

## 应用说明

日期: 2003-04-08

第 1 页 (共 1 页)

AN 编号: AN2003-03

## IGBT<sup>3</sup> 模块的 开关特性和最佳驱动

### 1. 芯片技术

第三代 IGBT 芯片 (IGBT<sup>3</sup>) 具有沟槽结构, 并在 NPT 结构中新增了 n-掺杂层, 即所谓的场中止 (FS) 层, 这样结合了 PT 和 NPT 技术的优势。

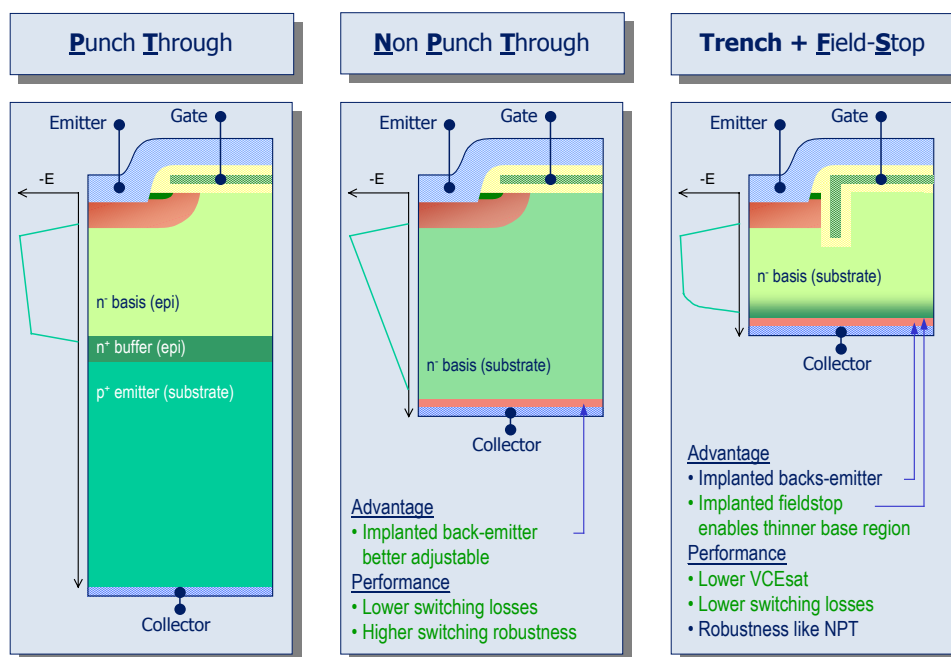


图 1.1. 芯片技术

该技术可使静态和动态损耗减至最小, 加上 IGBT<sup>3</sup> 具有更高电流密度, 它还可扩展系列产品的功率范围。

## 开关特性和最佳驱动

日期: 2003-04-08

第 2 页 (共 2 页)

AN 编号: AN2003-03

## 2. 开关特性

## 2.1. 开关特性

在开通过程中, 电压上升率 ( $-dv/dt$ ) 和电流上升率 ( $di/dt$ ) 可以通过变更栅极电阻进行控制, 这一特性在使用第二代 IGBT 时已很熟悉了。两种开关瞬态过程均随着栅极电阻的增加而变长。

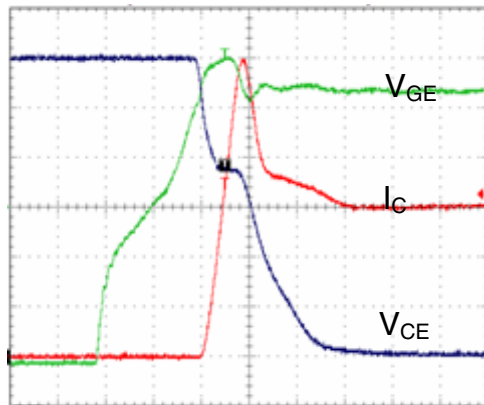


图 2.1.1 标称栅极电阻下 (数据手册中规定的最小栅极电阻) 的开启过程

$V_{CE} = 1200V$  ( $dv/dt=0.9kV/\mu s$ )

$I_C = 1200A$  ( $di/dt=6.4kA/\mu s$ )

$V_{GE} = \pm 15V$  ( $I_{Cpeak} = 2.4kA$ )

$E_{on} = 816mWs$

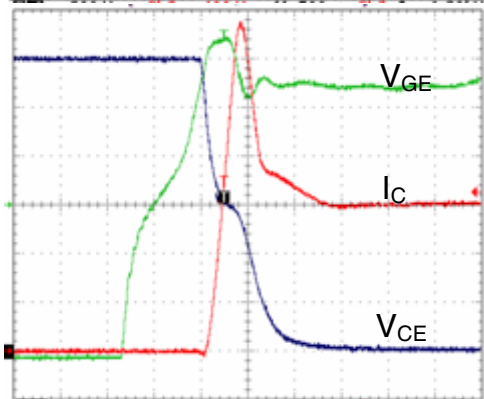


图 2.1.2 低值栅极电阻下 (比数据手册中规定的最小栅极电阻小) 的开启过程  
(不推荐)

$V_{CE} = 1200V$  ( $dv/dt=1.4kV/\mu s$ )

$I_C = 1200A$  ( $di/dt=8.7kA/\mu s$ )

$V_{GE} = \pm 15V$  ( $I_{Cpeak} = 2.7kA$ )

$E_{on} = 544mWs$

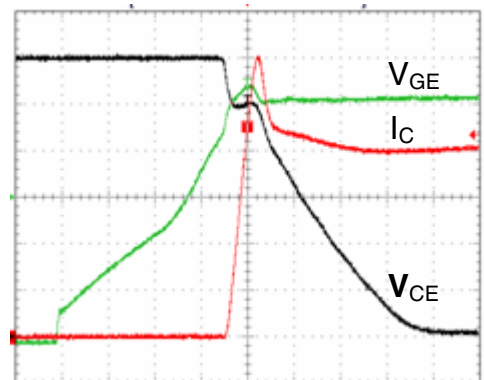


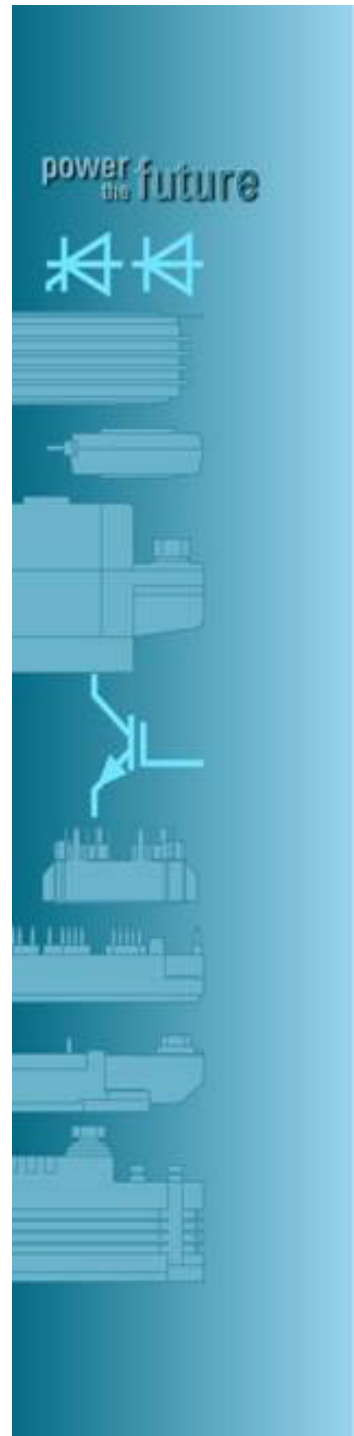
图 2.1.3 大栅极电阻下 (比数据手册中规定的最大栅极电阻) 的开启过程

$V_{CE} = 1200V$  ( $dv/dt=0.3kV/\mu s$ )

$I_C = 1200A$  ( $di/dt=3kA/\mu s$ )

$V_{GE} = \pm 15V$  ( $I_{Cpeak} = 1.81kA$ )

$E_{on} = 2558mWs$



## 开关特性和最佳驱动

日期: 2003-04-08

第 3 页 (共 3 页)

AN 编号: AN2003-03

## 2.2 关断特性

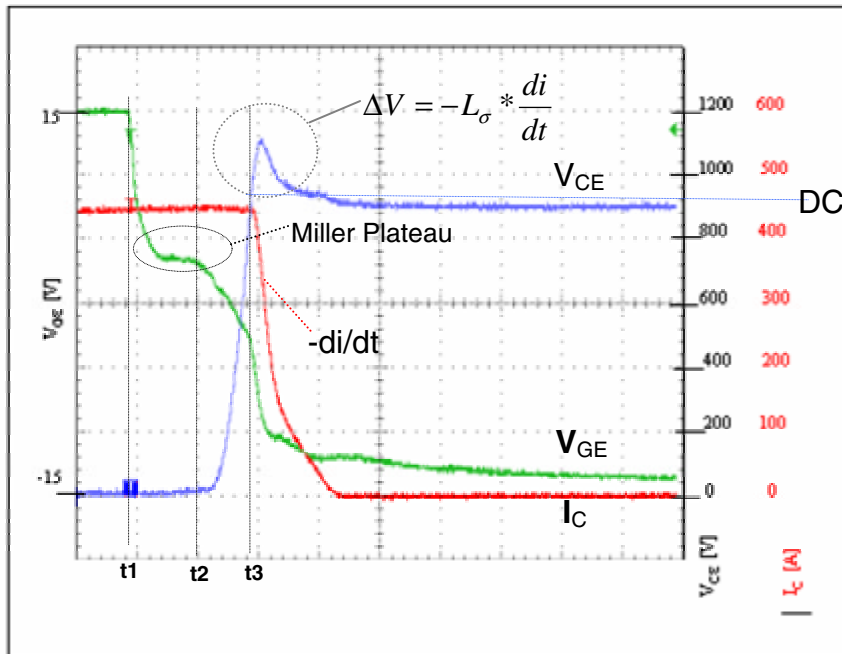
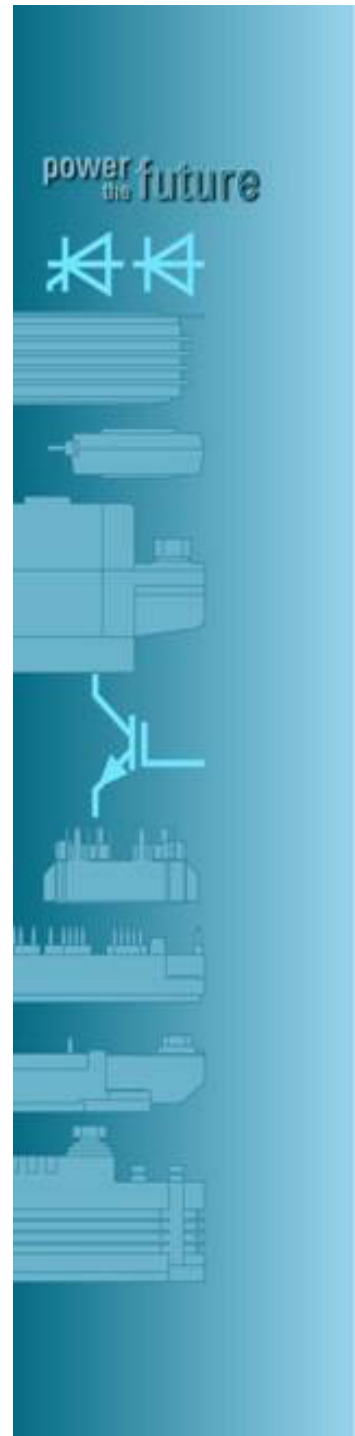


图 2.2.3 用标称栅极电阻的 1700V IGBT<sup>3</sup> 的关断响应。显示  $V_{GE}$ 、 $I_C$  和  $V_{CE}$ 。

关断过程从栅极电压的  $t_1$  点开始。当此电压下降至 Miller 稳定状态平台（反向传输电容  $C_{res}$  的放电）时，IGBT<sup>3</sup> 开始建立反向电压 ( $t_2$ )， $(dv/dt)$  可以通过栅极电阻控制，即栅极电阻增加， $dv/dt$  会降低。但是，当栅极电压在 IGBT 电流下降前跌至 Miller 稳定状态平台以下时（参见图 2.2.1 和 2.2.2），栅极电阻便不再控制电流变化率 ( $-di/dt$ )。这是在使用接近标称栅极电阻时出现的情况。只有在较大的栅极电阻区域，栅极电压能维持在 Miller 稳定状态平台到电流换相时，电流变化率才能控制。电感负载时，只要 IGBT 中的反向电压达到 [直流回路的电压时](#)，( $t_3$ )，电流就会通过相关的续流二极管换流。

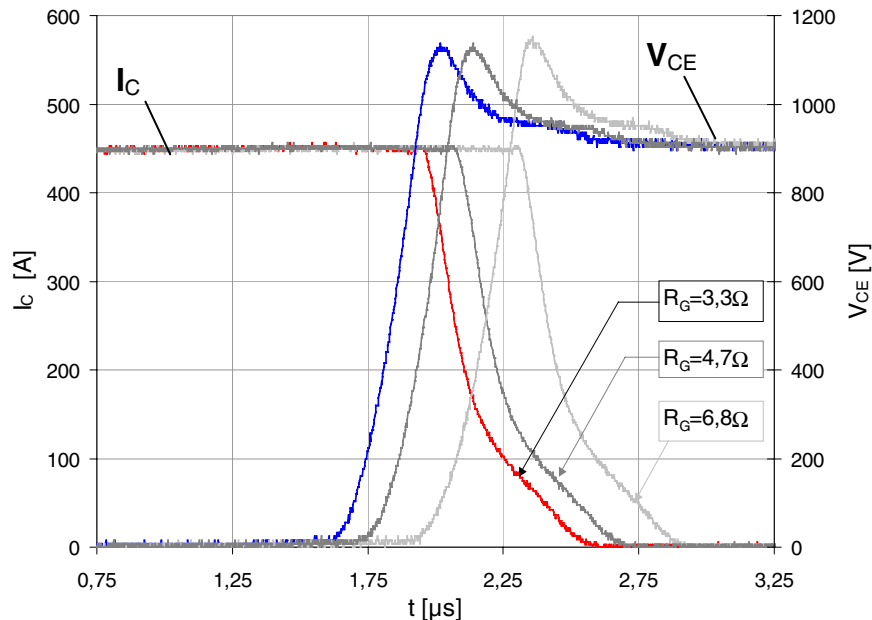
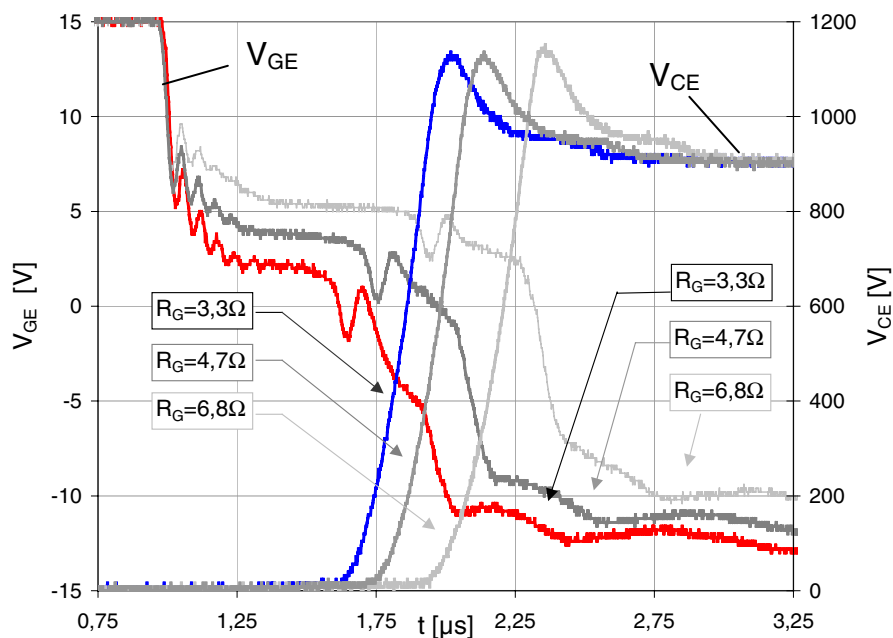


## 开关特性和最佳驱动

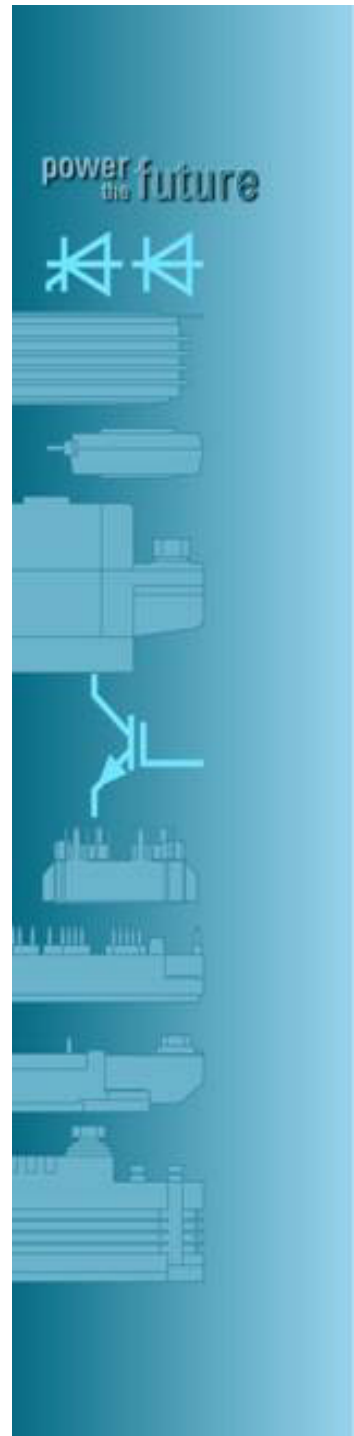
日期: 2003-04-08

第 4 页 (共 4 页)

AN 编号: AN2003-03

图 2.2.1 不同栅极电阻下 1700V IGBT<sup>3</sup> 的关断响应。显示  $I_c$  和  $V_{CE}$ 。图 2.2.2 不同栅极电阻下的 1700V IGBT<sup>3</sup> 的关断响应。显示  $V_{GE}$  和  $V_{CE}$ 。

Miller 稳定状态平台的位置由模块的外部栅极电阻（数据手册值）与内部栅极电阻值的比率确定。



## 开关特性和最佳驱动

日期: 2003-04-08

第 5 页 (共 5 页)

AN 编号: AN2003-03

## 2.3. IGBT 关断时过电压的限制

由于直流回路和 IGBT 模块的内部的存在寄生电感 ( $L_{\sigma}$ ), 电流变化率会在 IGBT 关断时产生过电压 ( $\Delta V$ ):

$$\Delta V = -L_{\sigma} * \frac{di}{dt}$$

在关断时 IGBT 模块中的过电压必须始终限制在模块的最大反向电压。

要确保控制 IGBT<sup>3</sup>可以在关断过程中受控以限制过电压, 栅电压此时必须在 Miller 稳定状态平台, 不得已经低于它。这可通过电容将集电极电压反馈至栅极。例如:

在足够高的 ( $dv/dt$ )时, ( $dv/dt$ ) 通过  $C_{zd}$  耦合入驱动器。栅极电压上升至 Miller 稳定状态平台或保持在稳定状态平台。栅极电压必须在 IGBT 的反向电压达到直流回路电压 (电流开始下降) 之前达到 Miller 稳定状态平台。

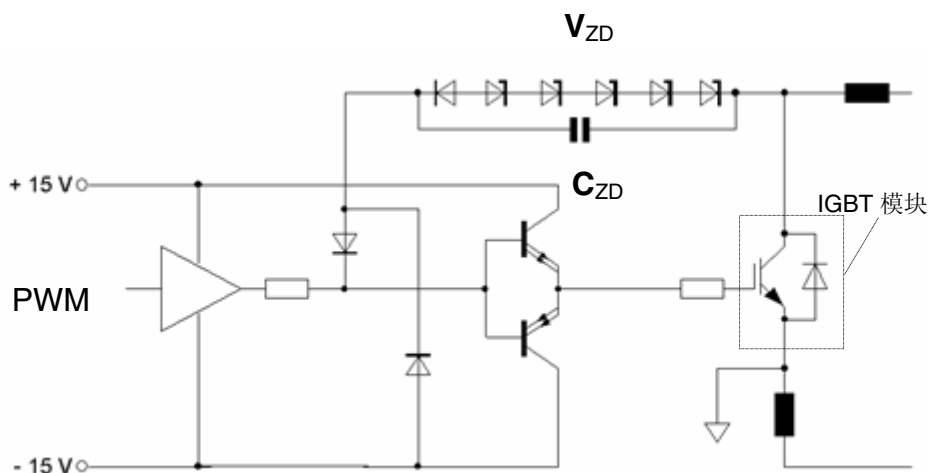
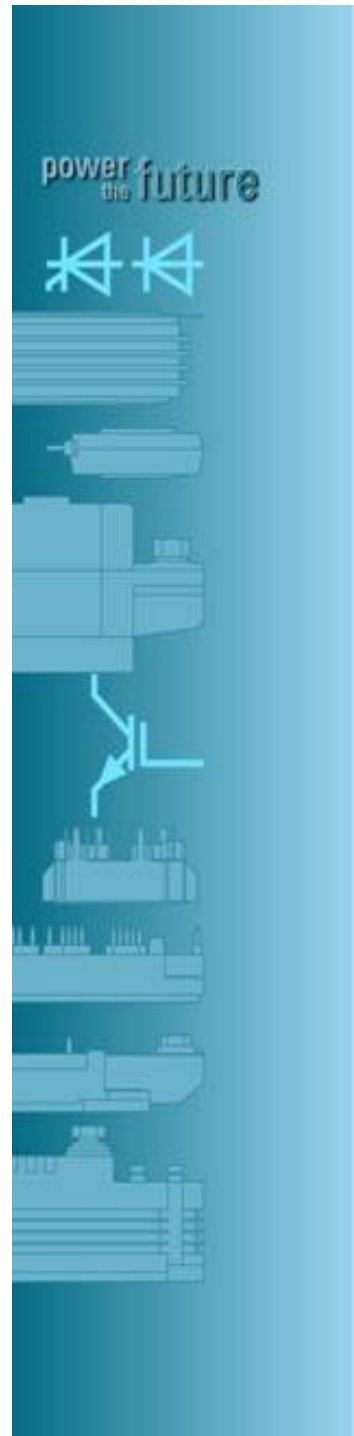


图 2.3.1 电容反馈的基本电路图



## 开关特性和最佳驱动

日期：2003-04-08

第 6 页（共 6 页）

AN 编号：AN2003-03

图 2.3.2 显示电路的有效性。

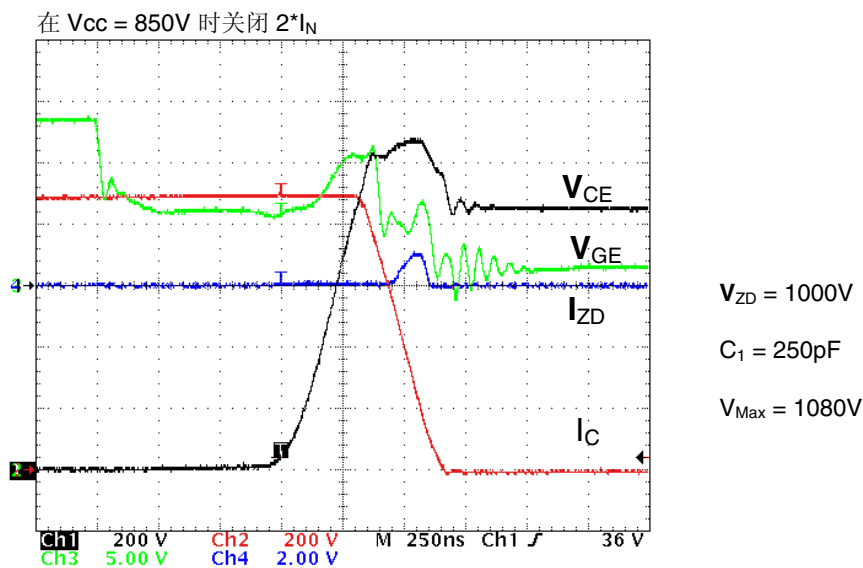


图 2.3.2 电容反馈的基本电路的工作，示意性模式

用如果选用合适的参数，这种方式关断损耗不会显著增加，而且，由于降低了电压峰值，甚至可能通过优化得到降低。元件值必须根据特定应用的需求选取并优化。

IGBT<sup>3</sup> 可用标准的栅极驱动电路驱动。如果需要，可以通过上述说明增加电容反馈，从而获得低正向电压和开关损耗。

eupec 的 IGBT 2ED300C17-S 双路驱动器可以实现这些功能。它是 **EiceDRIVER™** 驱动器系列 (**eupec IGBT controlled efficiency DRIVER**) 的成员。有关该驱动器的更多信息可从相关的数据手册中获得。

