

# 非隔离式双向同步降压转换器

## EVAL\_BIDI\_HB\_1EDN7550B

使用具备真差分输入的 1EDN7550B

作者: Vincent Chi Zhang



### 关于本文档

#### 范围和目的

1EDNx550B 是 EiceDRIVER™ 系列单沟道栅极驱动器，具有真正的差分输入 (TDI)。

本文档介绍了双向降压转换器评估板 EVAL\_BIDI\_HB\_1EDN7550B，旨在说明 1EDNx550B 在低侧 (LS) 和高侧 (HS) 驱动情况下的应用。

#### 目标受众

本文档适用于对以下方面感兴趣的 SMPS 设计人员和工程师：

- 了解 TDI 驱动方案优势
- 1EDNx550B 作为 HS 驱动器，适用于电压高达 84 V 的低压 (LV) 应用（全桥同步整流器、半桥 (HB) 和基于全桥的砖型转换器）

#### 常用缩略语

- ADC.....模数转换器
- UART.....通用异步收发器
- MOSFET.....金属氧化物半导体场效应晶体管
- PWM.....脉冲宽度调制

### 目录

关于本文档 .....	1
目录 1	
1 评估板说明 .....	3
1.1 组件详细说明 .....	3
2 硬件开机 .....	5
2.1 附加设备 .....	5
2.2 初始操作 .....	5
2.3 工作范围 .....	6
3 UI 要素说明 .....	9
3.1 状态 .....	10
3.2 故障 .....	11

目录

<b>4</b>	<b>特性</b> .....	<b>12</b>
4.1	UI 与示波器 .....	12
4.2	效率.....	13
4.3	降压模式启动.....	14
4.4	升压模式下启动.....	16
4.5	热测量.....	17
<b>5</b>	<b>附录</b> .....	<b>19</b>
5.1	电路图.....	19
5.2	PCB 布局.....	20
5.3	物料清单 (BOM).....	21
<b>6</b>	<b>参考资料</b> .....	<b>24</b>
	修订记录.....	25

评估板说明

# 1 评估板说明

此评估板由双向降压转换器组成，包括以下英飞凌关键组件：

- EiceDRIVER™ 1EDN TDI (**1EDN7550B**)，具有 4 V 欠压锁定 (UVLO)，用作半桥 LS 和 HS 驱动器
- OptiMOS™ 150 V 9.3 mΩ (**BSC093N15NS5**) 采用 **SuperSO8** 封装，用作功率 MOSFET
- **XMC1100** 数字控制型微控制器

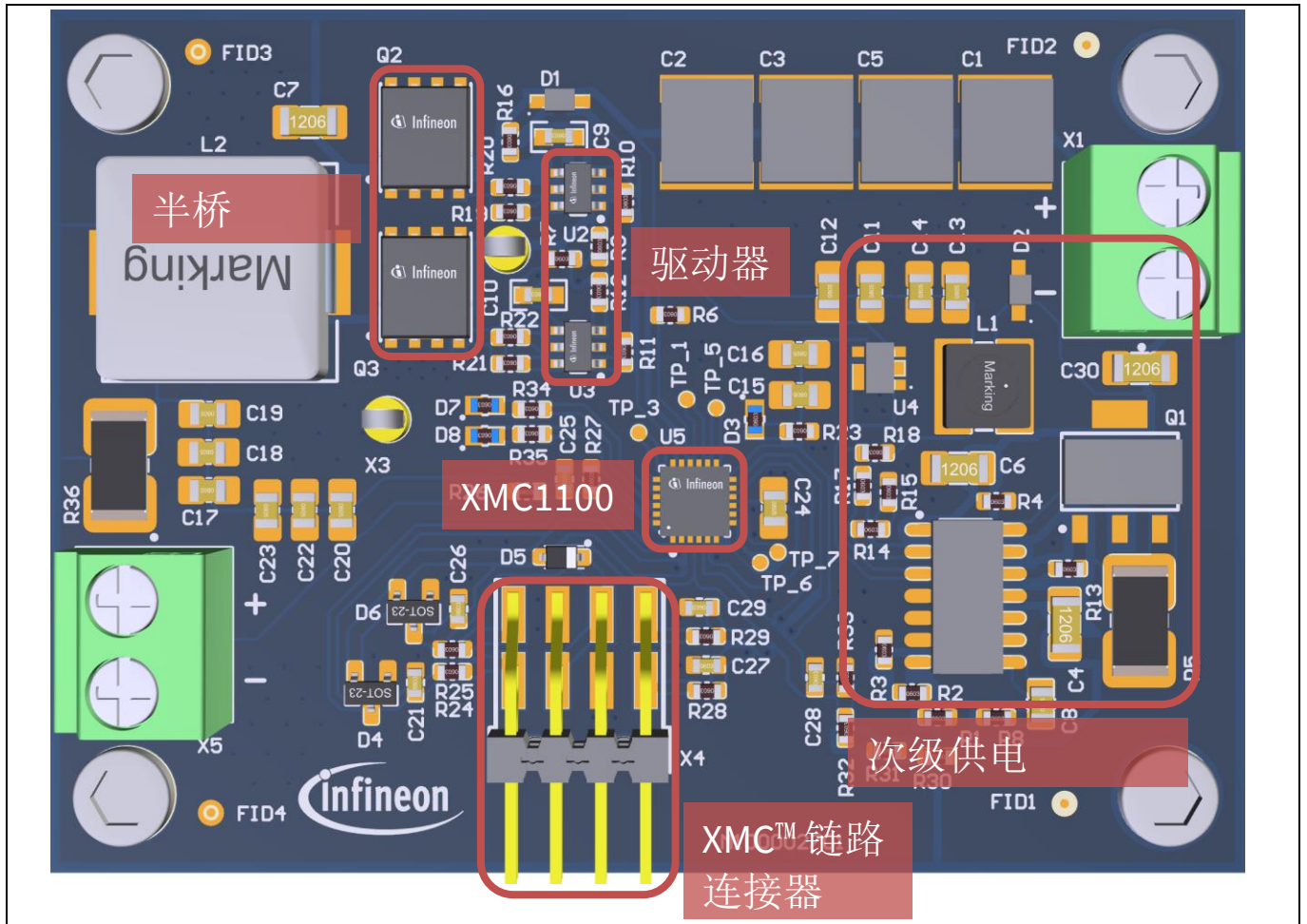


图 1 组件说明

## 1.1 组件详细说明

### 1EDN7550B EiceDRIVER™

**1EDN7550B** 驱动器用于驱动 LS 和 HS MOSFET。由于具有真正的差分输入，这是可行的。

### BSC093N15NS5 OptiMOS™ MOSFET

凭借其低  $R_{DS(on)}$  和小尺寸，这款 **BSC093N15NS5** MOSFET 是这种用例的理想选择。

### XMC1100 微控制器

此款 **XMC1100** 微控制器有四个 16 位计时器，用于生成 PWM。内置六通道 12 位 ADC，用于补偿算法和测量。使用一个 USIC 模块，可以通过 UART 与 UI 通信。

## 评估板说明

### IFX80471SKV 降压控制器

**IFX80471SKV** 降压控制器用于从输入产生 12 V 输出电压。

### BS 沟道 MOSFET 和 BAS16-03W 二极管

BS 沟道 MOSFET 和 **BAS16-03W** 二极管是 IFX80471SKV 控制器所需的外部组件。其中一个二极管用于自举电路。

### IFX20002MB V33

**IFX20002MB V33** 是一款低压差 (LDO) 稳压器，可为微控制器提供 3.3 V 电压。

### BAT54-04 和 BAT165

**BAT54-04** 和 **BAT165** 具有静电放电 (ESD)、过压和反向电压保护。

## 硬件开机

# 2 硬件开机

本节目的是使用户能够为评估板上电。

## 2.1 附加设备

开启评估板需要合适的电源。选型指南请参见见下方表格。

表 1 电源选型指南

所需操作模式	所需电源	示例
降压模式	22 至 48 V DC 电源	明纬 <b>GST60A48-P1J</b>
升压模式	12 V DC 电源	明纬 <b>GST60A12-P1J</b>

如需通过 UI 控制转换器，则需要以下设备和软件。

表 2 搭配 UI 所需设备

所需硬件	目的	链路
XMC™ 链路调试器	用于连接转换器	<a href="https://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/kit_xmc_link_segger_v1/">https://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/kit_xmc_link_segger_v1/</a>
MicroUSB 数据线	用于连接调试器和计算机	

表 3 搭配 UI 所需软件

所需软件	目的	链路
Segger J-Link 驱动程序	启用 UART 通信，与 UI 搭配使用	<a href="https://www.segger.com/downloads/jlink/">https://www.segger.com/downloads/jlink/</a>
英飞凌转换器 UI	设置并读取转换器参数	

## 2.2 初始操作

默认情况下，评估板将在降压模式下工作。这可以稍后在 UI 中更改。根据所需操作模式，评估板必须以不同方式连接。图 2 为降压操作配置；升压模式如图 3 所示。无需在降压配置中上电即可更改为升压模式。

**Note:** 在为评估板上电之前，应确保电源和负载的极性连接正确。颠倒极性可能会损坏评估板或负载。

硬件开机

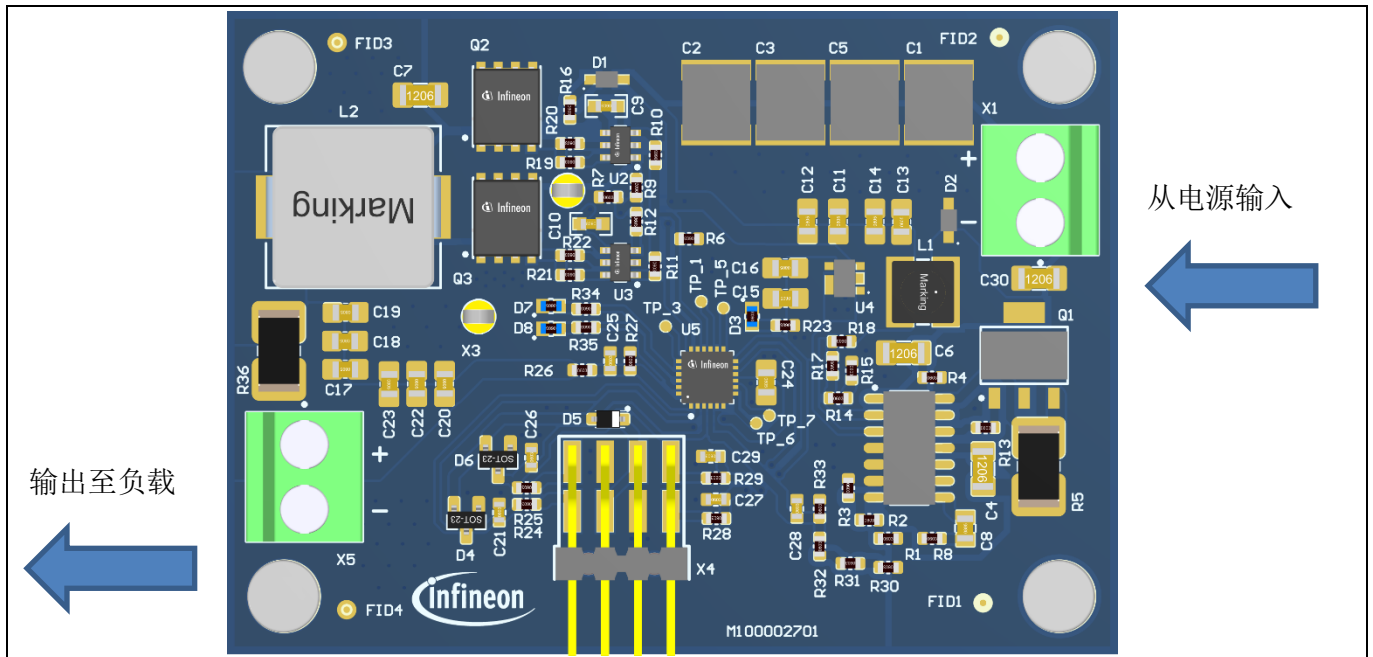


图 2 降压模式下的转换器连接

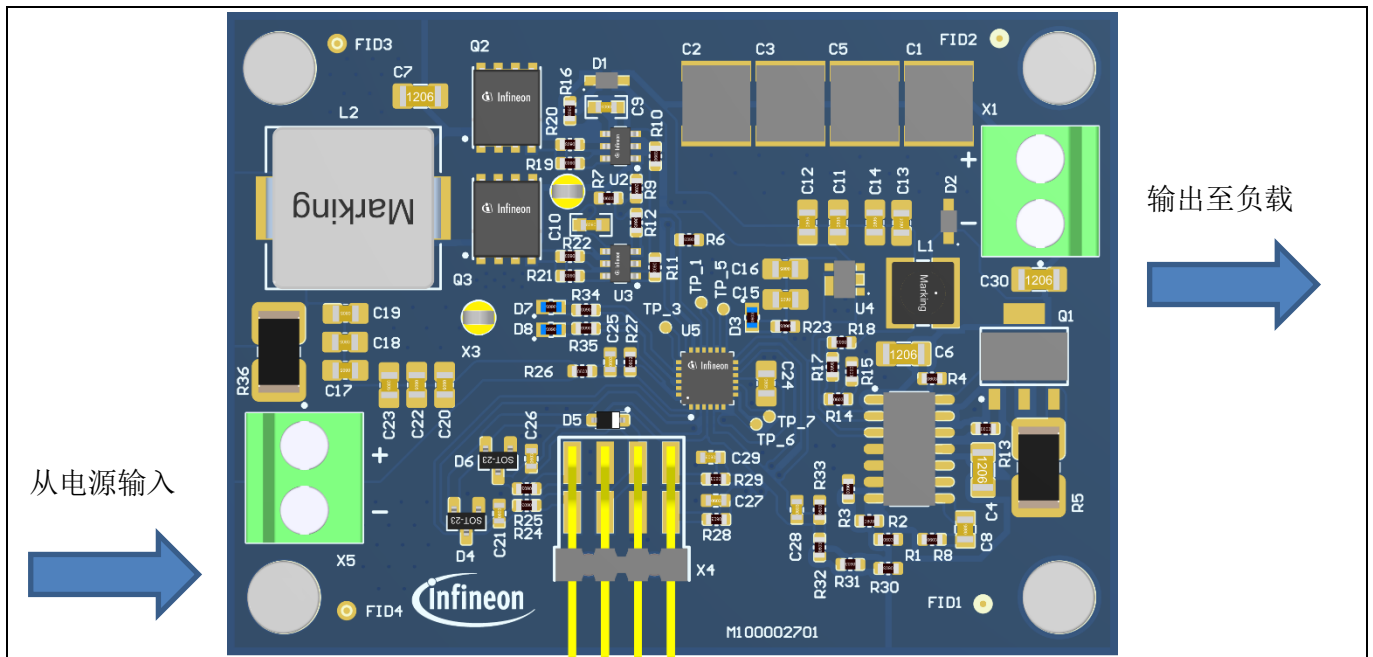


图 3 升压模式下的转换器连接

XMC™ 链路调试器可以选择连接到 X4 引脚。带状电缆只能以一种方式插入，凸块朝上。这可以访问 UI，在 UI 中可以设置和读取转换器参数。

### 2.3 工作范围

下表为规格参数。不建议在这些规格参数之外操作。

硬件开机

**Attention:** 降压模式下，输入电压不得超过 60 V。

表 4 降压模式规范

参数	符号	值			单位	说明
		最小值	典型值	最大值		
输入电压	$V_{in}$	20	48	50	V	-
输出电压	$V_{out}$	2	-	12	V	-
输出电流	$I_{out}$	-	-	4	A	-
欠压锁定 (UVLO) 导通阈值	$UVLO_{on}$	-	20	-	V	-
欠压锁定 (UVLO) 关断阈值	$UVLO_{off}$	-	18	-	V	-
过压保护 (OVP) 导通阈值	$OVP_{on}$	-	50	-	V	-
过压保护 (OVP) 关断阈值	$OVP_{off}$	-	51	-	V	-
过流保护 (OCP) 阈值	$OCP$	3.5	5	6	A	很大程度上取决于输入电压和其他参数

**Attention:** 升压模式下，输入电压不得超过 25 V。

表 5 升压模式规范

参数	符号	值			单位	说明
		最小值	典型值	最大值		
输入电压	$V_{in}$	11.5	12	12.5	V	-
输出电压	$V_{out}$	20	32	32	V	-
输出电流	$I_{out}$	-	-	0.9	A	-
欠压锁定 (UVLO) 导通阈值	$UVLO_{on}$	-	11.5	-	V	-
欠压锁定 (UVLO) 关断阈值	$UVLO_{off}$	-	11	-	V	-
过压保护 (OVP) 导通阈值	$OVP_{on}$	-	12.5	-	V	-
过压保护 (OVP) 关断阈值	$OVP_{off}$	-	13	-	V	-

表 6 时间参数

参数	符号	值			单位	说明
		最小值	典型值	最大值		
欠压锁定 (UVLO) 启动延迟时间	$t_{UVLO(on)}$	80	82	-	ms	-
欠压锁定 (UVLO) 启动延迟时间	$t_{UVLO(off)}$	200	-	-	$\mu$ s	-
过压保护 (OVP) 启动延迟时间	$t_{OVP(on)}$	80	-	-	ms	-
过压保护 (OVP) 关闭延迟时间	$t_{OVP(off)}$	200	-	-	$\mu$ s	-

## 硬件开机

### 欠压锁定 (UVLO)

当输入电压低于阈值时，转换器进入 UVLO。此状态下，功率级关断。但微控制器仍然开启。这意味着可以设置参数。

### 过压保护 (OVP)

转换器的功率级在超过指定电压时会关断。评估板没有硬件过压保护。

### 过流保护 (OCP)

OCP 工作原理类似于占空比电流估算 (Lukic, Stupar, Prodic, & Goder, 2008)。实际占空比与根据输入和输出电压计算出的占空比，二者进行比较会触发 OCP。因此，仅对电流进行估计，具有很大的不确定性。其用于在意外连接到大负载时提供保护。出于稳定性的原因，当操作接近电流限制时，可以通过 GUI 禁用此保护。



## UI 要素说明

### 3 UI 要素说明

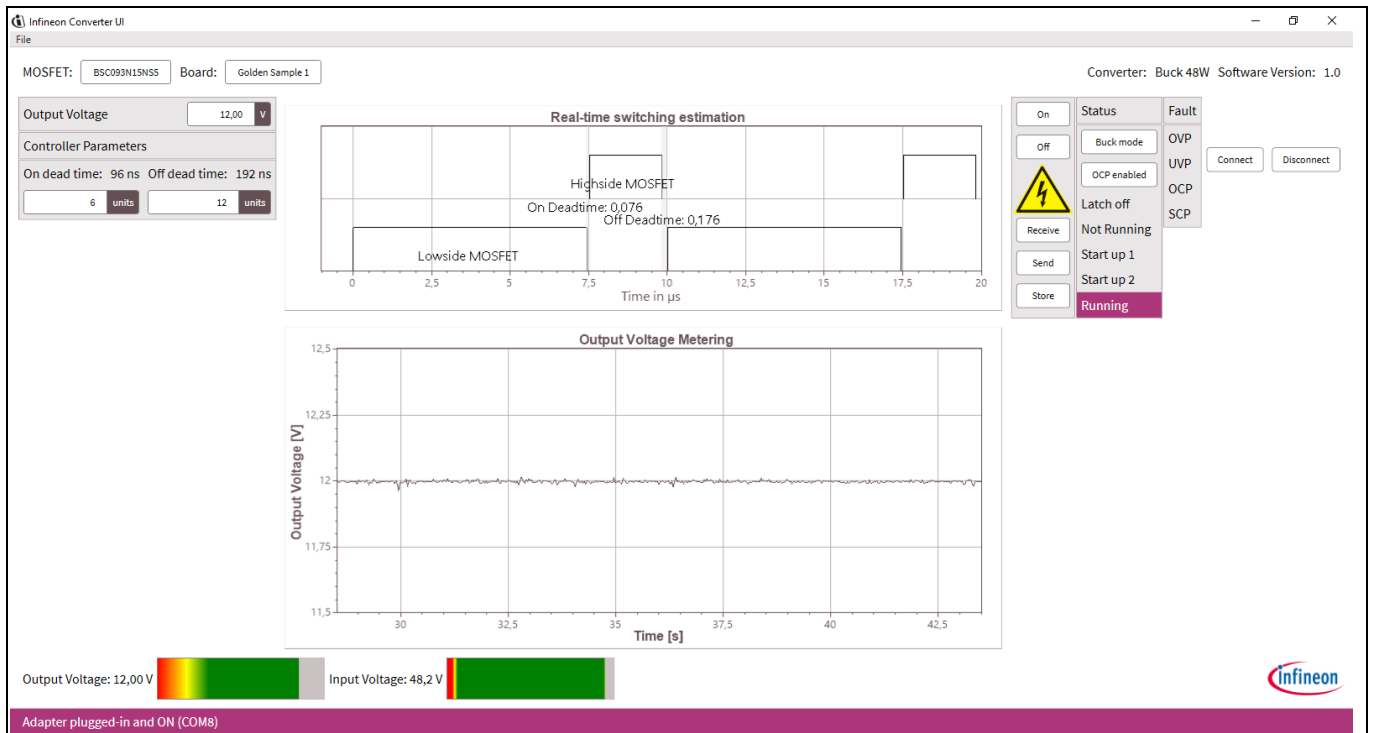


图 4 UI 截图

#### 文件

存储和加载参数/配置。

#### MOSFET

填写当前测试中的 MOSFET 名称。此信息将保存在参数文件中。

#### 评估板

填写评估板名称（即金色样品 1）。

#### 输出电压

查看或更改所需输出电压。它有一个描述最小值和最大值的工具提示。

#### 开启死区时间

设置 LS MOSFET 关断和 HS MOSFET 导通之间的时间。一个单位约为 16 ns。

#### 关闭死区时间

设置 HS MOSFET 关断和 LS MOSFET 导通之间的时间。一个单位约为 16 ns。该死区时间是可能发生零电压开关 (ZVS) 的时间。

#### 实时开关估计

此图显示了死区时间和估计的 MOSFET 开关时间。

## UI 要素说明

### 输出电压测量

转换器输出电压的实时图形。

### 开启

开启微控制器 PWM（评估板开始转换电压）。

### 关闭

关闭微控制器 PWM（评估板停止转换电压）。

### 接收

接收当前微控制器参数。

### 发送

将更改参数发送到微控制器。

### 存储

永久存储微控制器参数（在 ROM 中）。

### 降压/升压按钮

在降压和升压模式之间切换。当前模式可见。

*Note:* 更改模式后，当输入电压具有正确电平时，转换器将启动。

### 连接

尝试连接调试器和评估板。

将 GUI 连接到微控制器（通信）。

### 断开连接

断开 GUI 与微控制器的连接（通信）。

*Note:* 未自动检测到转换器时，可能需要先断开再连接。

## 3.1 状态

### 闭锁

转换器停止，只有当用户按下打开按钮时才会再次启动。

### 未运行

如果满足要求（最小输入电压），转换器启动。

### 启动 1

第一个启动阶段。在此阶段，转换器等待一段固定的时间，直到输入电压稳定。

## UI 要素说明

### 启动 2

第二个启动阶段。

### 运行

转换器在转换电压。

## 3.2 故障

### 过压保护 (OVP)

过压保护：由于输出电压过高（即算法/参数不稳定）或输入电压过高，转换器关闭。

### 欠压保护 (UVP)

欠压保护：由于输入电压过低，转换器关闭。

### 过流保护 (OCP)

由于电流过大，转换器关闭。

### 短路保护 (SCP)

转换器因短路而关闭。这是由输出电压的突然下降触发的。

特性

## 4 特性

本章列出了该评估板的一些特性。

### 4.1 UI 与示波器

本章介绍了带电电压测量的能力和限制。为了测试，电子负载每 200 ms 从 0 A 负载跳至 4 A 负载并返回 (50/50)。这些负载瞬变在输出电压中清晰可见 (参见图 6)。在 UI 中也可以看到这一点。新数据大约每 70 ms 才会出现一次，这是意料之中的。当负载瞬变发生得更频繁时，可能只能看到出现了许多负载跳跃。

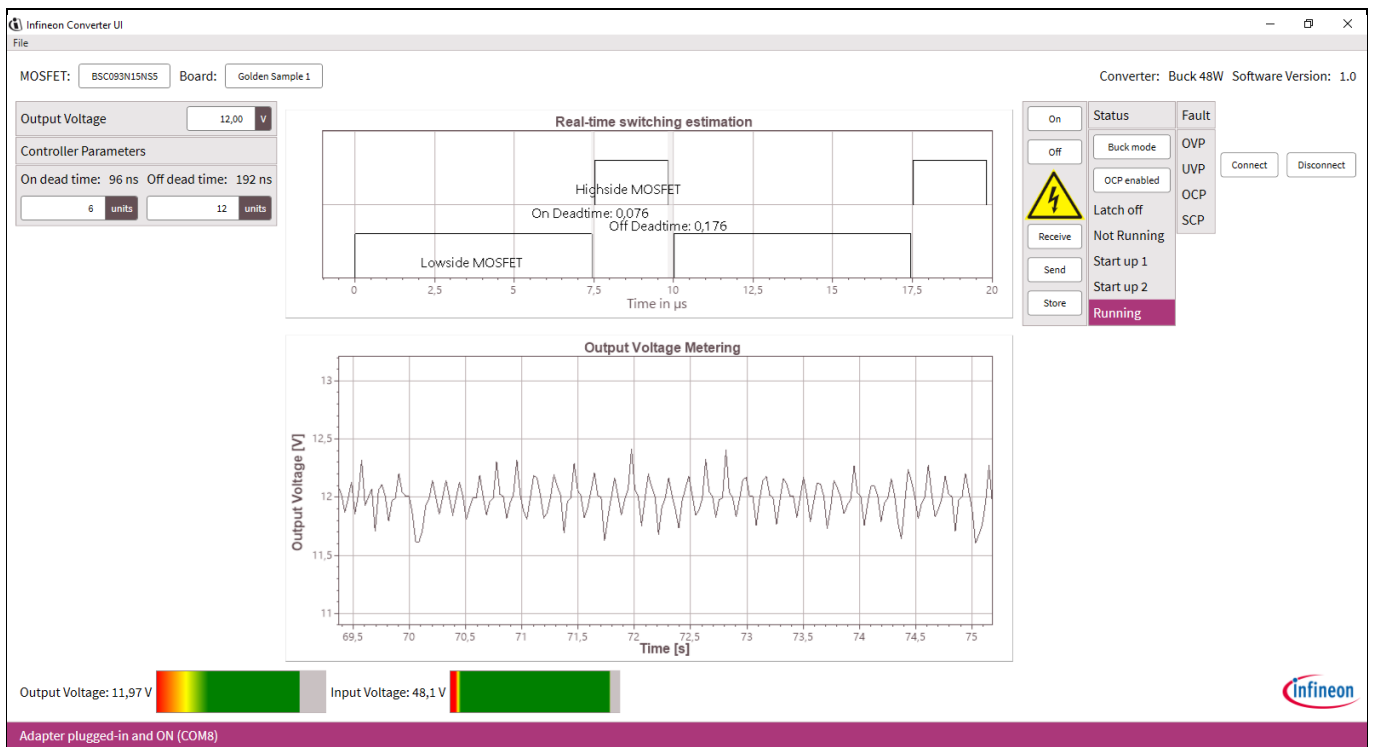


图 5 负载每 100 ms 跳跃一次的 UI

特性

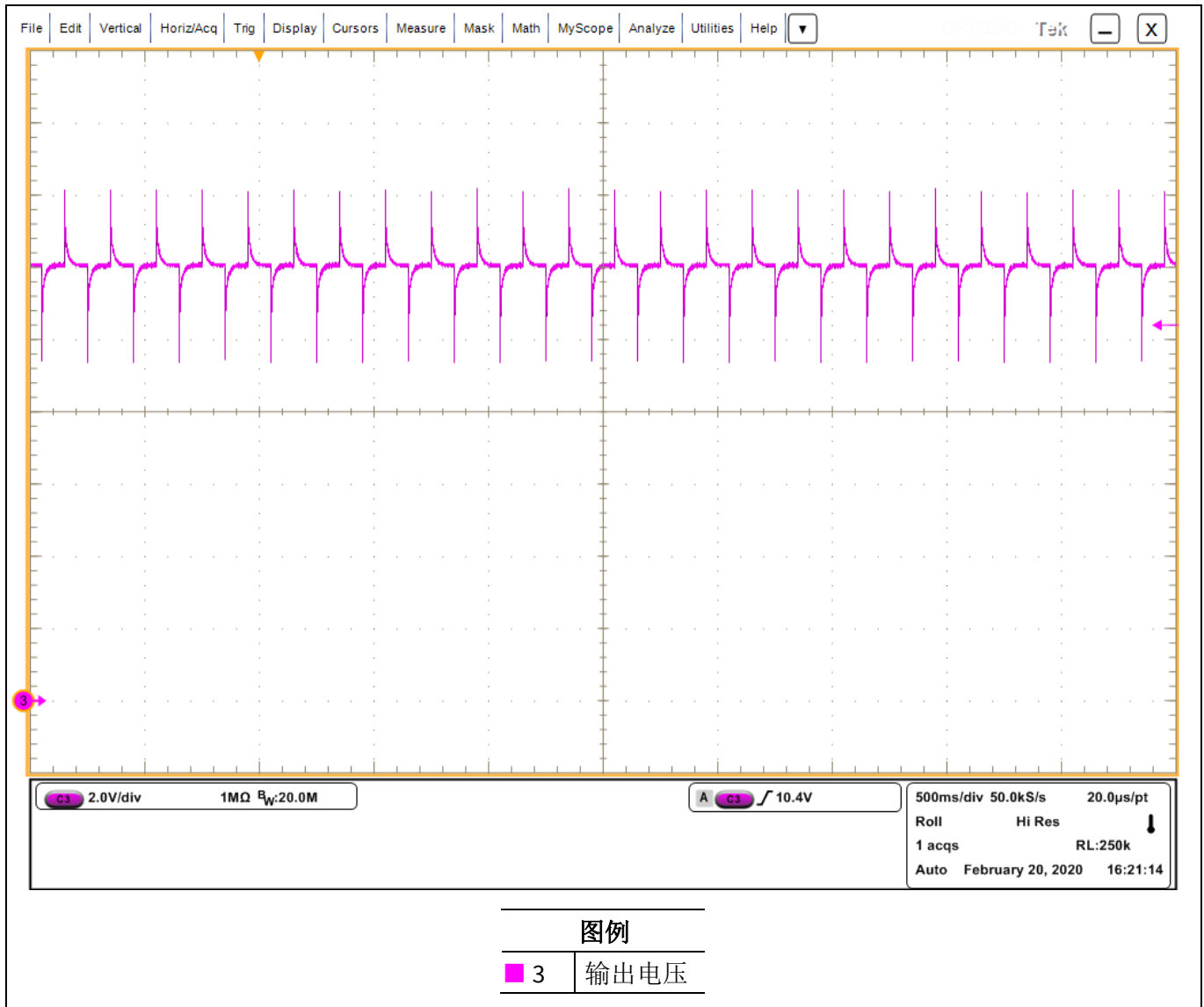


图 6 负载跳跃时的输出波形

## 4.2 效率

此效率曲线在室温下测量。该转换器在降压模式工作，具有 48 V 或 24 V 输入电压和 12 V 输出电压。分流电阻 R36 由电桥代替，以提高整体效率。

提高效率可采取的措施：

- 减小电感等效串联电阻 (ESR)。这是造成大部分功率损耗的因素。
- 选择具有较低  $R_{DS(on)}$  和较低额定电压的 MOSFET，如 **BSC026N08NS5**。

特性

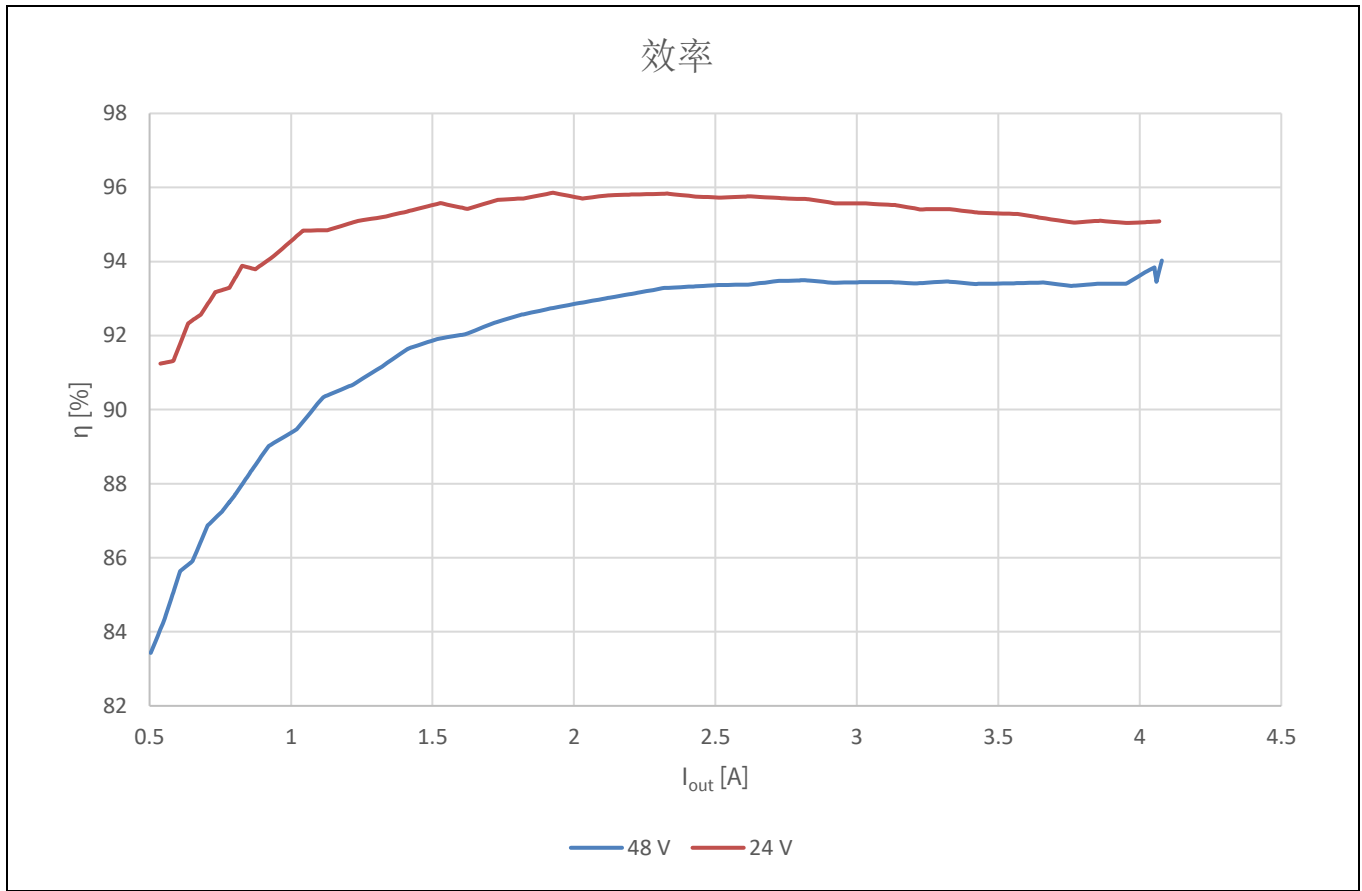


图 7 降压模式下 12 V 输出时的效率 (R36 已桥接)

### 4.3 降压模式启动

以下截图显示了连接到明纬 GST60A48-P1J 电源时的启动波形。未连接负载。

特性

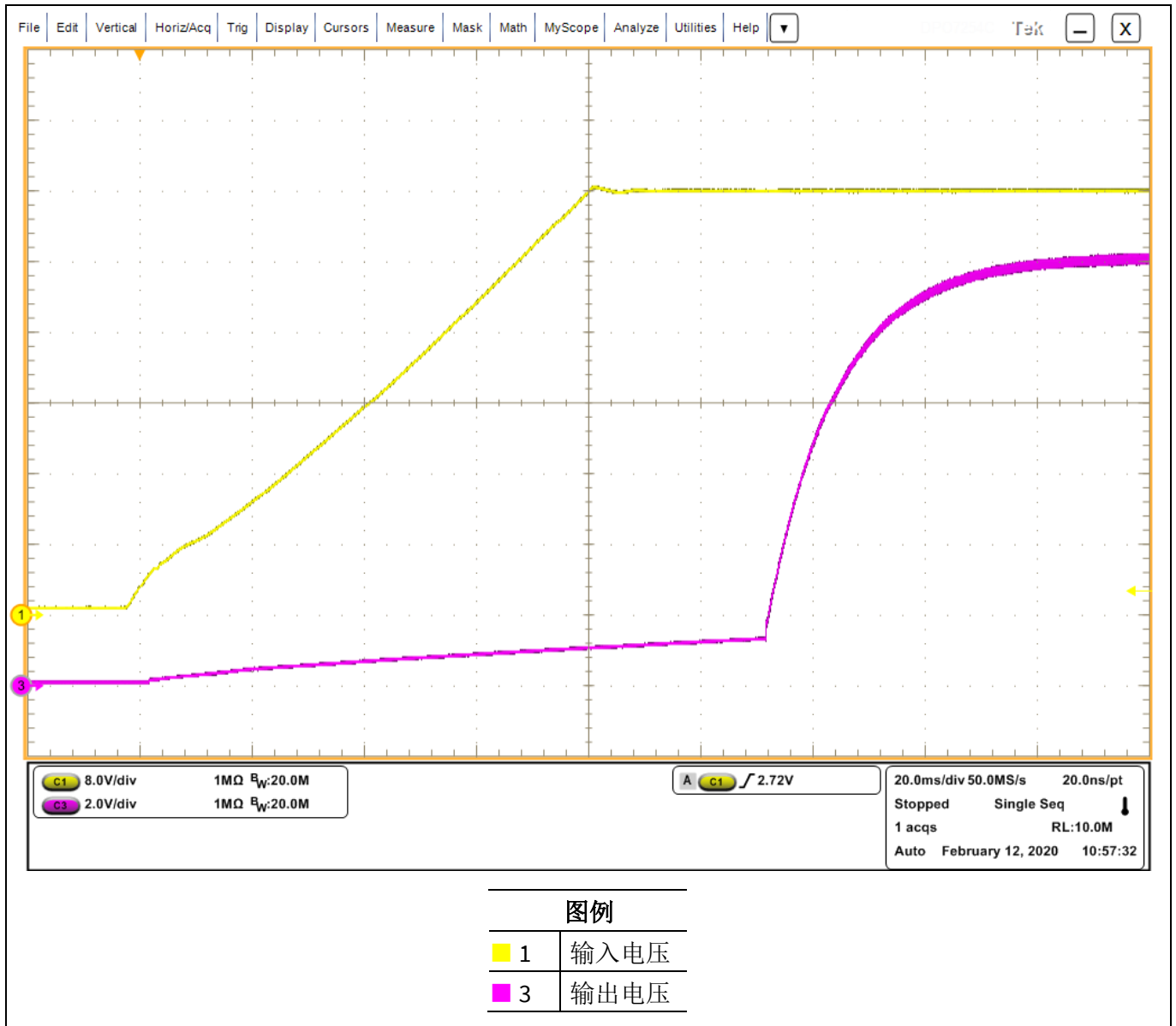


图 8 降压模式下启动，输入电压 48 V，输出电压 12 V

以下显示了满载（即 4 A）下的启动。

特性

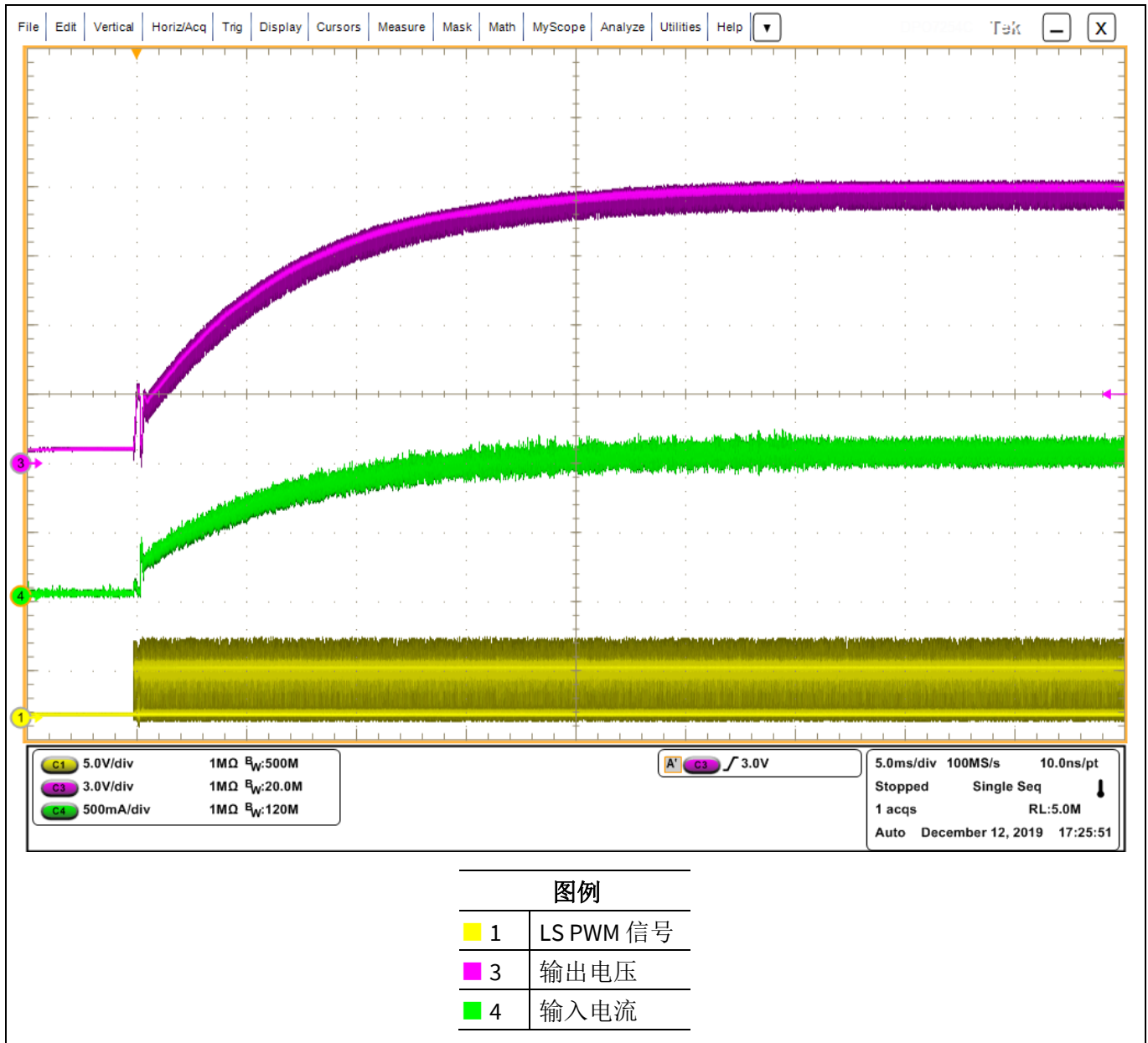


图 9 降压模式下启动，输入电压 48 V，输出电压 12 V，负载 4 A

#### 4.4 升压模式下启动

下图中可以看到启动波形。输出电压有一点过冲 (48.68 V)。

Note: 由于热限制，如此大的负载在长时间内（超过 2 分钟）是不可行的。



特性

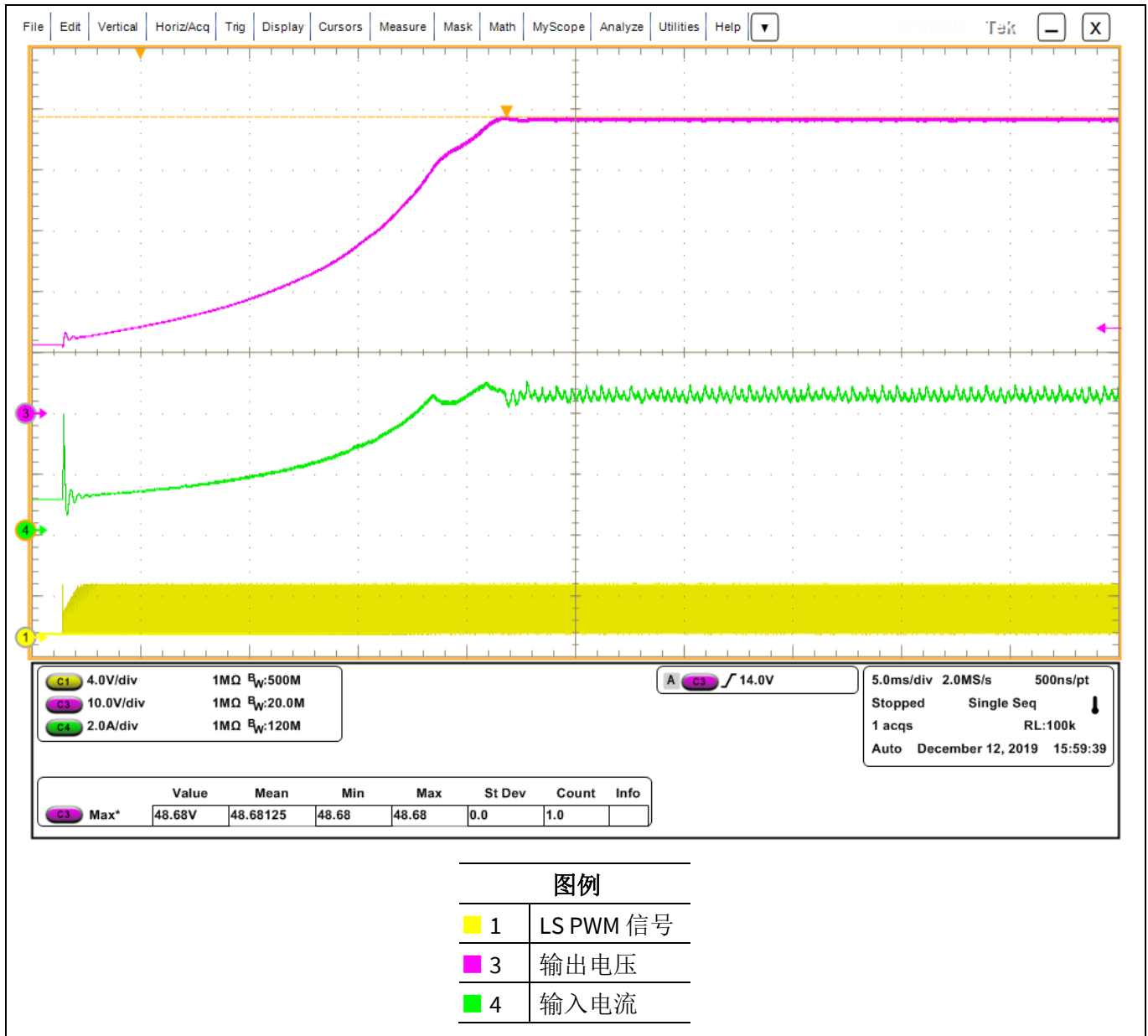


图 10 升压模式下启动，输入电压 12 V，输出电压 48 V，负载 1 A

### 4.5 热测量

下图显示了不同部件满载下的温度。转换器在降压模式下工作，输入电压 48 V，输出电压 12 V。它在最大电流为 4 A 的情况下工作。主要的热限制因素是线圈。将线圈改为具有更好直流电阻的线圈可以显著提高该评估板在满载降压模式下的热性能。请注意，驱动器温度都低于 80° C。两者中较热的也如下所示。评估板在一定负载下长时间工作后，握持时要小心。评估板的其余部分不会变得很热。

特性

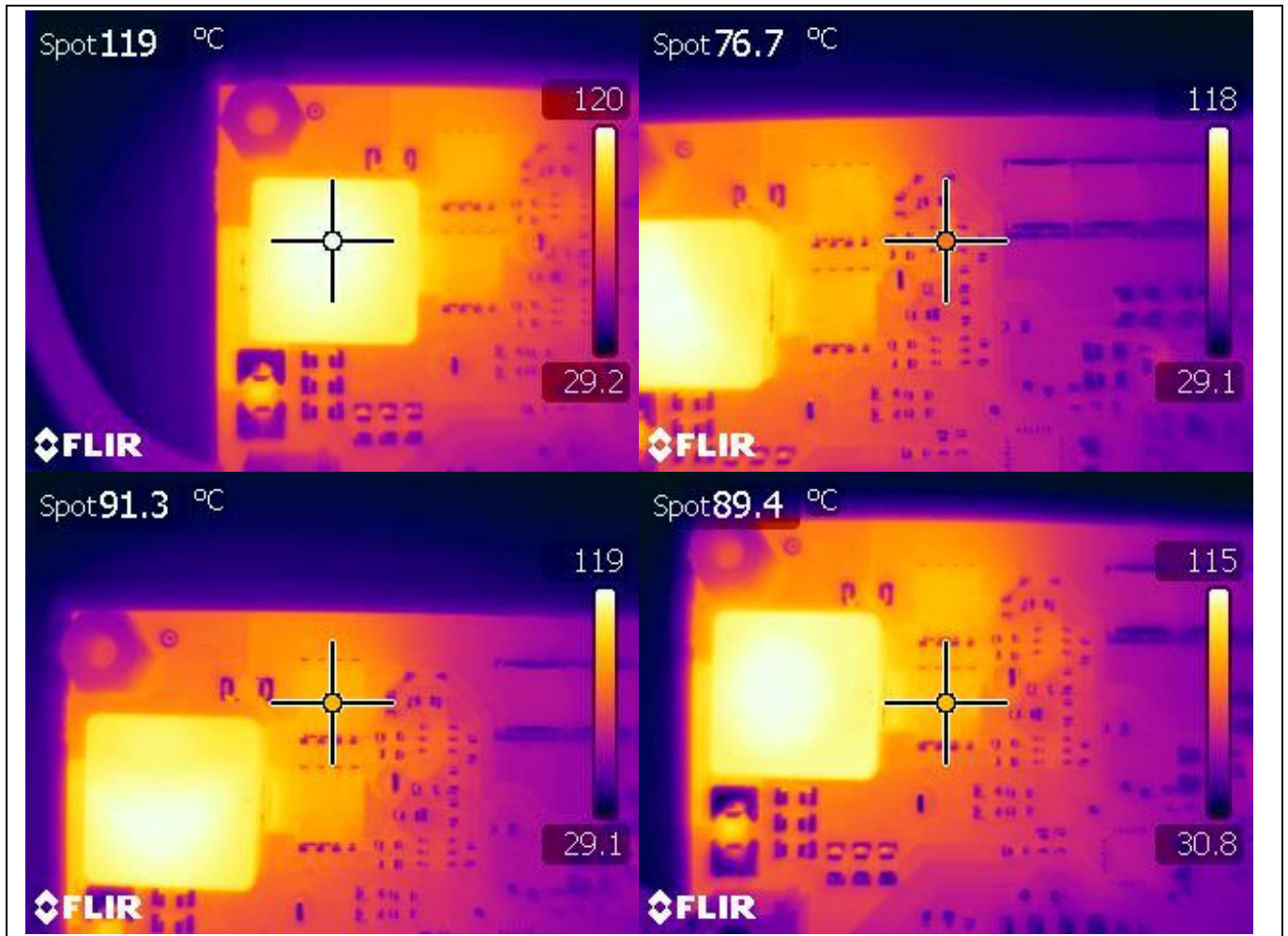


图 11 降压模式下的 MOSFET 和线圈温度，负载 4 A

附录

5 附录

5.1 电路图

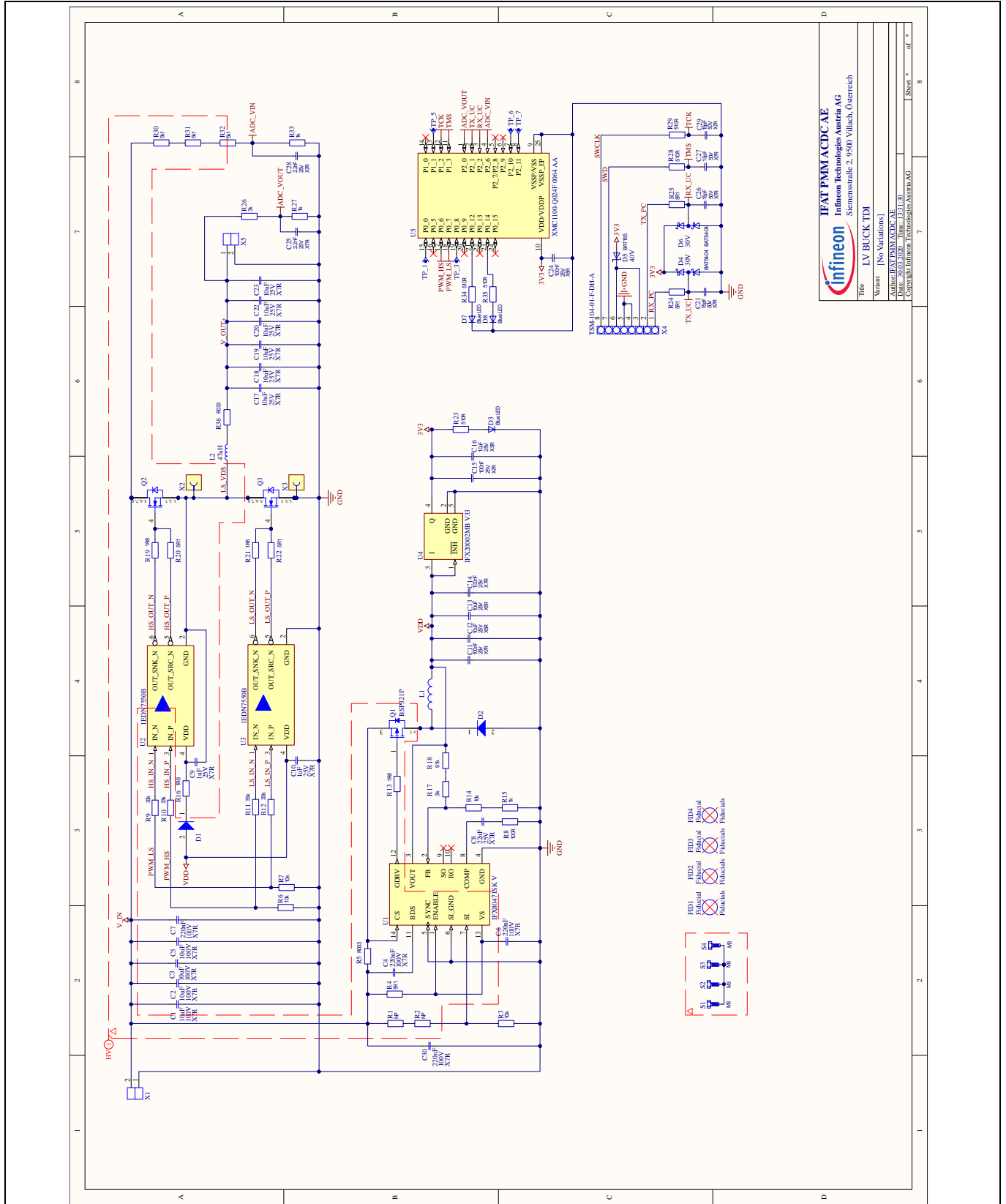


图 12 示意图

附录

## 5.2 PCB 布局

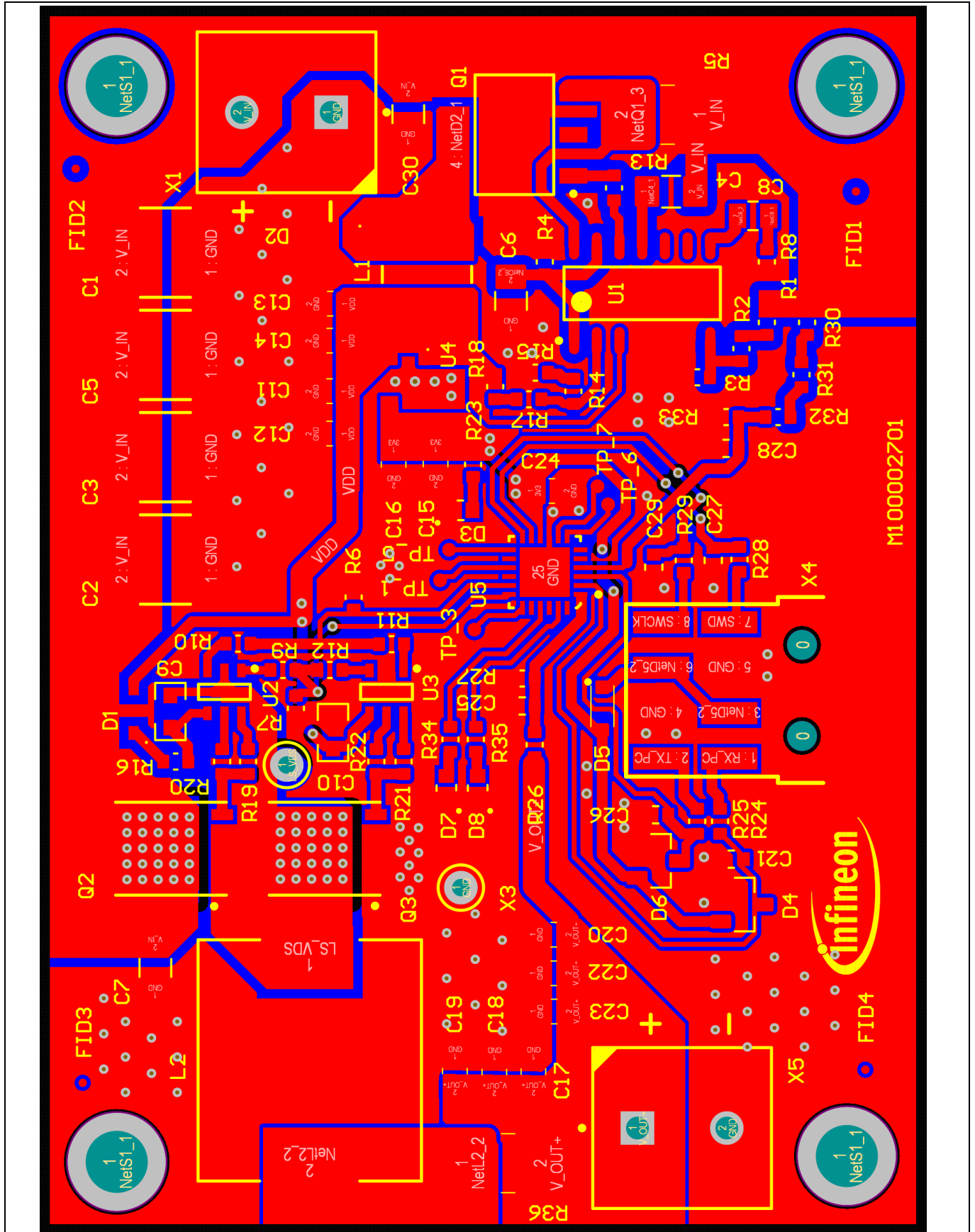


图 13 PCB 布局

附录

### 5.3 物料清单 (BOM)

表 7 物料清单

数量	代号	值	描述	占用空间	供应商 1	供应商部件编号 1
1	X4	TSM-104-01-F-DH-A	排母、八触点	排针双排 2x4c SMD 安装孔	Digi-Key	TSM-104-01-F-DH-A-ND
2	X1、X5		排针、两触点	CON-TER-THT-1935776	Farnell	1641934
2	X2、X3	5004	测试点 THT, 黄色	CON-THT-TP-5004	Farnell	1533290
1	C8	22 nF	无极性电容	CAP0805R		
1	D5	BAT165	肖特基二极管	SOD323		
1	L1	100 $\mu$ H	SMT 屏蔽微型功率电感 WE-TPC, 尺寸 4828, 100 $\mu$ H, 0.51 A	WE-TPC_4828	Digi-Key	732-1111-1-ND
1	L2	47 $\mu$ H	WE-LHMI SMD 功率电感	INDM135125X650N	Farnell	2434080
1	Q1	BSP321P	P 沟道 SIPMOS 小信号晶体管, -100 V <sub>DS</sub> , -0.98 A ID, -55 至 150° C, PG-SOT223(SC-73), 卷盘, 绿色	INF-PG-SOT223_SC-73_N	英飞凌	BSP321P
1	R8	100 R	电阻	RES0603R		
1	R18	91 k	电阻	RES0603R		
1	U1	IFX80471S K V	降压 DC-DC 控制器, 2300 mA Iq, -40 至 125° C, PG-DSO-14-1, 卷盘, 绿色	INF-PG-DSO-14-1_N		
1	U4	IFX20002M B V33	低压差稳压器, 4.5 至 45 V 工作电压, 30 mA, -40 至 125° , PG-SCT595, 卷盘, 绿色	INF-PG-SCT595_V		
1	U5	XMC100-Q024 F 0064 AA	32 位 XMC1000 工业微控制器 ARM® Cortex®-M0/PG-VQFN-24-19	QFN50P400X400X90-25N	英飞凌	
2	C9、C10	1 $\mu$ F	无极性电容	CAP0603W		
2	C25、C28	2.2 nF	陶瓷电容	CAP0603R		
2	D1、D2	BAS16-03W	硅开关二极管, SOD323, 卷盘, 绿色	INF-SOD323_V	英飞凌	BAS16-03W

附录

2	D4、D6	Bat5 4-04	肖特基二极管	SOT23R	英飞凌	BAT54-04
2	Q2、Q3	BSC0 93N1 5NS5	OptiMOS™ 5 功率晶体管, 80 V	INF-PG- TDSO8-8-FL	英飞凌	BSC093N 15NS5
2	R1、R2	NP	电阻	RES0603R		
2	R5、R36	R033	电阻	RES2512R— —分流	Farnell	2828210
2	R17、R26	3 k	电阻	RES0603R		
2	U2、U3	1EDN 7550 B	EiceDRIVER™, 用于 MOSFET 和 IGBT 的单沟道 LS 栅极驱动器 IC, 4.2 V UVLO	SOT95P280X1 45-6N-7-V		
3	D3、D7、 D8	蓝色 LED	LED	LED-0603R	Farnell	1685096
3	R15、 R27、R33	1 k	电阻	RES0603R		
3	R30、 R31、R32	5k1	电阻	RES0603R		
4	C1、C2、 C3、C5	10 μF	无极性电容	2220	Digi-Key	445-5212- 1-ND
4	C4、C6、 C7、C30	220 nF	无极性电容	CAP1206R	Digi-Key	399-8177- 1-ND
4	C11、 C14、 C15、C24	100 nF	陶瓷电容	CAP0805-IFX		
4	C21、 C26、 C27、C29	15 pF	陶瓷电容	CAP0603R		
4	R3、R6、 R7、R14	10 k	电阻	RES0603R		
4	R9、R10、 R11、R12	33 k	电阻	RES0603R		
4	R13、 R16、 R19、R21	1R8	电阻	RES0603R		
5	R4、R20、 R22、 R24、R25	5R1	电阻	RES0603R		
5	R23、 R28、 R29、 R34、R35	510 R	电阻	RES0603R		
9	C12、 C13、	10 μF	陶瓷电容、无极性电容	CAP0805-IFX		

附录

	C16、 C17、 C18、 C19、 C20、 C22、 C23					
--	--	--	--	--	--	--

参考资料

## 6 参考资料

- [1] Lukic, Z., Stupar, A., Prodic, A., & Goder, D. (2008). Current Estimation and Remote Temperature Monitoring System for Low Power Digitally Controlled DC-DC SMPS. *39th IEEE Annual Power Electronics Specialists Conference*, (pp. 1139-1143). Rhodes. Retrieved February 28, 2020, from [http://www.ele.utoronto.ca/power\\_management/cp29.pdf](http://www.ele.utoronto.ca/power_management/cp29.pdf)





## 修订记录

文档版本	发布日期	变更说明
V 1.0	2021-12-03	首次发布
V 1.1	2022-06-13	图 11 的描述已更新

## 商标

所有提及的产品或服务名称和商标均为其各自所有者的财产。

版本 2022-06-13

### 出版方

英飞凌科技股份有限公司

81726 Munich, Germany

© 2022 英飞凌科技股份有限公司  
版权所有。

您对这份文档有问题吗？

电子邮件: [erratum@infineon.com](mailto:erratum@infineon.com)

### 参考资料

AN\_2001\_PL52\_2003\_144828\_CN

## 重要声明

本应用说明中给出的信息仅作为产品使用建议，不得被视为就产品特定功能、条件或质量作出的任何说明或保证。在使用产品前，本应用说明的使用者必须在实际应用中验证本文档描述的任何功能和其他技术信息。对于本应用说明中给出的任何及所有信息，英飞凌科技股份有限公司特此声明不作任何及所有保证，亦不承担任何形式的责任（包括但不限于对不侵犯任何第三方知识产权的保证）。

本文档所含数据仅供受过技术培训的人员使用。客户的技术部门应负责评估该产品是否适合目标应用，以及本文档中给出的产品信息就该应用而言是否完整。

若需获得有关我司产品、技术、交付条款和条件、价格的更多信息，请联系距离您最近的英飞凌办事处 ([www.infineon.com](http://www.infineon.com))。

## 警告

由于技术需要，我司产品可能包含有害物质。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。

除非由英飞凌科技授权代表签署的书面文件中另有明确批准，否则不得将我司产品用于任何产品失效或产品使用据合理预计可能导致人身伤害的应用。