

36V, 6A 双路高性能 CV/CC 快充同步降压稳压器

概述

AP2968 是一款高效率带 CC/CV 功能的同步降压芯片，在 4.5V ~ 36V 宽输入范围内可提供 6A 输出电流。AP2968 既可以 CV（恒压）输出也可以 CC（恒流）输出。带有 CV/CC 模式，限流和输出电压可调。配合协议芯片和快充应用电路后，AP2968 特别适应于 USB PD 和 QC 4.0 (9V/3A 和 5V/5.6A) 的应用。

从便携式设备过流到输出电压下降到 2.65V 以下的软短路保护之前，AP2968 能够工作于 CC 模式。

自动放电电路可快速可靠的将输出电容放电，避免过压发生故障，以确保 USB PD 和 QC 4.0 应用安全工作。打嗝模式输出欠压保护可以将输入平均电流减少至 50mA。输出线电压补偿和低压降工作的特点更适用于汽车充电器。AP2968 采用较强散热的 QFN 5mm×5mm 封装。

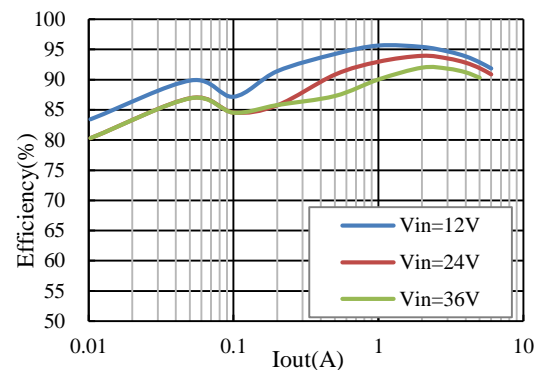
应用

- 汽车充电器
- 便携式充电设备
- CC / CV 控制DC/DC转换器

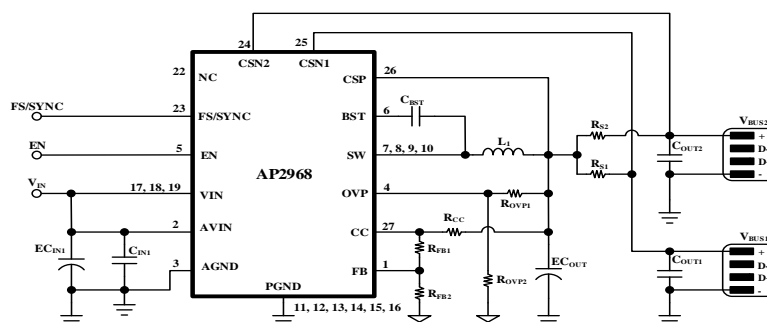
特性

- 宽输入电压范围 4.5V ~ 36V
- 内置 15mΩ FETs, 6A 转换器
- 带有 CC 调节功能，可在过流起始的 1ms 内提供 170% 的 CC 恒流供应能力
- 高达 95% 效率
- 100 kHz - 375 kHz 可调开关频率（前提是满足 $T_{on} > 800ns$ ）
- 内置软启动电路
- 可调输出线电压补偿
- 输入过压保护
- 独立双路可调恒流限制
- 外部频率同步功能 (可选)
- 使能功能
- 可调输出过压保护
- 输出自动放电
- 逐周期峰值电流限制
- 软短路电压 $\leq 2.65V$ 进入打嗝模式输出UVP
- 较强散热QFN 5 mm×5 mm封装

典型应用效率



原理图



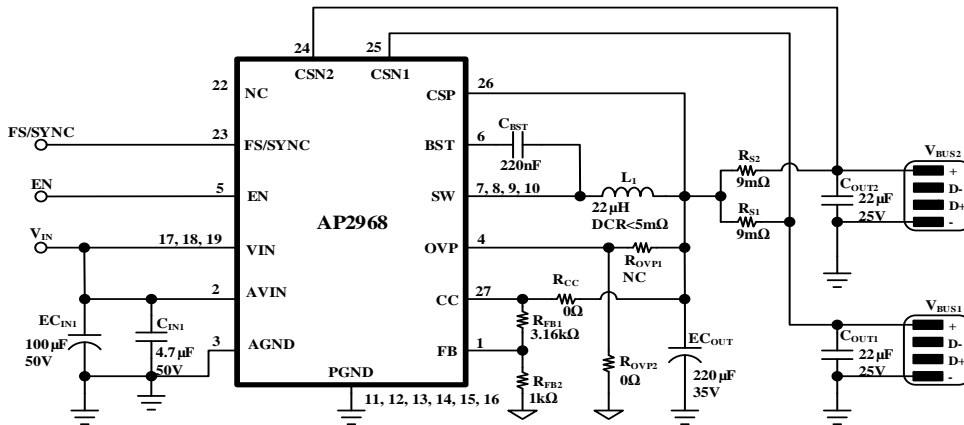


图 1. 无线压补偿、屏蔽 OVP 功能的应用电路图

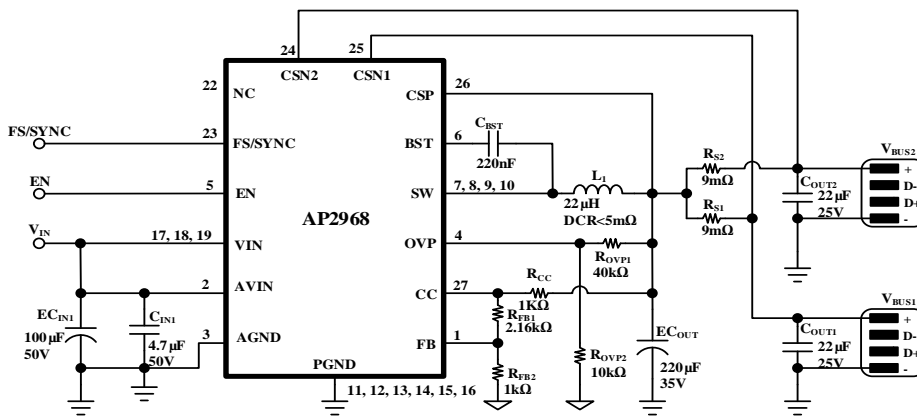


图 2. 有线压补偿、带 OVP 功能的应用电路图

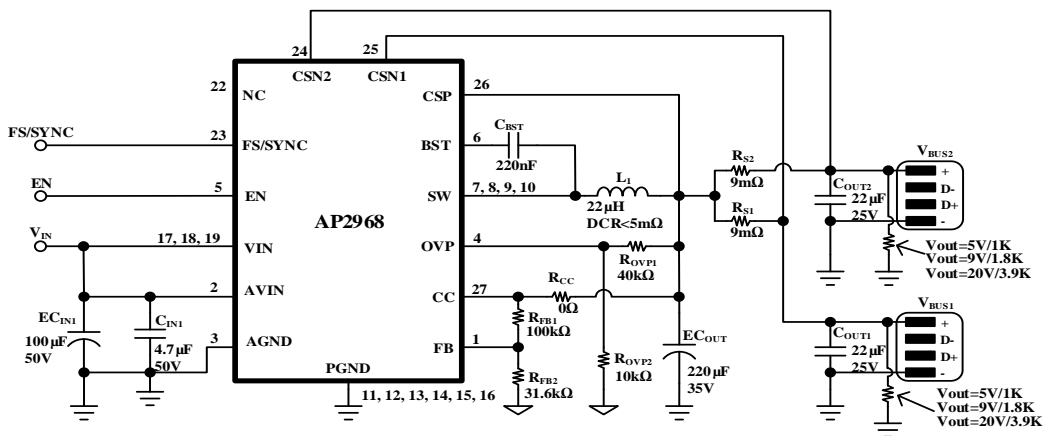


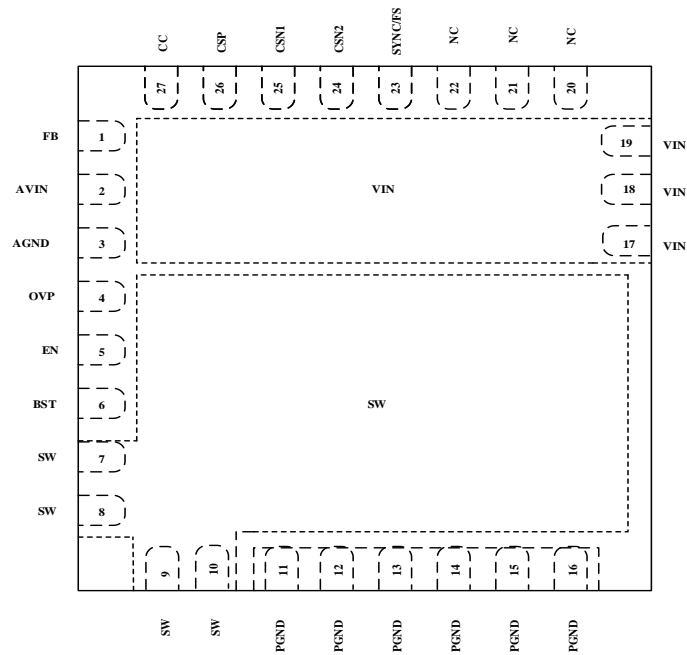
图 3. USB PD 应用电路

订货信息

订购代码	顶层标记	封装
AP2968QF-A1	AP AP2968 YWWXXXXX ⁽¹⁾	QFN5×5-27L

(1). Y= 年代码, WW=周代码, XXXXX=内部代码

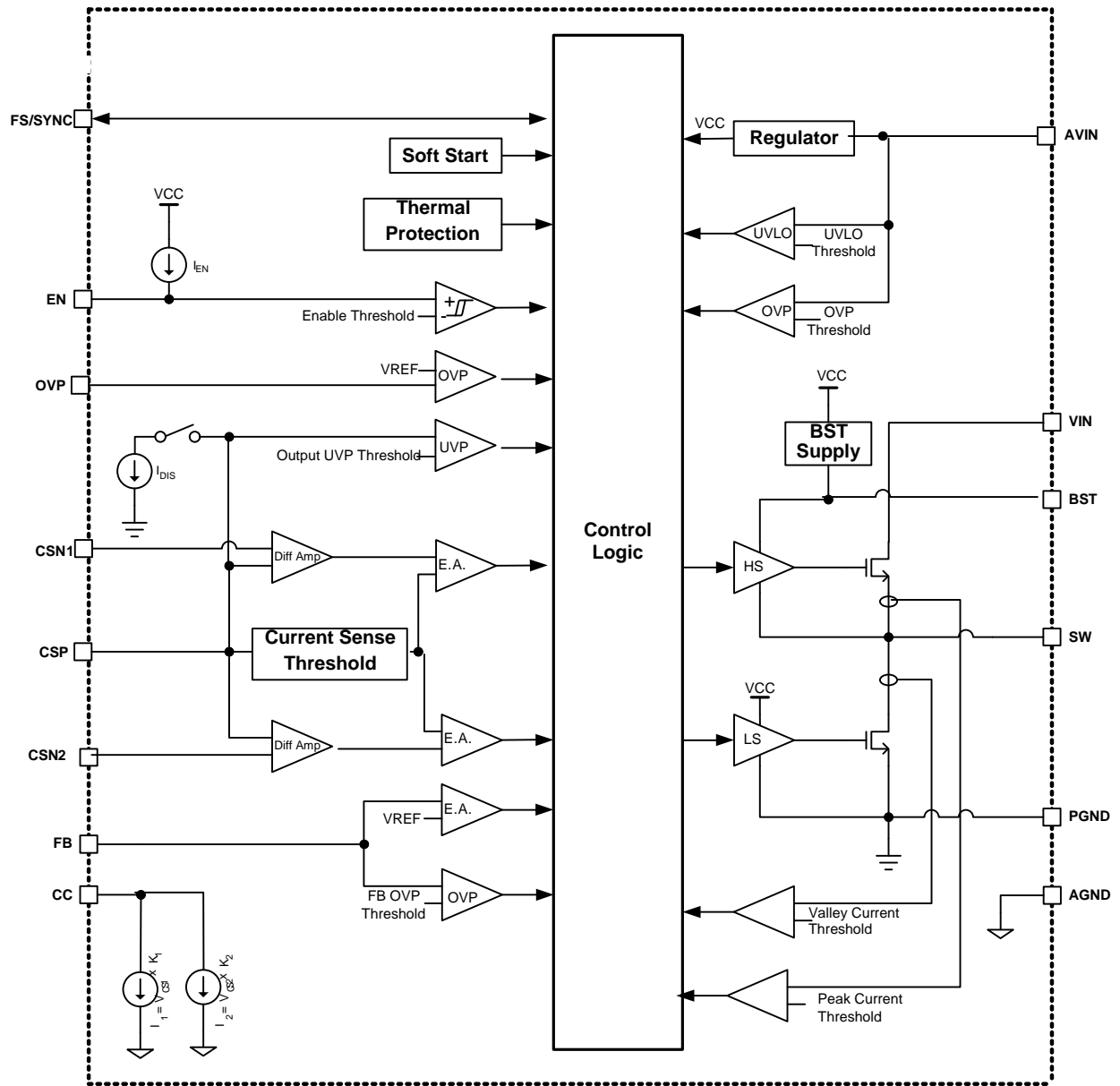
引脚配置



引脚描述

引脚序号	引脚名称	引脚功能
1	FB	转换器反馈输入。通过电阻器连接到输出反馈电阻分压器的中心点，以编程输出电压。
2	AVIN	逻辑输入电压。用最短的距离在 AVIN 和 AGND 之间连接一个 100nF 去耦电容。
3	AGND	输出反馈电阻回路的逻辑地引脚。
4	OVP	过压保护引脚。通过一个电阻编程输出过压保护值。
5	EN	使能控制。高有效，内部默认拉高。 不使用EN功能时悬空此引脚。
6	BST	自举引脚。提供上管 NFET 栅极驱动。在 BST 和 SW 之间连接一个 100nF 电容。
7, 8, 9, 10	SW	上管 NFET 和下管 NFET 之间的开关节点。连接此引脚到电感的开关节点。
11, 12, 13, 14, 15, 16	PGND	功率地引脚。功率返回引脚，和下管 NFET 连接。
17, 18, 19	VIN	输入电压。在 VIN 和 GND 之间用最短距离连接一个去耦电容。
20, 21, 22	NC	无连接。
23	FS/SYNC	双功能引脚。将此引脚连接一个电阻，以编程开关频率。悬空时，默认开关频率为 110kHz。
24	CSN2	电流限制反馈引脚负端。推荐从此引脚到检测电阻用开尔文接法。
25	CSN1	电流限制反馈引脚负端。推荐从此引脚到检测电阻用开尔文接法。
26	CSP	电流限制反馈引脚正端。推荐从此引脚到检测电阻用开尔文接法。
27	CC	线补引脚。连接一个电阻到输出来调节线补增益。在双路输出的应用中，由电流大的那一路输出电流决定线补电压。如果不需要线补功能，直接连接此引脚到输出端，以检测输出电压。

功能框图



绝对最大额定值⁽¹⁾

V _{IN} , A _{VIN}	-0.3V ~ 42V	封装热阻
SW.....	-0.3V ~ (V _{IN} + 0.2V) ≤ 42V	Θ _{JA} ⁽³⁾
BST to SW.....	-0.3V ~ 6V	23.6 °C/W
CC, CSP, CSN1, CSN2.....	-0.3V ~ 30V	最小工作温度 T _J
FB, OVP.....	-0.3V ~ 6V	-40 °C
EN, FS/SYNC IN, SYNC OUT.....	-0.3V ~ 6V	最大工作温度 T _J
ESD 等级 (人体模式).....	> ±2kV ⁽²⁾	内部限制
		储存温度.....
		-55 °C ~ 150 °C
		引脚温度 (焊接 10s.).....
		260°C

(1). 所有电压都是指对GND引脚的电压，除非另有说明；超过这些额定值可能会损坏器件。

(2). 测试等级Class 3A按 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2017。

(3). 100 mm², 1oz 单面铺铜 PCB板测试值。

电气特性⁽¹⁾

(V_{IN}=12 V, T_A=25°C, 除非另有说明。)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压						
输入电压	V _{IN}		4.5		36.0	V
输入 UVLO & OVP						
输入 UVLO 阈值	V _{UVLO}	V _{IN} Rising	4.0	4.2	4.4	V
输入 UVLO 迟滞	V _{UVLOHYS}	V _{IN} Falling		70		mV
输入 OVP 阈值	V _{IN_OVP}	V _{IN} Rising		42		V
输入 OVP 迟滞	V _{IN_OVPHYS}	V _{IN} Falling		0.25		V
输入电流						
静态电流(无开关)	I _Q	V _{FB} =1.5V		350		μA
关断电流	I _{SHDN}	V _{EN} =0	5	30	50	μA
输出电压						
输出电压范围	V _{OUT}		3.0		28.0	V
反馈电压阈值	V _{FB_TH}		1.198	1.210	1.222	V
反馈电流	I _{FB}			10	50	nA
输出 OVP 阈值	V _{OUT_OVP}	V _{OUT} Rising	1.188	1.210	1.232	V
输出 OVP 迟滞	V _{OUT_HYS}	V _{OUT} Falling		50		mV
反馈 OVP 阈值	V _{FB_OVP}	V _{FB} Rising, % of V _{FB_TH}		116		%
反馈 OVP 迟滞	V _{FB_HYS}	V _{FB} Falling, % of V _{FB_TH}		5		%
输出 UVP 阈值	V _{UVP}	V _{OUT} Falling	2.55	2.65	2.75	V
输出 UVP 迟滞	V _{UVP_HYS}	V _{OUT} Rising		0.14		V
UVP 打嗝间隔 ⁽²⁾	T _{UVP}			0.8		s

电气特性⁽¹⁾ (续)(V_{IN}=12V, T_A=25°C, 除非另有说明。)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
线补电压	V _{CCOMP}	R _{CC} =4.7kΩ, I _{LOAD1} =5A, R _{S1} =11mΩ, V _{CS2} =0		185		mV
		R _{CC} =4.7kΩ, I _{LOAD1} =2.4A, R _{S1} =22mΩ, V _{CS2} =0		178		mV
		R _{CC} =4.7kΩ, I _{LOAD2} =2.4A, R _{S2} =22mΩ, V _{CS1} =0		178		mV
自动放电阈值	V _{TH_DIS}	% of V _{FB_TH}		110		%
自动放电电流	I _{DIS}	F _{SW} =110kHz		50		mA
振荡器						
开关频率	F _{SW}	I _{LOAD} =1A, FS_SYNC IN =Floating	100	110	120	kHz
最大占空比 ⁽²⁾	D _{MAX}	F _{SW} =110kHz		95		%
MOSFET						
上管 MOSFET 导通电阻 ⁽³⁾	R _{DS(ON)H}			15	21	mΩ
下管 MOSFET 导通电阻 ⁽³⁾	R _{DS(ON)L}			15	21	mΩ
上管 MOSFET 漏电流	I _{LEAK_H}	V _{SW} =0V			10	μA
下管 MOSFET 漏电流	I _{LEAK_L}	V _{SW} =V _{IN}			10	μA
电流限制						
上管 MOSFET 峰值限流	I _{LIM_HS}			14		A
下管 MOSFET 谷值限流	I _{LIM_LS}			13		A
通道 1 电流检测阈值	V _{CS1}	V _{OUT} =5V	58.0	60.0	62.0	mV
通道 2 电流检测阈值	V _{CS2}	V _{OUT} =5V	58.0	60.0	62.0	mV
通道 1 恒定限流阈值	I _{CS1}	R _{S1} =22mΩ, V _{OUT} =5V	2.636	2.727	2.818	A
		R _{S1} =11mΩ, V _{OUT} =5V	5.273	5.455	5.636	A
通道 2 恒定限流阈值	I _{CS2}	R _{S2} =22mΩ, V _{OUT} =5V	2.636	2.727	2.818	A
使能输入						
高电压阈值	V _{EN_H}	V _{EN} Rising	1.0			V
低电压阈值	V _{EN_L}	V _{EN} Falling			0.4	V

电气特性⁽¹⁾ (续)(V_{IN}=12V, T_A=25°C, 除非另有说明。)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
内部上拉电流	I _{EN}	V _{EN} =0			4	μA
软启动						
软启动时间	T _{SS}			2.5		ms
热关断						
热关断阈值 ⁽²⁾	T _{SDN}			175		°C
热关断迟滞 ⁽²⁾	T _{SDNHYS}			60		°C

- (1). 此温度范围外的规格由设计以及电路特性保证。
(2). 设计及电路特征保证。
(3). 包括引线寄生电阻。

功能描述

工作说明

AP2968 是一款高效率带CC/CV功能的同步降压芯片，在6V ~ 36V 宽输入范围内可提供6A 输出电流，它是双路输出，平均每路可以带载3A。输出电压和CC限流可分别通过 FB, CSP 和 CSN编程得到。从便携式设备过流到输出电压下降到50% 以下的软短路保护之前，AP2968能够工作于CC模式。

随着斜坡补偿电流模式PWM控制，提供的开关和周期电流限制，获得优异的负载和线性响应并保护内部开关。正常工作期间，内部主开关打开一段时间，电感电流在内部振荡器的每个上升沿上升，当峰值电感电流采样电压高于误差电压，主开关关闭。电流比较器限制峰值电感电流。一旦主开关关闭，同步整流管立即开启并维持直到电感电流衰减到零，此状态由过零电流比较器标志给控制电路，然后开始下一个周期。

输出压降补偿

在充电器应用中，大电流充电过程，要注意输出线电压压降。在某些情况下，如果使用高阻输出线，过多的线电压压降甚至会延长充电时间。AP2968集成线补功能。当输出电流增加，CC引脚吸收电流进入IC，通过电阻RCC增加压降，以增加输出电压。CC引脚吸收电流与CSP和CSN引脚电压成正比。因此，线补功能可以通过负载增加输出电压。这个CSP引脚测得的电压增量为线补(VCCOMP)。RCC的取值决定线补增益。根据后面给出的检测电阻RS压降，RCC的值可以用公式1计算。

$$R_{cc} = \frac{V_{ccomp}}{(I_{OUT} \times R_S - V_{OS})K} \quad (1)$$

R_{cc}: CC引脚与电感节点之间的电阻

V_{ccomp}: CSP引脚测量的线补（空载与带载CSP值压差）

I_{out}: 输出电流

V_{os}: 内部偏置电压，约3mV

K: 常数，400u

R_s: 检测电阻值

可编程的 CV / CC 模式控制

AP2968有CC/CV功能特性。它工作在CC或CV模式。CC和CV限制可分别通过FB,CSP和CSN编程。具有可编程输出电压和恒流限制。该芯片特别适用于QC 4.0 Type、车充、便携式设备的应用。

CC模式提供精确的电流限制功能，可通过检测电阻RS编程。输出电流逐渐增加直至达到检测电阻设定的CC限流值。在这一点开始，AP2968将通过调整输出电压来调整输出电流，随着负载增加，输出电压会下降。AP2968可在输出电压5 V时提供高达6 A电流。一般情况下，5.6A输出电流足够充电应用。既然如此，CC限流必须设置在一个略高于5.6A的10%的水平，选择18mΩ 检测电阻可以确保每路2.8A持续输出电流。CC限流自适应于不同输出电压，特别适用于QC 3.0/4.0的应用。

输出反馈与输出电压

反馈电压基准为1V，输出电压可通过电阻RCC, R1和R2编程。RCC和R1一起形成上反馈电阻，R2为下反馈电阻。无负载时，输出电压通过公式2计算。

$$V_{out} = \left(\frac{R_{cc} + R_1 + R_2}{R_2} \right) V_{fb} \quad (2)$$

V_{OUT}, 空载时输出电压。

R_{cc}, CC引脚和电感节点之间的电阻值。

R₁, CC和FB引脚之间的电阻值。

R₂, FB和GND之间的电阻值。

逐周期峰值电流限制

峰值电流限制可防止AP2968从电感或输入端拉出过大电流。过大电流可能发生短路或使电感饱和。如果电感电流达到峰值电流阈值，上管MOSFET关闭，下管MOSFET开启，以使电感电流斜坡下降。

输出自动放电

AP2968 专为 USB 接口 IC(QC 3.0/4.0) 工作而设计。对于输出电压变化的应用，AP2968 集成输出自动放电路径，一旦 FB 引脚电压高于反馈阈值的 113%，将以 50mA 典型值对输出电容放电。此功能在高压充电方案中很重要。

例如，输出电容被 AP2968 充电到高电压（由快充便携设备与快充接口芯片通讯后设置），如果在便携设备拔出后没有较强的放电路径，电容要花很长时间去放电。也就是说，当断开 QC 3.0/4.0 设备后立刻连上传统的 5V 便携设备时就有机会损坏 5V 设备。

输入欠压锁定(UVLO)

输入 UVLO 电路阻止转换器开启工作直至输入电压达到典型阈值 4.2V。

输入过压保护(OVP)

输入过压保护时为了防止芯片在超过指定输入电压范围时被损坏。一旦输入电压超过 OVP 阈值，典型 42V，AP2968 停止开关以防止 SW 引脚尖峰电压损坏芯片。直至输入电压下降到低于输入 OVP 约 250mV 迟滞时回到正常工作。

反馈端过压保护(OVP)

反馈端过压保护功能通过检测 FB 引脚(VFB) 电压来实现。一旦 VFB 上升超过反馈电压阈值的 113%，FB OVP 将立即被触发并停止开关。直到 VFB 下降到 FB OVP 迟滞（2%）以下，OVP 条件被移除。此功能防止芯片和输出电容被输出端高压损坏。

打嗝模式输出欠压保护(UVP)

芯片有一个 CSP UVP 阈值。如果达到这个阈值，打嗝模式输出 UVP 被触发，转换器被禁用并间隔大概 0.8s 后重新软启动。AP2968 重复这个模式直到欠压条件被移除。此功能防止系统由于便携式设备的硬短路和过流软短路引起损坏。

软启动

AP2968 实现软启动功能以减少启动时的浪涌电流。一旦输入电压上升到 UVLO 阈值 4.2V 以上，软启动开始。软启动时间典型值 2.5ms。

热关断

热关断功能防止由于过热和功耗引起芯片损坏。通常情况下，热关断发生在结温 175 °C 时。当热关断触发，芯片停止开关，直至结温下降到热关断迟滞以下，芯片又开始开关。

布局建议

在布局PCB时，应考虑以下建议以确保AP2968正常工作。这些建议在图4和图5中显示。

1. 功率路径包括GND，SW和VIN，应该尽可能的短，直和宽。
2. FB引脚应直接和输出反馈分压电阻中心点连接。
3. 分压电阻必须直接和输出电容，GND引脚连接。
4. 输入电容必须靠近VIN和GND引脚，并尽可能直接连接到输入电源和地。这个电容给内部功率MOSFET 提供AC电流。

5. 输出多层陶瓷电容和功率电感之间的功率路径应尽可能短，电容的另一端应直接和大面积地连接以减少噪声。
6. 保持开关节点SW，远离敏感的FB节点。
7. 保持输入电容和输出电容的负端尽可能靠近。
8. 用开尔文接法从检测电阻Rs到CSP和CSN直接连接，以实现精确的CC限流。
9. GND使用大面积铺铜和散热过孔以获得最佳散热和噪声抑制。

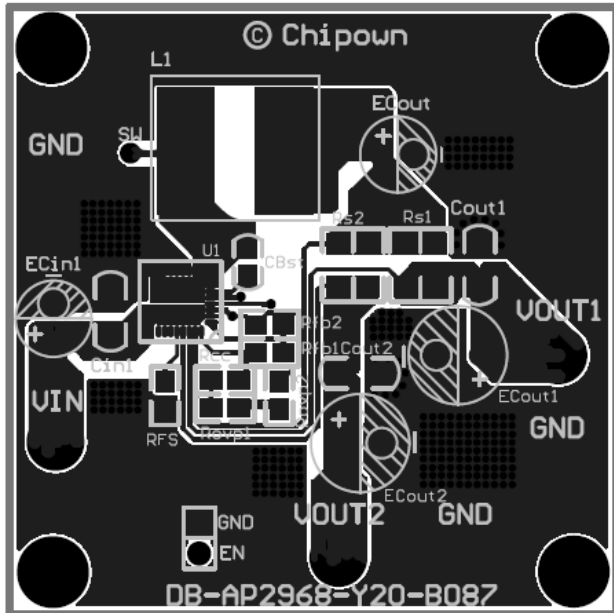


图4. 顶层

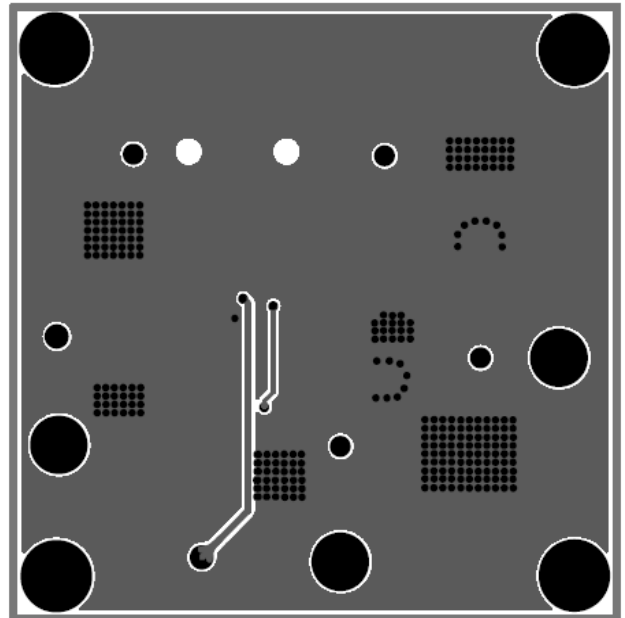


图5. 底层

典型性能特征

所有波形测试条件为 $V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=5V$, 配置见手册中双路输出典型应用电路所示。 $T_A=25^\circ C$, 除非另有说明。

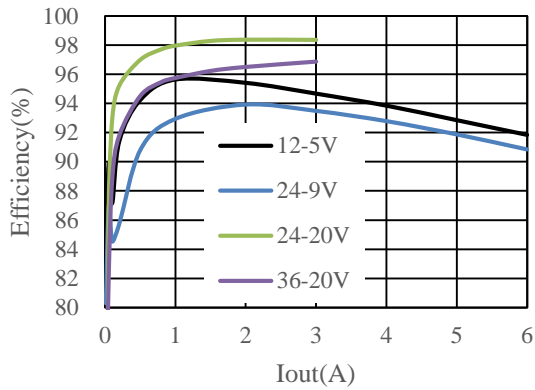


图 6. 效率 vs. 负载电流,

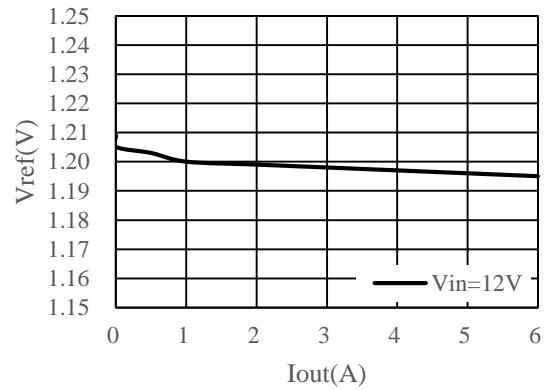


图 7. 参考电压 vs. 负载电流

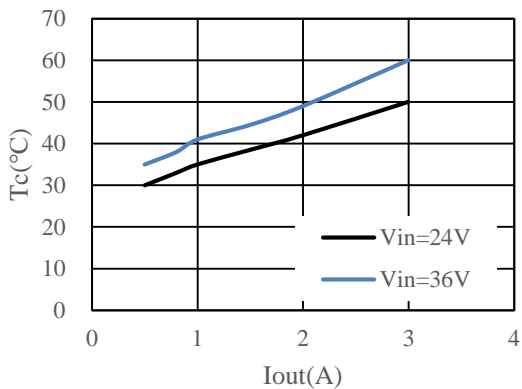


图 8. 负载 vs. 壳温, $V_{OUT} = 20V$

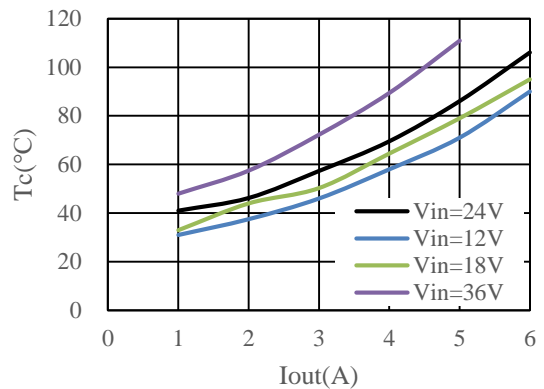


图 9. 负载 vs. 壳温, $V_{OUT} = 5V$

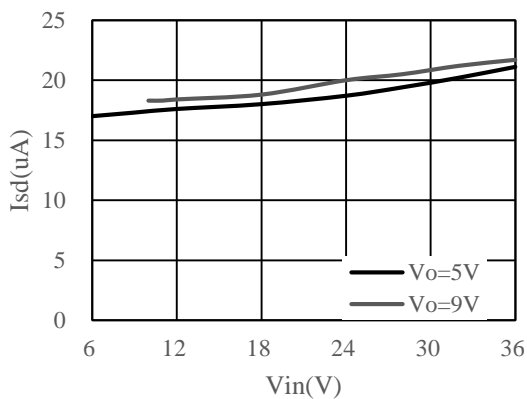


图 10. 输入电压 vs. 关断电流

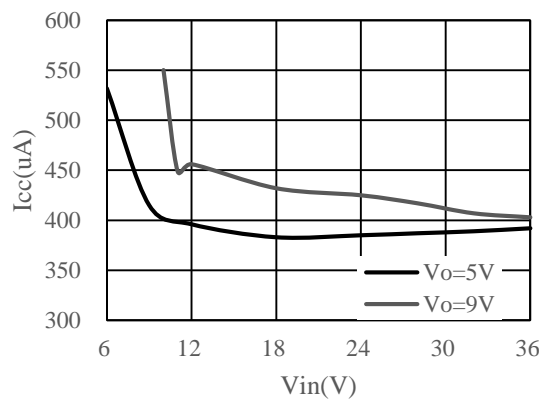


图 11. 输入电压 vs. 空载电流

典型性能特征

所有波形测试条件为 $V_{IN}=12V$, $V_{OUT}=5V$, 配置见手册中双路输出典型应用电路所示。 $T_A=25^\circ C$, 除非另有说明。

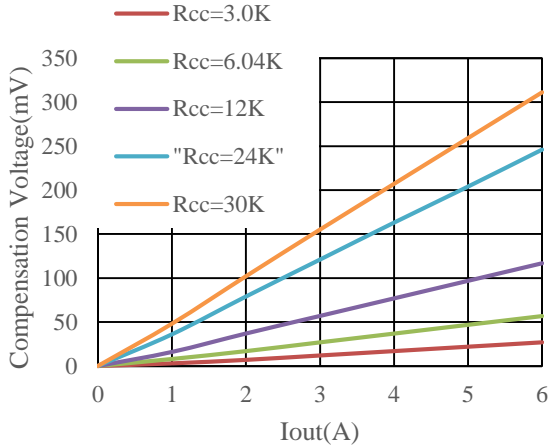


图 12. 线补电压 vs. 负载电流

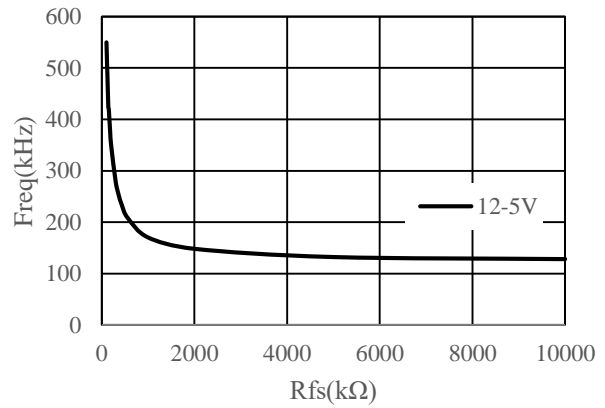


图 13. 调频电阻 vs. 开关频率

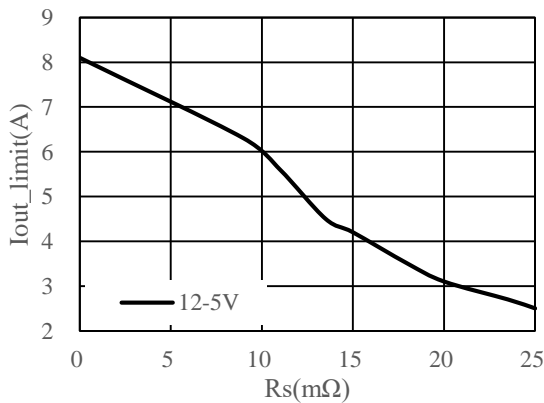


图 14. 检测电阻 vs. 输出限流, $V_{OUT} = 5 V$

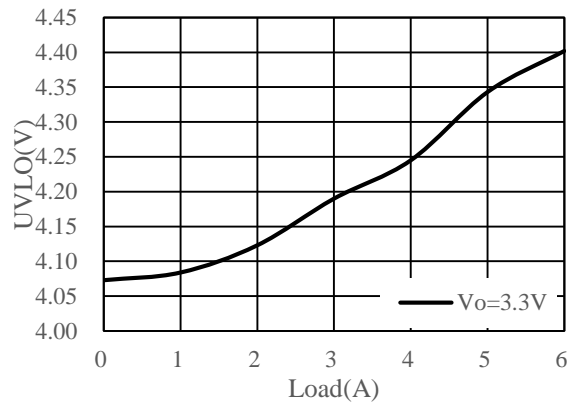


图 15. 输出带载 vs. 输入开启电压, $V_{OUT} = 3.3V$

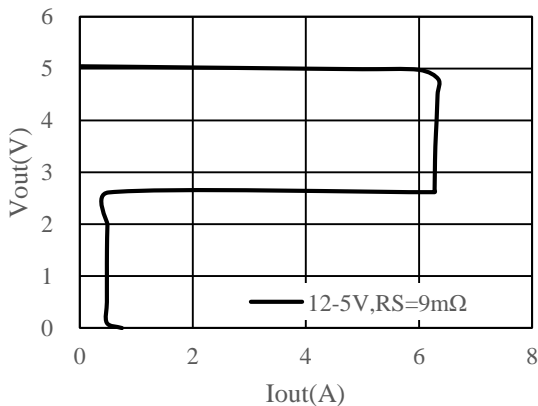


图 16. CC/CV 曲线, $R_s=9m\Omega$

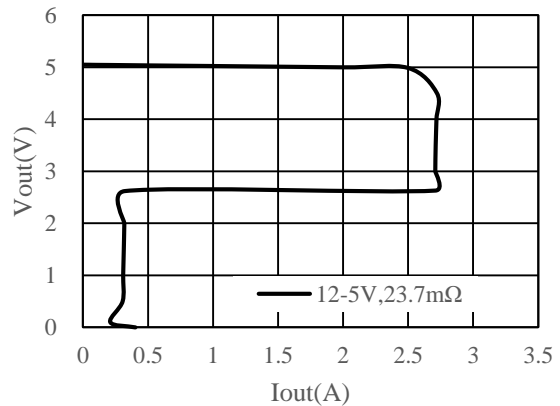


图 17. CC/CV 曲线, $R_s=23.7m\Omega$

典型性能特征

所有波形测试条件为 $V_{IN}=12V$ ， $V_{OUT}=5V$ ，配置见手册中双路输出典型应用电路所示。 $T_A=25^\circ C$ ，除非另有说明。

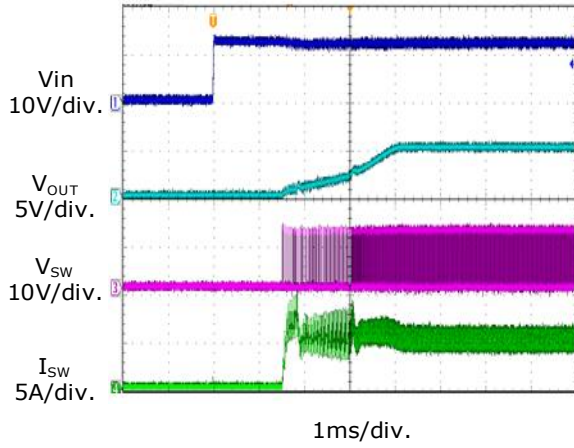


图 18. 输入启动波形, Load=5A

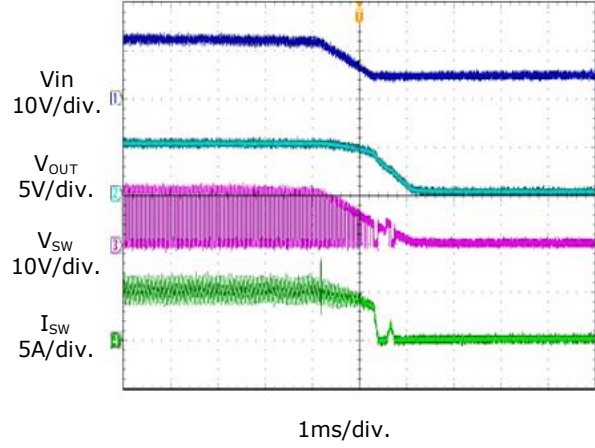


图 19. 输入关断波形, Load=5A

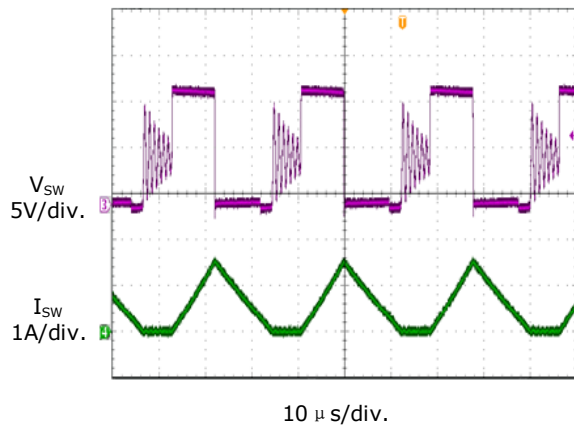


图 20. 间歇工作模式, Load=0.1A

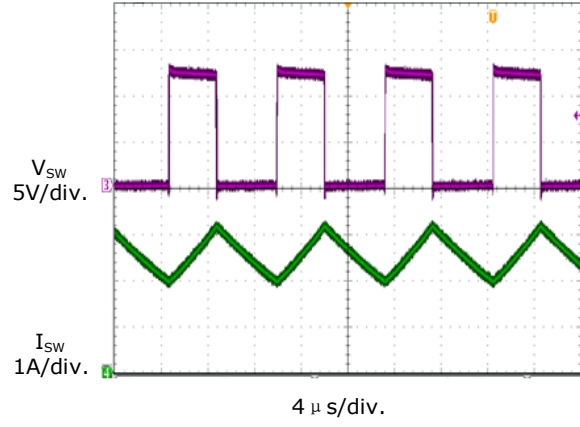


图 21. 连续工作模式, Load=5A

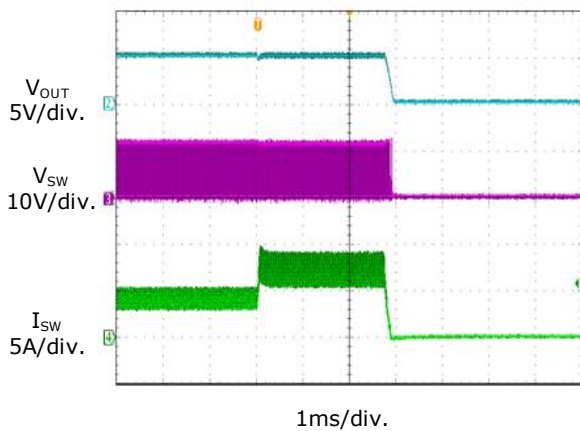


图 22. 过流保护

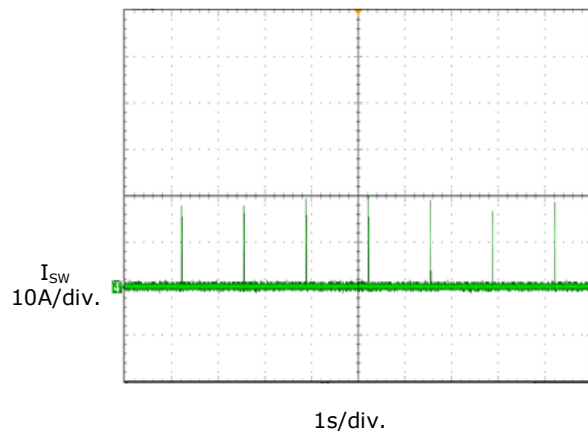
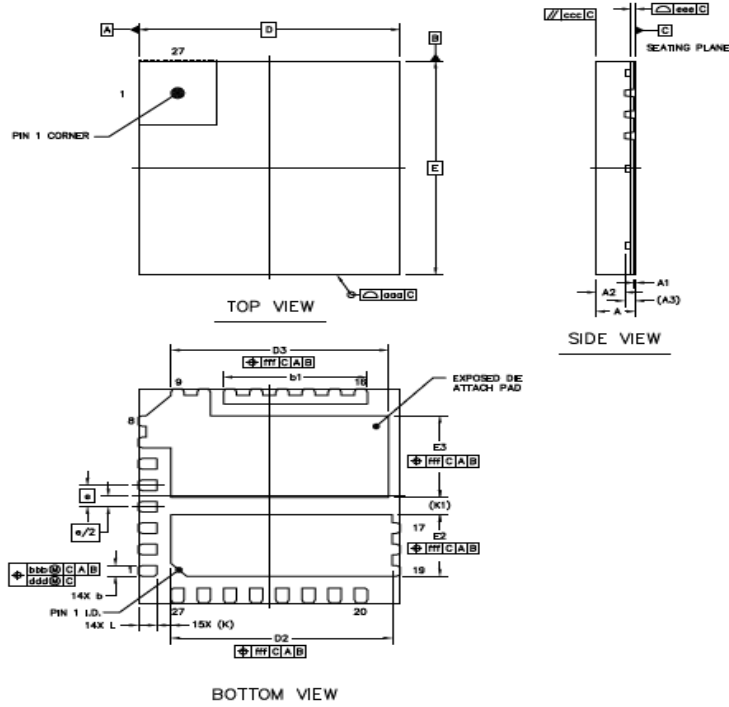


图 23. 持续短路保护

封装信息

封装外形尺寸



尺寸 符号	最小值(mm)	典型值(mm)	最大值(mm)
A	0.7	0.75	0.8
A1	0	0.02	0.05
A2	---	0.55	---
A3	0.203		
b	0.2	0.25	0.3
b1	2.7	2.75	2.8
D	5 BSC		
E	5 BSC		
e	0.5 BSC		
D2	4.125	4.225	4.325
E2	1.34	1.44	1.54
D3	4.05	4.15	4.25
E3	1.81	1.91	2.01
L	0.25	0.35	0.45
K	---	0.275	---
K1	---	0.4	---

备注:

1. 此制图可以不经通知进行调整;
2. 器件本体尺寸不含模具飞边;
3. 本封装符合 JEDEC MS, variation。

重要声明

芯朋微电子股份有限公司保留更改规格的权利，恕不另行通知。芯朋微电子股份有限公司对任何将其产品用于特殊目的的行为不承担任何责任，芯朋微电子股份有限公司没有为用于特定目的产品提供使用和应用支持的义务。芯朋微电子股份有限公司不会转让其专利许可以及任何其他的相关许可权利。