

EZ-PD™ PAG2S-AC 集成 USB PD 和次级侧 ACF 控制器

概述

EZ-PD™ PAG2S-AC CYPAS212 是一款集成次级侧 PWM 控制器和 USB 功率传输 (USB PD) 控制器。PAG2S-AC 集成了次级侧同步整流器 (SR)、脉宽调制器 (PWM) 和有源钳位反激式 (ACF) 控制。PAG2S-AC 是针对 USB-C 电源适配器的产品，非常适合采用 USB PD、高通快速充电和其他标准充电协议的高效 AC-DC 反激式设计。PAG2S-AC CYPAS212 还支持 USB PD 扩展功率范围 (EPR) 模式。

应用

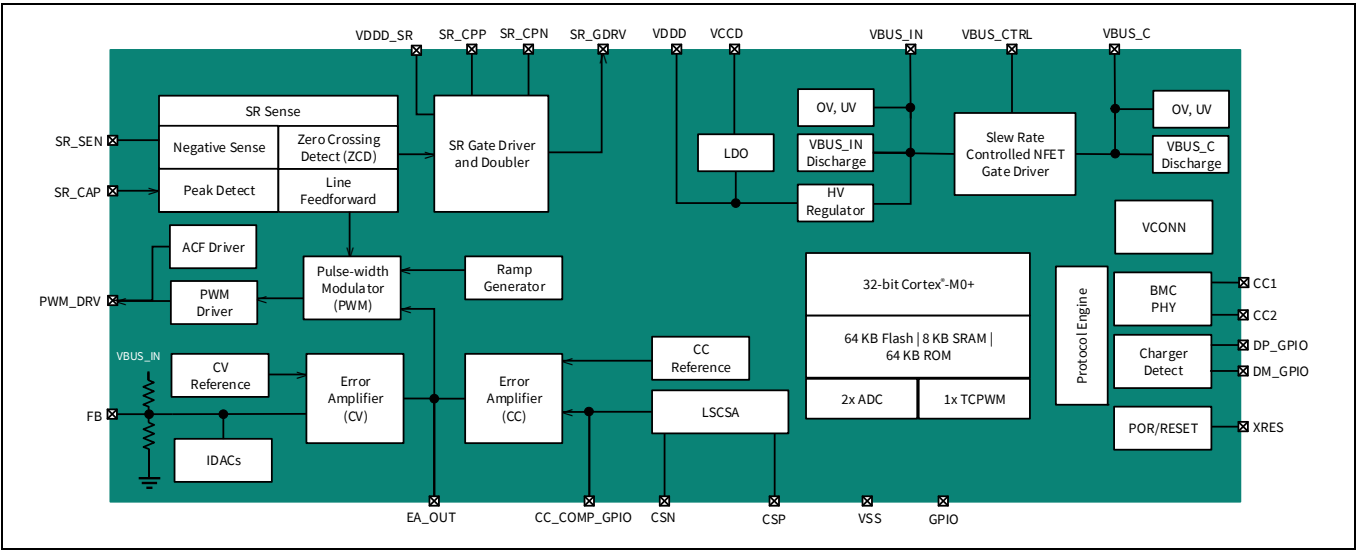
- USB-C 充电器和适配器
- 支持 EPR 的 USB-C 充电器和适配器
- 支持 USB PD 和传统式充电的电源适配器

性能

- 集成的次级侧反激式控制器和充电端口控制器
- 集成了次级侧同步整流器 (SR)、支持 ACF 的 PWM 控制
- 支持临界导通模式 (CrCM)、谷底开关、非连续导通模式 (DCM) 和连续导通模式 (CCM) 下的同步整流，并支持高达 300 kHz 的开关频率
- 支持轻负载操作的突发模式
- SR 驱动器可与标准 MOSFET 和逻辑电平 MOSFET 配合使用
- 符合 USB PD 3.1 标准，支持高达 28 V VBUS 的扩展功率范围 (EPR)
- 支持带可编程电源 (PPS) 的 USB PD 2.0、PD 3.0，QC5.0、QC4+、QC 4.0、QC 3.0、QC 2.0、Samsung AFC、Apple Charging 和 Battery Charging (BC) V1.2 等充电协议
- 集成了低侧电流检测放大器 (LSCSA)、两个 VBUS 放电 FET 和一个 NFET 栅极驱动器来驱动负载开关和 VCONN FET 来支持 EMCA 电缆
- 可配置的 VBUS 过压保护 (OVP)、欠压保护 (UVP)、过流保护 (OCP)、短路保护 (SCP) 和系统过热保护 (OTP)
- 防止 VBUS 到 CC 间的意外短路；CC、VBUS、DP/DM 线路上的静电放电 (ESD) 保护以及 DP/DM 线路上的过压保护
- 集成了具有 64 KB Flash、8 KB SRAM 和 64 KB ROM 的 32 位 Cortex®-M0+
- 32-pin QFN 封装，结温范围为 -40°C 至 +150°C

功能框图

功能框图



目录

目录

概述.....	1
应用.....	1
性能.....	1
功能框图.....	2
目录.....	3
1 应用概述	4
1.1 USB PD 适配器 — 次级侧反激式控制	4
2 引脚分布	5
2.1 引脚定义.....	5
2.2 引脚说明.....	6
2.2.1 SR_GDRV、SR_VSS、SR_SEN、SR_CPP、SR_CPN、SR_CAP	6
2.2.2 FB、EA_OUT、CC_COMP_GPIOx.....	6
2.2.3 PWM_DRV.....	6
2.2.4 VBUS_IN、VDDD、VCCD	7
2.2.5 VBUS_C、VBUS_CTRL	7
2.2.6 CSP、CSN.....	7
2.2.7 CC1, CC2	7
2.2.8 DP_GPIOx、DM_GPIOx.....	7
2.2.9 GPIOx、XRES.....	7
3 功能说明	8
3.1 系统启动.....	8
3.2 操作模式 — SR	8
3.3 操作模式 — PWM 和 ACF.....	11
3.4 故障保护.....	13
3.4.1 VBUS OVP、UVP、OCP 和 SCP.....	13
3.4.2 过温保护.....	13
3.4.3 ESD、CC OVP 和 DP/DM OVP.....	13
3.5 电源模式.....	13
3.6 MCU 子系统.....	13
4 电气规范	14
4.1 最大绝对额定值.....	14
4.2 器件级规范	14
4.3 功能模块规范	16
5 订购信息	23
5.1 订购代码定义	23
6 封装	24
7 缩略语	26
8 文档规范	28
8.1 测量单位.....	28
修订记录.....	29

1 应用概述

1.1 USB PD 适配器 — 次级侧反激式控制

Figure 1 显示的是实现次级侧控制同步反激式系统的电源适配器应用图。在该系统中，EZ-PD™ PAG2S-AC 在电压控制模式下调制初级 MOSFET 的脉冲宽度。PAG2S-AC 使用内部误差放大器 (EA) 和可编程斜坡发生器来确定 PWM 的脉冲宽度。该 PWM 信号通过脉冲边沿变压器从次级侧传输到初级侧。ACF 信号也通过同样的脉冲变压器进行传输。在该拓扑结构中，PAG2S-AC 集成了三个关键功能：采用 ACF 的次级侧 PWM 控制、充电协议控制和故障保护。在以下示例中，EZ-PD™ PAG2P 用作初级控制器并与 PAG2S-AC 配合使用。

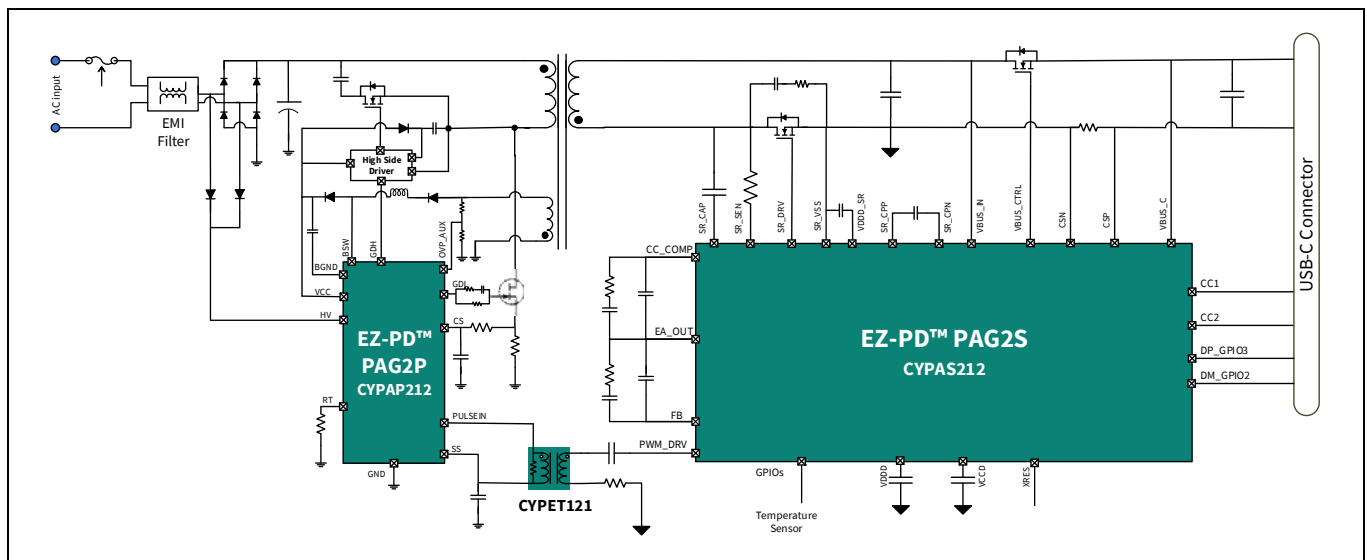


Figure 1 具有次级侧反激式控制的 USB PD 适配器

引脚分布

2 引脚分布

2.1 引脚定义

Table 1 32-pin QFN 引脚说明

引脚编号	引脚名称	引脚说明
1	VCCD	1.8 V 内核电压 LDO 输出
2	VDDD	3.0 V 至 5.5 V 内部 LDO 输出
3	VSS	接地
4	VDDD_SR	同步整流器驱动器的 V _{DDD} 电源
5	SR_CPN	同步整流倍增器电容负极引脚
6	SR_CPP	同步整流倍增器电容正极引脚
7	VSS_SR	同步整流器驱动器的接地
8	SR_GDRV	同步整流器 NFET 栅极驱动器
9	SR_SEN	同步整流器 NFET 漏极终端检测
10	SR_CAP	同步整流器 NFET 漏极检测, 谐振频率 > 4 MHz
11	PWM_DRV	脉冲边沿变压器驱动器
12	GPIO0	GPIO
13	GPIO1	
14	DM_GPIO2	USB D-/GPIO/SWD_DAT
15	DP_GPIO3	USB D+/GPIO/SWD_CLK
16	GPIO4	未连接
17	XRES	外部复位输入
18	GPIO5	GPIO
19	GPIO6	GPIO/TCPWM
20	GPIO7	GPIO
21	CC2	功率传输通信通道 2
22	CC1	功率传输通信通道 1
23	CSN	低侧电流检测放大器负输入
24	CSP	低侧电流检测放大器正输入
25	VBUS_C	USB Type-C 型 VBUS 监测输入
26	VBUS_CTRL	负载开关 NFET 栅极控制
27	EA_OUT	EA 输出
28	FB	EA 反馈
29	CC_COMP_GPIO8	恒流模式补偿电容 /GPIO/TCPWM 引脚
30	CC_COMP_GPIO9	
31	VSS	接地
32	VBUS_IN	3.3 V 至 30 V 稳压器的电源输入

引脚分布

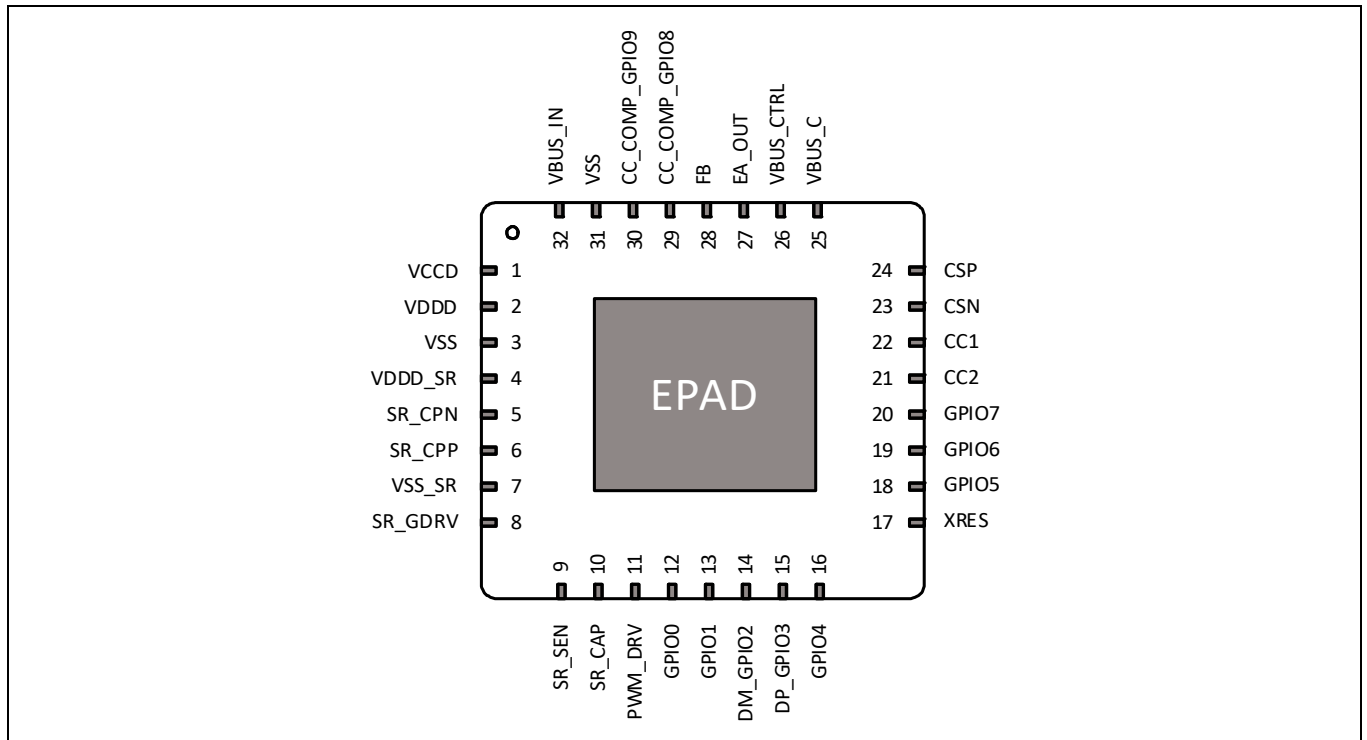


Figure 2 32-pin QFN 引脚分布

2.2 引脚说明

2.2.1 SR_GDRV、SR_VSS、SR_SEN、SR_CPP、SR_CPN、SR_CAP

EZ-PD™ PAG2S-AC 检测同步整流器 NFET 两端的电压并适当控制栅极驱动器以获取最佳效率。该器件支持标准 NFET 和逻辑电平 NFET。PAG2S-AC 同步整流控制可工作在 QR/CrCM、谷底开关、非连续导通模式 (DCM) 和连续导通模式 (CCM) 下。SR 检测模块支持负值检测和过零检测 (ZCD)。对于 SR_DRAIN 上谐振频率 > 4 MHz 的方案, 通过 10 pF 电容器将 SR_DRAIN 耦合到 SR_CAP, 这样可以在 SR_CAP 引脚上检测到峰值。如果谐振频率 < 4 MHz, 则 SR_CAP 引脚必须悬空。

栅极驱动器 (SR_GDRV) 的驱动电压可以用内部 VDDD 或两倍的 VDDD, 从而实现外部 NFET 的低 $R_{DS(ON)}$ 。使用内部倍增电路可将栅极驱动器驱动电压调为两倍的 VDDD, 具体是在 SR_CPP 和 SR_CPN 引脚之间放置一个倍增电容器。SR FET 的源端应连接到 SR_VSS 引脚。使用电阻分配器时, 可以通过 SR_SEN 检测外部 NFET 漏极节点上的电压。

2.2.2 FB、EA_OUT、CC_COMP_GPIOx

PAG2S-AC 集成了两个误差放大器模块, 可处理恒压和恒流操作模式的次级输出检测和调节。误差放大器输出被馈入到内部模拟 PWM 模块。误差放大器的负输入为反馈 (FB) 引脚, 正输入为内部参考电压。根据所需的 VBUS 输出, 可以使用内部源 / 灌电流 IDAC 更改 FB 引脚上的电压。FB 引脚和 EA_OUT 引脚之间需要一个外部补偿网络, 如应用图所示 (参见 Figure 1)。恒流操作使用内部 LSCSA, 其输出被馈入到一个独立的误差放大器, 如功能框图所示。需要在 CC_COMP_GPIOx 和 EA_OUT 之间放置一个外部补偿网络来实现恒流模式调节, 如 Figure 1 所示。

2.2.3 PWM_DRV

PAG2S-AC 支持模拟 PWM 发生器, 该发生器在电压控制模式下调制初级侧 FET 的脉冲宽度。具体是它生成一个可编程斜坡, 然后通过将其与误差放大器的输出进行比较来确定 PWM 脉冲宽度。该斜坡由注入内部电容器的源电流生成; 该源电流是某个固定电流和前馈电流的可编程组合。PWM 信号通过外部脉冲边沿变压器从次级侧传输到初级侧。ACF 信号也通过此脉冲变压器进行传输。PAG2S-AC CYPAS212 使用时分复用 (TDM) 技术来区分 PWM 和 ACF 信号。这些信号通过互补初级侧控制器 CYPAP212 进行解码。

2.2.4 VBUS_IN、VDDD、VCCD

PAG2S-AC 集成了一个由 VBUS_IN 脚供电的高电压稳压器，它的输出为 VDDD 脚供电。稳压器的输入电压范围为 3.3 V 至 30 V。该稳压器用于提供 PAG2S-AC 电流消耗，不建议驱动任何外部负载或 IC。PAG2S-AC 还具有用于 VBUS_IN 脚的内部可配置放电路径，用于在负电压转换期间对 VBUS 脚放电。放电电阻强度可通过固件设置进行配置。

稳压源 VDDD 可用于直接为一些内部模拟模块供电，也可进一步稳压，使电压降至 1.8 V VCCD，用于为大部分内核供电。VDDD 和 VCCD 信号被传送到器各各自引脚，用于连接外部电容器，从而实现稳压器稳定运行。这些引脚并不用作电源。

2.2.5 VBUS_C、VBUS_CTRL

VBUS_C 用于监测 Type-C 型连接器的电压。VBUS_C 具有内部可配置放电路径，用于在负电压转换期间对 VBUS_C 脚放电。放电电阻强度可通过固件设置进行配置。VBUS_IN 和 VBUS_C 之间为负载开关。PAG2S-AC 集成了一个用于控制该负载开关的 NFET 栅极驱动器。VBUS_CTRL 为该栅极驱动器的输出。有一个可选的慢速开启功能，用于避免突入的浪涌电流。

2.2.6 CSP、CSN

PAG2S-AC 集成了一个 LSCSA，用于监测负载电流。CSP 和 CSN 分别是 LSCSA 的正输入和负输入引脚。LSCSA 的建议 R_{sense} 为 5 mΩ。

2.2.7 CC1, CC2

CC1 和 CC2 均为 USB PD 协议的通信通道。PAG2S-AC 集成了一个由发送器 (TX) 和接收器 (RX) 组成的 USB PD 收发器，并通过配置通道 (CC) 传送双相标记编码 (BMC) 编码数据，符合 USB PD 标准。所有通信都是半双工的。通过使用物理层防止通信冲突，从而尽可能减少通道上的通信错误。该模块包括 USB PD 规范要求的所有终端电阻 (R_p) 及其开关。

为支持有源电缆应用，PAG2S-AC 还集成了 VCONN FET，用于为 CC 线路供电。CC1 和 CC2 引脚都需要一个大小为 390 pF 的外部电容器。

2.2.8 DP_GPIOx、DM_GPIOx

DP 和 DM 线路均为标准的 USB D+ 和 D- 线。PAG2S-AC 集成了一个充电检测模块，可处理传统充电协议，例如 BC 1.2、Quick Charge、Apple Charging 和 Samsung AFC。该模块集成了这些充电协议所需的所有终端，而无需任何外部组件。当系统不需要传统式充电时，该 DP 和 DM 线路可重新作为标准 GPIO 使用。充电器检测模块还支持 DP/DM 线路上的阻抗检测。

2.2.9 GPIOx、XRES

PAG2S-AC 具有多个 GPIO，一部分为专用 GPIO，其余部分则为与其他功能复用的引脚。这些 GPIO 支持多种驱动模式和可配置阈值选项。在上电和复位期间，GPIO 被强制进入三态，以免破坏任何输入和 / 或导致开启电流过大。

XRES 引脚可用于启动复位且其电平被内部上拉。要想启动复位，需要对该引脚进行外部下拉。

3 功能说明

3.1 系统启动

上电时，初级侧启动控制器必须开始使用其软启动机制控制初级开关，并提供足够的电流为次级侧输出电容器充电以及满足 EZ-PD™ PAG2S-AC 所需的启动电流。次级输出电压作为 PAG2S-AC 的输入电源使用。一旦 VBUS_IN 电压超过 3.3 V，PAG2S-AC 固件将启动并控制初级开关。PAG2S-AC 固件启动时间约为几毫秒。

启动完成后，固件会配置误差放大器以获取 5 V 次级输出，然后 PAG2S-AC 将生成相应的 PWM 脉冲。PWM_DRV 上的这些脉冲通过脉冲变压器耦合到初级启动控制器。接收到 PWM 脉冲后，初级侧启动控制器应将其内部振荡器与 PWM 脉冲进行同步，并从启动模式切换到次级控制模式。在次级控制模式下，初级开关直接由 PAG2S-AC 生成的 PWM 脉冲控制。

3.2 操作模式 — SR

PAG2S-AC 支持 DCM 和 CCM 模式下的同步整流。SR 感应模块支持负压检测和过零检测 (ZCD)。Figure 3 到 Figure 5 分别显示了 CrCM、谷底开关和 CCM 模式下 SR_GDRV 的功能。SR 控制器的开通延迟典型值为 40 ns，关断延迟典型值为 25 ns。

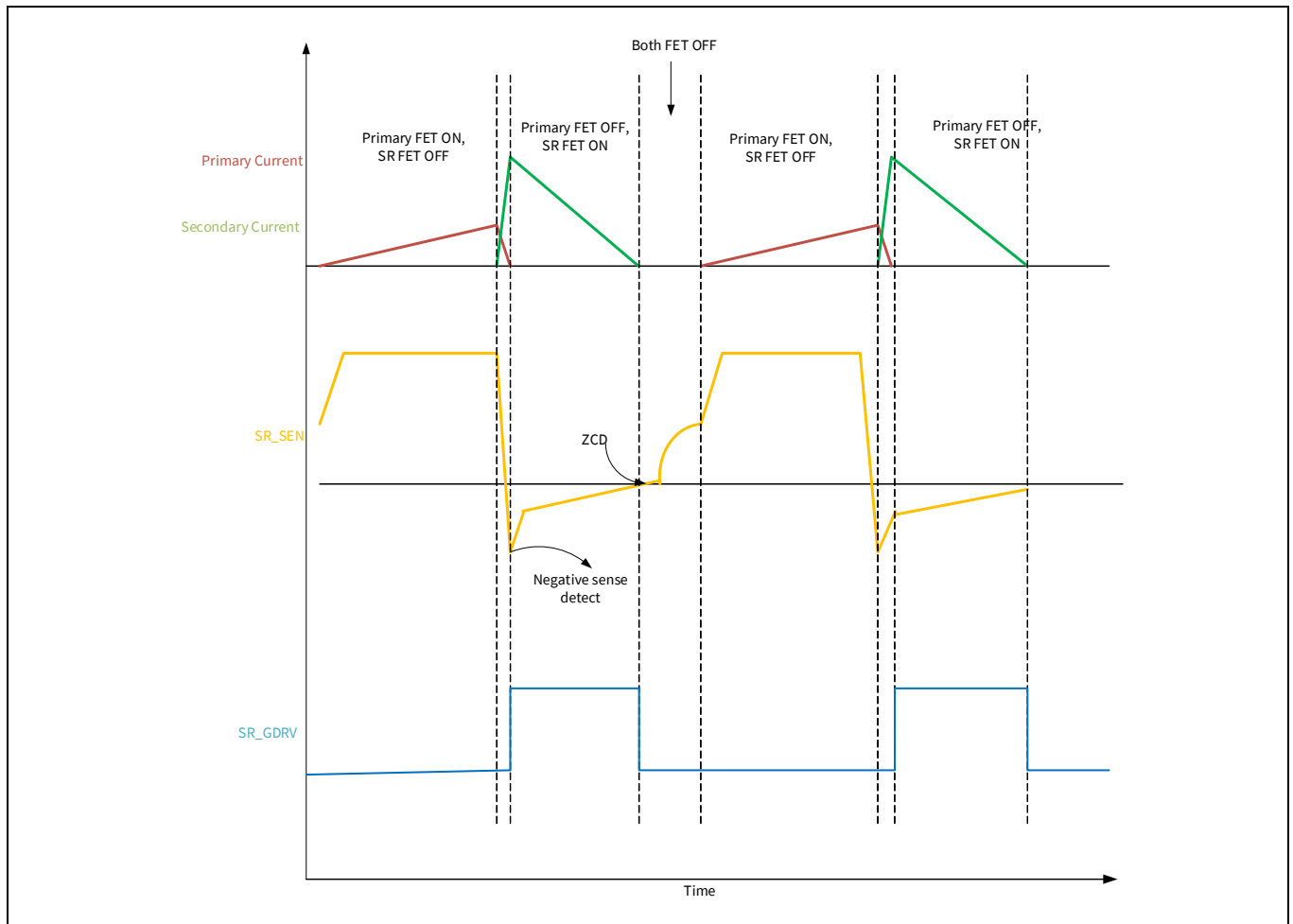


Figure 3 CrCM 模式下的 SR_SEN 和 SR_GDRV

功能说明

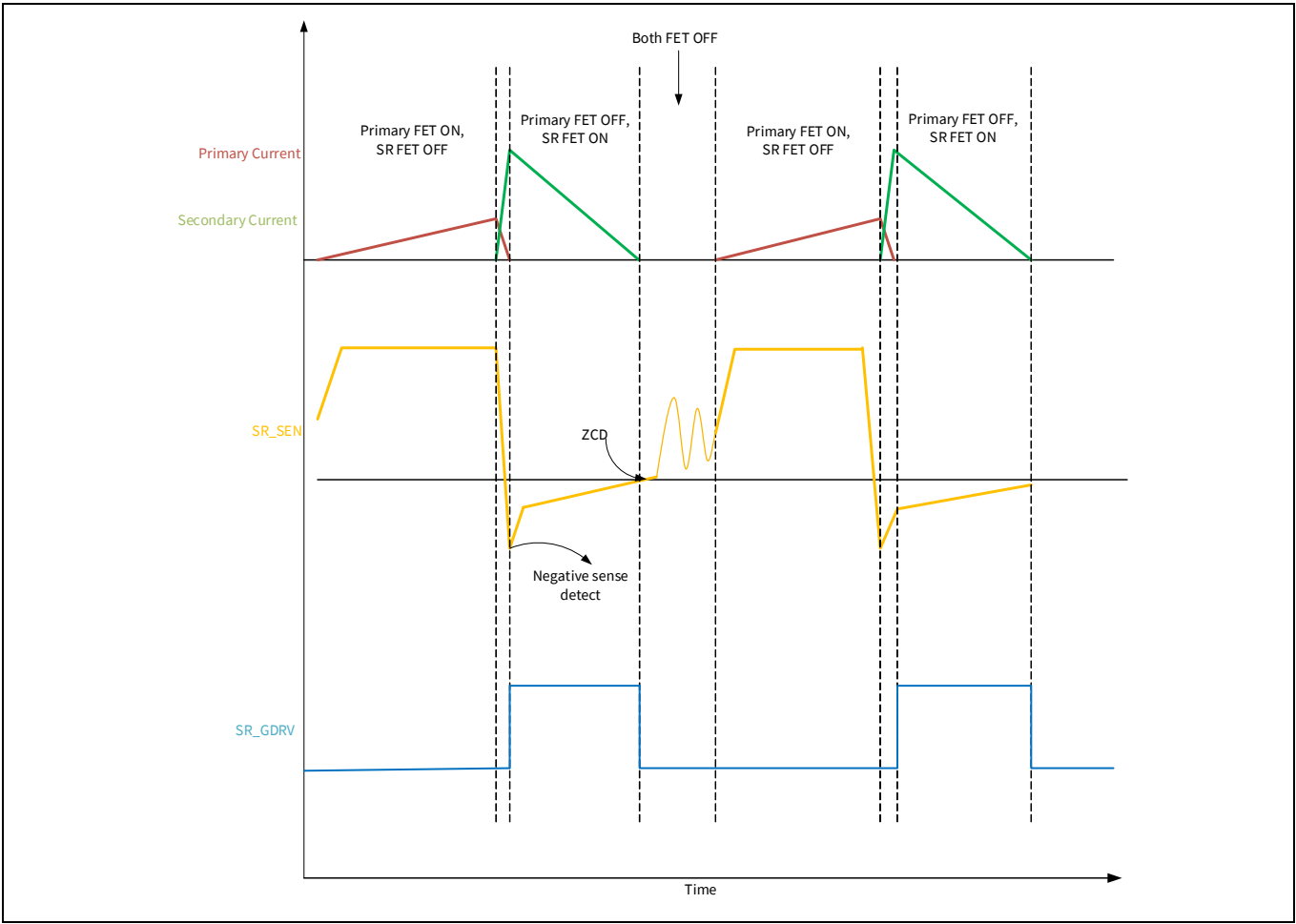


Figure 4 DCM/ 谷底开关模式下的 SR_SEN 和 SR_GDRV

功能说明

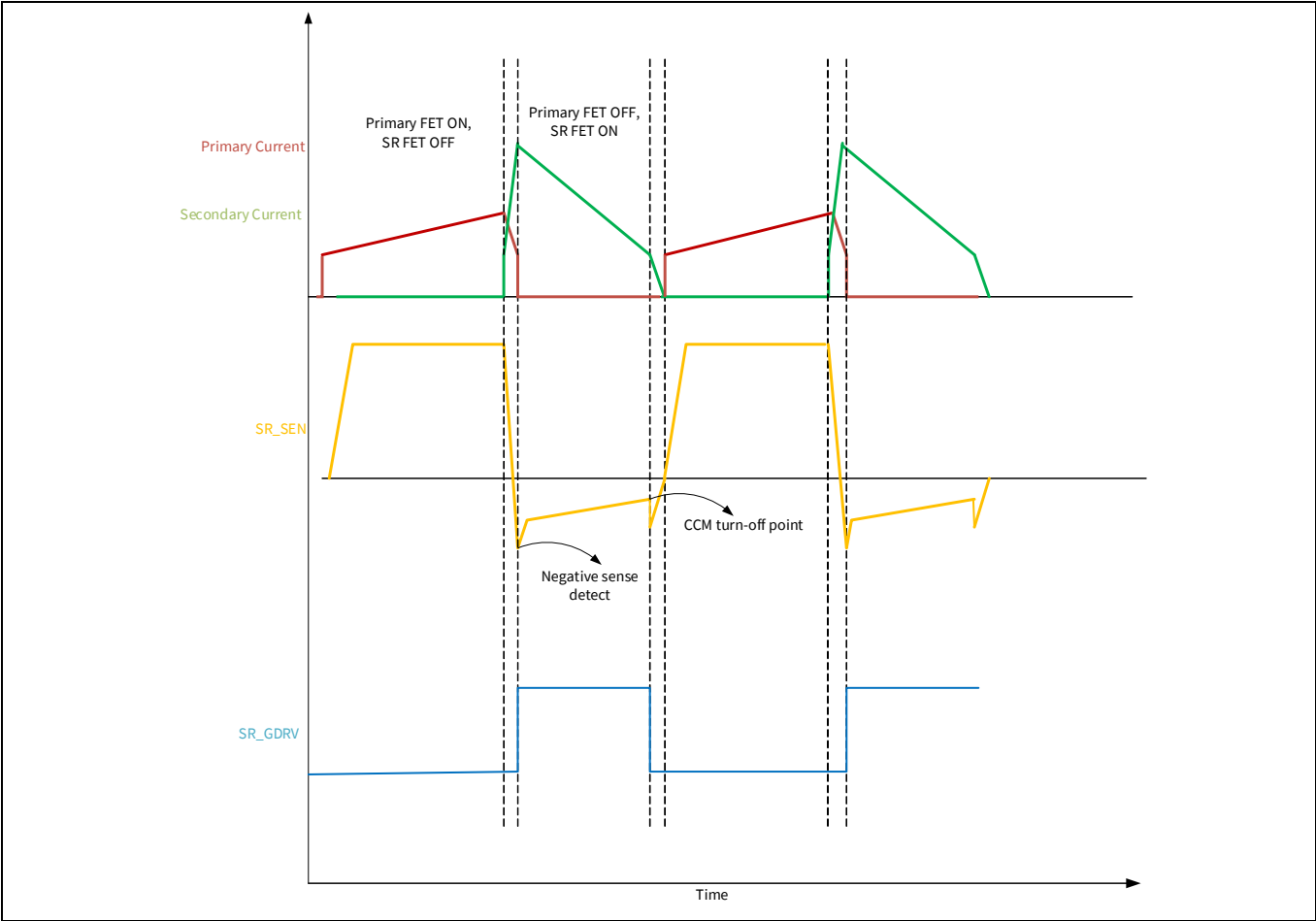


Figure 5 CCM 模式下的 SR_SEN 和 SR_GDRV

SR_SEN 引脚与外部电阻连接，可以检测外部 NFET 漏极节点上的电压。使用该外部电阻是为了将 SR_SEN 引脚上的电压限制在 34 V 以下。SR_SEN 引脚上的外部电阻取决于电源变压器的匝数比。[Table 2](#) 介绍了不同匝数比所需的外部电阻值。

Table 2 SR_SEN 的外部电阻与匝数比

初级与次级匝数比	Rext (Ω)
3:1	20k
4:1	20k
5:1	20k
6:1	12k
7:1	12k
8:1	12k
9:1	12k
10:1	12k
11:1	12k
12:1	12k
13:1	12k

Table 2 SR_SEN 的外部电阻与匝数比 (续)

初级与次级匝数比	Rext (Ω)
14:1	12k
15:1	12k

3.3 操作模式 — PWM 和 ACF

PAG2S-AC 支持多种操作模式：CrCM、谷底开关、DCM、CCM 和用于轻负载操作的突发模式。使用固件可以配置最小 / 最大脉冲宽度、周期以及脉冲跳跃或突发级别。PAG2S-AC 还支持有源钳位反激式控制，即在发送 PWM 信号前短暂发送 ACF 信号。PAG2P 使用 ACF 信号驱动高侧栅极驱动器，并使用 PWM 信号驱动低侧栅极驱动器。ACF 回收缓冲电容器中的能量，从而提高系统效率。ACF 脉冲宽度可通过固件配置，从而能够优化每个设计。Figure 6 和 Figure 7 分别显示了 DCM 和 CCM 模式下 PWM 和 ACF 的功能。

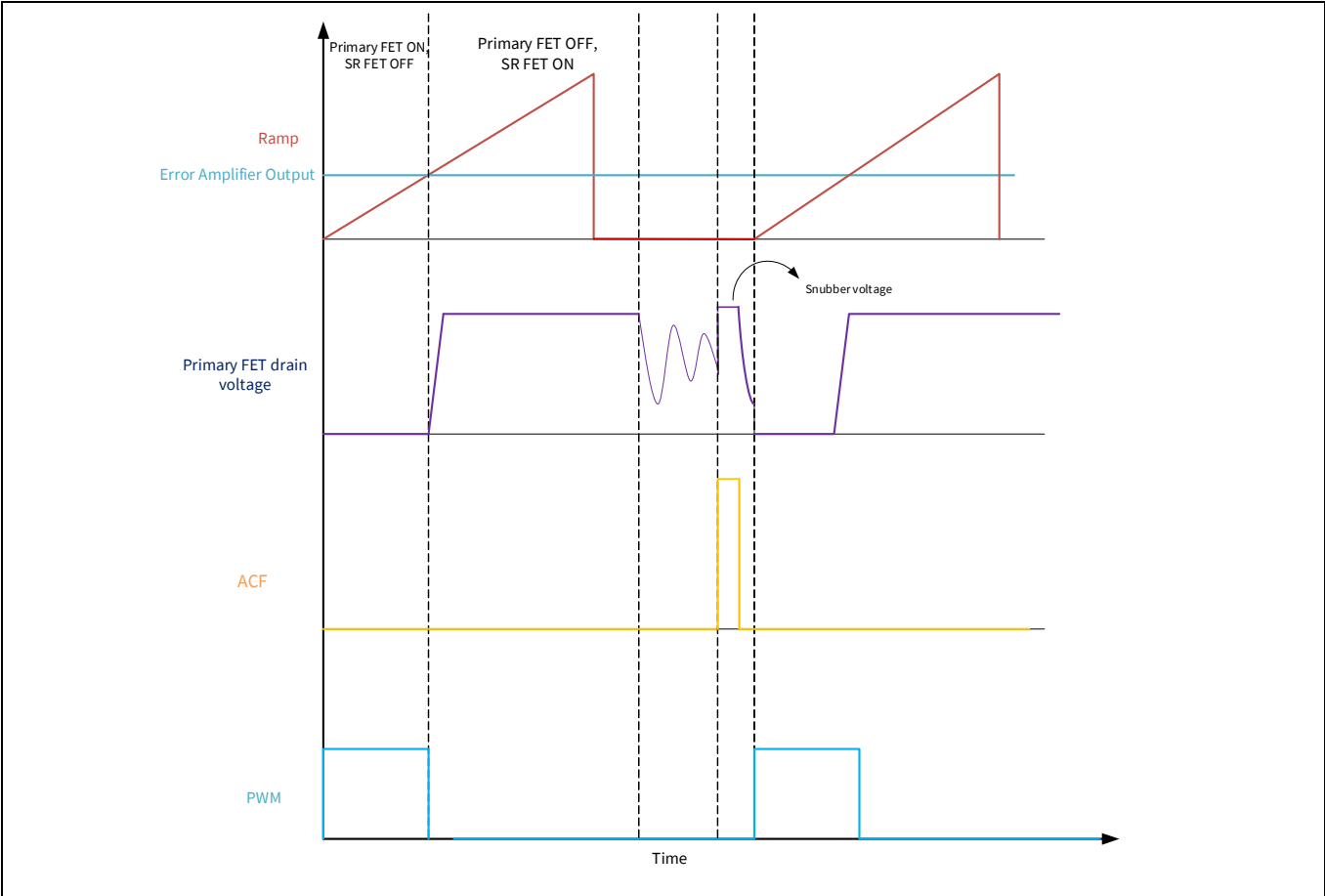


Figure 6 DCM 模式下的 PWM_ACF

功能说明

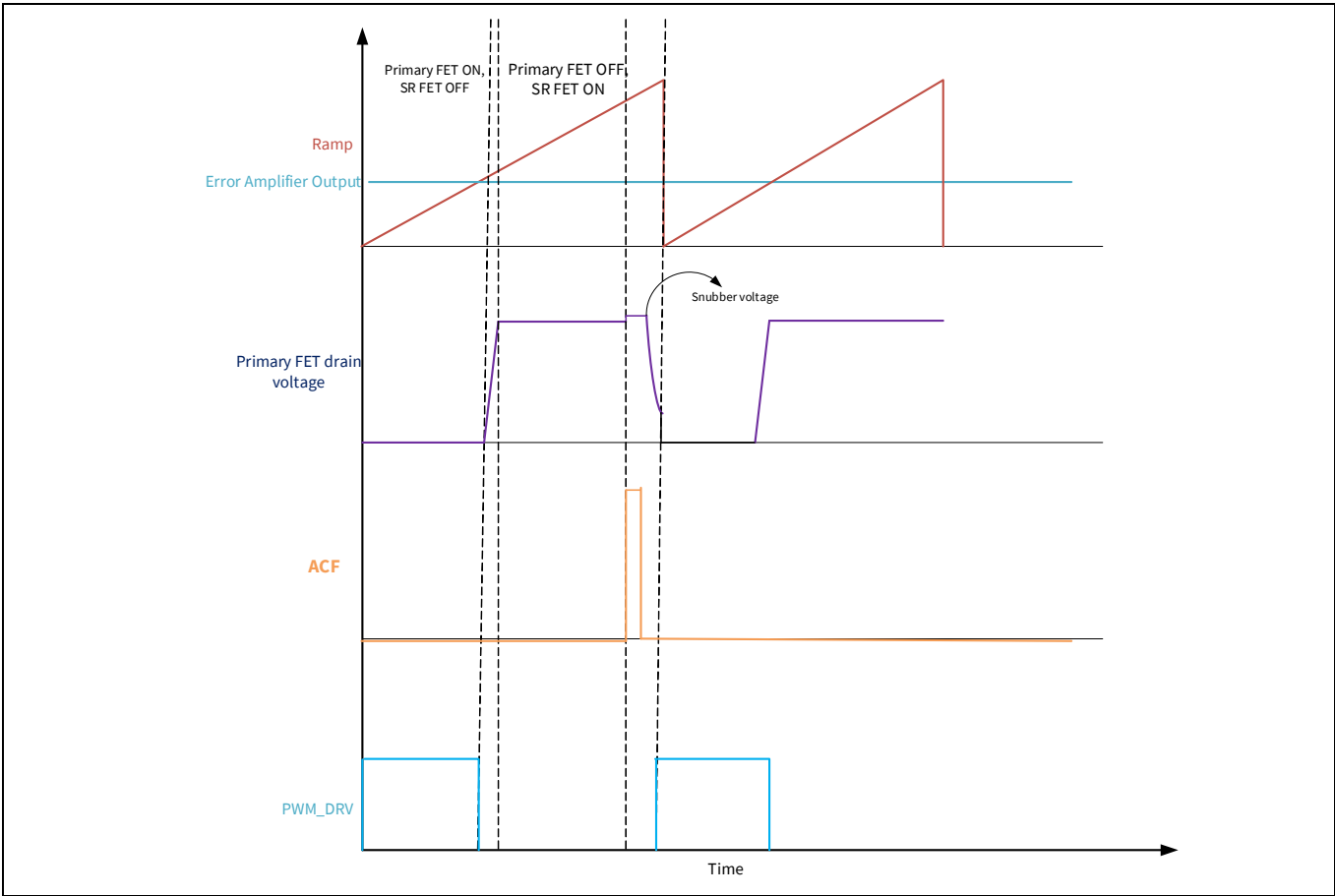


Figure 7 CCM 模式下的 PWM_ACF

功能说明

通过模拟 PWM 智能算法，可以根据输出功率要求在各种操作模式之间进行自动转换。对于较高负载，操作模式保持在 CrCM 中；对于中等负载，操作模式转为 DCM；对于低功率和超低功率负载，则操作模式切换到跳跃模式或突发模式（参见 Figure 8）。

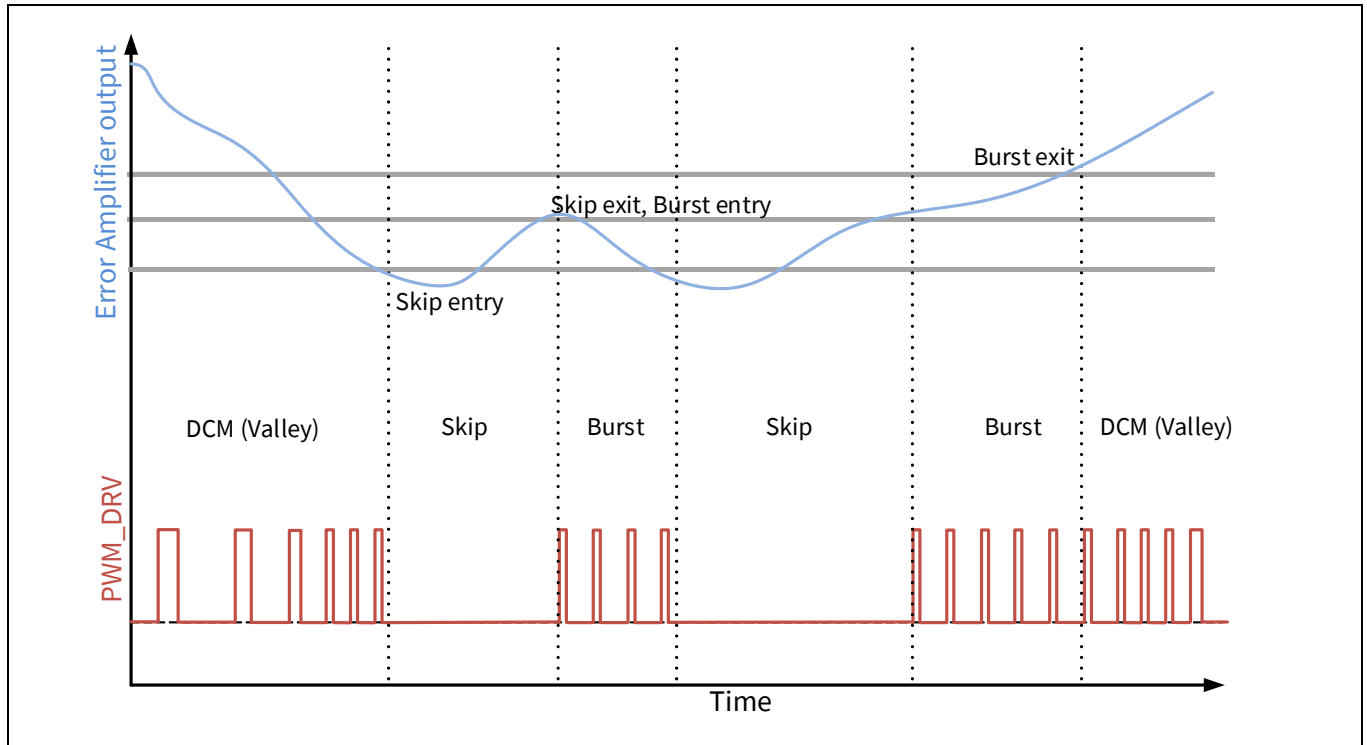


Figure 8 误差放大器输出与操作模式

3.4 故障保护

3.4.1 VBUS OVP、UVP、OCP 和 SCP

VBUS 欠压和过压故障通过内部 VBUS_IN/VBUS_C 电阻分配器进行监控。VBUS 过电流和短路故障均由内部电流检测放大器 (CSA) 监控。故障阈值和响应机制可通过固件配置。

3.4.2 过温保护

过温监控是通过使用一个外部热敏电阻和内部 ADC 完成的。热敏电阻可以连接到任何空闲的 GPIO。PAG2S-AC 集成了一个 8 位 SAR ADC，可用于通用模数转换。故障阈值和响应机制可通过固件配置。

3.4.3 ESD、CC OVP 和 DP/DM OVP

PAG2S-AC 为所有引脚提供 ESD 保护。此外，该芯片还集成了 CC 引脚到高电压 VBUS_C 脚间的意外短路保护和 DP/DM 引脚上的过压保护。

3.5 电源模式

PAG2S-AC 支持多种电源模式，包括运行、睡眠和深度睡眠等模式。这些模式之间的转换由应用程序固件根据操作条件进行处理。

3.6 MCU 子系统

PAG2S-AC 不仅集成了一个具有 64 KB Flash、8 KB SRAM 和 64 KB ROM 的 32 位 Cortex®-M0+ MCU，还支持一个 TCPWM 和两个 ADC。

电气规范

4 电气规范

4.1 最大绝对额定值

Table 3 最大绝对额定值

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{BUS_IN_MAX}$	最大输入供电电压	-0.3	-	34	V
V_{DDD_MAX}	V_{DDD} 供电电压	-		6	
$V_{SR_DRAIN_MAX}$	SR_SEN 引脚电压	-		34	
$V_{CC_PIN_ABS}$	CC1、CC2 引脚电压	-			
V_{GPIO_ABS}	GPIO 电压	-0.5		$V_{DDD} + 0.5$	mA
I_{GPIO_ABS}	每个 GPIO 上的电流	-		25	
I_{LU}	引脚门锁电流	-100		100	
ESD_HBM	人体静电放电模型	-		2000	V
ESD_CDM	ESD 带电器件模型	-		500	

4.2 器件级规范

Table 4 器件级规范

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
存储器大小						
FLASH_SIZE	Flash 存储器大小	–	64	–	KB	SONOS Flash 容量 (字节)
SRAM_SIZE	SRAM 存储器大小		8			SRAM 容量 (字节)
SROM_SIZE	SROM 存储器大小		64			
芯片电源						
V _{DDD_REG}	VBUS 为 5.5 V–30 V 时的 V _{DDD} 输出	4.6	5	5.4	V	–
V _{DDD_MIN}	VBUS 为 3.15 V–5.5 V 时的 V _{DDD} 输出	VBUS – 0.33	–	–		
V _{BUS_IN}	电源输入电压			3.15		
V _{CCD}	输出电压 (供给内核逻辑)	–	1.8	–		
V _{DDWRITE}	闪存写操作的供电电压	3	–	5.5		
C _{EFC}	稳压器 V _{CCD} 脚外部的旁路电容	80	100	120	nF	X5R 陶瓷电容器或性能更好的电容器
C _{EXC}	V _{DDD} 电源脚电容	4	4.7	–	μF	
C _{EXV}	V _{BUS_IN} 脚的去耦电容	–	1			
C _{excpp}	SR_CPP 和 SR_CPN 引脚之间的电容	0.1	–			
I _{GPIO_ABS}	每个 GPIO 上的电流	–		25	mA	最大绝对值

电气规范

Table 4 器件级规范 (续)

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
T_{SLEEP}	从睡眠模式唤醒的时间	–	0	–	μs	–
$T_{DEEPSLEEP}$	从深度睡眠模式唤醒的时间		35			
I_{DD_A}	来自 V_{BUS_IN} 的工作电流 (已连接 Type-C 型)		25.0		mA	$V_{BUS_IN} = 11\text{ V}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、Tx 或 Rx 中的 CC1/CC2、CPU 的工作频率为 24 MHz、100 kHz 时的 SR/PWM、EA/ADC/CSA/UVOV 模块开启
I_{DD_A1}	PWM 模式下来自 V_{BUS_IN} 的电流 (已连接 Type-C 型)		13.0			$V_{BUS_IN} = 28\text{ V}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、时钟频率为 24 MHz、频率为 100 kHz 时的 SR/PWM、SR Cap = 3 nF、CC 上不发生切换
I_{DD_A3}	低功耗 PWM 模式下来自 V_{BUS_IN} 的电流 (已连接 Type-C 型)		4			$V_{BUS_IN} = 28\text{ V}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、时钟频率为 3 MHz、PWM 模式、CC 上不发生切换
$I_{DD_DS1_UA}$	PWM 模式下来自 V_{BUS_IN} (未连接 Type-C 型) 的深度睡眠电流		350		μA	$V_{BUS_IN} = 5\text{ V}$ 、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、未连接 Type-C 型 PWM 模式、下行端口 (DFP) 模式
L_SEC	次级侧电感	3	–		μH	次级侧电感

4.3 功能模块规范

Table 5 功能模块规范

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
同步整流器						
VCPP1	$V_{BUS} = 3.3V - 5.5V$ 时倍压器的输出电压	5	–	–	V	–
VCPP2	$V_{BUS} = 5.5V - 30V$ 时倍压器的输出电压	9		11		
TR_SR	$C_L = 3\text{ nF}$ 时同步整流器栅极驱动器输出的上升时间 ($1V$ 至 $V_{OH} - 1V$) (包括处于和不处于倍增器旁路模式两种情况)	–		60	ns	
TF_SR1	$C_L = 3\text{ nF}$ 时同步整流器栅极驱动器输出的下降时间 ($V_{OH} - 1V$ 至 $1V$) (处于倍增器模式)		25	50		
TF_SR2	$C_L = 3\text{ nF}$ 时同步整流器栅极驱动器输出的下降时间 ($V_{OH} - 1V$ 至 $1V$) (处于倍增器旁路模式)		15	30		
VTRIP_NSN_100	用于开启次级开关的负值检测触发电压	50	100	150	mV	
VTRIP_ZCD	用于关闭次级开关的负值检测触发电压	-8	-5	-3		
VTRIP_ZCDF	通过快速 ZCD 关闭次级开关时所需的触发电压	0	7	10		
TD_ON	从电压为 100 mV 时的 SR_DRAIN 到 SR_GDRV 达到 $1V$ 之间的开通延迟	–	40	80	ns	
IO_SRC_SNK	输出峰值电流 (源电流和灌电流)	–	1	–	A	
TR_SR1	$C_L = 3\text{ nF}$ 时同步整流器栅极驱动器输出的上升时间 ($1V$ 至 $V_{OH} - 1V$) (处于倍增器模式)	–	–	75	ns	
TR_SR2	$C_L = 3\text{ nF}$ 时同步整流器栅极驱动器输出的上升时间 ($1V$ 至 $V_{OH} - 1V$) (处于倍增器旁路模式)	–	–	30	ns	–
PWM						
FSW	工作静态电流	20	–	300	kHz	–
PWM_ON	最短可控制开启时间	100		–	ns	
V_{OL_PTDR}	脉冲边沿变压器驱动器输出端的低电平输出电压 ($I_{Sink} = 8\text{ mA}$)	–	–	0.5	V	$V_{DD} = 3V$ 、 $I_{ol} = 8\text{ mA}$

电气规范

Table 5 功能模块规范 (续)

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
GPIO						
I _{LU}	门锁电流限制	-100	–	100	mA	–
RPU	上拉电阻值	3.5	5.6	8.5	kΩ	
RPD	下拉电阻值					
I _{IL}	输入漏电流 (绝对值)	–	–	2	nA	T _A = +25 °C、 V _{DDD} = 3 V
C _{PIN_A}	最大引脚电容			22	pF	DP、DM 引脚上的 电容
C _{PIN}						
V _{OH}	高电平输出电压	V _{DDD} – 0.6	–	–	V	I _{oh} = –4 mA
V _{OL}	低电平输出电压	–		0.6	I _{ol} = 10 mA	
V _{IH_CMOS}	高电平输入电压阈值	0.7 × V _{DDD}		–	–	
V _{IL_CMOS}	低电平输入电压阈值	–		0.3 × V _{DDD}	–	
V _{IH_TTL}	TTL 高电平输入	2		–	–	
V _{IL_TTL}	TTL 低电平输入	–		0.8	–	
V _{HYSTTL}	LVTTL 输入迟滞电压	80		–	mV	–
V _{HYSCMOS}	CMOS 输入迟滞电压	0.1 × V _{DDD}		–	–	–
IDIODE	通过保护二极管到达 V _{DDD} /V _{SS} 的电流	–		100	μA	–
T _{RISEF}	快速强驱动模式下的上升时间	1	–	15	ns	C _{LOAD} = 25 pF
T _{FALLF}	快速强驱动模式下的下降时间			15	–	
T _{RISES}	慢速强驱动模式下的上升时间	10		70		
T _{FALLS}	慢速强驱动模式下的下降时间					
F _{GPIO_OUT1}	GPIO F _{OUT} ； 2.85 V ≤ V _{DDD} ≤ 5.5 V。 快速强驱动模式。	–		28	MHz	
F _{GPIO_OUT2}	GPIO F _{OUT} ； 2.85 V ≤ V _{DDD} ≤ 5.5 V。 慢速强驱动模式。		6			
F _{GPIO_IN}	GPIO 输入工作频率； 2.85 V ≤ V _{DDD} ≤ 5.5 V。		28			

电气规范

Table 5 功能模块规范 (续)

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
Flash 宏						
FLASH_ERASE	行擦除时间	–	–	15.5	ms	–
FLASH_WRITE	行 (块) 编写时间 (擦除和编程)			20		
FLASH_DR	闪存数据保持时间	15	–	–	年	25 °C 至 55 °C、 所有 V _{DDD} 值
FLASH_ENPB	闪存写入耐久次数	100 K			周期	25 °C 至 85 °C、 所有 V _{DDD} 值
FLASH_ENPB1	闪存写入耐久次数	10 K				25 °C 至 125 °C、 所有 V _{DDD} 值
FLASH_ROW_PGM	擦除后的行编程时间	–		7	ms	–
T _{BULKERASE}	批量擦除时间 (32 KB)			35		
T _{DEVPROG}	器件总编程时间			7.5	s	
FRET1	闪存数据保持时间， T _A ≤ 55 °C， 10 万个编程 / 擦除周期	15		–	年	–
FRET2	闪存数据保持时间， T _A ≤ 85 °C， 1 万个编程 / 擦除周期	10		–	年	–
FRET3	闪存数据保持时间， T _A ≤ 105 °C， 1 万个编程 / 擦除周期	3				
SWD						
F_SWDCLK1	所有 V _{DDD} 值	–	–	14	MHz	–
T_SWDI_SETUP	T = 1/f SWDCLK	0.25 × T		–	ns	
T_SWDI_HOLD				–		
T_SWDO_VALID		–		0.50 × T		
T_SWDO_HOLD		1		–		
ILO / IMO / POR						
F _{IMO}	IMO 频率	24	36	48	MHz	–
IMO_STL	更改校准寄存器时的 IMO 建立时间	–	–	200	ns	T _A = 25 °C、 所有 V _{DDD} 值、 48 MHz ≥ FIMO ≥ 24 MHz
F _{CPU}	CPU 输入频率			48	MHz	–
F _{ILO}	ILO 频率			15	40	80

电气规范

Table 5 功能模块规范 (续)

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SR_POWER_UP	上电期间的电源上电斜率	–	–	67	V/ms	–
F _{IMOTOL}	在频率为 24 MHz 和 48 MHz 时测量频率差异 (出厂调整后)	-2		2	%	
T _{STARTIMO}	IMO 启动时间	–		7	μs	
T _{STARTILO1}	ILO 启动时间			2	ms	
EXTCLKFREQ	外部时钟输入频率			16	MHz	
EXTCLKDUTY	占空比; 在 V _{DD} /2 条件下测量得到	45		55	%	
TCLKSWITCH	系统时钟源的切换时间	3		4	周期	
V _{RISEIPOR}	上电复位 (POR) 上升触发电压	0.72		1.5	V	
V _{FALLIPOR}	POR 下降触发电压	0.62		1.4		
V _{DDD_BOD}	运行 / 睡眠模式下欠压检测 (BOD) 触发电压	2.34		3		
V _{CCD_BOD}		1.64		2		
V _{CCD_BOD_DPSLP}		1.1		2		

定时器

SYS_TIM_RES	系统定时器分辨率	–	16	–	位	–
WDT_RES	WDT 分辨率		16			

TCPWM

TCPWM _{FREQ}	工作频率	–	–	F _c	MHz	F _c max = CLK_SYS
T _{PWMEXT}	输出触发脉冲宽度	2/F _c		–	ns	上溢、下溢和 CC (计数值等于比较值) 可输出的最小宽度
T _{CRES}	计数器的分辨率	1/F _c				连续计数间的最短时间
PWM _{RES}	PWM 分辨率					PWM 输出的最小脉宽

PD 收发器

vSwing	发送器输出高电压	1.05	–	1.2	V	–
vSwing_low	发送器输出低电压	–		0.075		
zDriver	发送器输出阻抗	33		75	Ω	
Idac_std	USB 标准告示的源电流	64		96	μA	
Idac_1p5a	5 V 告示条件下 1.5 A 的源电流	166		194		
Idac_3a	5 V 告示条件下 3 A 的源电流	304		356	μA	
zOPEN	该信号被禁用时 CC 阻抗接地	108		–	kΩ	

电气规范

Table 5 功能模块规范 (续)

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
DFP_default_0p2	DFP 侧的 CC 电压 — 标准 USB	0.15	–	0.25	V	–
DFP_1.5A_0p4	DFP 侧的 CC 电压 — 1.5 A	0.35		0.5		
DFP_3A_0p8	DFP 侧的 CC 电压 — 3 A	0.75		0.85		
DFP_3A_2p6	DFP 侧的 CC 电压 — 3 A	2		2.75		
Vattach_ds	深度睡眠连接阈值	0.30		0.6	–	
Rattach_ds	深度睡眠上拉电阻	10		50	kΩ	

LSCSA 直流规范

Csa_Acc1	5 mV < Vsense < 10 mV 时的 CSA 精度	-0.75	–	0.75	mV	–
Csa_Acc2	10 mV < Vsense < 15 mV 时的 CSA 精度					
Csa_Acc3	15 mV < Vsense < 25 mV 时的 CSA 精度					
Csa_Acc4	Vsense = 50 mV 时的 CSA 精度					
SCP_6A	电流为 6 A 时的短路电流检测	5.4	6	6.6	A	–
SCP_10A	电流为 10 A 时的短路电流检测	9	10	11		
SCP_20A	电流为 20 A 时的短路电流检测	18	20	22		
OCP 阈值	电阻为 5 mΩ、电流 > 4 A 时的 OCP 触发值	117	130	143	%	
Av	受支持的额定增益值：40、60	30	–	60	V/V	

LSCSA 交流规范

T _{SCP_GATE}	从 SCP 阈值跳变到外部 NFET 电源栅极关闭的延迟时间	–	2.5	–	μs	1 nF NFET 栅极电容、V _{BUS_IN} = 28 V
T _{SCP_GATE_1}			7.5			3 nF NFET 栅极电容、V _{BUS_IN} = 28 V

UVOV

VTTHOV	电压为 4 V–30 V 时的过压阈值精度	-3	–	3	%	–
VTHUV1	电压为 3 V–4 V 时的欠压阈值精度	-4		4		
VTHUV2	电压为 4 V–30 V 时的欠压阈值精度	-3		3		

电气规范

Table 5 功能模块规范 (续)

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
VBUS 栅极驱动器直流规范						
GD_VGS	在打开状态条件下栅极与源极之间的过驱动电压	5	–	10	V	NFET 驱动器为打开状态
GD_RPD	下拉启用时的电阻	–		2	KΩ	在 VBUS_CTRL 上使用该电阻关闭外部 NFET
GD_drv	可编程的典型栅极电流	0.3		9.75	μA	栅极驱动器输出电流
VBUS 栅极驱动器交流规范						
T _{ON}	外部电容为 3 nF 时 VBUS_ctrl 从低电平到高电平 (1 V 到 VBUS + 1 V) 的时长	2	5	10	ms	V _{BUS_IN} = 5 V
T _{OFF}	外部电容为 3 nF 时 VBUS_ctrl 从高电平到低电平 (从 90% 降至 10%) 的时长	–	7.5	–	μs	VBUS_in = 28 V
VBUS 放电						
R1	DS = 1 时 V _{BUS_IN} 上的 NMOS ON 阻抗	1000	–	4000	Ω	在电压为 0.5 V 时测量得到
R2	DS = 2 时 V _{BUS_IN} 上的 NMOS ON 阻抗	500		2000		
R4	DS = 4 时 V _{BUS_IN} 上的 NMOS ON 阻抗	250		1000		
R8	DS = 8 时 V _{BUS_IN} 上的 NMOS ON 阻抗	125		500		
R16	DS = 16 时 V _{BUS_IN} 上的 NMOS ON 阻抗	62.5		250		
R32	DS = 32 时 V _{BUS_IN} 上的 NMOS ON 阻抗	31.25	–	150	–	在电压为 0.5 V 时测量得到
VBUS_Stop_Error	最终 VBUS 值与设置值的百分比差值	–		10	%	VBUS 放电至 5 V 的情况下
R1A	DS = 1 时 V _{BUS_C} 上的 NMOS ON 阻抗	1000		2000	Ω	在电压为 0.5 V 时测量得到
R127A	DS = 127 时 V _{BUS_C} 上的 NMOS ON 阻抗	6.5		38		
电压调节直流规范						
V _{OUT}	典型的 V _{BUS_IN} 输出电压范围	3.3	–	28	V	–
VR	VBUS 电压调节精度	–	±3	±5	%	
I _{ka_off}	断开状态阴极电流		2.2	10	μA	

电气规范

Table 5 功能模块规范 (续)

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
VBUS 调节器规范						
VOLTAGE_DETECT	V _{BUS_IN} 上的电压检测阈值电压	1.65	2.1	2.4	V	–
T _{START}	负载电容为 4.7 μF 时调节器电源输出的总启动时间	–	50	200	μs	
ADC 直流规范						
Resolution	ADC 分辨率	–	8	–	位	–
INL	积分非线性	-2.5	–	2.5	LSB	由 V _{DDD} 生成的参考电压
INL	积分非线性	-1.5	–	1.5		带隙生成的参考电压
VREF_ADC1	ADC 的参考电压	V _{DDDimin}	–	V _{DDDimax}	V	由 V _{DDD} 生成的参考电压
VREF_ADC2		1.96	2	2.04		带隙生成的参考电压
VCONN 开关规范						
VCONN_OUT	负载电流为 20 mA、V _{bus} = 5 V–30 V 时的 VCONN 最小输出电压	4.5	–	–	V	–
I _{LEAK}	连接器端引脚漏电流	–		10	μA	
VCONN 开关交流规范						
T _{ON}	开关打开时间	–	–	600	μs	–
T _{OFF}	开关关闭时间			10		

5 订购信息

Table 6 PAG2S-AC 订购信息

MPN	应用	封装类型	芯片 ID	芯片版本
CYPAS212A1-32LQXQ	USB PD 适配器 — 采用 ACF 的次级侧反激式控制	32-pin QFN	3B11	A1
CYPAS212A1-32LQXQT				

5.1 订购代码定义

CY	PA	S	X	XX	XX	-	XX	XX	X	X	XX	X	
													T = Tape and reel
													ES (optional field) = Pre-production engineering samples only. Non orderable.
													Temperature range: Q = Extended industrial (-40°C to +105°C)
													X = Pb-free
													Package type: LQ = QFN; S = SOIC
													Number of pins in the package
													Si Rev
													Application and feature combination designation
													Product type: 2 = Second-generation product family
													Product type: S = Secondary-side controller
													Marketing code: PA = Power adapter
													Company ID: CY = CYPRESS (an Infineon company)

封装

6 封装

Table 7 封装特性

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
T_A	工作环境温度	扩展的工业级	-40	–	105	°C
T_J	工作结温				150	
T_{JA}	用于 32-QFN 的封装 θ_{JA}	–	–	23.4	–	°C/W
T_{JB}	用于 32-QFN 的封装 θ_{JB}			4.85		
T_{JC}	用于 32-QFN 的封装 θ_{JC}			27.2		

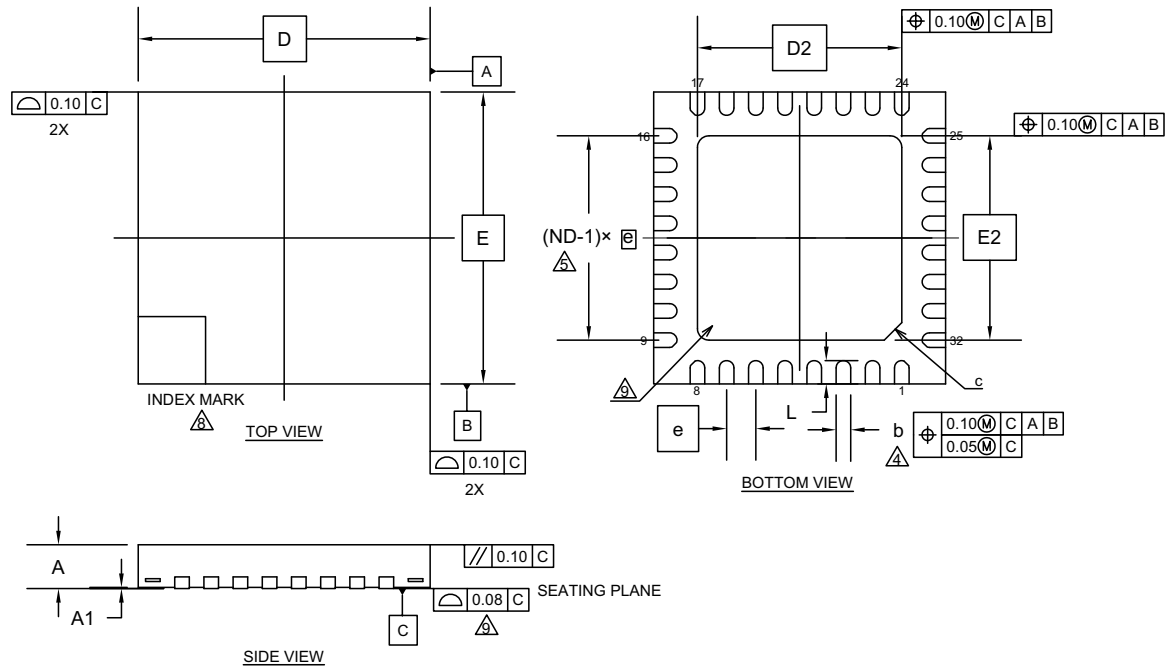
Table 8 回流焊峰值温度

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

Table 9 封装湿度敏感性等级 (MSL)，IPC/JEDEC J-STD-2

封装	MSL
32-pin QFN	MSL3

封装



SYMBOL	DIMENSIONS		
	MIN.	NOM.	MAX.
A	—	—	0.80
A1	0.00	—	0.05
D	5.00 BSC		
E	5.00 BSC		
b	0.18	0.25	0.30
D2	3.50 BSC		
E2	3.50 BSC		
e	0.50 BSC		
c	0.30 REF		
L	0.35	0.40	0.45

NOTE

- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- DIMENSIONING AND TOLERANCING CONFORMS TO ASME Y14.5-1994.
- N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
- Δ DIMENSION "b" APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.15 AND 0.30mm FROM TERMINAL TIP. IF THE TERMINAL HAS THE OPTIONAL RADIUS ON THE OTHER END OF THE TERMINAL, THE DIMENSION "b" SHOULD NOT BE MEASURED IN THAT RADIUS AREA.
- Δ ND REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON D OR E SIDE.
- MAX. PACKAGE WARPAGE IS 0.05mm.
- MAXIMUM ALLOWABLE BURRS IS 0.076mm IN ALL DIRECTIONS.
- Δ PIN #1 ID ON TOP WILL BE LOCATED WITHIN INDICATED ZONE.
- Δ BILATERAL COPLANARITY ZONE APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
- JEDEC SPECIFICATION NO. REF : N/A

002-15160 Rev. **

Figure 9 32-lead QFN ((5.0 × 5.0 × 0.8 mm) WNP032 3.5 × 3.5 mm E-Pad (Sawn)) 封装外形 (PG-VQFN-32), 002-15160

缩略语

7 缩略语

Table 10 本文档中使用的首字母缩略语

缩略语	说明
ACF	有源钳位反激式
ADC	模数转换器
Arm®	高级 RISC 机器，即为一种 CPU 架构
BOD	欠压检测
BMC	双相标记编码
CC	恒流
CCM	连续导通模式
CPU	中央处理单元
CrCM	临界导通模式
CS	电流检测
CSA	电流检测放大器
CSN	电流检测负值
CSP	电流检测正值
DCM	非连续导通模式
DFP	下行端口
DM	数据减
DP	数据加
DS	驱动强度
EA	误差放大器
EMI	电磁干扰
EPR	扩展功率范围
ESD	静电放电
ESD-HBM	人体静电放电模型
FB	反馈
FS	全速
GPIO	通用输入 / 输出
ILO	内部低速振荡器，另请参见 IMO
IMO	内部主振荡器，另请参见 ILO
I/O	输入 / 输出，另请参见 GPIO
LDO	低压差调节器
LSSCSA	低侧电流检测放大器
LVTTTL	低电压晶体管 — 晶体管逻辑
NFET	N 通道场效应晶体管
NMOS	N 型金属氧化物半导体
OCP	过流保护
OVP	过压保护

缩略语

Table 10 本文档中使用的首字母缩略语（续）

缩略语	说明
OTP	过温保护
PD	功率传输
PHY	物理层
POR	上电复位
PPS	可编程电源
PSM	脉冲跳跃模式
PWM	脉宽调制器
RAM	随机存取存储器
RISC	精简指令集计算
RMS	均方根
RX	接收
SAR	逐次逼近寄存器
SCL	I ² C 串行时钟
SCP	短路保护
SDA	I ² C 串行数据
SPI	串行外设接口，即为一种通信协议
SR	同步整流器
SRAM	静态随机访问存储器
SWD	串行线调试，即为一种测试协议
SWDCLK	串行线调试时钟
TCPWM	定时器 / 计数器 / PWM
TX	发送
Type-C	USB 连接器更细长，并且线缆可反向使用的新标准，能够提供 100 W 的电源
USB	通用串行总线
USB PD	USB 功率传输
WDT	看门狗定时器
XRES	外部复位 I/O 引脚
ZCD	过零检测

8 文档规范

8.1 测量单位

Table 11 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
Mbps	兆比特每秒
MHz	兆赫
MΩ	兆欧姆
Msps	每秒采样百万次
μA	微安
μF	微法
μs	微秒
μV	微伏
μW	微瓦
mA	毫安
ms	毫秒
mV	毫伏
nA	纳安
ns	纳秒
Ω	欧姆
pF	皮法
ppm	百万分比
ps	皮秒
s	秒
sps	每秒采样数
V	伏特



修订记录

修订记录

文档版本	日期	变更说明
**	2023-11-30	翻译自 : 002-37370 Rev. *B。

Trademarks

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

Edition 2023-11-30
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2023 Infineon Technologies AG.
All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?

Email:
erratum@infineon.com

Document reference
002-39079 Rev. **

重要提示

本文档所提供的任何信息**绝不当**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当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。