应用笔记

NOVOSENSE 纳芯微电子

NCA3232工作原理及外围电路设计指南

AN-13-0025

作者：Yifan Chao



AN-13-0025

NCA3232工作原理及外围电路设计指南

NOVOSENSE 纳芯微电子

摘 要

NCA3232是一款应用于串行通信接口的RS-232电平转换芯片，以其低功耗、高集成度和优异的ESD保护能力在嵌入式系统、工业控制和消费电子领域占据重要地位。本文系统性地介绍了RS-232通信协议的基本原理，分析了NCA3232芯片的内部结构和工作机制，并重点探讨了外围电容的选型计算与设计考量。通过对电容容量、温度特性等关键参数的详细分析，结合具体的理论计算公式和实际应用案例，帮助工程师在使用NCA3232芯片时，全面理解NCA3232芯片的工作原理，并提供了完整的外围电路选型指导方案。

目 录

1. RS-232通信协议概述 ---- 2
   1.1. RS-232标准解析 ---- 2
   1.2. RS-232物理层标准 ---- 2
   1.3. RS-232的通信协议与帧格式 ---- 3
2. NCA3232芯片工作原理 ---- 4
   2.1. 芯片功能概述 ---- 4
   2.2. 基本工作原理 ---- 4
3. 外围电容选型与理论分析 ---- 6
   3.1. 理论分析 ---- 6
   3.2. 测试数据 ---- 7
   3.3. 典型应用 ---- 8
4. 修订历史 ---- 9

1.RS-232通信协议概述

1.1.RS-232标准解析

RS-232（Recommended Standard 232）是由美国电子工业协会（EIA）于1962年制定的串行数据通信接口标准，最初用于连接数据终端设备（DTE）和数据通信设备（DCE），如调制解调器、打印机等外部设备。经过多次修订，最新版本为EIA/TIA-232-F（1997年发布）该标准定义了电气特性、机械接口、信号功能和通信协议等多个方面。

1.2.RS-232物理层标准

RS-232采用点对点的异步串行通信方式。如图1.1所示，其电气特性采用负逻辑电平：逻辑"1"对应-3V至-15V电压；逻辑"0"对应+3V至+15V电压，为了降低串扰，标准限制了输出的最大转换速率为30V/ms。标准还定义了驱动器和接收器之间的接口的阻抗。驱动的负载规定为3kΩ至7kΩ，以及2500pF的最大电容负载，因此最大电缆长度由电缆规格中提供的每单位长度电缆的电容量决定。

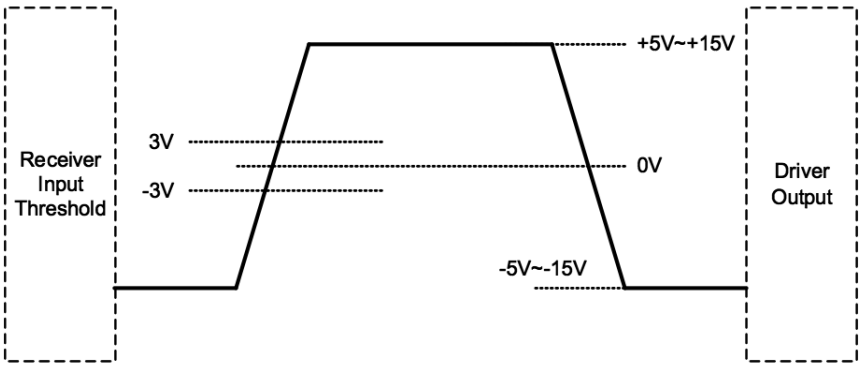
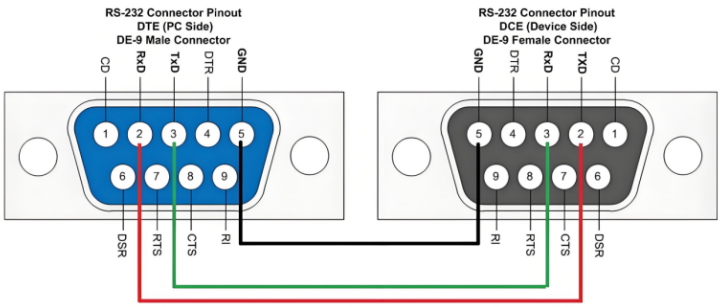


图1.1 RS232物理层电平标准

RS-232标准不仅包括电气特性的规范，还包括接口的功能特性。最常用的9针DB-9连接器引脚定义如下，而在实际应用中，三线制连接（TXD、RXD、GND）即可实现基本的全双工通信。



Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co.,Ltd 2026. All rights reserved.

DB-9连接器引脚定义			
引脚号	信号名称	方向	功能描述
1	DCD	输入	载波检测（Data Carrier Detect）
2	RXD	输入	接收数据（Receive Data）
3	TXD	输出	发送数据（Transmit Data）
4	DTR	输出	数据终端就绪（Data Terminal Ready）
5	GND	-	信号地（Ground）
6	DSR	输入	数据设备就绪（Data Set Ready）
7	RTS	输出	请求发送（Request to Send）
8	CTS	输入	清除发送（Clear to Send）
9	RI	输入	振铃指示（Ring Indicator）

图1.2 DB9连接器示意图及引脚定义

1.3.RS-232的通信协议与帧格式

RS-232仅涉及物理层标准，无单独的通信，其通常采用异步串行通信方式，数据格式由以下几个参数定义：

·波特率（Baud Rate）：数据传输速率，常用值包括1200、2400、4800、9600、19200、38400、57600、115200 bps等。在工业控制领域，9600 bps是最常用的速率之一。

·起始位（Start Bits）：表示一个字符传输开始的标志位，通常为1位“0”。

·数据位（Data Bits）：每个字符的数据位数，通常为7或8位。

·停止位（Stop Bits）：表示一个字符传输结束的标志位，通常为1位或2位。

·校验位（Parity Bit）：用于错误检测，可选无校验（None）、奇校验（Odd）或偶校验（Even）。

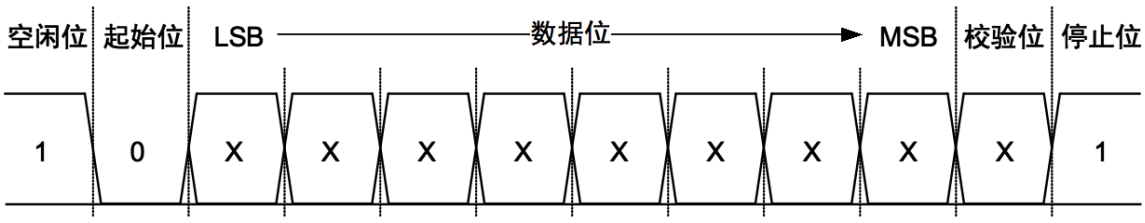


图1.3 RS-232异步串行通信数据帧格式

Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co.,Ltd 2026. All rights reserved.

2.2.NCA3232芯片工作原理

2.1.芯片功能概述

NCA3232是一款3V至5.5V低功耗RS-232收发器芯片。该器件集成了两个发送器、两个线路接收器和一个双电荷泵电路，NCA3232符合TIA/EIA-232-F和ITU V.28标准要求，能够在异步通信控制器与串行端口连接器之间提供可靠的电气接口。具有以下主要特性：

·工作电压范围：3.0V至5.5V单电源供电
·数据传输速率：最高250 kbps
·低功耗：典型工作电流1mA
·兼容性：引脚与行业内常规232收发器兼容

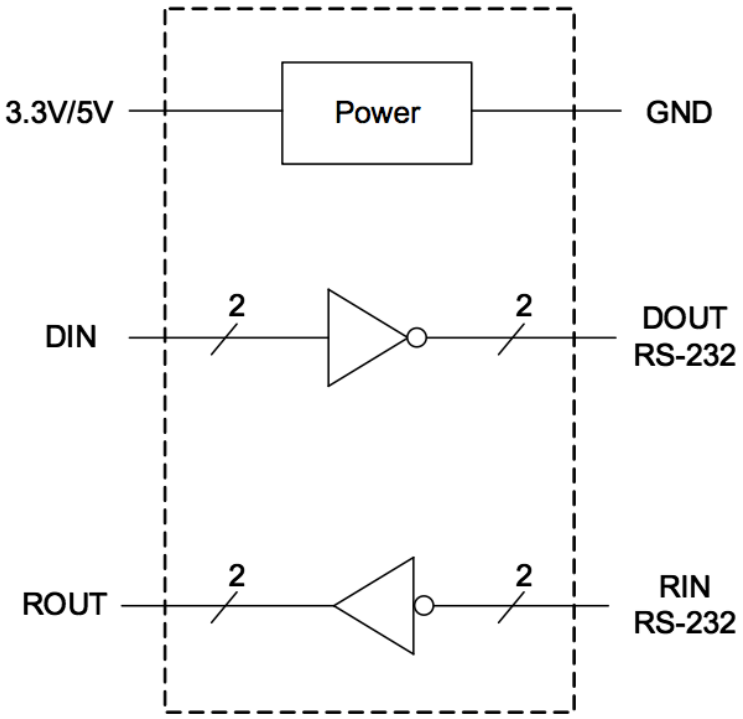


图2.1 NCA3232简化原理图

2.2.基本工作原理

NCA3232的核心是电荷泵电路，该电路能够从单电源电压产生RS-232通信所需的正负电压。其主要结构包括以下几个部分：外部电容C1-C4，开关节点SW1-SW4，内部时钟，电压源及反馈回路。

Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co.,Ltd 2026. All rights reserved.

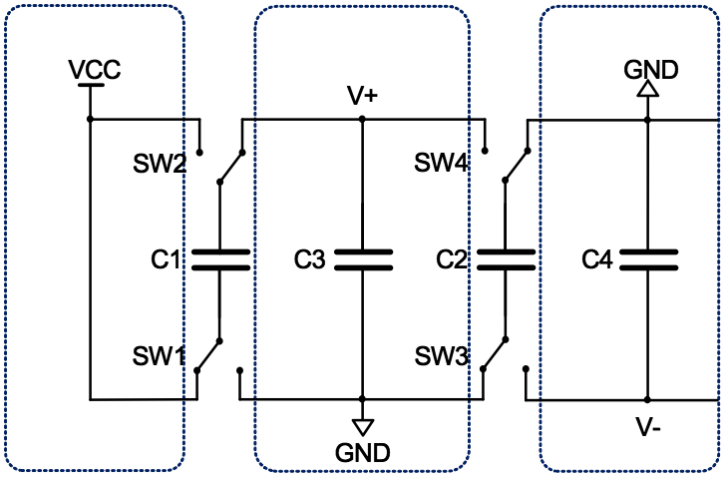


图2.2 NCA3232电荷泵电路原理图

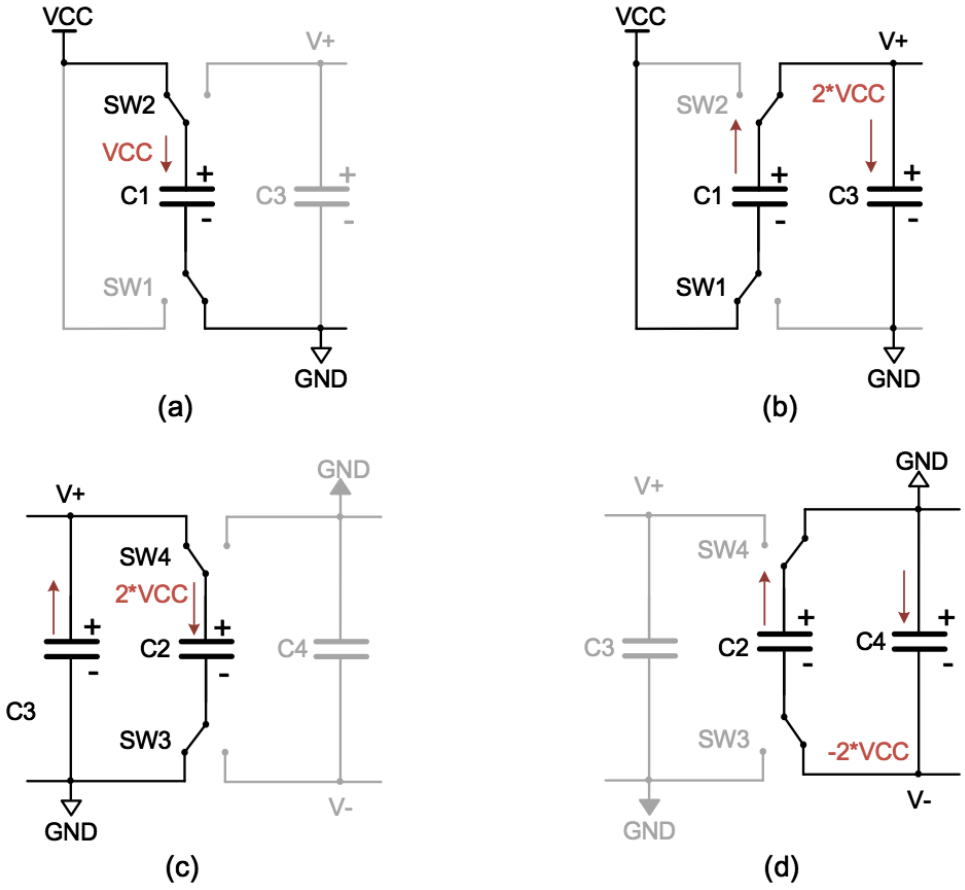


图2.3 电荷泵倍压电路模态图

电荷泵电路的工作原理如下：

模态 (a)：在第一阶段SW2和SW1动作， C1正端接入VCC，负端接GND，VCC对C1充电，电荷从电源端转移至C1，充电结束后，C1电压为VCC，转移的电荷为Q=C1*VCC，此时C3放电，V+电压下降；

Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co.,Ltd 2026. All rights reserved.

模态(b)：在第二阶段为电荷转移阶段，SW1和SW2切换，此时C1负端与VCC相接，正端与C3正端都连接到V+，V3负端连接到GND，此时VCC加上C1电压，即2*VCC，对C3进行充电，V+电压上升；

负压变换原理类似倍压变换，同样可分为两个部分：
模态(c)：在第一阶段，C2 的正向端与 V+及C3的正端相连，负向端连接到地，V+的倍压传递到C2的正端，理想情况下为2*VCC；
模态(d)：在第二阶段，C2的正端连接到GND，负端连接到V-，C4的正端接GND，负端接入V-，由于C2两端压差不能突变，所以V-变成了-2* VCC 。

3.外围电容选型与理论分析

3.1.理论分析

为了在输出端维持稳定的电平状态，内部存在稳压环路控制电荷泵，当V+的电压高于正阈值电压或V-电压低于负阈值时，电荷泵则停止工作。反之，电荷泵继续工作，反馈回路周期性调节最终稳定输出电压。因此V+及V-节点存在电压纹波，图3.1为V+引脚电压随时间变化纹波波形。

在t0到t1阶段，因V+电压降至V_r(设定的阈值电压)，经反馈回路调节，电荷泵开始工作，并将C1上储存的电荷转移到 C3 上，V+电压升高到V_p（峰值电压），此时电路状态如图2.3（b）所示。在t1到t2阶段，因V+ 电压高于V_r，电荷泵停止打开。V+因放电 C3电压下降，此时电路状态2.3（a）所示。

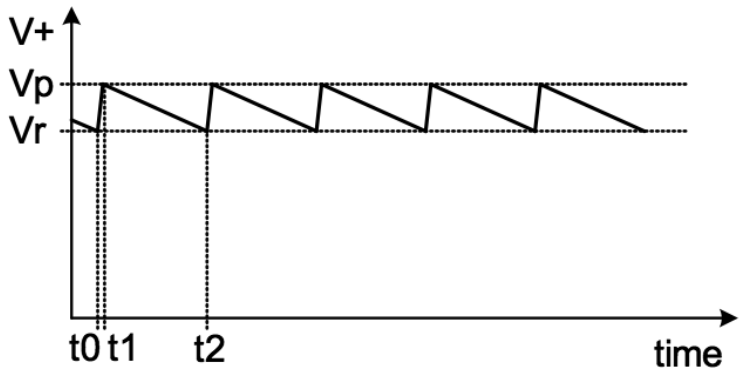


图3.1 V+引脚电压波形

根据电荷守恒原理，两个阶段传递的电荷相等。在电荷转移之前，由于C3负端接GND，则C3上的电压为V_r，C1上的电压为VCC。转换后，C1的电压为V_p - VCC，C3的电压为V_p。可得到式1

$$Vr * C3 + VCC * C1 = (Vp - VCC) * C1 + Vp * C3 \quad [1]$$

则峰值电压V_p可表示为

$$Vp = \frac{2VCC * C1 + Vr * C3}{C1 + C3} \quad [2]$$

Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co.,Ltd 2026. All rights reserved.

同理可得到V-引脚电压纹波

$$-(-Vr)*C4+Vp*C2=-(V-)*(C2+C4) \quad [3]$$

则V-引脚电压可表示为

$$V-=-\frac{Vr*C4+Vp*C2}{C2+C4} \quad [4]$$

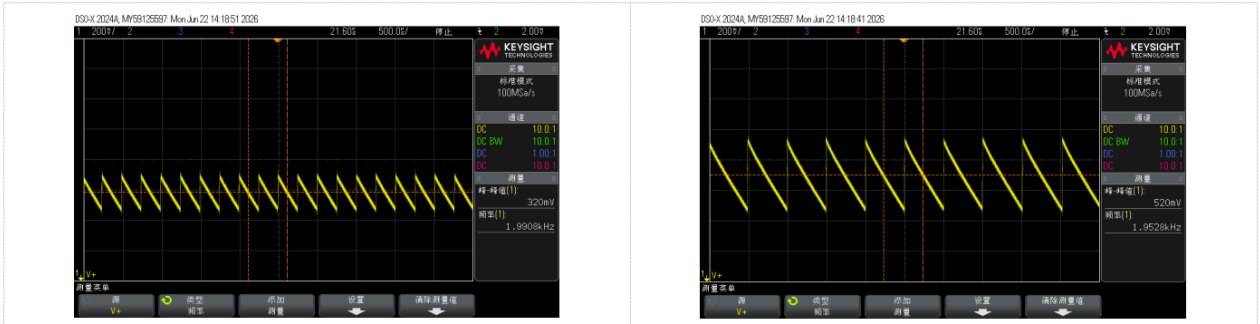
可以得出，V+及V-电压纹波取决于C1与C3的电容比值，可以通过调节合适的比例调节纹波幅值以满足应用需求。

以典型设计为例，当VCC=3.3V时，设置电容C1-C4均为0.1uF，阈值电压V_r=5.5V，则V_p电压为6.05V，V-电压为5.775V，当VCC=5V时，设置电容C1为0.1uF，C2-C4为0.47uF，阈值电压V_r=5.5V，则测试V_p电压为6.29V，V-电压为5.895V。

3.2.测试数据

NCA3232实际测试数据如下

（1）供电电压对于输出纹波的影响；相同外围配置下，根据式[2]，VCC越大则纹波越大，图3.2分别为 VCC=3.3V和VCC=5V的V+及V-波形，C1=0.1uF，C2-C4为0.47uF，总线无负载。



(a) VCC=3.3V　　(b) VCC=5V

图3.2 供电电压对于输出纹波的影响

（2）C1与C3的电容比值对于输出纹波的影响；根据式[2]，供电电压稳定的条件下，纹波取决于C1C3的比值，图3.3为不同电容比下的纹波情况，其中VCC=3.3V，额定负载条件。



(a) C1=0.47uF，C3=0.1uF　　(b) C1=0.1uF，C3=0.1uF　　(c) C1=0.01uF，C3=0.1uF

图3.3 电容比值对于输出纹波的影响

Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co.,Ltd 2026. All rights reserved.

3.3.典型应用

NCA3232若无特殊应用需求，可参考图3.3典型应用进行系统设计，并按照表3.1选取合适的飞跨电容。VCC建议加入0.1uF的滤波电容，两路发送器的输入端和接受器的输出端连接TTL/CMOS信号，通常连接至前级MCU，其电压幅值与VCC幅值相等；发送器的输出端连接RS-232信号，接收器的输入端接收RS-232信号，按照RS-232标准，信号幅值不超过±15V，而NCA3232的RIN1/RIN2引脚AMR电压可达±25V，抗干扰能力较强。为了能够使芯片工作与最佳状态，以下设计要点同样需要注意

➢ 推荐VCC为稳定的3.3V或5V，NCA3232同样可兼容3V至5.5V，需参考表3.1选取合适电容值；
➢ 最大通信速率为250 kbps；
➢ 在电路Layout，需保持外部电容的走线尽可能短。
➢ 对于温度变化大的应用场景，建议使用X7R/NPO等材质的温度稳定型MLCC。

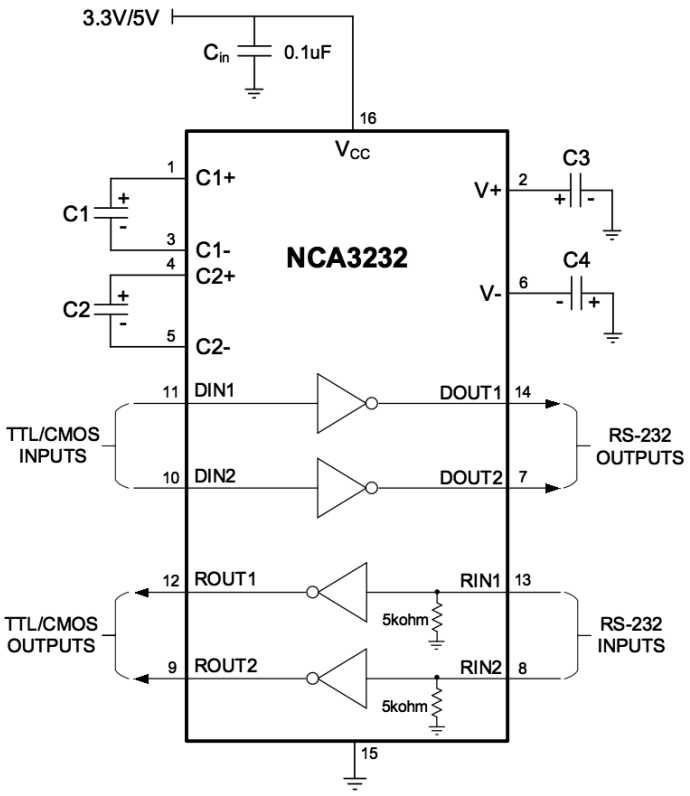


图3.3 NCA3232典型应用电路

Table 3.1 VCC vs Capacitor Values

VCC	C1	C2-C4
3.3V ± 0.3V	0.1uF	0.1uF
5V ± 0.5V	0.047uF	0.33uF
3V to 5.5V	0.1uF	0.47uF

Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co.,Ltd 2026. All rights reserved.

4.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Yifan Chao	2026/05/20

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所有法律、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

Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co.,Ltd 2026. All rights reserved.