应用笔记 AN 2008-02
V1.3 2011年二月

EconoDUAL™ 3 和 EconoPACK™ + 模块的评估驱动板

IFAG IMM INP M AE

www.infineon.com

EconoDUAL™ 3 和 EconoPACK™ + 模块驱动板

版本 2011-02-02
英飞凌科技股份公司印制
59568 Warstein, Germany
©英飞凌科技股份公司版权所有，2011年。
保留所有权利。

免责声明
本应用文档中给出的信息仅作为关于使用英飞凌科技组件的建议，不得被视为就英飞凌科技组件的任何特定功能、条件或质量作出的任何说明或保证。本应用文档的使用者必须在实际应用中验证本文档描述的任何功能。英飞凌科技在此声明，未就本应用文档中给出的任何及所有信息作出任何性质的保证，也不承担任何性质的责任，包括但不限于没有侵犯任何第三方的知识产权的保证。

为方便客户浏览，英飞凌以下所提供的将是有关英飞凌产品及服务资料的中文翻译版本。该中文翻译版本仅供参考，并不可作为任何论点之依据。虽然我们尽力提供与英文版本含义一样清楚的中文翻译版本，但因语言翻译和转换过程中的差异，可能存在不尽相同之处。因此，我们同时提供该中文翻译版本的英文版本供您阅读，请参见【Evaluation Driver Board for EconoDUAL ME3, ME4 and EconoPACK+ modules】。并且，我们在此提醒客户，针对同样的英飞凌产品及服务，我们提供更加丰富和详细的英文资料可供客户参考使用。请详见【Power Management ICs】

客户理解并且同意，英飞凌毋须为任何人士由于其在翻译原来的英文版本成为该等中文翻译版本的过程中可能存在的任何不完整或者不准确而产生的全部或者部分、任何直接或者间接损失或损害负责。英飞凌对于中文翻译版本之完整与正确性不担负任何责任。英文版本与中文翻译版本之间若有任何歧异，以英文版本为准，且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用以下提供的资料，则说明您同意并将遵循上述说明。如果您不同意上述说明，请不要使用本资料。

信息垂询
若需获得关于技术、交付条款和价格的更多信息，敬请联系距离您最近的英飞凌办事处（**www.infineon.com**）

警告
由于技术要求，组件可能包含有害物质。若需了解相关物质的类型，请联系距离您最近的英飞凌办事处。如果可以合理地预计英飞凌的某个组件失效可能会导致生命支持设备或系统失效，或者影响该等设备或系统的安全性或有效性，那么在将这些组件用于生命支持设备或系统之前，必须获得英飞凌的明确书面同意。生命支持设备或系统意指用于植入人体内部，或者支持和/或维持、维系和/或保护人类生命的设备或系统。如果这些设备或系统失效，可以合理推定其用户或其他人的健康将受到威胁。

AN 2008-02
修订记录: 日期（11-02-02），V1.3
先前版本: 1.1
页码：主题（有源栅极钳位电路的改进）

作者： Alain Siani IFAG IMM INP M AE, Uwe Jansen IFAG IMM INP M AE

欢迎提出意见和建议
您是否认为本文档中的任何信息存在错误、含糊不清或遗漏？您的宝贵意见和建议将帮助我们持续不断地改进本文档的质量。请将您的意见和建议（请注明本文档的索引号），发送电子邮件至：
[WAR-IGBT-Application@infineon.com]

目录

1 引言 4

2 设计特点 5
2.1 主要特点 5
2.2 关键数据 6
2.3 引脚配置 7
2.4 EconoDUAL™ 3 驱动器板的机械尺寸 8
2.5 EconoPACK™ + 驱动器板的机械尺寸 8

3 电气特征 9
3.1 供电电源 9
3.2 输入逻辑 – PWM 信号 9
3.3 最大开关频率 9
3.4 功率放大器 11
3.5 短路保护和有源钳位 11
3.6 故障输出 12
3.7 温度测量 13

4 开关损耗 15
4.1 开通损耗 15
4.2 关断损耗 17

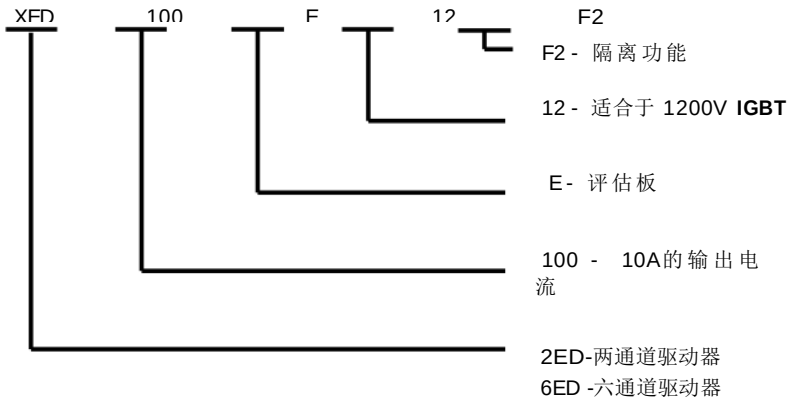
5 EconoDUAL™ 3 电路板的电路原理图、布板和材料清单 18
5.1 电路原理图 18
5.2 装配图 20
5.3 布板 21
5.4 材料清单 22
5.5 栅极电阻清单 24

6 EconoPACK™ + 电路板的电路原理图、布板和材料清单 25
6.1 电路原理图 25
6.2 装配图 27
6.3 布板 28
6.4 材料清单 30
6.5 栅极电阻清单 33

7 如何订购评估驱动板 33

8 参考文献 33

产品代码说明：



1 引言

EconoDUAL™ 3 模块的评估驱动板 2ED100E12-F2 如图1所示。EconoPACK™ + 模块的评估驱动板 6ED100E12-F2 如图2所示。这些评估驱动板是为了客户使用这些模块设计产品提供第一步支持。小批量的评估板，可以由Infineon提供。这篇文档的数据手册部分描述了这个评估板的性能指标，而其余部分提供了一些信息，旨在使用户可以根据他们的特殊需求进行复制，修改和评估该产品的设计。

2ED100E12-F2 和 6ED100E12-F2 的设计是按数据手册中设计目标提到的有关环境条件实施的。在选择器件时已考虑符合RoHS的规定。该设计已做了如本文档所提到的各种测试，但未经有关制造业以及在整个工作环境温度范围或全寿命工作下的验证。

由英飞凌提供的此电路板仅经受过功能性测试。

由于其用途，该评估板不像常规产品那样，受到退货分析、流程变更通知、产品回收等流程的制约。

详细内容请查看英飞凌的保证和责任限制的免责声明和警告。



图 1 安装在 EconoDUAL™ 3 模块上的评估驱动板 2ED100E12-F2

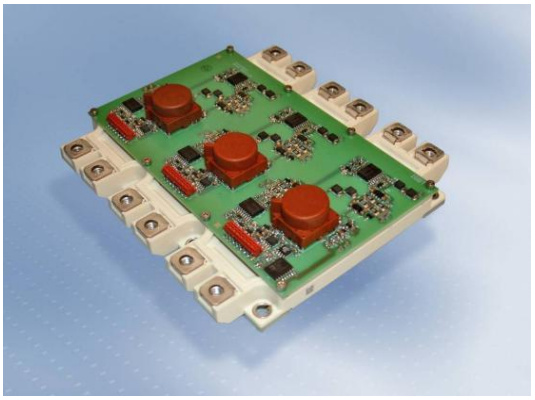


图 2 安装在 EconoPACK™ + 模块上的评估驱动板 6ED100E12-F2

2 设计特点

以下部分提供该电路板的概况，包括主要特点、关键数据、引脚分配和机械尺寸。

2.1 主要特点

2ED100E12-F2 和 6ED100E12-F2 评估驱动板有以下特征：

- 2ED100E12-F2 为双通道 IGBT 驱动器，适用于 IGBT4
- 6ED100E12-F2为六通道 IGBT 驱动器
- 在电气和机械特性上满足用于600 V 和 1200 V EconoDUAL™3 或 EconoPACK™+ IGBT模块
- 包含具有短路保护的 DC/DC 供电电源
- 隔离的温度测量
- 短路保护时间 t_{off} < 6 µs
- 欠压锁定 IGBT 驱动器 IC
- PWM 和 故障信号是正逻辑的5 V CMOS 电平
- 每一相桥臂都有一个故障输出信号
- PCB 设计符合 IEC61800-5-1 的要求，污染级别 2， 过电压类别 II

2.2 关键数据

下表提供的都是在 T_A = 25 °C条件下测量的典型值。

表 1 关键数据和特征值（典型值）

参数		Value	Unit
V_{DC}	DC/DC变换器的供电电压	+ 15	V
V_{CC}	数字逻辑器件的供电电压	+ 5	V
$V_{LogicIN}$	高端和低端 IGBT 的 PWM信号	0 /	V
V_{FAULT}	/故障检测输出电压	0 /	V
I_{FAULT}	max. /故障检测输出负载电流	1	mA
V_{RST}	/复位输入	0 /	V
I_{DC}	IGBT模块每相的DC/DC 变换器消耗的电流	4	mA
I_{CC}	IGBT模块每相的数字逻辑器件消耗的电流	2	mA
V_{out}	高端和低端通道的驱动电压	+ 16 / -	V
I_G	最大峰值输出电流	±10	A
$P_{DC/DC}$	给高端和低端IGBT供电的 DC/DC最大的输出功率	3	W
f_S	最大的高端和低端IGBT的PWM 信号频率 [1)]	100	kHz
t_{PDELAY}	传输延迟时间	200	ns
t_{PDISTO}	输入到输出传输失真	15	ns
V_{Desat}	欠饱和的参考电平	9	V
d_{max}	最大占空比	100	%
V_{CES}	最大的IGBT集–射极电压	600/1200	V
V_{TEMP}	温度测量输出电压	数字 0/5	V
I_{TEMP}	最大温度测量负载电流	5	mA
T_{op}	设计的目标工作温度[2)]	-	°C
T_{sto}	设计的目标储存温度	-	°C
$U_{is,eff}$	绝缘电压 [3)]， 变压器	500	V
V_{IORM}	最大可重复绝缘电压[4)]，1ED020I12-F 驱动 IC	1420	V_{peak}
V_{IORM}	最大工作绝缘电压 [5)]，AD7400 Σ-Δ转换器	891	V_{peak}

1) EconoDUAL™3 或 EconoPACK™+ 各类型模块的最大开关频率 应分别计算。限制因素为：每个通道的DC/DC最大输出功率为 1.5 W， 栅极电阻附近的 PCB 板（使用FR4 材料）的最高温度为105 °C 。详细信息请见第2.3章。

2) 最高工作温度完全取决于负载和散热条件。详细信息请见第2.3章

3) 该值在数据手册有定义：T60403-D4615-X054 日期：21.03.2000

4) 1ED020I12-F 数据手册，版本 2.2，2009年12月

5) AD7400 1/11 – 修订本 C

2.3 引脚配置

除了EconoPACK™+ 驱动器板的连接端子X1和X2的引脚14以外，EconoDUAL™3 和 EconoPACK™+ 驱动器板的所有连接端子都按表2所示配置。
表2描述了如图3所示的连接端子X3的引脚配置。

表 2 6ED100E12-F2 的连接端子X3的输入和输出

引脚	标号	功能
X3.1	MClock	温度测量的时钟输出
X3.2	Supply	DC/DC变换器的+ 15 V供电电压
X3.3	GND	DC/DC 变换器的供电地
X3.4	Supply	DC/DC 变换器的 + 15 V供电电压
X3.5	TOP IN-	高端 IGBT 的PWM信号，负逻辑
X3.6	TOP IN+	高端 IGBT 的PWM信号，正逻辑
X3.7	TOP RDY	高端 IGBT 的准备信号
X3.8	TOP /FLT	高端 IGBT 的故障检测输出
X3.9	TOP/BOT /RST	高端和低端 IGBT 驱动器的复位信号
X3.10	BOT /FLT	低端 IGBT 的故障检测输出
X3.11	BOT RDY	低端 IGBT 的准备信号
X3.12	BOT IN-	低端 IGBT 的PWM信号，负逻辑
X3.13	BOT IN+	低端 IGBT 的PWM信号，正逻辑
X3.14	TEMP-Digital	温度测量的Σ/Δ信号
X3.15	+ 5V	数字逻辑器件的+ 5V供电电压
X3.16	Signal GND	数字逻辑器件的地

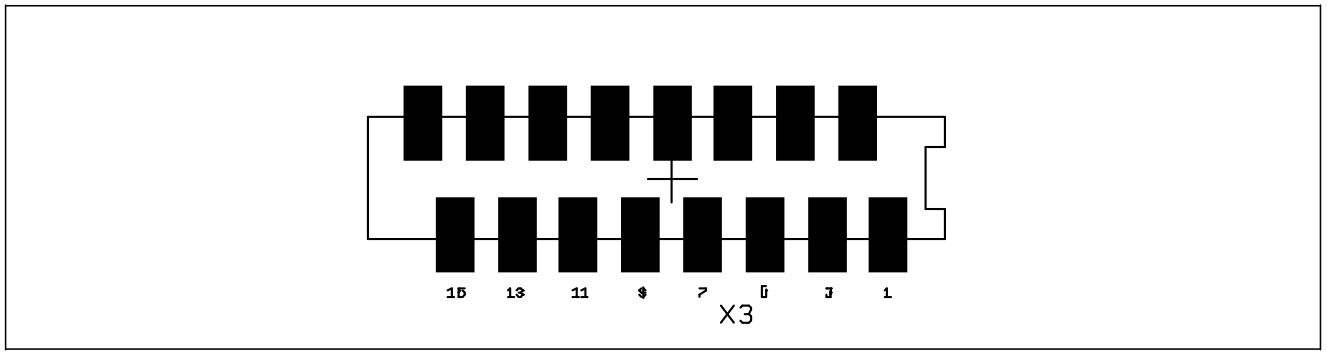


图 3 6ED100E12-F2 评估驱动器板的连接端子X3 的布置

2.4 EconoDUAL™ 3 驱动器板的机械尺寸

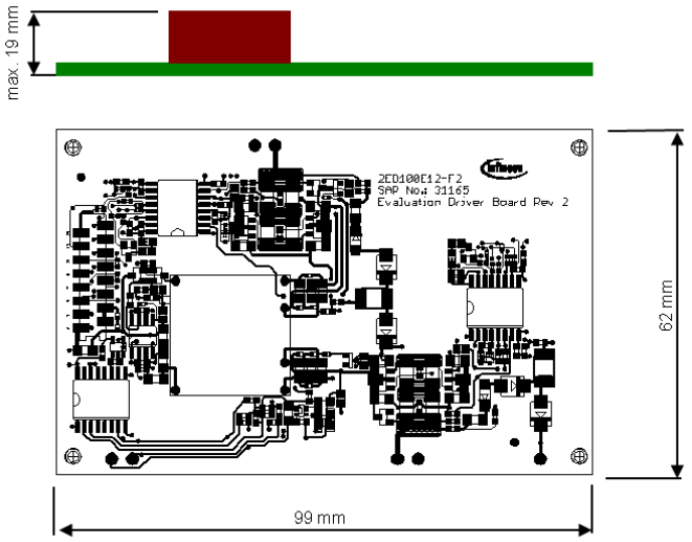


图 4 2ED100E12-F2 驱动器板的尺寸

2.5 EconoPACK™ + 驱动器板的机械尺寸

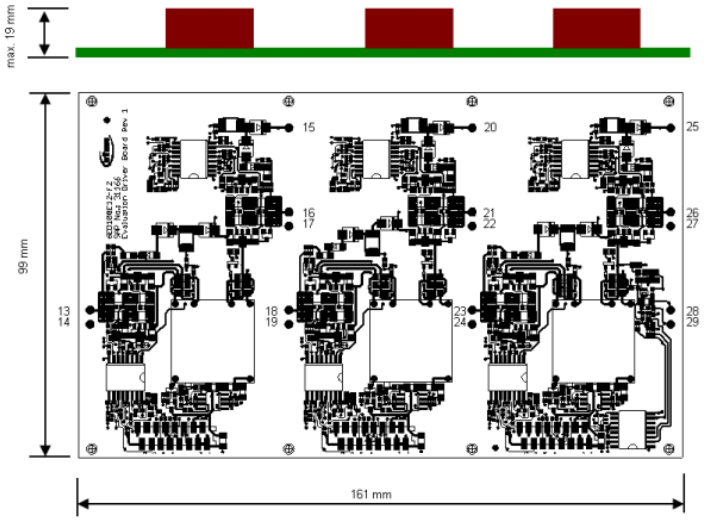


图 5 6ED100E12-F2 驱动器板的尺寸

这两个驱动器板应该用自攻螺钉固定住，并焊接到 IGBT 模块顶部的辅助连接器。

EconoDUAL™3 和 EconoPACK™+ 驱动器板的电气间隙和爬电距离：
初级/次级不小于8mm，次级/次级不小于4mm。

3 电气特征

以下章节介绍驱动器板在评估器件中的工作。请注意以下段落描述的 2ED100E12-F2 与这篇应用笔记的上一版本相比做出了一些修改，修改后的驱动器板能够驱动IGBT4 模块，且降低了对Vcesat检测错误触发的灵敏度。6ED100E12-12-F2也进行了同样的修改，但是第7章提供的该电路板的布板和清单仍是原先的设计 。

3.1 供电电源

2ED100E12-F2 和 6ED100E12-F2 每一相驱动上都有一个集成的DC/DC变换器，这个集成的DC/DC变换器次级侧输出隔离的非对称供电电源+ 16V/-8V。高端和低端驱动器电压是采用由15V供电电压的DC/DC变换器分别独立产生的。此外，供电电源对IGBT的栅-射极有短路保护。如果 DC/DC 变换器过载，输出电压就会下降。欠压锁定功能保证栅极驱动器只在指定的IC供电电压范围内工作。这个故障信号送到驱动器的初级侧。

3.2 输入逻辑 – PWM 信号

评估驱动器板专用于可焊接的 IGBT 模块。EconoDUAL™ 3 IGBT 模块采用两个独立 PWM 信号和 EconoPACK™ + IGBT 模块采用六个独立 PWM 信号驱动是很有必要的。每个 IGBT都需要一个独立的驱动信号。图6描述了单个驱动器的部分电路原理图。高端和低端的驱动信号需要有合适的死区时间。两个评估驱动器板都没有提供死区时间。栅极电阻建议值根据第24页表5所示，建议最小的死区时间 tTD 为1µs。如果使用更大的栅极电阻，请参考[1]。

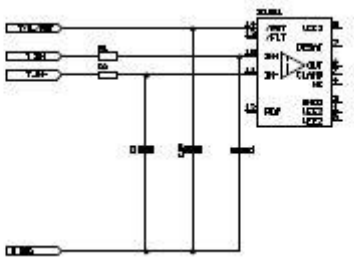


图 6 单个驱动器输入电路的详细电路原理图

图6给出了驱动电路（正逻辑）的部分电路原理图。IN+ 作为输入信号，而IN- 作为使能信号。因此要使 IGBT 导通需要输入引脚 IN+ 有一个 + 5 V 信号，输入引脚 IN- 有一个 GND 信号。如要使用负逻辑来使整个电路工作，输入引脚上的电容C1 和 C2 需要交换。另外，这将导致一个额外的延迟时间，而 IN+ 将作为使能信号。

3.3 最大开关频率

IGBT的开关频率受限于驱动供电电源的最大功率或者由于外部栅极电阻的功率损耗导致的PCB最高温度。栅极电阻的功率损耗取决于IGBT栅极充电电流大小，栅极电压大小以及IGBT的开关频率。由于外部的栅极电阻功率损耗，这将产生一定的热量，会导致这些电阻附近的PCB温度升高。这个温度不能超过PCB的熔点，例如：对于标准的FR4材料是105° C。

通过公式1可以计算栅极电阻的功率损耗：

$$P_{dis} = P(R_{EXT}) + P(R_{INT}) = V_{out} \cdot f_S \cdot Q_G \quad (1)$$

式中:

P_{dis} = 耗散功率

$P(R_{EXT})$ = 外部栅极电阻耗散功率

$P(R_{INT})$ = 内部栅极电阻耗散功率

ΔV_{out} = 驱动输出电压的变化量

f_S = 开关频率

Q_G = 对于给定栅极电压范围下IGBT栅极电荷

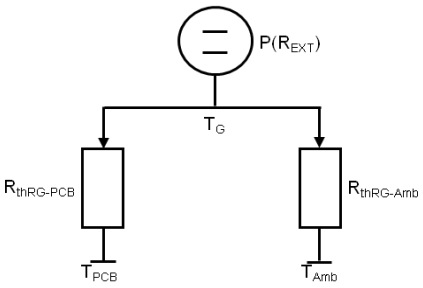
完整的栅极电阻包括内部栅极电阻和外部栅极电阻，因此IGBT的驱动功率损耗一部分通过PCB进行耗散，而另外一部分功率损耗则通过外部环境空气耗散。内部功率损耗$P(R_{INT})$ 与外部功率损耗$P(R_{EXT})$ 的比例刚好等于内部栅极电阻R_{INT} 和外部栅极电阻R_{EXT} 的比例。如果工作在 -8/+ 16V 条件下，数据手册 Q_{ge} 的值需要减少20%。

由于PCB的温度限制，在热设计中需要考虑外部栅极电阻的功率损耗 $P(R_{EXT})$ 。

根据实验测定板的温度，评估板的热阻可按如图7所示来计算。

热阻，栅极电阻到PCB： $R_{thRG\text{-}PCB}$ = 45 K/W 热阻，栅极电阻到周围环境： $R_{thRG\text{-}Amb}$ = 39 K/W

如果外部栅极电阻功率损耗、环境温度最大值、PCB温度最大值已知，利用这些值就能够计算出评估板的最高温度，如下：



$$T_G = T_{Amb} + \frac{R_{thRG-PCB} \cdot (T_{PCB} - T_{Amb})}{R_{thRG-Amb} + R_{thRG-PCB}} + P(R_{EXT}) \cdot \frac{R_{thRG-Amb} \cdot R_{thRG-PCB}}{R_{thRG-Amb} + R_{thRG-PCB}}$$

T_{Amb} ：环境温度

T_{PCB} ：PCB板温度

T_G ：外部栅极电阻附近的PCB板温度

图 7 栅极电阻的热阻模型

3.4 功率放大器

驱动器的输出级如图8所示，驱动器的输出级有两对配对互补的双极型晶体管，用于放大驱动芯片的信号。与驱动芯片能提供的电流相比，驱动器的输出级能够驱动需要更大电流的IGBT。输出级的两个NPN晶体管用于使IGBT 开通，两个PNP晶体管用于使IGBT 关断。.

所选的晶体管要能够提供足够的峰值电流，这才能够驱动所有的600 V、1200V EconoDUAL™3 模块和EconoPACK™+ 模块。峰值电流可按公式2计算：

$$I_{peak} = \frac{\Delta V_{out}}{R_{INT} + R_{EXT} + R_{Driver}} \quad (2)$$

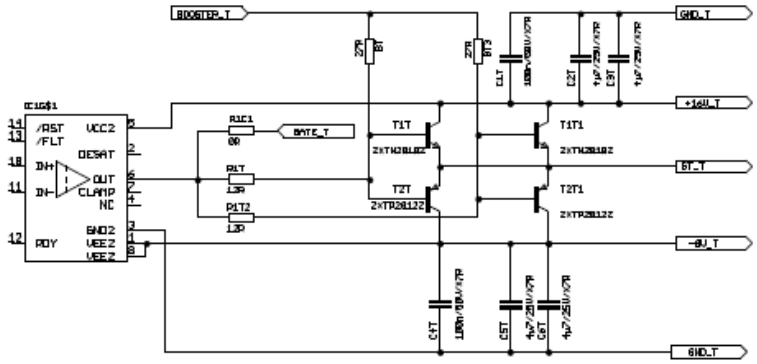


图 8 功率放大器的驱动输出级

栅极电阻连接在功率放大器和IGBT模块的栅极之间。第25页表5和第36页表7列出了这些电阻的建议值。对于某些模块，这些电阻取值0Ω，因此只需要一根跳线。如果电阻有要求，要注意选择的电阻应能承受重复脉冲功率，以避免电阻老化。

3.5 短路保护和有源钳位

评估驱动板的短路保护依赖于，1ED020I12-F 驱动芯片的引脚DESAT 上检测的电压是否高于9 V和有源钳位功能。由于采用这样工作模式，集-射极过压也能限制住。集-射极过压是由杂散电感引起的。

关断过程的电压过冲受杂散电感、电流、直流电压的影响。图9给出了用作欠饱和保护和有源钳位的部分电路。EconoDUAL™ 3 驱动板还有一个额外的二极管D1 ，以避免开通过程的旁路电流。

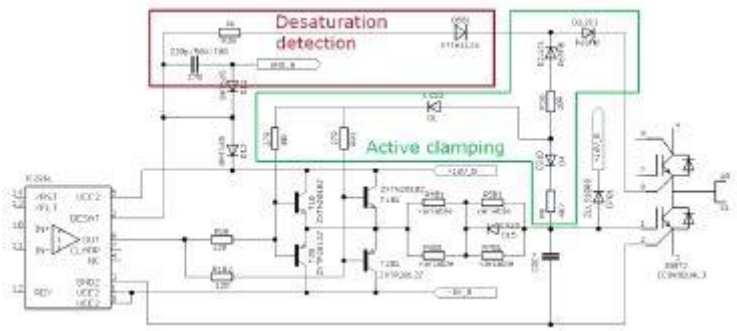


图 9 欠饱和检测和有源钳位

有源箝位是一种当IGBT关断时，抑制关断瞬态过电压低于临界极限值的技术。有源箝位的标准用法是用一串雪崩击穿二极管连接于IGBT模块的辅助集电极与门极之间。当集电极与发射极之间的电压超过二极管击穿电压时，二极管电流与驱动器输出的电流叠加在一起。此时由于IGBT门极-发射极电压升高，晶体管保持在有源工作区且关断过程延长。dI_C/dt变化率减缓限制了电压过冲。在二极管箝位工作限制过压的这一段时间内雪崩击穿二极管流过高峰值的电流。

室温下，在没有任何过电压限制措施条件下，FF600R12ME4 模块短路时的典型关断波形如图10a所示。室温下，在采用有源钳位电路下，FF600R12ME4 模块短路时的典型关断波形如图10b 所示。

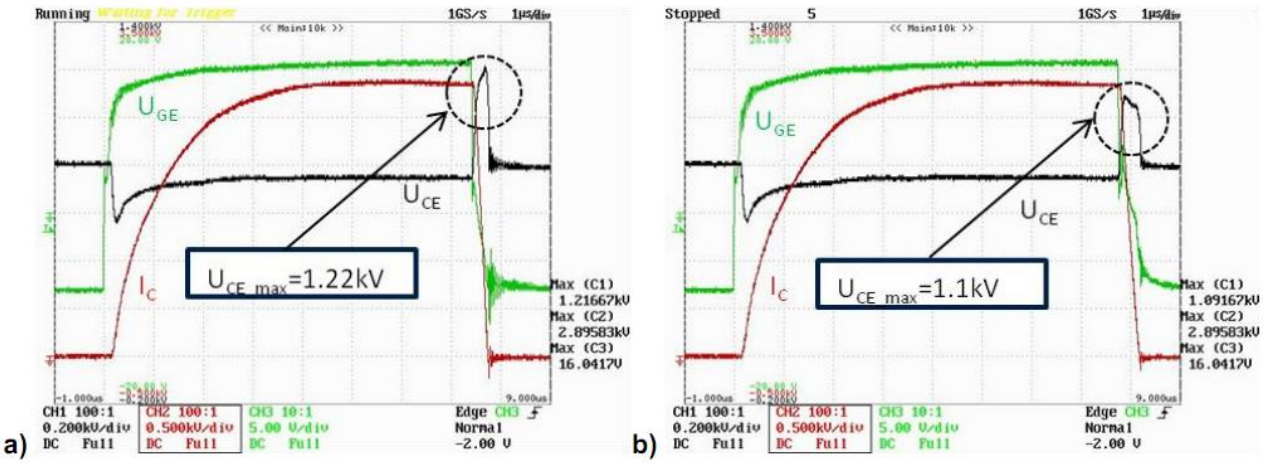


图 10 a) 没有有源钳位功能的短路波形 b) 采用了有源钳位功能的短路波形

3.6 故障输出

当发生短路时，1ED020I12-F 模块的欠饱和保护电路检测到IGBT 的电压增大并关断IGBT。低电平有效的故障信号传送到驱动器的初级侧。一个红色LED点亮，向外发出故障信号。只要驱动器没有复位信号，引脚 /FLT的状态就保持有效。引脚/FLT 的信号是低电平有效，相关的电路原理图如图11所示。

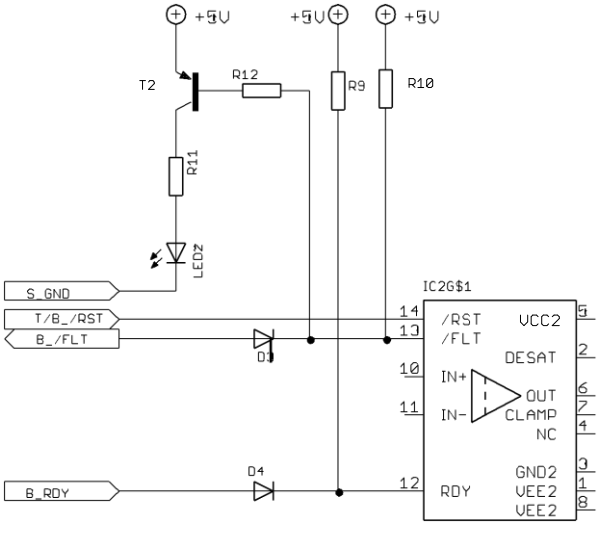


图 11 单个驱动器的故障输出电路

3.7 温度测量

基于内置在EconoPACK™ 4中的NTC,驱动板可以测量范围为-40° C-150° C的IGBT的基板温度。两个评估驱动板上的温度测量电路是采用Sigma /Delta转换器。因此，使用数字信号处理温度是有优势的,不需要特殊硬件电路，而且后续的数字信号处理误差低。用如图12所示的电路可以产生一个模拟信号。

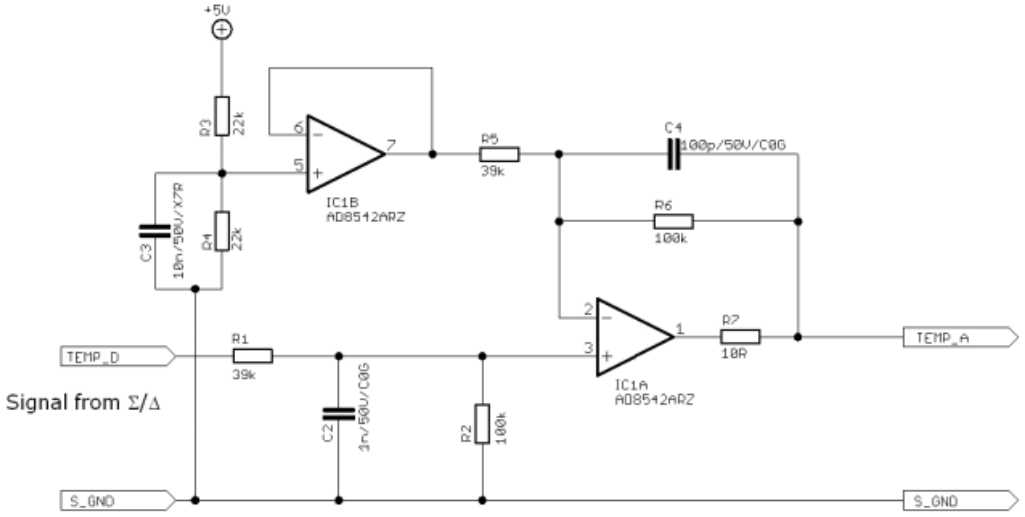


图12：将Σ/Δ数字信号转换成模拟电压的电路原理图

表 3 数字信号Σ/Δ转化为模拟信号电路的材料清单

类型	数量	数值	封装尺寸	元件名称	推荐厂商
电容	1	100n/50V/X7R	C0603	C1	
电容	1	1n/50V/C0G	C0603	C2	
电容	1	10n/50V/X7R	C0603	C3	
电容	1	100p/50V/C0G	C0603	C4	
运算放大器	1	AD8542ARZ	SOIC08	IC1	Analog Devices
电阻	2	39k	R0603	R1, R5	
电阻	2	100k	R0603	R2, R6	
电阻	2	22k	R0603	R3, R4	
电阻	1	10R	R0603	R7	

设计中使用的所有电子器件都是无铅的且满足260° C温度的焊接。电阻值的精度应该小于等于± 1 %，COG贴片电容值精度应该小于等于± 5 %，X7R贴片电容值精度应该小于等于± 10 %。

使用基板温度和热模型,可以估计模块的结温。热模型的复杂性取决于应用和散热条件以及有关精度和动态响应要求。在出现断路情况下，输出电压将低至0 V。输出电压和基板温度的之间关系如图13所示。

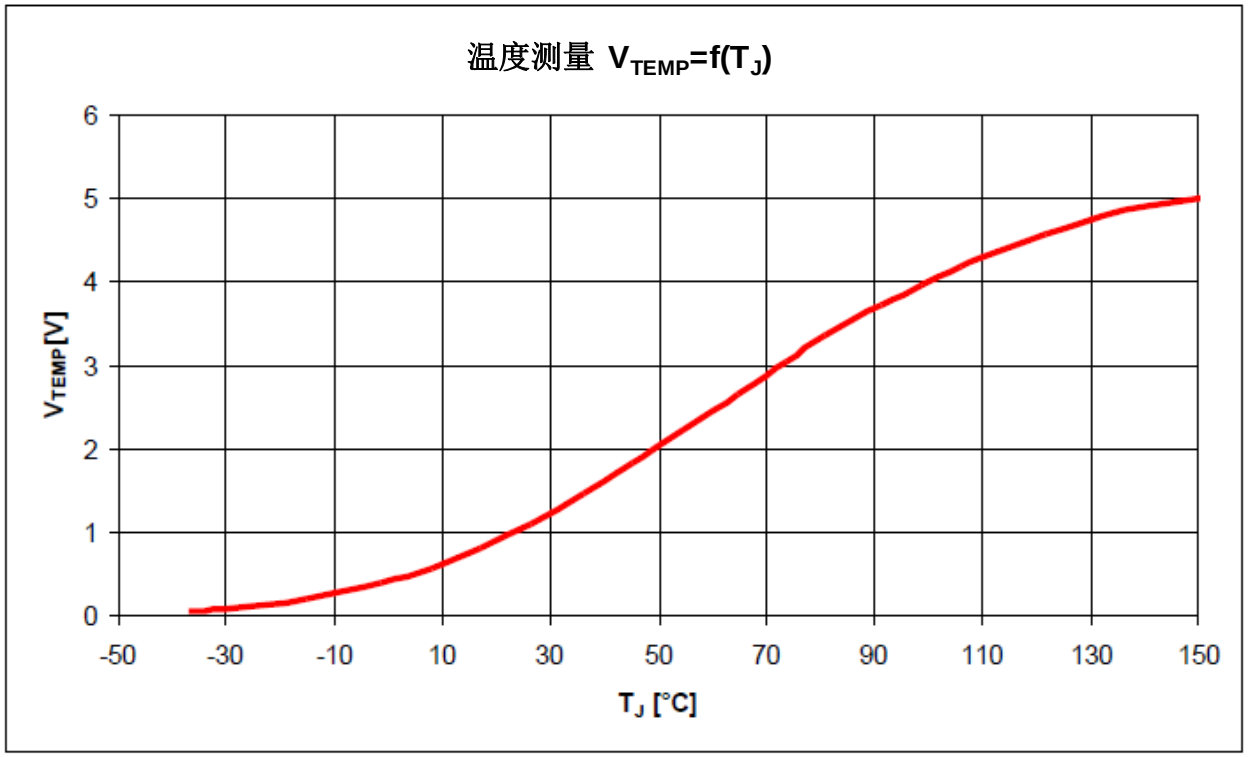


图 13　温度测量的特性

注意：不能通过检测温度来检测短路或短时过载，但是可以用于长期过载条件下以及冷却系统失效时保护模块。

4 开关损耗

用于本应用笔记测试开关损耗的实验条件与模块数据手册中给出的开关损耗特性数据的实验条件有以下三个区别：

1. 直流环节杂散电感：
   在本应用笔记测试中所有模块的直流环节电感近似为35 nH ，而不是器件数据手册特性参数的 35 nH 到 80 nH 之间。详情请见器件数据手册。 关于直流环节杂散电感对开关损耗影响的详细讨论请参考文献 [2]。
2. 栅极电压：
   评估驱动板提供-8 V 的栅极关断电压和16 V 的栅极开通电压，然而器件数据手册特性参数中是在驱动器提供 + /- 15 V 的栅极电压条件下测试的。
3. 栅极驱动器输出阻抗：
   在IEC 60747-9关于IGBT的特性描述中，使用的驱动器尽可能一个理想电压源。评估驱动板的驱动器输出级的选择受电路板空间和成本限制，因此驱动器输出阻抗不可能接近于0。

以上讨论的所有方面对模块的开关速度都有影响，因此对开关损耗也有影响。栅极电阻的选择应该使得开通时的 di/dt 与器件数据手册特性参数描述中的条件近似相同，然而开通损耗的差异始终存在。

4.1 开通损耗

模块的开通损耗与数据手册中给出的值相符。作为一个例子，EconoDUAL™ 3 FF450R12ME3 模块测出的开通损耗如图14所示。

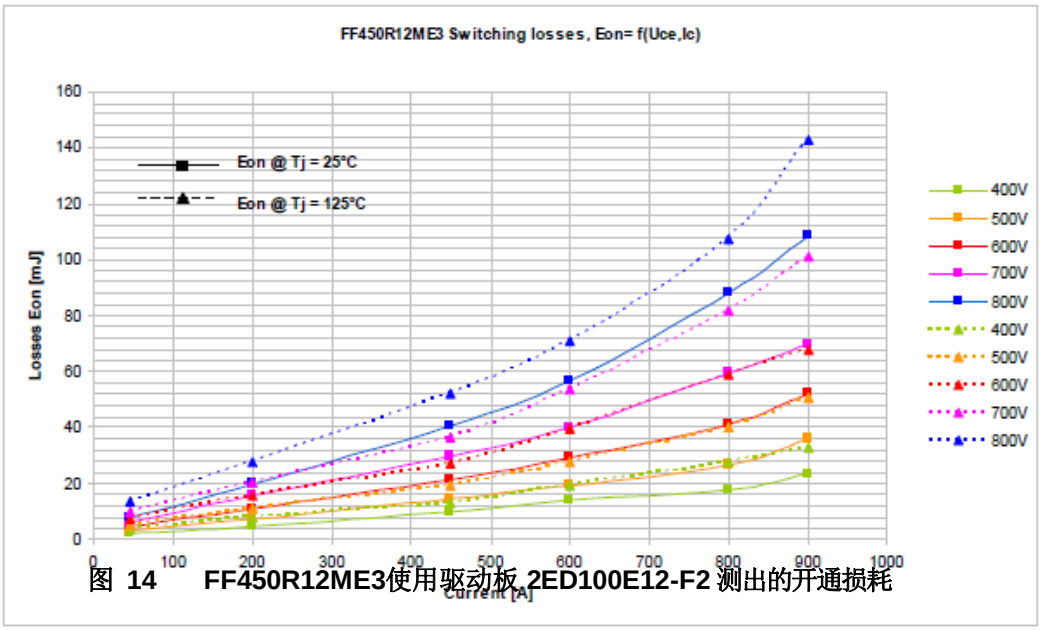


图 14 FF450R12ME3使用驱动板 2ED100E12-F2 测出的开通损耗

所设计的2ED100E12-F2驱动板也适用于驱动 IGBT4 模块。作为一个例子，图15给出了FF450R12ME4 模块测出的开通损耗。

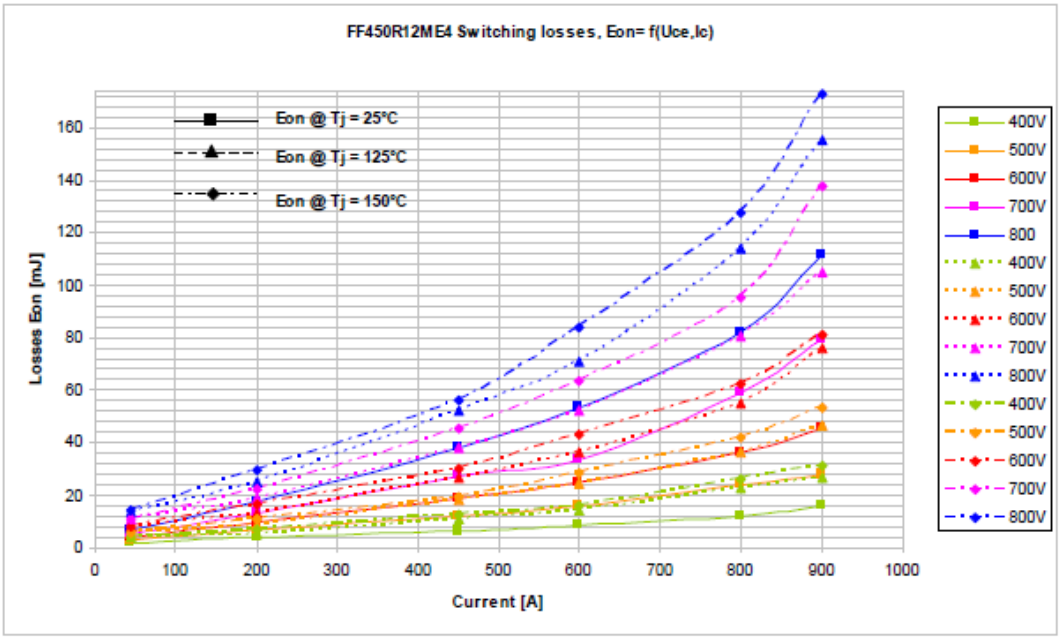
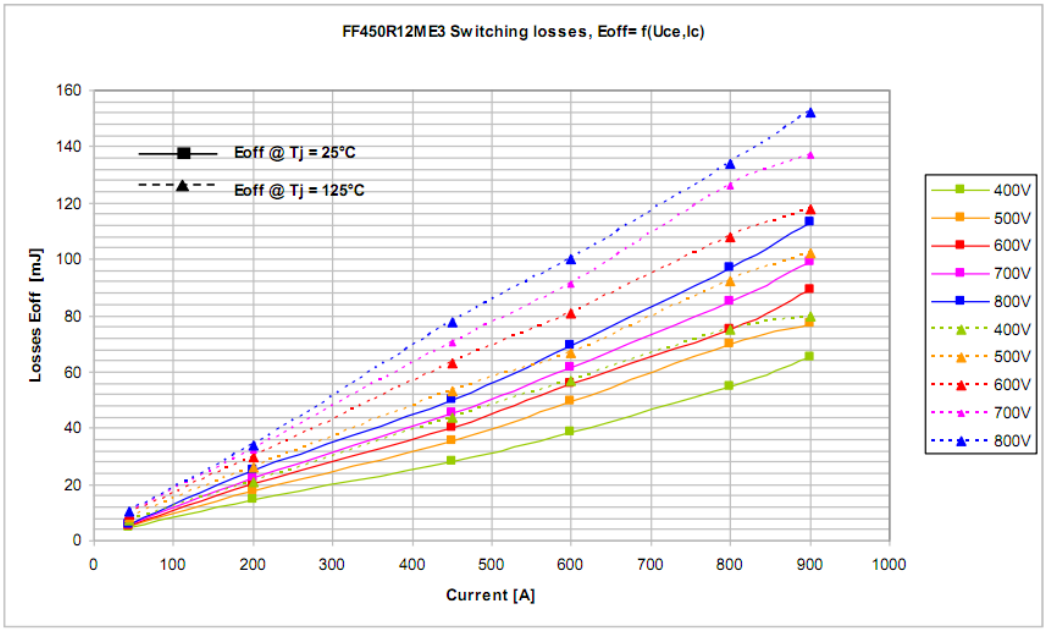


图 15 FF450R12ME4 使用驱动板 2ED100E12-F2 测出的开通损耗

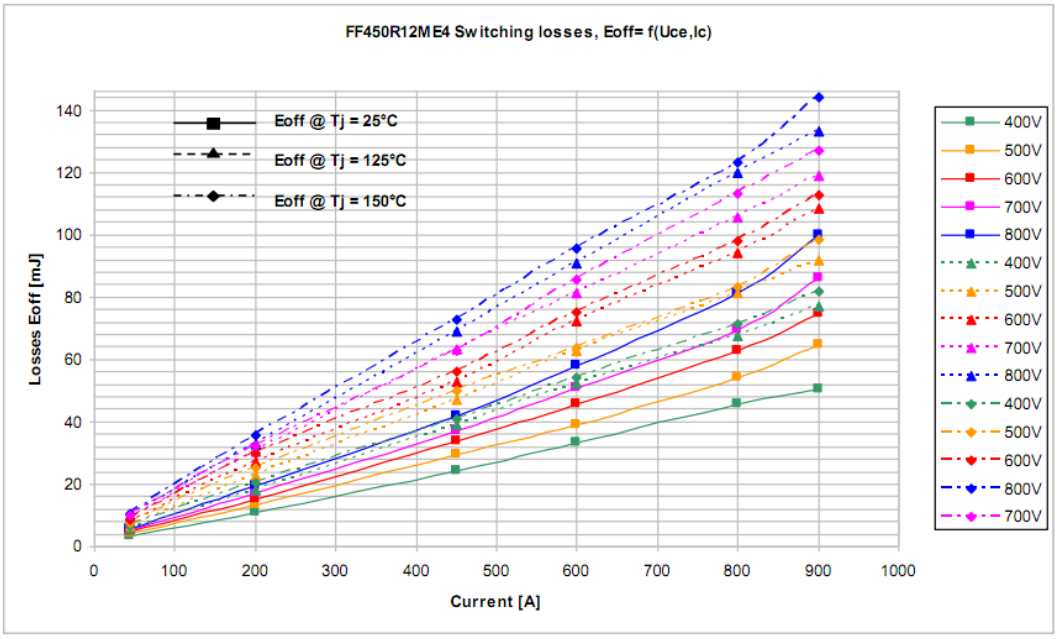
4.2 关断损耗

一般来讲，关断损耗随直流环节电压增大而线性增加。图16和17给出了测得的关断损耗与直流环节电压和电流的关系曲线，并证实了这一线性关系。



a)

图 16 FF450R12ME3 模块的关断损耗



b)

图 17 FF450R12ME4 模块的关断损耗

所有的损耗都是根据 IEC 60747-9 标准测出的。

5 EconoDUAL™ 3 电路板的电路原理图、布板和材料清单

两个驱动器板的设计都遵守以下规则，包括铜层厚度、绝缘板厚度，如图18 所示。



图 18 使用的铜层和绝缘层厚度

5.1 电路原理图

为了满足不同客户的要求，并且使EconoDUAL™3模块的评估驱动板在产品开发或改进中易于应用，本章节给出所有必需的技术性资料，包括电路原理图，PCB布板和器件清单等。

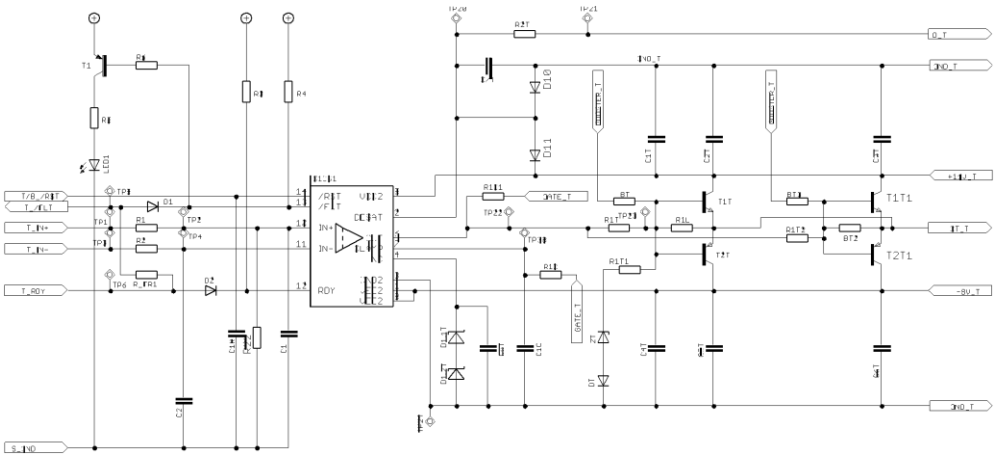


图 19 高端 IGBT 驱动器电路原理图

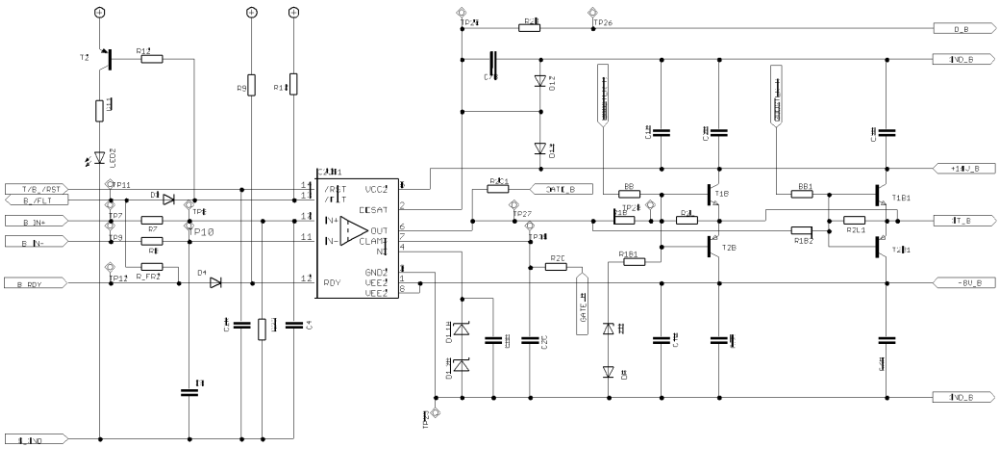


图 20 低端 IGBT 驱动器电路原理图

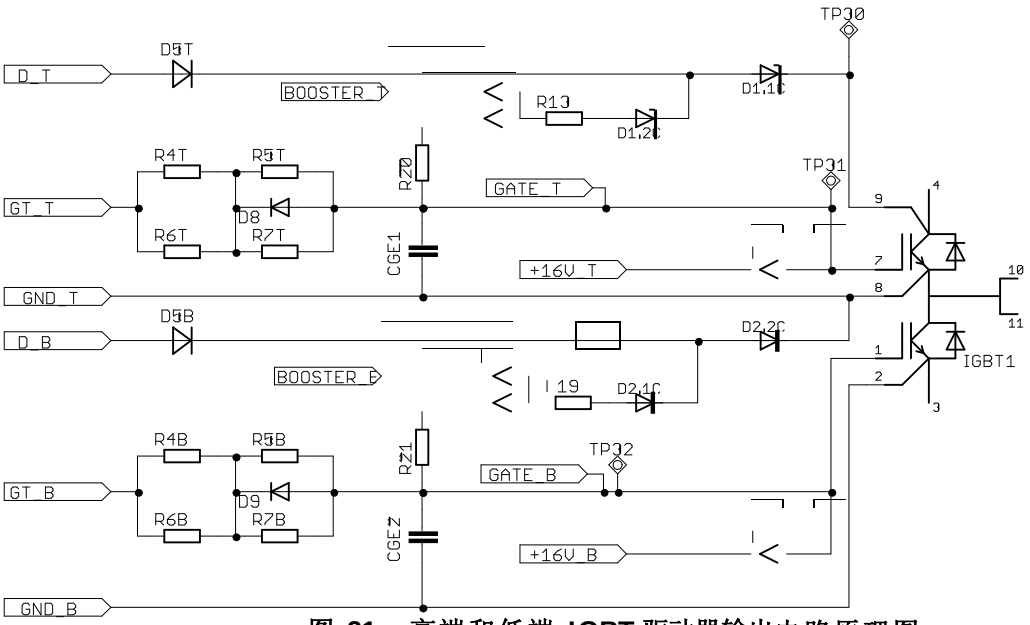


图 21　高端和低端 IGBT 驱动器输出电路原理图

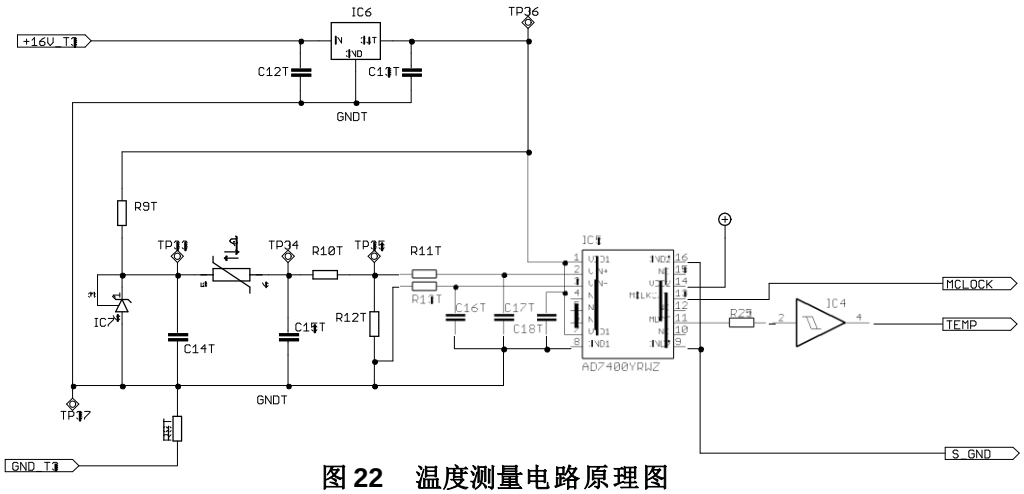


图 22　温度测量电路原理图

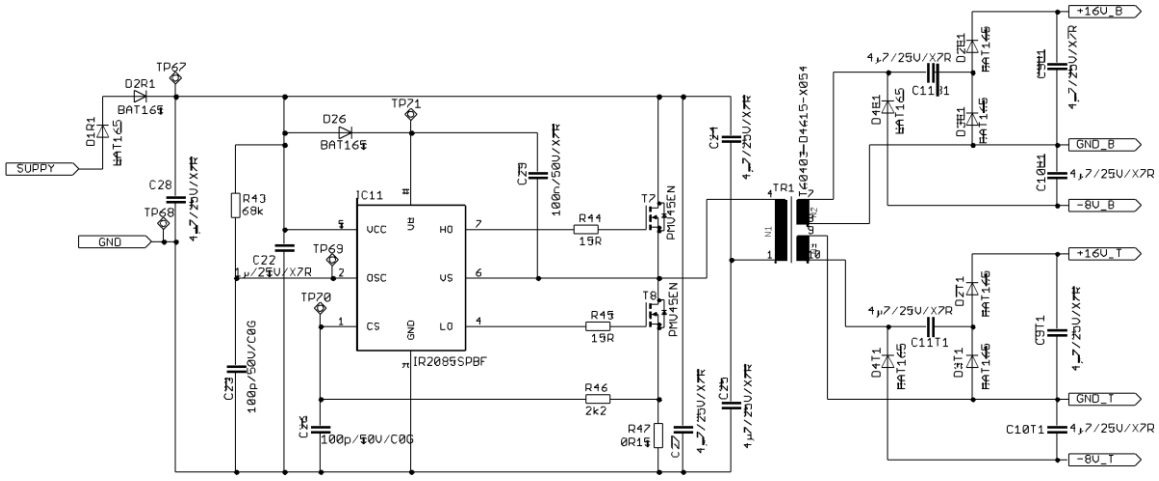


图 23　DC/DC 变换器电路原理图

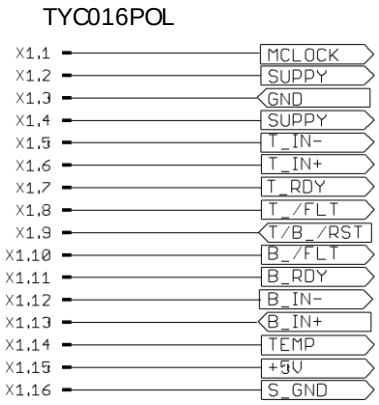


图 24　外部连接端子

5.2　装配图

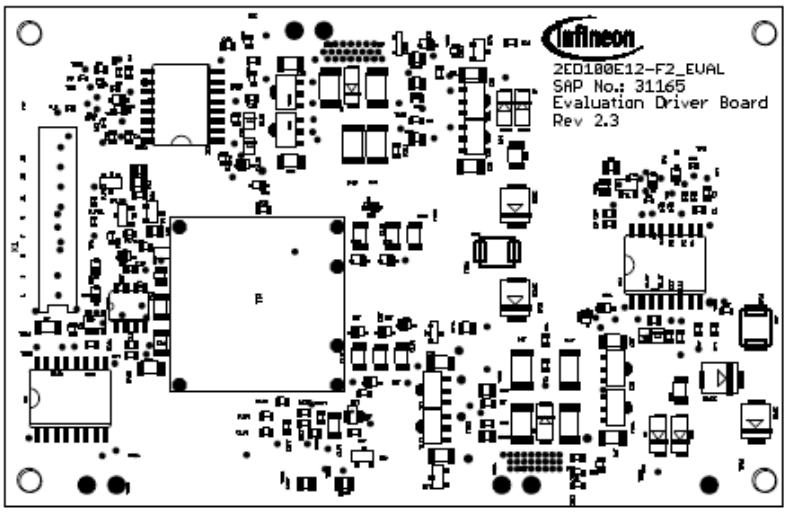


图　25　EconoDUAL™ 3 驱动板的器件布置图

5.3 布板

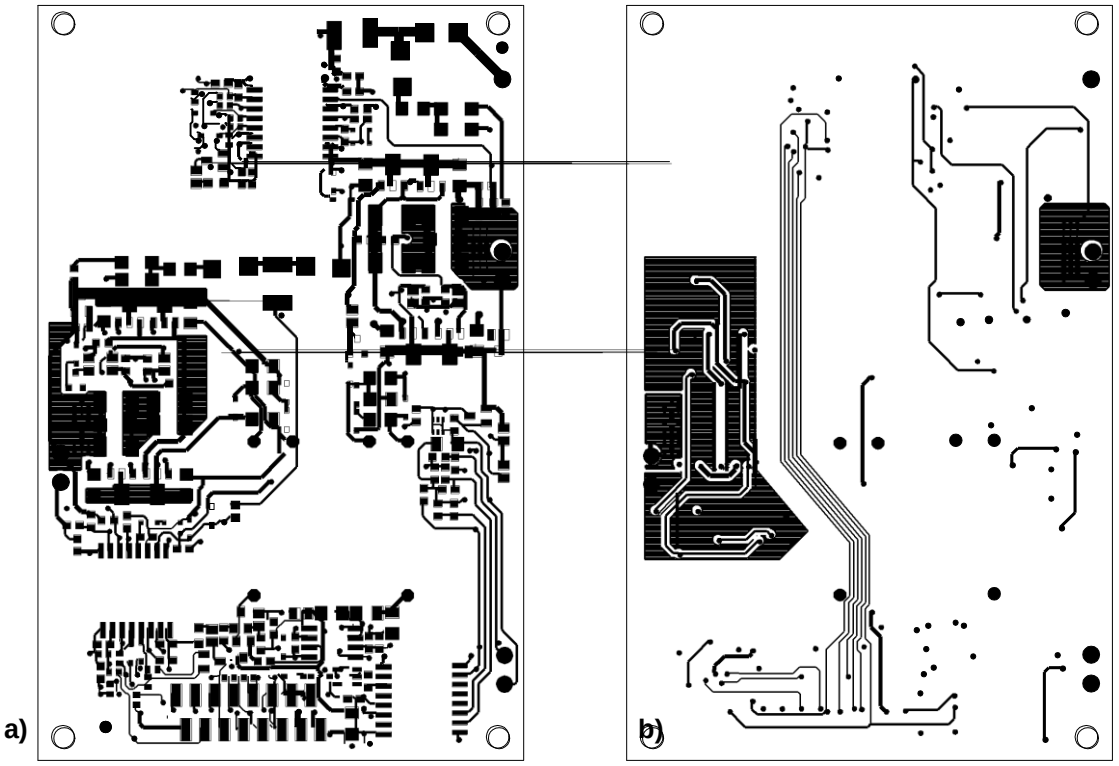


图 26 EconoDUAL™ 3 IGBT 驱动器 – a) 顶层布板 b)第 2 层布板

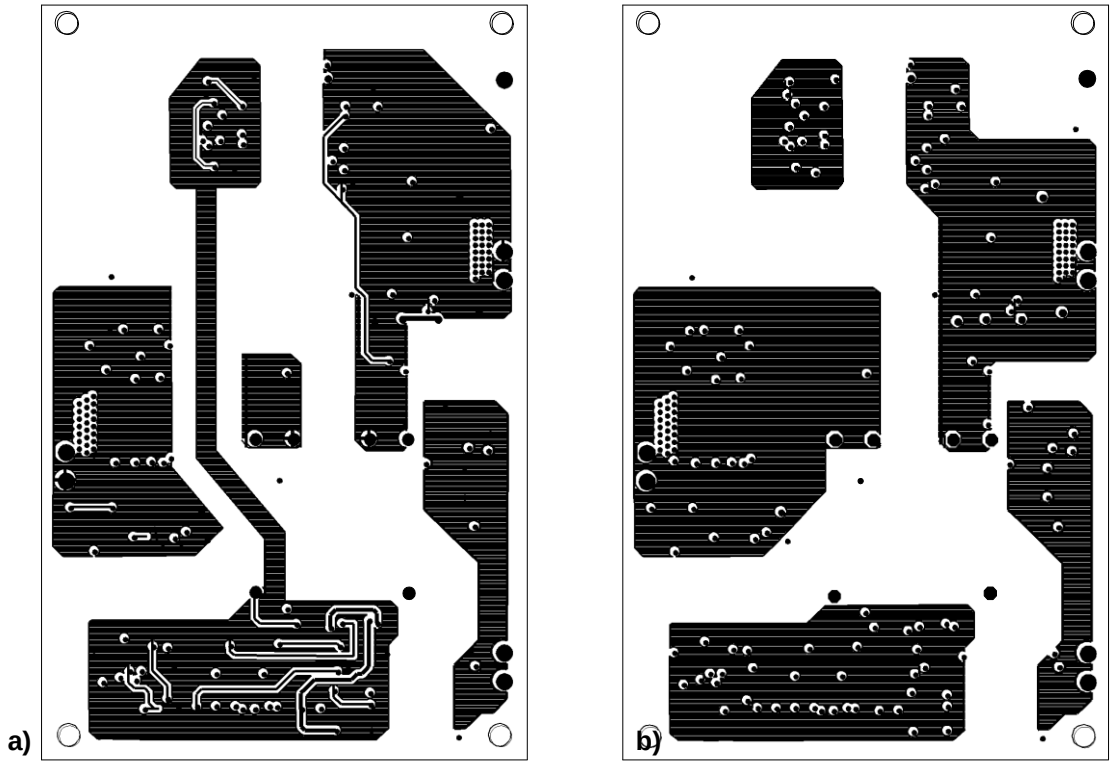


图 27 EconoDUAL™ 3 IGBT 驱动器 – a) 第3层布板 b) 底层布板

5.4 材料清单

该材料清单包含器件列表和装配的清单。外部栅极电阻没有给出，第6.5章才列出这些电阻值。
电阻值的精度应该小于等于± 1 %，COG贴片电容值精度应该小于等于± 5 %，X7R贴片电容值精度应该小于等于± 10 %。

表 4 EconoDUAL™ 3 驱动板的材料清单

类型	数量	数值/型号	封装	器件标号	建议产商	安装 与否	描述
电容	4	100p/50V/C0	C0603	C1,C4,C10,C12			
电容	9	100n/50V/X7R	C0603	C1B, C1T, C4B, C4T, C3, C6, C8, C13, C18T			
电容	2	.../50V/C0G	C0603	C1C,C2C		否	
电容	2	470p/50V/X7	C0603	C1R,C2R			
电容	5	10n/50V/X7R	C0603	C2, C5, C15T, C16T, C17T			
电容	19	4µ7/25V/X7R	C-EUC1206	C2B, C2T, C3B, C3T,C5B,C5T, C6B, C6T,C9B, C9T, C10B, C10T, C11B, C11T, C14T, C7, C14, C15,C16	Murata		
电容	2	220p/50V/C0	C0603	C7B,C7T			
电容	2	33p/50V/C0G	C0603	C8B,C8T		否	
电容	3	1µ/25V/X7R	C0805	C11,C12T,C13T			
电容	2	optional/50V/	C0603	CGE1,CGE2			
电容	1	TYCO16POL	TYCO16PO	X1	TYCO	否	
二极管	2	STTH112U	SOD6	D5B,D5T			
二极管	4	ES1	DO214AC	D6,D7,D8,D9			
二极管	2	ZLLS1000	SOT23	D7B,D7T			
驱动芯片	2	1ED020I12-F	P-DSO-16	IC1,IC2	Infineon		
半桥驱动芯片	1	IR2085SPBF	SO08	IC3	International Rectifier		
肖特基二极管	2	BAT165	SOD323R		Infineon	否	
隔离型Σ/Δ转换器	1	AD7400YRWZ	P-DSO-16	IC5			
LED	2		CHIP-LED0805	LED1, LED2			
电阻	4	27R	R0603	BB, BT, BB1, BT3			
电阻	4	10R	R0603	BT2,R1L,R2L,R2L1		否	
电阻	4		R0402	R1,R2,R7,R8			
电阻	4	12R	R0805	R1B,R1T,R1B2,R1T2	Vishay / CRCW080512R0FKEAHP		脉冲电阻

类型	数量	数值/型号	封装	器件标号	建议产商	安装 与否	描述
电阻	2	220R	R0805	R1B1,R1T1		否	
电阻	5	0R	R0603	R1C,R1C1,R2C,R2C1,R8T		否	
电阻	2	0R	R0402	R_FR1,R_FR2			
电阻	2	1k	R0603	R2B,R2T			
电阻	5	4k7	R0402	R3,R4,R9,R10,R_R			
电阻	2	4R7	R0603	R20,R21			
电阻	4	10k	R0402	R6,R12,R22,R23			
电阻	2	39R	R0805	R5,R11			
电阻	8	可变的	R2010	R4B, R4T, R5B, R5T, R6B, R6T, R7B, R7T	TT electronics	否	脉冲电阻
电阻	1	1k2	R0603	R9T			
电阻	1	820R	R0603	R10T			
电阻	3	2k2	R0603	R11T,R13T,R17			
电阻	1	270R	R0603	R12T			
电阻	2	10R	R1206	R13,R19			
电阻	2	15R	R0603	R15,R16			
电阻	1	68k	R0603	R14			
电阻	1	0R15	R0805	R18			
电阻	1	39k	R0603	R25			
施密特触发器	1	SN74LVC1G17DBVR	SOT23-5	IC4			
肖特基二极管	17	BAT165	SOD323R	D2B,D2R,D2T,D3, D3B,D3T,D4,D4B, D4T,D5,D10,D11, D12,D13,D1,	Infineon		
并联稳压器	1	TLV431BIDCKT	SC70-6L	IC7			
变压器	1	T60403-D4615-X054	D4615-X054	TR	Vacuum -		
晶体管	2	BC856	SOT23	T1,T2	Infineon		
晶体管	4	ZXTN2010Z	SOT89	T1B, T1B1, T1T, T1T1	Diodes		
晶体管	4	ZXTP2012Z	SOT89	T2B, T2B1, T2T, T2T1	Diodes	1	
功率TrenchMOS	2	PMV45EN	SOT23	T3,T4	philips		
瞬态电压抑制二极管	2	P6SMB440A	SMB	D1.1C,D2.1C	Vishay		
瞬态电压抑制二极管	2	P6SMB510A	SMB	D2.1C,D2.2C	Vishay		
稳压二极管	4	MM3Z5V6T1G	SOD323-R	D1.1B, D1.1T, D1.2B, D1.2T	On	否	
稳压器	1	ZMR500FTA	SOT23	IC6			
稳压二极管	2	BZX84-C11	SOT23	ZB,ZT		否	

5.5 栅极电阻清单

表 5 外部栅极电阻 R_{Gext}，所有封装都是 2010

模块	R_{Gon} [Ω□]	R_{Goff} [□Ω]	R4T, R4B, R6T, R6B	R5T, R5B, R7T, R7B	安装 与否
FF150R12ME3	5.6	3.7	7.5	3.7	否
FF150R12MS4	5.1	3.2	6.2	4	否
FF225R12MS4	3	1.5	3	3	否
FF225R12ME3	1.5	0	0	3	否
FF225R12ME4	0	0	0	0	否
FF300R12ME3	1.1	0	0	2.2	否
FF300R12ME4	0	0	0	0	否
FF300R12MS4	1.5	0.5	1	2	否
FF450R12ME3	1	0.25	0.5	1.5	否
FF450R12ME4	1	0	0	2	否
FF600R06ME3	2.0	1.25	2.5	1.5	否
FF600R12ME4	1.5	0.6	2.5	1.5	否

6 EconoPACK™ + 电路板的电路原理图、布板和材料清单

为了满足不同客户的要求，并且使EconoPACK™+ 模块的评估驱动板在产品开发或改进中易于应用，本章节给出所有必需的技术性资料，包括电路原理图，PCB布板和器件清单等。
电阻值的精度应该小于等于± 1 %，COG贴片电容值精度应该小于等于± 5 %，X7R贴片电容值精度应该小于等于± 10 %。

6.1 电路原理图

在 EconoDUAL™ 3 和 EconoPACK™ + 评估驱动板中，所有半桥的高端和低端驱动器电路原理图（包括供电电路）是相似的。因此只需要描述 EconoDUAL™ 3 的电路原理图。

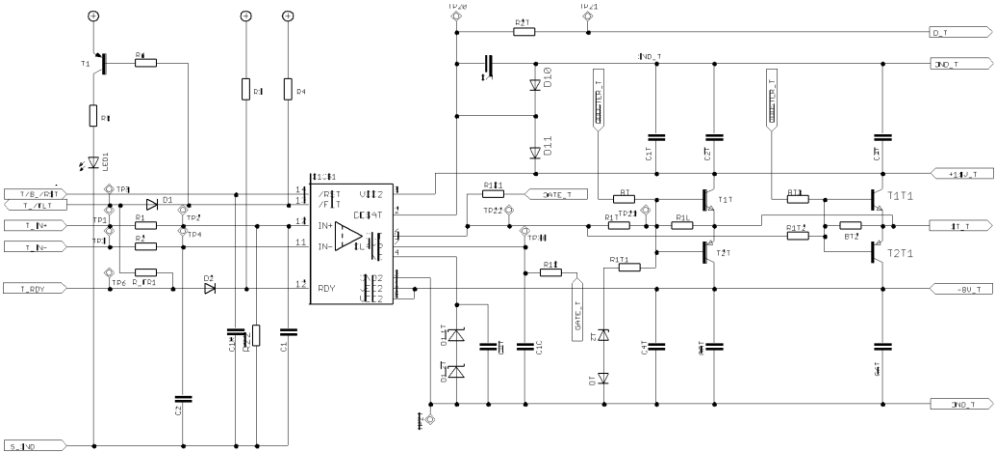


图 28 高端 IGBT 驱动器原理图

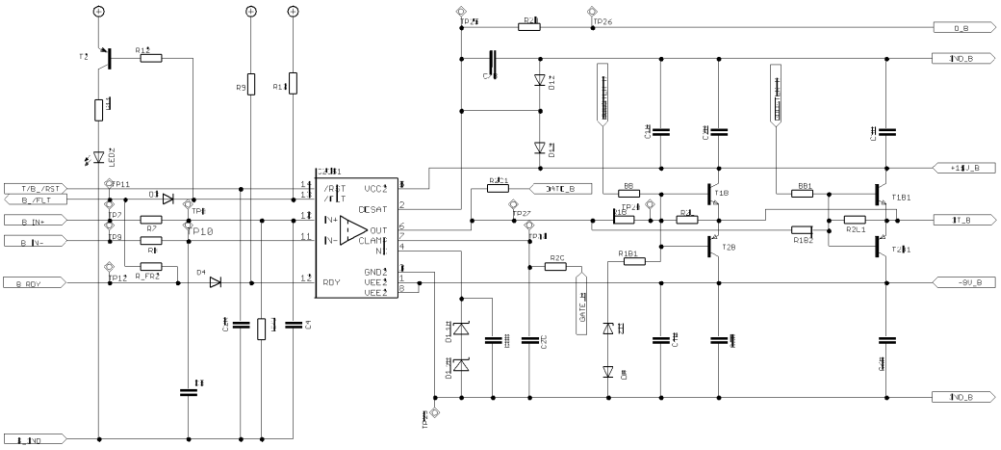


图 29 低端 IGBT 驱动器原理图

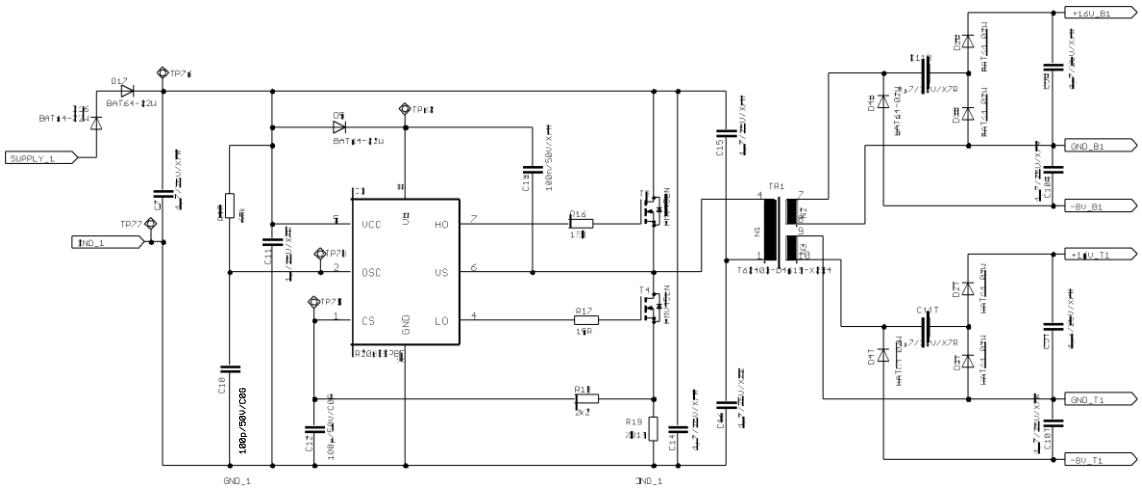


图 30　DC/DC 变换器原理图

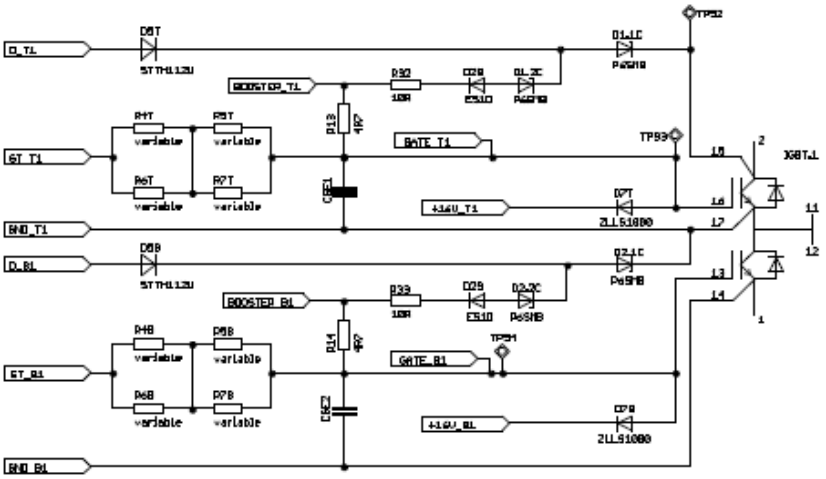


图 31　高端和低端 IGBT 驱动器输出

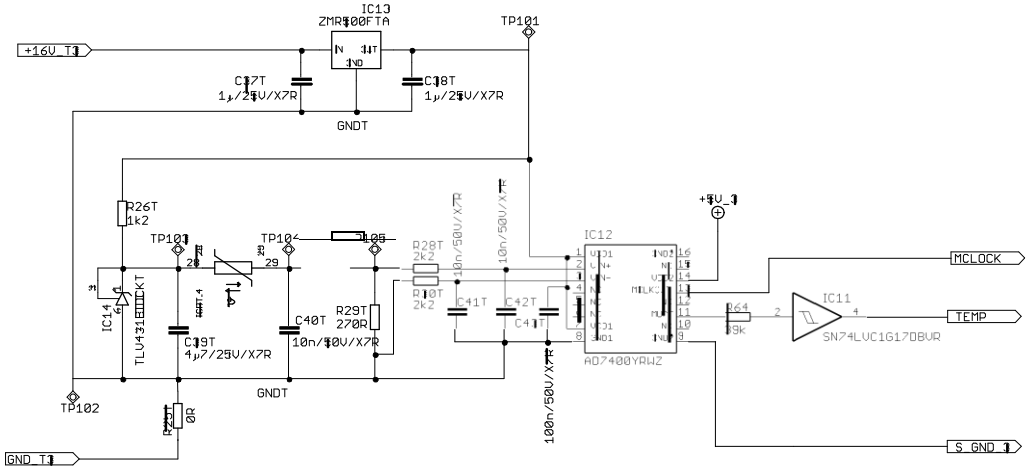


图 32　温度测量电路原理图

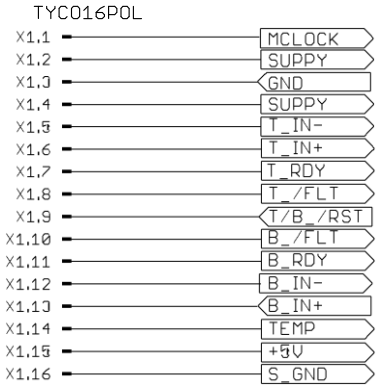


图 33 连接端子

6.2 装配图

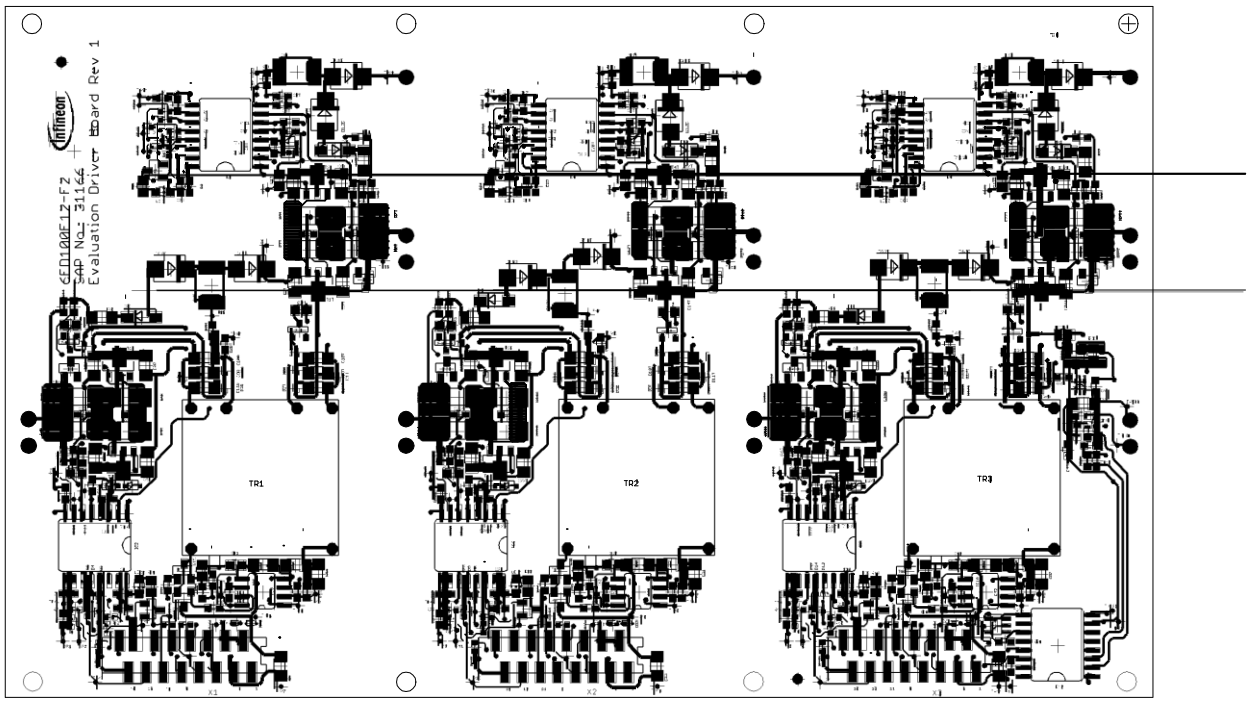


图 34 EconoPACK™ + 驱动板的器件布置图

想要看清楚器件布置图的详细信息，请用您的的PDF阅读器放大。

6.3 布板

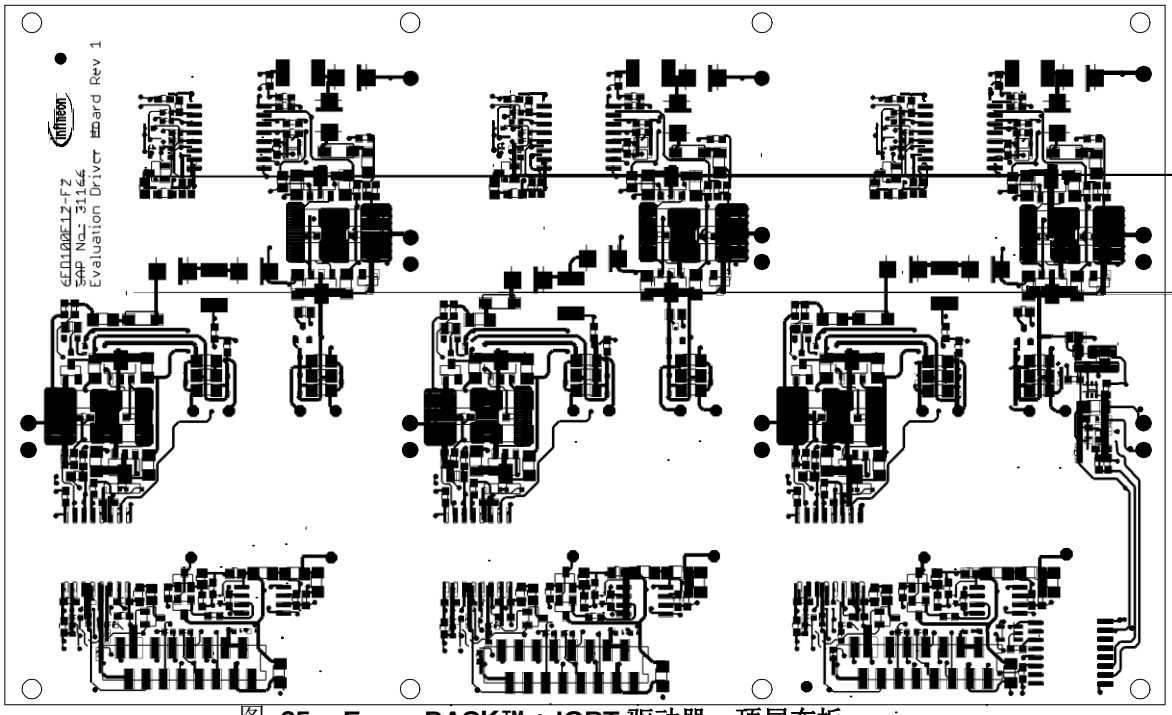


图 35 EconoPACK™ + IGBT 驱动器 – 顶层布板

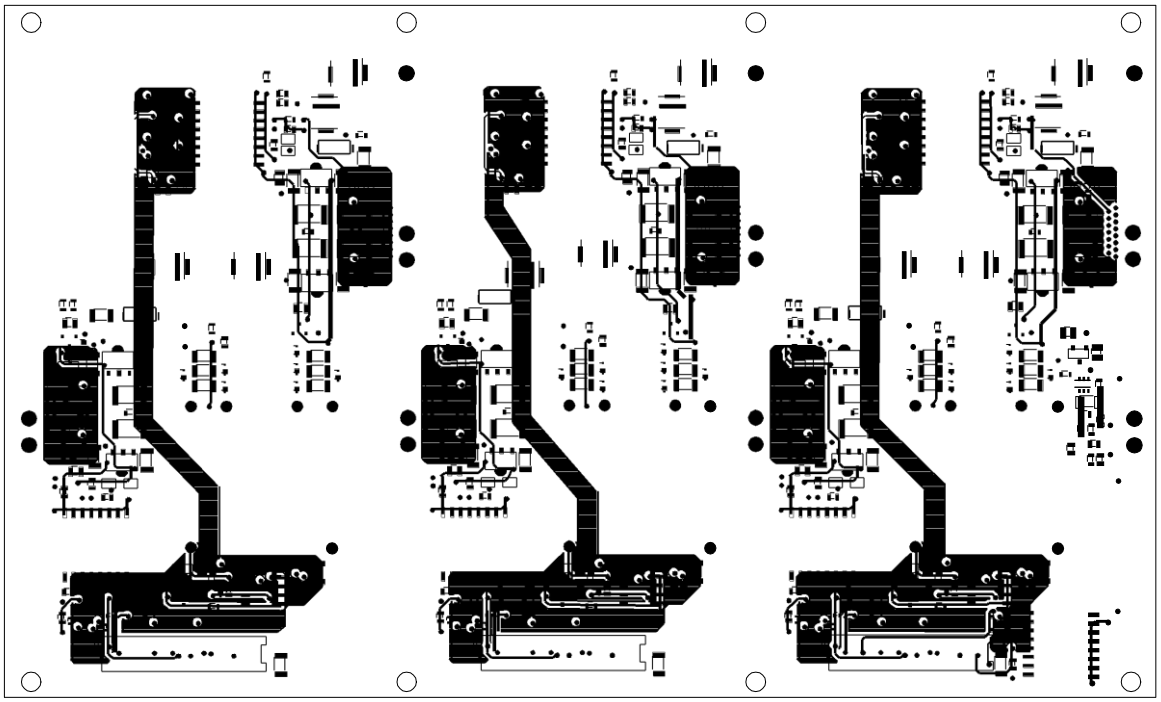


图 36 EconoPACK™ + IGBT 驱动器 – 第二层布板

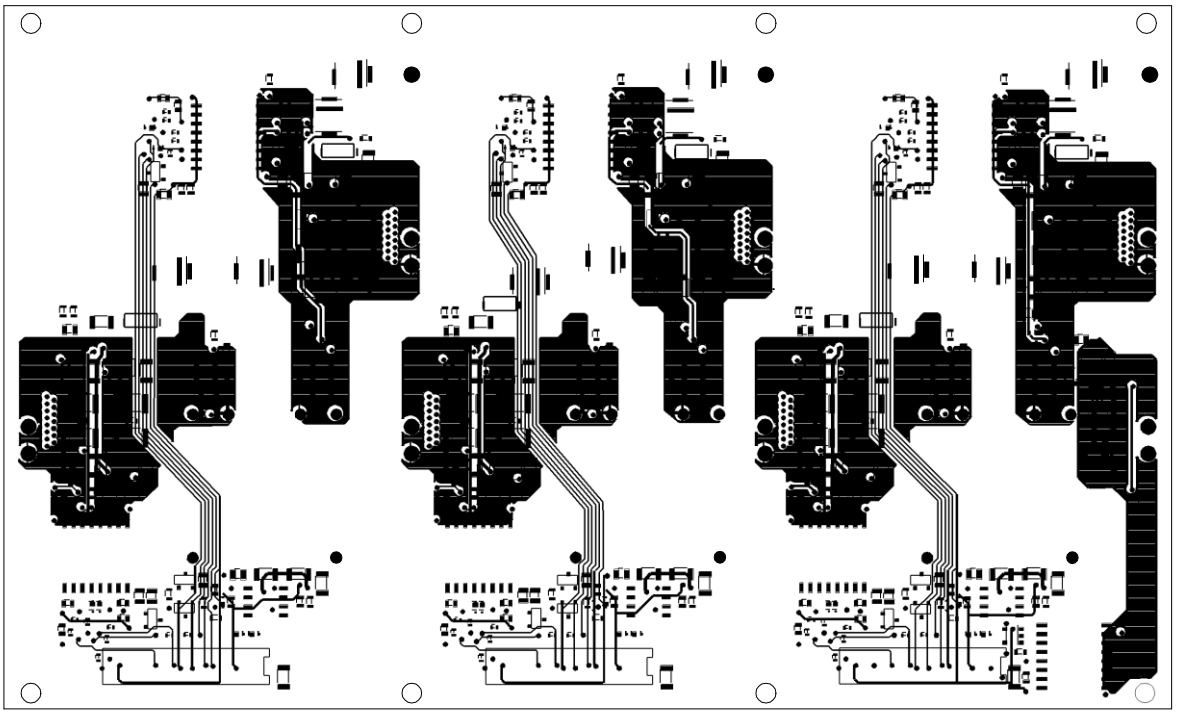


图 37 EconoPACK™ + IGBT 驱动器 – 第三层布板

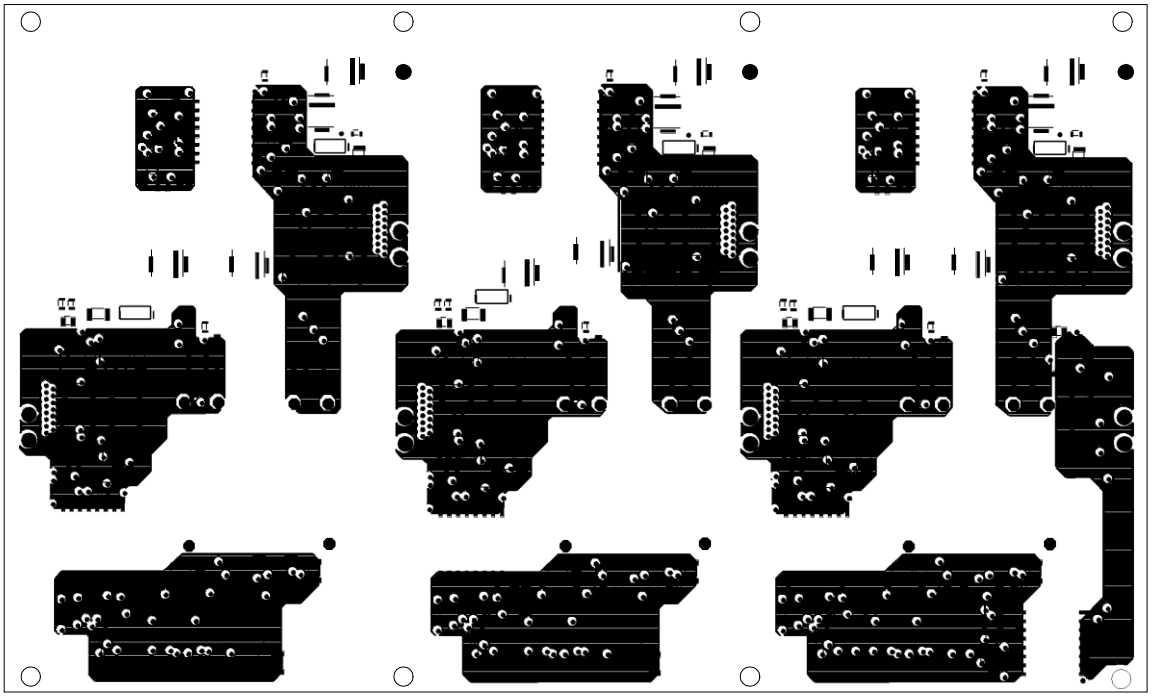


图 38 EconoPACK™ + IGBT 驱动器 – 底层布板

6.4 材料清单

该材料清单包含器件列表和装配的清单。外部栅极电阻没有给出，第33页表7才有列出这些电阻值。
电阻值的精度应该小于等于± 1 %，COG贴片电容值精度应该小于等于± 5 %，X7R贴片电容值精度应该小于等于± 10 %。

表 6 EconoPACK™ + 驱动板的材料清单

类型	数量	数值/型号	封装	器件标号	建议产商	安装 与否
电容	6	.../50V/C0G	C0603	C1C, C2C, C3C, C4C, C5C, C6C		否
电容	9	10n/50V/X7R	C0603	C2, C5, C18, C21, C34, C37, C40T, C41T, C42T		
电容	6	33p/50V/C0G	C0603	C8B, C8T, C20B, C20T, C32B, C32T		否
电容	23	100n/50V/X7R	C0603	C1B, C1T, C3, C4B, C4T, C6, C13, C13B, C13T, C16B, C16T, C19, C22, C25B, C25T, C28B, C28T, C29, C35, C38, C43T, C45, C49		
电容	12	100p/50V/C0G	C0603	C1, C4, C10, C12, C17, C20, C26, C28, C33, C36, C42, C44		
电容	6	220p/50V/C0G	C0603	C7B, C7T, C19B, C19T, C31B, C31T		
电容	6	470p/50V/X7R	C0603	C1R, C2R, C3R, C4R, C5R, C6R		
电容	6	optional/50V/C0G	C0603	CGE1, CGE2, CGE3, CGE4, CGE5, CGE6		否
电容	5	1µ/25V/X7R	C0805	C11, C27, C37T, C38T, C43		
电容	55	4µ7/25V/X7R	C1206	C2B, C2T, C3B, C3T, C5B, C5T, C6B, C6T, C7, C9B, C9T, C10B, C10T, C11B, C11T, C14, C14B, C14T, C15, C15B, C15T, C16, C17B, C17T, C18B, C18T, C21B, C21T, C22B, C22T, C23, C23B, C23T, C26B, C26T, C27B, C27T, C29B, C29T, C30, C30B, C30T, C31, C32, C33B, C33T, C34B, C34T, C35B, C35T, C39, C39T, C46, C47,	Murata	
变压器	3	T60403-D4615-X054	D4615-X054	TR1, TR2, TR3	Vacuum-schmelze	

类型	数量	数值/型号	封装	器件标号	建议产商	安装与否
LED	6	LEDCHIP-	LED0805	LED1, LED2, LED3, LED4, LED5, LED6		
肖特基二极管	39	BAT64-02W	SCD80	D1, D2, D2B, D2T, D3, D3B, D3T, D4, D4B, D4T, D5, D6, D7, D8, D9, D9B, D9T, D10, D10B, D10T, D11, D11B, D11T, D12, D13, D14, D15, D16, D16B, D16T, D17, D17B, D17T,	Infineon	
整流二极管	6	ES1D	DO214AC	D28, D29, D30, D31, D32, D33		
二极管	6	BAT64-02W	SCD80	DB1, DB2, DB3, DT1, DT2, DT3	Infineon	否
瞬态电压抑制二极管	6	P6SMB/440V	SMB	D1.1C, D2.1C, D3.1C, D4.1C, D5.1C, D6.1C,		
瞬态电压抑制二极管	6	P6SMB/510V	SMB	D1.2C, D2.2C, D3.2C, D4.2C, D5.2C, D6.2C		
二极管	6	STTA112U	SOD6	D5B, D5T, D12B, D12T, D19B, D19T		
稳压二极管	12	MM3Z5V6T1G	SOD323-R	D1.1B, D1.1T, D1.2B, D1.2T, D8.1B, D8.1T, D8.2B, D8.2T, D15.1B, D15.1T, D15.2B, D15.2T	On Semiconductor	否
稳压二极管	6	BZX84-C11	SOT23	ZB1, ZB2, ZB3, ZT1, ZT2, ZT3		否
二极管	6	ZLLS1000	SOT23	D7B, D7T, D14B, D14T, D21B, D21T	Diodes	
驱动芯片	6	1ED020I12-F	P-DSO-16	IC1, IC2, IC5, IC6, IC8, IC9		
半桥驱动芯片	3	IR2085SPBF	SO08	IC3, IC7, IC10	International Rectifier	
施密特触发器	1	SN74LVC1G17DBVR	SOT23-5	IC11		
隔离型Σ/Δ转换器	1	AD7400YRWZ	P-DSO-16	IC12	Analog Devices	
稳压器	1	ZMR500FTA	SOT23	IC13		
并联稳压器	1	TLV431BIDCKT	SC70-6L	IC14		

类型	数量	数值/型号	封装	器件标号	建议产商	安装与否
电阻	6	0R	R0402	R_FR1, R_FR2, R_FR3, R_FR4, R_FR5, R_FR6		
电阻	15	4k7	R0402	R_R1, R_R2, R_R3, R3, R4, R9, R10, R22, R23, R28, R29, R41, R42, R47, R48		
电阻	6	10k	R0402	R6, R12, R25, R31, R44, R50		
电阻	12	100R	R0402	R1, R2, R7, R8, R20, R21, R26, R27, R39, R40, R45, R46		
电阻	6	0R	R0603	R1C1, R2C1, R3C1, R4C1, R5C1, R6C1		否
电阻	6	27R	R0603	BB1, BB2, BB3, BT1, BT2, BT3		
电阻	6	1k	R0603	R2B, R2T, R10B, R10T, R18B, R18T		
电阻	1	1k2	R0603	R26T		
电阻	5	2k2	R0603	R18, R28T, R30T, R37, R56		
电阻	6	4R7	R0603	R13, R14, R51, R52, R60, R61		
电阻	6	10R	R0603	R1L, R2L, R3L, R4L, R5L, R6L		否
电阻	6	15R	R0603	R16, R17, R35, R36, R54, R55		
电阻	1	39k	R0603	R64		
电阻	3	68k	R0603	R15, R34, R53		
电阻	1	270R	R0603	R29T		
电阻	1	820R	R0603	R27T		
电阻	3	0R15	R0805	R19, R38, R57		
电阻	7	0R	R0603	R1C, R2C, R3C, R4C, R5C, R6C, R25T		否
电阻	6	12R	R0805	R1B, R1T, R9B, R9T, R17B, R17T		
电阻	6	39R	R0805	R5, R11, R24, R30, R43, R49		
电阻	6	220R	R0805	R1B1, R1B2, R1B3, R1T1, R1T2, R1T3		否
电阻	6	10R	R1206	R32, R33, R58, R59, R62, R63		
电阻	24	可变的	R2010	R4B, R4T, R5B, R5T, R6B, R6T, R7B, R7T, R12B, R12T, R13B, R13T, R14B, R14T, R15B, R15T, R20B, R20T, R21B,	TT electronics	否：见表8

类型	数量	数值/型号	封装	器件标号	建议产商	安装 与否
晶体管	6	BC856	SOT23	T1, T2, T5, T6, T9, T10		
	6	PMV45EN	SOT23	T3, T4, T7, T8, T11, T12	Philips	
晶体管	6	ZXTN2010Z	SOT89	T1B, T1T, T3B, T3T, T5B, T5T	Diodes	
晶体管	6	ZXTP2012Z	SOT89	T2B, T2T, T4B, T4T, T6B, T6T	Diodes	
连接端子	3	8-188275-6	16POL	X1, X2, X3	Tyco	

6.5 栅极电阻清单

表 7 外部栅极电阻 R_{Gext} 如下所示，所有封装都是 2010

模块	R_{Gext} [Ω]	R4T, R4B, R6T, R6B R12T, R12B, R14T, R14B R20T, R20B, R22T, R22B [Ω]	R5T, R5B, R7T, R7B R13T, R13B, R15T, R15B R21T, R21B, R23T, R23B [Ω]
FS150R12KE3G	8.2	5.6	5.6
FS225R12KE3	3.3	1.5	1.5
FS300R12KE3	2.4	1.1	1.1
FS450R12KE3	1.6	1	1

7 如何订购评估驱动板

每一套驱动电路评估板都有自己的IFX订购编号，可通过您的英飞凌销售合作伙伴订购。
在英飞凌网页www.infineon.com 上可以找到有关信息。
根据您的要求，电路板的CAD数据也可为您提供。使用这些数据将受本应用手册中的免责声明保护。
请您联系: WAR-IGBT.Application@infineon.com

EconoDUAL™3 评估驱动板的IFX订单号： 31165
EconoPACK™+ 评估驱动板的IFX订单号： 31166

8 参考文献

[1] Infineon Technologies AG, AN2007-04, 'How to calculate and to minimize the dead time requirement for IGBTs properly', V1.0, May 2007, www.infineon.com

[2] Bäßler, M., Ciliox A., Kanschat P., 'On the loss – softness trade-off: Are different chip versions needed for softness improvement?' PCIM Europe 2009, Nuremberg, May 2009