

### 概述

SA3546是一款集成功率MOSFET的高性能准谐振原边反馈控制器，应用于离线式小功率AC/DC开关电源，为低成本开关电源系统提供高性价比的解决方案，可提供高精度的CC/CV控制，适用于充电器、适配器和内置电源等应用。在恒压CV模式，采用准谐振与多模式技术提高效率并消除音频噪音，使得系统满足6级能效标准，可调输出线补偿功能使系统获得更好的负载调整率；在恒流CC模式，输出电流和功率可以通过CS电阻进行调节。

SA3546具有多种保护功能以应对系统的各种异常状态。主要包括：逐周期限流保护、VDD欠压/过压保护、输出短路/过压保护和过温保护等。系统发生异常时，芯片将被保护，直到系统恢复正常状态。

SA3546提供SOP-7L封装。

### 应用

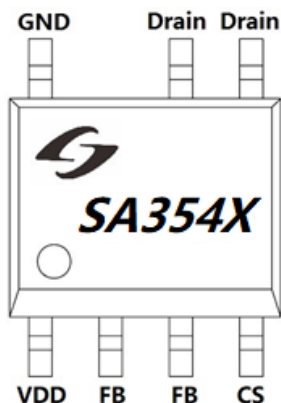
- 移动设备充电器
- 手机充电器
- 小功率电源适配器
- LED驱动
- 消费类的备用电源

### 特点

- 内置600V/650V高压功率MOSFET
- 高效率的准谐振原边反馈调节(QR-PSR)控制
- 音频噪声去除功能
- $\pm 4\%$ 的CC和CV调整率
- 优化的动态响应
- 低待机功耗 < 75mW
- CV模式下的可编程线缆压降补偿(CDC)
- 内置线电压和负载恒流补偿
- 脉冲前沿消隐(LEB)
- 保护功能：
  - 负载短路保护(SLP)
  - 逐周期电流限制
  - FB管脚开路/短路保护
  - VDD过压/欠压/钳位保护
  - 过热保护(OTP)
- SOP-7L封装

### 管脚定义

管脚序号	管脚名称	管脚描述
1	VDD	芯片电源输入
2, 3	FB	系统反馈管脚，根据辅助绕组的反激电源，在CC模式或CV模式下调节输出电压和输出电流
4	CS	电流检测输入端
5, 6	Drain	内置功率MOSFET的Drain端
7	GND	芯片地

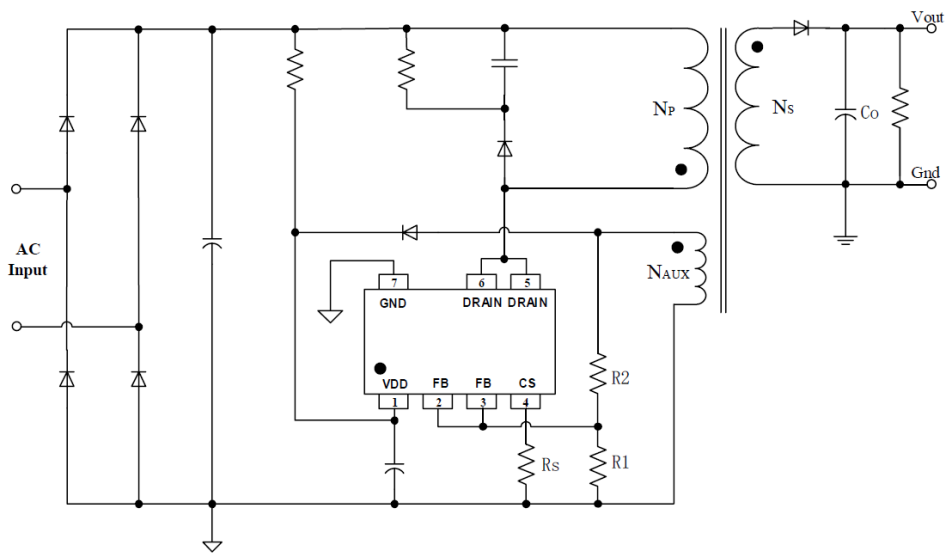


# SA3546

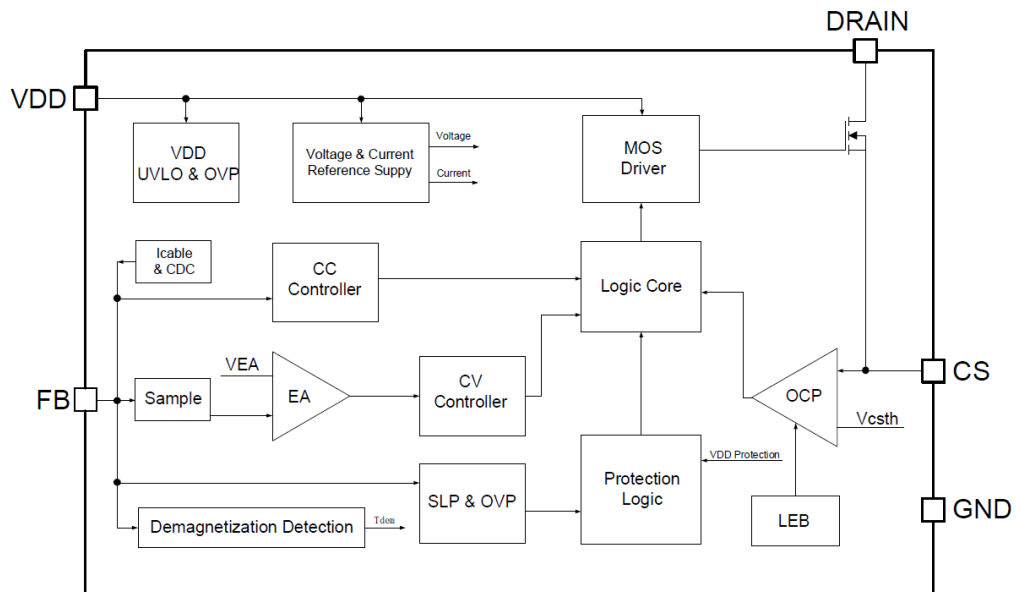
## 产品信息

产品型号	封装形式	功率管	最大输出功率（全电压）
SA3546V	SOP-7L	600V VDMOS	15W
SA3546HV	SOP-7L	650V VDMOS	15W
SA3546S	SOP-7L	600V SJ-MOS	18W
SA3546HS	SOP-7L	650V SJ-MOS	18W

## 典型应用电



## 内部框图



## 极限电气参数

参数	符号	范围	单位
VDD 电压	VDD	-0.3 到 VDD clamp	V
VDD 钳位电流	$I_{clamp}$	10	mA
CS 输入	CS	-0.3 到 7	V
FB 输入	FB	-0.3 到 7	V
最大工作结温	$T_{jmax}$	150	°C
存储温度	$T_{sto}$	-55 到 150	°C
焊接温度(Soldering,10secs)	$T_{lea}$	260	°C
ESD(HBM)	ESD	3	KV

## 额定工作条件

参数	符号	范围	单位
VDD 电压	VDD	10 到 24	V
工作环境温度	T	-40 到 85	°C

注释：超过极限电器参数可能损毁器件；超过额定工作条件范围的芯片功能特性不能保证；长时间工作于最大额定条件下可能会影响器件的稳定性。

## 电气参数

(除特殊说明外，以下参数均在  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=20\text{V}$  条件下测试)

符号	项目	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压 (VDD 管脚)						
$I_{VDD\_st}$	启动电流			3	20	uA
$I_{VDD\_Op}$	工作电流			0.8	1.5	mA
$I_{VDD\_standby}$	待机电流			0.5	1	mA
$V_{DD\_ON}$	启动电压		12	12.5	13	V
$V_{DD\_OFF}$	欠压保护检测电压		7	7.2	7.5	V
$V_{DD\_OVP}$	过压保护检测电压		30	33	36	V
$V_{DD\_Clamp}$	钳位电压	$I_{VDD}=7\text{mA}$	32	35	37	V
FB 管脚						
$V_{FBREF}$	FB阈值电压		1.97	2.0	2.03	V
$V_{FB\_SLP}$	短路保护 (SLP) 阈值电压			0.6		V
$T_{FB\_Short}$	输出短路防误触发时间			10		ms
$V_{FB\_DEM}$	退磁比较器阈值			25		mV
$T_{off\_min}$	最小关闭时间			2		us
$T_{off\_max}$	最大关闭时间			5		ms
$I_{cable\_max}$	最大补偿电流			60		uA
$T_{SW/TDEM}$	CC模式周期与去磁时间比			7/4		

# SA3546

CS 管脚						
$T_{LEB}$	CS输入前沿消隐时间			500		ns
$V_{CS(max)}$	限流阈值		490	500	510	mV
$T_{D\_OC}$	过流检测延迟时间			100		ns
MOS						
$B_{VDSS}$	漏极击穿电压	SA3546V	600			V
		SA3546HV	650			V
		SA3546S	600			V
		SA3546HS	650			V
$R_{DS\_ON}$	导通阻抗	SA3546V		2.2		$\Omega$
		SA3546HV		2.6		$\Omega$
		SA3546S		1.9		$\Omega$
		SA3546HS		1.9		$\Omega$
IC内置过热保护						
$T_{SD}$	过温保护关断		-	150	-	$^{\circ}C$

## 功能描述

SA3546 是一种高性能、多模式、高度集成的准谐振原边反馈调节(QR-PSR)控制器。

IC 内置高精度的 CV/CC 控制，具备多种高可靠性的保护功能，适用于离线小功率电源变换器应用。

- 系统启动操作

在 IC 开始工作之前，它仅消耗启动电流（通常为 3uA），这允许使用大值启动电阻来最小化功率损耗，流经启动电阻器的电流从高电压直流母线给 VDD 保持电容器充电。当 VDD 达到 12.5V（典型值）的 VDD\_ON 启动电压时，SA3546 开始工作，IC 工作电流增加到 0.8mA（典型值）。在变压器的辅助绕组给 VDD 提供电压之前，由电容继续提供 VDD 电压，直到辅助绕组提供 VDD 电压，系统进入正常工作状态。

当 SA3546 进入低频的 FM（Frequency Modulation）模式，工作电流通常会降低到 0.8mA，这有助于降低待机功耗。

- 准谐振 PSR 恒压调制(QR-CVM)

原边反馈调制，是在变压器能量转移次级绕组时，通过检测辅助绕组上电压来控制输出电压。图 2 为 SA3546 的恒压(CV)采样信号过程中去磁 (DEM) 和准谐振 (QR) 触发信号的工作波形。为了实现辅助绕组上副边输出电压的精确表示，CV 采样信号阻断了漏电感复位。在恒压(CV)采用过程结束时，IC 内部的采用/保持 (S&H)电路捕获误差信号，并通过过内部误差放大器 (EA) 对其进行放大。误差放大器(EA) 输出信号送到准谐振原边恒压调制单元 (QR-CVM) 进行恒压 CV 调制。QR-CVM 单元根据负载情况在电压谷底时开启新的 PWM 周期。EA 的内部参考电压以高精度调整至 2V。

在 CV 采样过程中，内部可变电流源流向 FB 引脚可用于输出线缆压降补偿 (CDC)。因此，变压器退磁过程中的 FB 引脚处有一个阶梯，如图 2 所示。图 2 同时表达了“去磁”方程：方程式中的 VO 和 VF 是输出电压和二极管正向电压；R1 和 R2 是从辅助绕组连接到 FB 脚的电阻分压器，Ns 和 Na 分别是次级绕组和辅助绕组。

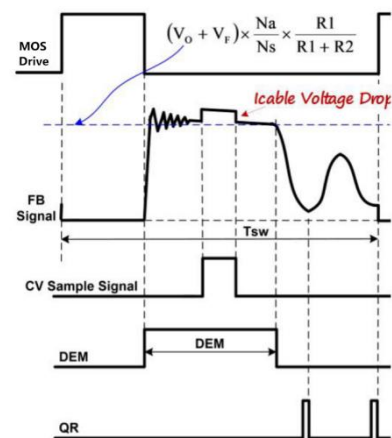


图 2

当系统进入过载状态时，输出电压下降，FB 采样电压相应低于 2V 内部基准，使系统自动进入 CC 模式。

● PSR 恒流调制(PSR-CCM)

FB 引脚上的时序信息和 CS 引脚上的电流信息可以准确调节副边电流。控制规律表明，随着 CV 调节功率的增加和 CC 调节的逼近，初级峰值电流为  $I_{PP}(\max)$ ，如图 3 所示。

参照上面的图 3，初级峰值电流  $I_{PP}$ ，变压器匝数比，次级退磁时间 (TDEM) 和开关周期 (TSW) 确定副边平均输出电流  $I_{OUT}$ 。忽略漏感效应，平均输出电流的方程如图 3 所示。当平均输出电流  $I_{OUT}$  达到原边恒流调制器 (PSR-CCM) 模块中的调节基准时，IC 工作在脉冲频率调制 (PFM) 模式，以在任何等于或低于电压调节的输出电压下控制输出电流只要辅助绕组能保持 VDD 高于 UVLO 关断阈值即可。

在 SA3546 中，恒流 CC 模式下的 TDEM 和 TSW 之间的比率是 4/7。所以平均输出电流可以表示为：

$$I_{CC\_OUT}(mA) \cong \frac{2}{7} \times N \times \frac{500mV}{R_{CS}(\Omega)}$$

上述方程中： N-----变压器初级绕组与次级绕组的匝数比；  
R<sub>CS</sub>----IC CS 脚对 GND 之间的电流采样电阻。

● 多种模式的恒压控制

为了满足平均系统效率和空载功耗的严格要求，SA3546 采用了调频 (FM) 和幅度调制 (AM) 混合，如图 4 所示。在满载的情况下，系统以 FM 模式运行。在正常轻负载条件下，IC 工作在 FM + AM 模式，以实现出色的调节和高效率。当系统接近零负载时，IC 再次进入 FM 模式工作，以降低待机功耗。这样，空载损耗会小于 70mW。

● CV 模式下的可编程线缆压降补偿

在智能手机充电器应用中，电池总是通过数据线连接到适配器，这可能使得充电器输出在电池上的电压降低百分之几的电压降。在 SA3546 中，通过内部电流源 (由 CDC 模块调制，如图 5 所示) 流入电阻分压器，在 FB 引脚产生一个偏置电压。电流大小与开关周期成正比，与输出功率  $P_{OUT}$  成反比。因此，线缆损耗造成的损失可以得到补偿。随着负载从满载下降到零负载，FB 引脚的偏置电压将会增加。通过调整 R1 和 R2 的电阻 (如图所示)，可以编程线缆压降损耗补偿。最高补偿的百分比由下式给出：

$$\frac{\Delta V(\text{cable})}{V_{out}} \approx \frac{I_{cable\_max} \times (R1 // R2)}{V_{FB\_FEF}} \times 100\%$$

例如,R1=3KΩ,R2=18KΩ, 则补偿最高为：

$$\frac{\Delta V(\text{cable})}{V_{out}} = \frac{60\mu A \times (3K // 18K)}{2V} \times 100\% = 7.7\%$$

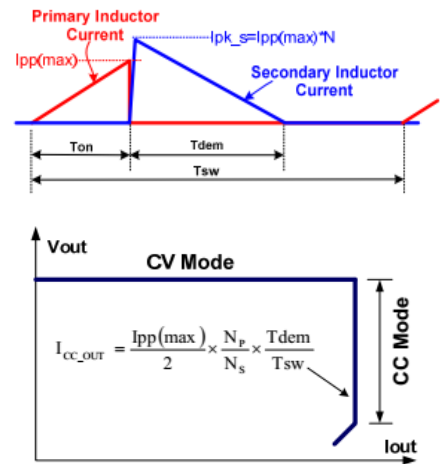


图 3

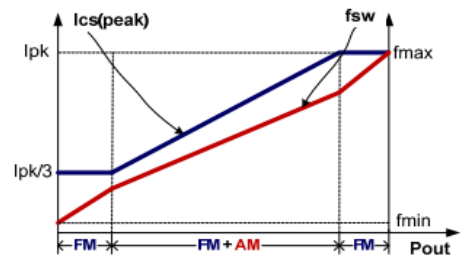


图 4

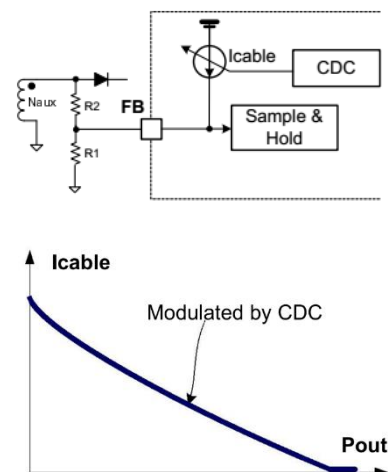


图 5

# SA3546

- 优化的动态响应

SA3546优化了动态响应性能以满足USB充电要求。

- IC内置过热保护(OTP)

SA3546内部集成了过热保护功能，一旦IC温度超过150°C，IC就关断停止工作。

- 音频噪声去除功能

如前文提到的，SA3546采用FM和AM混合的多模式CV控制进行频率调制。内部电流源流入CS引脚用以实现CS峰值电压调制。频率调制和CS峰值电压调制算法的优化组合可以实现从满负载到零负载的音频噪声去除功能。

- 负载短路保护 (SLP)

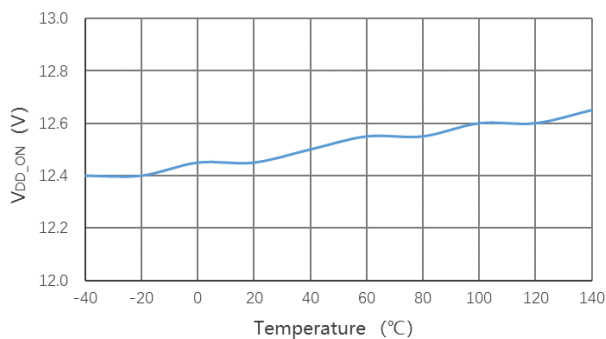
反激电源中，辅助绕组电压正比于输出电压，SA3546在内部消隐时间（典型值10ms）之后对FB引脚上电压进行采样，然后与UVP（典型值0.6V）的阈值进行比较。当检测到的FB电压低于0.6V时，IC进入负载短路保护（SLP）模式。一旦负载短路状态消除，负载短路保护模式可以自动恢复到正常工作状态。

- VDD 过压保护和钳位保护

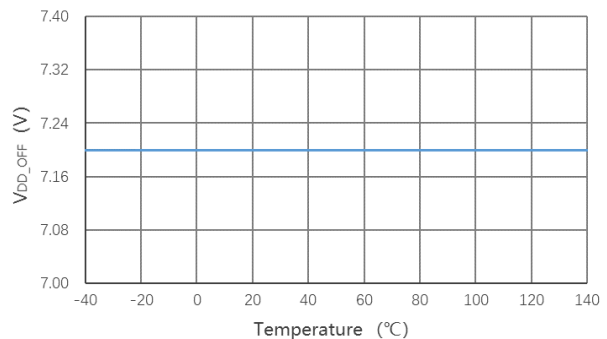
当SA3546的VDD电压高于33V（典型值）时，IC将停止工作，这将导致VDD电压下降，当VDD电压低于V<sub>DD\_OFF</sub>（典型值6.5V）系统将重新启动。IC内置齐纳钳位电路（典型值35V），以防止IC损坏。

## 特性（典型数据）

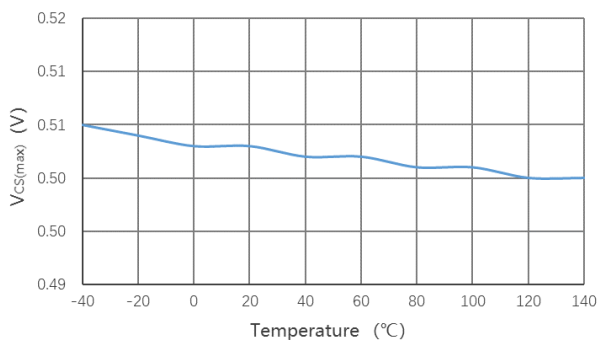
1. V<sub>DD\_ON</sub> VS. Temperature



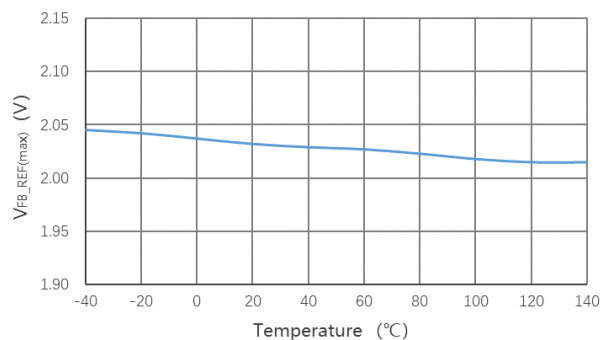
2. V<sub>DD\_OFF</sub> VS. Temperature



3. V<sub>CS(max)</sub> VS. Temperature

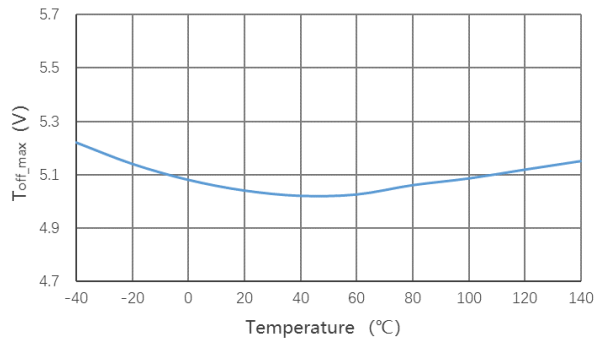


4. V<sub>FB\_REF(max)</sub> VS. Temperature

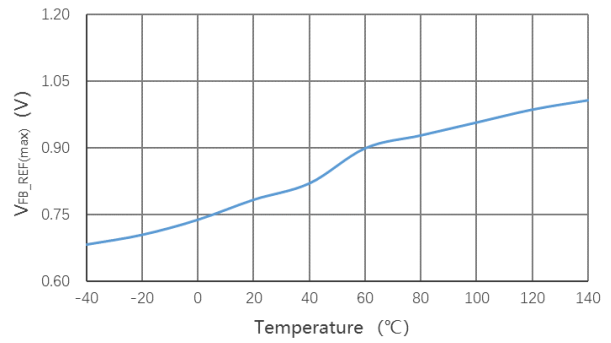


# SA3546

5. Toff\_max VS. Temperature



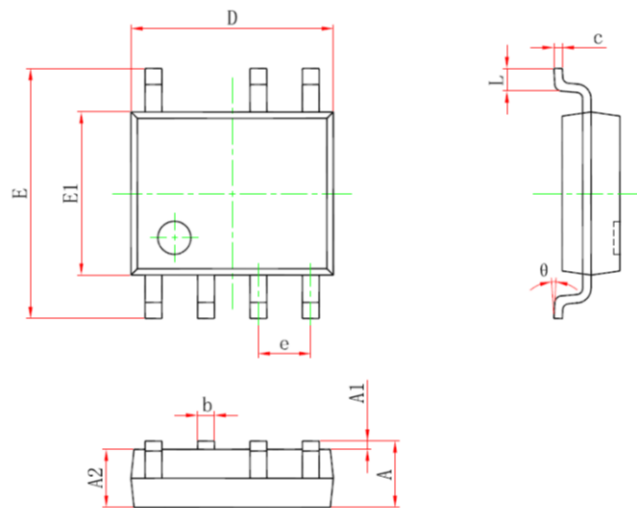
6. IVDD\_OP VS. Temperature



## 封装信息

SOP-7L

UNIT: mm



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.201
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
E	5.800	6.200	0.228	0.244
E1	3.800	4.000	0.150	0.157
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°