

# 关于IGBT驱动的几个基本问题



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

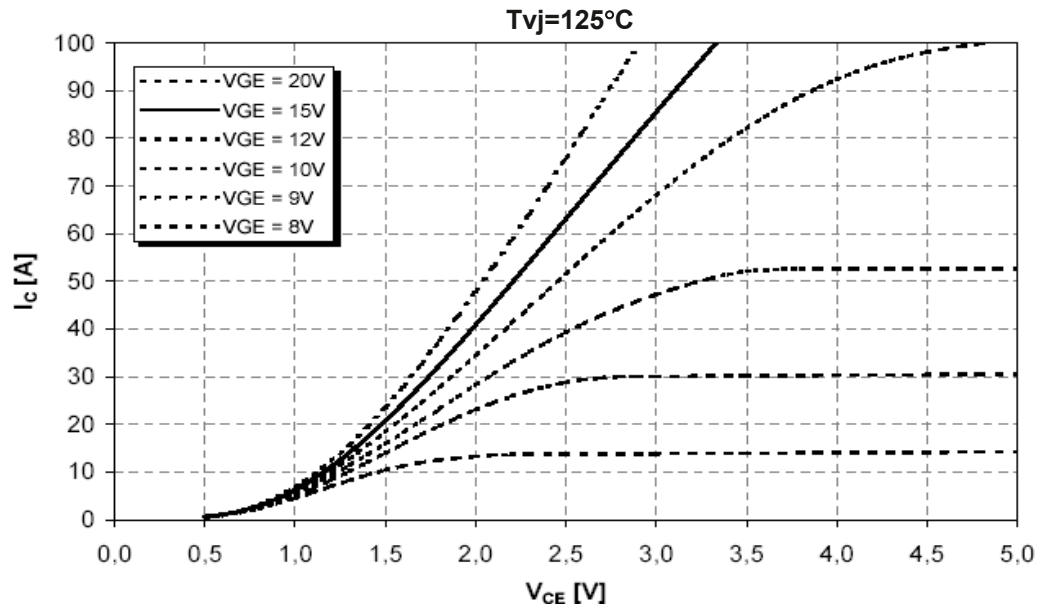
- 线路设计的几个原则
- 门极箝位，有源米勒箝位 (Active Miller Clamping)
- 有源箝位 (Active Clamping) ，动态电压上升控制 (DVRC)
- 短路保护：Vce检测，软关断，两电平关断

## ■ 对目前驱动器产品的评价（仅供参考）

# 门极电压：开通电压+V<sub>ge</sub>

对饱和电压的影响

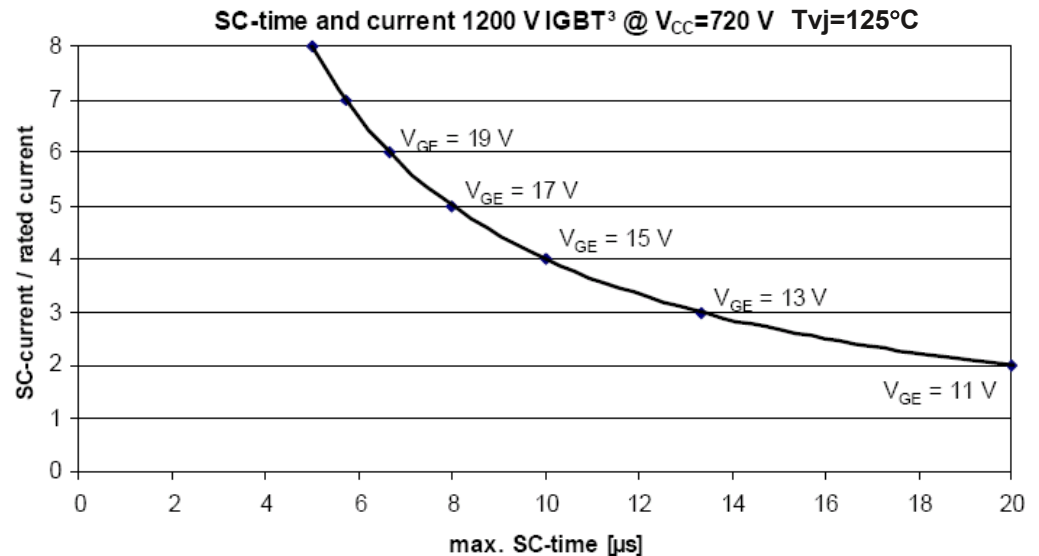
V<sub>ge</sub>↑, V<sub>cesat</sub>↓



注意：V<sub>ge</sub>规格-最大允许值±20V

对短路电流的影响

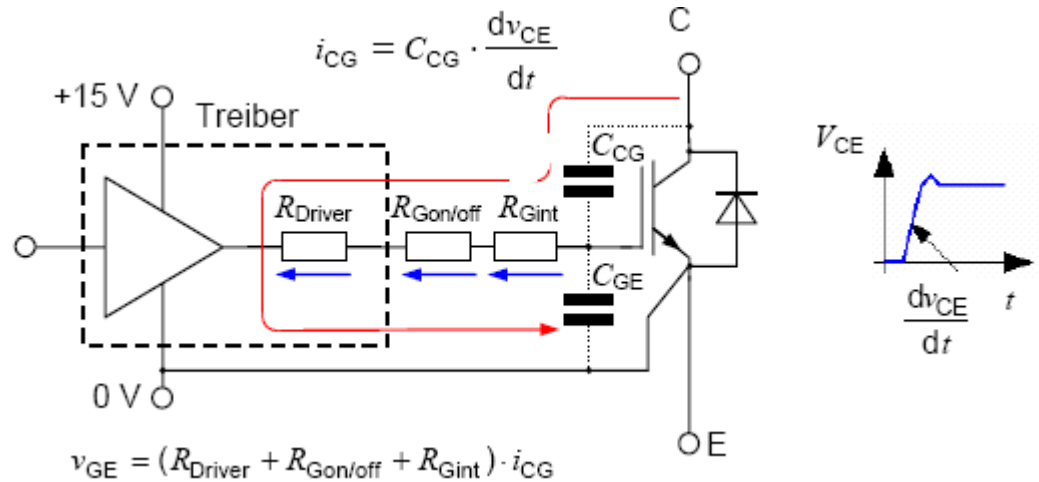
V<sub>ge</sub>↑, I<sub>sc</sub>↑ (t<sub>sc</sub>↓)



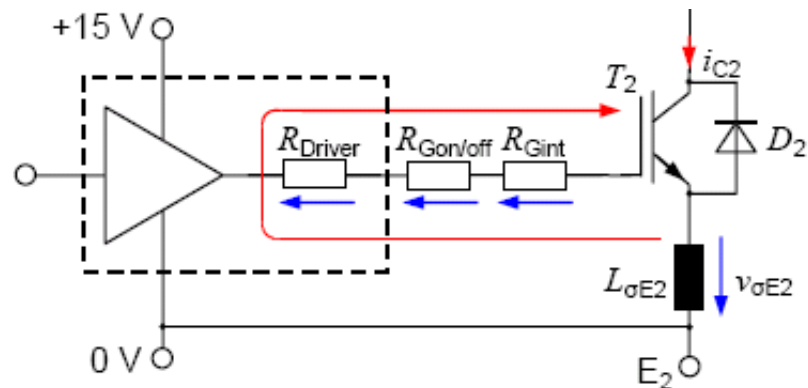
# 门极电压：关断电压 $-V_{ge}$ 或 $0V$

- 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 $\pm 20V$



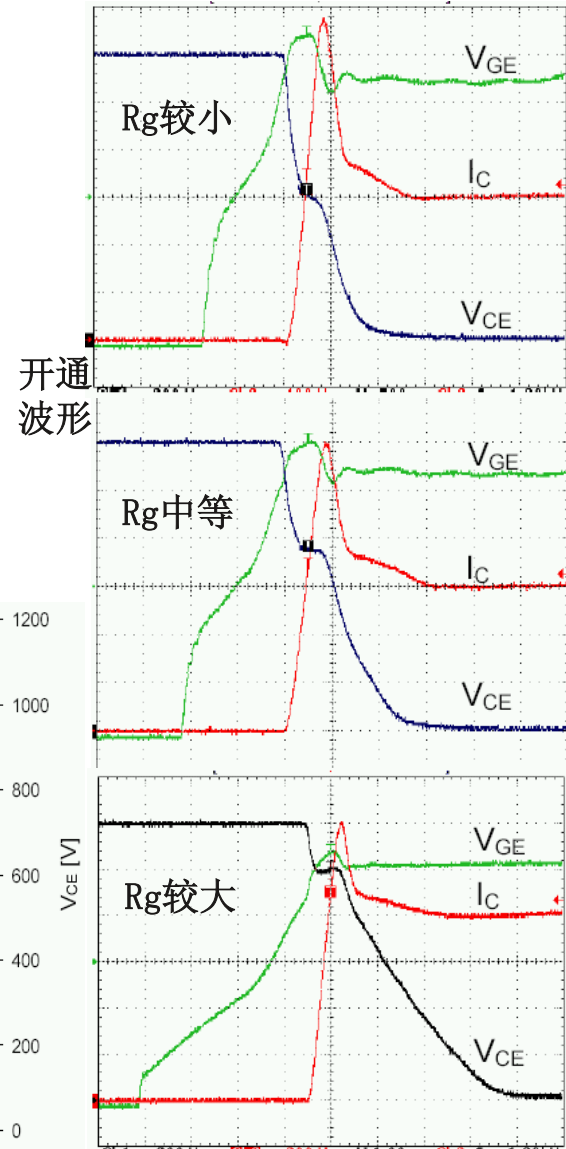
米勒电容对门极的影响（半桥中另一IGBT开通时）



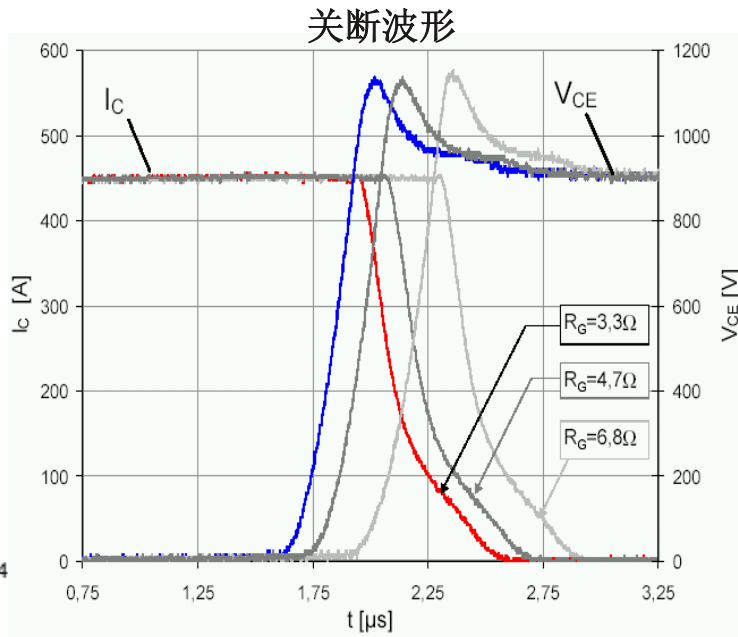
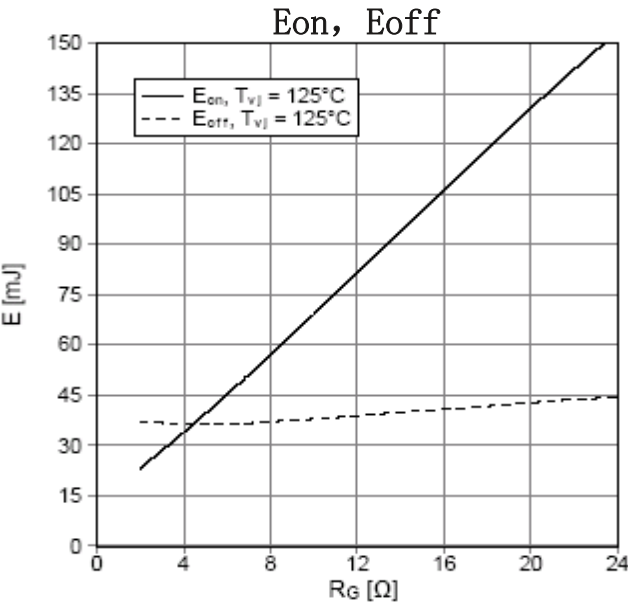
寄生电感对门极的影响（半桥中另一IGBT开通时）

# 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



开通  
波形

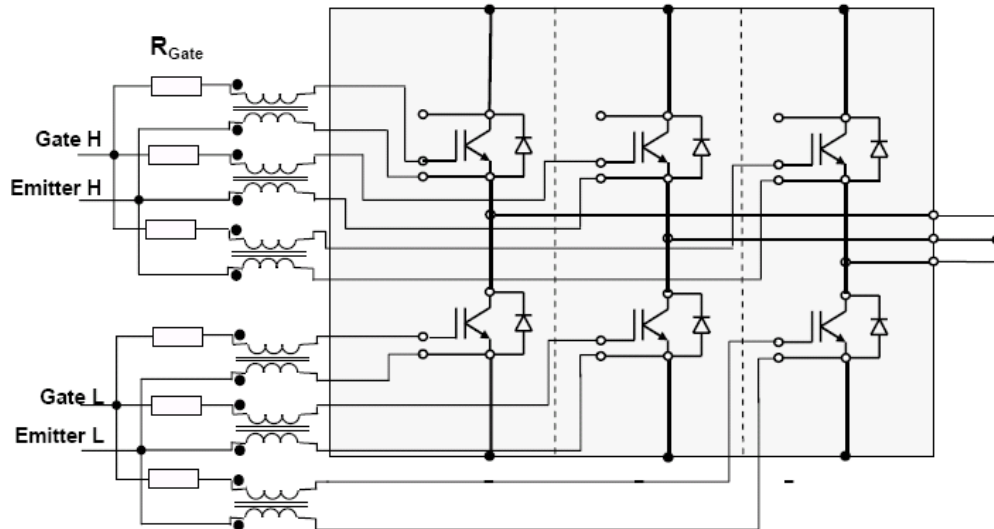
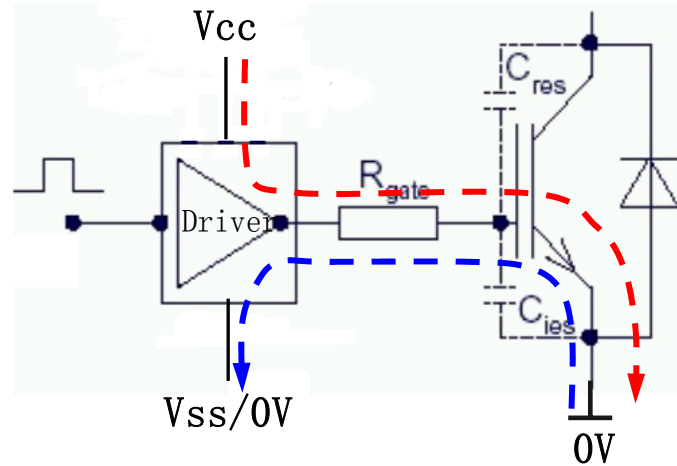


# 门极电阻

- R<sub>g</sub>下限：规格书中的测试条件
- R<sub>g</sub>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<sub>g</sub>上）：  

$$P_g = \Delta V_{ge} \times Q_g \times f_{sw} \times 2$$
 其中： $\Delta V_{ge} = V_{cc} - V_{ss}$   

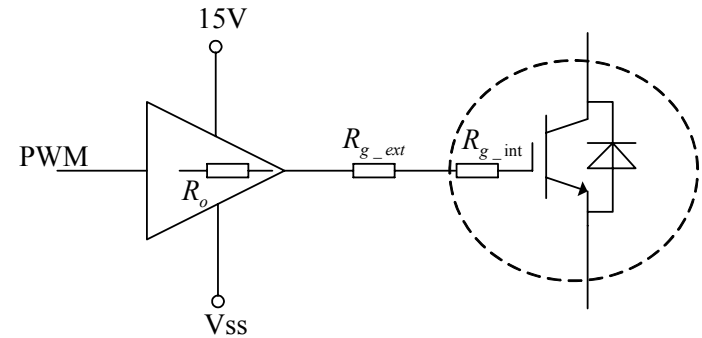
$$Q_g = \Delta V_{ge} / 30 \times Q_G$$
 Q<sub>G</sub>：见规格书（-15V...+15V）  
 f<sub>sw</sub>：开关频率
- IGBT并联时，建议每个IGBT一个R<sub>g</sub>（共用一个驱动器），以减小IGBT内置门极电阻值误差对开关一致性的影响。



## 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）

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

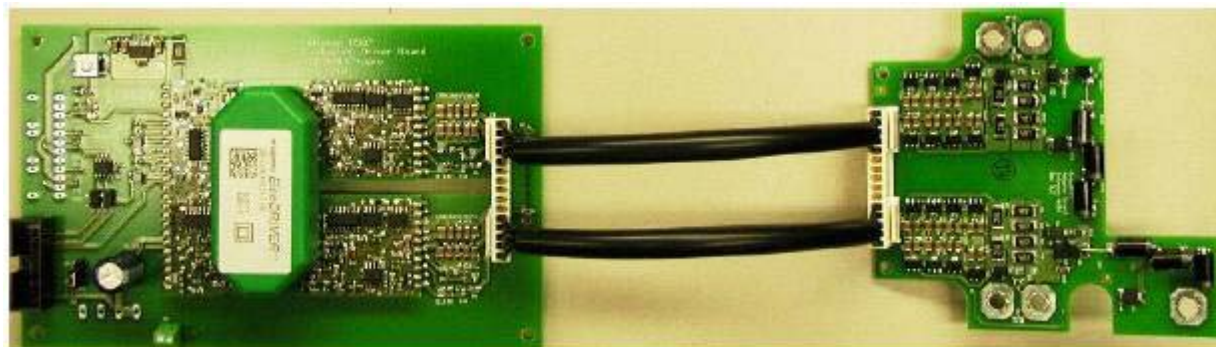
- 选择方式二：考虑下限，即对IGBT和续流二极管的冲击

$$\frac{15 - V_{SS}}{R_o + R_{g\_ext} + R_{g\_int}} \leq \frac{15 - (-15)}{R_{g\_datasheet} + R_{g\_int}} \quad \Rightarrow \quad R_{g\_ext} \geq \frac{(15 - V_{SS}) \times (R_{g\_datasheet} + R_{g\_int})}{30} - R_{g\_int} - R_o$$

- 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 $\Omega$ 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



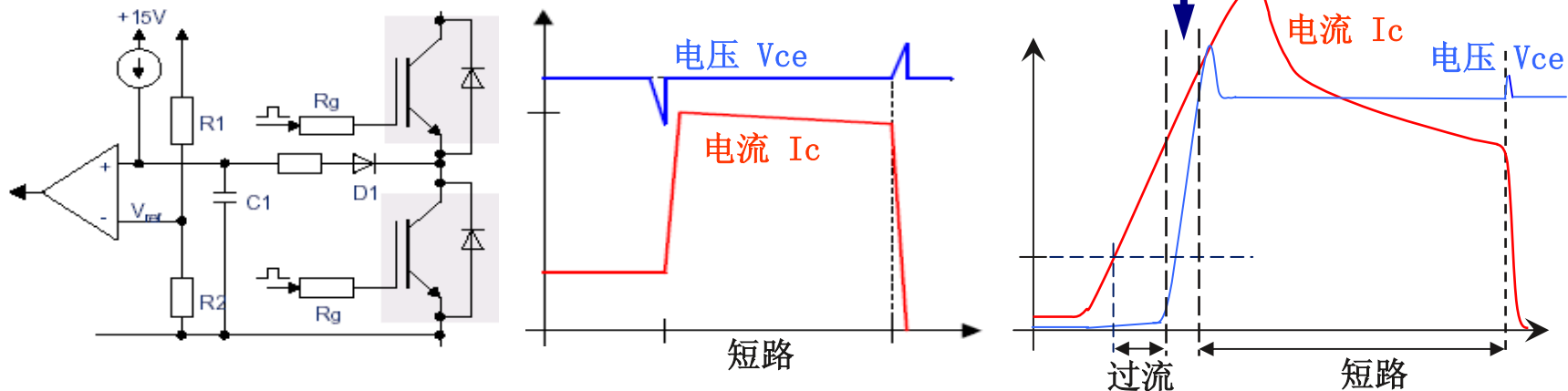




# 驱动与保护：短路保护

## ■ 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

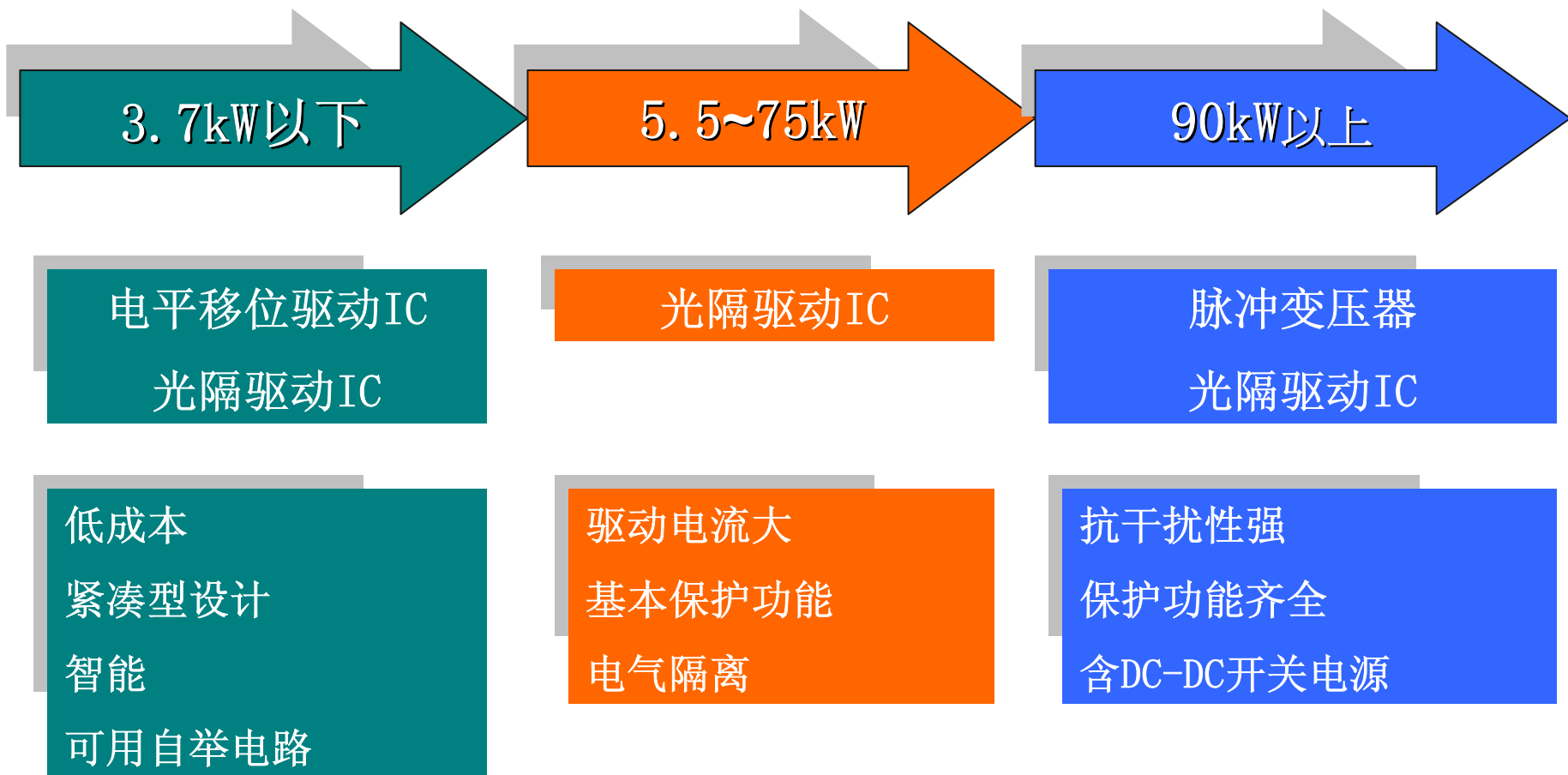
电平移位型 (Level Shift)

- 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

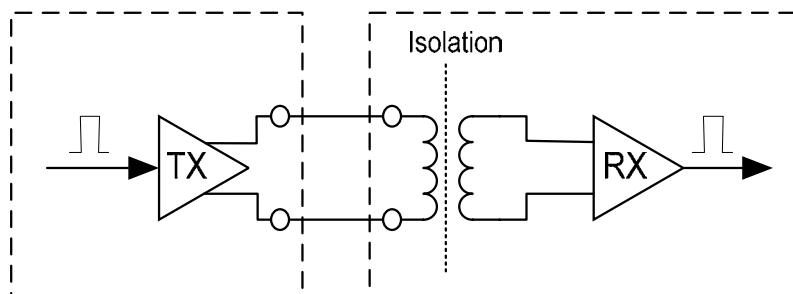
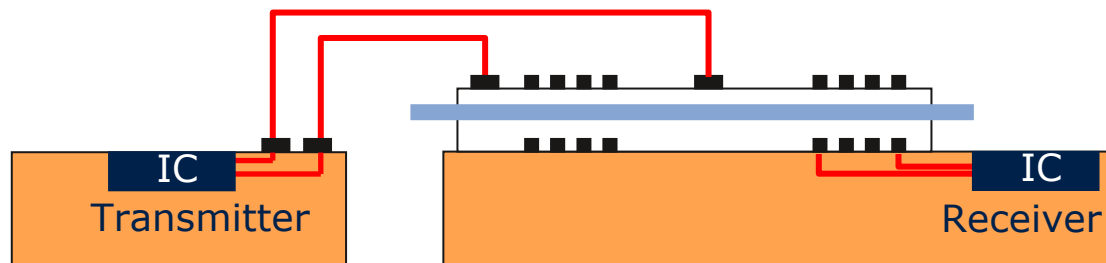
磁性变压器型

- 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



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.**



Never stop thinking