

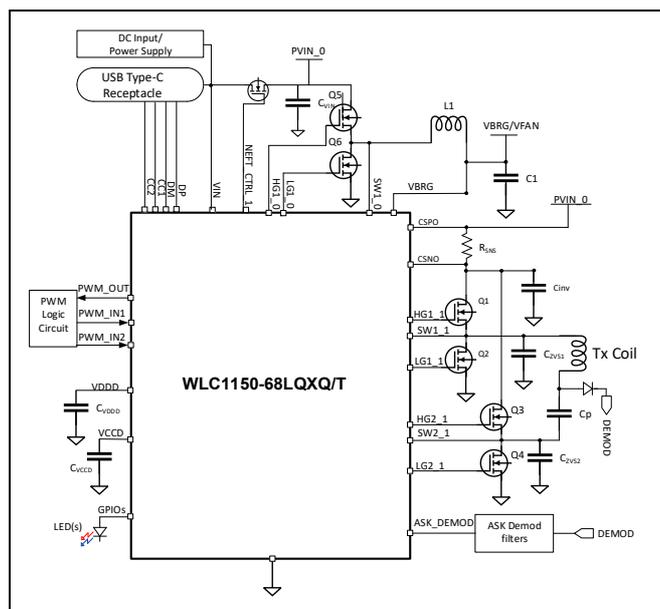
无线充电 IC (WLC) — 集成了 USB Type-C PD 控制器的 50 W 发射器

概述

WLC1150 是一款高度集成的无线电力发射器，非常适合用于 50 W 充电应用。该 IC 在英飞凌高功率专有协议模式下工作时，可传输 50 W 大小的功率。WLC1150 通过满足高功率应用的关键系统需求，如散热、EMI、异物检测 (FOD)、高效率和逆变器控制等，为各种应用提供一个输出功率高达 50 W 且具有成本效益的解决方案。

WLC1150 与不同的输入配置类型相兼容，因此可以在各种高功率应用中使用该器件。WLC1150 支持其输入电源由 USB PD/PPS 或固定输入供电的系统。该固定输入的电源则由直流电源提供。该 IC 支持这些输入配置而无需要前端 DC-DC 转换器，进而大量提升系统效率，且系统效率也是高功率系统的一个重要因素。WLC1150 提供多项可编程功能，用于创建独特的无线发射器解决方案。

WLC1150 是一款高度可编程的无线电力发射器。该器件具有片上 32 位 Arm® Cortex®-M0 处理器、128 KB 闪存、16 KB RAM 以及 32 KB ROM。此外，它还具有各种模拟和数字外设，例如 ADC、PWM 和定时器。这款发射器具有一个完全可编程的 MCU 以及模拟和数字外设，从而能够提供可扩展的无线充电解决方案。



性能

- 基于专有协议的 50 W 无线电力传输
- 符合 Qi v1.3.x 标准的扩展功率分布 (EPP) 和基本功率分布 (BPP) 的发射器 (MP-A2 和类似产品)
- 用于逆变器的集成栅极驱动器
- 使用频率、占空比和可变电压的逆变器控制
- 用于风扇的集成降压控制器，在高功率传输期间可以使用该风扇对接口表面进行冷却
- 集成 FOD
- 支持多种输入配置
 1. USB PD/PPS
 2. 20 V 固定直流输入 (不需额外 DC-DC 转换器)。
- 集成了 USB-PD 控制器
 - 支持最新的 USB-PD 版本 3.1
 - 可编程电源 (PPS) 模式
 - 支持 USB PD 传统充电协议, 例如 QC 2.0/ 3.0 和 AFC^[1]
- 支持宽广的输入电压范围: 4.5V 至 24V (使用集成的升降压控制器)
- 通讯端口: I2C、UART
- 可配置保护
 - 适应性 FOD
 - 过电流保护 (OCP)、过压保护 (OVP)
 - 通过集成的 ADC 电路和内部温度传感器支持过热保护

注释

1. 客户必须获得 QC2.0/3.0 和 AFC 的许可。如需任何其他传统充电协议支持，请联系您当地的英飞凌销售代表。

目录

概述.....	1
性能.....	1
潜在应用.....	2
逻辑框图.....	2
目录.....	3
1 带有风扇电源集成降压控制器的单级 50 W 发射器解决方案.....	4
2 带有集成升降压控制器的双级 50 W 发射器解决方案.....	5
3 引脚信息.....	6
4 电气规范.....	11
4.1 最大绝对额定值.....	11
4.2 器件级规范.....	14
4.3 直流规范.....	14
4.4 数字外设.....	18
4.5 系统资源.....	19
5 功能概述.....	24
5.1 无线电力发射器.....	24
5.2 英飞凌高功率专有协议的操作和支持.....	24
5.3 无线充电系统控制.....	24
5.4 从 Tx 到 Rx 的通信 — FSK.....	26
5.5 从 Rx 到 Tx 的通信 — ASK.....	26
5.6 解调.....	27
5.7 输入电源.....	27
5.8 逆变器和占空比控制.....	29
5.9 Rx 检测.....	30
5.10 降压 / 升降压调节器.....	32
5.11 降压 / 升降压器操作模式.....	33
6 WLC1150 器件的编程.....	35
6.1 通过 SWD 接口对器件闪存进行编程.....	35
7 订购信息.....	36
7.1 订购代码定义.....	36
8 封装.....	37
9 封装图.....	38
10 缩略语.....	39
11 文档规范.....	41
11.1 测量单位.....	41
文档修订记录.....	42
免责声明.....	43

带有风扇电源集成降压控制器的单级 50 W 发

1 带有风扇电源集成降压控制器的单级 50 W 发射器解决方案

Figure 1 说明了用于无线电力发射器的 WLC1150 的典型应用。该器件使用基于频率和占空比控制的 MP-A2 发射器线圈。系统的输入电源是由 Type-C PD 适配器或由外部 20 V 直流电源提供的，该输入电源又为逆变器、IC 和降压转换器供电。风扇和 WLC1150 则由降压转换器供电。WLC1150 控制逆变器频率和占空比，以调节流向发射器线圈为接收器供电的功率。WLC1150 提供集成基于电压和电流信号的移幅键 (ASK) 解调器和透过外部双运算放大器支持的解码功能。通过 I²C 连接 OPTIGA™ Trust Security IC，以满足 Qi 的身份验证要求。

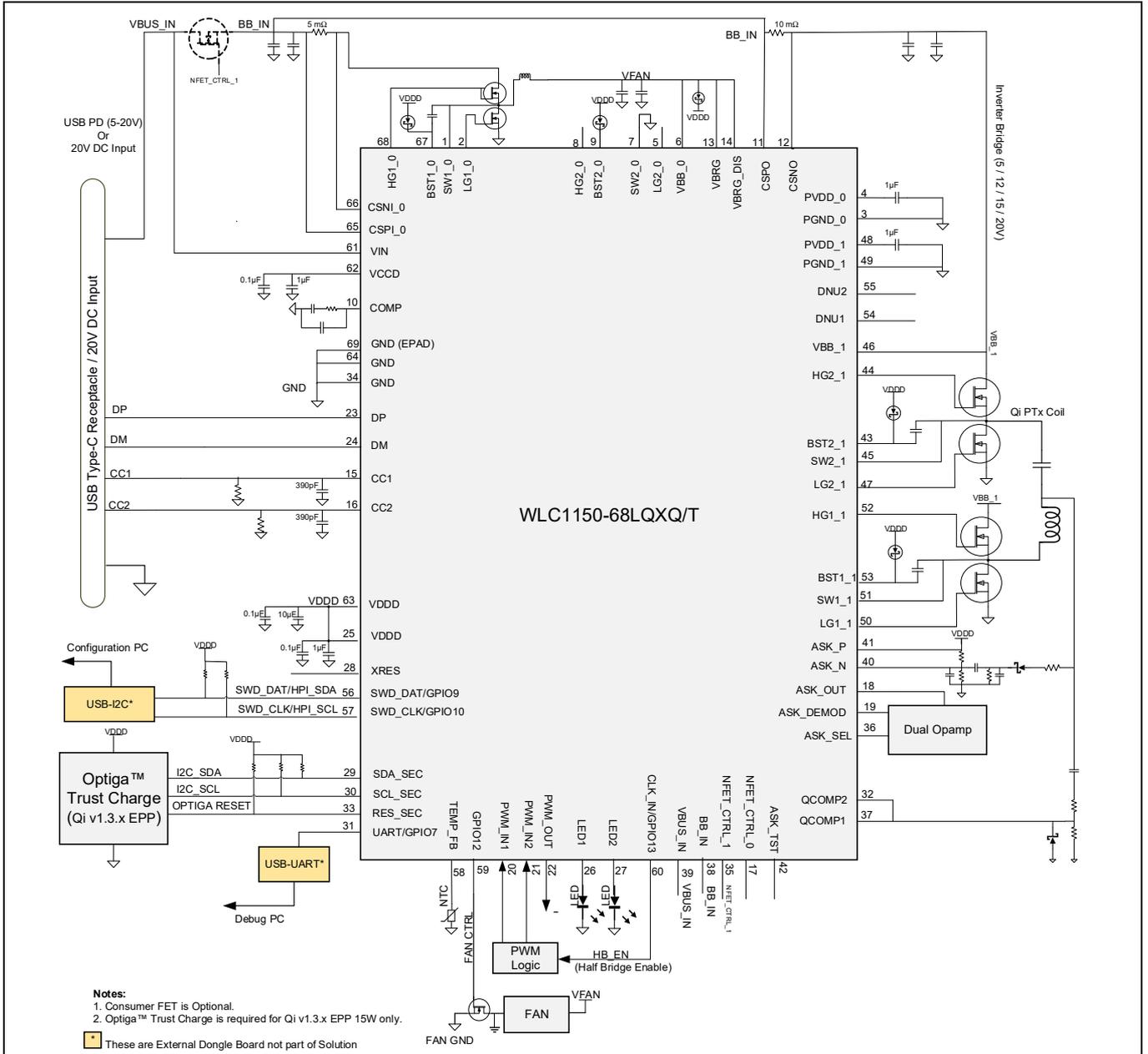


Figure 1 带有风扇电源降压转换器的单级 50 W 发射器解决方案应用图

带有集成升降压控制器的双级 50 W 发射器解

2 带有集成升降压控制器的双级 50 W 发射器解决方案

Figure 2 说明了支持宽电源输入的 50 W 无线电力发射器 WLC1150 的典型应用。该解决方案是基于 MP-A2 发射器线圈。系统的输入电源是通过宽输入电压范围 (5 V 至 20 V) 的直流电源为升降压转换器供电，而该转换器又为逆变器供电。升降压转换器将 VBRG 调节为所需电压。WLC1150 控制逆变器频率和占空，以调节流向发射器线圈为接收器供电的功率。

WLC1150 提供集成基于电压和电流信号的移幅键 (ASK) 解调器和透过外部双运算放大器支持的解码功能。通过 I²C 连接 OPTIGA™ Trust Security IC，以满足 Qi 的身份验证要求。

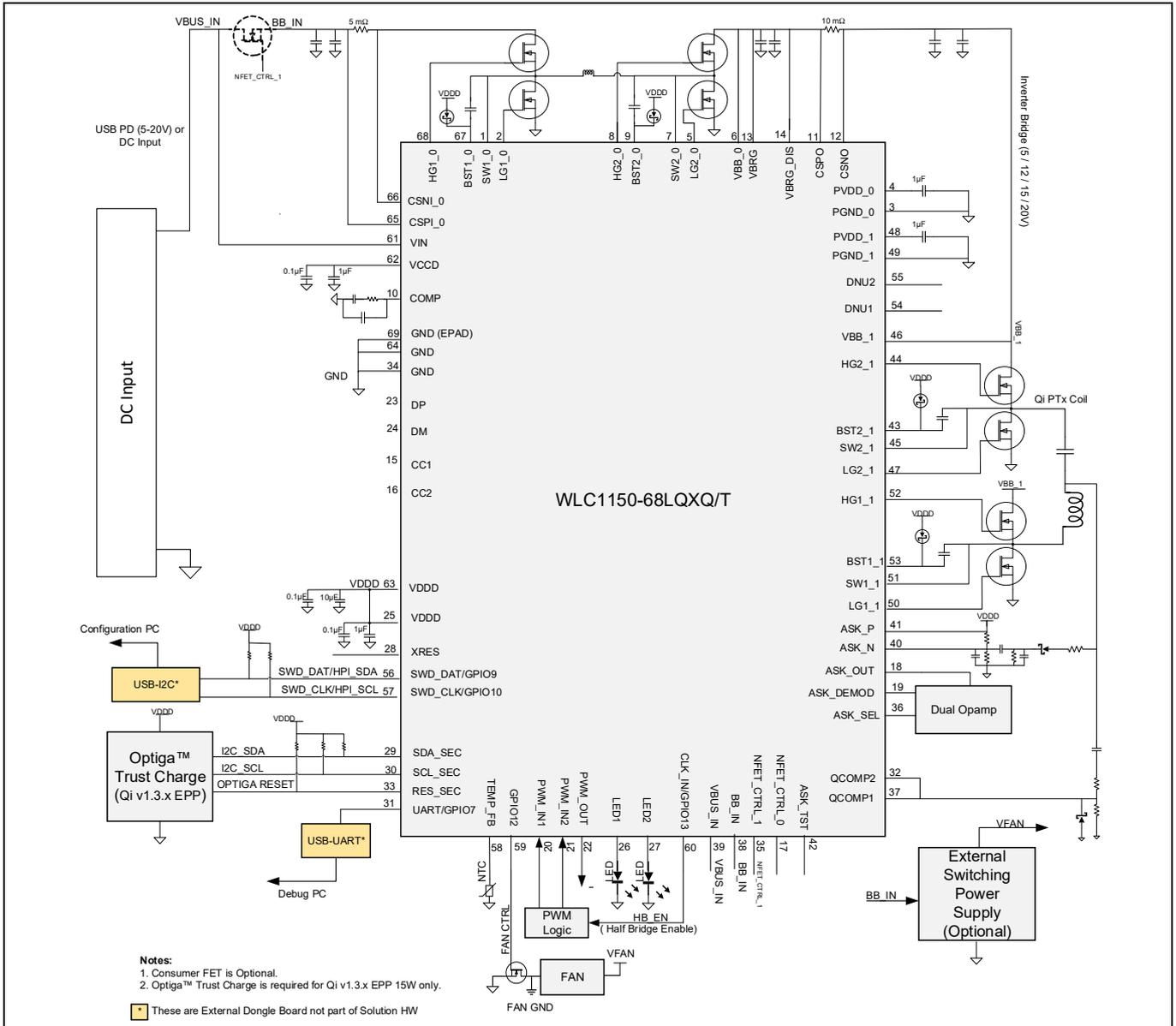


Figure 2 带有升降压转换器的双级 50 W 发射器解决方案应用图

引脚信息

3 引脚信息

Table 1 WLC1150 引脚分布

引脚编号	引脚名称	50 W 应用程序固件的引脚功能	说明
1	SW1_0		用于低侧栅极驱动器的降压 / 升压 - 降压转换器开关节点 (DC-DC bank 1) 和零电流检测器输入。 单级解决方案: 使用短且宽的走线将该引脚连接到降压器的开关节点。 双级解决方案: 使用短且宽的走线将该引脚连接到升降压的开关节点。
2	LG1_0		降压 / 降压 - 升压转换器 (DC-DC bank 1) 的低侧栅极驱动器输出。 单级解决方案: 将该引脚连接到降压低侧 FET 栅极。使用较宽的走线以最小化该连接所产生的电感。 双级解决方案: 连接到降压 - 升压低侧 FET 栅极。使用较宽的走线以最小化该连接所产生的电感。
3	PGND_0		栅极驱动器 (DC-DC) 的接地。将所有接地 (GND) 和 PGND 引脚 (PGND_0 和 PGND_1) 连接在一起。将该引脚直接连接到 PCB 接地层和 EPAD。
4	PVDD_0		连接到 VDDD 和去耦电容 (1 μ F 和 0.1 μ F), 并尽可能靠近 IC。
5	LG2_0		DC-DC bank 2 的低侧栅极驱动器输出。 单级解决方案: 将该引脚设置为悬空状态。 双级解决方案: 将该引脚连接到低侧栅极降压 - 升压转换器 (DC-DC bank 2)。
6	VBB_0		降压 / 升降压转换器的输出电压。 单级解决方案: 将该引脚连接到降压转换器的输出。 双级解决方案: 逆变器的输入电压。将该引脚连接到与 CSPO 引脚连接的电流检测电阻器端。该连接使用专用的 (Kelvin) 走线。
7	SW2_0		开关节点 (DC-DC bank 2)。 单级解决方案: 将该引脚直接连接到 EPAD。 双级解决方案: 使用短且宽的走线将该引脚连接到升降压 (DC-DC bank 2) 的开关节点。
8	HG2_0		DC-DC bank 2 的高侧栅极驱动器输出。 单级解决方案: 将该引脚设置为悬空状态。 双级解决方案: 连接到降压 - 升压 (DC-DC bank 2) 高侧 FET 栅极。使用较宽的走线以最小化该连接所产生的电感。
9	BST2_0		DC-DC bank 2 的自举电源。 单级解决方案: 通过肖特基二极管将该引脚连接到 VDDD。 双级解决方案: 在该引脚和 SW2_0 之间连接一个电容 (推荐值为 0.1 μ F)。 此外, 在 VDDD 和 BST2_0 之间连接一个肖特基二极管。
10	COMP		用于降压 / 升降压控制器的误差放大器 (EA) 输出。将 RC 补偿网络连接到 GND。
11	CSPO		逆变桥输入电流的电流检测放大器的正输入。连接到输出电流检测电阻的正端。
12	CSNO		逆变桥输入电流的电流检测放大器的负输入。连接到电流检测电阻的负端。

引脚信息

Table 1 WLC1150 引脚分布 (续)

引脚编号	引脚名称	50 W 应用程序固件的引脚功能	说明
13	VBRG		降压 / 升降压输出电压的反馈引脚。 单级解决方案: 将该引脚连接到降压输出。 双级解决方案: 将该引脚连接到升降压输出。
14	VBRG_DIS		单级解决方案: 将该引脚连接到降压输出。 双级解决方案: 将该引脚连接到与 CSPO 引脚连接的电流检测电阻器端。
15	CC1		Type-C 连接器配置通道 1。直接连接到端口的 Type-C 连接器上的 CC1 引脚和一个接地电容 (建议值为 390 pF)。 将该引脚设置为悬空状态, 作为电源 (非 USB PD) 输入使用。
16	CC2		Type-C 连接器配置通道 2。直接连接到端口的 Type-C 连接器上的 CC2 引脚和一个接地电容 (建议值为 390 pF)。 将该引脚设置为悬空状态, 作为电源 (非 USB PD) 输入使用。
17	NFET_CTRL_0		发送端 FET 的 NFET 栅极驱动器输出, 用于降压或升降压 (DC-DC)。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
18	ASK_OUT		ASK 电压 / 电流检测路径。用于 ASK 信号处理的 IC 输出。
19	ASK_DEMOD		ASK 信号解码的输入。将外部 ASK 比较器输出连接到该引脚。将该引脚短接到引脚 36 (ASK_SEL)。
20	GD_OVR_HB_1	PWM_IN1	逆变器 bank 1 的逆变器栅极驱动器输入信号。 对于 50 W 应用, 将 PWM 逻辑信号的输出连接到该引脚。
21	GD_OVR_HB_2	PWM_IN2	逆变器 bank 2 的逆变器栅极驱动器输入信号。 对于 50 W 应用, 将 PWM 逻辑信号的输出连接到该引脚。
22	PWM_OUT		PWM 逻辑电路的输入连接到 PWM 逻辑电路的输入。
23	DP/GPIO1	DP	默认 USB D+ / 可配置 GPIO。用于支持传统充电 BC 1.2、AFC、QC 或 Apple。 IC 不支持该引脚上的 USB 数据传输。
24	DM/GPIO2	DM	默认 USB D+ / 可配置 GPIO。用于支持传统充电 BC 1.2、AFC、QC 或 Apple。 IC 不支持该引脚上的 USB 数据传输。
25、63	VDDD		来自 VIN 的 VDDD 5V LDO 输出。在该引脚和靠近 IC 的 GND 之间放置一个陶瓷旁路电容 (推荐值为 1 μ F)。 将所有 VDDD 和 PVDD 引脚连接在一起。
26	GPIO3	LED1	50 W 应用程序 / 可配置 GPIO 的默认 LED1。 如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
27	GPIO4	LED2	50 W 应用程序 / 可配置 GPIO 的默认 LED2。 如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
28	XRES		外部复位 — 低电平有效, 内部上拉 (~6 k Ω)。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
29	GPIO5/SCB0	SDA_SEC	该引脚作为主设备与 OPTIGA™ Trust I ² C SDA 连接。配置该引脚, 使之采用开漏连接。该引脚被连接到一个外部上拉电阻。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
30	GPIO6/SCB0	SCL_SEC	用于与 OPTIGA™ Trust I ² C SDA 连接。配置该引脚, 使之采用开漏连接。该引脚被连接到一个外部上拉电阻。 如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。

引脚信息

Table 1 WLC1150 引脚分布 (续)

引脚编号	引脚名称	50 W 应用程序固件的引脚功能	说明
31	GPIO7/SCB1	UART/GPIO7	调试 / 可配置 GPIO 的默认 UART Tx。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
32	QCOMP2	QCOMP2	基于 Q 因子的异物检测 (FOD) 预充电测量输入, 用于计数频率。 将该引脚 I 连接到引脚 37 (QCOMP1)。
33	GPIO8	RES_SEC	OPTIGA™ Trust IC 的复位。配置该引脚, 以便在低功耗模式下使用 OPTIGA™ Trust。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
34、64	GND		接地。直接连接到 E-PAD 和接地层。
35	NFET_CTRL_1		接收端 FET 的 NFET 栅极驱动器输出 (如果使用)。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。(接收程序 FET 需要满足 USB PD 规范)。
36	ASK_SEL		ASK 信号解码的输入。将该引脚连接到引脚 19 (ASK_DEMOD)。
37	QCOMP1		基于 Q 因子的 FOD 预充电测量输入, 用于检测峰值电压。 将该引脚与引脚 32 短接 (QCOMP2)。
38	BB_IN		单级解决方案: 降压器 (DC-DC) 和逆变器的输入电压。连接到 USB Type-C 连接器的 VBUS 引脚。如果在 Type-C 连接器后面使用 EMI 滤波器 / 扼流圈和接收程序 FET, 则将该引脚连接到该 EMI 滤波器 / 扼流圈和接收程序 FET 的输出端。 双级解决方案: 升降压输入电压 (DC-DC)。连接到 USB Type-C 连接器的 VBUS 引脚。如果在 Type-C 连接器后面使用 EMI 滤波器 / 扼流圈和接收程序 FET, 则将该引脚连接到该 EMI 滤波器 / 扼流圈和接收程序 FET 的输出端。
39	VBUS_IN		降压 (DC-DC) 输入电压反馈。连接到 USB Type-C 连接器的 VBUS 引脚。如果在 Type-C 连接器后面使用 EMI 滤波器 / 扼流圈和接收程序 FET, 则将该引脚连接到该 EMI 滤波器 / 扼流圈的输出端和接收程序 FET 的输入端。
40	ASK_N		ASK 电压检测信号输入的负输入, 该信号输入与内部放大器连接。
41	ASK_P		ASK 电压检测信号输入的正输入, 该信号输入与内部放大器连接。
42	ASK_TST		如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
43	BST2_1		(逆变器 bank 2) 逆变器高侧栅极驱动器的自举供电。在该引脚和 SW2_1 之间连接一个电容 (推荐值为 0.1 μF)。此外, 在 VDDD 和 BST2_1 之间连接一个肖特基二极管。
44	HG2_1		用于逆变器 FET (逆变器 bank 2) 的高侧栅极驱动器。连接到逆变器 bank 2 的高侧 FET 栅极。使用较宽的走线以最小化该连接所产生的电感。
45	SW2_1		逆变器 bank 2 的逆变器开关节点。使用短且宽的走线将该引脚连接到逆变器 bank 2 的开关节点。
46	VBB_1		逆变器输入电压检测。将该引脚连接到电流检测电阻器后面的逆变器输入电压。该连接使用专用的 (Kelvin) 走线。
47	LG2_1		用于逆变器 FET (逆变器 bank 2) 的低侧栅极驱动器。连接到逆变器 bank 2 的低侧 FET 栅极。

引脚信息

Table 1 WLC1150 引脚分布 (续)

引脚编号	引脚名称	50 W 应用程序固件的引脚功能	说明
48		PVDD_1	连接到 VDDD 引脚。尽可能将旁路电容 (推荐值为 1 μF 和 0.1 μF) 放置在靠近 IC 的位置。
49		PGND_1	逆变器栅极驱动器的接地。直接连接到 PCB 接地层和 E-PAD。将所有 GND 和 PGND 引脚连接在一起。
50		LG1_1	用于逆变器 FET (逆变器 bank 1) 的低侧栅极驱动器。连接到逆变器 bank 1 的低侧 FET 栅极。
51		SW1_1	逆变器 bank 1 的逆变器开关节点。使用短且宽的走线将该引脚连接到逆变器 bank 1 的开关节点。
52		HG1_1	用于逆变器 FET (逆变器 bank 1) 的高侧栅极驱动器。连接到逆变器 bank 1 的高侧 FET 栅极。
53		BST1_1	(逆变器 bank 1) 逆变器高侧栅极驱动器的自举供电。在该引脚和 SW1_1 之间连接一个电容 (推荐值为 0.1 μF)。此外, 在 VDDD 和 BST1_1 之间放置一个肖特基二极管。
54		DUN1/CSNI_1	用于逆变器的输入电流检测放大器 (CSA) 的负输入。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
55		DNU2/CSPI_1	用于逆变器的输入电流检测放大器的正输入。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
56	GPIO9/SCB3/SWD_DAT	SWD_DAT/GPIO9	用于 I ² C/SWD 寄存器访问或编程 / 可配置 GPIO。
57	GPIO10/SCB3/SWD_CLK	SWD_CLK/GPIO10	用于 I ² C/SCL 寄存器访问或编程 / 可配置 GPIO。
58	GPIO11/SCB3	TEMP_FB	通过 50 W 应用 / 可配置 GPIO 的热敏电阻监控来测量 Tx 线圈的温度。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
59	GPIO12/SCB3	GPIO12	可配置的 GPIO。为 FAN PWM 配置, 或将其设置为悬空状态 (若不使用)。
60		GPIO13	默认作为外部 PWM 逻辑电路的输入, 用于启用 / 禁用逆变器半桥操作。如果不使用该引脚, 请将其设置为悬空状态。
61		VIN	4.5 到 24 V 的输入电压。在该引脚和靠近该引脚的 GND 之间连接一个去耦电容 (推荐值为 0.1 μF)。
62		VCCD	用于 Arm [®] -M0 电源和 1.8 V 参考的 1.8 V LDO 输出。在该引脚和接地之间连接一个去耦电容 (推荐值为 0.1 μF)。不能外部使用该引脚, 也不能使用它进行加载。
65		CSPI_0	USB 输入电流检测放大器的正输入 (DC-DC)。连接到输入电流检测电阻的正端。使用专用的 (Kelvin) 连接。
66		CSNI_0	USB 输入电流检测放大器的正输入 (DC-DC)。连接到输入电流检测电阻的负端。使用专用的 (Kelvin) 连接。
67		BST1_0	用于降压 / 升降压 (DC-DC) 高侧栅极驱动器的自举电源。在该引脚和 SW1_0 之间连接一个电容 (推荐值为 0.1 μF)。此外, 在 VDDD 和 BST1_0 之间连接一个肖特基二极管。
68		HG1_0	降压 / 升降压转换器 (DC-DC bank 1) 的高侧栅极驱动器输出。连接到降压高侧 FET 栅极。使用较宽的走线以最小化该连接所产生的电感。
		EPAD	裸露的接地焊盘。直接连接到接地层和引脚 34 和 64。

请分别查看 [Figure 8](#) 和 [Figure 9](#) 了解单阶段转换器和双阶段转换器的关键引脚映射。

引脚信息

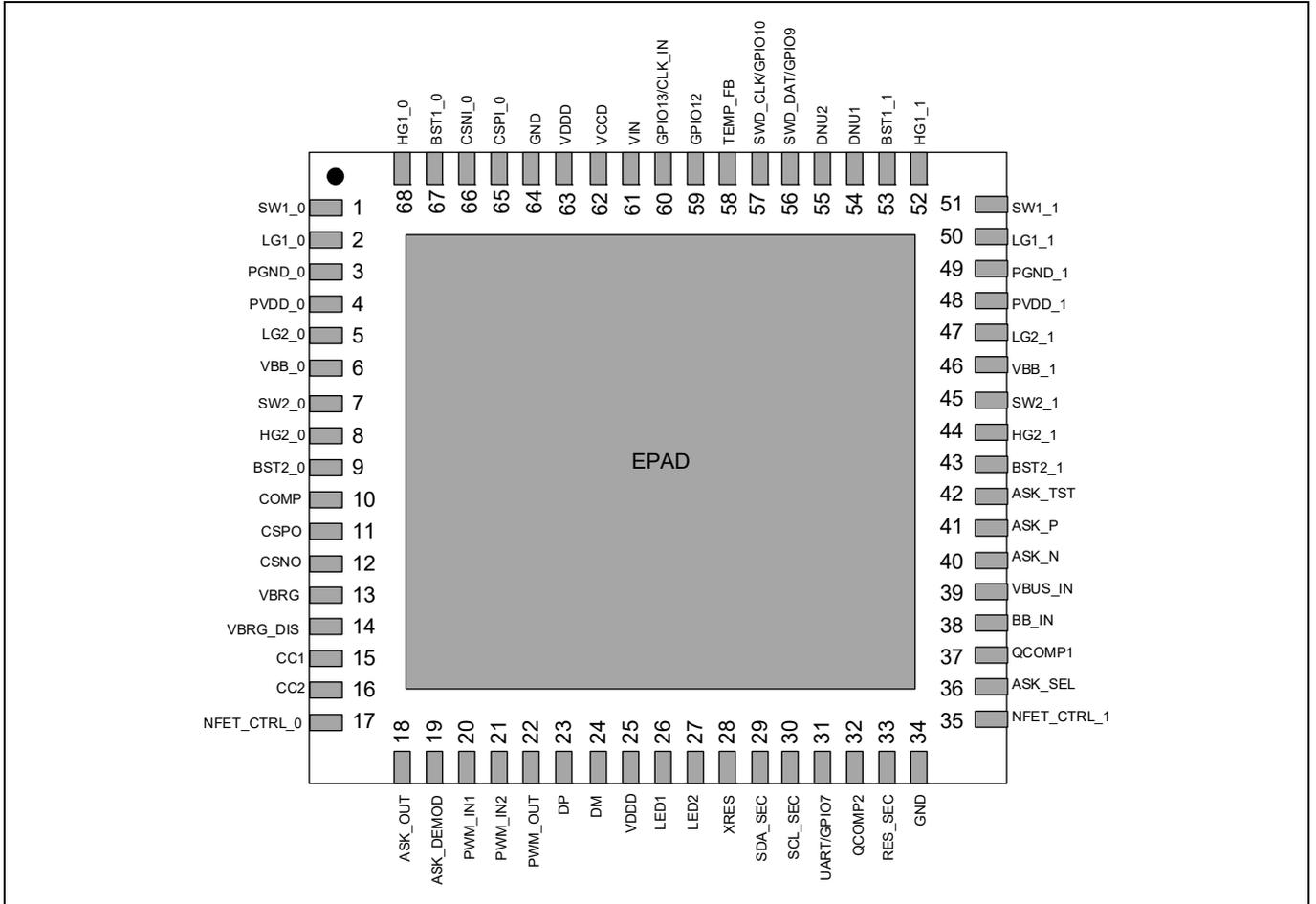


Figure 3 WLC1150 68-QFN 引脚分布

电气规范

4 电气规范

4.1 最大绝对额定值

Table 2 最大绝对额定值^[3]

超过最大额定值可能缩短器件的使用寿命。

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40\text{ °C} \leq T_A \leq 105\text{ °C}$ 和 $T_J \leq 125\text{ °C}$ 。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	说明
VIN	最大输入供电电压	-	-	40	V	-
VDDD, PVDD	相对于 VSS 的最大供电电压			6		
VBUS	相对于 GND 的最大 VBRG_DIS (P0/P1) 电压			24		
CC_0, ASK_SEL	CC 和 ASK_SEL 引脚上的最大电压			24		
QCOMP1	QCOMP1 引脚上的最大电压	-0.7		24	mA	对于 -0.7 V 的最小规范，电流限制为 1 mA。
QCOMP2	QCOMP2 的输入电压	-0.7		VDDD + 0.5		
GPIO	GPIO 的输入电压	-0.5		VDDD + 0.5		
IGPIO	每个 GPIO 上的最大电流	-25		25	mA	-
IGPIO_INJECTION	GPIO 注入电流， 在 $V_{IH} > V_{DDD}$ 时使用最大值 在 $V_{IL} < GND$ 时使用最小值	-0.5		0.5		
ESD_HBM	静电放电 (ESD) 人体静电测试 (HBM)	2000		-	V	适用于所有引脚 (CC1_0、CC2_0、ASK_SEL、QCOMP1 引脚除外)。
ESD_HBM_CC	两个端口的 CC1 和 CC2 引脚的 ESDHBM	1100				
ESD_CDM	ESD 充电器件模型	500				
LU	引脚闩锁电流	-100		100	mA	-
TJ	接面温度	-40		125		
					°C	

注释

3. 使用高于 Table 2 中所列出的最大绝对值可能会给器件造成永久性损害。长期使用在最大绝对额定值下可能会影响器件的可靠性。最大存放温度是 150°C，符合 JEDEC 标准 JESD22-A103 — 高温存放使用寿命标准。如果采用的值低于最大绝对值但高于正常值，则器件的工作情况可能与规范内容存在差异。

电气规范

Table 3 基于引脚的最大绝对额定值

引脚编号	引脚名称	50 W 应用程序固件的引脚功能	最小绝对值 (V)	最大绝对值 (V)
1	SW1_0		-0.7	35
2	LG1_0 ^[4]		-0.5	PVDD+0.5
3	PGND_0		-0.3	0.3
4	PVDD_0			VDD
5	LG2_0 ^[4]		-0.5	PVDD+0.5
6	VBB_0		-0.3	24
7	SW2_0			
8	HG2_0 (相对于 SW2_0) ^[4, 5]		-0.5	PVDD+0.5
9	BST2_0 (相对于 SW2_0) ^[4, 5, 6]		0	
10	COMP ^[4]		-0.5	
11	CSPO		-0.3	24
12	CSNO			
13	VBRG			
14	VBRG_DIS			
15	CC1		-0.5	
16	CC2			
17	NFET_CTRL_0			32
18	ASK_OUT ^[4]			PVDD+0.5
19	ASK_DEMOD ^[4]			
20	GD_OVR_HB_1 ^[4]	PWM_IN1		
21	GD_OVR_HB_2 ^[4]	PWM_IN2		
22	PWM_OUT ^[4]			
23	DP/GPIO1 ^[4]	DP		
24	DM/GPIO2 ^[4]	DM		
25、63	VDDD		-0.3	6
26	GPIO3 ^[4]	LED1	-0.5	PVDD+0.5
27	GPIO4 ^[4]	LED2		
28	XRES ^[4]			
29	GPIO5/SCB0 ^[4]	SDA_SEC		
30	GPIO6/SCB0 ^[4]	SCL_SEC		
31	GPIO7/SCB1 ^[4]	UART/GPIO7		
32	QCOMP2 ^[4, 7]		-0.7	
33	GPIO8 ^[4]	RES_SEC	-0.5	
34、64	GND		-0.3	0.3

注释

4. 最大电压不能超过 6 V。
5. 相对于 GND 的最大绝对电压不能超过 40 V。
6. 相对于 GND 的最小绝对电压不能低于 -0.3 V。
7. 电流限制为 1 mA，仅适用于 -0.7 V 的最小规范。

电气规范

Table 3 基于引脚的最大绝对额定值 (续)

引脚编号	引脚名称	50 W 应用程序固件的引脚功能	最小绝对值 (V)	最大绝对值 (V)
35	NFET_CTRL_1		-0.5	32
36	ASK_SEL			24
37	QCOMP1 ^[7]			-0.7
38	BB_IN		-0.3	24
39	VBUS_IN			
40	ASK_N			
41	ASK_P			
42	ASK_TST ^[4]		-0.5	PVDD+0.5
43	BST2_1 (相对于 SW2_1) ^[4、5、6]		0	
44	HG2_1 (相对于 SW2_1) ^[4、5]		-0.5	
45	SW2_1		-0.7	24
46	VBB_1		-0.3	24
47	LG2_1 ^[4]		-0.5	PVDD+0.5
48	PVDD_1		-0.3	VDDD
49	PGND_1		-0.3	0.3
50	LG1_1 ^[4]		-0.5	PVDD+0.5
51	SW1_1		-0.7	35
52	HG1_1 (相对于 SW1_1) ^[4、5]		-0.5	PVDD+0.5
53	BST1_1 (相对于 SW1_1) ^[4、5、6]		0	
54	CSNI_1	DNU1	-0.3	40
55	CSPI_1	DNU2		
56	GPIO9/SCB3/SWD_DAT ^[4]	SWD_DAT/GPIO9	-0.5	PVDD+0.5
57	GPIO10/SCB3/SWD_CLK ^[4]	SWD_CLK/GPIO10		
58	GPIO11/SCB3 ^[4]	TEMP_FB		
59	GPIO12/SCB3 ^[4]	GPIO12		
60	GPIO13/CLK_IN ^[4]	GPIO13/CLK_IN		
61	VIN		-0.3	40
62	VCCD			2
65	CSPI_0			40
66	CSNI_0			
67	BST1_0 (相对于 SW1_0) ^[4、5、6]		0	PVDD+0.5
68	HG1_0 (相对于 SW1_0) ^[4、5]		-0.5	
	EPAD		-0.3	0.3

注释

4. 最大电压不能超过 6 V。
5. 相对于 GND 的最大绝对电压不能超过 40 V。
6. 相对于 GND 的最小绝对电压不能低于 -0.3 V。
7. 电流限制为 1 mA，仅适用于 -0.7 V 的最小规范。

电气规范

4.2 器件级规范

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $T_J \leq 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.3 直流规范

Table 4 直流规范 (工作条件)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PWR#1	VIN	输入供电电压	4.5	20	24	V	使用固定的 PD 供电
SID.PWR#2	VDDD	VDDD 输出电压范围	4.6	-	5.5		$5.5\text{ V} < V_{\text{INS}} < 24\text{ V}$; 最大负载 = 150 mA
SID.PWR#3	VDDD_MIN	VDDD 压差电压	$V_{\text{IN}} - 0.2$	-	-		$4.5\text{ V} < V_{\text{IN}} < 5.5\text{ V}$; 最大负载 = 20 mA
SID.PWR#20	VBRG	VBRG_0 输出电压范围	3.3	5	21.5		$V_{\text{IN}} > V_{\text{BRG}}$
SID.PWR#5	VCCD	VCCD 输出电压	-	1.8	-		-
SID.PWR#25	IDD_ACT48M	开关频率为 0.4 MHz 条件下的工作静态电流	-	87	-	mA	$T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{IN}} = 12\text{ V}$ 。 CC I/O IN 处于发送或接收过程中， 无 I/O 源电流， 无 VCONN 负载电流， CPU 的工作频率为 48 MHz， 降压和逆变器开启， 3 nF 栅极驱动器电容。

4.3.1 CPU

Table 5 CPU 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.CLK#4	FCPU	CPU 输入频率	-	44	48	MHz	-
SYS.XRES#5	TXRES	外部复位脉冲宽度	5	-	-	μs	
SYS.FES#1	T_PWR_RDY	从上电到“准备接受 I ² C/CC 指令”的时间	-	5	25	ms	

电气规范

4.3.2 GPIO

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $T_J \leq 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

Table 6 GPIO 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件	
GPIO 直流规范								
SID.GIO#9	V_{IH_CMOS}	输入高电平电压	$0.7 \times V_{DDD}$	-	-	V	CMOS 输入	
SID.GIO#10	V_{IL_CMOS}	输入低电平电压阈值	-		$0.3 \times V_{DDD}$			
SID.GIO#7	V_{OH}	高电平输出电压	$V_{DDD} - 0.6$		-			IOH = -4 mA
SID.GIO#8	V_{OL}	输出低电平时的电压	-		0.6			IOL = 10 mA
SID.GIO#2	Rpu	该信号被启用时的上拉电阻	3.5	5.6	8.5	k Ω	-	
SID.GIO#3	Rpd	该信号被启用时的下拉电阻	3.5	5.6	8.5			
SID.GIO#4	I_{IL}	输入漏电流 (绝对值)	-	-	2	nA	TA = 25 $^{\circ}$ C, VDDD = 3 V	
SID.GIO#5	C_{PIN_A}	最大引脚电容			22	pF	DP、DM 引脚上的电容	
SID.GIO#6	C_{PIN}	最大引脚电容		3	7			-40 $^{\circ}$ C < TA < +105 $^{\circ}$ C, 所有 VDDD 值, 其他所有 I/O
SID.GIO#13	V_{HYSTTL}	输入迟滞电压, LVTTTL、VDDD > 2.7 V	100	-	-	mV	VDDD > 2.7 V	
SID.GIO#14	$V_{HYSCMOS}$	CMOS 输入迟滞电压	$0.1 \times V_{DDD}$				-	
GPIO 交流规范								
SID.GIO#16	T_{RISEF}	快速强驱动模式下的上升时间	2	-	12	ns	Clod = 25 pF	
SID.GIO#17	T_{FALLF}	快速强驱动模式下的下降时间	2		12			
SID.GIO#18	T_{RISES}	慢速强驱动模式下的上升时间	10		60			
SID.GIO#19	T_{FALLS}	慢速强驱动模式下的下降时间	10		60			
SID.GIO#20	F_{GPIO_OUT1}	GPIO FOUT; 3.0 V \leq VDDD \leq 5.5 V。快速强驱动模式。	-		16	MHz	-40 $^{\circ}$ C \leq TA \leq +105 $^{\circ}$ C	
SID.GIO#21	F_{GPIO_OUT2}	GPIO FOUT; 3.0 V \leq VDDD \leq 5.5 V。慢速强驱动模式。			7			
SID.GIO#22	F_{GPIO_IN}	GPIO 输入工作频率; 3.0 V \leq VDDD \leq 5.5 V。		44	48			

电气规范

Table 6 GPIO 规范 (续)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
GPIO OVT 直流规范							
SID.GPIO_20VT_GIO#4	GPIO_20VT_I_LU	GPIO_20VT 栓锁电流范围	-140	-	140	mA	所有输入或输出、引脚至引脚或引脚至电源的最大/最小电流
SID.GPIO_20VT_GIO#5	GPIO_20VT_RPU	GPIO_20VT 上拉电阻值	3.5	-	8.5	kΩ	-40°C ≤ TA ≤ +105°C, 所有 VDDD 值
SID.GPIO_20VT_GIO#6	GPIO_20VT_RPD	GPIO_20VT 下拉电阻值	3.5	-	8.5	kΩ	-40°C ≤ TA ≤ +105°C, 所有 VDDD 值
SID.GPIO_20VT_GIO#16	GPIO_20VT_IL	GPIO_20VT 输入漏电流 (绝对值)	-	-	2	nA	T _A = +25°C, VDDD = 3 V
SID.GPIO_20VT_GIO#17	GPIO_20VT_CPIN	GPIO_20VT 引脚电容	-	-	10	pF	-40°C ≤ TA ≤ +105°C, 所有 VDDD 值
SID.GPIO_20VT_GIO#33	GPIO_20VT_Voh	GPIO_20VT 高电平输出电压	VDDD - 0.6	-	-	V	IOH = -4 mA
SID.GPIO_20VT_GIO#36	GPIO_20VT_Vol	GPIO_20VT 低电平输出电压	-	-	0.6	V	IOL = 8 mA
SID.GPIO_20VT_GIO#41	GPIO_20VT_Vih_LV TTL	GPIO_20VT LV TTL 输入	2	-	-	V	-40°C ≤ TA ≤ +105°C, 所有 VDDD 值
SID.GPIO_20VT_GIO#42	GPIO_20VT_Vil_LV TTL	GPIO_20VT LV TTL 输入	-	-	0.8	V	-40°C ≤ TA ≤ +105°C, 所有 VDDD 值
SID.GPIO_20VT_GIO#43	GPIO_20VT_Vhysttl	GPIO_20VT 输入迟滞电压 LV TTL	100	-	-	mV	-40°C ≤ TA ≤ +105°C, 所有 VDDD 值
SID.GPIO_20VT_GIO#45	GPIO_20VT_ITOT_G PIO	GPIO_20VT 引脚对地最大灌电流总值	-	-	95	mA	V (GPIO_20VT 引脚) > VDDDs
GPIO OVT 交流规范							
SID.GPIO_20VT_70	GPIO_20VT_TriseF	快速强驱动模式下 GPIO_20VT 的上升时间	1	-	15	ns	所有 VDDD 值, Clload = 25 pF
SID.GPIO_20VT_71	GPIO_20VT_TfallF	快速强驱动模式下 GPIO_20VT 的下降时间	1	-	15	ns	
SID.GPIO_20VT_GIO#46	GPIO_20VT_TriseS	慢速强驱动模式下的 GPIO_20VT 上升时间	10	-	70	ns	
SID.GPIO_20VT_GIO#47	GPIO_20VT_Tfalls	慢速强驱动模式下的 GPIO_20VT 下降时间	10	-	70	ns	

电气规范

Table 6 GPIO 规范 (续)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.GPIO_20VT_GIO#48	GPIO_20VT_FGPIO_OUT1	GPIO_20VT GPIO Fout; 3 V ≤ VDDD ≤ 5.5 V。快速强驱动模式。	-	-	33	MHz	所有 VDDD 值
SID.GPIO_20VT_GIO #50	GPIO_20VT_FGPIO_OUT3	GPIO_20VT GPIO Fout; 3 V ≤ VDDD ≤ 5.5 V。慢速强驱动模式。			7		
SID.GPIO_20VT_GIO #52	GPIO_20VT_FGPIO_IN	GPIO_20VT GPIO 输入工作频率; 3 V ≤ VDDD ≤ 5.5 V			8		

4.3.3 XRES 和 POR

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 105^{\circ}\text{C}$ 和 $T_J \leq 125^{\circ}\text{C}$ 。

Table 7 XRES 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
XRES 直流规范							
SID.XRES#1	V _{IH_XRES}	XRES 引脚上的输入电压上限阈值	0.7 × VDDD	-	-	V	CMOS 输入
SID.XRES#2	V _{IL_XRES}	XRES 引脚上的输入电压下限阈值	-		0.3 × VDDD		
SID.XRES#3	C _{IN_XRES}	XRES 引脚上的输入电容			7	pF	-
SID.XRES#4	V _{HYSXRES}	XRES 引脚上的输入电压迟滞		0.05 × VDDD	-	mV	

不精确 POR (IPOR) 规范

SID185	V _{RISEIPOR}	POR 上升触发电压	0.80	-	1.50	V	-40°C < T _A < +105°C, 所有 VDDD 值
SID186	V _{FALLIPOR}	POR 下降触发电压	0.70		1.4		

精确 POR (POR) 规范

SID190	V _{FALLPPOR}	活动/睡眠模式下的欠压检测 (BOD) 触发电压	1.48	-	1.62	V	-40°C < T _A < +105°C, 所有 VDDD 值
SID192	V _{FALLDPSLP}	深度睡眠模式下的 BOD 触发电压	1.1		1.5		

电气规范

4.4 数字外设

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq 105^{\circ}\text{C}$ 和 $\text{TJ} \leq 125^{\circ}\text{C}$ 。
下列规范适用于定时器模式下的定时器 / 计数器 / PWM 外设。

4.4.1 GPIO 引脚的逆变器脉宽调制 (PWM)

Table 8 PWM 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.TCPWM.1	PWM_OUT	工作频率	170	-	300	kHz	PWM_OUT 引脚 ^[8] 上溢、下溢和 CC (计数值等于比较值) 可输出的最小宽度。 Fc = 系统时钟。
SID.TCPWM.3	T _{PWMEXT}	输出触发脉冲宽度	2/Fc		-		

注释

8. PWM_OUT 信号为逆变器开关频率的两倍。请参考第 29 页上的“[逆变器和占空比控制](#)”。

4.4.2 I²C、UART、SWD 接口

Table 9 通信接口规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
固定 I²C 交流规范							
SID153	F _{I2C1}	比特率	-	-	1	Mbps	-
固定 UART 交流规范							
SID16	F _{UART}	比特率	-	-	1	Mbps	-
SWD 接口规范							
SID.SWD#1	F_SWDC1K1	$3.0\text{ V} \leq \text{VDDIO} \leq 5.5\text{ V}$	-	-	14	MHz	-
SID.SWD#2	T_SWDI_SETUP	T = 1/f SWDC1K	0.25 × T	-	-	ns	-
SID.SWD#3	T_SWDI_HOLD		0.25 × T		-		
SID.SWD#4	T_SWDO_VALID		-		0.50 × T		
SID.SWD#5	T_SWDO_HOLD		1		-		

4.4.3 存储器

Table 10 闪存交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.MEM#2	FLASH_WRITE	个行 (块) 编写时间 (擦除和编程)	-	-	20	ms	-
SID.MEM#1	FLASH_ERASE	个行擦除时间			15.5		
SID.MEM#5	FLASH_ROW_PGM	擦除后的个行编程时间			7		
SID178	T _{BULKERASE}	批量擦除时间 (32 KB)			35		
SID180	T _{DEVPROG}	器件总编程时间			7.5		

电气规范

Table 10 闪存交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.MEM#6	FLASH _{ENPB}	闪存写入耐用性	100k	-	-	周期	25°C < T _A < 55°C
SID182	FRET1	闪存数据保持时间, T _A < 55°C, 10 万个编程 / 擦除周期	20			年	-
SID182A	FRET2	闪存数据保持时间, T _A < 85°C, 1 万个编程 / 擦除周期	10				

4.5 系统资源

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 -40 °C ≤ T_A ≤ 105 °C 和 T_J ≤ 125 °C。

4.5.1 内部主振荡器时钟

Table 11 IMO 交流、时钟规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
IMO 交流规范							
SID.CLK#13	F _{IMOTOL}	在频率为 48 MHz 时测量频率差异 (出厂调整后)	-2	-	+2	%	3.0 V < V _{DDD} < 5.5 V
SID226	T _{STARTIMO}	IMO 启动时间	-		7	μs	-
SID.CLK#1	F _{IMO}	IMO 频率		44	-	MHz	

4.5.2 USB PD

Table 12 USB PD 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.DC.cc_shvt.1	vSwing	发射器输出高电压	1.05	-	1.2	V	-
SID.DC.cc_shvt.2	vSwing_low	发射器输出低电压	-		0.075		
SID.DC.cc_shvt.3	zDriver	发射器输出阻抗	33		75	Ω	
SID.DC.cc_shvt.4	zBmcRx	接收器输入阻抗	10		-	MΩ	
SID.DC.cc_shvt.8	Rd	作为 UFP (上行端口) 使用时的下拉终端电阻	4.59		5.61	kΩ	
SID.DC.cc_shvt.10	zOPEN	该信号被禁用时 CC 阻抗接地	108		-		
SID.DC.cc_shvt.15	UFP_default_0 p66	UFP 端的 CC 电压 — 标准 USB	0.61		0.7	V	
SID.DC.cc_shvt.16	UFP_1.5A_1p23	UFP 端的 CC 电压 — 1.5 A	1.16		1.31		
SID.DC.cc_shvt.17	Vattach_ds	深度睡眠连接阈值	0.3		0.6	%	
SID.DC.cc_shvt.18	Rattach_ds	深度睡眠上拉电阻	10		50	kΩ	
SID.DC.cc_shvt.19	VTX_step	TX 驱动电压步长大小	80		120	mV	

电气规范

4.5.3 ADC

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $T_J \leq 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

Table 13 ADC 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.ADC.1	Resolution	ADC 分辨率	-	8	-	位	-
SID.ADC.2	INL	积分非线性	-1.5	-	1.5	LSB	带隙生成的参考电压
SID.ADC.3	DNL	差分非线性	-2.5		2.5		VDDD 生成的参考电压
SID.ADC.4	????	增益误差	-1.5		1.5		带隙生成的参考电压
SID.ADC.5	VREF_ADC1	ADC 的参考电压	VDDDmin		VDDDmax	V	VDDD 生成的参考电压
SID.ADC.6	VREF_ADC2	ADC 的参考电压	1.96	2.0	2.04		由深度睡眠参考生成的参考电压

4.5.4 电流检测放大器 (CSA) /ASK 放大器 (ASK_P 和 ASK_N)

Table 14 CSA/ASK 放大器规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
HS CSA 直流规范							
SID.HSCSA.7	Csa_SCP_Acc1	电流为 6 A, 检测电阻为 5/10 mΩ 时的 CSA 短路保护 (SCP)	-10	-	10	%	活动模式
SID.HSCSA.8	Csa_SCP_Acc2	电流为 10 A, 检测电阻为 5/10 mΩ 时的 CSA SCP	-10		10		
SID.HSCSA.9	Csa_OCP_1A	电流为 1 A, 检测电阻为 5/10 mΩ 时的 CSA OCP	104	130	156		
SID.HSCSA.10	Csa_OCP_5A	电流为 5 A, 检测电阻为 5/10 mΩ 时的 CSA OCP	117	130	143		
SID.HSCSA.13	Csa_CBL_MON_Acc2	Vsense > 10 mV	-	±3.5	-		
CSA 交流规范							
SID.HSCSA.AC.1	T _{SCP_GATE}	从 SCP 阈值触发到外部 NFET 电源栅极关闭的延迟时间	-	3.5	-	μs	1 nF NFET 栅极
SID.HSCSA.AC.2	T _{SCP_GATE_1}	从 SCP 阈值触发到外部 NFET 电源栅极关闭的延迟时间		8			3 nF NFET 栅极

电气规范

4.5.5 VIN UV/OV

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $T_J \leq 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

Table 15 VIN UV/OV 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.UVOV.1	VTHOV1	过压阈值精度, 4 V ~ 11 V	-3	-	3	%	活动模式
SID.UVOV.2	VTHOV2	过压阈值精度, 11 V ~ 21.5 V	-3.2		3.2		
SID.UVOV.3	VTHUV1	欠压阈值精度, 3 V 至 3.3 V	-4		4		
SID.UVOV.4	VTHUV2	欠压阈值精度, 3.3 V 至 4.0 V	-3.5		3.5		
SID.UVOV.5	VTHUV3	欠压阈值精度, 4.0 V 至 21.5 V	-3		3		

4.5.6 电压调节 — VBRG

Table 16 VBRG 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
VBRG 放电规范							
SID.VBUS.DISC.1	R_DIS1	DS = 1 且 20 V NMOS 处于开启状态时的电阻	500	-	2000	Ω	在电压为 0.5 V 时测量得到
SID.VBUS.DISC.2	R_DIS 2	DS = 2 且 20 V NMOS 处于开启状态时的电阻	250		1000		
SID.VBUS.DISC.3	R_DIS 4	DS = 4 且 20 V NMOS 处于开启状态时的电阻	125		500		
SID.VBUS.DISC.4	R_DIS 8	DS = 8 且 20 V NMOS 处于开启状态时的电阻	62.5		250		
SID.VBUS.DISC.5	R_DIS 16	DS = 16 且 20 V NMOS 处于开启状态时的电阻	31.25		125		
SID.VBUS.DISC.6	VBRG_stop_error	最终 VBRG 值与设置值的误差百分比	-		10		
电压调节直流规范							
SID.DC.VR.1	VBB	VBB 输出电压范围	3.3	-	21.5	V	-
SID.DC.VR.3	VIN_UVLO	VIN 供电电压。电压低于该值时，芯片将被复位	1.7		3.0		
SID.VREG.1	TSTART	调节器供电输出的总启动时间	-		200		

电气规范

4.5.7 NFET 栅极驱动器规范

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $T_J \leq 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

Table 17 NFET 栅极驱动器规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
NFET 栅极驱动器直流规范							
SID.GD.1	GD_VGS	在打开状态条件下栅极与发送源之间的过电压	4.5	5	10	V	NFET 驱动器为打开状态
SID.GD.2	GD_RPD	下拉启用时的电阻	-	-	2	k Ω	适用于 NFET_CTRL，以关闭外部 NFET。
NFET 栅极驱动器交流规范							
SID.GD.3	T _{ON}	外部电容为 3 nF 时 NFET_CTRL 从低电平到高电平 (1 V 到 VBUS + 1 V) 的时间。	2	5	10	ms	VBUS = 5 V
SID.GD.4	T _{OFF}	外部电容为 3 nF 时 NFET_CTRL 从高电平到低电平 (90% 到 10%) 的时间。	-	7	-	μ s	VBUS = 21.5 V

4.5.8 PWM 控制器

Table 18 PWM 控制器规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
PWM 控制器规范							
PWM.1	Fsw	降压 / 升降压开关频率	150	-	600	kHz	-
GD1	Fsw Gd Ovr	逆变器开关频率	85	-	150		引脚 PWM_IN1 和 PWM_IN2 被连接到引脚 PWM_OUT。
PWM.2	FSS	扩频频率抖动跨度 - 降压 / 升降压	-	10	-	%	-

降压栅极驱动器规范

DR.1	R_HS_PU	顶部栅极驱动器导通电阻 — 栅极上拉	-	2	-	Ω	-
DR.2	R_HS_PD	顶部栅极驱动器导通电阻 — 栅极下拉		1.5			
DR.3	R_LS_PU	底部栅极驱动器导通电阻 — 栅极上拉		2			
DR.4	R_LS_PD	底部栅极驱动器导通电阻 — 栅极下拉		1.5			
DR.5	Dead_HS	高侧上升沿到来前的死区时间		30		ns	
DR.6	Dead_LS	低侧上升沿到来前的死区时间		30			
DR.7	Tr_HS	顶部栅极驱动器上升时间		25			
DR.8	Tf_HS	顶部栅极驱动器下降时间		20			

电气规范

Table 18 PWM 控制器规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
NFET 栅极驱动器规范							
DR.9	Tr_LS	底部栅极驱动器上升时间	-	25	-	ns	-
DR.10	Tf_LS	底部栅极驱动器下降时间	-	20	-	-	-

4.5.9 散热

除非另有说明，否则规范的适用温度范围为 $-40\text{ °C} \leq T_A \leq 105\text{ °C}$ 和 $T_J \leq 125\text{ °C}$ 。

Table 19 散热规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.OTP.1	OTP	热关机	120	125	130	°C	-

5 功能概述

5.1 无线电力发射器

WLC1150 支持电力发射器 (TX) 和电力接收器 (RX) 之间的无线电力传输。传输方法是以感应电能传输技术 (IPT) 为基础。Tx 在 (各) Tx 线圈中传输交电流, 以根据法拉第定律产生交变磁场。该磁场与电力接收器内部的 Rx 线圈相互耦合, 并被转换为交流电流。该交流电流经过整流, 然后被存储在 Vrect 电容器组上, 从而为 Rx 负载供电。

在电力传输开始前, Rx 和 Tx 相互通信, 以确定已放置好有效的 Rx 设备, 并协商充电周期中要传输的电量。Tx 和 Rx 所使用的数字通信为带内通信。从 Tx 到 Rx 的通信用的是频移键控 (FSK) 调制; 从 Rx 到 Tx 的通信则用的是幅移键控 (ASK) 调制。WLC1150 解决方案适用于 50 W 充电应用, 符合 Qi 规范的最高 15 W 功率标准。WLC1150 采用英飞凌高功率专有协议, 可实现超过 15 W 至 50 W 的无线电力传输。此解决方案包含了可立即使用的固件与用于维持电力持续传输的强大解调方案, 以及确保安全性可靠 FOD 机制。WLC1150 固件提供了高级别的可配置选项, 可通过使用配置实用工具在不同应用上进行 IC 配置。

5.2 英飞凌高功率专有协议的操作和支持

对于采用英飞凌高功率专有协议的 Rx, WLC1150 支持高达 50 W 的电力传输。对于符合 Qi EPP 和 BPP 标准的 Rx, 则支持 15 W 和 5 W 的电力传输。使用英飞凌高功率专有协议时, USB PD 适配器的电力传输能力需要足够强, 以解决因操作或未对齐情况造成的任何系统损耗并满足 Rx 功率的要求。要实现 50 W 的电力传输, Tx 和 Rx 都必须支持英飞凌高功率专有协议。

Tx 将以 WPC 规范中规定相同的方法连接到 Rx (BPP 或 EPP)。英飞凌高功率专有协议是英飞凌对 WPC Qi 协议的专有扩展。在 WPC 操作的配置中, Tx 检测采用英飞凌高功率专有协议的 Rx, 然后进入协商阶段。在该阶段, Tx 和 Rx 协商并对高功率合约达成共识, 然后进行高达 50 W 的电力传输。如果 Tx 在配置阶段没有检测到采用英飞凌高功率专有协议的 Rx, 则 Tx 进入 Qi 定义模式并相应地限制功率大小。

5.3 无线充电系统控制

对于英飞凌高功率专有协议, WLC1150 支持高达 50 W 的电力传输。对于符合 Qi v1.3.x 的情况, 则支持 15 W 的电力传输。该部分只介绍了 Qi 1.3.x 系统规范。

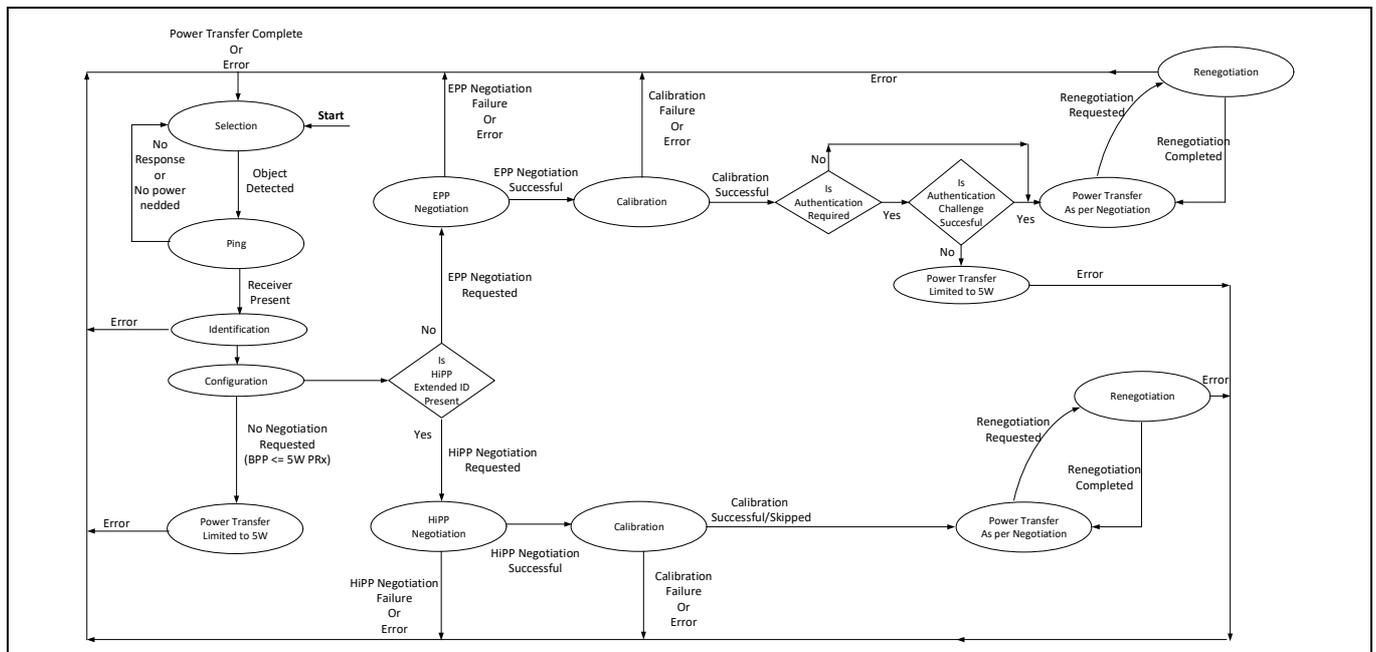


Figure 4 与符合 Qi 标准和采用英飞凌高功率专有协议的 Rx 一起工作的 Tx 系统控制流程图 [9]

注释

9. 功能概述部分只介绍了 Qi 规范。但是, IC 可以支持无线充电专有电力传输扩展 (PPDE) / 三星 FC。

5.3.1 选择阶段

Tx 使用低能量信号 (类比 ping 或 Q 因子) 监控界面表面, 以检测物体的放置和移除情况。对类比 Ping 能量进行限制, 可以检测到 Tx 线圈上的阻抗变化, 而无需为接收器供电或唤醒接收器。WLC1150 使用 5 V PD 合约, 并以半桥状态为逆变器供电, 以便产生足够的能量来测量接口阻抗的变化, 而无需在选择阶段传输任何电力。

5.3.2 数字 Ping 阶段

在这个阶段, Tx 发送一个足够为接收器供电并回传响应的电源信号。该信号被称为数字 Ping, 其幅度和时间长度由 WPC Tx 规范预先定义。当未检测到任何响应或 Rx 以信号强度数据包 (SSP) 响应时, 数字 Ping 阶段将会结束。当 Tx 接收到有效的 SSP 时, 数字 Ping 将被扩展, 并且系统将进入识别和配置阶段。

5.3.3 识别和配置阶段

在这个阶段, Tx 将识别 Rx 是属于 BPP、EPP 还是英飞凌高功率专有协议配置文件。此外, 在该阶段, Tx 将获取配置信息, 例如 Rx 在其输出端可能需要的最大电量。电力发射器使用该信息来创建电力传输合约。如果接收器类型为 BPP, 则电力发射器在完成识别和配置阶段后进入电力传输阶段, 如 Figure 4 所示。如果另一端是 EPP/ 英飞凌高功率专有协议接收器, 该发射器将根据该 Rx 的要求进入协商阶段。

5.3.4 协商

在这个阶段, EPP 和英飞凌高功率专有协议的电力接收器与电力发射器进行协商, 以微调电力传输合约。为实现该操作, 电力接收器向电力发射器发送协商请求。电力发射器可以授予或拒绝该请求。

根据 Q 因子 FOD, Tx 会将 Rx 所报告的 Q 因子和谐振频率与其自己的测量值进行比较, 从而确定线圈的 Q 因子和谐振频率是否适合已放置的 Rx (仅限 EPP/ 英飞凌高功率专有协议)。如果获得的 Tx Q 因子太低, 则 Tx 将标记一个 QFOD 警报并返回选择阶段。

5.3.5 校准

当该阶段被请求时, Tx 将应答 (ACK) 该请求并对 EPP/ 英飞凌高功率专有协议 Rx 开始操作, 从而启用并进入校准阶段, 然后对两个固定接收器负载 (即轻负载和连接负载) 的发射器电量损耗进行校准。Tx 将使用该系统的电量损耗信息, 以在电力传输阶段中检测界面表面上是否存在异物。在英飞凌高功率专有协议中, 如果轻负载与连接负载的值相同, 则跳过校准操作。

5.3.6 身份验证

成功校准后, Tx 将进入功率限制为 5 W 的电力传输模式。在该模式下, Rx 可以请求并要求 Tx 进行身份验证。如果身份验证成功, Tx 将按照已协商的电力传输合约继续操作。如果身份验证不成功, 则 Tx 将继续处于电力传输模式, 其功率限制为 5 W。WLC1150 提供了一个用于连接 OPTGA™ Trust Charge IC 的 I²C 端口, 以启用身份验证功能。

5.3.7 重新协商阶段

在这个阶段, EPP/ 英飞凌高功率专有协议 Rx 可以请求调整电力传输合约。可以在没有对电力传输合约进行更改的情况下提前中止该阶段。

5.3.8 电力传输阶段

在这个阶段, Tx 会将电力传输到 Rx。要传输的电量由控制错误数据包 (CEP) 决定, 并受已保证电力合约的限制。电量损耗 FOD 也被启用并用于防止会造成 FO 高温的过度电力损耗。

1. CEP: Tx 使用这些数据包调整要发送的电量。CEP 值可以为正数、负数或为零。Tx 根据 CEP 的值调整其工作点。CEP 数据包必须每 1.8s 接收一次 (可配置), 否则电源将随着 WPC 针对 Rx 需要何时送 CEP 的时间规范而撤销。
2. 已接收的电源数据包 (RPP): 该数据包 (BPP 为 8 位, EPP 和英飞凌高功率专有协议为 24 位) 包含接收器所接收的电量。Tx 使用 RPP 并根据 FW 中包含的 FOD 阈值来确定电量损耗是否超过安全范围。
3. 结束电力传输 (EPT): Rx 可以随时发送一个 EPT 数据包以通知 Tx 撤回 / 终止传输电力。如果收到一个 EPT 数据包, Tx 将立即结束电力传输过程。

Rx 和 Tx 通过调制用于电力传输的载波进行相互通信。以下部分介绍了由 WPC 使用和定义的通信层。

功能概述

5.3.9 双向带内通信界面

Qi 标准要求 Tx 和 Rx 之间进行双向带内通信。从 Tx 到 Rx 的通信用的是 FSK，并通过 Tx 交替载波频率来实现。从 Rx 到 Tx 的通信则是 ASK。通过调制 Rx 端的负载创建该通信。对该负载的调制使 Tx 上出现反射情况，然后该反射将被过滤和解码。

5.4 从 Tx 到 Rx 的通信 — FSK

电力发射器使用频移键控与电力接收器进行通信，其中包括电力发射器调制电力信号的工作频率。

在 FSK 中，TX 在调制模式下会把切换频率从当前工作频率切换到替代频率。这两个频率之间的不同点由 ID 和 Configuration 配置阶段中定义出来：

- 极性：该参数决定 f_{MOD} 和 f_{OP} 之间的差异是正数还是负数。
- 深度：该参数确定 f_{MOD} 和 f_{OP} 之间的差异幅度，以赫兹 (Hz) 为单位。

Tx 使用差分双相编码方案将数据位调制为载波。为实现该操作，Tx 将每个数据位与载波频率的 512 个周期各段对齐

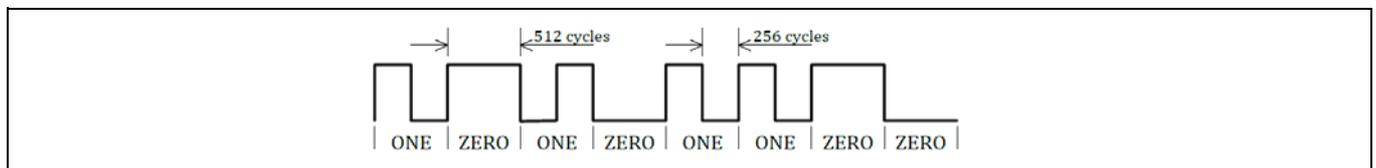


Figure 5 差分双相编码示例 — FSK

5.5 从 Rx 到 Tx 的通信 — ASK

在 ASK 通信方案中，Rx 调制它从 Tx 功率信号中获取的功率量。Tx 通过对 Tx 电流和 / 或电压的调制来检测该信息，并使用解调方案将已调制的信号转换为一个二进制信号。

Rx 将使用差分双相编码方案将数据位调制到电源信号上。为实现该操作，电力接收器会将每个数据位与内部时钟信号的整个周期 t_{CLK} 对齐，这样，数据位的开始将与时钟信号的上升沿同步。该内部时钟 (INTCLK) 信号的频率应为 $f_{CLK} = 2 \text{ kHz} \pm 4\%$ 。 t_{CLK} 为 INTCLK 时钟的时间周期。

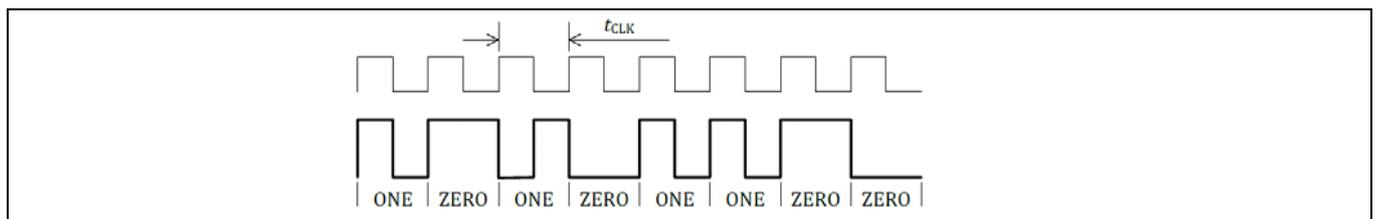


Figure 6 差分双相编码示例 — ASK

当 Tx 接收到来自 Rx 的调制信号时，该信号将被解码，并且 Tx 将根据类型和 WPC 规范对该数据包进行相应的处理。

5.6 解调

WLC1150 ASK 解调和解码方案通过检测 Tx 线圈中由 Rx 调制信号引起的电压和电流变化进行操作。ASK 的电压路径使用外部带通滤波器将解调信号从载波中滤除。电流检测使用桥式电流检测电阻器和集成差分放大器检测 ASK 的变化。两条 ASK 检测路径都可以与外部运算放大器滤波器和比较器多路复用，以改善不同信噪比环境或不同条件下的通信效果。

Figure 7 显示了用于调制信号的电流和电压检测的解调路径，以进行数据包解码

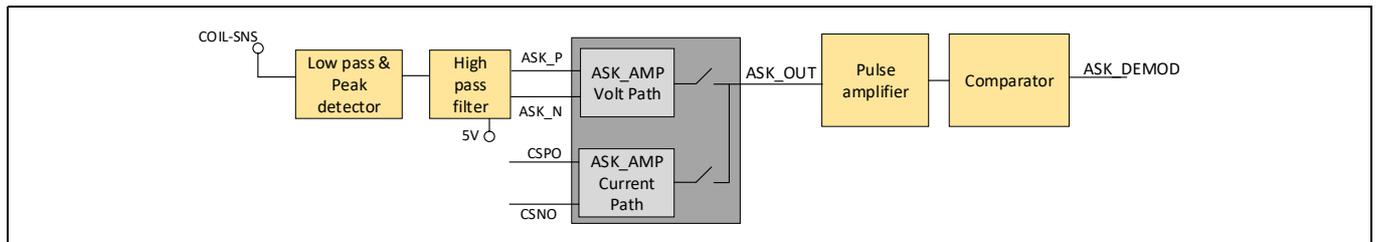


Figure 7 用于 ASK 的 WLC1150 电压和电流解调路径

5.7 输入电源

WLC1150 支持三种不同类型的输入电源。Table 20 介绍的这种典型解决方案配置可与每一种输入电源类型一起使用。

Table 20 输入电源类型与解决方案配置

输入电源类型	典型配置
Type-C USB PD	单级解决方案
20 V 的直流输入电压	单级解决方案
可变直流输入电压	双级解决方案

WLC1150 可与 Type-C USB PD 和 DC 20V 输入一起使用，而无需前端转换器（即系统输入电源），以便为逆变器提供电源。由于这种配置不需要使用前端转换器，因此它提高了效率并减少了 BOM 数量。下面的电源图介绍的就是这些配置。Figure 8 显示的是 PD 和 20 V 输入的系统图。

对于具有可变直流输入电压的应用，它们需要一个前端转换器来调节系统的 VBRG 电压。WLC1150 集成了升降压控制器和栅极驱动器，以将前端转换器作为升降压转换器使用。该升降压转换器可以与 5 V 至 20 V 的输入电压一起使用。升降压转换器后面是一个逆变器，该逆变器为无线发射器线圈供电。Figure 9 显示的便是直流输入电压的系统图。

功能概述

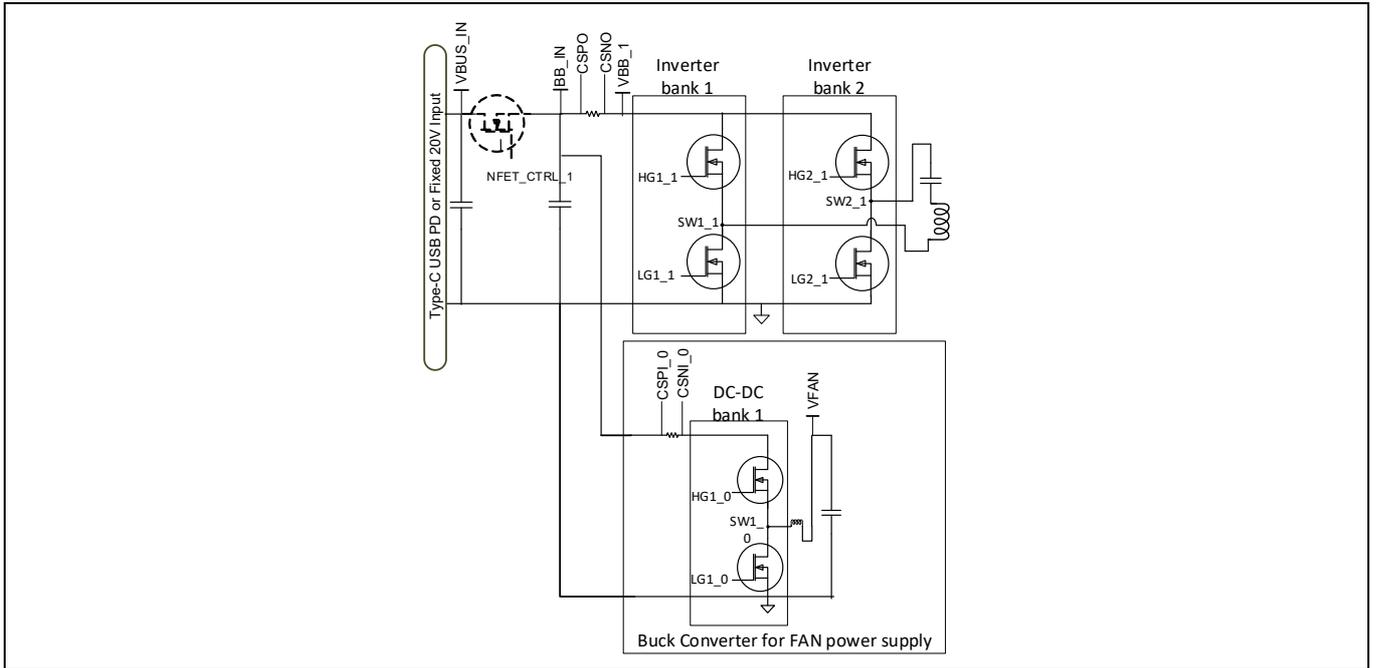


Figure 8 PD 和 20 V 输入的 WLC1150 系统图 (单级解决方案)

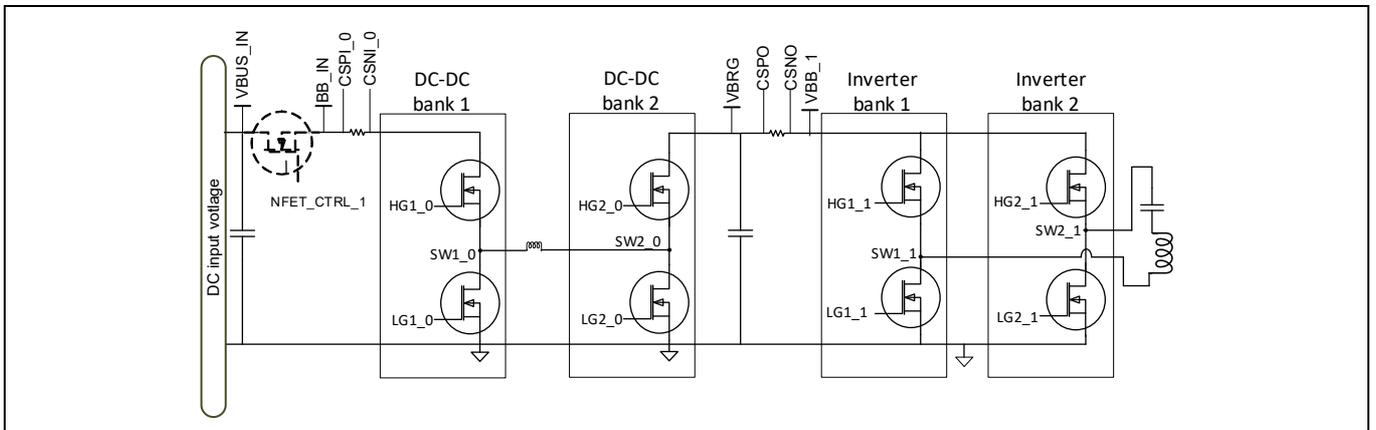


Figure 9 直流输入电压的 WLC1150 系统图 (双级解决方案)

5.8 逆变器和占空比控制

WLC1150 根据接收器类型 (BPP、EPP 或英飞凌高功率专有协议) 选用电压为 5 V / 9 V / 15 V / 20 V 的 PD 合约, 以便为全桥逆变器供电。该逆变器为 Tx 谐振槽提供电源, 进而供电给 Rx。通过使用 WLC1150 的集成栅极驱动器可以根据 WPC 规范类型和操作情况控制全桥或半桥逆变器。

上述逆变器通常以 110 至 148 kHz 的开关频率运行。在电力传输阶段, 该逆变器通过调整工作频率或占空比来响应 Rx CEP 数据包。

WLC1150 需要外部逻辑电路才能实现占空比控制。IC 的 PMW_OUT 引脚是该逻辑电路的输入信号。该逻辑电路检测 PWM_OUT 信号的边沿 (上升沿和下降沿), 以捕获 PWM 信号, 即 PWM_IN1 和 PWM_IN2, 这些信号作为 WLC1150 的输入。IC 使用这些信号为全桥逆变器生成栅极信号 LG1_1、HG1_1、LG2_1、HG2_1, 并为半桥逆变器生成 LG1_1 和 HG1_1。

PWM_OUT 的占空比控制 HG1_1 和 HG2_1 之间的相位差 (q), 从而控制全桥逆变器控制的占空比。

该逻辑电路需要额外的输入来实现半桥逆变器的占空比控制, 即 HB_EN。该信号为高电平有效, 并用于将 LG1_1 和 HG1_1 作为半桥逆变器的栅极驱动器使用。PWM_OUT 的占空比决定了逆变器的占空比。逻辑电路 PMW_IN1 的输出跟随 PWM_OUT 的变化。WLC1150 使用 PWM_IN1 生成半桥逆变器的栅极驱动器信号 LG1_1 和 HG1_1。

Figure 10 显示了逻辑电路的输入和输出波形以及高侧栅极驱动器信号 (HG1_1 和 H2_1)。低侧栅极驱动器信号 (LG1_1 和 LG2_1) 是相应桥臂高侧栅极驱动器信号的互补。

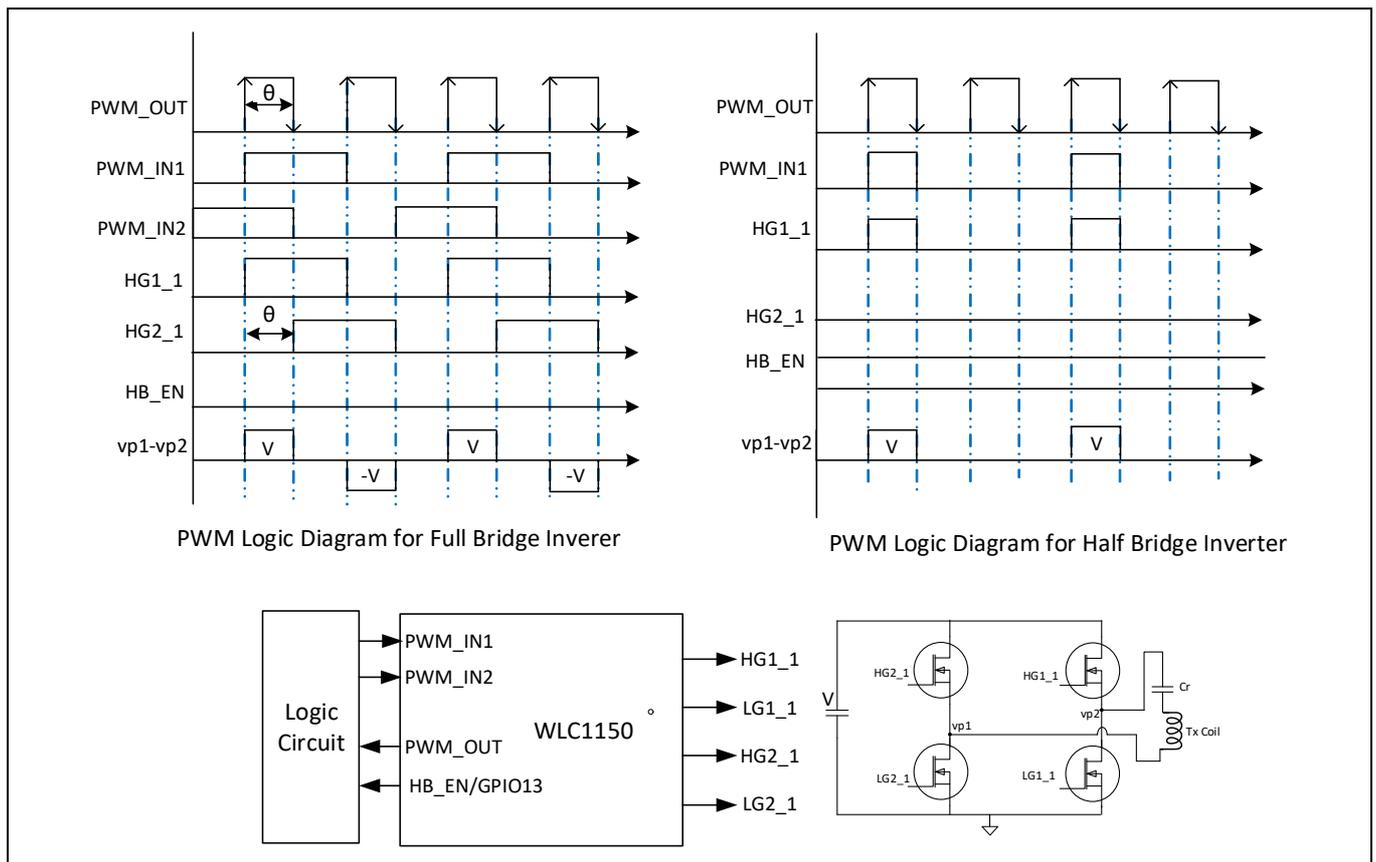


Figure 10 逆变器的占空比控制

5.9 Rx 检测

在选择阶段中，Tx 将定期轮询接口以检测阻抗变化，以便在用户放置 Rx 后的 0.5 秒内快速发送一个数字 Ping。在该阶段，WLC1150 能够使用 Q 因子或谐振频率偏移来区分大型铁质物体 (如钥匙或硬币) 和常规 Rx 设备，以便在电力传输前尝试 FOD。如果 Q 因子发生变化，Tx 将开始进行数字 Ping，从而确保能够及时与有效的 Rx 建立连接。

Figure 11 显示了在选择阶段中用于快速检测和连接 Rx 的过程。

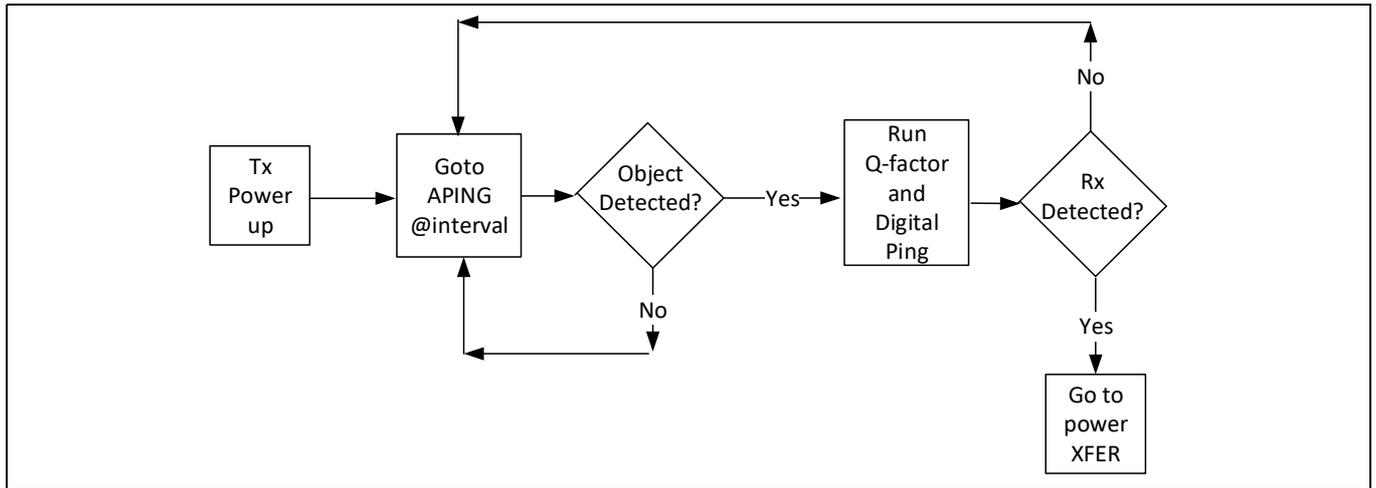


Figure 11 Rx 检测和连接的典型选择阶段流程图

Figure 11 中的 Rx 检测还包括异物检测。通过使用 Q 因子可以识别异物。在对异物进行检测时，处理流程将进行类比 Ping (APNG)。更多有关异物检测的详细信息，请参见第 30 页上的“异物检测 (FOD)”。

5.9.1 异物检测 (FOD)

WLC1150 根据 Qi v1.3.x 标准支持增强型 FOD。其中包括基于 Q 因子、谐振频率、电量损耗和过温 (如果使用热敏电阻) 的 FOD。

5.9.2 Q 因子 FOD 和谐振频率 FOD

WLC1150 在传输电力前提供了集成 Q 因子与谐振频率的测量。测量是通过内部比较器 QCOMP1 和 QCOMP2 以及简单的外部元件进行的。元件给谐振电容充电，然后通过短接 LC 槽来放电，并观察所产生的振荡和电压衰减。在每次进行数字 Ping 前，该器件都会直接执行 Q 因子的测量。另外，为了节省静态系统功率，只有在 Q 因子测量被拒绝时，才能执行数字 Ping。两个线圈电压 V1 和 V2 之间的周期计数“N”以及相应上升沿脉冲之间的周期均用于测量 Q 因子和谐振频率，如 Figure 12 所示。

功能概述

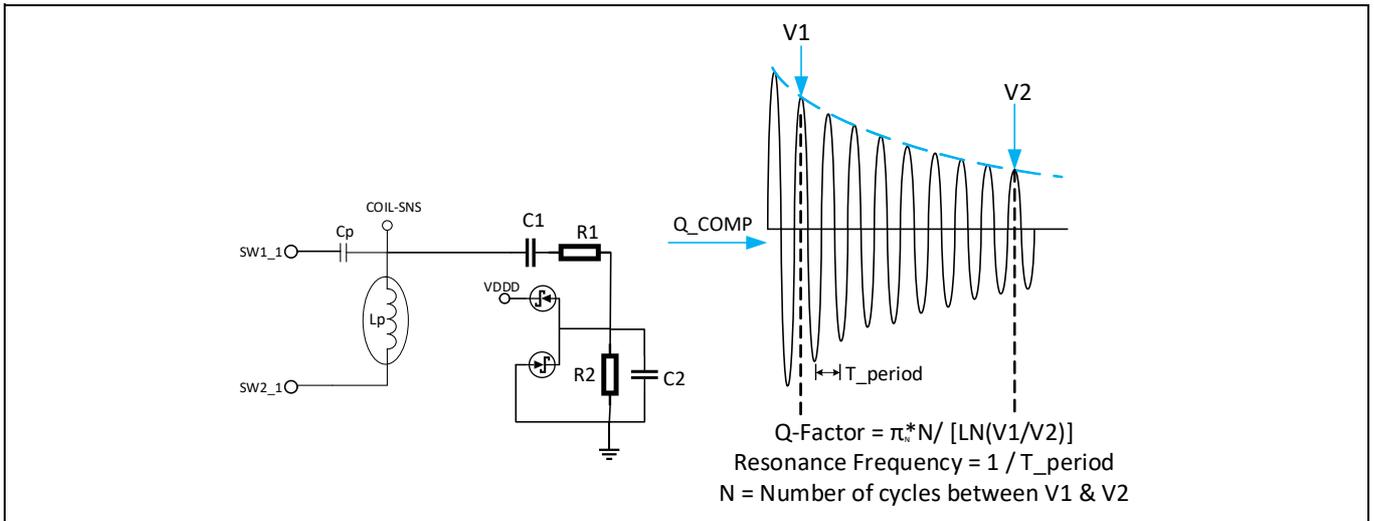


Figure 12 WLC1150 Q 因子测量原理图和信号

5.9.3 电量损耗 FOD

WLC1150 在电力传输过程中支持电量损耗 FOD。功率损失 FOD 使用在输入端测量的 Tx 功率，也是逆变器输入电压和逆变器电流的乘积 (电流在输入端 CSPO_0 和 CSNO_0 感应)。在考虑逆变器损耗和适当金属损耗时，通过微调 FOD 系数可以进一步调整所得到的 Tx 电源。计算完校准的 Tx 电源后，将得到的结果与由 Rx 发送的最新 RPP 值进行比较。如果 Tx_Power_Calibrated 和 RPP 之间的差异超过 Ploss 阈值，则记录一个 FOD 事件。为防止错误断开连接并提高用户体验，WLC1150 只在连续发生三次 Ploss 阈值违规的情况下才会断开 Ploss FOD 的电源。可以对 FOD 系数和 Ploss 阈值进行配置，以符合系统设计。根据 Rx 的两点负载实现校准功能，从而能够进一步提高 FO 检测的准确性。

5.9.4 过温 FOD

如果连接了外部 NTC 热敏电阻并将其与 Tx 线圈接触，则 WLC1150 可以监控界面的温度。在 Tx 线圈温度超过可配置阈值的情况下，会启用该功能，从而断开 Tx 与 Rx 的连接。

功能概述

5.10 降压 / 升降压调节器

5.10.1 降压调节器

WLC1150 提供了用于降压 / 升降压转换器的集成控制器。根据应用程序的需求，可以选用降压或升降压配置。

由 Tx 输入 (PD 或 20 V 的 DC 输入) 供电的降压转换器可作为风扇电源使用。它也可以用于 WLC1150 或作为一个电源使用。这样就不需要为风扇提供外部切换电源。

升降压转换器可作为前端转换器，用于无线发射器的输入电源变化较大的应用，即 5 V 至 20 V。升降压转换器为逆变器提供所需的稳定输入电压。

WLC1150 的降压控制器提供两个 N 通道 MOSFET 栅极驱动器：一个通过 HG1_0 引脚的浮动高侧栅极驱动器，另一个通过 LG1_0 引脚的接地参考低侧驱动器。类似地，升降压控制器提供了 4 个 N 通道 MOSFET 栅极驱动器，包括两个通过 HG1_0 和 HG2_0 的浮动高侧栅极驱动器。

栅极驱动器由 VDDD 供电，其额定电压值为 5 V。可以对降压 / 升降压调节器的开关频率进行编程，并将该值设置在 150 kHz 到 600 kHz 范围内的某个值。为防止在使用栅极驱动器过程中发生有关 EMI 的问题，用户需要提供可编程的驱动强度、死区时间。所使用的程序可以在抖动模式下运行，从而扩展辐射频谱能量。高侧栅极驱动电源使用来自 BST1_0 引脚和 BST2_0 (仅适用于升降压控制器) 的外部电容器和肖特基二极管。

此外，高侧和低侧栅极驱动器模块包括过零检测器 (ZCD)，从而可以实现具有二极管仿真功能的非连续导通模式 (DCM)。

WLC1150 的降压 / 升降压控制器使用集成误差放大器进行输出电压调节。误差放大器是一个具有单个补偿引脚 (COMP_0) 的跨导型放大器。它需要在该补偿引脚和 GND 之间连接一个如参考原理图中所示的 RC 滤波器。

WLC1150 支持高电压 (22 V) VBRG 放电电路。在检测到设备断开连接、故障或硬复位时，芯片可对 VBRG 节点放电。

在输入和输出上保持相同的电容，如 Figure 13 所示，以根据补偿值维持稳定的操作。

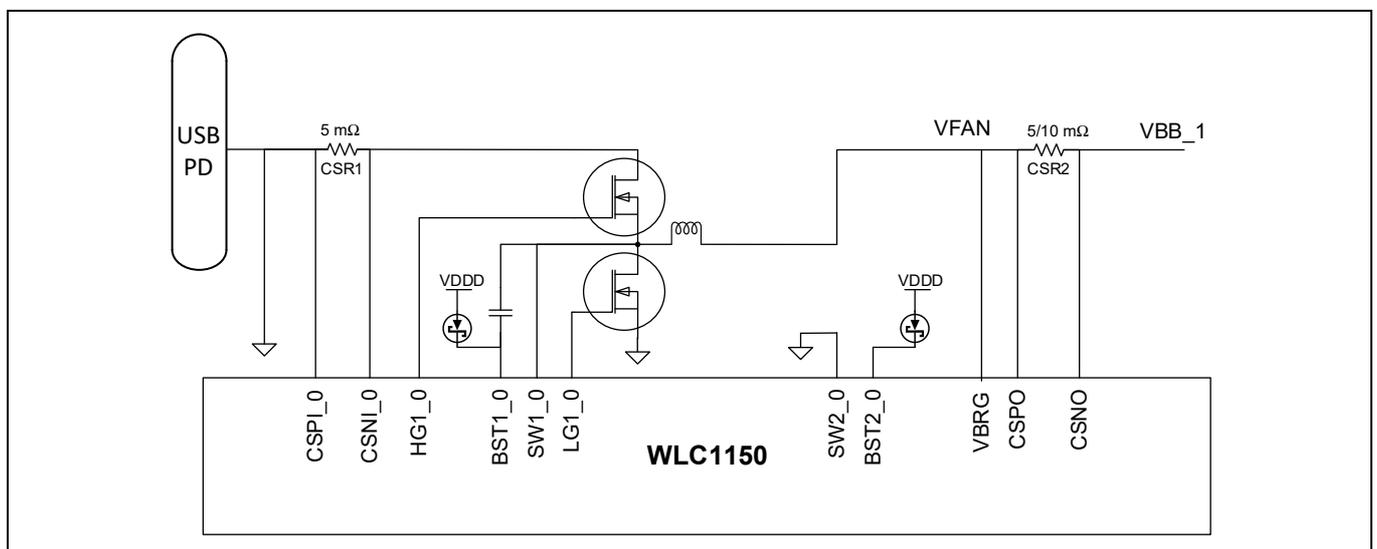


Figure 13 WLC1150 典型降压调节器原理图

功能概述

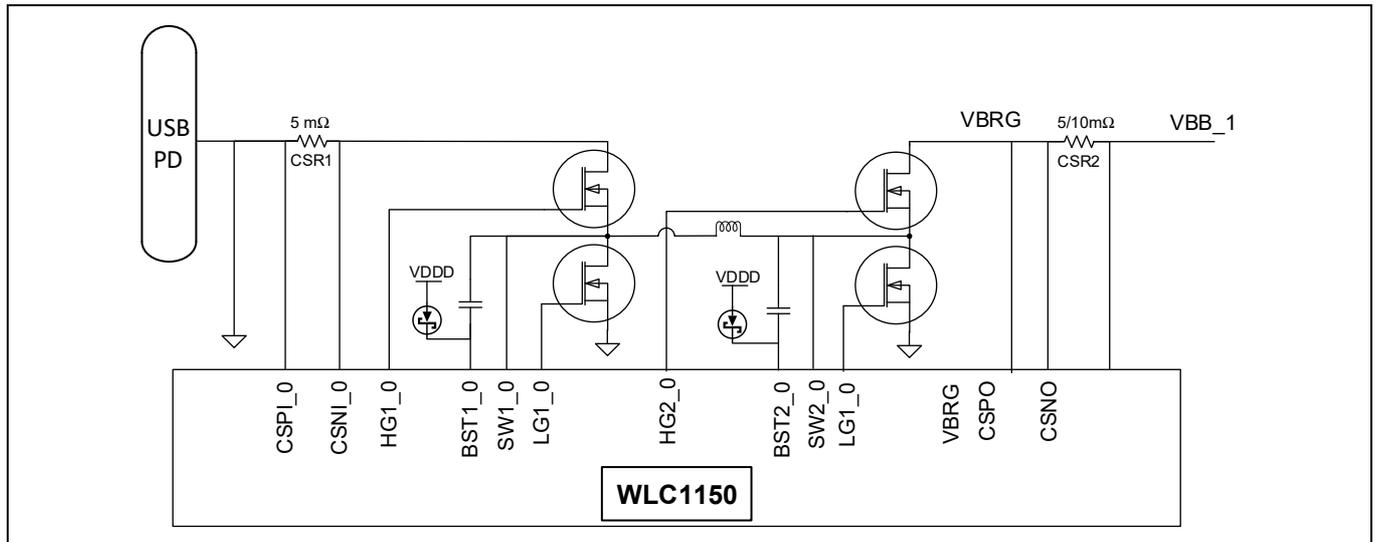


Figure 14 WLC1150 典型升降压转换器原理图

5.11 降压 / 升降压器操作模式

5.11.1 脉冲宽度调制器 (PWM)

WLC1150 在峰值电流模式控制下为驱动外部 FET 的栅极驱动器生成控制信号。WLC1150 降压器具有两种用于优化效率并降低轻载条件下损耗的固件可选工作模式：脉冲跳跃模式 (PSM) 和强制连续导通模式 (FCCM)。

5.11.2 脉冲跳跃模式 (PSM)

在 PSM 中，控制器在不降低有效开关频率的情况下减少开关脉冲的总数，方法是在正常额定频率开关的“突发”中进行操作，其期间穿插无开关间隔。因此，输出电压将在开关突发期间提高，并在静态间隔期间降低。在该模式中，为尽量降低损耗，输出电压纹波将被提高。在该模式下，WLC1150 器件将监控降压 / 升降压同步 FET 上的电压，以检测电感电流达到零的时间；当该电流等于零时，WLC1150 器件将关闭降压 / 升降压同步 FET，从而防止发生来自输出电容器的反向电流（即二极管仿真模式）。

5.11.3 强制连续导通模式 (FCCM)

在强制连续导通模式 (FCCM) 下，额定开关频率始终保持不变，电感电流在开关周期的一部分低于零（即“反向”或从输出到输入），以维持输出电压和电流的需要。这使输出电压纹波保持在最低水平，但也牺牲了轻载效率。

5.11.4 过压保护 (OVP)

WLC1150 提供两种过压保护类型。该器件监控并限制 VIN 和 VBRG。如果检测到 USB VIN 过压事件，可以对 WLC1150 进行配置，使之完全关闭 Type-C 端口。如果发生 VBRG 过压事件，将立即关闭降压 / 升降压调节器。在进行物理断连并重新连接后，可以重新启用 IC。过压故障阈值是可配置的。

5.11.5 过电流保护 (OCP)

通过监控输入逆变器电流并连续检查过流事件，WLC1150 可以防止逆变器发生过流和短路故障。为检测过电流事件，该器件使用了用于检查电流检测电阻器电压的内部 CSA。与 OVP 相同，OCP 和 SCP 故障阈值和响应时间均为可配置的值。在进行物理断连并重新连接后，可以重新启用 IC。

5.11.6 USB PD 控制器

WLC1150 直接与 Type-C USB 电源和 USB PD/PPS 适配器连接。WLC1150 使用 D+、D- 和 CC 线在整个操作过程中管理输入电源。WLC1150 管理 USB-PD 物理通信层、VCONN 开关并进行监控，从而可以避免因从电源中接收过多电量而发生欠压事件。WLC1150 提供了完全符合 USB-PD 规范版本 3.1 和 2.0 的所有必要电气控制，并且包括 SCP。

USB-PD 物理层由电力发射器和电力接收器组成。它们根据 PD 3.1 标准通过 CC 通道传输 BMC 编码数据。所有通信都是半双工的。物理层 (即 PHY) 具有避免冲突功能，从而能够最大限度减少通道上的通信错误。WLC1150 使用 RP 和 RD 电阻器进行连接检测和插头方向检测。RD 电阻器将发射器系统的角色设置为 USB 接收源。当连接到电源适配器时，该器件支持 3 V 至 22 V 范围内的所有有效电压进行 PPS 操作。

此外，WLC1150 器件通过实施分块机制支持包含高达 260 字节数据的 USB-PD 扩展消息；除非发送源和接收源都确认并协商了与更长消息长度的兼容性，否则消息长度仅限于版本 2.0 中规定的大小。

WLC1150 USB 控制器还支持 USB 传统 QC 2.0/3.0 和 AFC 协议的电池充电器仿真和检测 (发送源和接收源)。

5.11.7 MCU

WLC1150 器件中的 Cortex®-M0 是一个 32 位的 MCU，它通过广泛的时钟门控对低功耗操作进行了优化。该器件使用一个具有 32 个中断输入的中断控制器 (NVIC 模块) 和一个可将处理器从深度睡眠模式唤醒的唤醒中断控制器 (WIC)。此外，WLC1150 器件还具有 128 KB 闪存和 32 KB ROM，用作非易失性存储。该 ROM 存储用于 I²C、SPI 等器件驱动程序的库。主要无线电源固件被存储在闪存中，这样可以灵活地存储所有无线电源功能的代码，支持使用配置表，以及进行固件升级，从而满足最新的 USBPD 规范和应用程序要求。可以随时通过切换 XRES 引脚强制完全硬件和软件复位，对器件进行复位。

WLC1150 器件的 TCPWM 模块有四个定时器、计数器或 PWM (TCPWM) 发生器。FW 使用这些定时器并按照 WPC 和 USB 合规性指令的要求运行无线电源 Tx 系统。WLC1150 器件还具有一个看门狗定时器 (WDT)。FW 可以使用该定时器处理各种超时事件。

5.11.8 ADC

WLC1150 器件具有 8 位 SAR ADC，可用于芯片和系统内的通用模数转换应用程序。可从 GPIO 访问 ADC，也可以通过片上类比多路复用器直接在电源引脚上访问该模块。有关 ADC 的详细规范，请参见第 11 页上的“电气规范”。

5.11.9 串行通信模块 (SCB)

WLC1150 器件具有四个 SCB 模块，可将它们配置为 I²C、SPI 或 UART。这些模块可以实现完整的多主设备和从设备 I²C 接口。这些接口具有多主设备仲裁功能。I²C 符合标准 Philips I2C 规范 V3.0。这些模块的工作速度可达 1 Mbps，另外它们还提供了各种灵活的缓冲选项，用于降低 CPU 的中断开销和延迟。此外，SCB 模块还支持深度为 8 字节 FIFO，用于接收和发送数据。SCB 块支持 8 字节深的接收和发送的 FIFO，以减少 MCU 所需的接口时间，也减少了因 CPU 没有及时读取数据而导致的时钟拉伸的需要。

5.11.10 I/O 子系统

WLC1150 器件具有 13 个 GPIO，但其中多个引脚具有专用于 50 W 应用程序的功能，例如无线电源应用程序中的 I2C 通信、LED 和温度感应。此外，无法对这些专用引脚的用途进行重新设置。GPIO 的输出状态具有集成的控制模式，可通过 FW 启用这些模式。具体包括：弱上拉强下拉、强上拉弱下拉、开漏强下拉、开漏强上拉、强上拉强下拉、禁用或弱上拉弱下拉。这些模式还为 dV/dt 输出控制提供可选的转换率。当 GPIO 作为输入使用时，可对它们进行配置，使之支持不同的输入阈值 (CMOS 或 LVTTTL)。

在 POR 期间，GPIO 模块被强制进入禁用状态，以防止发生任何多余电流通过。

5.11.11 LDO (VDDD 和 VCCD)

WLC1150 具有两个集成的 LDO 调节器。VDDD LDO 由 VIN 供电，并为 GPIO、栅极驱动器和其他内部模块提供 5 V 电压。VDDD LDO 上的总电流负载 (包括内部消耗) 必须小于 150 mA。VDDD LDO 将被外部加载，如参考原理图所示。要想在该调节器上连接任何额外的外部负载，请联系英飞凌技术支持。将 VDDD 5 V 电源外部路由到各个引脚，并且应该将这些引脚全部外部短接在一起。VCCD LDO 是一个 1.8 V LDO 调节器，并由 VDDD 供电。请勿外部加载 VCCD。这两个 LDO 都必须在每个引脚与靠近 WLC1150 器件的接地之间放置陶瓷旁路电容。

6 WLC1150 器件的编程

通过以下两种方法，可以将应用程序固件编程到 WLC1150 器件上：

1. 通过 SWD 接口对器件闪存进行编程
2. 通过特定接口 (CC、I²C) 更新应用程序固件

一般情况下，只有在开发期间或在最终产品的制造过程中才能通过 SWD 接口编程 WLC1150 器件。推出终端产品后，可以通过合适的引导加载程序接口更新 WLC1150 器件的应用程序固件。英飞凌强烈推荐客户使用配置实用程序关闭固件中通过 CC 或 I²C 接口进行的应用程序固件更新。在批量生产前，该固件已被更新到 WLC1150 的闪存中。这样可以防止在现场通过 CC 接口对未经授权的固件进行更新。如果您想保留在产品出厂后仍然可以通过 CC/I²C 接口进行应用程序固件更新的功能，从而进行现场固件更新，请联系您当地的英飞凌销售代表，以获取更多信息。

6.1 通过 SWD 接口对器件闪存进行编程

通过 SWD 接口可以对 WLC1150 器件系列进行编程。英飞凌提供了 MiniProg4 编程套件 (CY8CKIT-005 MiniProg4 Kit)，使用该套件可以编程闪存和调试固件。通过从 hex 文件下载信息，可以对闪存进行编程。SWD_DAT 和 SWD_CLK 引脚分别连接到主机编程器的 SWDIO (数据) 和 SWDCLK (时钟) 引脚，如 Figure 15 所示。在 SWD 编程期间，主机编程器可以通过将其 VTARG (目标器件的电源) 连接到 WLC1150 器件的 VDDD 引脚来为该器件供电。如果使用板载电源为 WLC1150 器件供电，则可以使用“复位编程”选项对该器件进行编程。

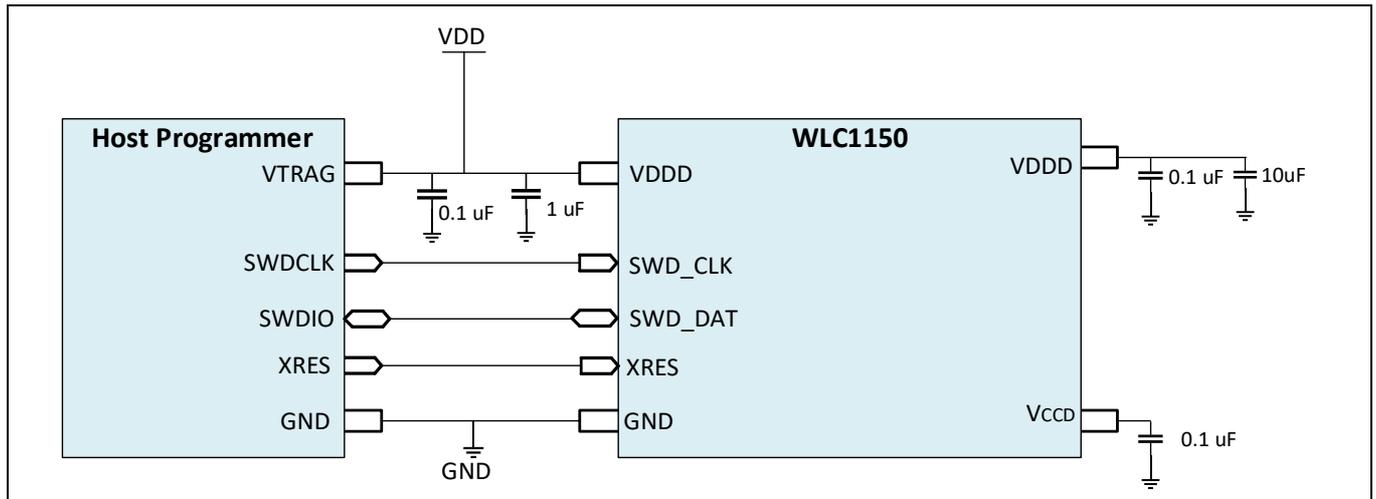


Figure 15 将编程器连接到 WLC1150

订购信息

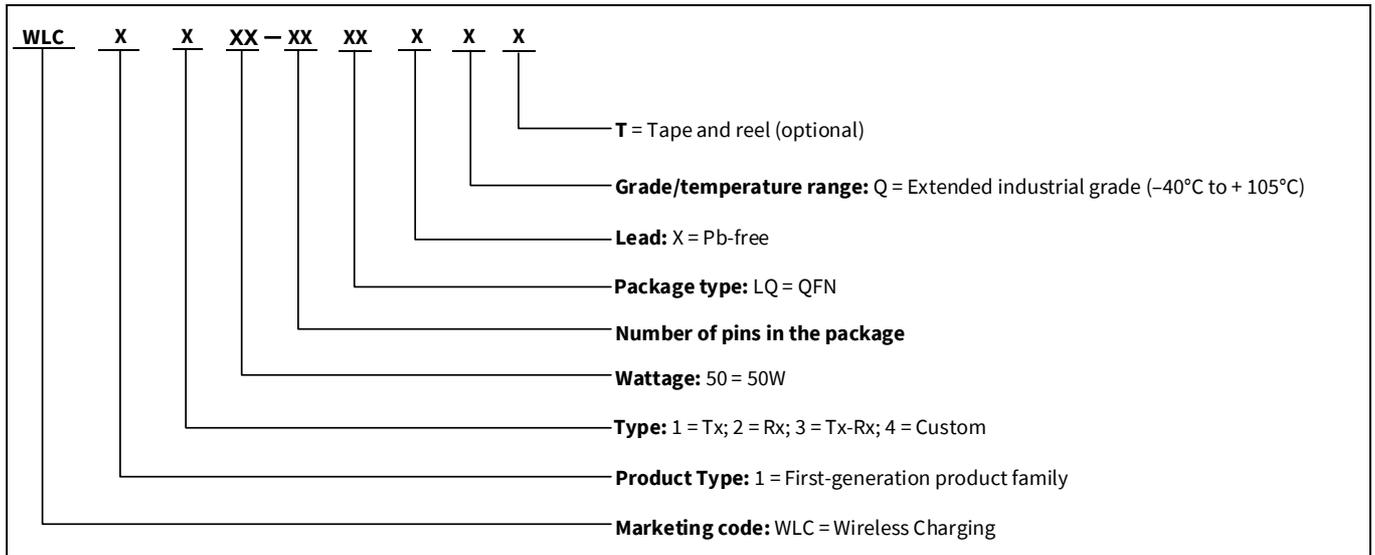
7 订购信息

Table 21 列出了 WLC1150 订购器件编号和应用程序。

Table 21 WLC1150 订购器件编号

MPN	电源	应用程序
WLC1150-68LQXQ	50 W	英飞凌高功率专有协议和 Qi v1.3.x Tx
WLC1150-68LQXQT		英飞凌高功率专有协议和 Qi v1.3.x Tx — 盘带封装

7.1 订购代码定义



封装

8 封装

Table 22 封装特性

参数	说明	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
T _J	工作结温	-	-40	25	125	°C
T _{JA}	封装 θ _{JA}		-	-	14.8	°C/W
T _{JB}	封装 θ _{JB}				4.3	
T _{JC}	封装 θ _{JC}				12.9	

Table 23 回流焊峰值温度

封装	最高峰值温度	在与峰值温度相差 5 °C 时的 最长时间
68-QFN	260 °C	30 秒

Table 24 封装潮湿敏感等级 (MSL), IPC/JEDEC J-STD-2

封装	MSL
68-QFN	MSL 3

封装图

9 封装图

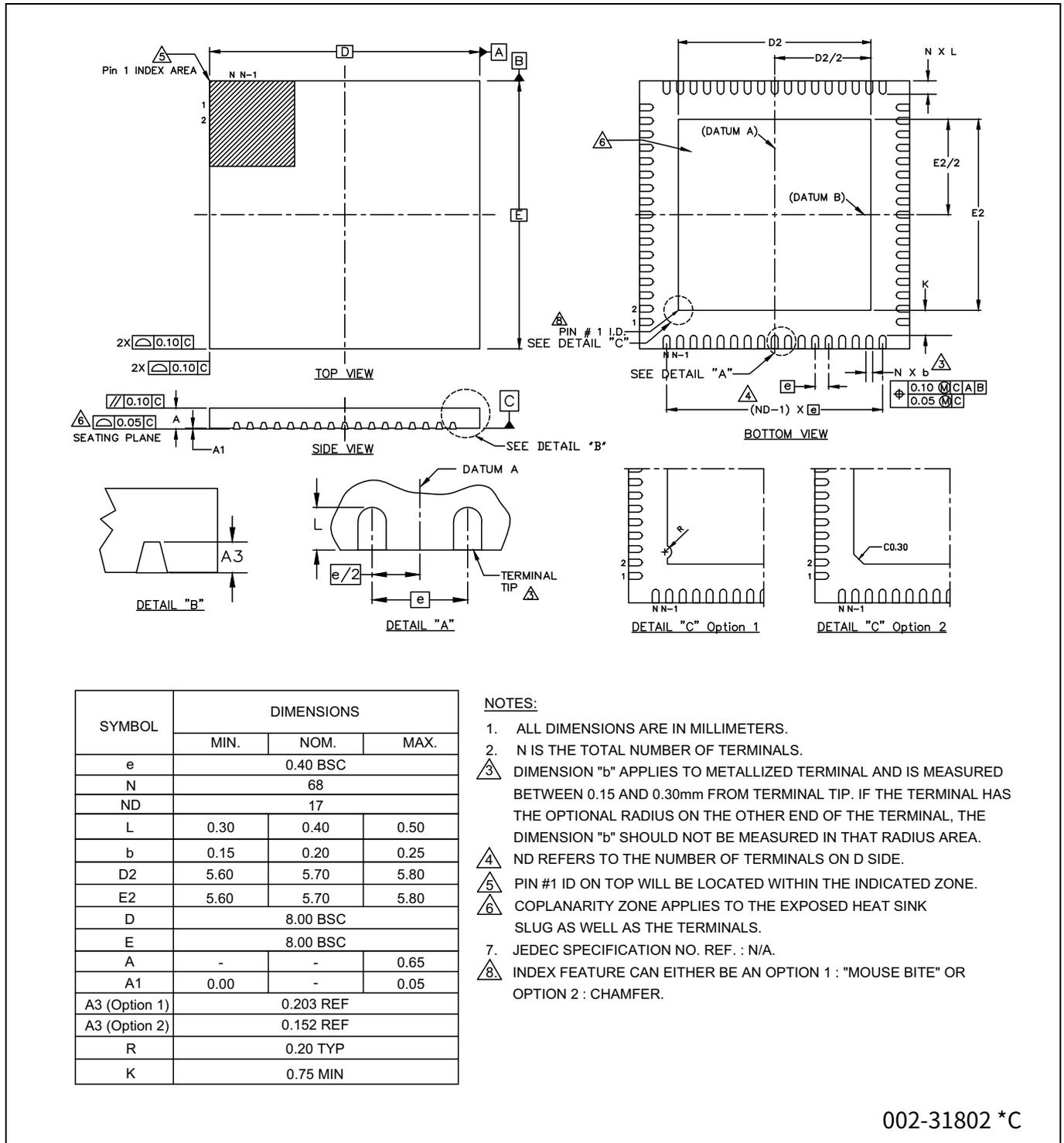


Figure 16 68LD QFN (8x8) 器件封装图

缩略语

10 缩略语

Table 25 本文中使用的首字母缩略词

缩略语	说明
ACK	应答
ADC	模数转换器
Arm®	高级 RISC 机器，即为一种 CPU 架构
ASK	幅移键控
BPP	基本电源配置文件
BMC	双相标记代码
CEP	控制错误数据包
CC	配置通道
CSA	电流检测放大器
DCM	非连续导通模式
EA	错误放大器
EPP	扩展的电源配置文件
EPT	结束电力传输
ESD	静电放电
FET	场效应晶体管
FCCM	强制连续导通模式
FOD	异物检测
FO	异物
FSK	频移键控
FW	固件
GPIO	通用输入 / 输出
HBM	人体模型
HS	高速
I ² C	内部集成电路
IC	集成电路
IMO	内部主振荡器
IPT	感应电能传输技术
LDO	线性压差
MCU	微控制器单元
NTC	负温度系数
NVIC	嵌套向量中断控制器
OCP	过电流保护
Opamp	运算放大器
OTP	过温保护
OV	过压
OVP	过压保护
PCB	印刷电路板
PD	电力传输

缩略语

Table 25 本文档中使用的首字母缩略词 (续)

缩略语	说明
POR	上电复位
PPDE	专有的电力传输扩展
PPS	可编程电源
PSM	脉冲跳跃模式
PWM	脉宽调制器
QFOD	Q 因子 FOD
RPP	已接收的电源数据包
RCP	反向电流保护
Rx	电力接收器
SAR	逐次逼近寄存器
SCP	短路保护
SPI	串行外设接口
SSP	信号强度数据包
SWD	串行线调试, 即为一种测试协议
TCPWM	定时器 / 计数器脉宽调制
Tx	电力发射器
UART	通用异步接收器 / 发射器
UFP	上行端口
USB	通用串行总线
UV	欠压
WDT	看门狗定时器
WIC	唤醒中断控制器
WLC	无线充电 IC
WPC	无线电力联盟
ZCD	过零检测器

11 文档规范

11.1 测量单位

Table 26 测量单位

符号	测量单位
°C	摄氏度
Hz	赫兹
KB	1024 字节
kHz	千赫兹
kΩ	千欧
LSB	最低有效位
MHz	兆赫兹
MΩ	兆欧姆
μA	微安
μF	微法
μH	微亨利
μs	微秒
μV	微伏
μW	微瓦
mA	毫安
mm	毫米
ms	毫秒
mV	毫伏
nA	纳安
ns	纳秒
nV	纳伏
Ω	欧姆
%	百分比
pF	皮法
s	秒
V	伏特
W	瓦特

文档修订记录

文档修订记录

版本	提交日期	变更说明
**	2023-03-22	翻译自 : 002-36311 Rev. *A。

Trademarks

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

Edition 2023-03-22
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2023 Infineon Technologies AG.
All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?

Go to www.infineon.com/support

Document reference
002-37333 Rev. **

重要提示

本文档所提供的任何信息绝不应被视为针对任何条件或者品质而做出的保证（质量保证）。英飞凌对于本文档中所提及的任何事例、提示或者任何特定数值及 / 或任何关于产品应用方面的信息均在此明确声明其不承担任何保证或者责任，包括但不限于其不侵犯任何第三方知识产权的保证均在此排除。

此外，本文档所提供的任何信息均取决于客户履行本文档所载明的义务和客户遵守适用于客户产品以及与客户对于英飞凌产品的应用所相关的任何法律要求、规范和标准。

本文档所含的数据仅供经过专业技术培训的人员使用。客户自身的技术部门有义务对于产品是否适宜于其预期的应用和针对该等应用而言本文档中所提供的信息是否充分自行予以评估。

警告事项

由于技术所需产品可能含有危险物质。如需了解该等物质的类型，请向离您最近的英飞凌科技办公室接洽。

除非由经英飞凌科技授权代表签署的书面文件中做出另行明确批准的情况外，英飞凌科技的产品不应被用于任何一项一旦产品失效或者产品使用的后果可被合理地预料到可能导致人身伤害的任何应用领域。