

# 用于网络通信的 LVDS 收发器的设计

殷弼君<sup>1,2</sup>, 李 苗<sup>1,2</sup>

(1. 上海交通大学电子工程系, 上海 200030; 2. 华东计算技术研究所, 上海 200233)

**摘要:** 互联网承担了越来越多的语音、文本、图像、视频等数据传输业务, 造成了网络传输速率瓶颈问题。针对该问题, 该文采用全定制的集成电路方法及低功耗和低共模电平偏移的技术设计低电压差分信号高速接收器和发送器。仿真实验结果证明, 该收发器的传输速率为 200 Mb/s, 与 IEEE1596.3-1996 协议完全兼容。

**关键词:** 低电压差分信号; 接收器; 发送器; 电流源

## Design of LVDS Transceiver for Network Communication

YIN Bi-jun<sup>1,2</sup>, LI Miao<sup>1,2</sup>

(1. Dept. of Electronic Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030;  
2. East China Institute of Computer Technology, Shanghai 200233)

**【Abstract】** There are more and more data such as voice, text, picture and video transferring in Internet, which leads the problem of speed bottleneck. According to the problem, this paper designs the high-speed Low-Voltage Differential Signals(LVDS) transceiver by full-custom design flow with the technology of low power and low common mode voltage. Simulation experiments show that the transceiver supports 200 Mb/s transmission speed and it is thoroughly compatible with IEEE1596.3-1996.

**【Key words】** Low-Voltage Differential Signals(LVDS); receiver; transmitter; current source

### 1 概述

互联网的全面普及使其承担了越来越多的语音、数据、图像、视频等数据传输业务。为了保证网络数据的传输质量, 传输速率需要更大的提高。另外, 在电池供电的手持设备中, 不仅要满足高数据传输率, 还要考虑低功耗的要求。低电压差分信号(Low-Voltage Differential Signals, LVDS)接口技术的出现满足了上述需求。该技术采用低电压摆幅(250 mV~400 mV)传输数据, 具有低功耗和高数据传输率的特点。并且由于差分信号对共模电平的噪声相对于单端信号有较好的免疫作用, 因此采用差分的方式传递信号, 抗电磁干扰的性能由此得到了很大的改善。本文结合 ATM 网络应用, 设计了一款 LVDS 信号收发器。

### 2 接收器设计

#### 2.1 LVDS 接收器的设计原理

LVDS 接收器的核心是一个差分放大器, 其工作原理如图 1 所示。

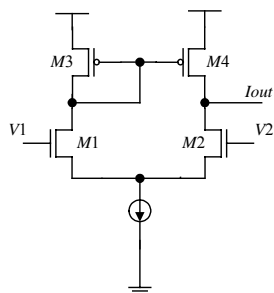


图 1 LVDS 接收电路

NMOS管M1和M2构成差分放大器的差分对, 它们的负载是由PMOS管M3和M4构成的简单的P沟电流镜。如果

$V1=V2$ , 流过M1和M2的电流大小相等,  $I_{out}=0$ ; 如果 $V1>V2$ , 流过M1的电流大于流过M2的电流,  $I_{out}>0$ ; 如果 $V1<V2$ , 流过M1的电流小于流过M2的电流,  $I_{out}<0$ 。这样就可以简单地把差分信号变回单端信号。

根据电流源的不同, LVDS 接收电路可以用多种电路结构实现。

单电流源驱动的 LVDS 驱动电路如图 1 所示。差分输入信号  $V1, V2$  加在差分输入 NMOS 管  $M1$  和  $M2$  的栅极上, 负载 PMOS 管  $M3$  和  $M4$  则构成电流镜, 电流源电路由 NMOS 管以及电阻构成。

双电流源驱动的 LVDS 驱动电路如图 2 所示。

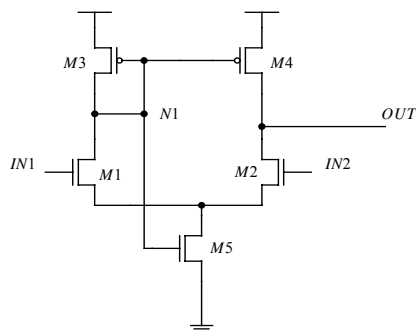


图 2 双电流源的 LVDS 接收电路

$N1$  节点的信号同时驱动负载管  $M4$  和电流镜  $M5$ , 使  $M4, M5$  对阈值电压和电流变化的响应类似于反相器。从镜像节点  $N1$  到  $M4, M5$  的双反馈偏置, 为电源和 MOS 器件的共模偏

**作者简介:** 殷弼君(1978—), 男, 工程师、硕士研究生, 主研方向: 集成电路设计; 李 苗, 工程师

**收稿日期:** 2007-09-20 **E-mail:** yinbijun@ecict.com.cn

移提供了很好的补偿,增强了差分放大器的输出增益。因此,双镜补偿 LVDS 接收电路性能比直接驱动的 LVDS 接收电路好,能为输出提供更多的补偿,与单电流源驱动的 LVDS 接收电路性能相近,但更简单,更易于实现,所以,本文采用双镜补偿的电路结构。

## 2.2 LVDS 接收器的实现

由于LVDS接收器需要支持大范围的共模电平的变化(0.05 V~2.35 V),因此需要在典型差分放大器的基础上增加负反馈,以保证共模电平变化较大时电路的正常工作。同时,接收器的增益在大范围的共模电平变化时要基本保持恒定,因为电路增益的变化会导致接收器延时的变化,可能造成采样接收数据的寄存器采样到错误的数值或者解串行器不能正常工作<sup>[1]</sup>。

图3是本文设计的接收器电路,MP1, MP2, MP3, MP4, MN1, MN2 这3组差分对构成了接收器的接收端。如果输入差分电平比较低,则MP1, MP3和MP2, MP4这2组差分对正常工作;如果输入差分电平比较高,则MN1, MN2进入工作状态,保证MP2, MP4这组差分对正常工作,这样,在输入信号的共模电压变化时,接收电路可以正常工作。MN6, MN7, MN8, MN9, MP7, MP8这3组差分信号是用来检测输入信号共模电平的,同样,如果输入共模电平较低,则MP7, MP8进入工作状态,保证MN7, MN8这组差分对的正常工作;如果输入共模电平较高, MN6, MN9和MN7, MN8这2组差分对正常工作。检测输出电压通过控制MP11, MP12, MP13组成的电流镜,反馈回接收端补偿共模电平变化造成的输出电压幅度变化,使输出电压VOUT1, VOUT2的幅度保持稳定。

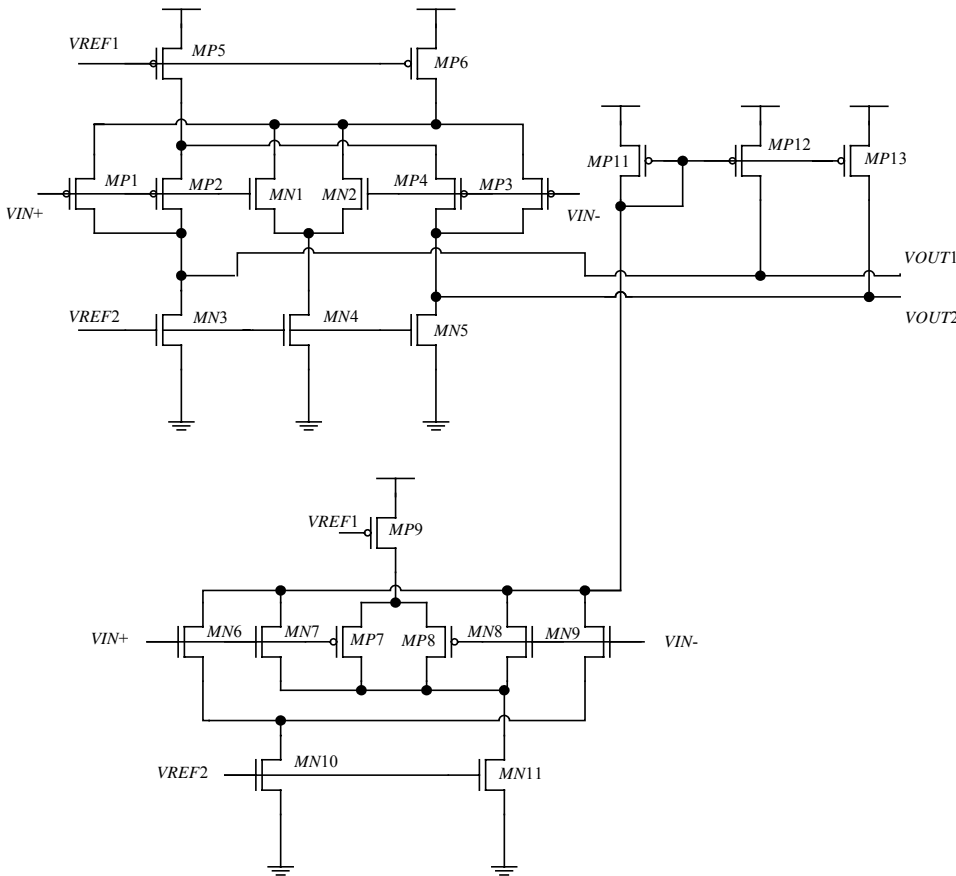


图3 LVDS接收器电路

本设计中,接收器的输出端还需要接一个差分放大器<sup>[2]</sup>

以保证输出电压的幅度。

## 3 发送器设计

### 3.1 LVDS发送器设计原理

LVDS发送电路的工作原理如图4所示。

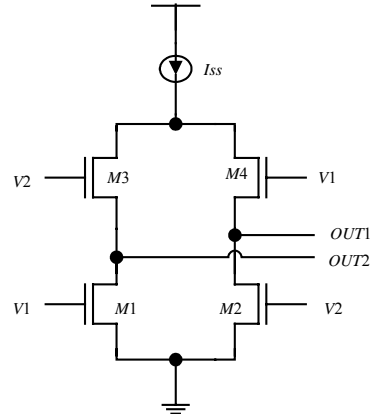


图4 LVDS发送器电路原理图

Iss是3.5 mA的恒流源, M1, M2, M3和M4是宽长比相同的NMOS管, V1和V2是由同一输入CMOS信号导出的互为反向的信号,输出OUT1和OUT2在外部接阻值100 Ω的终端电阻,构成回路。发送器工作时, NMOS管M1, M4和M2, M3在V1, V2的控制下轮流导通和截止,在OUT1和OUT2间构成±3.5 mA的回路电流,在终端电阻上产生±350 mV的电压,从而把CMOS信号转换成LVDS信号<sup>[3]</sup>。

根据不同的电流源,可将驱动电路结构分为单电流源模式和双电流源模式2种。

单电流源模式LVDS发送电路结构把图4所示的电流源Iss由2个PMOS管和一个电阻R实现。2个PMOS管构成一个电流镜,将流过电阻R的电流Ir放大成恒定电流Iss。适当调整器件尺寸,使得 $I_{ss}=kI_r=3.5\text{ mA}$ ,其中,k为电流镜的放大倍数。IN1和IN2是由同一输入CMOS信号导出的互为相反的信号,输出OUT1和OUT2在外部接阻值为100 Ω的终端电阻,构成回路。在这种结构中,电阻的取值往往比较大,在版图中占用面积较大。

双电流源模式LVDS发送电路结构把图4所示的电流源Iss由2个PMOS管、2个NMOS管和1个电阻R实现。双电流源模式的LVDS发送器中的电阻可以比较小,通常为几百欧姆。PMOS管以及NMOS管组成2个电流源,它们共同为输出提供恒定电流。

调整器件的尺寸使 $I_{ss}=3.5\text{ mA}$ 。双电流源模式中电阻较小,并且提供的恒定电流比单电流源模式更稳定。

### 3.2 LVDS 发送电路的实现

上述 2 种电路结构有一个共同的缺点, 就是无法保证发送电路以 1.25 V 为共模电平输出 LVDS 信号, 因此, 在电路中增加了共模反馈来固定共模电平。另外考虑电路的稳定性、芯片面积等因素, 设计中采用了双电流源模式的 LVDS 发送电路<sup>[4]</sup>。

图 5 给出了本文设计的发送电路。该电路使用了 4 个 MOS 管构成桥式结构。如果  $MP1, MN2$  开启( $VIN+=LOW, VIN-=HIGH$ ), 输出电流流过负载电阻产生正的差分电压; 如果  $MP1, MN2$  关闭( $MP2, MN1$  开启,  $VIN+=HIGH, VIN-=LOW$ ), 输出电流流过负载电阻产生负的差分电压。

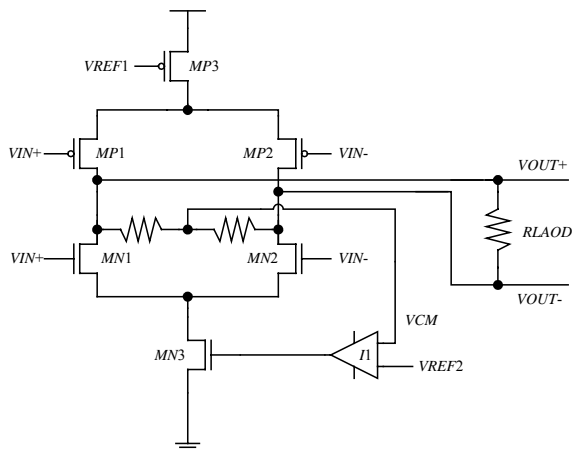


图 5 LVDS 发送电路图

LVDS 对输出偏置电压的范围要求非常高(1.125 V~1.275 V, 范围是 150 mV), 同时因为工艺参数和温度的漂移, 要达到这么小的输出偏置电压非常困难。为了得到更高精度的结果, 在发送器中加入了一个共模反馈电路来稳定输出共模电压。共模电平通过一个电阻分压器传递到差分放大器  $I1$ , 然后与参考电压(一般  $VREF2=1.25$  V)比较, 将差值以负反馈的形式传递到 NMOS 电流源( $MN3$ )上。如果  $VOUT+, VOUT-$  都增加, 则  $VCM$  随之增加, 传递到  $MN3$  上的电压也会增加, 因此通过增大流过  $MN3$  的电流, 降低了共模电平  $VCM$ 。

### 4 仿真结果

本文采用中芯国际 0.35  $\mu\text{m}$  工艺实现 LVDS 接收发送器, 根据中芯国际提供的 SPICE 参数, 使用 Cadence spectre 工具对 LVDS 的收发工作状态进行了模拟。

图 6 是 LVDS 接收电路的仿真结果。该电路的工作电压为 3.3 V, 输入差分信号的电压幅度在 1.1 V~1.4 V 之间, 输入信号频率为 200 MHz。图 7 是 LVDS 发送电路的仿真结果, 输出差分信号的频率达 200 MHz, 电压幅度在 1.07 V~1.36 V 之间, 差值为 290 mV, 仿真结果符合 IEEE1596.3 所规定的范围。

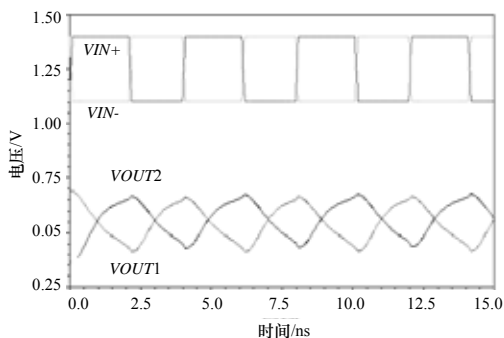


图 6 LVDS 接收电路的仿真结果

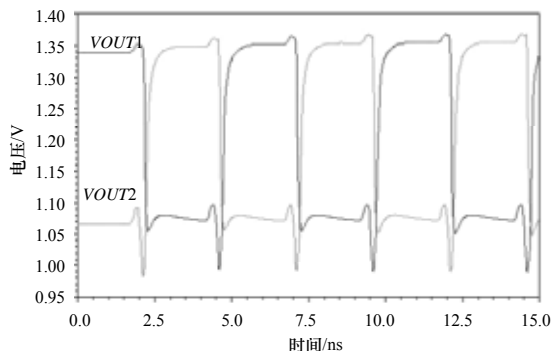


图 7 LVDS 发送电路的仿真结果

### 5 结束语

本文描述了一个用于 ATM 交换网络的 LVDS 接收器和发送器电路, 数据传输率为 200 Mb/s, 工作电压 3.3 V, 该电路完全与 LVDS 协议兼容。在接收端使用 PMOS 差分对和 NMOS 差分对接收信号, 保证了共模电平在偏移较大的情况下接收电路能够正常工作。在发送端使用负反馈的技术, 保证了输出共模电平的稳定。该电路根据中芯国际 0.35  $\mu\text{m}$  SPICE 参数设计, 并使用 Cadence Spectre 模拟工具进行了仿真, 电路参数满足 2 款 ATM 网络通信芯片的设计要求和 LVDS 标准协议。

### 参考文献

- [1] 刘祥远, 陈书明. LVDS 高速 I/O 接口单元的设计研究[J]. 计算机工程与科学, 2001, 23(4): 23-24.
- [2] 毕查德·拉扎维. 模拟 CMOS 集成电路设计[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2003.
- [3] Boni A, Pierazzi A, Vecchi D. LVDS I/O Interface for Gb/s-per-Pin Operation in 0.35- $\mu\text{m}$  CMOS[J]. IEEE Journal of Solid-state Circuits, 2001, 36(4): 2-3.
- [4] Mandal G, Mandal P. Low Power LVDS Transmitter with Low Common Mode Variation for 1GB/s Pin Operation[C]//Proc. of IEEE ISCAS'04. [S. l.]: IEEE Press, 2004.

(上接第 226 页)

### 参考文献

- [1] Texas Instruments. TMS320C54x DSP Reference Set, Volume 1: CPU and Peripherals[Z]. 2001.
- [2] Texas Instruments. TMS320VC5402A/VC5409A/VC5410A/VC5416 Bootloader[Z]. 2005.
- [3] 戴明祯, 周建江. TMS320C54xDSP 结构原理及应用[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2001.

- [4] Texas Instruments. TMS320C54x DSP Reference Set, Volume 2: Mnemonic Instruction Set[Z]. 2001.
- [5] 汪安民. TMS320C54xx DSP 实用技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [6] 刘峰, 卫晋, 龙腾. 多 DSP 系统独立加载模块在线编程软件设计[J]. 计算机工程, 2007, 33(14): 260.

