从节点可根据总线上电压差的变化来判断总线上的数据是 1 还是 0. 当发送逻辑“1”时, 总线上为不高于 42V 的电压, 当发送逻辑 0 时, 总线上为不低于 12V 的电压. 当从节点向主站发送数据时, M-BUS 总线上电压恒定, 主站根据电流的改变来判断总线上的数据是 0 还是 1. 当从节点向主站发送“1”时, 从节点电流为 I_{mark} (基准电流, $\leq 1.5\text{mA}$); 发送逻辑“0”时, 从节点的 M-BUS

通信接口会在 I_{mark} 上加上一个 11~20mA 的脉冲电流,主站通过电流检测电路可检测到此电流从而确定接收到的是“0”还是“1”。

M-BUS 采用主叫/应答的方式通信,即只有处于中心地位的主站发出询问后,从节点才能向主站传输数据,于是同一时刻只有一个从节点向总线发送数据,在主站处于发送状态时,从节点不会向主站发送数据,从而有效地避免了总线冲突。

现已有一种可用于 M-BUS 总线的接口设计^[2]如图 1 所示。

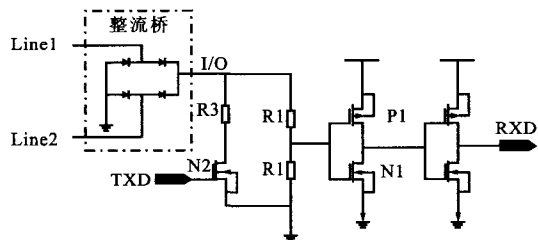


图 1 一种已有的接口设计

该电路分为三部分:整流桥、发送电路和接收电路。整流桥实现对 line1 和 line2 之间的电压进行方向转换,使输入接口的电压没有极性之分;TXD 端为数据发送端,通过控制 N2 的导通与否来改变总线电流,从而传输信号;RXD 端为数据接收端,I/O 端的电压经 R1、R2 分压后在经过两级反相器到达 RXD 端。

该电路存在如下一些问题:

(1) 整流桥上有较大的寄生电容,在接收过程中,由于总线上同时挂接很多个从节点芯片,因此加起来会有很大的电容。电容的充放电使得“I/O 端”电压上升沿变化缓慢或者信号不稳定,于是导致 RXD 端接收到的数据并不是理想的脉冲信号。在速度较高时甚至引起差错。同时,若通信距离很长时,电路上会有较大的噪声干扰,这使得总线信号不稳定。若信号直接传输至 RXD 端,很可能引起传输错误。

(2) 发送电路使用电流调制模式,所以在从节点电路中需要设计一个恒流源作为基准电流源。这使得接收电路的设计比较复杂而且成本高。

3 一种改进的通信接口的设计

图 2 为文中改进后的通信接口结构。该电路也由整流桥、接收电路和发送电路组成。该电路的改进主要从接收电路和发送电路两方面进行。

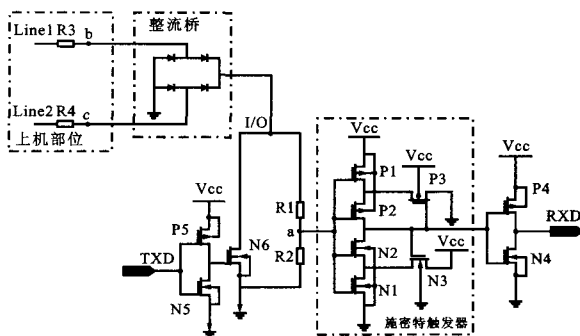


图 2 改进后的接口电路

3.1 接收电路的改进

在本设计中,当从节点从总线接收数据时,总线上的电压差为 18~30V(典型值 24V)时表示 1,电压差为 0V 时表示 0。接收电路由电阻 R1、R2 和由 P1、P2、P3、N1、N2、N3 组成的施密特触发器,以及由 P4、N4 组成反相器构成。其设计主要分为电阻 R1、R2 的设计和施密特触发器的设计。

3.1.1 电阻 R1、R2 的设计

R1、R2 为分压作用,其主要作用是通过分压使 a 点电压为 3.3V。这两个电阻的阻值由公式 $[R_2 / (R_1 + R_2)] * 24 = 3.3V$ 和接收时的最大电流限制来确定。由于 M-BUS 总线可连接几百个从节点芯片,因此每一个从节点接收时的工作电流不宜过大,以免烧毁电路。

3.1.2 施密特触发器的设计

为了取得比较理想的信号,可在接收电路的电阻 R1、R2 与 P1、N1 之间加入一个施密特触发器以改善信号形状。因为即使输入信号中含有大量的噪声,施密特触发器仍可产生良好的脉冲信号。

施密特触发器存在两个阈值电压, V_{SPH} 为高阈值电压, V_{SPL} 为低阈值电压。当输入电压低于 V_{SPL} 时,输出高电平;当输入电压高于 V_{SPH} 时,输出低电平;当输入在 V_{SPH} 与 V_{SPL} 之间时,输出电压不变。此特性即施密特触发器的磁滞特性。其输入输出特性如图 3 所示。

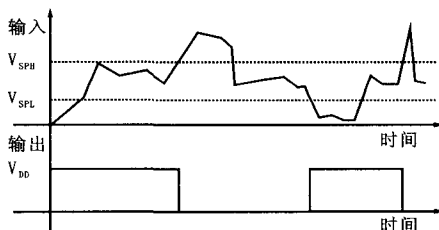


图 3 施密特触发器输入输出特性

本设计中的施密特触发器如图 2 虚线方框中所示. 施密特触发器的高阈值电压 V_{SPH} 就是 N2 管的阈值电压, 低阈值电压 V_{SPL} 即 P2 管的阈值电压.

通过对施密特触发器的分析可知, 在 N2 管开始导通的那一刻, 流过 N2 和 N3 的电流相同^[3]. 在短沟道器件中, 考虑沟道调制效应及速度饱和的电流如下:

$$I_{DS} = v_{sat} c_{ox} \frac{w}{l} (V_{GS} - V_T - \frac{V_{DSAT}}{2}) \quad (1)$$

其中, v_{sat} 为饱和速度, c_{ox} 为栅氧单位面积电容, V_{DSAT} 为饱和电压.

由 $I_{DS1} = I_{DS3}$ 得:

$$\frac{W_1 L_3}{W_3 L_1} = \left[\frac{V_{DD} - V_{SPH} - \frac{V_{DSAT}}{2}}{V_{SPH} - V_{THN} - \frac{V_{DSAT}}{2}} \right] \quad (2)$$

其中, V_{THN} 为 N1 管的阈值电压, 由上式即可得到 N1、N3 的宽长比例. 通常要求 N2 管的宽长比满足:

$$\frac{W_2}{L_2} \geq 5 \frac{W_1}{L_1}, \quad \frac{W_2}{L_2} \geq 5 \frac{W_3}{L_3} \quad (3)$$

由此可确定 N1、N2、N3 管的尺寸.

3.2 发送电路的改进

发送端电路由 P5、N5、N6 及接在主站端的电阻 R3、R4 组成.

M-BUS 协议中, 发送电路是电流调制模式, 成本高且不易实现. 在本设计中考虑采用电压调制方式来实现. 当从节点向主站发送数据时, 在 line1、line2 之间加一个恒定电压, 在靠近主站的总线处加入两个电阻 R3、R4. 当从节点 TXD 端发送 1 时, N6 截止, 只有很小的电流流过 R1、R2、R3、R4, 于是 b、c 两端电压差基本为 line1、line2 两端的电压差, 此时主站接收到信号 1; 若 TXD 端发送 0, 则 N6 导通, I/O 点被下拉至地, 于是 b、c 点之间的电压差基本为 0, 从而主站接收到 0^[4].

为了保证在接口进行发送时, RXD 端不会有电平变化, 选择发送时 line1、line2 之间的恒定电压为 7V, 这样经 R1、R2 分压后, a 点电压低于施密特触发器的低阈值电压, 因此 RXD 端一直维持低电平.

因为总线上要挂接 256 个从节点芯片, 于是便有很大的电容. 为了保证能够达到 9600bps 的通信速率, 发送端必须有足够大的驱动能力, 即必须有一定的发送电流 I_s 使总线上电压尽快稳定. 于是 R_3 、 R_4 的电阻最大应设计为 $7V/(R_3 + R_4) \geq I_s$, 并且为了不影响接收电路电阻 R_1 、 R_2 的分压作用, R_3 、 R_4 应远小于 $R_1 + R_2$, 从而可确定出 R_3 、 R_4 的大

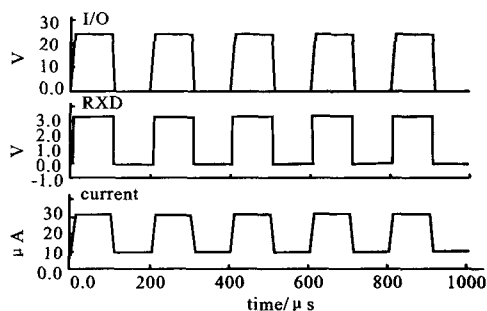
小. 而 N6 管则必须足够大以获得足够大的驱动能力来达到 I_s , 此设计可以通过查找工艺文件中的相关参数及仿真得到.

在本设计中, 规定若主站检测到 b、c 两点的电压差大于 6V 则表示接口发送 1, 若检测到小于 1V 则表示接口发送 0^[4].

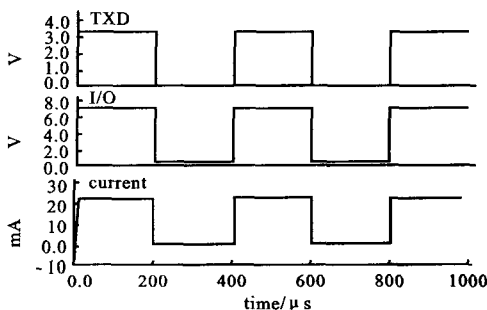
4 电路仿真结果及分析

4.1 改进后的接口功能仿真

图 4 所示分别为改进后的接收电路、发送电路的电流电压仿真图. 其中接收电路的工作电流为 20μA, 通信速率为 9600bps; 发送电路的工作电流为 20mA, 通信速率为 4800bps(可达 9600bps).



(a) 接收电路电压电流仿真结果 (9600bps)



(b) 发送电路电压电流仿真结果 (4800bps)

图 4 改进后的接口功能仿真图

4.2 施密特触发器与反相器仿真结果比较

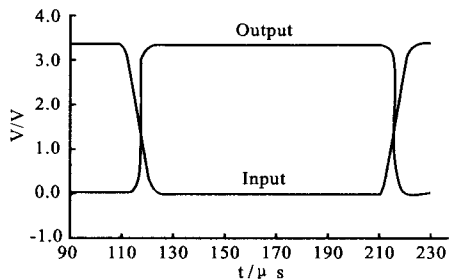
图 5 所示为在 9600bps 情况下系统挂接 256 个接口时, 反相器与施密特触发器的在输入信号下降沿的瞬态仿真结果对比. 图 5(a) 为原设计反相器的瞬态仿真结果, 其阈值电压为 1.5V 左右. 图 5(b) 为本设计中的施密特触发器瞬态仿真结果, 施密特触发器高阈值电压为 2V, 低阈值电压为 1V, 图中所示部分为其处于低阈值电压转换时的状态.

由图 5(a)、(b) 可以看出, 反相器输出的上升沿约为 10μs, 而施密特触发器的上升沿约为 0.4μs. 加入施密特触发器后输出信号的跳变沿变得非常陡峭, 更接近理想的方波信号, 从而使得信号更完整.

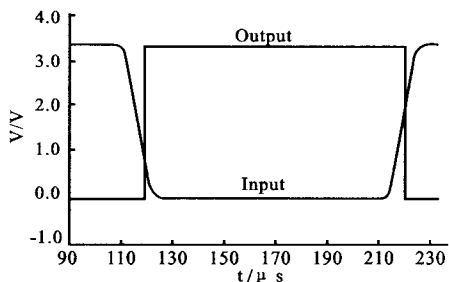
更易于达到 9600bps 的通信速率。

4.3 原设计与本设计的比较

假设输入为 12V,即输入为低电平,RXD 应输出信号 0.对于原设计,a 点电压为 1.56V,高于原设计中反相器的阈值电压,则反向器输出为 0,从而使得 RXD 端输出为 1,产生错误.对于文中的设计,假设其当前输出为 1,由于 a 点的电压未达到其高阈



(a) 原设计中反向器的仿真结果 (9600bps)



(b) 施密特触发器的输入输出特性仿真

图5 文中反相器与施密特触发器仿真对比

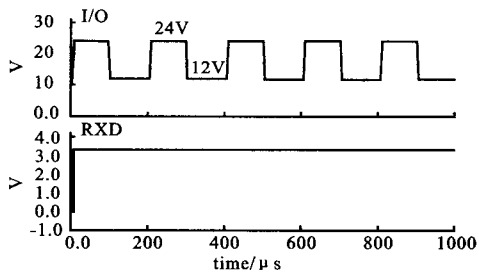
5 结束语

文中对一种基于 M-BUS^[5]的通信接口电路进行了改进,使接收电路具有了更高的准确率,并将发送电路的电流调制模式改为电压调制,使其更易于实现^[6].由于该电路可有效地提高信号的完整性和数据准确性,从而对信号完整性和误码率要求较严格的应用,该电路可发挥很大作用.目前该电路已成功应用于某下位机通信接口芯片中.

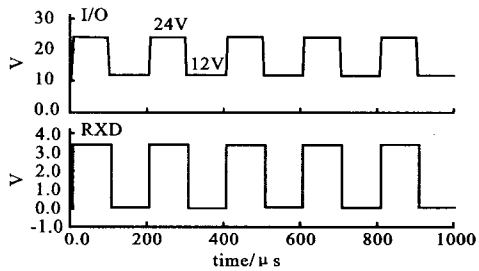
参考文献:

- [1] 王晓兰,赵忠彪,谭文忠,等.基于 M-BUS 的接口设计研究[J].工业控制计算机,2004,17(11):17-18.
- [2] 颜景龙,刘星,李凤国,等.一种用于电子雷管的直流载波通信接口:中国,200420115363.1[P].2006-10-18.
- [3] Jacob Baker R, Harry W, Li, David E Boyce. CMOS 电路设计、布局与仿真[M]. 陈中建,译.北京:机械工业出版社,2006.

值电压,于是施密特反相器的输出仍为 1,RXD 端的输出为 0.从而减小输入电压波动对输出信号带来的影响,提高接收电路准确性,降低误码率.如图 6 所示为以上情况的仿真结果.输入为 12V、24V 交替的方波,原电路的输出全为高电平,而本设计中的电路则输出正确的 0、1 交替的方波.



(a) 原接收电路在输入非理想信号时的仿真



(b) 本设计在输入非理想信号时的仿真

图6 原设计与本设计比较

出版社,2006.

- [4] Shin-Lun Chen, Ming Don. A new schmitt trigger circuit in a 0.13um 1/2.5-V CMOS process to receive 3.3V input signals[J]. IEEE, 2005,25(7):573-576.
- [5] 李敏,王宝光.基于 Msp430 和 M-BUS 的标准远程抄表系统设计[J].现代制造工程,2006(7):88-91.
- [6] 王来雄,姜智忠.RS485 智能串行通信接口的设计[J].微电子学与计算机,2003,20(2):70-72.

作者简介:

张丽娜 女,(1985-),硕士研究生.研究方向为嵌入式计算机系统结构.

王林 男,(1983-),硕士研究生.研究方向为嵌入式计算机系统结构.

朱起渐 男,(1979-),博士研究生.研究方向为计算机系统结构.

沈绪榜 男,(1933-),院士,教授,博士生导师.研究方向为嵌入式计算机的设计.