MA400E12/17 和 MA401E12/17 – 用于 IHM IGBT 模块的模块适配板

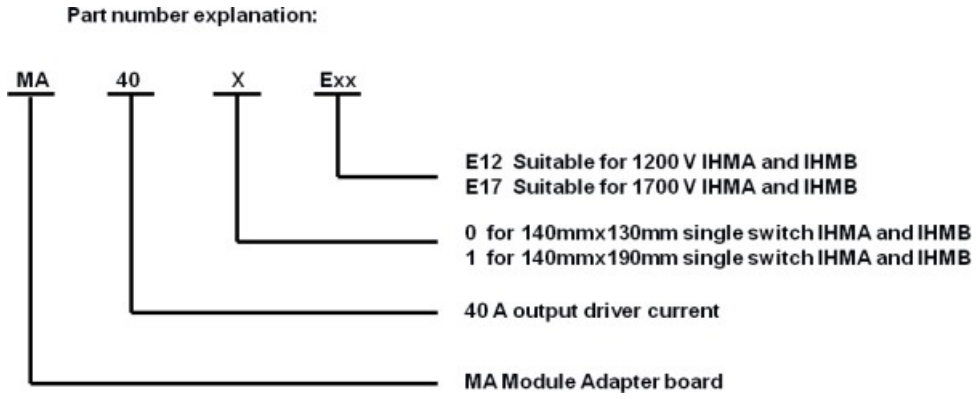
关于本文档

范围与目的

MA40xE12 和 MA40xE17 评估适配板专为驱动 1200 V 和 1700 V 单开关 IHM 模块而开发

目标读者

本文档面向电子系统的设计工程师、技术人员和开发人员。



本应用笔记的原文使用英文撰写。为方便起见，英飞凌提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，英飞凌不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

目录

目录

关于本文档 **1**

目录 **2**

1 引言 **3**

2 设计特性 **4**

2.1 主要特性 4

2.2 关键数据 5

2.3 机械尺寸和安装步骤 5

2.4 引脚分配 6

3 电气特性 **8**

3.1 板载功能 8

3.2 栅极电阻 8

3.3 栅极信号放大器 9

3.4 用于短路检测的 V_{CE} 监测 9

3.5 电流放大型有源钳位 10

3.6 最大开关频率 11

3.7 并联运行 13

4 原理图与布局 **14**

4.1 原理图 14

4.2 装配图 15

4.3 布局图 15

4.4 物料清单 – MA400E12_EVAL / MA401E12_EVAL 16

4.5 物料清单 – MA400E17 EVAL / MA401E17 EVAL 16

5 如何订购评估驱动板 **18**

修订记录 **19**

免责声明 **20**

引言

1 引言

MA40xE12 和 MA40xE17 评估适配板专为驱动 1200 V 和 1700 V 单开关 IHM 模块而开发，集成了有源电流放大器并附加短路保护功能，以确保 IGBT 的易用性和最佳工作性能。与 2ED300E17-SFO 评估适配板以及 2ED300C17-S 或 -ST EiceDRIVER™ 配合使用时，可将该评估适配板转变为图 1b 所示的灵活驱动器入门套件。该灵活评估适配板专用于单模块工作。在 IHM 并联开关的情况下，最多三个并联模块就需配备一块 2ED300E17-SFO 适配板和一个 2ED300C17-S 驱动器，每个模块各配备一块 MA40xExx 板。

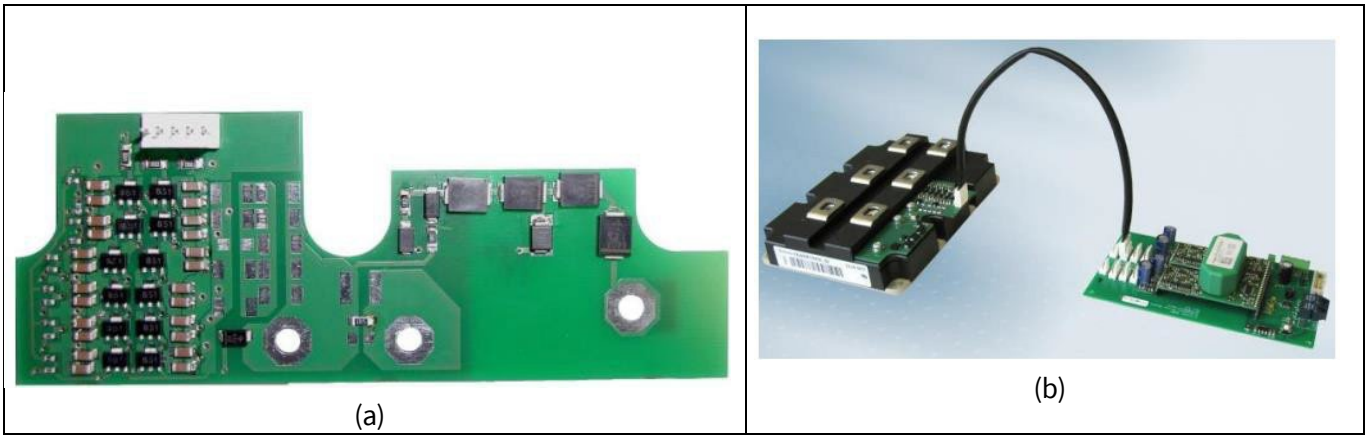
英飞凌可提供小批量 MA40xExx 模块适配板。本文档的数据手册章节描述了这些部件的功能和特性，其余章节则提供帮助客户根据其特定应用复制、修改和认证设计的相关信息。

MA40xExx 的设计已考虑环境条件。在选择元器件时，已考虑无铅回流焊接的要求。但是，该设计仅按照本文档所述进行了测试，尚未针对整个工作环境温度范围或整个使用寿命期间的制造和运行进行认证。

英飞凌提供的适配板仅进行了功能测试。

鉴于其用途，评估板在退货物料分析（RMA）、工艺变更通知（PCN）和产品召回（PWD）方面，不适用与常规产品相同的流程。

有关英飞凌保修和责任的更多限制，可参见“法律免责声明和警告”。



(a) (b)

图 1 a）模块适配板 MA400E12 b）用于 IHM 模块的驱动器入门套件

2 设计特性

以下各节介绍了评估板的电气特性和机械尺寸（包括必要的接口连接）。

2.1 主要特性

MA40xExx 模块适配板具有以下特性：

- 在电气和机械方面均适用于 IHM 模块系列
- 工作温度范围的设计目标：-55°C 至 85°C
- 可设置不同的导通和关断栅极电阻值
- 通过有源钳位技术，保护 IGBT 在关断瞬间免受瞬态过压的影响
- 已集成用于监测 IGBT 退饱和状态的二极管，以应对短路情况
- 除连接器外，所有元器件均为表面贴装器件（SMD），符合 260°C 无铅焊接曲线要求
- 该 PCB 的设计符合 IEC61800-5-1 标准的要求，污染等级为 2 级，过压类别为 III 类（爬电距离 — 11 mm）

如果 MA40xExx 未与 2ED300E17-SFO 适配板以及 2ED300C17-S /-ST EiceDRIVER™ 配合使用，以下附加特性可能会有所帮助：

- 电流放大电路的输入电阻为 90 Ω
- 可配合最大 ±20 V 的隔离电源使用。鉴于 IGBT 的短路性能，推荐的 VGE 最大值为 15 V
- 也支持使用非对称电源，例如 -8 V 和 +15 V
- 应根据电源电压电平选择输入 PWM 电压电平。如果施加了 -8 V/+15 V 的非对称电源电压，则 PWM 信号不应超过 +15 V，也不应低于 -8 V

设计特性

2.2 关键数据

下表中给出的所有数值均为在环境温度 TA = 25 °C 条件下测得的典型值。

表 1 一般关键数据和特性值

参数	描述	数值	单位
V_{DC}	最大直流电源电压	±20	V
I_G	峰值输出电流	±40	A
R_{Gmin}	V_{DC} = ±15 V 时的最小栅极电阻值（内部模块电阻 R_{INT} + 外部栅极电阻 R_{EXT}）	0.1	Ω
$P_{DC/DC}$	每通道的最大 DC/DC 输出功率[1]	4	W
f_S	最大 PWM 信号频率	60	kHz
T_{op}	工作温度（设计目标）[2]	-55…+85	°C
T_{sto}	存储温度（设计目标）	-55…+85	°C

2.3 机械尺寸和安装步骤

应根据 AN2004-05[3]，将 MA40xExx 通过螺钉固定在 IHM 辅助端子上，以此正确完成模块适配器与模块本身之间的必要连接，如图 2 所示。

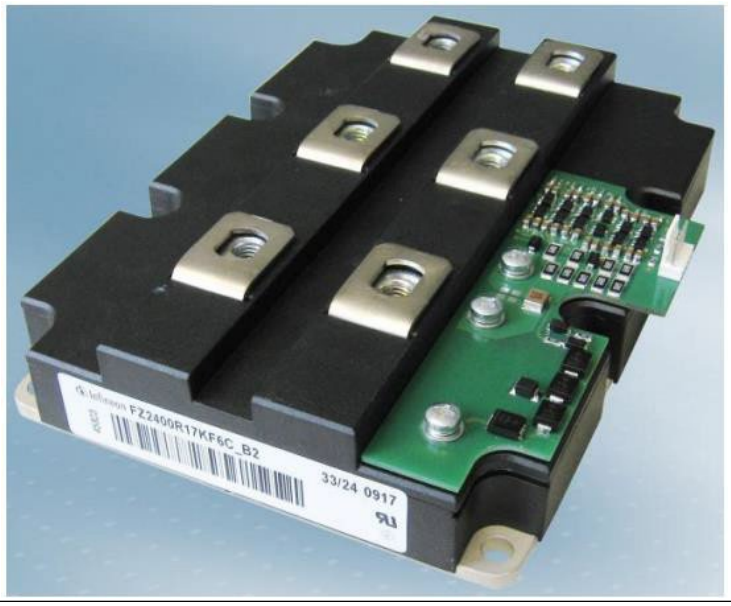


图 2 正确安装在 IHM 模块上的 MA400E12

图 3 显示了实现更好系统集成所需的 PCB 外形轮廓及其相关尺寸。

[1] 仅当 MA400Exx 与 2ED300E17-SFO 适配板和 2ED300C17-S EiceDRIVER™ 配合使用时。

[2] 最高环境温度严格取决于 MA40xExx 的负载条件。

[3] AN2004-05：Mounting process IHM modules 可在英飞凌网站上查阅。

设计特性

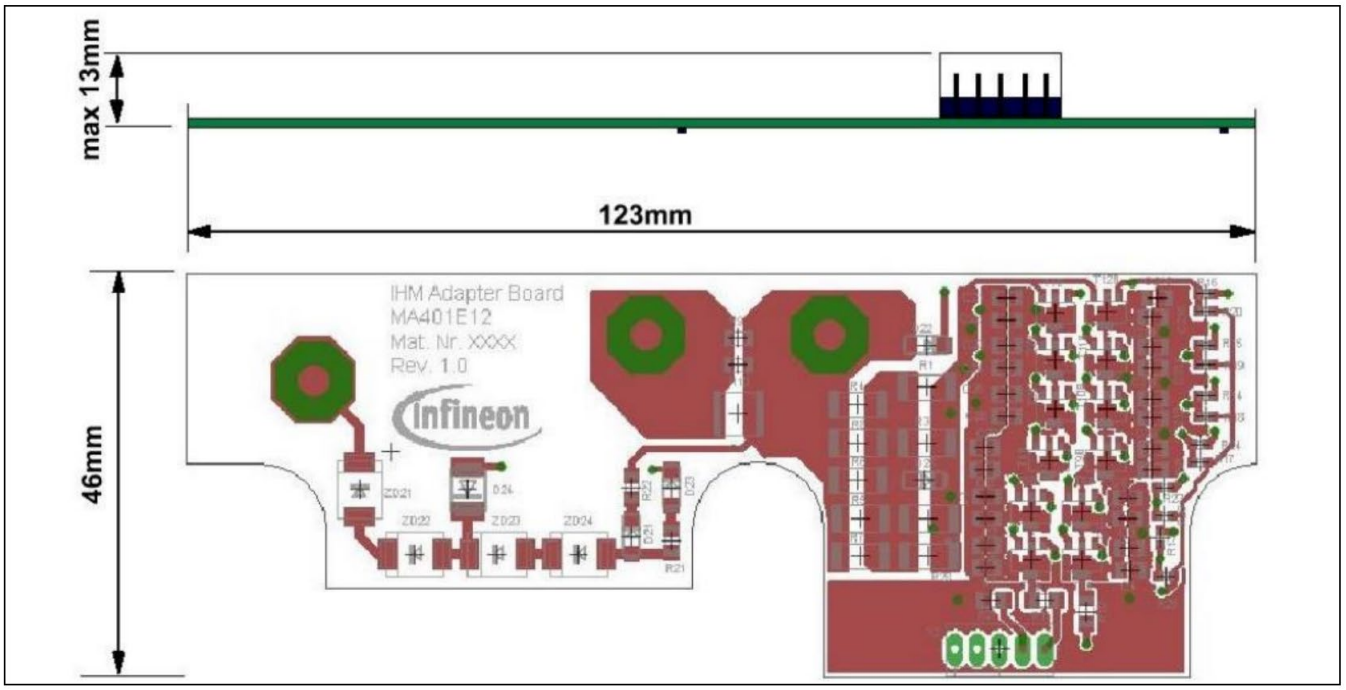


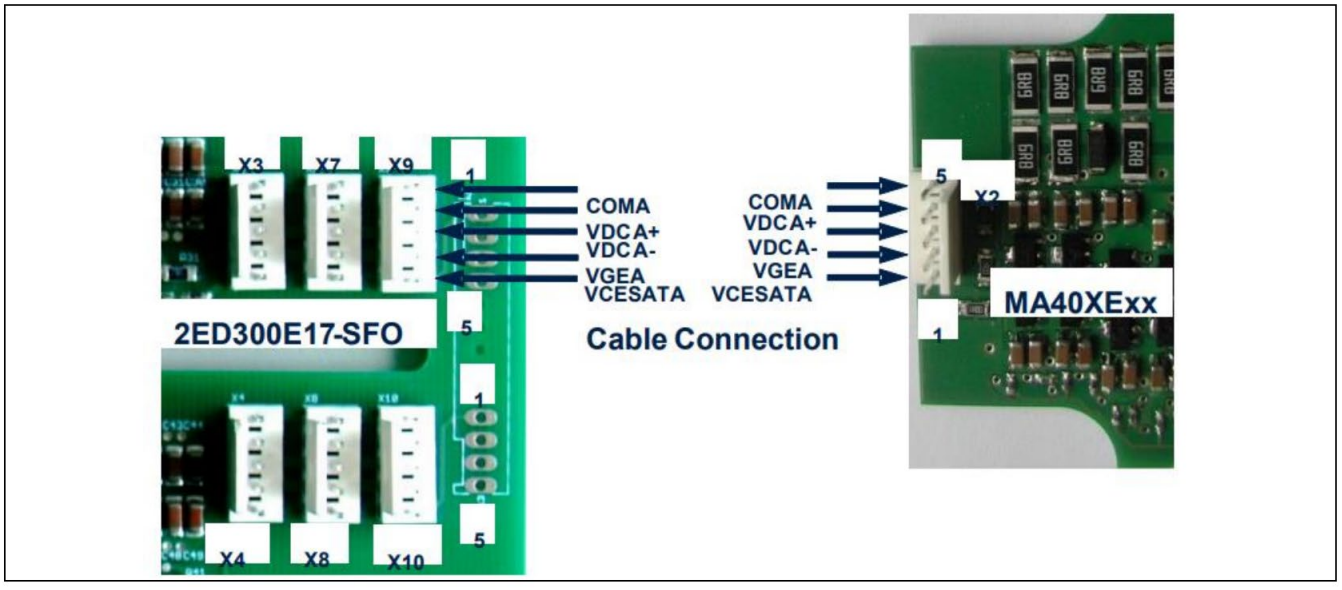
图 3　　MA400E12/17 模块适配板的尺寸

MA400Exx 与 MA401Exx 之间的机械差异在于，栅极和发射极螺丝端子的位置根据相应的 IHM 外壳发生了偏移。

2.4　　引脚分配

将模块适配器正确安装到 IHM 模块上后，所有外部电气控制信号均施加到如图 4 所示、表 2 所列的连接器 X2 上。

如果将 MA40xExx 与 2ED300E17-SFO 结合使用，则应按照 AN2007-05 中的描述，将模块驱动所需的控制信号连接到 2ED300E17-SFO 的输入接口。通过这种方式，模块和 IGBT 驱动器之间就无需额外的连接。



设计特性

图 4　　2ED300E17-SFO 与 MA400Exx 或 MA401Exx 之间的连接

表 2　　MA400Exx 和 MA401Exx 的外部电气信号说明

引脚	标签	功能
X2.1	VCESAT	退饱和电压监测输出
X2.2	VGE	栅极-发射极信号源
X2.3	VDC-	隔离式 DC/DC 负电压电源
X2.4	COM	辅助发射极和电源地
X2.5	VDC+	隔离式 DC/DC 正电压电源

3 电气特性

以下章节详细介绍了适配板的电气特性。

3.1 板载功能

MA400Exx 或 MA401Exx 提供以下功能：

- 可针对导通和关断采用不同的栅极电阻
- 输出电流为 40 A 的双极性电流放大电路
- 用于短路检测的 V_{CE} 监测
- 有源钳位

下方的图 5 展示了 MA40xExx 的上述功能及其物理位置。

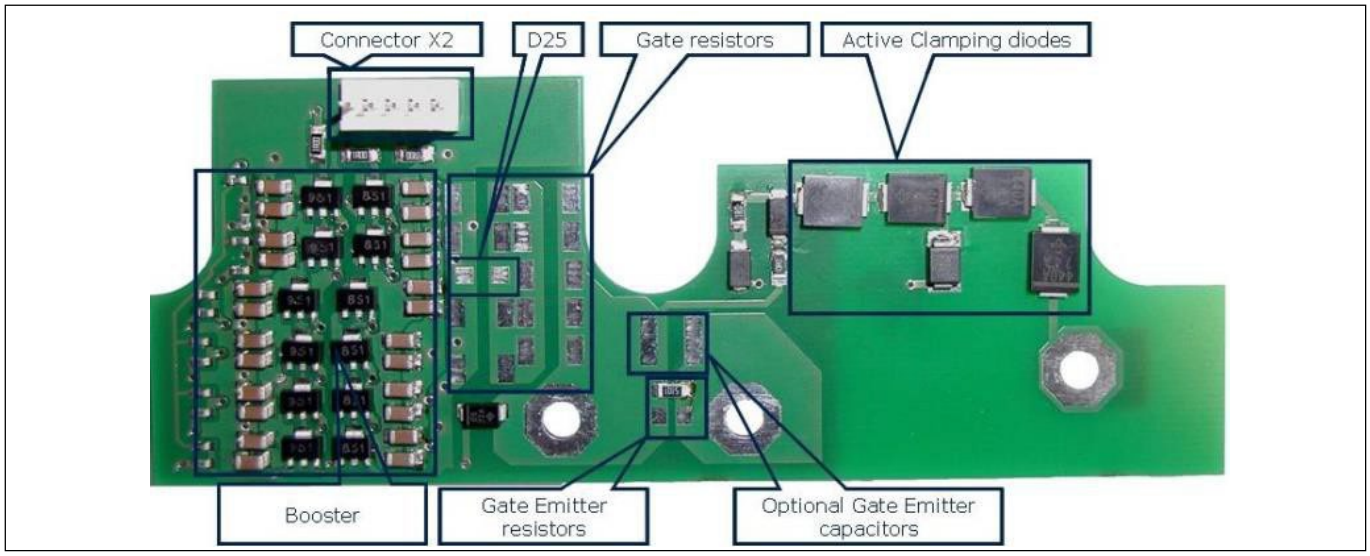


图 5 标注了各项功能的 MA40xExx

3.2 栅极电阻

如图 5 所示，所有 MA40xExx 模块在装配和交付时均未安装栅极电阻。客户必须根据所使用的 IGBT 模块，自行焊接正确的栅极电阻。

如果需要使 R_{GON} 和 R_{Goff} 的数值不同，则需安装二极管 D25，以便分别调节 R_{Gon} 和 R_{Goff} 的数值。

电气特性

3.3 栅极信号放大器[4]

当 IGBT 导通或关断时，驱动器必须提供高峰值的栅极电流。通常，驱动单个模块时不会出现技术问题。如果使用一个 IGBT 驱动器来驱动并联的模块，则该驱动器的放大器必须提供累加的栅极电流。这种开关工况会导致栅极功耗集中于一个相对较小的物理区域，从而可能引发热问题。高峰值电流还要求驱动器具有高电流增益。

当模块适配板内置专用栅极信号放大器时，即可克服增益限制。图 6 的原理图显示，MA40xExx 已集成发射极跟随器或采用了电流放大电路。得益于六对并联的互补双极型晶体管，根据 ZXTN2010Z 和 ZXTP2012Z 双极型晶体管数据手册，在 I_G = 40 A 时的最小增益不低于 100。

采用电流放大电路的优势在于，可以对任何 IHM 型模块的栅极-发射极电压进行精确控制，并简化了 IGBT 模块并联的设计。

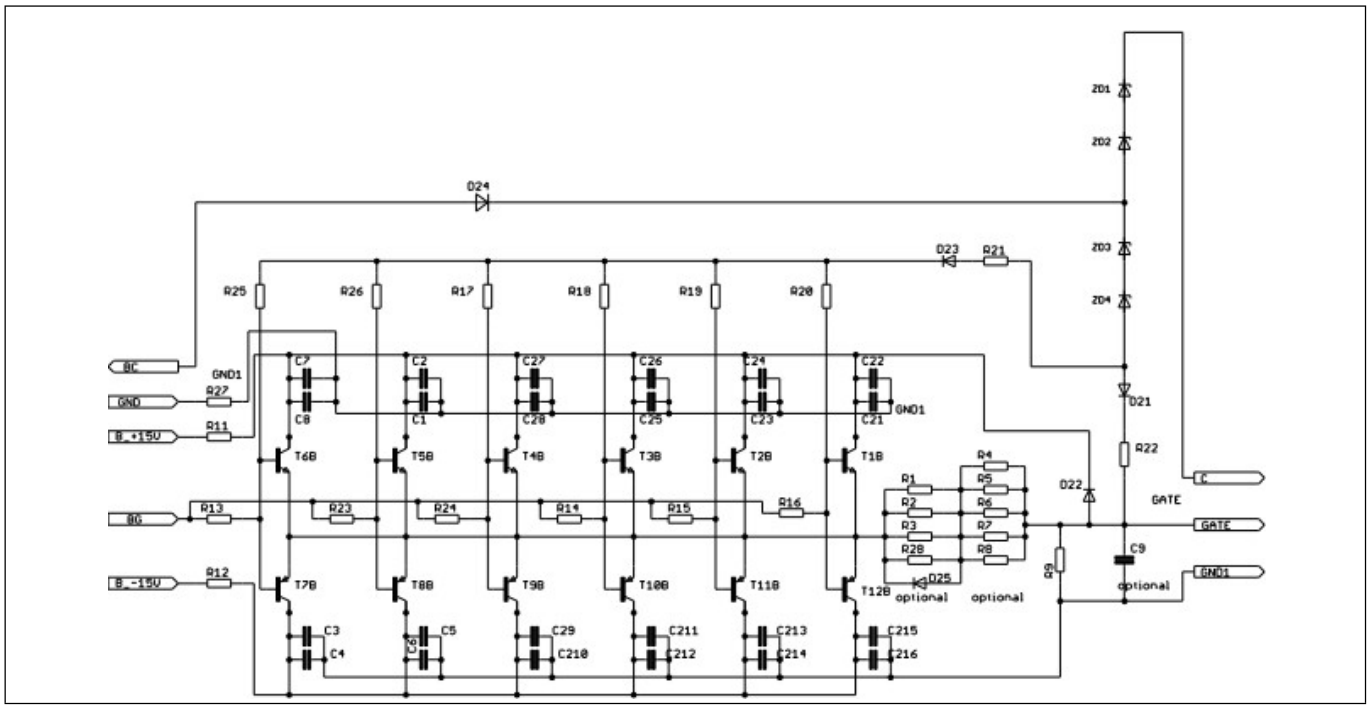


图 6 MA40xExx 的电流放大电路

3.4 用于短路检测的 V_{CE} 监测

如果 IGBT 导通的电流比额定值高出数倍，则晶体管将退饱和，器件两端的电压也会升高。这种行为可用于短路检测和 IGBT 的关断。必须在 10 µs 内检测到短路并关断 IGBT，同时不得超过其最大阻断电压。

当 MA40xExx 连接至 2ED300E17-SFO 时，必须正确选择定义软关断功能的 RSSD 电阻，以确保短路保护正常工作。详细步骤可参见 AN2007-05 第 3.5 章。图 7a 展示了 FZ1600R17HP4_B2 IHMB 模块的短路行为，

[4] 更多信息可参见 EPE07 会议论文 "Benefits of System-oriented Module Design for High Power Inverters"，或 PELINCEC2005 会议论文 "Dynamic Voltage Rise Control – the Most Efficient Way to Control Turn-off Switching Behavior of IGBT transistors"。

电气特性

在这些模块中，2ED300E17-SFO 的短路保护功能已被禁用。为了防止器件在此测试中损坏，用于导通的栅极脉冲持续时间为 10 µs。关断瞬间的高 dI_C/dt 会产生巨大的过压尖峰，该尖峰受到有源钳位的限制。图 7b 展示了如何通过合理选择 RSSD 的软关断技术将短路时间限制在 10 µs 以内，并进一步降低关断瞬间的集电极电流变化率。

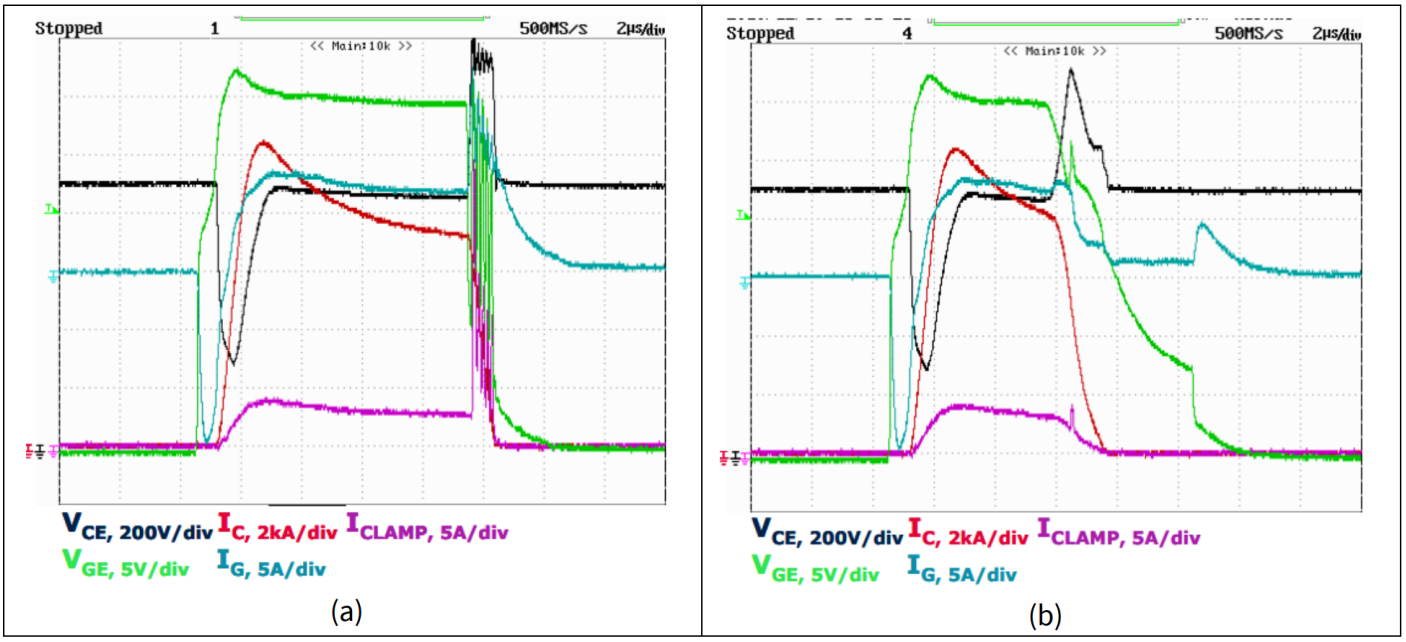


图 7　　采用 2ED300E17-SFO 与 MA400E17 组合的 FZ1600R17HP4_B2 IHMB 模块的开关行为：图 7a 中禁用短路保护功能，图 7b 中启用短路保护功能

3.5　　电流放大型有源钳位

有源钳位是一种在 IGBT 关断时将瞬态过压控制在临界限值以下的技术。有源钳位的标准实现方式是在 IGBT 模块的辅助集电极与栅极之间串联一串雪崩二极管。当集电极-发射极电压超过二极管的击穿电压时，二极管电流会与驱动器输出电流叠加。由于栅极-发射极电压随之升高，晶体管保持处于有源工作模式，关断过程得以延长。dI_C/dt 速率减缓，从而限制了电压过冲幅度。在有源钳位限制过压的时间周期内，雪崩二极管会导通高峰值电流。

MA40xExx 系列中的过压保护基于上述有源钳位机制的改进版本。钳位二极管不仅直接连接到 IGBT 的栅极，还连接到 MA40xExx 上的放大器输入端。因此，用于重新给栅极充电的大部分电流都来自栅极驱动器电源，而不是通过钳位二极管泄放。这使钳位二极管在较低的电流水平下工作，从而提供了更稳定的钳位电压，此外还使钳位电路的设计可以独立于所选的外部栅极电阻。

下方的图 8 展示了 FZ1600R17HP4 IGBT 模块在 900 V 直流电压下的开关行为。在关断序列期间，监测了来自电流放大器的栅极电流 I_G、流经有源钳位二极管的电流 I_{CLAMP}、栅极电压 V_{GE}、IGBT 集电极-发射极电压 V_{CE} 以及 IGBT 电流 I_C。在图 8a 所示的额定电流下，IGBT 集电极-发射极电压的量级未超过雪崩二极管的击穿电压。流经二极管的电流始终接近于零。在较高电流水平下，开关动作会导致过冲，使电压超过雪崩二极管

电气特性

击穿电压。此时，二极管会导通高峰值电流，如区域 A 所示。该电流会激活电流放大电路，并再次导通栅极电压，从而重新对栅极进行充电。随着集电极电流减小，IGBT 保持处于线性工作状态。因此，器件两端的电压降低。一旦过压降至预期水平，钳位二极管便恢复至阻断状态，从而关断栅极，如区域 B 所示。IGBT 的关断过程按预期继续进行。

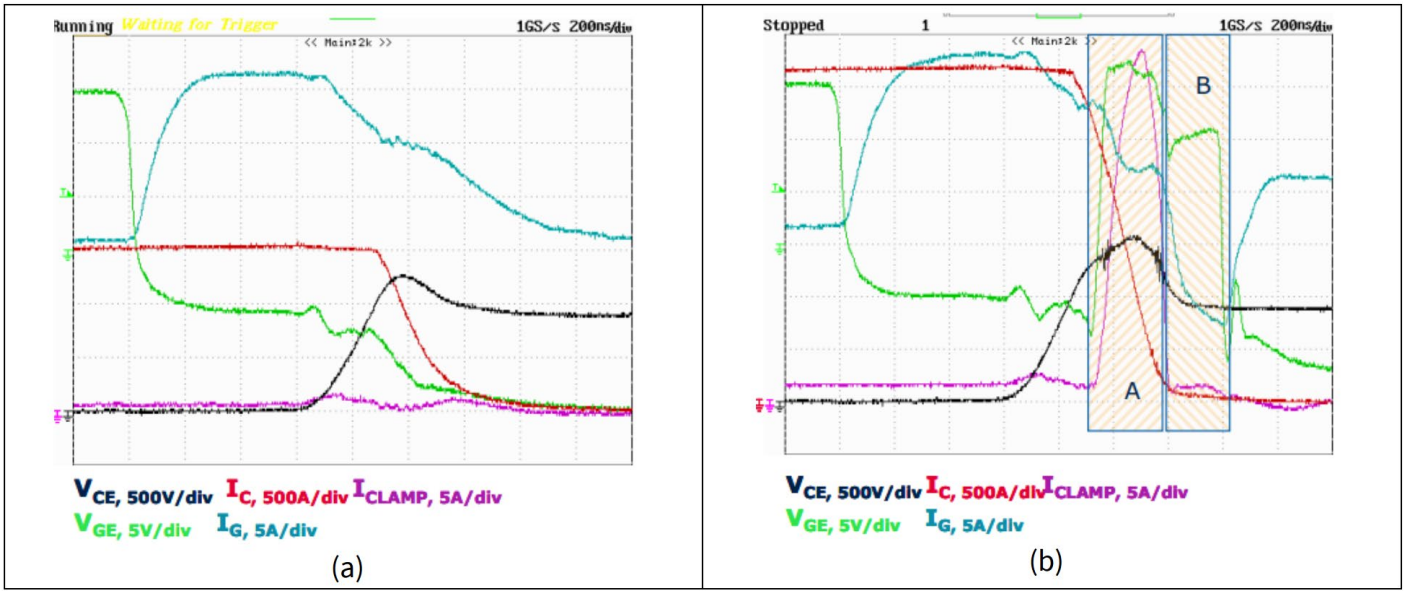


图 8　　采用电流放大型有源钳位的 FZ1600R17HP4_B2 IHM 模块的开关行为，其中：a）V_{DC} = 900 V，I_C = 1600 A；b）V_{DC} = 900 V，I_C = 3200 A，R_{Goff} = 0.47 Ω，T_j = 25°C

3.6　　最大开关频率

IGBT 的开关频率受限于以下两个因素之一：驱动器的最大功率，或因外部栅极电阻中的功耗导致的 PCB 最高温度。栅极电阻中的这些功耗取决于 IGBT 的栅极电荷、栅极电压电平以及 IGBT 的开关频率。由于外部栅极电阻中的功耗会产生热量，这些电阻附近的 PCB 温度因此升高。该温度不得超过所用 PCB 的允许工作温度，即对于标准 FR4 材料而言为 105°C。

可利用公式 1 计算栅极电阻中的功耗：

$$P_{dis} = P(R_{EXT}) + P(R_{INT}) = \Delta V_{out} \cdot f_s \cdot Q_G$$

公式 1

所使用的参数描述如下：

P_{dis} 为功耗 [W]，

ΔV_{out} 为驱动器输出端的电压阶跃 [V]，

f_s 为开关频率 [Hz]，

Q_G 为数据手册中给定栅极电压范围内的 IGBT 栅极电荷

电气特性

完整的栅极电阻由内部栅极电阻 R_{GINT} 和安装在 MA40xE12/E17 上的外部栅极电阻 R_{GEXT} 组成。因此，相应的功耗中有一部分将直接通过 DCB 散逸到基板上，而另一部分功耗则会向外散逸到环境空气及 PCB 中。内部散逸功耗 $P(R_{GINT})$ 与外部散逸功耗 $P(R_{GEXT})$ 的比例直接与上述电阻 R_{GINT} 和 R_{GEXT} 的比例相对应。图 9 的测量结果显示了外部栅极电阻温度与该电阻产生的功耗之间的关系。从图中可以看出，当环境温度为 25°C、基板温度为 125°C 时，若 R_{GEXT} 中的功耗为 1.1 W，PCB 的最高温度将达到 105°C。在此情况下，开关频率的限制因素并非每通道可用功率为 4 W 的 DC/DC 转换器，而是 PCB 的最高温度。更高的开关频率只能通过使用熔化温度更高的 PCB 或至环境散热性能更佳的电阻来实现。

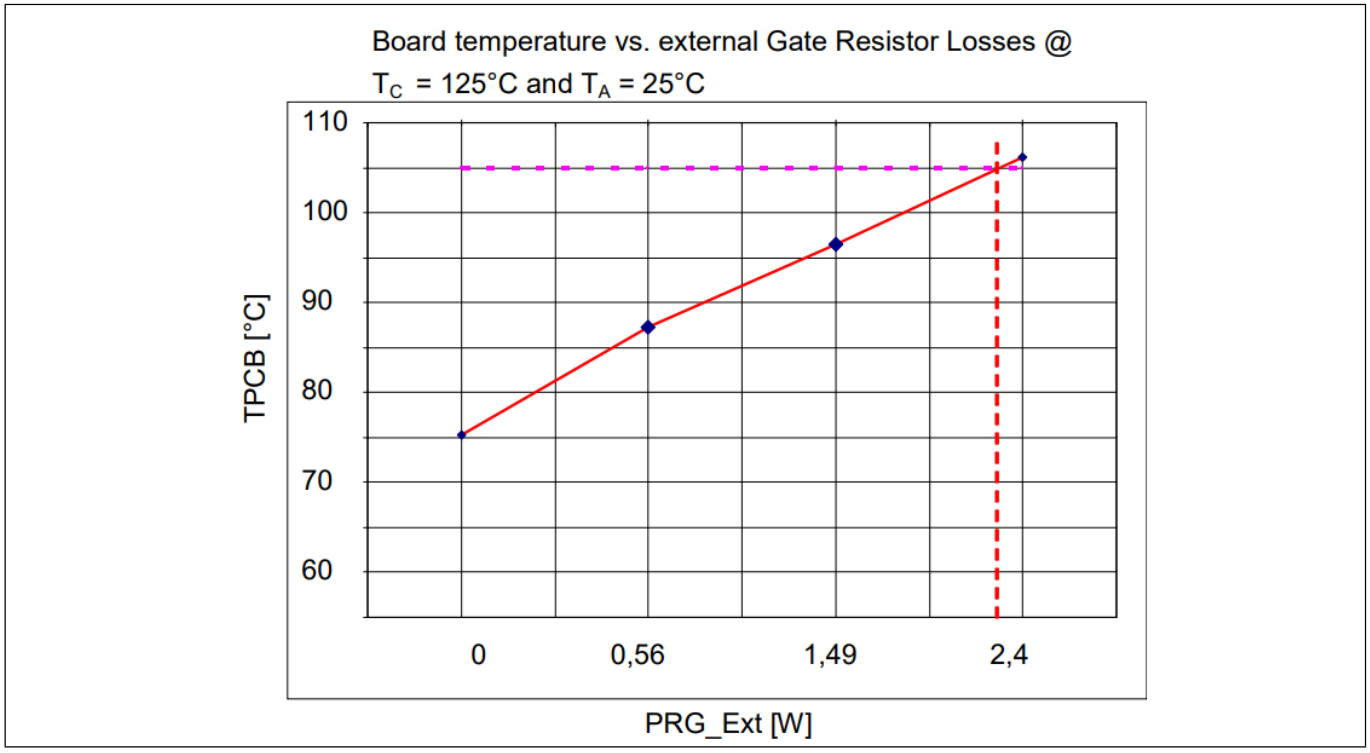


图 9　　MA400E12/17 PCB 温度与栅极电阻功耗的关系

若基板温度和环境温度与上述示例不同，可使用公式（2）计算允许的功耗 $P(R_{EXT})$。

$$P(R_{EXT}) = \frac{(105°C - T_C / °C)}{71} + \frac{(105°C - T_A / °C)}{71}$$

公式 2

最后，在给定的壳温（T_C）和环境温度（T_A）条件下，且 MA400Exx 与 2ED300E17-SFO 配合使用时，建议的 IGBT 最大开关频率由公式（3）给出。

电气特性

$$\frac{f_S}{Hz} = \frac{\frac{P(R_{EXT})}{W} \cdot \left(\frac{R_{INT}}{\Omega} + \frac{R_{EXT}}{\Omega}\right)}{30 \cdot k \cdot \frac{R_{EXT}}{\Omega} \cdot \frac{Q_g}{\mu C}}$$

公式 3

系数 k=1.2 代表了一组公差，其依据为测量结果和经验。

3.7 并联运行

由一个 2ED300E17-SFO、一个 2ED300E17-S /-ST 驱动板和 MA40xExx 模块适配板组成的灵活入门套件可用于驱动一个 IHM 模块或最多三个并联的 IHM 模块，如图 10 所示。在此情况下，所有 IHM 模块都配有专用的 MA40xExx 板，并连接到 2ED300E17-SFO 适配板上。必须注意的是，在任何情况下，都应根据 AN2007-05 第 3.5 章选择 RSSD。

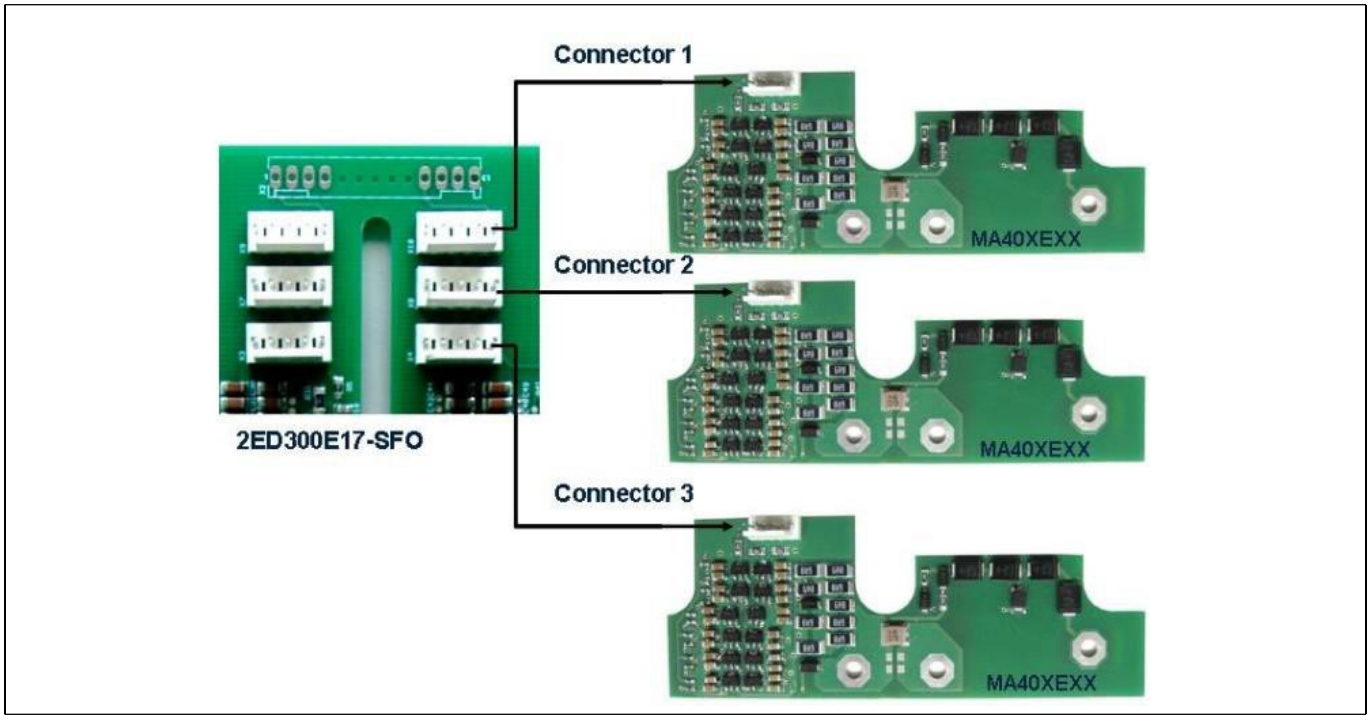


图 10 三个 MA40xExx 与一个 2ED300E17-SFO 连接，用于驱动并联的三个 IHM 模块

4 原理图与布局

为满足客户的个性化需求，并使评估板成为进一步开发或修改的基础，本章收录了所有必要的技术数据，包括原理图、PCB 布局和元器件。

4.1 原理图

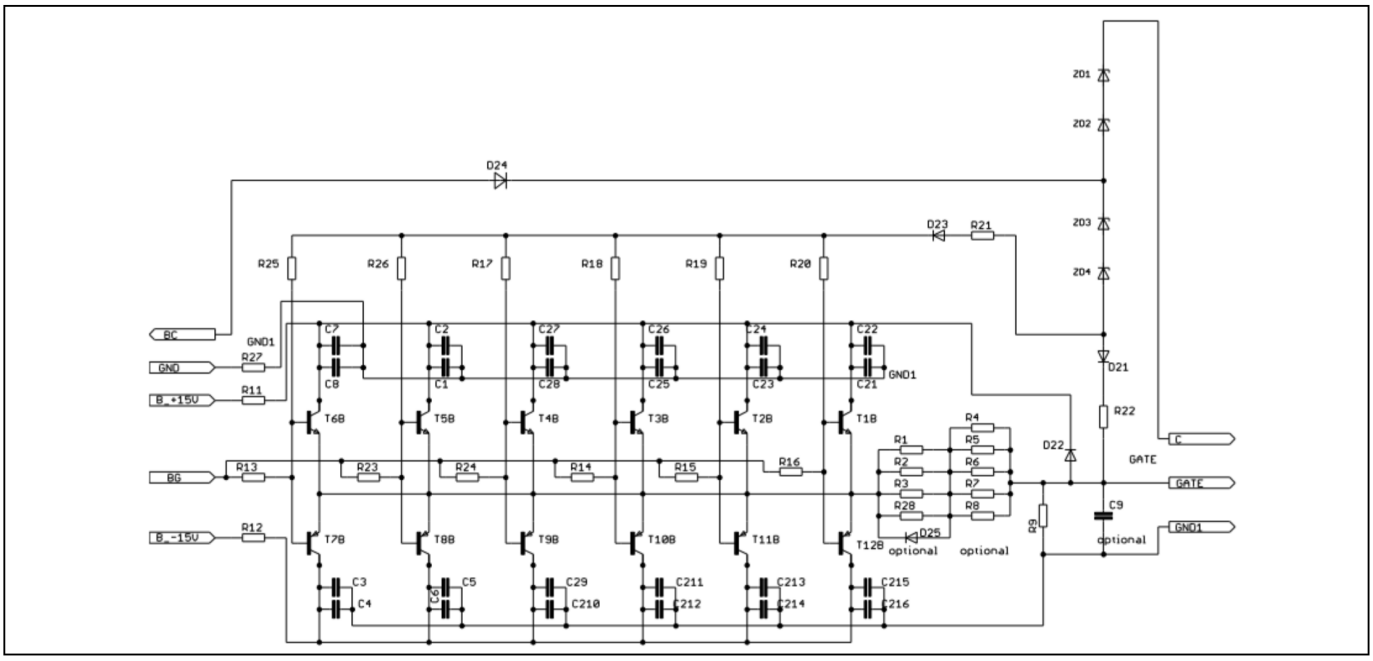


图 11 MA40xExx – 电流放大电路

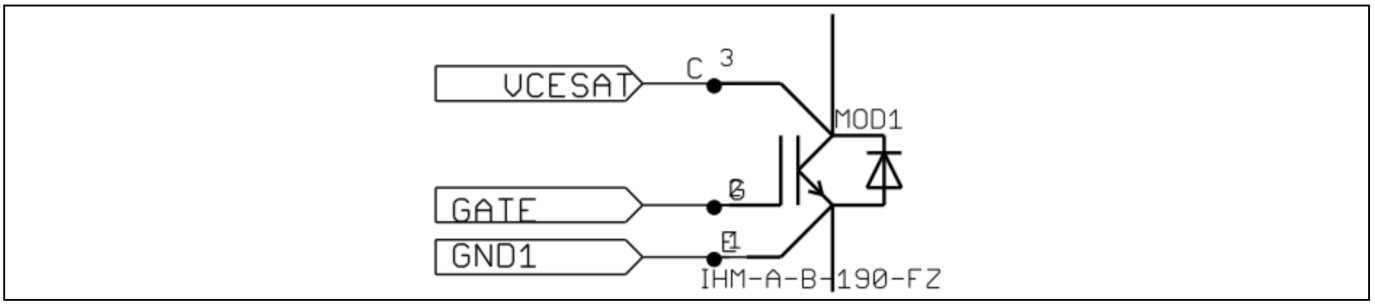


图 12 MA40xExx – IGBT 连接

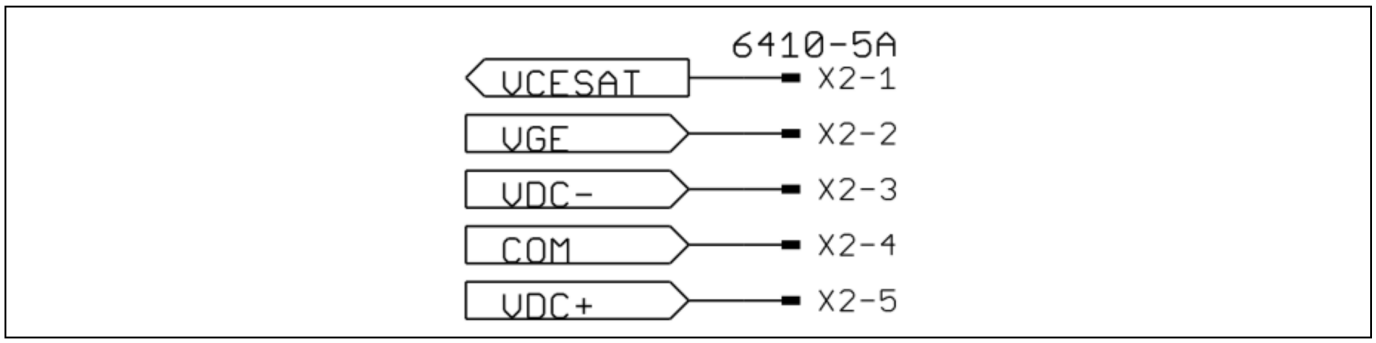


图 13 MA40xExx – 连接器

原理图与布局

4.2 装配图

MA400E12 或 E17 以及 MA401E12 或 E17 的基本电路和布局相似。为了使适配板适应正确的额定电压，必须根据表 3 选择有源钳位二极管。图 14 概述了 MA400E12 适配板的装配情况。

表 3 MA400Exx 和 MA401Exx 的外部电气信号说明

适配板名称	装配的二极管	装配的二极管类型
MA40xE12_EVAL	ZD1, ZD2, ZD3, ZD4	SMJC188A
MAx0xE17_EVAL	ZD1, ZD2, ZD3	1.5SMC440A
	ZD4	Shorted by wire or 0R resistor

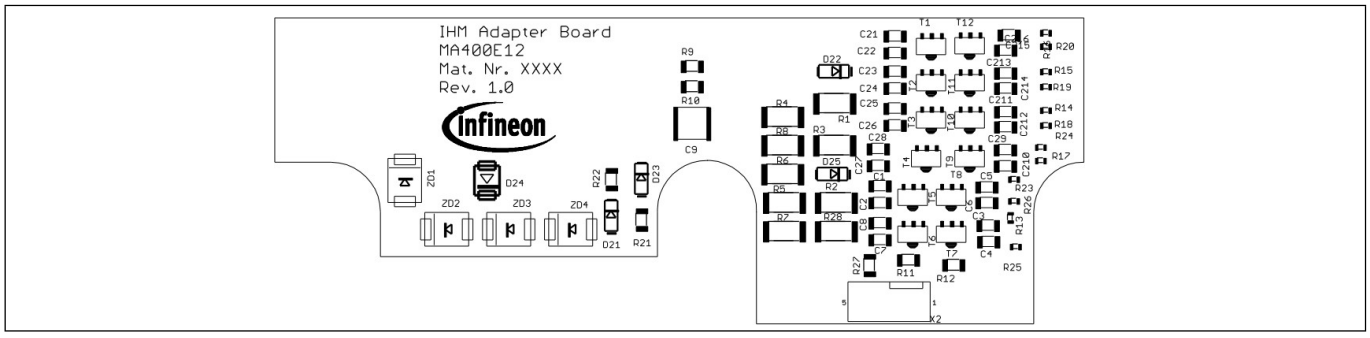


图 14 MA400E12 – 装配图

4.3 布局图

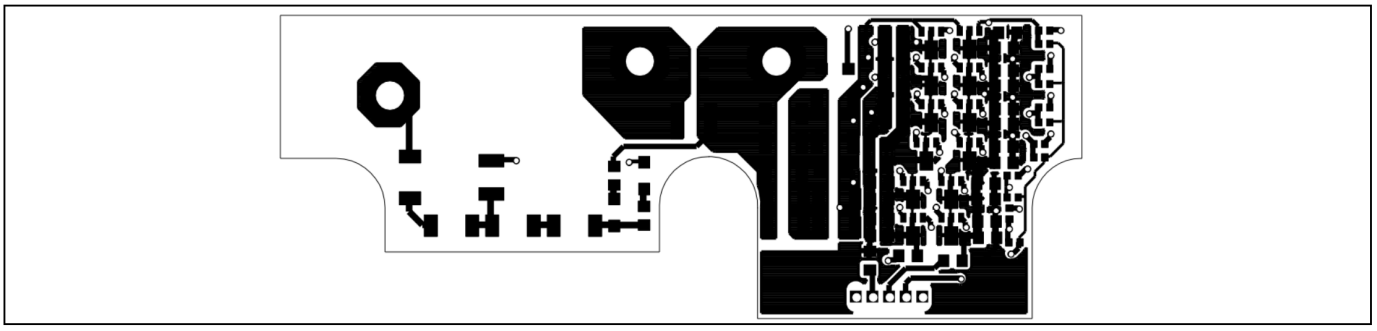


图 15 MA400E12 – 顶层

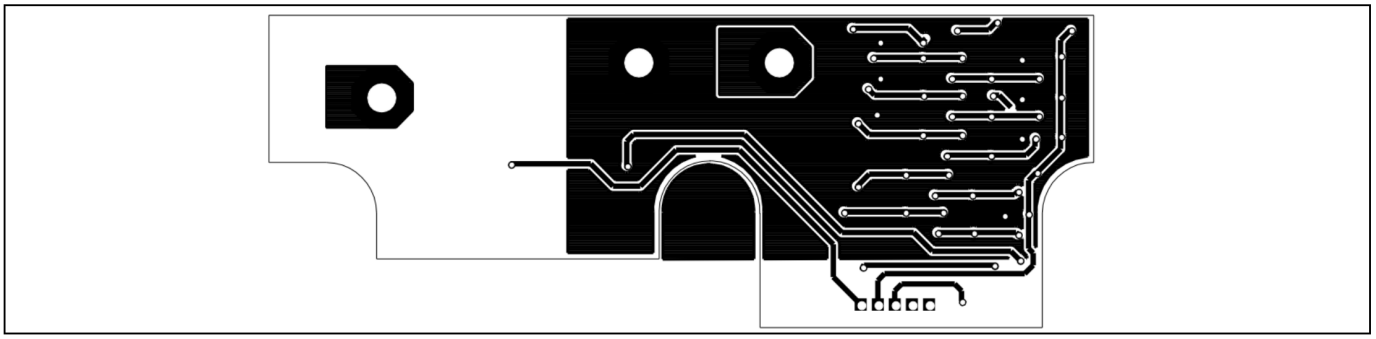


图 16 MA400E12 – 底层

原理图与布局

4.4 物料清单 – MA400E12_EVAL / MA401E12_EVAL

物料清单包括元器件清单和装配说明。

电阻器的公差应小于或等于 ±1%，C0G 型电容器的公差应小于或等于 ±5%，X7R 型电容器的公差应小于或等于 ±10%。

表 4 MA400Exx 和 MA401Exx 的外部电气信号说明

引脚	数值 / 类型	英制封装尺寸	QTY	元器件名称	推荐制造商	是否装配
Resistor	see chapter 3.2*	2512	9	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R28	special pulse resistors	no
Resistor	10k	1206	1	R9	no special	yes
Resistor	1R	1206	4	R11, R12, R22, R27	special pulse	yes
Resistor	10R	1206	1	R21	no special	yes
Resistor	10R	0603	6	R17, R18, R19, R20, R25, R26	no special	yes
Resistor	27R	0603	6	R13, R14, R15, R16, R23, R24	no special	yes
Capacitor	variable	0805	2	C17, C217	no special	no
Capacitor	variable	C2220	1	C9	optional	no
Capacitor	4µ7/25V/X7R	1206	24	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C210, C211, C212, C213, C214, C215, C216	Murata	yes
Semiconductor	ZXTN2010Z	SOT89	6	T1, T2, T3, T4, T5, T6	Diodes	yes
Semiconductor	ZXTP2012Z	SOT89	6	T7, T8, T9, T10, T11, T12	Diodes	yes
Semiconductor	ES1B (see chapter 3.2)	DO214AC	4	D5, D6, D25, D26	Vishay	no
Semiconductor	ES1B	DO214AC	4	D21, D22, D23, D25	Vishay	yes
Semiconductor	STTH112U	SMB	1	D24	STM	yes
Semiconductor	1.5SMC440A	SMC	3	ZD1, ZD2, ZD3, ZD4	Vishay	yes
Connector	6410-5A		1	X2	Molex (22-27-2051)	yes

*脉冲功率额定类型

4.5 物料清单 – MA400E17 EVAL / MA401E17 EVAL

物料清单包括元器件清单和装配说明。

电阻器的公差应小于或等于 ±1%，C0G 型电容器的公差应小于或等于 ±5%，X7R 型电容器的公差应小于或等于 ±10%。

原理图和布局

表 5　　MA400E17 适配板的物料清单

引脚	数值 / 类型	英制封装尺寸	QTY	元器件名称	推荐制造商	是否装配
Resistor	see chapter 3.2*	2512	9	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R28	special pulse resistors	no
Resistor	10k	1206	1	R9	no special	yes
Resistor	1R	1206	4	R11, R12, R22, R27	special pulse	yes
Resistor	10R	1206	1	R21	no special	yes
Resistor	10R	0603	6	R17, R18, R19, R20, R25, R26	no special	yes
Resistor	27R	0603	6	R13, R14, R15, R16, R23, R24	no special	yes
Capacitor	variable	0805	2	C17, C217	no special	no
Capacitor	variable	C2220	1	C9	optional	no
Capacitor	4µ7/25V/X7R	1206	24	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C210, C211, C212, C213, C214, C215, C216	Murata	yes
Semiconductor	ZXTN2010Z	SOT89	6	T1, T2, T3, T4, T5, T6	Diodes	yes
Semiconductor	ZXTP2012Z	SOT89	6	T7, T8, T9, T10, T11, T12	Diodes	yes
Semiconductor	ES1B (see chapter 3.2)	DO214AC	4	D5, D6, D25, D26	Vishay	no
Semiconductor	ES1B	DO214AC	4	D21, D22, D23, D25	Vishay	yes
Semiconductor	STTH112U	SMB	1	D24	STM	yes
Semiconductor	1.5SMC440A	SMC	3	ZD1, ZD2, ZD3	Vishay	yes
Semiconductor		SMC	1	ZD4 (Shorted by 0R)	Vishay	no
Connector	6410-5A		1	X2	Molex (22-27-2051)	yes

*脉冲功率额定类型

5 如何订购评估驱动板

每块评估驱动板都有其专属的 IFX 订购编号，可通过您的英飞凌销售合作伙伴进行订购。相关信息也可在英飞凌网站上查阅：http://www.infineon.cn/

本文档所述电路板的 CAD 数据可应要求提供。使用此数据须遵守本应用笔记（AN）中所述的免责声明。
请联系：WAR-IGBT-Application@infineon.com

MA400E12 IFX 订购编号：	SP000879862
MA400E17 IFX 订购编号:	SP000879872
MA401E12 IFX 订购编号：	SP000880276
MA401E17 IFX 订购编号：	SP000880282
2ED300E17-SFO IFX 订购编号：	SP000355559
2ED300C17-S IFX 订购编号：	SP000359184
2ED300C17-ST IFX 订购编号：	SP000359188

修订记录

修订记录

Document revision	Date	Description of changes
Revision 1.00	2011-01-01	Initial Version
Revision 1.10	2014-02-01	
Revision 1.11	2025-04-10	Document Template Change

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2025-04-10
Published by

Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2025 Infineon Technologies AG. All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?
Email: erratum@infineon.com

Document reference
AN2011-01

Important notice
The information contained in this application note is given as a hint for the implementation of the product only and shall in no event be regarded as a description or warranty of a certain functionality, condition or quality of the product. Before implementation of the product, the recipient of this application note must verify any function and other technical information given herein in the real application. Infineon Technologies hereby disclaims any and all warranties and liabilities of any kind (including without limitation warranties of non-infringement of intellectual property rights of any third party) with respect to any and all information given in this application note.

The data contained in this document is exclusively intended for technically trained staff. It is the responsibility of customer's technical departments to evaluate the suitability of the product for the intended application and the completeness of the product information given in this document with respect to such application.

Warnings
Due to technical requirements products may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies office.

Except as otherwise explicitly approved by Infineon Technologies in a written document signed by authorized representatives of Infineon Technologies, Infineon Technologies' products may not be used in any applications where a failure of the product or any consequences of the use thereof can reasonably be expected to result in personal injury.

免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。
由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。
因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 http://www.infineon.com
英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。
您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

版本 **2026-09-03**

Infineon Technologies AG 出版，
德国 **Neubiberg 85579**

版权 © **2026 Infineon Technologies AG**
及其关联公司。
保留所有权利。

Do you have a question about this document?

Email:

erratum@infineon.com

重要通知

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称 "英飞凌"）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称 "产品"），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上述合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文档中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据探勘（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：
由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称"安全漏洞"），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文档包含或引用软件：
根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码(binary code)形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 **https://www.infineon.com**。