应用笔记 AN 2011-03 V1.0
June 2011

AN2011-03 F3L020E07-F-P_EVAL

在 NPC1 拓扑内采用 1ED020I12-F 门极驱动芯片的 EconoPACK™ 4-3 电平模块评估驱动板

IFAG IMM INP M AE

www.infineon.com

版本 2011 年 6 月 1 日
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 EconoPACK™4 3-Level Modules in NPC1-Topology with 1ED020I12-F gate driver IC】。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 Modules, Discs and Systems】

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 2010-03
修订记录：日期（2011 年 6 月 1 日），V1.0
先前版本：无
主题：无

作者：Alain Siani（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]

1 引言....4
1.1 产品型号说明....5
2 设计特点....5
2.1 关键数据....6
3 引脚分配....7
3.1 机械尺寸....10
4 评估板功能....10
4.1 电源....10
4.2 输入级....11
4.3 短路检测....12
4.4 输出级....12
5 并联....13
6 温度测量....14
7 电路原理图和布板....16
7.1 电路原理图....16
7.2 电路布板....18
8 F3L020E07-F-P_EVAL 的材料清单....21
9 如何订购评估驱动板....22
10 参考文献....22

上述电路板仅专用于实验室环境。其工作于高压条件下，高压侧与板上的任何部分之间均没有电气隔离，该电路板应由熟悉所有安规的经过认证的、专业的人员操作。

1 引言

图 1 所示 3 电平 EconoPACK™4 模块的评估适配器板 F3L020E07-F-P_EVAL 是为了帮助用户在使用 EconoPACK™4 3-电平模块进行初步设计应用而开发的。这一评估板是模块驱动板 MA3L080E0_EVAL[1] 的补充设计，或者可以作为用户已有驱动方案的补充部分。关于三电平拓扑的更多细节，请参考文献[1]。

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。

F3L020E07-F-P_EVAL 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。

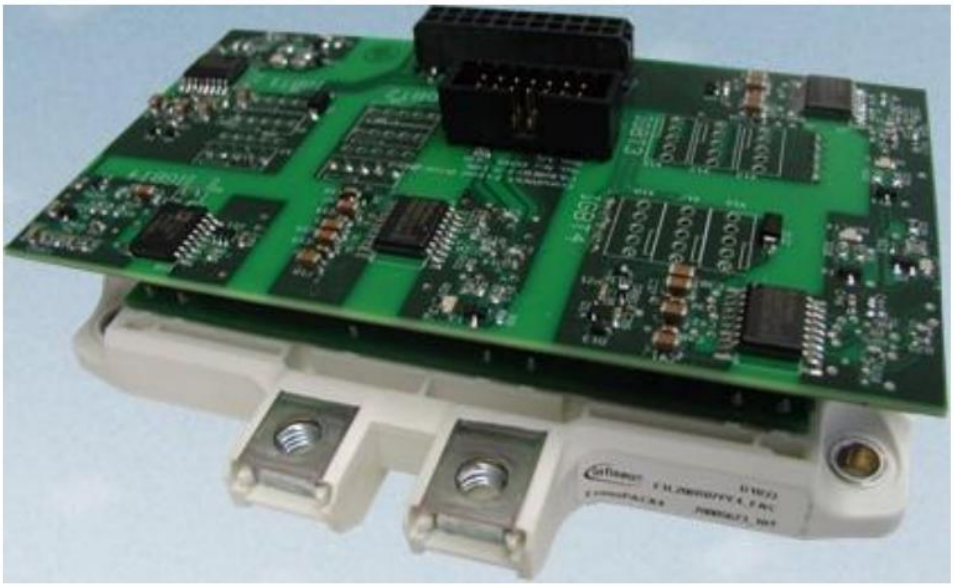
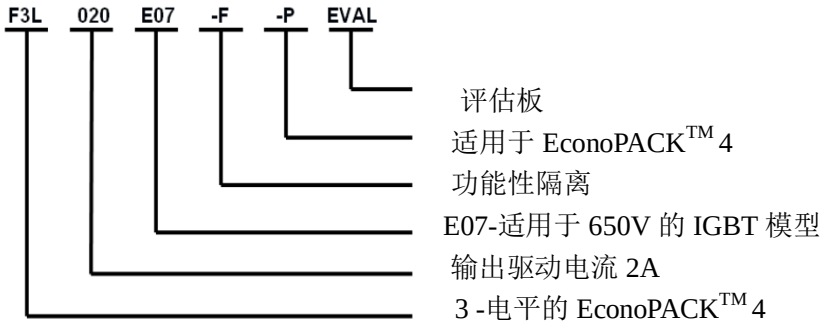


图 1：评估驱动板 F3L020E07-F-P_EVAL，适配器板和 EconoPACK™ 4 3-电平模块的评估套件

[1] 用于 EconoPACK™ 4 的评估适配器板 AN2011-04

1.1 产品型号说明



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。

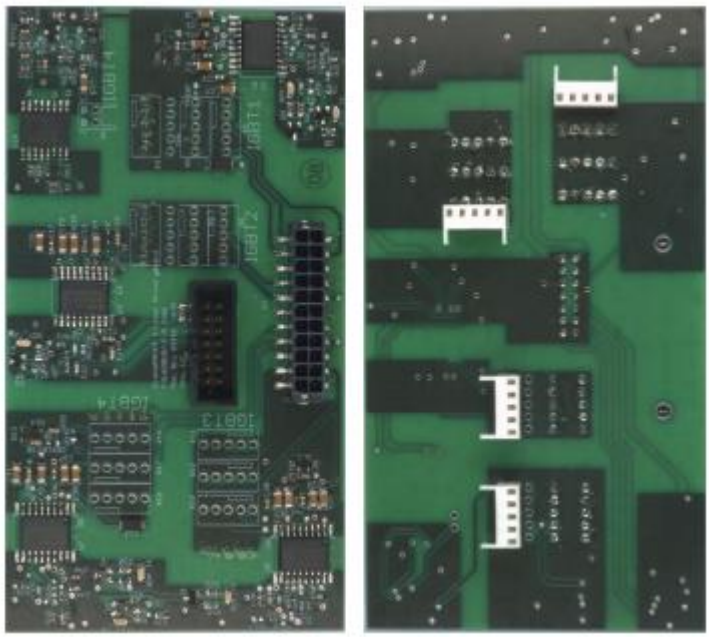


图 2： 用于 EconoPACK™4 3-电平模块的评估驱动板 F3L020E07-F-P_EVAL

如图 2 所示的 F3L020E07-F-P_EVAL 驱动板提供了四个独立的通道用于驱动 IGBT。该板是基于英飞凌的 1ED020I12-F 无磁芯变压器驱动 IC。

该板可作为单一功率模块的驱动器或作为三个并联的 IGBT 模块主要驱动器。该评估板 开发用于与安装在 3-电平 EconoPACK™ 4 模块上的 MA3L080E07_EVAL 评估适配器一起使用。F3L020E07-F-P_EVAL 板提供了：

- 采用无芯变压器技术实现了功率电路和逻辑控制电路之间的功能性电气隔离
- 短路保护和欠压锁定（UVLO）
- 两个 IGBT 的有源钳位保护是直接连接到直流母线上的
- 驱动器副边的双极性电源为+15V/-8V
- 隔离的 IGBT DCB 温度测量
- 对于 PWM、RDY 和/FLT 信号为 5V CMOS 正或负输入逻辑电平。

2.1 关键数据

表 1 中给出的关键数据和特征值，这些典型值是在环境温度 T_{amb}= 25°C 时测得的。

表 1：电气参数

参数	说明	参数值	单位
V_{DD}	各通道 IGBT 的正向电源电压	15	V
V_{EE}	各通道 IGBT 的反向电源电压	-8	V
I_{DD}+	各通道 IGBT 的正向电源电流	5	mA
I_{EE}-	各通道 IGBT 的反向电源电流	4	mA
U_{LS}	逻辑电源电压	+5	V
I_{LOGIC}	逻辑电源电流	100	mA
I_{OUT}	各通道的最大输出峰值电流	2	A
t_{PDELAY}	传输延迟时间	200	ns
V_{DESAT}	欠饱和参考电平	9	V
T_{op}	工作温度	-40~+85	°C

该 EconoPACKTM 4 3-电平 IGBT 驱动模块有四个串联的 IGBT。如图 3 给出了这四个 IGBT 的位置及名称，且该名称适用于整篇文档。

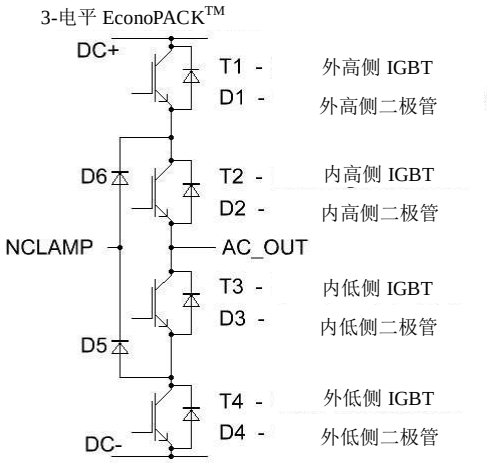
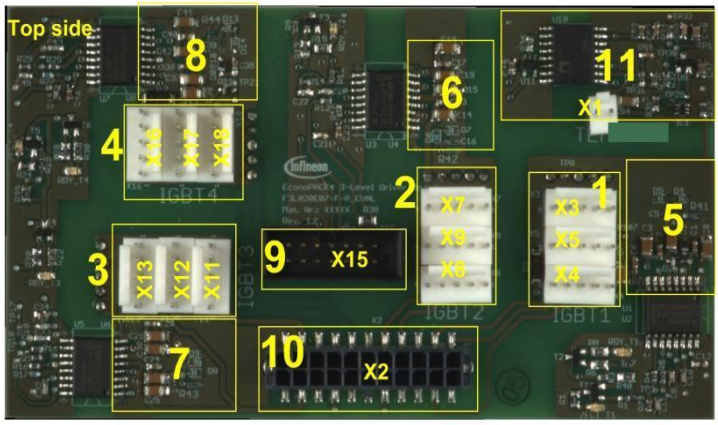


图 3 ： IGBT 模块中各个 IGBT 的名称

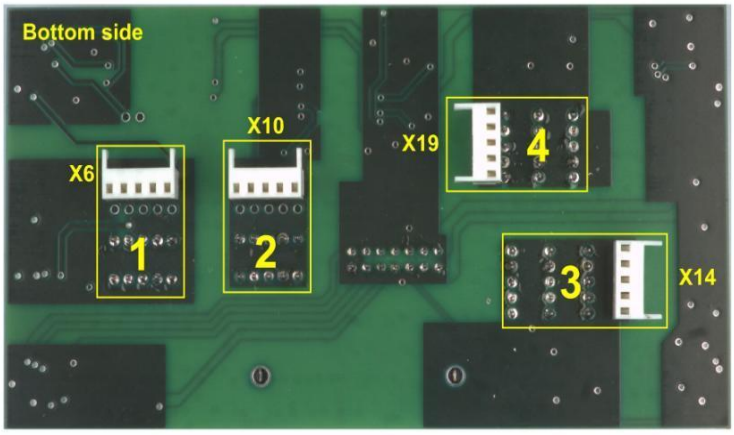
图 4 为评估板的正面图，指出了 F3L020E07-F-P_EVAL 评估板上的各个功能模块。



1：外高侧 IGBT 连接端子
2：内高侧 IGBT 连接端子
3：内低侧 IGBT 连接端子
4：外低侧 IGBT 连接端子
5：外高侧 IGBT 的电源
6：内高侧 IGBT 的电源
7：内低侧 IGBT 的电源
8：外低侧 IGBT 的电源
9：逻辑连接端子
10：供电电源端子
11：温度测量

图 4　F3L020E07-F-P_EVAL 评估板上的各个功能模块的正面

图 5 为板的反面图，指出了 F3L020E07-F-P_EVAL 评估板上的各个功能模块。



1：外高侧 IGBT 连接端子
2：内高侧 IGBT 连接端子
3：内低侧 IGBT 连接端子
4：外低侧 IGBT 连接端子

图 5　F3L020E07-F-P_EVAL 评估板上的各个功能模块的反面

3　引脚分配

所有的 PWM 信号、逻辑信号及电源电压引脚分配均列在表 2 到表 5 的表格中：

表 2：　外高侧的 IGBT 连接端子 X6 的引脚分配

引脚名	引脚功能
X6-1	DESTA1
X6-2	OUT_T1
X6-3	-8V_T1
X6-4	GND_ T1
X6-5	+15V _T1

对于并联模块，外高侧的 IGBT 的连接端子 X3,X4 和 X5 的引脚分配同 X6。

表 3：内高侧 IGBT 连接端子 X10 的引脚分配

引脚名	引脚功能
X10-1	NC
X10-2	OUT_T2
X10-3	-8V_T2
X10-4	GND_ T2
X10-5	+15V _T2

对于并联模块，内高侧 IGBT 连接端子 X7、X8 和 X9 的引脚分配同 X10。

表 4：内低侧 IGBT 的连接端子 X14 的引脚分配

引脚名	引脚功能
X14-1	NC
X14-2	OUT_T3
X14-3	-8V_T3
X14-4	GND_ T3
X14-5	+15V _T3

对于并联模块，内低侧 IGBT 连接端子 X11、X12 和 X13 的引脚分配同 X14。

表 5：外低侧的 IGBT 连接端子 X19 的引脚分配

引脚名	引脚功能
X19-1	DESTA4
X19-2	OUT_T4
X19-3	-8V_T4
X19-4	GND_ T4
X19-5	+15V _T4

对于并联模块，外低侧的 IGBT 连接端子 X16、X17 和 X18 的引脚分配同 X19。

表 6：逻辑连接端子 X15 的引脚分配

引脚名	引脚功能
X15-1	+5V
X15-2	S_GND
X15-3	/RST
X15-4	/FLT_T1
X15-5	IN+_T1
X15-6	IN-_T1
X15-7	IN+_T2
X15-8	IN-_T2
X15-9	IN+_T3
X15-10	IN-_T3
X15-11	/FLT_T4
X15-12	IN+_T4
X15-13	IN-_T4
X15-14	TEMP

表 6：供电电源连接端子 X2 的引脚分配

引脚名	引脚功能
X2-1	GND_T3
X2-2	NC
X2-3	-8V_T3
X2-4	+15V_T3
X2-5	NC
X2-6	NC
X2-7	GND_T4
X2-8	+15V_T4
X2-9	-8V_T4
X2-10	NC
X2-11	NC
X2-12	NC
X2-13	GND_T2
X2-14	+15V_T2
X2-15	-8V_T2
X2-16	NC
X2-17	NC
X2-18	NC
X2-19	+15V_T1
X2-20	-8V_T1
X2-21	GND_T1
X2-22	NC

3.1 机械尺寸

图 6 为评估板 F3L020E07-F-P_EVAL 的机械尺寸：

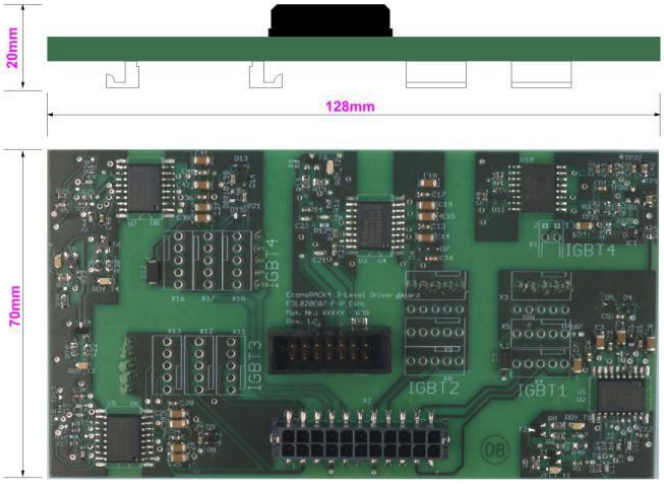


图 6：评估板 F3L020E07-F-P_EVAL 的机械尺寸

4 评估板功能

如图 7 所示，F3L020E07-F-P_EVAL 适配器板是评估套件的一部分，该评估套件用于驱动一个 3-电平的 IGBT 模块。该适配器板需能够插入 EconoPACK™ 4 模块中。

图 7：驱动板，适配器板和 3-电平评估套件的 IGBT 模块

4.1 电源

对于 IGBT 驱动电路来说，需要有四个外部电源以及外部功率放大电路。这些 8V/+15V 电源通过连接端子 X2 连接到 F3L020E07-F-P_EVAL 板上。

[2]EconoPACK™4 的详细组装说明请参考 AN2010-06

逻辑侧必须通过连接端子 X15 与+5V 的电源连接，进一步的引脚分配如第 9 页的表 6 和表 7。

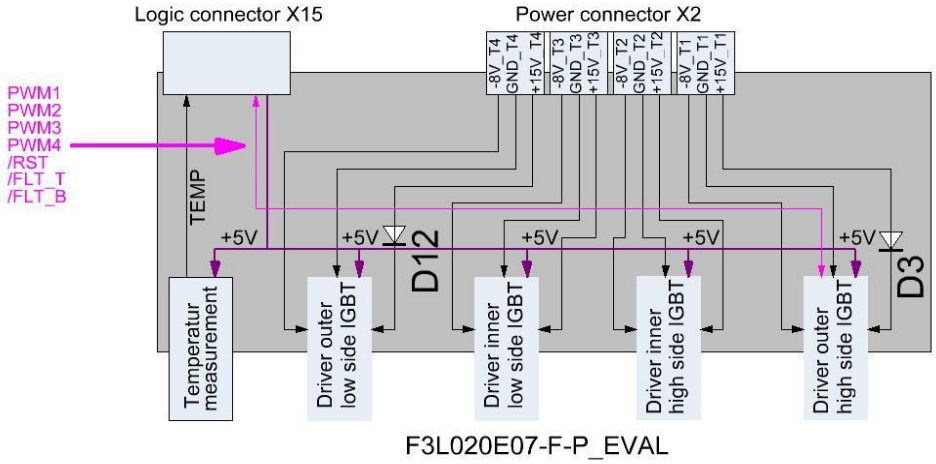


图 8：F3L020E07-F-P_EVAL 原理框图

1ED020I12-F[3] IGBT 驱动器 IC 芯片能够监测电源电压，一旦电源电压低于 UVLO(欠压锁定电压)参考值就激活 UVLO 实现欠压保护。

一旦驱动芯片发生欠压，为确保所有IGBT的关断顺序正确，重点在于先关断外高侧和外低侧IGBT。如图8所示，在IGBT驱动器的高端和低端的每个+15V电源线上串联了一个高压阻断二极管。这将产生一个额外的电压降，以便当驱动电路监测到一个欠压时首先关闭外高侧和外低侧IGBT。

4.2 输入级

该评估驱动板是为3电平IGBT模块的一相桥臂而设计的；因此要用四个单独的PWM信号来驱动每个IGBT。单个IGBT驱动器的电路原理图如图9所示。

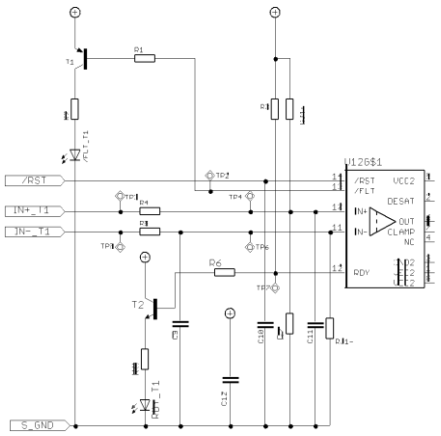


图 9：单个 IGBT 驱动器的输入级电路原理图

[3] 英飞凌 IGBT 门极驱动 IC1ED020I12-F

可以根据各个客户设计要求选择正或负逻辑。若使用 IN+作为 PWM 的输入，则 IN-引脚需要通过 RJ1-连接到 S_GND，或者可以作为使能信号引脚。
若使用 IN-作为 PWM 输入，则 IN+引脚需要通过 RJ1+连接到+5V 的电源，或者它可以作为使能信号引脚。
如果逻辑控制侧的电源电压超过 V_{UVLOL1}[4]和高压侧电源电压超过 U_{UVLOL2}[5]，如图 10 所示的 IGBT1 到 IGBT4 的绿色 RDY LED 灯亮。

4.3 短路检测

短路通过外高侧和外低侧驱动通道分别单独检测。每两个驱动通道都提供一个独立的故障信号，但它们共用一个复位输入。故障处理必须成为特殊功能控制的一部分。
当发生短路时，1ED020I12-F 的欠饱和保护电路检测到 IGBT 的电压升高，关闭 IGBT。这个故障被报告到驱动器的一次侧作为一个低驱动信号。如图 10 所示的 FLT_T1 或 FLT_T4 的红色 LED 灯用来显示故障状态。只要没有复位信号作用于驱动器，故障状态保持为有效。其中/FLT 是低电平有效的。

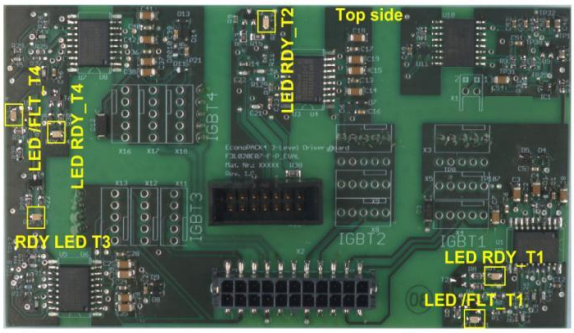


图 10:F3L020E07-F-P_EVAL 上状态 LED 的位置

4.4 输出级

如图 7 所示，F3L020E07-F-P_EVAL 直接插到 3-电平 EconoPACK™ 4 模块上与 MA3L080E07_EVAL 评估模块适配器相连接。MA3L080E07_EVAL 评估板由一个有源功率放大电路构成，是用来给驱动 IGBT 模块提供所要求功率。

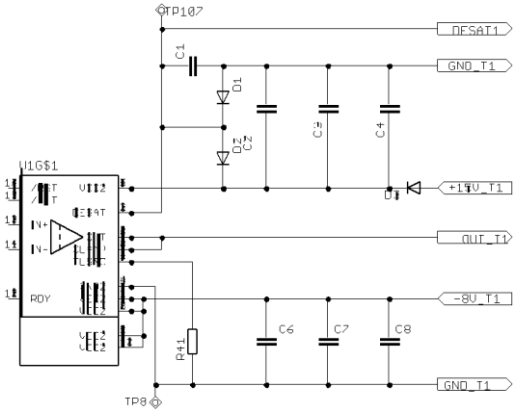


图 11：单个 IGBT 驱动器输出级的电路原理图

[4] 1ED020I12-F 的低侧欠压锁定

[5] 1ED020I12-F 的高侧欠压锁定

5 并联

如图 7 所示的 F3L020E07-F-P_EVAL 可以与单个评估适配器板 MA3L080E07_EVAL 一起使用或者如图 12 所示可以与多达三个以上的 MA3L080E07_EVAL 模块并联连接。对于并联，驱动板不需要插入到适配器板上，只需利用驱动板顶部的连接端子就可以实现从驱动板到适配器板的连接，如图 13。

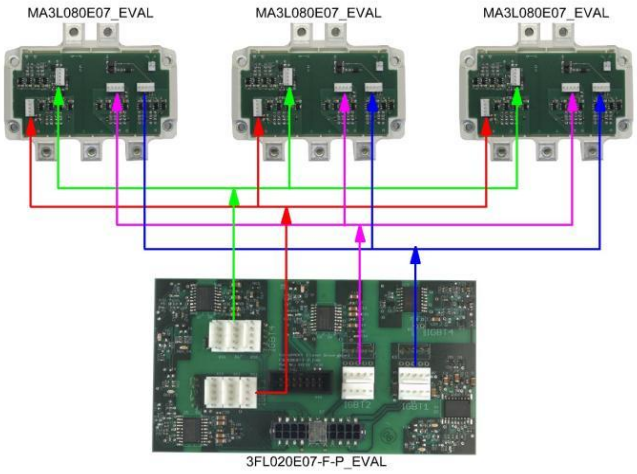


图 12：3 个 EconoPACK™ 4 模块并联连接示意图

图13给出了三个IGBT模块的并联连接。在这种情况下，要保证驱动板和适配器板之间的门极连接线长度相同，从而使得三个IGBT的门极信号传递时间相同。星形连接的IGBT减少了IGBT开关切换后经过发射极线路中的交叉电流（cross flow）。F3L020E07-F-P_EVAL驱动板允许驱动控制多达三个并联的IGBT。

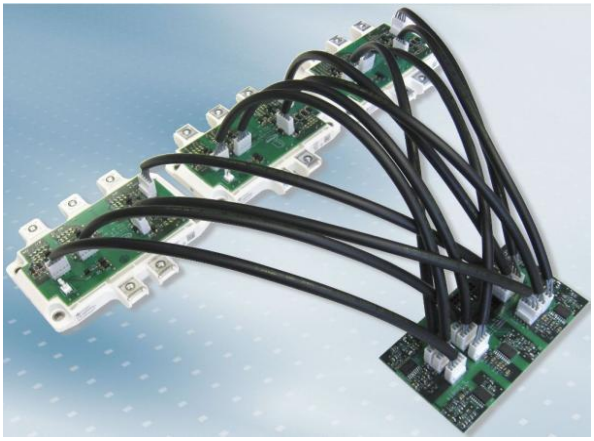


图 13：由 1 个 F3L020E07-F-P_EVAL 驱动板带 3 个 MA3L080E07_EVAL 适配器板驱动的 3 个 EconoPACK™4 IGBT 模块并联连接

6 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。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 14 所示的电路可以产生一个模拟信号。

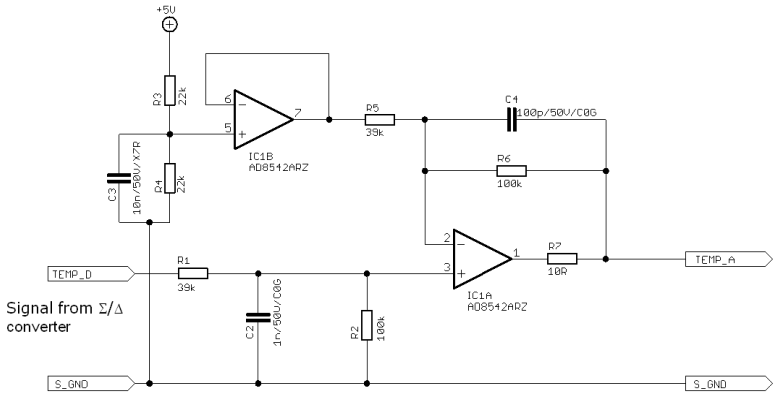


图 14：将Σ/Δ数据流转换成模拟电压的电路原理图

表 8： Σ/Δ -模拟转换器器件清单

类型	数量	数值	封装	器件标号	推荐产商
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	
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 15 所示。

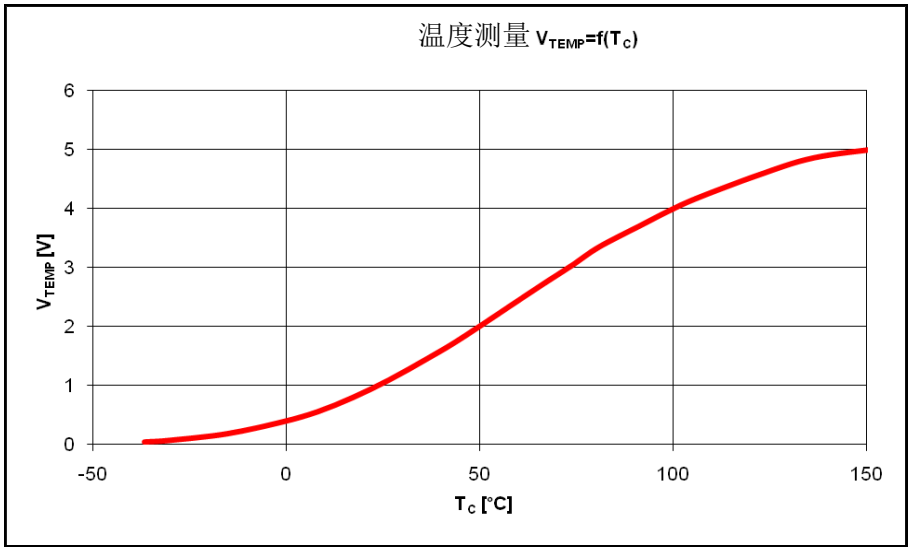


图 15：温度测量特性

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。

7 电路原理图和布板

为了满足不同客户的要求，把评估板作为进一步开发和修改应用的基础，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。

7.1 电路原理图

图 16 描述了外高侧和外低侧 IGBT 驱动电路。

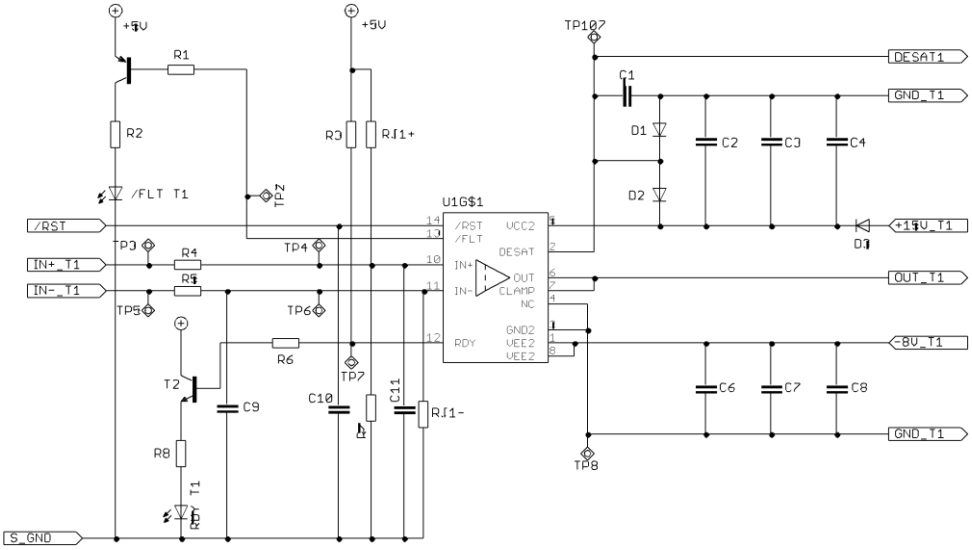


图 16：外高侧与外低侧 IGBT 驱动电路原理图

图 17 展示了内高侧和内低侧 IGBT 的驱动电路。

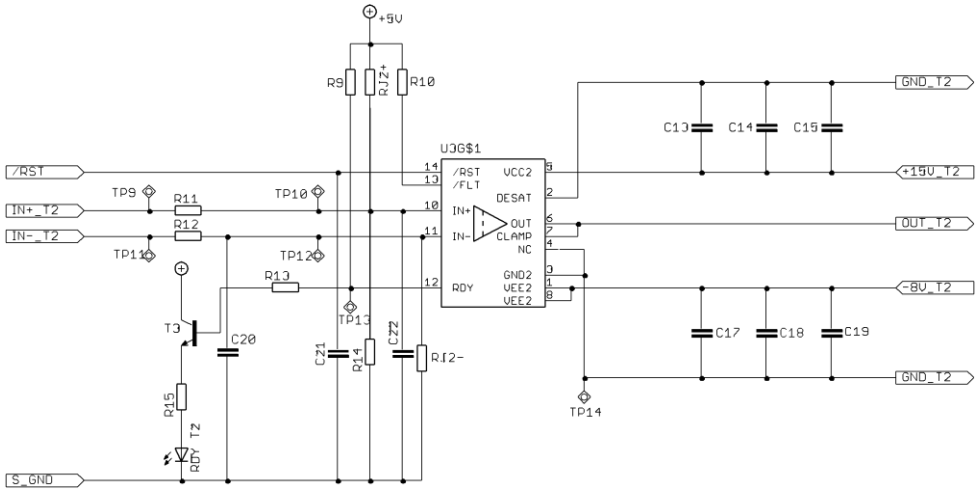


图 17：内高侧与内低侧 IGBT 驱动电路原理图

如图 18 为采用 Σ/Δ 转换器的温度测量电路原理图。

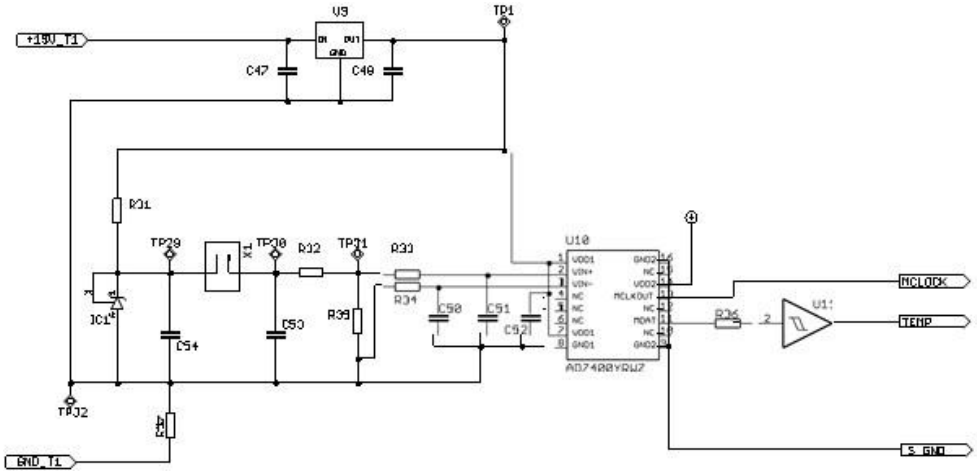


图 18：温度测量电路原理图

图 19 给出了电源连接端子 X2 和逻辑连接端子 X15 的引脚分配。

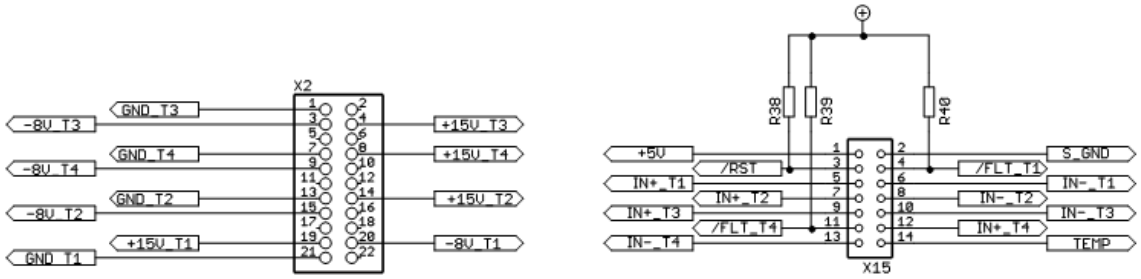


图 19：电源连接端子 X2 与逻辑连接端子 X15

图 20 详细介绍了 IGBT 门极连接端子的引脚分配。

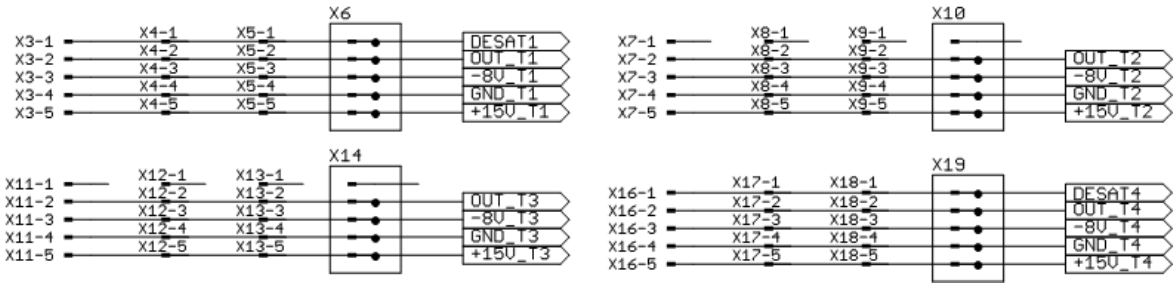


图 20：门极信号连接端子

7.2 电路布板

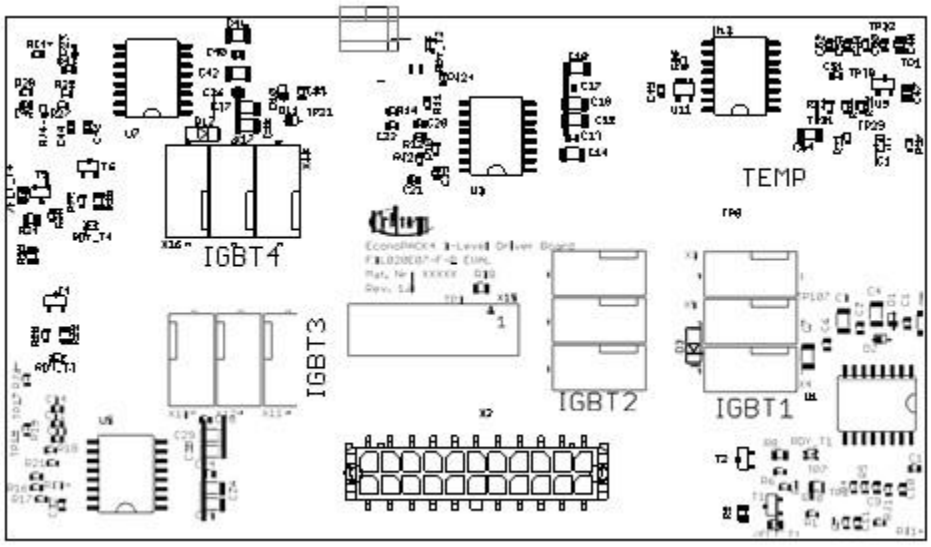


图 21:F3L020E07-F-P_EVAL 正面器件布置

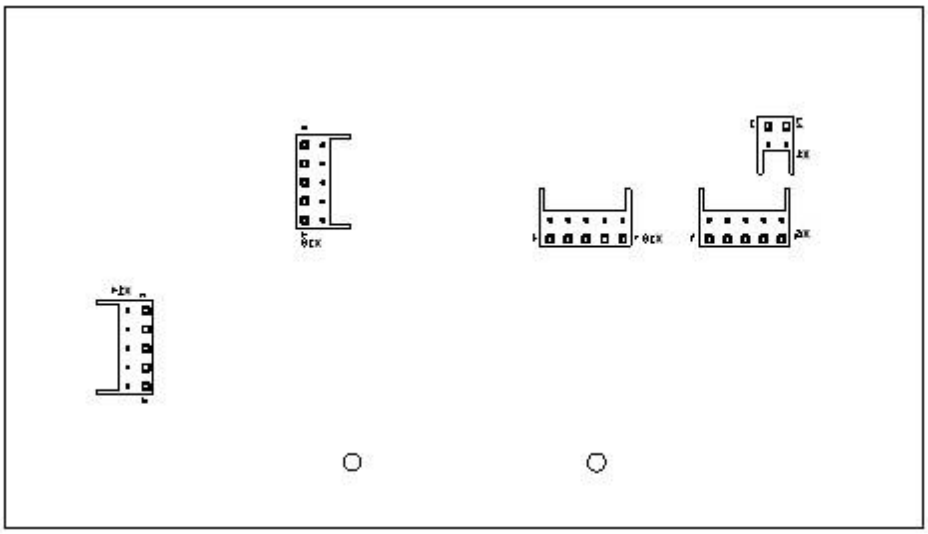


图 22: F3L020E07-F-P_EVAL 底面器件布置

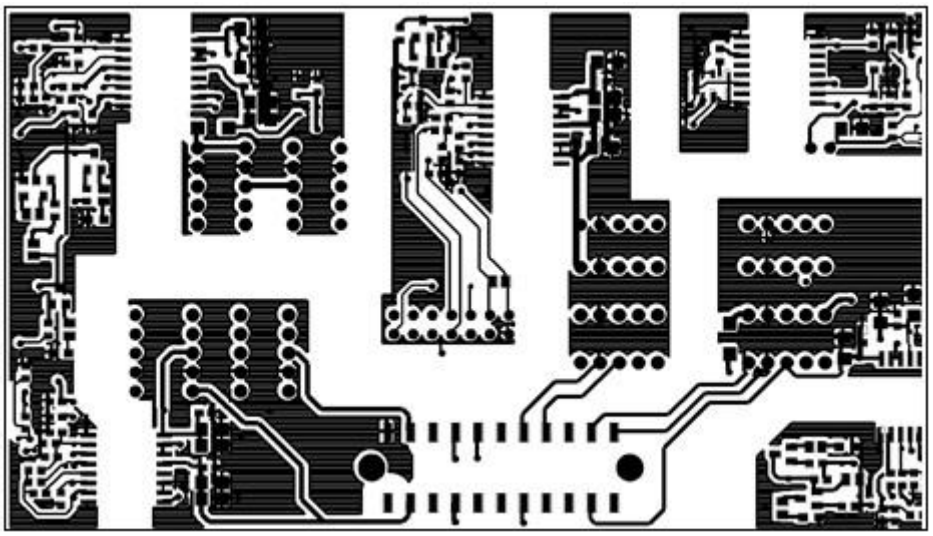


图 23:F3L020E07-F-P_EVAL 顶层布板

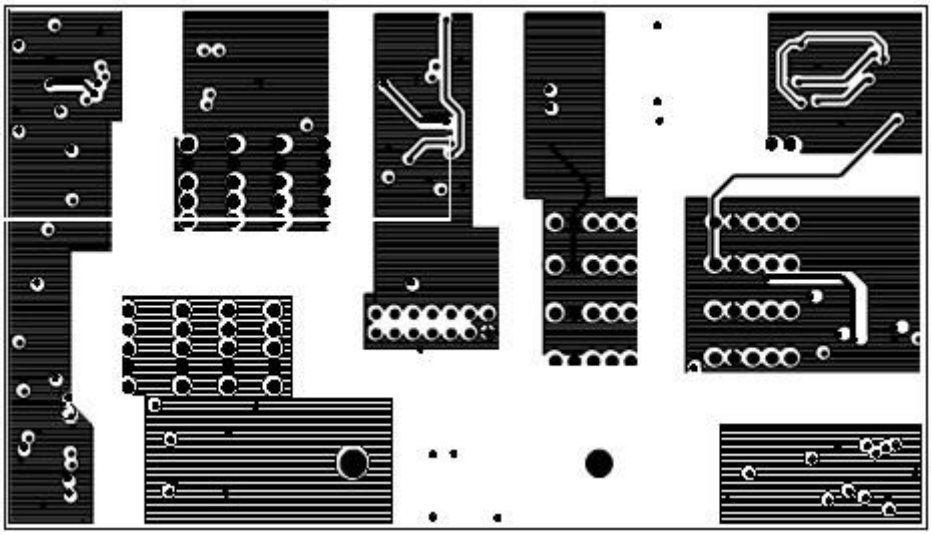


图 24:F3L020E07-F-P_EVAL 底层布板

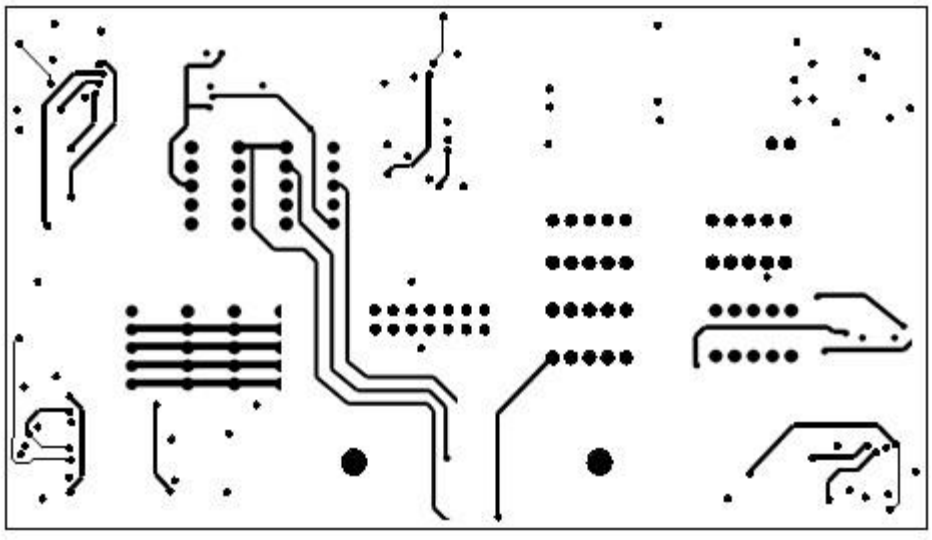


图 25:F3L020E07-F-P_EVAL 第二层布板

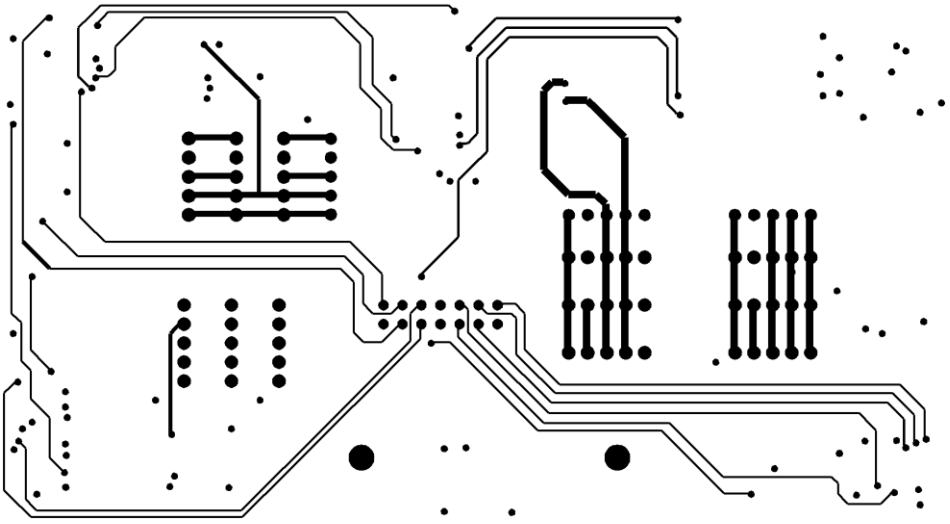


图 26:F3L020E07-F-P_EVAL 第三层布板

8 F3L020E07-F-P_EVAL 的材料清单

该材料清单包含器件列表和装配的清单。
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 %。

类型	数值/型号	封装	数量	器件标号	建议产商
电阻	0R0	R0603	9	R37, RJ1+, RJ1- RJ2+, RJ2-, RJ3+, RJ3-, RJ4+,RJ4-	-
电阻	39R	R0805	2	R2, R24	-
电阻	100R	R0603	8	R4, R5, R11, R12, R18,R19, R26, R27	-
电阻	270R	R0603	1	R35	-
电阻	820R	R0603	1	R32	-
电阻	1k	R0805	4	R8, R15, R22, R30	-
电阻	1k2	R0603	1	R31	-
电阻	2k2	R0603	2	R33, R34	-
电阻	4k7	R0603	6	R3, R9, R10, R16, R17,R25	-
电阻	4k7	R0805	3	R38, R39, R40	-
电阻	10k	R0603	10	R1, R6, R7, R13, R14,R20, R21, R23, R28, R29	-
电阻	39k	R0603	1	R36	-
电容	4µ7/25V/X7R	C1206	17	C3, C4, C7, C8, C14, C15, C18, C19, C25, C26, C29, C30 , C37, C38, C41, C42,C54	Murata
电容	1µ/25V/X7R	C0805	2	C47, C48	Murata
电容	100n/50V/X7R	C0603	14	C2, C6, C12, C13, C17, C23, C24, C28, C34, C36,C40, C46, C49, C52	Murata
电容	10n/50V/X7R	C0603	3	C50, C51, C53	Murata
电容	100p/50V/C0G	C0603	4	C11, C22, C33, C45	Murata
电容	220p/50V/C0G	C0603	2	C1, C35	Murata
电容	470p/50V/X7R	C0603	4	C10, C21, C32, C44	Murata
半导体	BAT165	SOD323R	4	D1, D2, D10, D11	Infineon
半导体	ES1D	DO214AC	2	D3, D12	Vishay
半导体	BC846	SOT23	4	T2, T3, T4, T6	-
半导体	BC856	SOT23	4	T1, T5	-
半导体	1ED020I12-F	P-DSO-16	4	U1, U3, U5, U7	Infineon

类型	数值/型号	封装	数量	器件名称	建议制造商
半导体	ZMR500FTA	SOT23	1	U9	Diodes
半导体	AD7400YRWZ	P-DSO-16	1	U10	-
半导体	SN74LVC1G17DB	SOT23-5	1	U11	-
半导体	TLV431BIDCKT	SC70-6L	1	IC1	-
半导体	LEDCHIPLED_GREEN	0805	4	RDY_T1, RDY_T2, RDY_T3, RDY_T4,	-
半导体	LEDCHIPLED_RED	0805	2	/FLT_T1, /FLT_T4	-
连接端子	TYCO/AMP 1-1634688-4		1	X15	TYCO/AMP
连接端子	MOLEX 22022025	4455-2	1	X1	Molex
连接端子	MOLEX 43045-2216	MICROFIT	1	X2	Molex
连接端子	MOLEX 22022055	4455-5	4	X6, X10, X14, X19	Molex
连接端子	MOLEX 22232051	PITCH K K	12	X3, X4, X5, X7, X8, X9, X11, 12, X13, X16, X17, X18	Molex

9 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

F3L020E07-F-P_EVAL IFX 订单号为:36294
MA3L080E07_EVAL IFX 订单号为:36293

10 参考文献

[1] Zhang Xi, Uwe Jansen, Holger Rüthing: 'IGBT power modules utilizing new 650V IGBT3 and Emitter Controlled Diode3 chips for 3-Level converter' ISBN: 978-3-8007-3158-9 Proceedings PCIM Europe 2009 Conference

[2] Infineon Technologies, AN2009-10, 'Using the NTC inside a power electronic module', www.infineon.com

[3] Infineon Technologies, AN2011-04, 'Evaluation Module Adapter Board for 3-Level EconoPACKTM4', www.infineon.com