

## Application Note

## 将应用要求与 120V 半桥栅极驱动器对应



William Moore

## 摘要

选择栅极驱动器时，请考虑目标应用和拓扑，以确定更适合特定终端设备的驱动器。本应用手册介绍与 120V 半桥栅极驱动器选择和应用有关的各种终端设备 (EE) 和拓扑。首先，考虑示例 EE，以及这些示例中首选的拓扑。然后，将介绍这些应用和拓扑的基本设计注意事项。本应用手册介绍不同的德州仪器 (TI) 半桥栅极驱动器适合哪些不同的场景，并说明这些选择的理由。更具体而言，本文档展示 UCC27301A(-Q1) 和 UCC27282(-Q1) 栅极驱动器。

## 内容

1 简介.....	2
1.1 功率级别注意事项.....	2
1.2 功率密度注意事项.....	2
1.3 转换器工作频率和开关特性注意事项 .....	2
1.4 双向运行注意事项.....	2
2 120V 半桥栅极驱动器的主要终端设备和拓扑.....	4
2.1 汽车直流/直流和车载充电器 (OBC).....	4
2.2 电机驱动器和电动工具.....	4
2.3 太阳能优化器和微型逆变器.....	6
2.4 车身电子装置和照明.....	7
3 120V 非隔离式半桥栅极驱动器产品组合概述.....	9
4 总结.....	10
5 参考资料.....	10

## 插图清单

图 2-1. HEV、EV OBC、直流/直流子系统典型方框图.....	4
图 2-2. OBC 高压转低压直流/直流转换器.....	4
图 2-3. 三相无刷电机 (BLDC) 图.....	5
图 2-4. 使用 UCC27282(-Q1) 的步进电机原理图示例.....	6
图 2-5. 太阳能系统方框图.....	6
图 2-6. 微型逆变器全桥 LLC 功率级图.....	7
图 2-7. PDLC 智能玻璃方框图.....	7
图 2-8. 采用 UCC27282-Q1 的 H 桥 PDLC 智能玻璃原理图.....	8

## 表格清单

表 1-1. UCC273x1A(-Q1) 与主要竞品的比较.....	3
表 3-1. 工业高电流 120V 半桥非隔离式栅极驱动器比较.....	9
表 3-2. 汽车高电流 120V 半桥非隔离式栅极驱动器比较.....	9

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 简介

### 选择半桥栅极驱动器时要考虑的设计注意事项

在设计采用半桥栅极驱动器的电力电子电路时，需要考虑许多因素。其中一些因素包括功率级别、功率密度、工作频率和转换器运行方式（如单向和双向）。在讨论这些因素时，我们会结合相关半桥栅极驱动器与所使用应用的关系。

设计具有高功率和输出电流水平的直流/直流转换器面临诸多挑战。以下应用手册重点介绍和说明半桥栅极驱动器环境中面临的这些挑战。

#### 1.1 功率级别注意事项

高功率需求的应用需要高效率运行，并利用多相位来支持大电流输出。低功耗状态期间可以禁用这些单独的相位，从而通过消除禁用的动力总成中的损耗来提高效率。在这些多相系统中，当发生轻负载情况时，将禁用部分相位以减少开关损耗。启用已禁用的相位时，与自举电容器充电相关的栅极驱动器中会有高电流。这些 FET 还与高电流应用相关，后者需要高栅极驱动器电流以确保快速开关转换，并需要栅极驱动器的快速开关特性以确保最高效率。总体而言，在功率级别较高的应用中，高电流栅极驱动器是理想的选择。TI 120V 产品组合中的最新高电流半桥栅极驱动器是 UCC273x1A(-Q1)，它具有 3.7A 拉电流和 4.5A 灌电流，用于驱动这些 FET。高功率应用会导致更大的开关损耗，因此需要这一更高电流的驱动器来加快开关转换并降低开关损耗。

#### 1.2 功率密度注意事项

在使用这些半桥栅极驱动器的电源转换器市场中，尽管需要提高功率级别，但空间和重量往往受到限制。在这些设计限制内，采用小外形封装并集成散热焊盘以提高散热性能的栅极驱动器具有优势。这种尺寸限制因素在多相系统中表现出色；在这些系统中，多个栅极驱动器电路占用电路板空间，并且典型应用需要高功率。对于高电流应用，UCC273x1A(-Q1) 采用 3mm x 3mm DRC 封装，其属于 SON 类型，是 120V 半桥驱动器。UCC273x1A(-Q1) 的峰值驱动电流额定值为 3.7A 拉电流和 4.5A 灌电流。此 DRC 封装是目前高电流 120V 半桥产品组合中提供的超小型封装，包含用于优化此驱动器以在多相转换器运行时禁用的使能引脚。对于电流较低且功率密度较低的应用，可以使用 3A 拉电流和灌电流的 120V 驱动器。在单相转换器配置下运行时，可以使用 UCC2728x(-Q1)，该器件也采用小型 DRC 封装并具备启用功能。

#### 1.3 转换器工作频率和开关特性注意事项

提高电源转换器中的开关频率可以减少转换器电路中储能元件和无源元件的数量。这种减少通过减小尺寸、减轻重量并改善电路元件的布局选择来改进电源系统。提高开关频率的缺点是增加了栅极驱动器和支撑电路的压力。为了应对这些不断增长的要求，具有高电流、快速开关特性和小外形尺寸的稳健驱动器对于在增加开关频率时进行优化至关重要。

需要考虑的栅极驱动器性能指标包括驱动器通道的传播延迟、两条通道的延迟匹配规格以及输出信号的上升和下降时间。具有高驱动电流的驱动器（例如峰值拉电流为 3.7A 和灌电流为 4.5A 的 UCC273x1A(-Q1)）能够实现快速的上升和下降时间。UCC273x1A(-Q1) 在负载为 100nF 时的上升时间额定值为 270ns，下降时间为 160ns，阈值分别为 3V 和 9V，是一个极佳的选择。快速上升和下降时间可减少开关转换期间产生的开关损耗。对于 UCC2728x(-Q1) 等电流较低的栅极驱动器，在相同条件下，上升和下降时间分别为 330ns 和 23ns。除了上升和下降时间之外，传播延迟和延迟匹配规格对于确定栅极驱动器对控制器输入的响应速度和精度也很重要。对于 UCC273x1A(-Q1)，传播延迟和延迟匹配规格分别为 20ns 和 4ns，可提供快速开关特性。电流较低的 UCC2728x(-Q1) 可提供更快的传播延迟和更短的延迟匹配规格，分别为 16ns 和 1ns。但是，在对效率要求较高的应用中，上升和下降时间对于更大限度地降低开关损耗至关重要，因此 UCC273x1A(-Q1) 是更好的选择。

#### 1.4 双向运行注意事项

对于包含电池储能系统 (BESS) 和电网连接的光伏 (PV) 能源系统等应用，需要使用双向直流/直流转换器在三个不同组件之间进行能量传输。例如，将 BESS 连接到系统总线电压的直流/直流转换器可以在降压或升压模式下运行，以满足总线电压要求。直流/直流转换器还可以满足 BESS 能量输出或输入的要求。这些系统通常为高功率，需要多个相位，因此需要特别考虑转换器的栅极驱动器部分。有关在双向转换器中使用栅极驱动器的更多信息，请参阅 [双向直流/直流转换器中半桥栅极驱动器的挑战和解决方案应用手册](#)。为应对这些挑战，在设计双向系统时，需要一个稳健的高电流栅极驱动器。UCC273x1A(-Q1) 等驱动器可能是双向系统的理想选择。

其他系统则采用单向转换器，例如 HEV 和 EV 系统中用于为 12V 电池充电的 48V 转 12V 直流/直流转换器。单向转换器只能将能量从 48V 电池通过降压转换器传输到 12V 电池。当仅使用单相时，驱动器的启动条件仅在初始启动时出现。这意味着，通过发送 LO 脉冲切换转换器之前，已对控制电路进行了编程，以优化自举电容器充电。在这种情况下，可以考虑使用低电流驱动器，例如 UCC2728x(-Q1)。

在寻找 120V 半桥栅极驱动器时，近期发布的 UCC273x1A(-Q1) 具备强劲的竞争力，可与主要竞品抗衡。如表 1-1 所示，UCC273x1A(-Q1) 具有诸多优势。这些优势包括业界领先的 150°C 工作温度额定值、符合汽车级认证，以及通过输入互锁功能提供交叉导通保护。

**表 1-1. UCC273x1A(-Q1) 与主要竞品的比较**

设计注意事项	UCC273x1A(-Q1)	竞品器件 1	竞品器件 2
电源电压 (V <sub>DD</sub> ) 绝对最大值	20V	18V	20V
HB 自举电压绝对最大值	120V	115V	120V
HS 上的负电压处理 (<100ns) 绝对最小值	-(28V - V <sub>DD</sub> ) V	-25V	-12V
拉电流和灌电流典型值	3.7A, 4.5A	3A, 4.5A	4A, 6A
传播延迟开关典型值	20ns、19ns	20ns、20ns	33ns、33ns
1nF 时的上升和下降时间典型值	7.2ns、5.5ns	2.2nF 时为 15ns、15ns	4.6ns、3.3ns
启用	是	否	是
自举二极管动态电阻典型值	0.55 Ω	2.5 Ω	4.2 Ω
自举二极管正向电压 (典型值)	0.9V	0.95V	1.4V
建议的工作结温最大值	150C	125C	125C
封装选项	WSON10 3x3、SOIC8、HSOIC8	WSON10 4x4、SOIC8、HSOIC8	VSON8 4x4、WSON10 4x4、WSON10 3x3

## 2 120V 半桥栅极驱动器的主要终端设备和拓扑

鉴于上述考虑因素，该应用在很大程度上决定了设计中合适的栅极驱动器。对于 120V 半桥栅极驱动器的一些应用，可以选择 UCC27282(-Q1) 或 UCC27301A(-Q1)。

### 2.1 汽车直流/直流和车载充电器 (OBC)

在汽车应用中，尤其是在新兴的电动汽车 (EV) 市场，直流/直流转换器电路需要充分考虑效率和稳健性。在 OBC 中，120V 半桥驱动器主要关注高压转低压部分。图 1 显示 HVLV 直流/直流级和 48V 转 12V 转换器级使用 120V 半桥栅极驱动器的示例

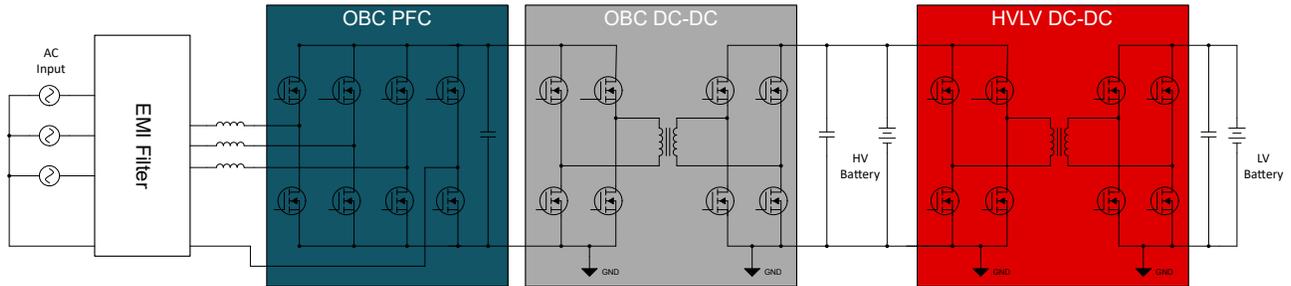


图 2-1. HEV、EV OBC、直流/直流子系统典型方框图

对于 OBC 直流/直流转换器而言，系统的高压 (400V 或 48V) 转低压 (48V 或 12V) 部分需要使用一个全桥或两个半桥电路和驱动器。这些 48V 和 12V 半桥电路通常是双向多相电路，用于管理具有高功率输出和高效率要求的大型负载。为实现此应用所需的高效率、可靠性能和稳健性，可以使用 UCC27301A-Q1，因为该器件具有高驱动电流，带来了快速开关功能和可靠的性能，能够在多相系统中运行。图 2-2 显示高压 (400V 或 800V) 转低压 (48V 或 12V) 直流/直流转换器的示例，其中可以在低压侧使用两个 UCC27301A 器件。

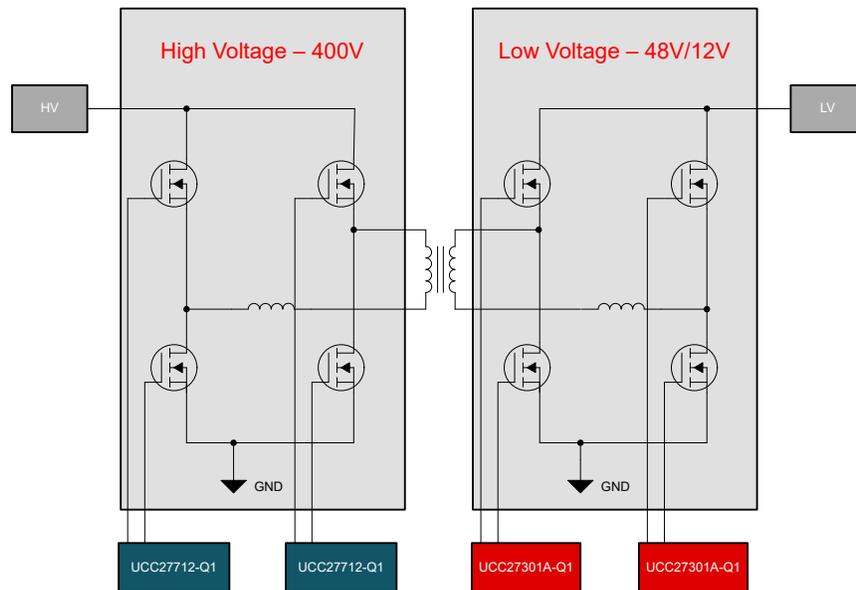


图 2-2. OBC 高压转低压直流/直流转换器

### 2.2 电机驱动器和电动工具

涉及电机的应用均可实现 120V 半桥栅极驱动器，例如两相和三相线性电机线圈阵列、直流变速 BLDC 电机、两相双极性步进电机，以及伺服驱动器和机器人中的 PMSM。120V 驱动器可用于这些直流电机驱动系统，其中总

线电压范围通常在 12V 至 80V 直流之间，并且每相或每绕组通常采用半桥拓扑结构。图 3 所示为采用 3 个半桥驱动器电路的三相无刷电机 (BLDC) 示例。

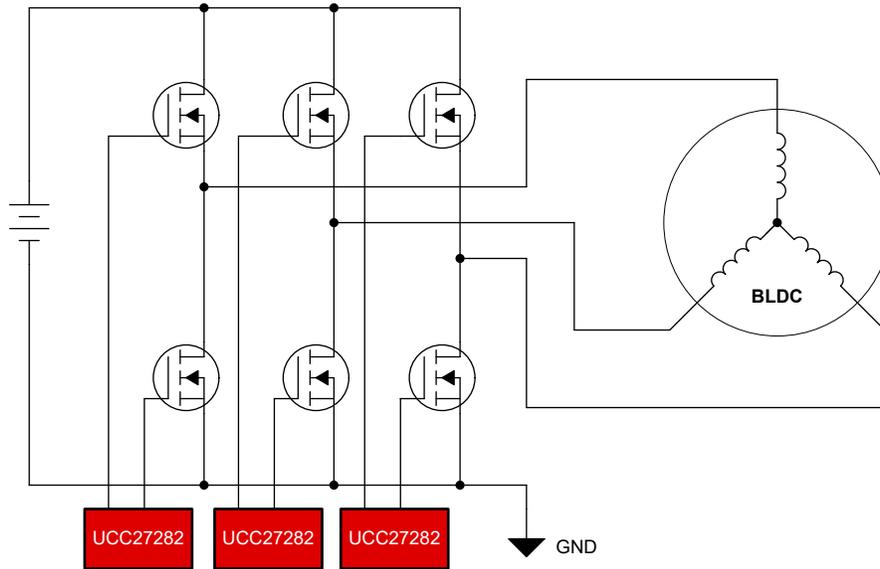


图 2-3. 三相无刷电机 (BLDC) 图

120V 半桥栅极驱动器采用小型封装，可帮助客户更大限度地减小电路板尺寸，以满足无绳电动工具、无人机和电动自行车等产品对紧凑型应用的要求。这些器件通常在高温环境中运行，需要良好的散热能力。此外，这些器件需要快速时序特性，同时保持低成本并具有宽 VDD 电源范围。UCC27282(-Q1) 提供了丰富的此类特性，例如采用 10 引脚、3mm x 3mm SON、DRC 封装，并具有低热阻 ( $R_{\theta JA}$  为  $47.3^{\circ}\text{C/W}$ )。UCC27282(-Q1) 还包括 16ns 典型传播延迟以及 1ns 延迟匹配。这些特性以及 20V 的 VDD 绝对最大额定值和极具竞争力的价格使 UCC27282(-Q1) 成为电机驱动器应用的理想选择。电机驱动器应用的另一个可能的候选器件是 LM2101，它是一款 0.5A 拉电流和 0.8A 灌电流的半桥驱动器。有关电机驱动器应用中栅极驱动器的更多信息，请参阅[如何为直流电机驱动器选择栅极驱动器应用手册](#)。图 2-4 显示一个步进电机的示例，该电机具有两个半桥电路和两个用于电机 A 绕组的 UCC27282(-Q1)。

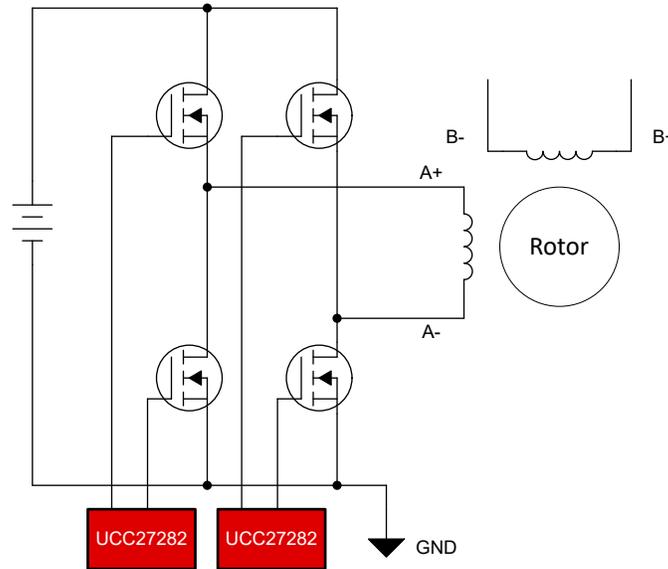


图 2-4. 使用 UCC27282(-Q1) 的步进电机原理图示例

### 2.3 太阳能优化器和微型逆变器

在不断发展的太阳能和储能行业中，太阳能优化器、微型逆变器以及串级逆变器通常在功率密集的条件下运行，跨越许多不同的电压电平和功率级别。这些系统中的一些拓扑包括 LLC 转换器、相移全桥转换器和图腾柱 PFC。对于这些拓扑，在电压电平不超过驱动器 120V 额定值的情况下可以使用 120V 半桥驱动器。图 5 显示一个具有储能和电网连接的太阳能系统示例，其中使用了通常需要半桥驱动器的直流/直流转换器。

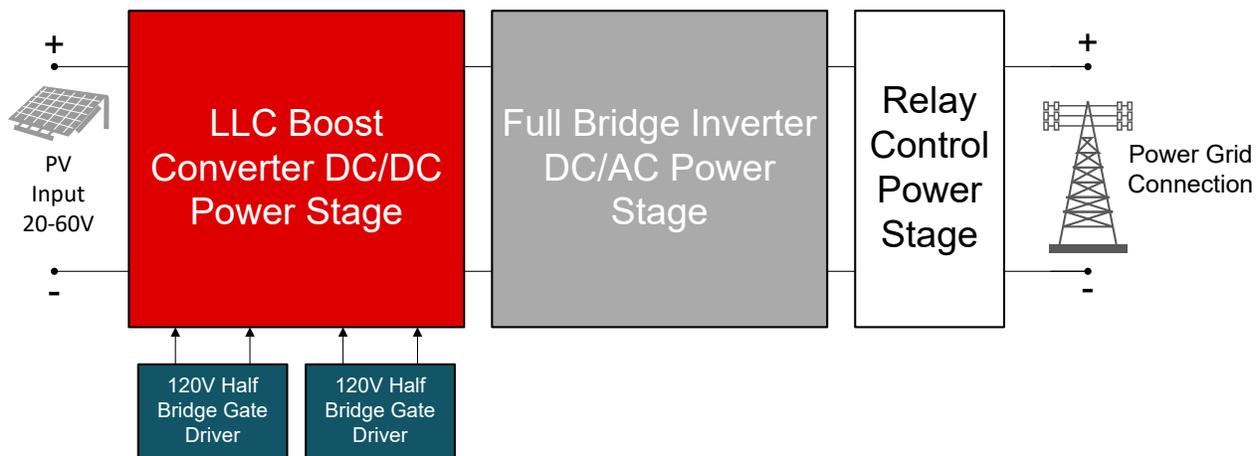


图 2-5. 太阳能系统方框图

太阳能和储能领域中高功率、高效率的应用需要一个坚固、高效且具有高电流能力的栅极驱动器。在这些双向功率密集型拓扑中，栅极驱动器的要求对于效率和可靠性非常重要。UCC27301A(-Q1) 提供 3.7A 和 4.5A 的高驱动电流以及小型封装选项，例如 3mm x 3mm SON 10 引脚 DRC 封装，非常适合功率密集型系统。此外，20V 的绝对最大 VDD 电源额定值和高防噪性能提供了额外的稳健性和可靠性。这些驱动器具有快速开关特性，上升时间为 7.2ns，下降时间为 5.5ns，可确保高效率。UCC27301A(-Q1) 的其他一些特性使其成为太阳能和储能应用的理想选择，包括强大的集成自举二极管、输入互锁以及具有低关断电流的使能引脚功能，这些功能可在低功率和高功

率场景下启用和禁用相位。太阳能和储能系统通常使用 48V 电池系统和 20V 至 60V 太阳能电池板阵列，其需要这些 120V 半桥驱动器。图 2-6 显示一个微型逆变器原理图示例，该电路的直流/直流部分采用全桥 LLC 功率级，可利用 UCC27301A(-Q1) 120V 半桥栅极驱动器。

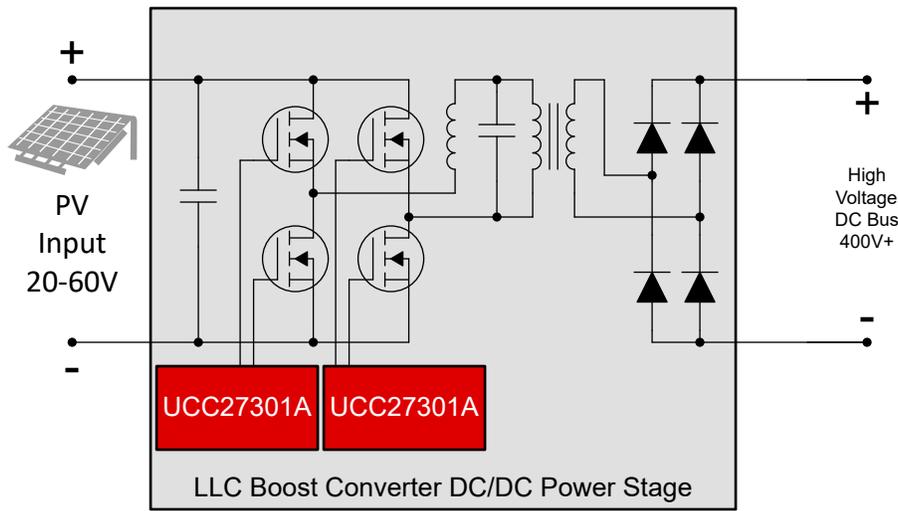


图 2-6. 微型逆变器全桥 LLC 功率级图

## 2.4 车身电子装置和照明

随着汽车技术的进步，制造商集成了更多功能，为驾驶员和乘客提供便利并确保安全。车身电子和照明系统的其中一个组成部分包括用于天窗、遮阳板、侧窗和驾驶员抬头显示器的智能玻璃。在许多此类应用中，都使用聚合物分散液晶 (PDLC) 玻璃。这些 PDLC 通常在 40Vac 至 80Vac 的激励电压下工作，因此 PDLC 有可能成为 120V 半桥栅极驱动器的候选器件。图 2-7 显示 PDLC 智能玻璃方框图示例。

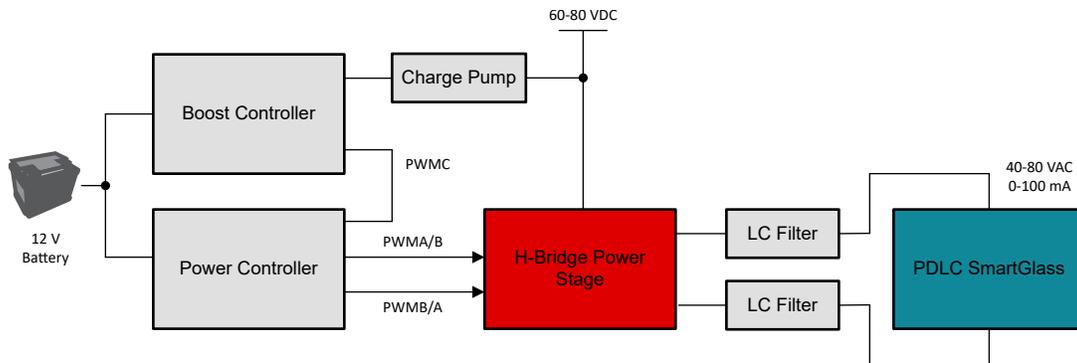


图 2-7. PDLC 智能玻璃方框图

在这些 PDLC 智能玻璃系统中，功率级使用带有 LC 滤波器的 H 桥，以 50Hz 至 60Hz 的频率产生驱动 PDLC 所需的波形。这是通过使用由 MCU 控制的 PWM 信号以 100kHz 至 500kHz 的频率切换来完成。为了实现高开关频率，需要一个具有快速开关特性的半桥驱动器。UCC27282-Q1 具有快速开关功能，典型传播延迟为 16ns，典型延迟匹配能力为 1ns。UCC27282-Q1 还能在 1nF 负载下实现 12ns 的上升时间和 10ns 的下降时间。图 2-8 显示 PDLC 系统中使用两个 UCC27282-Q1 的 H 桥配置示例。

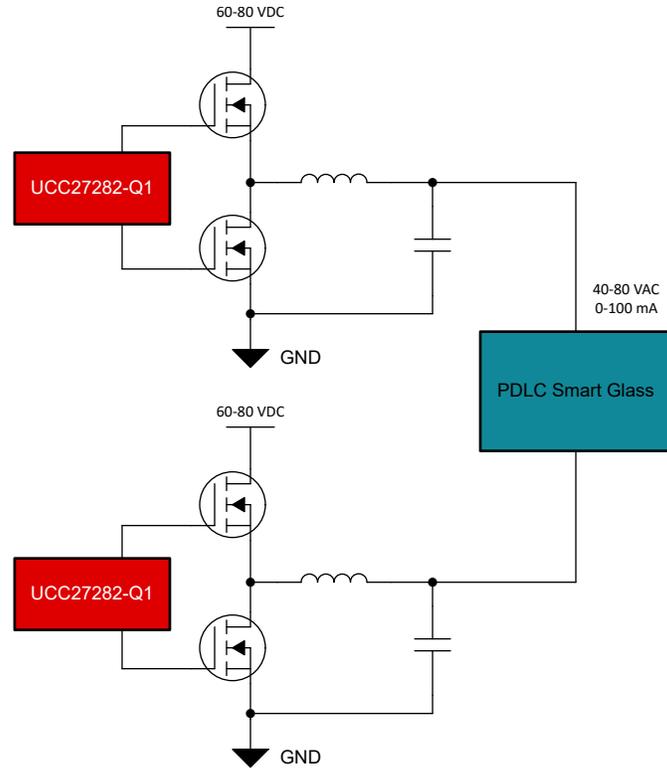


图 2-8. 采用 UCC27282-Q1 的 H 桥 PDLC 智能玻璃原理图

### 3 120V 非隔离式半桥栅极驱动器产品组合概述

在德州仪器 (TI) 栅极驱动器产品组合中, 有各种 120V 半桥栅极驱动器选项, 可让您选择合适的栅极驱动器并优化设计。部分最突出的选项包括 UCC272x1 和 UCC2720x 系列器件、UCC2728x 系列, 以及新发布的 UCC273x1A 系列 ( UCC272x1 和 UCC2720x 系列的扩展 )。表 3-1 和表 3-2 重点介绍所有这些系列以及工业和汽车应用中各产品高电流 120V 半桥栅极驱动器的规格和特性差异。

**表 3-1. 工业高电流 120V 半桥非隔离式栅极驱动器比较**

	UCC27282	UCC27284	UCC27288	UCC27289	UCC27200(A)	UCC27201(A)	UCC27211(A)	UCC27212	UCC27301A	UCC27311A
HB 绝对最大值	120V	120V	120V	120V	120V	120V	120V	120V	120V	120V
驱动电流	3A, 3A	3A, 3A	3A, 3A	3A, 3A	3A, 3A	3A, 3A	3.7A, 4.5A	3.7A, 4.5A	3.7A, 4.5A	3.7A, 4.5A
互锁	Y	N	N	N	N	N	N	N	Y	N
传播延迟	16ns	16ns	16ns	16ns	20ns	20ns	20ns	20ns	20ns	20ns
上升和下降时间	12ns、10ns	12ns、10ns	12ns、10ns	12ns、10ns	8ns、7ns	8ns、7ns	7.2ns、5.5ns	7.2ns、5.5ns	7.2ns、5.5ns	7.2ns、5.5ns
延迟匹配	1ns	1ns	1ns	1ns	1ns	1ns	4ns	4ns	4ns	4ns
启用	Y	Y	N	Y	N	N	N	N	Y	Y
自举二极管	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UVLO	5V	5V	8V	8V	8V	8V	8V	5V	8V	8V
超小封装	3x3mm DRC (SON-10)	3x3mm DRC (SON-10)	5x4mm D (SOIC-8)	3x3mm DRC (SON-10)	3x3mm DRC (SON-9)	3x3mm DRC (SON-9)	4x4mm DPR (SON-10)	4x4mm DPR (SON-10)	3x3mm DRC (SON-10)	3x3mm DRC (SON-10)

**表 3-2. 汽车高电流 120V 半桥非隔离式栅极驱动器比较**

	UCC27282-Q1	UCC27284-Q1	UCC27200-Q1	UCC27201A-Q1	UCC27211A-Q1	UCC27212A-Q1	UCC27301A-Q1	UCC27311A-Q1
HB 绝对最大值	120V	120V	120V	120V	120V	120V	120V	120V
驱动电流	3A, 3A	3A, 3A	3A, 3A	3A, 3A	3.7A, 4.5A	3.7A, 4.5A	3.7A, 4.5A	3.7A, 4.5A
互锁	Y	N	N	N	N	N	Y	N
传播延迟	16ns	16ns	20ns	20ns	20ns	20ns	20ns	20ns
上升和下降时间	12ns、10ns	12ns、10ns	8ns、7ns	8ns、7ns	7.2ns、5.5ns	7.2ns、5.5ns	7.2ns、5.5ns	7.2ns、5.5ns
延迟匹配	1ns	1ns	1ns	1ns	4ns	4ns	4ns	4ns
启用	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y
自举二极管	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UVLO	5V	5V	8V	8V	8V	5V	8V	8V
超小封装	3x3mm DRC (SON-10)	3x3mm DRC (SON-10)	5x4mm DDA (HSOIC-8)	5x4mm DDA (HSOIC-8)	5x4mm DDA (HSOIC-8)	5x4mm DDA (HSOIC-8)	3x3mm DRC (SON-10)	3x3mm DRC (SON-10)

## 4 总结

UCC2728x 系列器件提供成熟的产品，具有多种功能和业界通用引脚排列选项，使设计人员能够选择最适合其终端产品需求的器件。这些终端产品（例如电器和电机驱动器）依赖于该系列能够提供的大容量操作和具有成本优势的产品。

UCC273x1A、UCC272x1(A) 和 UCC2720x(A) 系列产品提供具有不同驱动电流、封装、开关时间和 UVLO 的多种型号，其可靠性经过验证，还提供新添加的器件型号和功能，为设计人员提供在应用中利用该系列的新机会。在稳健性、驱动电流和功能至关重要的微型逆变器 and 汽车直流/直流应用中，这些产品是理想选择

## 5 参考资料

- 德州仪器 (TI), [双向直流/直流转换器中半桥栅极驱动器的挑战和解决方案](#)应用手册
- 德州仪器 (TI), [如何为直流电机驱动器选择栅极驱动器](#)应用手册
- 德州仪器 (TI), [UCC27301A](#) 产品页面
- 德州仪器 (TI), [UCC27301A-Q1](#) 产品页面
- 德州仪器 (TI), [UCC27311A](#) 产品页面
- 德州仪器 (TI), [UCC27311A-Q1](#) 产品页面
- 德州仪器 (TI), [UCC27282](#) 产品页面
- 德州仪器 (TI), [UCC27282-Q1](#) 产品页面
- 德州仪器 (TI), [LM2101](#) 产品页面

## 重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、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暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司