

关于IGBT驱动的几个基本问题

<http://www.cnigt.com>



Never stop thinking

■ 门极电压

- 开通电压：对饱和电压和短路电流的影响
- 关断电压：对关断和损耗的影响

■ 门极电阻

- 对开关能耗和开关特性的影响
- 选择和配置的注意事项

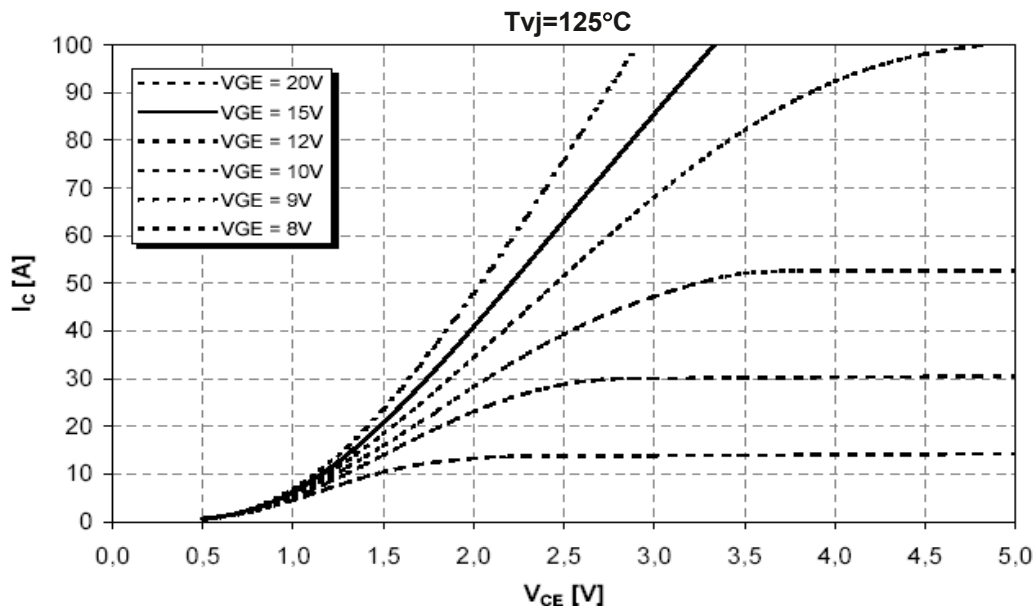
■ 驱动与保护

- 线路设计的几个原则
- 门极箝位，有源米勒箝位 (Active Miller Clamping)
- 有源箝位 (Active Clamping) ，动态电压上升控制 (DVRC)
- 短路保护：Vce检测，软关断，两电平关断

■ 对目前驱动器产品的评价（仅供参考）

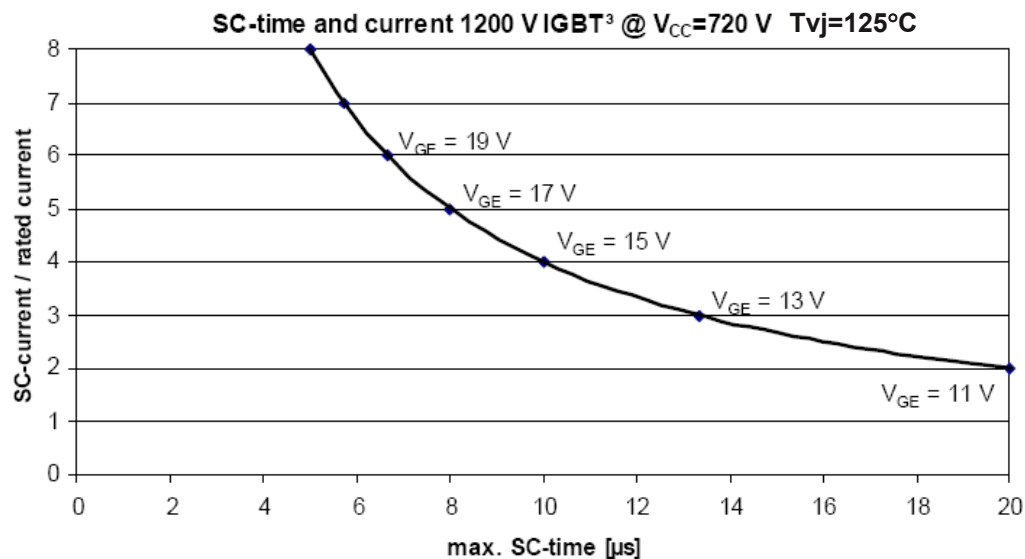
门极电压：开通电压+V_{ge}

对饱和电压的影响
V_{ge}↑, V_{cesat}↓



注意: V_{ge}规格-最大允许值±20V

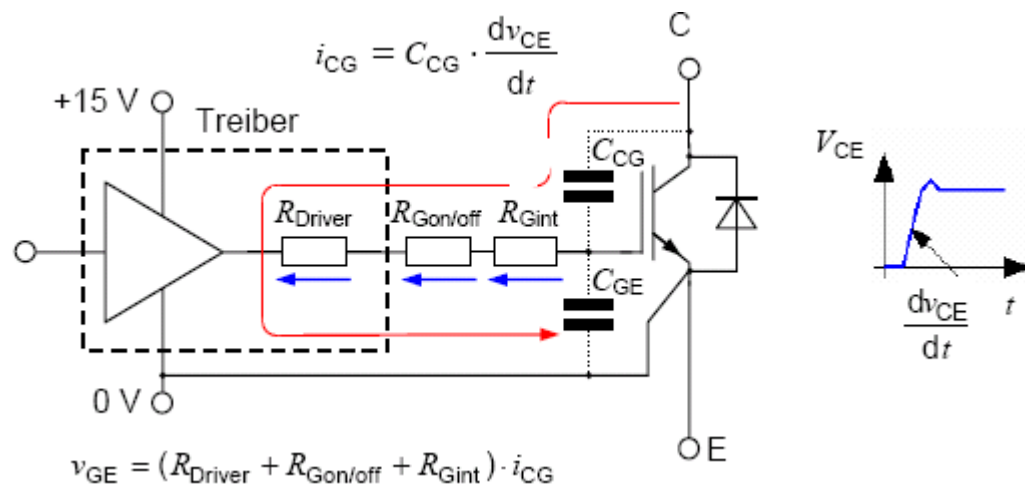
对短路电流的影响
V_{ge}↑, I_{sc}↑ (t_{sc}↓)



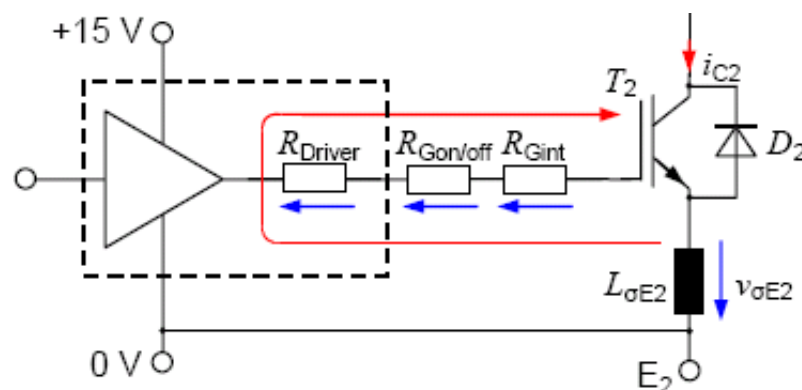
门极电压：关断电压 $-V_{ge}$ 或 $0V$

- 用 $-V_{ge}$ ($-5V \dots -15V$)使IGBT关断更可靠，有利于防止误开通。
- 用 $0V$ 关断，可考虑采用有源米勒箝位使关断更可靠（见后页“驱动与保护”）。
- 用 $0V \dots +15V$ 开关时，门极电荷较小（以 $600V$ IGBT3为例， Q_g 为 $-15V \dots +15V$ 时的40%），门极驱动电流较小。
- 用 $0V$ 关断时， t_{off} 和 E_{off} 较大（以 $600V$ IGBT3为例： t_{off} 为 $-15V$ 时的2-3倍， E_{off} 比 $-15V$ 时增加约10%）。

注意： V_{ge} 规格-最大允许值 $\pm 20V$



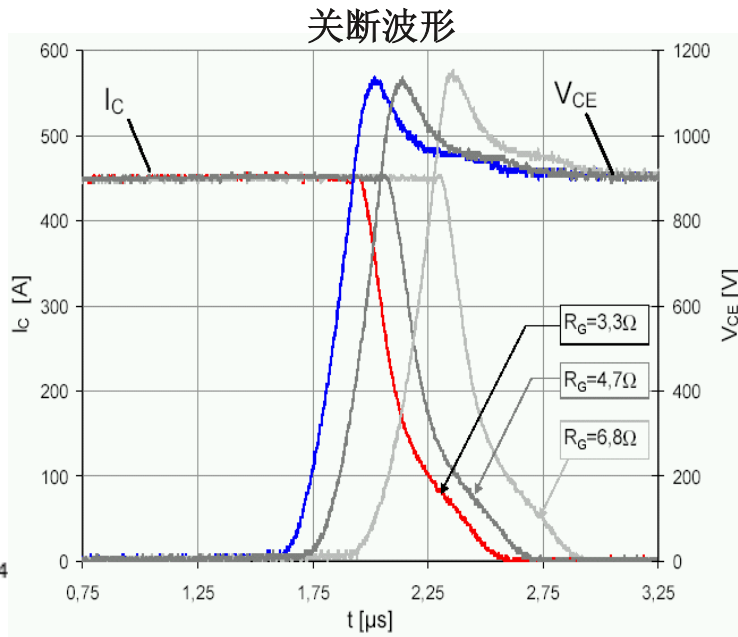
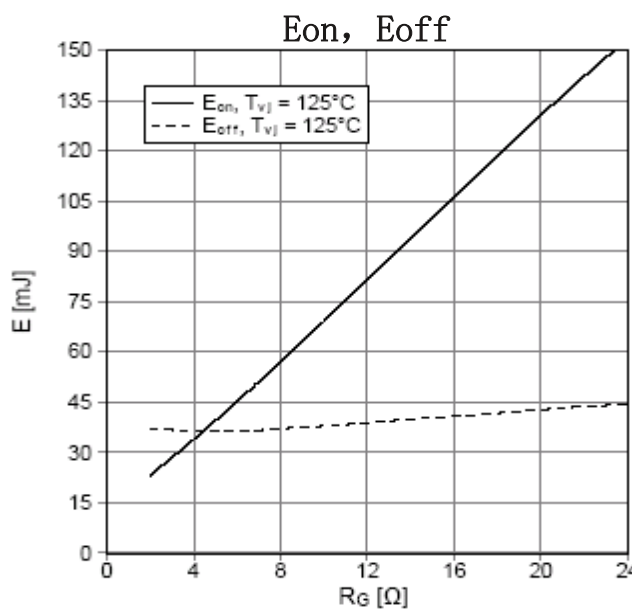
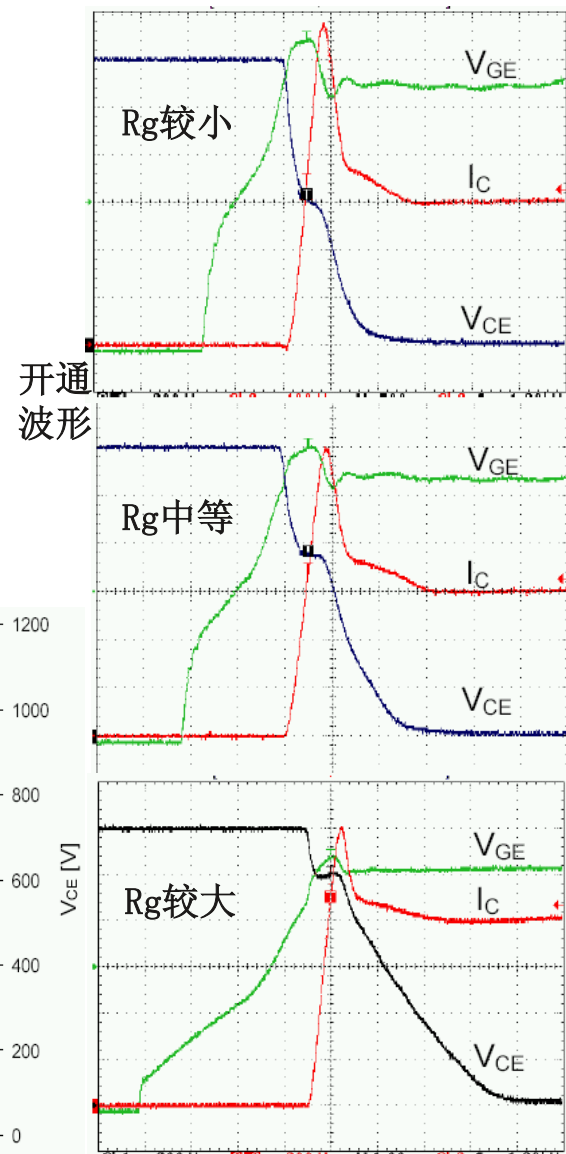
米勒电容对门极的影响（半桥中另一IGBT开通时）



寄生电感对门极的影响（半桥中另一IGBT开通时）

门极电阻

- R_g 对开通影响大，表现在以下几个方面：
 - 开通能耗 (E_{on})
 - IGBT的电流尖峰（续流二极管的反向恢复电流）
 - dv/dt
- R_g 对关断影响不明显，表现在以下几个方面：
 - 关断能耗 (E_{off})
 - di/dt （主要由芯片技术决定， R_g 很大时才有影响）
 - dv/dt
- R_g 对开通和关断延时都有影响



- R_g下限：规格书中的测试条件
- R_g上限：IGBT损耗/发热，死区时间

- 功率计算（假设驱动功耗都消耗在R_g上）：

$$P_g = \Delta V_{ge} \times Q_g \times f_{sw} \times 2$$

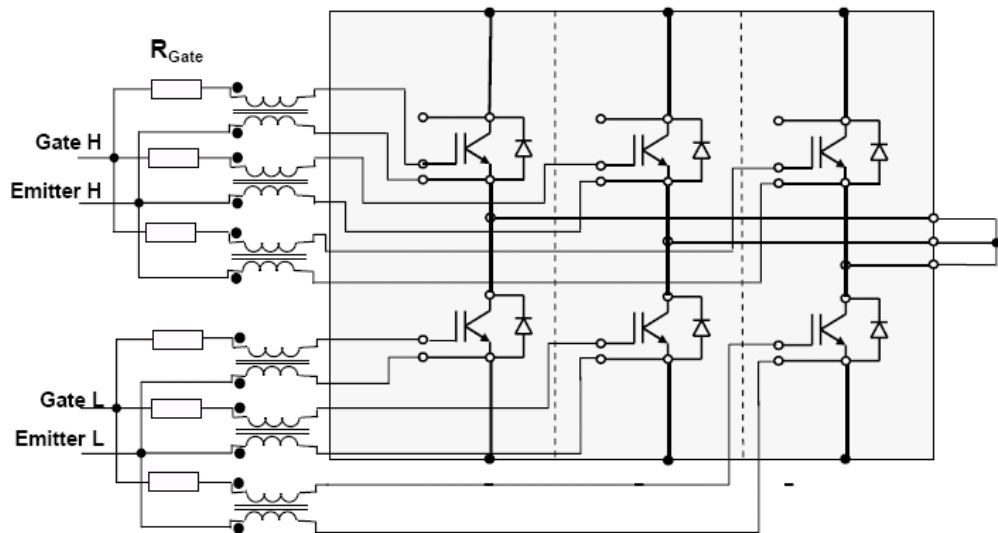
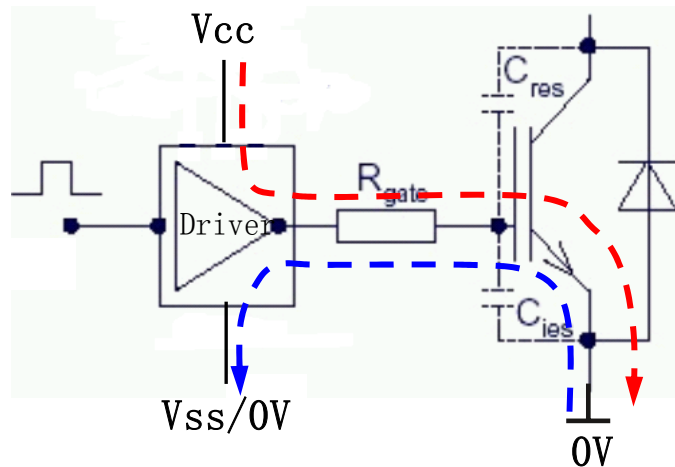
其中： $\Delta V_{ge} = V_{cc} - V_{ss}$

$$Q_g = \Delta V_{ge} / 30 \times Q_G$$

Q_G：见规格书（-15V...+15V）

f_{sw}：开关频率

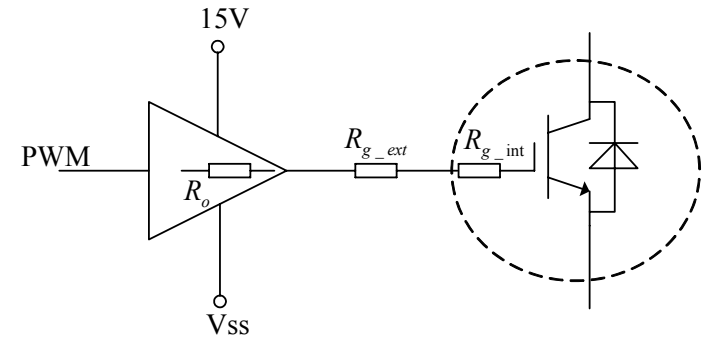
- IGBT并联时，建议每个IGBT一个R_g（共用一个驱动器），以减小IGBT内置门极电阻值误差对开关一致性的影响。



Rg选择方式（仅供参考）

- 首先确定驱动器型号，以获取驱动器输出峰值电流。

注意：规格书中的参数是基于较理想驱动器的测试结果（驱动器输出等效电阻可近似为0），且驱动电压为-15V...+15V。



- 选择方式一：考虑驱动器输出能力（假设输出峰值电流为输出“短路”电流）

$$\frac{15 - V_{SS}}{R_o + R_{g_ext} + R_{g_int}} \leq I_{o\max} = \frac{15}{R_o} \quad \Rightarrow \quad R_{g_ext} \geq \frac{-V_{SS}}{I_{o\max}} - R_{g_int}$$

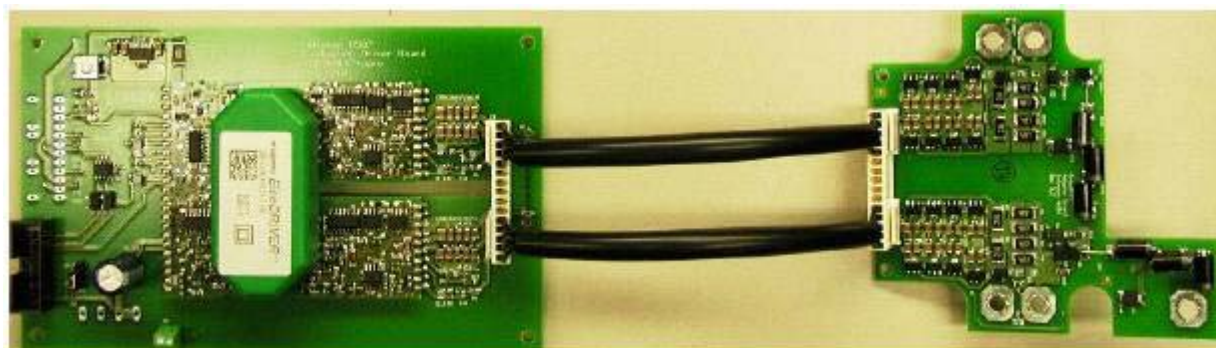
- 选择方式二：考虑下限，即对IGBT和续流二极管的冲击

$$\frac{15 - V_{SS}}{R_o + R_{g_ext} + R_{g_int}} \leq \frac{15 - (-15)}{R_{g_datasheet} + R_{g_int}} \quad \Rightarrow \quad R_{g_ext} \geq \frac{(15 - V_{SS}) \times (R_{g_datasheet} + R_{g_int})}{30} - R_{g_int} - R_o$$

- 如有可能，确定所选Rg值是否满足驱动器温度要求。
- 通过测试最终确定合适的Rg值。

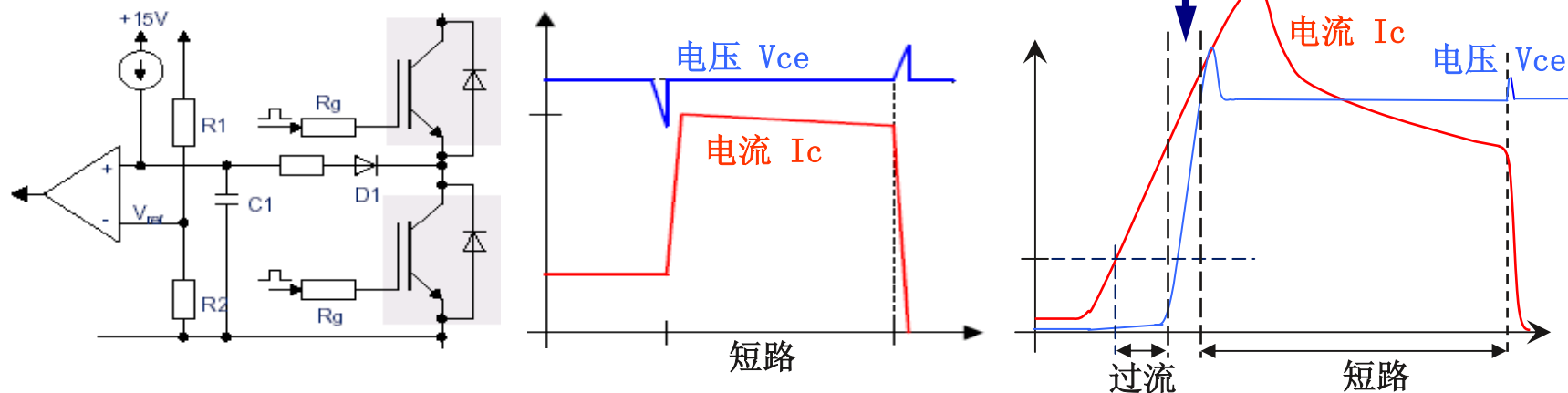
线路设计和布局的几个原则:

- 驱动电路与IGBT门极的距离越短越好
- 驱动电路与IGBT模块必须用导线连接时，导线越粗越好（双绞线）
- IGBT的G和E之间必须跨接电阻（10K Ω 左右）
- RGE和门极箝位元件尽可能直接放置在IGBT模块上
- 优化驱动电路在PCB上的布局



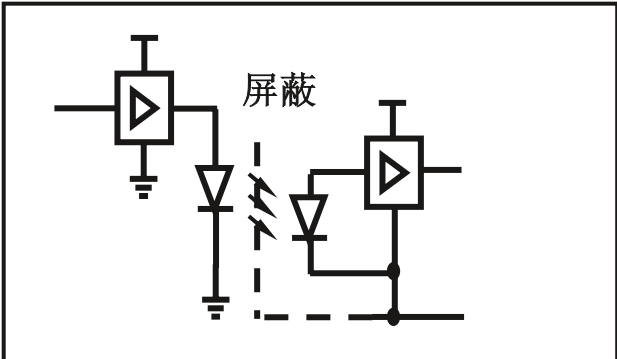
■ Vce检测:

- 适用于直通短路等“硬”短路（低寄生电感回路）的保护
- 不适合用于过流保护
- 注意De-sat二极管的选择
- 消隐电容的选择受电流源误差影响



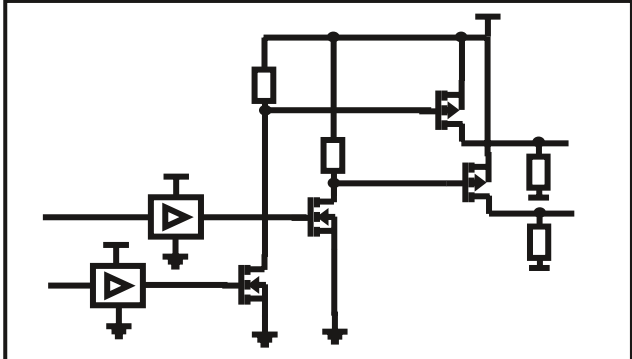
- 软关断：在检测到短路后，驱动器输出较高阻抗，等效于很大的门极电阻值，限制di/dt和电压尖峰。
- 两电平关断：在检测到短路后，驱动器迫使门极电压下降到第二电平（如9V-11V），以降低短路电流，延长IGBT的短路允许承受时间。

驱动器产品：目前所用技术



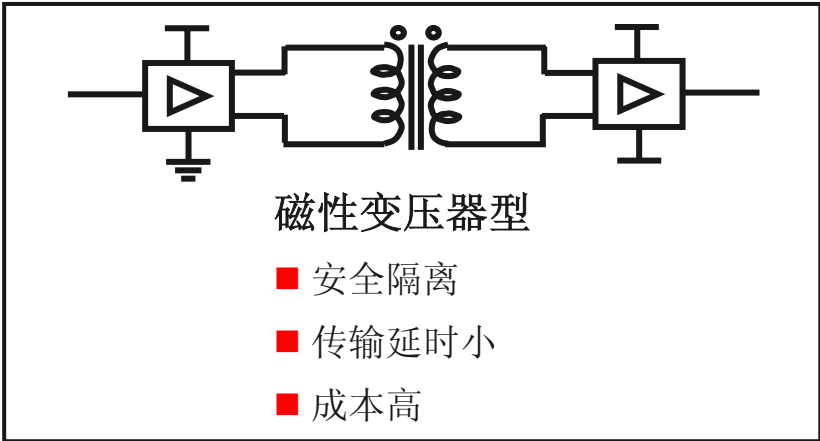
光耦隔离型

- 基本/安全隔离
- 传输延时大，成本高
- CTR随使用时间增加而降低



电平移位型 (Level Shift)

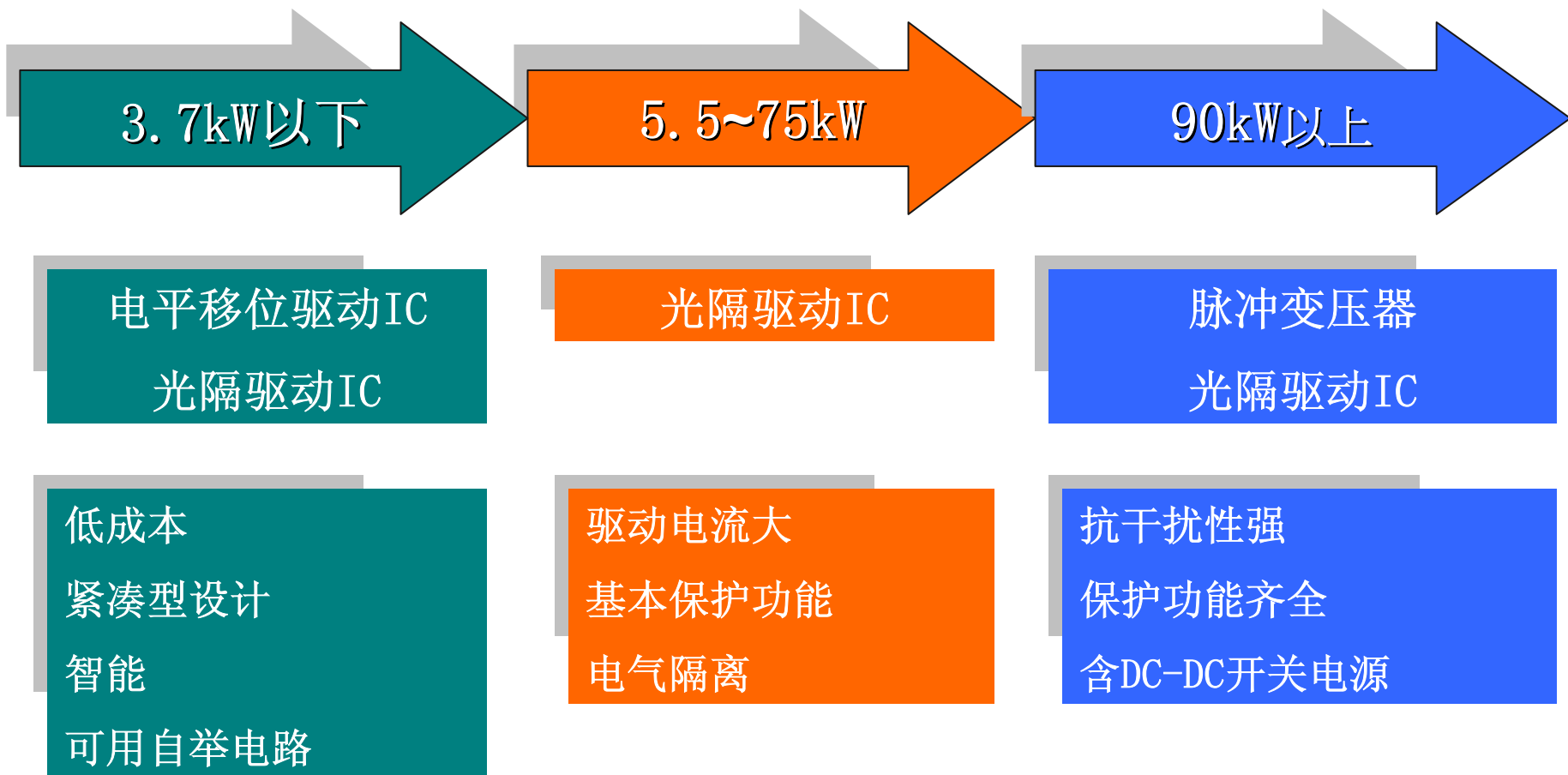
- 无隔离的热地连接
- 传输延时小
- 需加光耦才能实现基本隔离



磁性变压器型

- 安全隔离
- 传输延时小
- 成本高

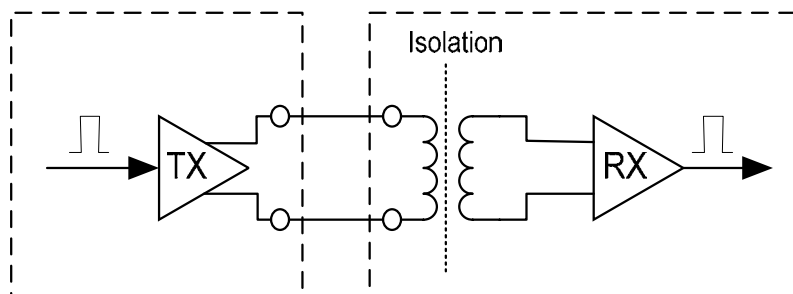
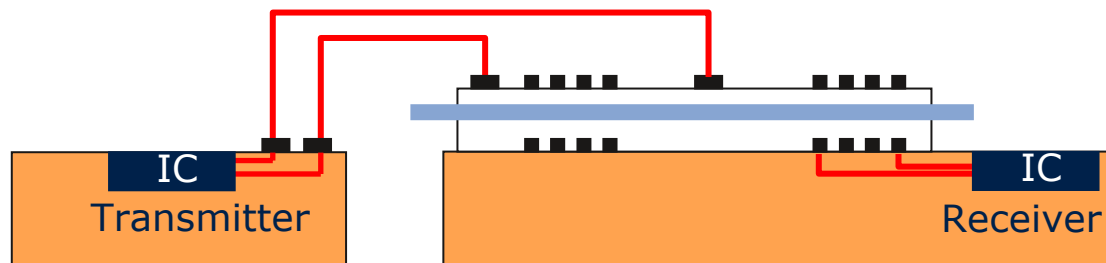
目前变频器用驱动方案（仅供参考）



Coreless Transformer (CLT) 无磁芯变压器技术



<http://www.cnigt.com>



即将面世的新驱动IC:
1ED020I12-F/FA

CLT技术的优点

- 基本/安全隔离
- 极快的信号传输速度
- 非常短的延迟匹配时间
- 性能不随使用时间增加而降低
- 高可靠性
- 高温工作范围
- 低功耗



We commit.
We innovate.
We partner.
We create value.

