

电平转换器介绍

AN-13-0011

作者：Xiutao Lou



摘要

在汽车电动化、能源高效化、工业智能化、消费电子便携化的趋势下，电平转换器是现代电子系统实现跨电压域互联的基石。新型高度集成的微控制器和处理器的I/O电压较低，需要电平转换器实现和外围设备较高I/O电压对齐。系统设计人员在选择电平转换器器件时，主要考虑因素包括需要转换的电压电平、需要转换的位数或通道数、所需的电流驱动、数据速率和方向性。纳芯微目前提供了三种类型的电平转换器，包括：固定方向型、方向控制型、自动双向型，是满足客户不同应用场合下的设计需求。本篇应用笔记主要针对于纳芯微的现有电平转换器的功能、使用注意事项进行介绍。

目录

1. 固定方向/方向控制电平转换器	2
1.1.固定方向型电平转换器	2
1.2.方向控制型电平转换器	2
1.3.适用场合	3
1.4.差异对比	3
1.5.注意事项	4
2. 自动双向型电平转换器	4
2.1.NCA9306	5
2.1.1 工作原理	5
2.1.2 注意事项	5
2.2.NCAS0104	6
2.2.1 工作原理	6
2.2.2 注意事项	6
2.3.NCAB0104	7
2.3.1 工作原理	7
2.3.2 注意事项	8
2.4.适用场合	8
2.5.自动双向系列差异点	9
3. 修订历史	10

1. 固定方向/方向控制电平转换器

1.1. 固定方向型电平转换器

固定方向转换器对器件输入端的输入信号执行单向电平转换，然后提供到器件输出端。纳芯微已有固定方向型电平转换器料号，包括NCA8244、NCA8244L、NCA8541，均是单电源供电，具体内部框图如图1.1和1.2所示。

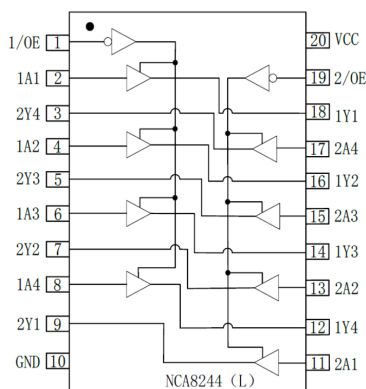


图1.1 NCA8244(L)内部框图

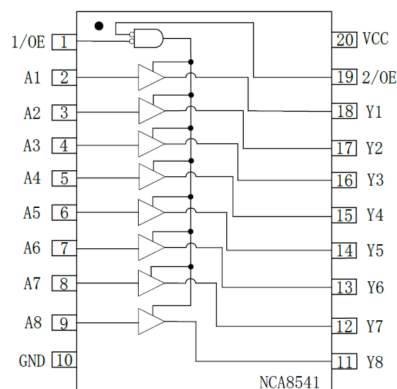


图1.2 NCA8541内部框图

其中，NCA8244、NCA8244L的内部框图结构相同，在每个方向上提供四个通道，即4正4反。各自方向具有独立的输出使能（/OE）输入，低电平有效。当/OE处于低电平时，NCA8244-Q1将数据从A传输到Y。当/OE为高电平时，输出处于高阻抗状态。NCA8244和NCA8244L的主要差异点在于供电电压的范围。

另外，NCA8541提供了8个单方向的通道，即8正，具有2个输出使能（/OE）输入，低电平有效。当/OE1和/OE2都处于使能状态时，NCA8541-Q1将数据从A传输到Y；当任一输出使能为高电平时，输出处于高阻抗状态。

1.2. 方向控制型电平转换器

方向控制电平转换器配备一个或多个方向控制引脚，允许系统工程师灵活配置输入/输出方向，甚至实现单设备上的双向同时转换，提供更高的设计灵活性。纳芯微的已有方向控制型电平转换器料号，包括NCA8T245、NCA8245、NCA8245L、NCA84245，具体内部框图如图1.3、1.4、1.5所示。

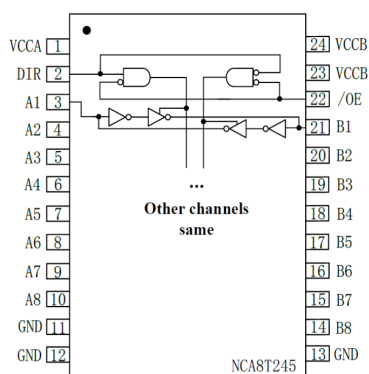


图1.3 NCA8T245内部框图

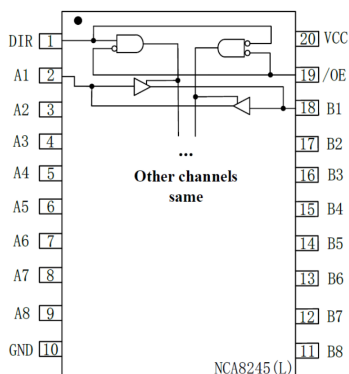


图1.4 NCA8245(L)内部框图

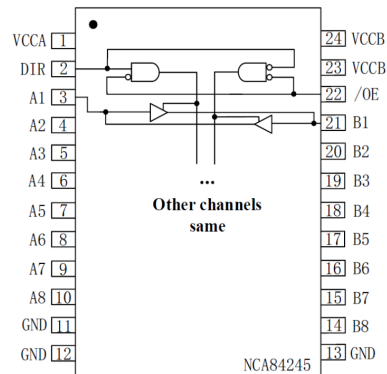


图1.5 NCA84245内部框图

NCA8T245由两个独立电源供电，两个电源电压范围为1.65V至5.5V。A 端口跟随 VCCA，B 端口跟随 VCCB，因此它支持 1.8V、2.5V、3.3V 和 5.5V 之间的电压双向转换。该器件提供方向控制（DIR）输入，用于双向传输数据。当DIR为逻辑高电平时，它将数据从A传输到B；当DIR为低电平时，它将数据从B传输到A。

NCA8245、NCA8245L、NCA84245和NCA8T245的内部功能框图相同，都有DIR和OE引脚，且功能相同。其中NCA8245和NCA8245L均是单电源供电，主要差异点在于供电电压的范围。NCA84245是双电源供电，和NCA8T245的供电电压范围存在差异。

1.3.适用场合

- （1）固定方向电平转换器最适合信号仅需单方向传输的场景。典型示例包括复位信号（reset signals）和时钟同步信号（clock synchronization signals）。
- （2）方向控制型电平转换器具有很好的灵活性、易用性，由单一控制器（如MCU）控制数据在总线上传输的时序，多动态切换传输方向，但是需要MCU额外的GPIO资源。
- （3）固定方向、方向控制电平转换器均具有稳态的强驱动能力（参考1.4节的最大负载电流），适合长布线和高负载的场合使用。

1.4.差异对比

产品名称	供电电压	总通道数	正向/反向通道数	输入type	输出type	特点	最大负载电流 (mA)	质量等级	封装
NCA8T245	VCCA=1.65~5.5V; VCCB=1.65~5.5V	8	8 (正向/负向)	TTL/CMOS	3-State	双电源供电，传输方向控制，输出使能控制	32	工规	TSSOP24
NCA8T245-Q1	VCCA=1.65~5.5V; VCCB=1.65~5.5V	8	8 (正向/负向)	TTL/CMOS	3-State	双电源供电，传输方向控制，输出使能控制	32	车规	TSSOP24
NCA8244	4.5~5.5V	8	4 (正向) / 4 (负向)	TTL	3-State	单电源供电，两个输出使能控制	24	工规	TSSOP20
NCA8244-Q1	4.5~5.5V	8	4 (正向) / 4 (负向)	CMOS	3-State	单电源供电，两个输出使能控制	24	车规	TSSOP20

产品名称	供电电压	总通道数	正向/反向通道数	输入type	输出type	特点	最大负载电流 (mA)	质量等级	封装
NCA8244L	1.65~3.6v	8	4 (正向) / 4 (负向)	TTL/CMOS	3-State	单电源供电, 两个输出使能控制	24	工规	TSSOP20
NCA8244L-Q1	1.65~3.6v	8	4 (正向) / 4 (负向)	TTL/CMOS	3-State	单电源供电, 两个输出使能控制	24	车规	TSSOP20
NCA8245	4.5~5.5v	8	8 (正向/负向)	TTL	3-State	单电源供电, 传输方向控制, 输出使能控制	24	工规	TSSOP20
NCA8245-Q1	4.5~5.5v	8	8 (正向/负向)	TTL	3-State	单电源供电, 传输方向控制, 输出使能控制	24	车规	TSSOP20
NCA8245L	1.65~3.6v	8	8 (正向/负向)	TTL/CMOS	3-State	单电源供电, 传输方向控制, 输出使能控制	24	工规	TSSOP20
NCA8245L-Q1	1.65~3.6v	8	8 (正向/负向)	TTL/CMOS	3-State	单电源供电, 传输方向控制, 输出使能控制	24	车规	TSSOP20
NCA8541	4.5~5.5v	8	8 (正向)	TTL	3-State	单电源供电, 两个输出使能控制	24	工规	TSSOP20
NCA8541-Q1	4.5~5.5v	8	8 (正向)	TTL	3-State	单电源供电, 两个输出使能控制	24	车规	TSSOP20
NCA84245	VCCA=4.5~5.5V; VCCB=2.7~3.6V	8	8 (正向/负向)	TTL	3-State	双电源供电, 传输方向控制, 输出使能控制	24	工规	TSSOP24
NCA84245-Q1	VCCA=4.5~5.5V; VCCB=2.7~3.6V	8	8 (正向/负向)	TTL	3-State	双电源供电, 传输方向控制, 输出使能控制	24	车规	TSSOP24

1.5. 注意事项

- (1) 选择合适的电平转换器类型：固定方向型、方向控制型；
- (2) 电源电压和数据手册要求保持一致；
- (3) 芯片电源供电引脚靠近布置0.1μF去耦电容来降低电压噪声；
- (4) 在上电和掉电期间，/OE应通过上拉电阻连接到VCC，以确保输出高阻抗状态；
- (5) 所有未使用的输入必须保持在VCC或GND，以防止电源电流过大。

2. 自动双向型电平转换器

自动双向型电平转换器可自动感知通信方向并相应工作。如果处理器GPIO需要信号双向传输，自动方向检测电压转换器可以提供一个稳健的解决方案。顾名思义，这种类型的转换器不需要使用方向控制信号，每个通道都支持数据的独立传输或接收。这消除了对处理器GPIO控制DIR输入的需求，从而简化了软件驱动程序的开发。纳芯微已有的自动双向电平转换器有三种系列：NCA9306、NCAS0104、NCAB0104。

2.1.NCA9306

NCA9306主要适用于I2C通信过程电平转换器，具有双电源供电。内部通道之前是由无源FET构成，本身没有驱动能力，由外部电源提供。常见应用电路如图2.1所示。

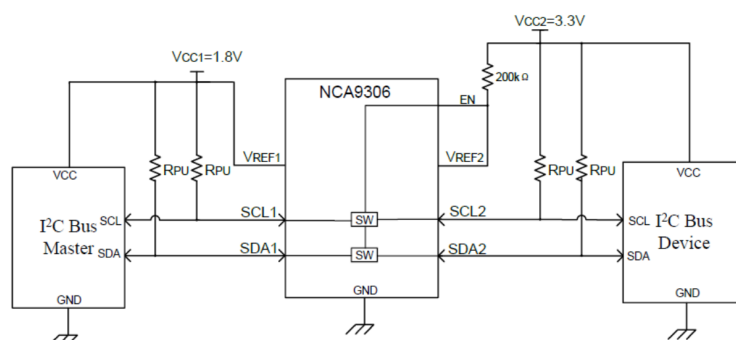


图2.1 NCA9306的典型应用图

2.1.1 工作原理

内部的FET开关在输入信号的低电平脉冲期间导通，并在高电平脉冲期间关闭。这使得输出端的上拉电阻能够在高电平脉冲期间将信号拉到用户期望的电压电平。在图2.1的电路下，内部FET的栅极电压为 $V_{REF1} + V_{th}$ 。另外，内部通道的FET结构和传统NMOS不同，采用图2.2的结构，优势在于最大程度的减少漏电，同时漏极和源极可以互换，实现双向通信。

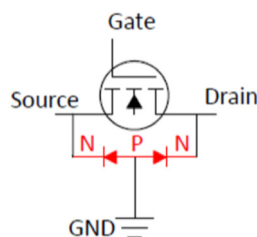


图2.2 内部FET示意图

2.1.2 注意事项

- (1) B侧（高压侧）供电电压 V_{CC2} 必须比A侧（低压侧）供电电压 V_{CC1} 至少高0.8V，同时 V_{REF2} 短接到EN，且通过一个200 kΩ的电阻拉至B侧供电电源。
- (2) 在A侧或B侧，电阻可以上拉到 V_{REF1} 和5V之间的任意电压。因此，可以向下转换到B侧。
- (3) A侧供电电源采用LDO时，需要考虑是否有sink电流的能力，若无，需要对地接一个弱的下拉电阻。
- (4) 转换的信号完整性取决于许多因素，包括线路电容、输出负载和上拉电阻的大小。一般来说，较小的上拉电阻可以实现更快的转换，但会以增加功耗为代价。
- (5) 由推挽设备驱动的输入侧不需要上拉电阻，其余情况均需要外部加上拉电阻，保证可靠工作。

2.2. NCAS0104

NCAS0104内部集成了N沟道传输FET、集成10kΩ上拉电阻和上升沿速率加速电路的组合，使其非常适合连接不同电压水平的设备或系统，同时简化了与开漏（OD）接口的连接，如图2.3所示。NCAS0104属于弱缓冲型电平转换器，因为它在直流状态下足以将输出端口保持为高电平，但在需要总线方向改变时，10kΩ阻抗缓冲器容易被连接到A或B端口的系统驱动器轻易拉低。

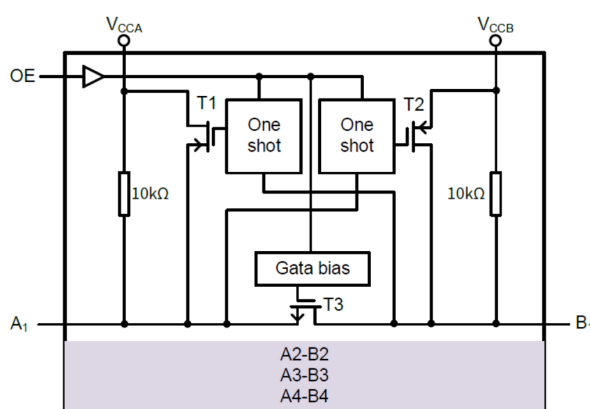


图2.3 NCAS0104内部框图

2.2.1 工作原理

NCAS0104基于FET架构，利用N沟道传输门晶体管来打开或关闭A端口与B端口之间的连接。初始时，端口因内部10kΩ上拉电阻保持静态高电平。当连接到A或B端口的驱动器输入为低电平时，相反端口会通过FET被拉低。随着输入电压的提高，FET停止导通后，输入和输出端口会因内部10kΩ上拉电阻继续上升至各自的电源电压。

另外，为了实现更高的数据速率，这些转换器集成了上升沿加速电路，加速输出信号的低电平到高电平转换。单稳态（oneshot）电路结合T1/T2 PMOS晶体管，用于加速上升沿输入信号的切换速度。当检测到输入侧的上升沿时，T1/T2瞬间导通，快速拉高输出侧端口电平，降低输出阻抗（大约50Ω）并加速上升沿。

2.2.2 注意事项

- (1) NCAS0104转换器适用于驱动高阻抗负载，支持推挽和开漏的应用场合。
- (2) 不需要DIR控制信号来建立数据流的方向。
- (3) OE输入电路以VCCA电源为参考，切勿让OE引脚处于悬浮状态，若OE引脚悬空处于不确定状态，可能导致器件产生不期望的静态电流，从而增加整体功耗。
- (4) NCAS0104可以外部加上拉电阻，但是需要考虑对VOL的影响。因为外部上拉电阻和内部的10kΩ上拉会并联，使得等效上拉电阻变小，低电平期间灌入的电流更大，VOL数值变大。

(5) NCAS0104的下拉电阻应避免使用，若某些应用需要外部下拉电阻，需特别注意阻值选择。因为内部上拉 $10k\Omega$ 与外部下拉电阻会形成分压网络。当外部有下拉电阻时，不会影响VOL输出，但是会影响VOH输出（外部下拉电阻越小，VOH数值越小）。应选择足够大的阻值，以确保端口的VOH满足要求，推荐 $50k\Omega$ 以上。

(6) NCAS0104比NCAB0104能驱动稍重的阻抗负载。然而，如果容性负载小于 $70pF$ ，NCAB0104可能是更优的选择。

(7) 布线长度需要足够短，杜绝使用连接器，避免引入过多的负载。

2.3.NCAB0104

NCAB0104内部集成了集成上升沿/下降沿速率加速电路和 $4k\Omega$ 缓冲电路的组合，使其非常适合连接不同电压水平的设备或系统，如图2.4所示。NCAB0104属于弱缓冲型电平转换器，因为它在直流状态下足以将输出端口保持为高电平或低电平，但在需要总线方向改变时， $4k\Omega$ 阻抗缓冲器容易被连接到A或B端口的系统驱动器轻易驱动。因此，NCAB0104适合轻负载推挽应用。

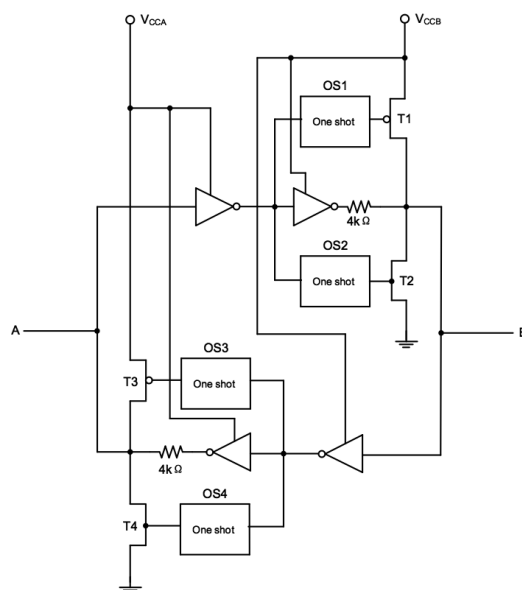


图2.4 NCAB0104内部框图

2.3.1 工作原理

当A端口检测到上升沿时，OS1单稳态电路被激活。此时，B端口由 $4k\Omega$ 的弱缓冲器和T1 PMOS共同驱动为高电平，降低了在oneshot电路激活期间B端口的输出阻抗。在A端口下降沿时，OS2单稳态电路被触发。此时，B端口由 $4k\Omega$ 的弱缓冲器与T2 NMOS共同驱动为低电平，降低了在oneshot电路激活期间B端口的输出阻抗。单稳态电路在转换过程中降低了输出阻抗，使NCAB0104能够驱动负载，同时保持快速的传输延迟和边沿速率。

一旦转换完成，oneshot电路超时，缓冲器和 $4k\Omega$ 上拉电阻将B端口信号保持为高电平或低电平。

2.3.2 注意事项

- (1) NCAB0104转换器适用于驱动高阻抗负载，支持推挽应用场合。
- (2) 不需要DIR控制信号来建立数据流的方向。
- (3) OE输入电路以VCCA电源为参考，切勿让OE引脚处于悬浮状态，若OE引脚悬空处于不确定状态，可能导致器件产生不期望的静态电流，从而增加整体功耗。
- (4) 若应用需要外部上拉或下拉电阻，需特别注意阻值选择。因为内部4 kΩ缓冲器与外部电阻会形成分压网络。比如外部有上拉电阻时，不会影响VOH输出，但是会影响VOL输出（外部上拉电阻越小，VOL数值越大）。同理，外部有下拉电阻时，不会影响VOL输出，但是会影响VOH输出（外部下拉电阻越小，VOH数值越小）。因此，在需要外部电阻的情况下，应选择足够大的阻值，以确保端口的VOH和VOL满足要求，推荐50kΩ以上。
- (5) 为确保可靠操作，系统设计师应将NCAB0104的容性负载保持在70 pF或以下。
- (6) 负载过大时（布线长、连接器等），需要考虑串联电阻来实现阻抗匹配，得到更好的信号完整性。

2.4.适用场合

表2.1罗列了部分常见的接口类型。

接口类型	NCA9306	NCAS0104	NCAB0104
I2C	✓	✓	
SMBus	✓	✓	
PMBus	✓	✓	
MDIO	✓	✓	
GPIO	✓	✓	✓
SPI		✓	✓
JTAG		✓	✓
I2S		✓	✓
UART	✓	✓	✓

表2.1 常见接口类型的料号推荐

2.5.自动双向系列差异点

表2.1罗列了纳芯微现有三种自动双向型电平转换器的主要差异点。

类别	NCA9306	NCAS0104	NCAB0104
工作原理	依靠内部FET和外部上拉电阻	依靠内部FET和内部上拉电阻	弱缓冲电路
有无oneshot电路	无	有	有
支持输入类型	推挽和开漏	推挽和开漏	推挽
I/O端口电压	外部上拉电压决定，支持多电压转换	A 端口跟随 VCCA，B 端口跟随 VCCB	A 端口跟随 VCCA，B 端口跟随 VCCB
供电电压要求	$VCCB > VCCA + 0.8V$	$VCCB \geq VCCA$	$VCCB \geq VCCA$
稳态驱动强度	无直流驱动能力	无直流驱动能力	4kΩ的弱驱动能力
最大传输速率	800Kbps	开漏：2Mbps 推挽：24Mbps	100Mbps
供电电压范围	VREF1: 1.2V~3.3V VREF2: 1.8V~5.5V	VCCA: 1.1V~3.6V VCCB: 1.65V~5.5V	VCCA: 1.1V~3.6V VCCB: 1.65V~5.5V

表2.2 自动双向型参数对比

3.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Xiutao Lou	2025/5/16

销售联系方式: sales@novosns.com; 获取更多信息: www.novosns.com

重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权,包括但不限于对信息准确性、完整性,产品适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责,并确保应用的安全性。客户认可并同意: 尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供,但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的适用法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用,不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源,或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等,纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息,请与纳芯微电子联系(www.novosns.com)。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有