

## SCALE-2 门极驱动核的直接并联

### 介绍

传统的 IGBT 并联方法是由单个驱动器驱动多个 IGBT，每个 IGBT 都有独立的门极和发射极电阻。另一种并联 IGBT 模块的驱动方法是，每个模块都使用独立的驱动器。图 1 显示传统的、使用单个驱动核的并联方式与 SCALE-2 驱动核直接并联方式之间的差异。

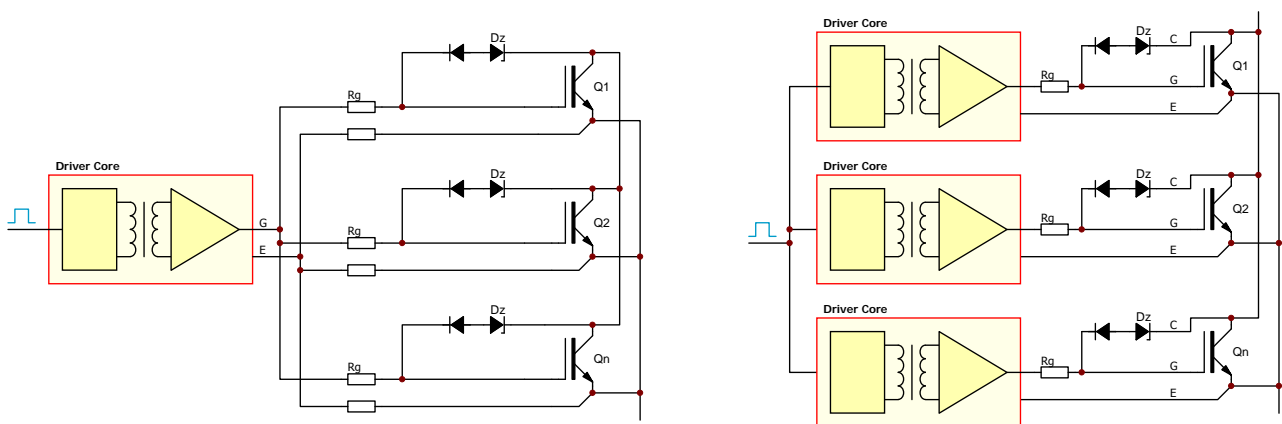


图 1: 传统并联（左）与使用变压器接口的独立 SCALE-2 门极驱动核直接并联三个 IGBT 模块（右）

利用 CONCEPT 的 SCALE-2 技术能够直接并联门极驱动器，因为带有变压器接口的 SCALE-2 驱动器，其信号传输延迟（通常为  $80\text{ns} \pm 4\text{ns}$ ）和延迟抖动（通常  $< \pm 1\text{-}3\text{ns}$ ）小且公差范围很窄。因此，以下带有变压器接口的 SCALE-2 驱动核可以直接并联，而不会在并联的 IGBT 模块之间产生过大的电流不平衡：

- 2SC0108T
- 2SC0435T
- 2SC0650P
- 1SC2060P

2SD300C17 不适合直接并联。

本应用指南将简要描述直接并联的优势，并解释在直接并联应用中如何使用 SCALE-2 驱动核。

## 应用指南

### 直接并联的优势

与传统并联方式相比，直接并联 IGBT 驱动器可获得以下优势：

- 优化的开关行为，开关损耗最低
- 用户友好、安全而可靠的理念
- 可用开关频率不会随着并联 IGBT 模块数量的增加而降低。
- 不存在门极间耦合，因此不同 IGBT 门极之间不会发生相互振荡
- 流过模块基板的容性等效电流不产生影响
- 门极电缆上的电感耦合不产生影响
- 利于设备直接并联及后续扩容
- IGBT 模块的利用率高，降额幅度小
- 设置简单，无混乱的布线

### 在直接并联中如何使用 SCALE-2 驱动核

CONCEPT 建议在并联应用中使用 SCALE-2 驱动核时遵循下面的程序：

- 所有驱动器都必须采用相同的硬件配置（门极电阻、退饱和保护、有源箝位、支撑电容...）
- 所有并联驱动器的电源电压 VCC 和 VDC（如果可用）必须来自同一电压源，以确保驱动器对称地运行（请参考图 2）。
- 所有并联驱动器的输入信号 INA 和 INB 必须来自同一逻辑缓冲器（驱动器），以确保延迟差异极小（请参考图 2）。
- INA 和 INB 的电压上升率必须足够高(> 0.25V/ns)，以确保最大限度地降低延迟抖动。特别是，如果输入到 INA 和 INB 的信号经过了 RC 网络滤波（例如，用于窄脉冲抑制），则必须使用施密特触发缓冲器整形，以使 INA 和 INB 的信号有较高的电压上升率。
- 所有从主控板连接到不同驱动器接口的电缆的长度差异应当低于 40cm，以确保附加延迟差异低于大约 2ns。
- 所有驱动器都必须工作在直接模式。半桥模式（如果可用）不适合 SCALE-2 驱动器的并联应用。
- 发生故障时，必须等待所有并联的驱动器的故障反馈端全部复位之后再做进一步操作，以确保所有并联的驱动器的阻断时间全都结束。可使用图 2 中的相应电路满足此要求。
- 退饱和保护的阈值电平必须设置为只能检测到 IGBT 短路而检测不到过流的水平。推荐的值：Vth=10.2V (Rth=68kΩ)。此外，响应时间的值必须足够高（通常为 6...9μs），以确保在最恶劣的条件下整个集电极电流范围内都不会产生误保护。
- 并联驱动器的状态输出 SO1 和 SO2 可进行单独检测以精确地诊断故障，也可以连接到一起。

### 正常工作时的系统行为

在正常开关过程中（无故障反馈），并联驱动器可按无并联电路的方式使用。所有并联 IGBT 模块会同步开通和关断。实验室测量显示，微小的信号延迟差异(<5ns)以及微小的负门极电压差异(<0.4V)，可导致关断或开通时

的集电极电流以及开关损耗轻微不平衡。但是，这种影响比较小，因为大部分情况下变换器的机械结构的对称性占主导地位。

### 短路时的系统行为

在发生短路时，可以假定并非所有并联驱动器都将准确地同时检测到短路。最先检测到短路的驱动器将故障反馈发送到相应的 **SOx** 输出并关断相应的 **IGBT**。建议接着立即向所有并联驱动器发送关断指令。

但是，实验室测量显示，在故障条件下，关断指令的延迟差异在  $2\mu\text{s}$  之内未表现出任何问题。低感量 ( $\sim 70\text{nH}$ ) 和大感量 ( $> 1.5\mu\text{H}$ ) 短路全都考虑在内。但是，CONCEPT 建议用户在具体的应用中进行这方面的验证。

### 电源欠压时的系统行为

在电源欠压的情况下，相应的驱动器将故障反馈发送回相应的 **SOx** 输出，并立即关断相应的 **IGBT**。建议接着立即向所有并联驱动器发送关断指令。然后，它们将在经过短暂延迟后关断相应的 **IGBT**。

建议并联两个 **IGBT** 驱动器（仅显示一个通道）时使用下面的原方电路。此外，任何驱动器检测到故障条件后最多  $7\mu\text{s}$  内必须关闭 PWM 信号。

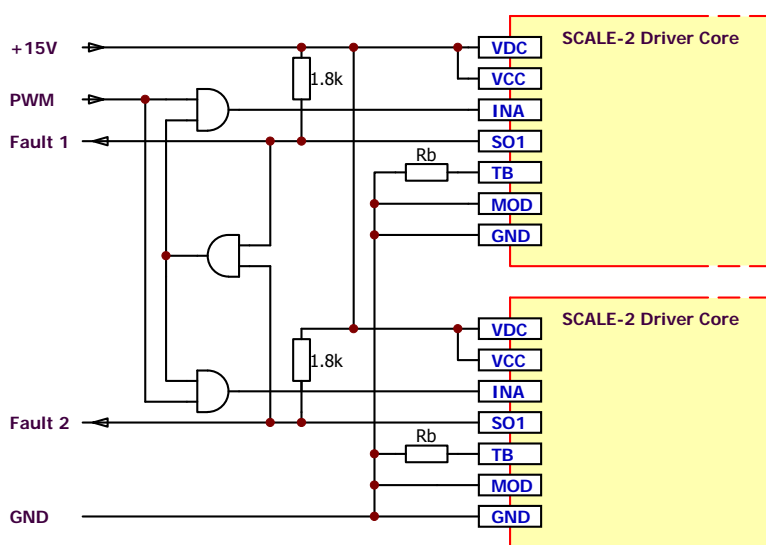


图 2: 推荐的双并联门极驱动器的原方接口示例

### 变换器结构

驱动并联 **IGBT** 模块时，务必确保其对称地工作。测量结果显示，在正确设计的变换器中，半桥拓扑下的并联的 **IGBT** 可以对称的运行。尤其必须考虑下面的要点：

- 涉及并联的 **IGBT** 模块的变换器结构应尽可能对称，以确保其对称运行。特别是，每个并联 **IGBT** 模块的直流母线杂散电感应当相似（图 3 中  $Ls1 \approx Ls2$ ,  $Ls5 \approx Ls6$ ）。
- 除了负载端子 ( $Ls5$  和  $Ls6$ ) 外，所有并联 **IGBT** 模块之间必须使用低电感连接（使  $Ls4$  较小）。此外，最大限度地降低杂散电感  $Ls1$ 、 $Ls2$  和  $Ls3$ ，这样有利于减小关断时的集电极-发射极过压。

## 应用指南

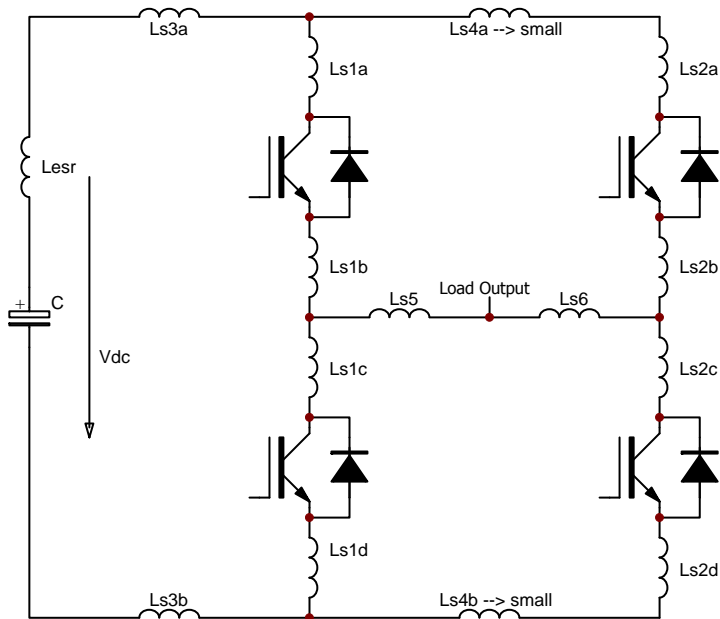


图 3: 存在杂散电感的半桥拓扑

在任何情况下，都建议测量所有并联的 IGBT 模块的集电极-发射极电压以及集电极电流，以验证其对称性。

## 法律免责声明

本应用指南对产品做了详细介绍，但不能承诺提供具体的参数。对于产品的交付、性能或适用性，本文不提供任何明示或暗示的担保或保证。

CT-Concept Technologie AG 保留随时修改技术数据及产品规格，且不提前通知的权利。适用 CT-Concept Technologie AG 的一般交付条款和条件。

## 生产厂商

CT-Concept Technologie AG  
Power Integrations旗下子公司  
Renferstrasse 15  
CH-2504 Biel-Bienne  
Switzerland (瑞士)

电话           +41 - 32 - 344 47 47  
传真           +41 - 32 - 344 47 40

电子邮件   [Info@IGBT-Driver.com](mailto:Info@IGBT-Driver.com)  
网站       [www.IGBT-Driver.com](http://www.IGBT-Driver.com)

中文技术支持:  
瑞士CT-Concept Technologie Ltd. 深圳代表处

400电话     +86 - 400 - 0755- 669  
技术支持邮件   [Support.China@IGBT-Driver.com](mailto:Support.China@IGBT-Driver.com)

© 2009...2010 CT-Concept Technologie AG - Switzerland.  
我们保留在不作预先通知的情况下作任何技术改动的权利。

版权所有。  
2010-01-21 版