

高速低电源电压逻辑电平转换电路

英联半导体香港有限公司 周伟 杨永华

随着系统供电电源的降低，越来越多的电路工作在 3.3v, 1.8v 或者更低的逻辑电平，现代电子系统日益增加的复杂性及低功耗的需求导致较低逻辑电压的广泛应用，同时又引起系统内部 I/O 逻辑电平不兼容的问题。针对这种混合电源系统电平匹配问题，电平转换电路作为低压和高压系统的桥梁，被广泛用于电路设计中，能够满足不同逻辑电平之间的通信。本文结合英联电子不同系列的电平转换产品，详细阐述逻辑电平转换的基本原理以及应用电路。

电平转换需求

在传统设计中，TTL 及 5v 的 CMOS 为逻辑电路的主导标准，随后的数字 IC 设计采用了与以往不兼容的电压标准，出现了主流的 3.3v 的 CMOS，以及 2.5v, 1.8v, 1.5v 及 1.2v 的 CMOS 标准电平，系统供电也逐渐采用 V_{CORE} 和 V_{IO} 分离的方式，这种低压 IC 的出现，势必对电路设计产生影响，逻辑电平转换的问题日益被电子设计人员重视。

根据需要转换的信号类型，电压，速率，方向及通道等不同，设计中也会采用不同的电平转换方法，分别有：

- (1) 晶体管+上拉电阻法——一个双极性三极管或 MOSFET, C/D 极外接上拉到正电源，输入电平灵活，输出电平大致为正电源电平；
- (2) OC/OD 器件+上拉电阻法——适用于器件输出为 OC/OD 的场合；
- (3) 超限输入降压法——对于输入电平范围较宽的器件，在实际应用中可以满足用于电平匹配（比如一个满足输入范围为 0v-3.6v 的器件，即可实现 3.3v-1.8v 电平转换）；
- (4) 电阻、二极管分压法——最简单的降低电平办法；
- (5) 电平转换芯片——实现宽电压范围，高速率信号电平之间的转换，一致性好，电路设计简单；

分立器件搭建的转换电路因其自身的局限性，电路工作电压高，传输速率低，一致性差问题，多用于单通道简单信号的高电压转换电路中，对于低电压的高速信号，通常会采用集成电平转换芯片来实现。

英联电子提供的宽电压范围自动双向识别高速电平转换产品，结合当前是实际应用需求，能够支持 SPI, UART, I²C 等总线不同电平之间的转换设计。

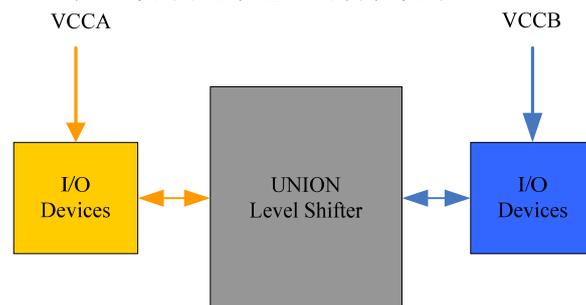


图 1. 电平转换典型需求， $V_{CCA} \neq V_{CCB}$

双电源特性

电平转换芯片主要针对不同电源电压工作下的总线或者器件之间通信设计，在应用电路中，通常电平转换芯片的 A 端接 V_{CCA} 电源，B 端接 V_{CCB} 电源。有方向控制的转换芯片通常由方向控制引脚电平确定 A->B 或是 B->A 之间的传输，自动双向传输电平转换芯片则无需额外的方向控制。输出使能 OE 引脚控制 I/O 状态，当 OE 无效时 A、B 端口处于高阻状态，OE 有效时则可以实现正常通信。

英联电子提供宽范围供电的高速电平转换芯片，基本可以满足当前大多数电路电平转换需求，这些器件为客户提供不同的封装类型以满足不同设计应用，自动双向识别特性可以减少客户的 GPIO 资源，2/4/8bit 不同通道以及 Open-Drain/Push-Pull 输出类型能够灵活支持不同转换

需求。

双向收发特性

利用分立器件搭建的电平转换电路最大的缺陷就是单向性，不能有效实现数据的双向转换，而对于一些同时具有读/写需求的总线，则必须满足双向通信。对于总线 bit 较多的应用场合，较多应用带有独立使能引脚控制数据传输方向，但在通道数不多或系统控制资源有限的情况下，自动双向识别的电平转换芯片无疑是最佳的选择。

设计者需要根据自身的实际需求，来选择一款相对较为适用的转换器件，英联电子推出的 UM330X 和 UM320X 系列电平转换产品既能满足双向通信需求，又能为设计节约宝贵端口资源。

Push-Pull 输出电平转换

针对常见的 SPI, SDIO 等推挽式输出级之间的电平转换，英联电子推出 UM330X 系列产品，该产品能够支持低-高和高-低电平的混合转换，可实现自动双向传输，最大速率支持 100Mbps，可广泛应用于当前的电子电路产品设计中。

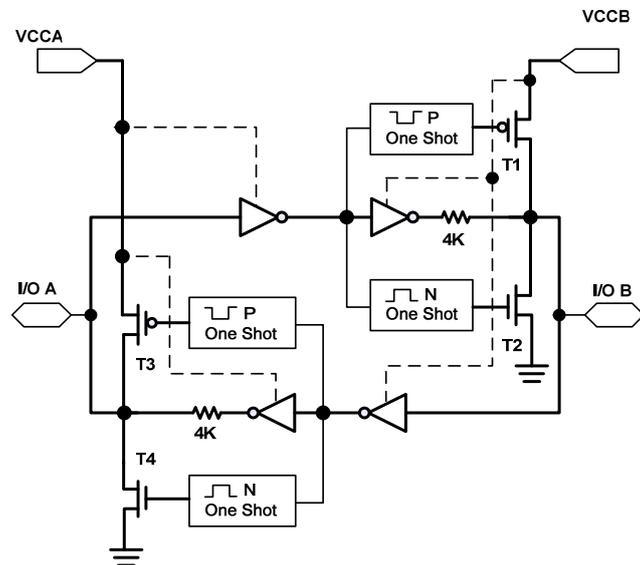


图 2. UM330X 单通道内部电路

UM330X 系列无需外部方向控制引脚来判断 A-B 之间的通信，直流状态下输出驱动维持高或低电平，为便于通信方向的自动翻转，内部设计输出较弱的电压驱动能力，在实际应用中如有外接上拉电阻，需要确保阻值高于 50k Ω ，所以该产品不能用于 I2C 或 1-wire 信号电平的转换。芯片内部的 one-shot 电路输出端能够监测 A/B 端口的上升沿或下降沿，在上升沿时 one-shot 启动 PMOS 晶体管(T1,T3)，以加速低->高转变，同样在下降沿时，one-shot 启动 NMOS(T2,T4) 来加速高->低转变，这样的设计能够提高信号的完整性。

该产品有输出使能引脚 OE，当 OE 为低电平时 I/O 端口为高阻状态，当 OE 为高电平时 I/O 端口可进行正常通信，在实际应用设计中，如无关断通信通道，设计人员也可以将该引脚与 VCCA 接在一起，以保持电平转换芯片处于稳定通路状态。

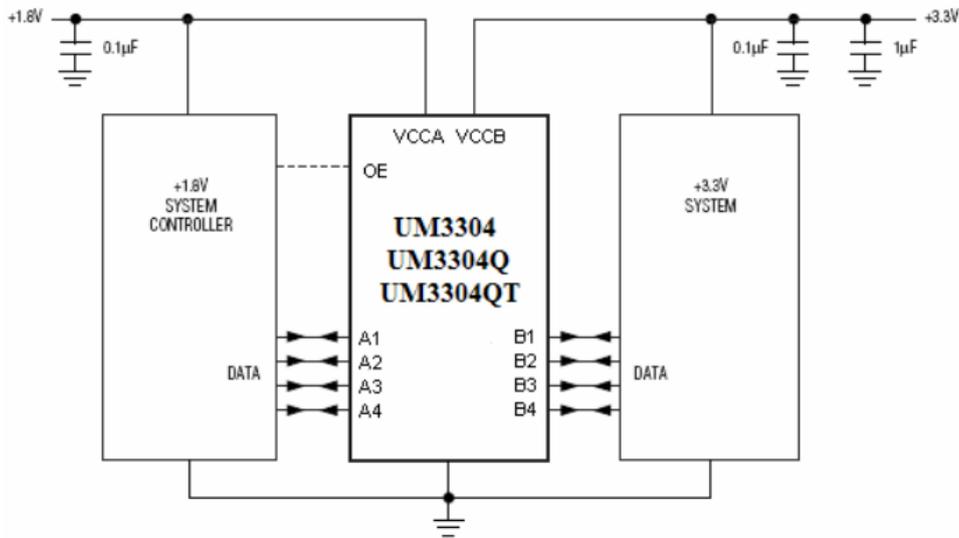


图 3. UM330X 典型的应用电路

Open-Drain 输出电平转换

英联电子推出的 UM320X 产品使用一种传输门方法实现电平转换（图 4），该产品无论在低电压还是高电压逻辑范围，都依赖外部输出驱动器来吸收电流，这个特点使该器件既能实现开漏极输出工作又能满足推挽式输出级应用。

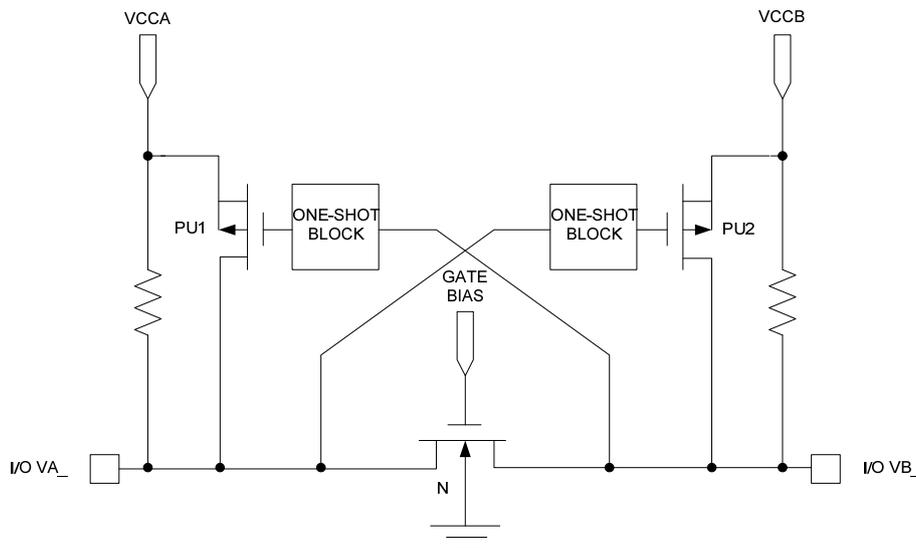


图 4. UM320X 单通道内部电路

与 UM330X 一样，UM320X 无需外部方向控制，减少客户 GPIO 应用，在 UM320X 内部两端的 I/O 口分别有一个 $10k\Omega$ 的上拉电阻到各自供电电源（VCCA 和 VCCB），这样的设计最大程度降低了对外接上拉电阻的要求。对于多数的漏极开路方案，RC 时间常数通常会限制有效数据传输，但 UM320X 系列产品内部的 one-shot 控制晶体管开关机制，在上升沿时 one-shot 启动 PMOS 晶体管 PU1,PU2，能够有效主动拉升上升沿，起到加速作用，最大程度降低容性负载的影响，从而降低由外部寄生元件引起的信号失真。这种设计使得产品能转换由推挽式驱动器产生的数据速率高达 24Mbps。对于漏极开路的信号转换速率会低一些，需要外接上拉电阻来提高速率。

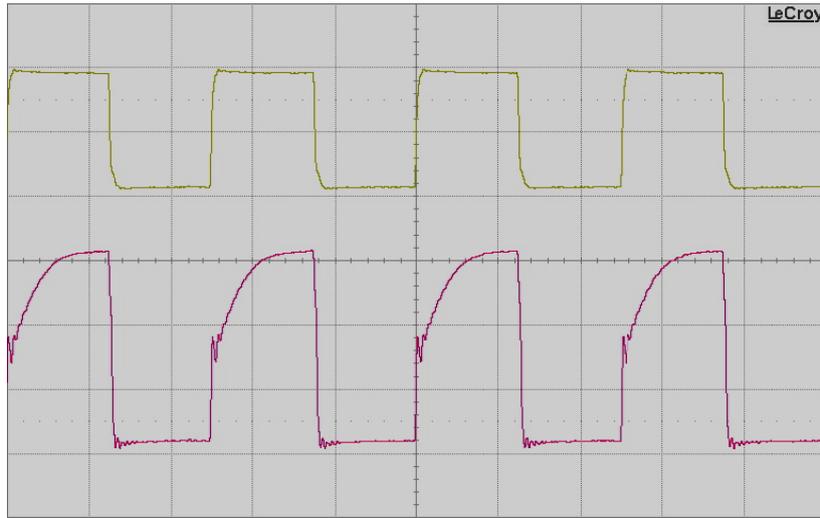


图 5. 分立器件信号转换波形
(1.8V - 3.3V, f=400KHz, 1us/div horizontal, 1V/div vertical)

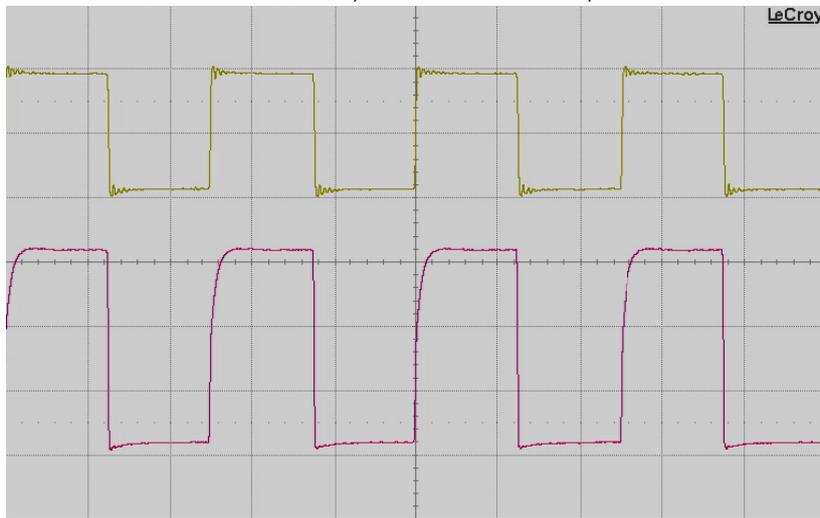


图 6. UM320X 信号转换波形
(1.8V - 3.3V, f=400KHz, 1us/div horizontal, 1V/div vertical)

表 1. 电平转换系列芯片

| Product P/N | Brief Description | VCCA Range | VCCB Range | Max Data Rate (Mbps) | B Port ESD Rating (KV) | Package |
|-------------|-------------------------------|------------|------------|----------------------|------------------------|------------|
| UM3302H | 2 Bit, Push Pull Buffer Type | 1.2~3.6 | 1.65~5.5 | 100 | ±15 | CSP2010-8 |
| UM3304H | | | | | | CSP2015-12 |
| UM3304Q | | | | | | QFN3030-14 |
| UM3304QT | | | | | | QFN2816-16 |
| UM3308 | 8 Bit, Push Pull Buffer Type | 1.2~3.6 | 1.65~5.5 | | | CSP3025-20 |
| UM3202H | 2 Bit, Open Drain Switch Type | 1.65~3.6 | 1.65~5.5 | 24 Mbps(Push Pull) | ±15 | CSP2010-8 |
| UM3202Q | | 1.65~3.6 | 1.65~5.5 | | | DFN1713-8 |
| UM3202A | | 1.65~3.6 | 1.65~5.5 | | | QFN1814-10 |
| UM3204H | 4 Bit, Open Drain Switch Type | 1.65~3.6 | 1.65~5.5 | 2 Mbps(Open Drain) | ±15 | CSP2015-12 |
| UM3204Q | | 1.65~3.6 | 1.65~5.5 | | | QFN3030-14 |
| UM3204UE | | 1.65~3.6 | 1.65~5.5 | | | TSSOP14 |