电流模式 PWM 控制器

产品描述

CSV3521C是一款次级边反馈脉宽调制（PWM）控制器，包含电流模式控制实现高效离线式单端反激和正激功率转换器所需的所有功能。CSV3521C具有低启动电流，可将启动功耗降至较低，跳周期模式可减少轻载功耗。其他功能包括欠压保护，逐周期电流限制，过载打嗝保护，过温保护，斜坡补偿，软启动和振荡器同步功能。CSV3521C的总传播延迟小于100ns，振荡器频率可通过外部电阻进行设置，频率最大可达1MHz。

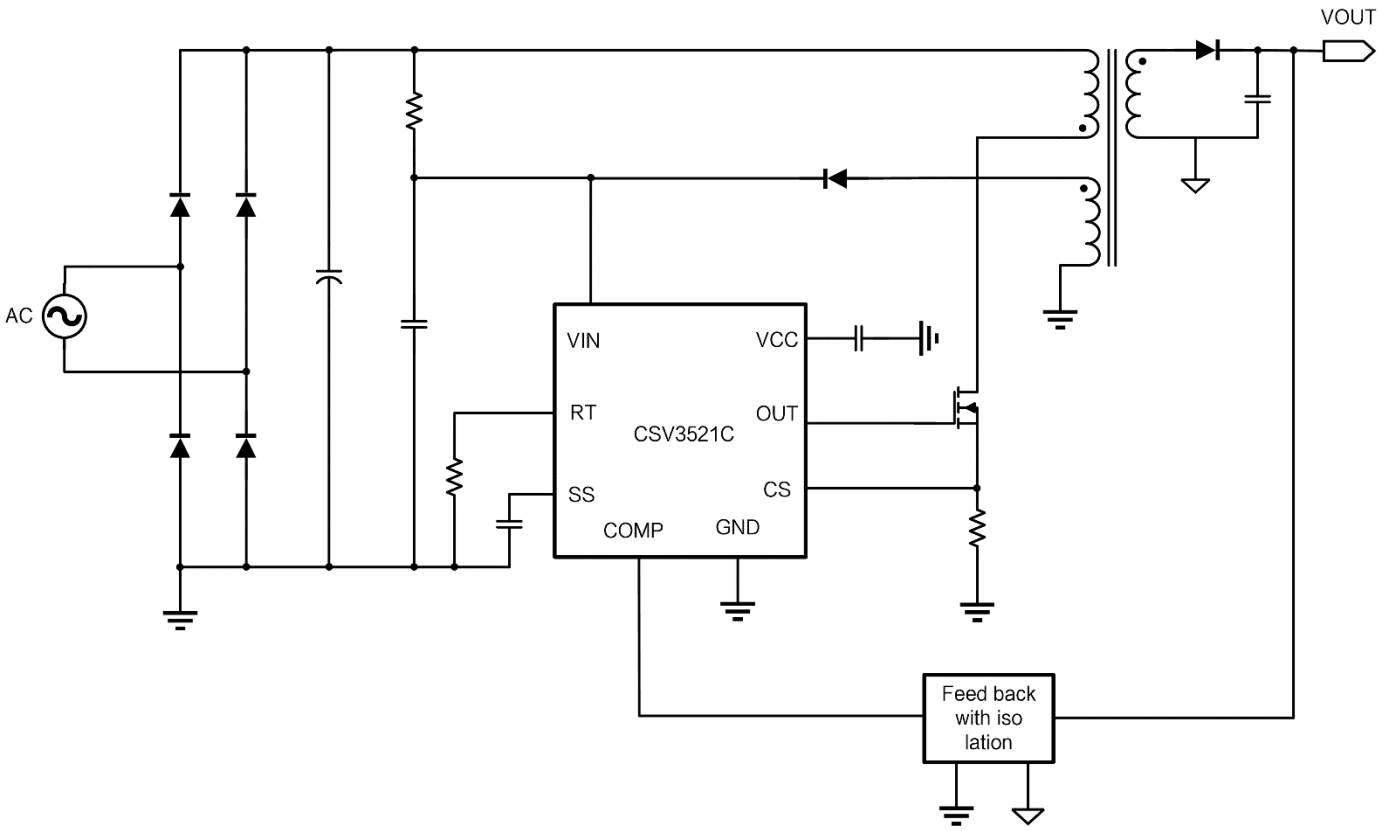
应用领域

- DCM/CCM反激转换器
- 工业电源

产品特点

- 低启动电流
- 电流模式控制
- 跳周期模式可降低待机功耗
- 单电阻设置最高振荡频率1MHz
- 支持外部时钟同步
- 可调软启动
- 输出驱动电流能力0.7A
- 光耦接口
- 最大占空比50%
- 斜坡补偿、前沿消隐
- 输入欠压保护、逐周期过流保护
- 过载打嗝保护、过温保护
- MSOP8封装

典型应用

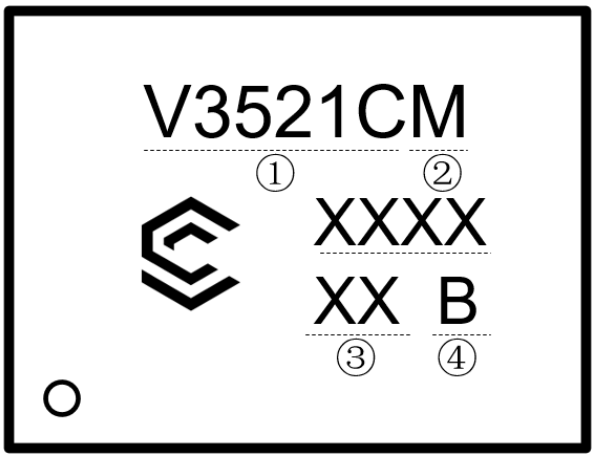


订购信息

产品型号	订货信息	封装类型	包装方式
CSV3521CM	CSV3521CM	MSOP8	编带/料管

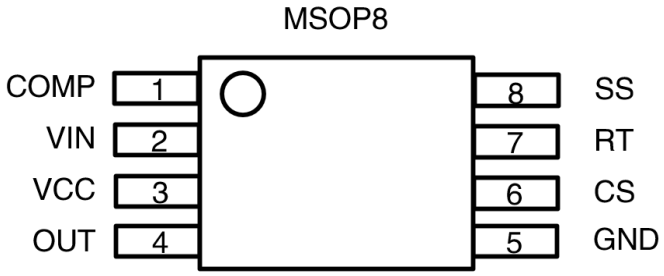
产品标识信息：

① 产品型号：受封装体大小影响，会根据实际进行省略打标，实际见示意图
② 封装形式：“M”代表MSOP8
③ 产品生产批号
④ 产品内部控制标志



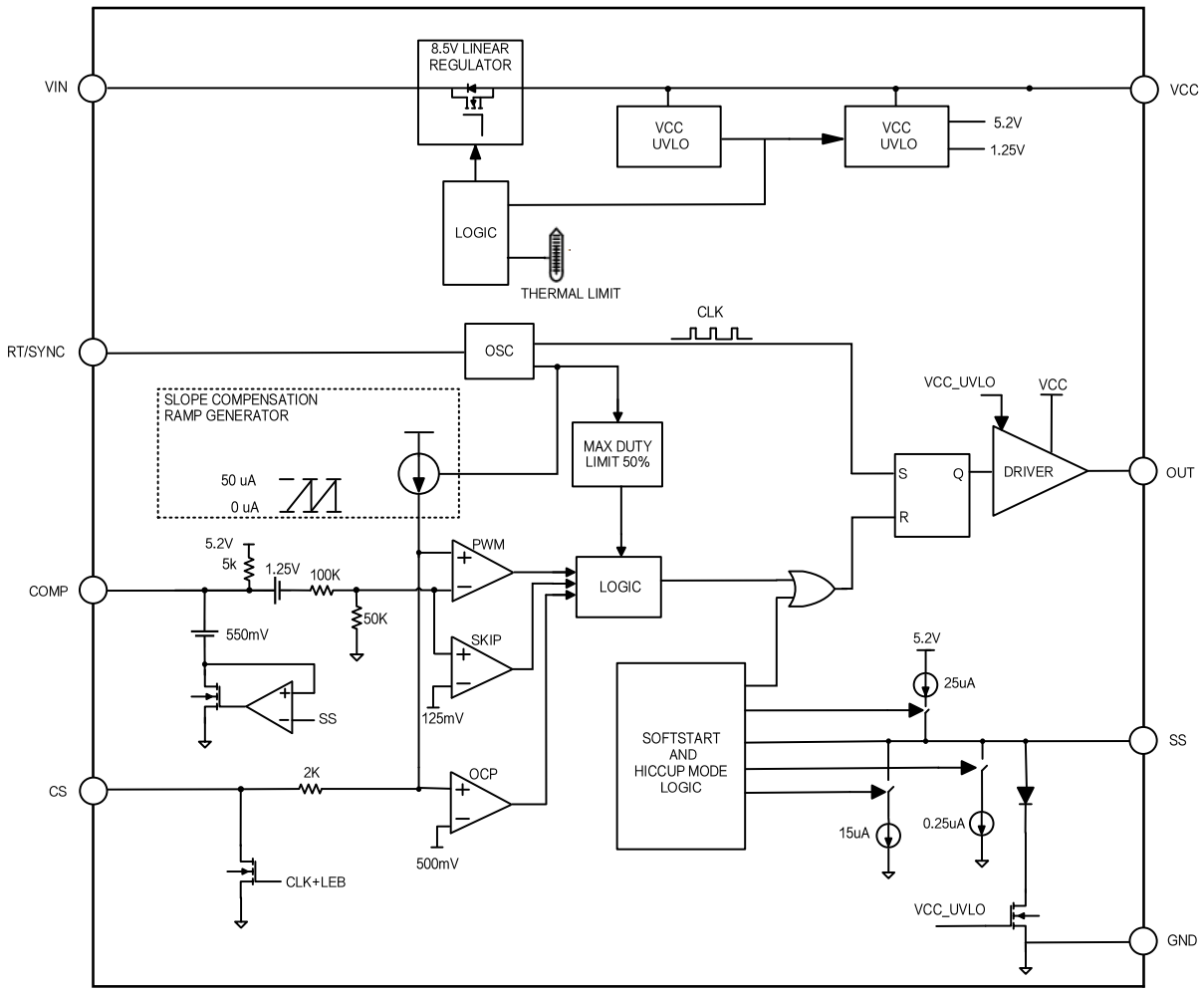
MSOP8 标识示意图

管脚定义



序号	名称	功能描述
1	COMP	脉宽调制和打嗝比较器输入
2	VIN	输入供电
3	VCC	芯片电源，可由 VIN 内部产生
4	OUT	输出驱动
5	GND	地
6	CS	电流检测
7	RT/SYNC	振荡器频率设置和同步时钟复用引脚
8	SS	软启动

功能框图


VIN
8.5V LINEAR REGULATOR
VCC
VCC UVLO
VCC UVLO
5.2V
1.25V
LOGIC
THERMAL LIMIT
CLK
RT/SYNC
OSC
SLOPE COMPENSATION RAMP GENERATOR
50 uA
0 uA
MAX DUTY LIMIT 50%
VCC_UVLO
VCC
S
Q
R
DRIVER
OUT
5.2V
5k
1.25V
100K
PWM
COMP
LOGIC
50K
550mV
SKIP
SS
125mV
5.2V
25uA
SOFTSTART AND HICCUP MODE LOGIC
SS
CS
2K
OCP
15uA
0.25uA
500mV
CLK+LEB
VCC_UVLO
GND

极限工作范围(1)

VIN 耐压·····-0.3V~70V
VCC 耐压·····-0.3V~18V
RT 耐压·····-0.3V~5.5V
其他脚耐压·····-0.3V~7V
结温·····150℃
存储温度范围·····-55℃~150℃
人体模式 ESD 能力····· ± 2KV

(1)超过极限工作范围可能会对芯片造成永久性损坏。这些只是应力额定值，并不意味着芯片在这些或任何其他条件下的功能超出了推荐运行条件下的规定。长时间工作在极限值下可能会影响芯片的可靠性。

推荐工作范围(1)

	最小值	最大值	单位
VIN 电压	9	60	V
外加电压 VCC	9	16	V
工作结温范围	-40	125	℃

(1)推荐工作条件是指芯片正常运行的条件。关于准确的规格和测试条件，请参考电气特性

电气特性

除非另有说明：T = 25℃，V_{IN} = 15V，RT = 44.2kΩ。

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
启动电路						
I_{ST}	启动电流	VIN=15V，VCC=10V		120	250	uA
I_{VIN}	工作电流	VIN=15V，COMP=2V		2	3	mA
VCC 电源						
V_{VCC_ON}	VCC 启动阈值		6.5	7	7.5	V
V_{VCC_OFF}	VCC 关断阈值		5.3	5.8	6.3	V
V_{CC}	VCC 输出电压	无外部负载	8	8.5	9	V
V_{VCC_DO}	VIN-VCC	IVCC=3mA，VIN=8.5V		1.1		V
I_{VCC_LIM}	限电流	VCC=7.5V	15	22		mA
跳周期模式比较器						
V_{SKP}	跳周期模式启用阈值	1/3 * [COMP−1.25]	75	125	175	mV
V_{SKP_HYS}	跳周期模式迟滞			5		mV
电流限制						
t_{CS_DLY}	CS 传输延迟	CS 从 0 突变至 0.6V，到 OUT 变低的过度时间，Cload = 0		35		ns
V_{CS}	过流阈值电压		0.45	0.5	0.55	V
T_{LEB}	前沿消隐时间			90		ns
R_{CS}	CS 内阻			35	55	Ω
软启动						
V_{SS_OCV}	开路电压		4.3	5.2	6.1	V
I_{SS}	SS 端充电电流		15	22	30	uA
V_{SS_OFF}	SS 至 COMP 偏移		0.35	0.55	0.75	V
R_{COMP}	COMP 内阻	在 SS 斜坡期间		60		Ω
振荡器						
F_{OSC}	频率	RT = 44.2K	135	150	165	kHz
		RT = 13.3K	440	500	560	kHz
V_{SYNC}	同步阈值		2.4	3.2	3.8	V

电气特性（续）

除非另有说明：T = 25℃，V_{IN} = 15V，RT = 44.2kΩ。

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
PWM 比较器						
T_{PWM_DLY}	传输延迟	Cload = 0nF		20		ns
D_{MIN}	最小占空比	COMP=0V			0	%
D_{MAX}	最大占空比			50		%
K_{PWM}	增益			0.33		
V_{COMP_OC}	COMP 开路电压		4.2	5.1	6	V
V_{COMP_MAXD}	最大调制电压			2.75		V
I_{COMP}	短路电流	COMP=0 V	0.6	1.1	1.5	mA
斜坡补偿						
V_{SLP}	斜坡补偿幅度	CS 到 PWM 的最大占空比偏移	70	90	110	mV
输出部分						
V_{OUTH}	上拉饱和压降	IOUT=− 50 mA,VCC 输出		0.6	1.1	V
V_{OUTL}	下拉饱和压降	IOUT = 100 mA		0.3	1	V
I_{O_SRC}	峰值源电流	OUT = VCC/2		0.3		A
I_{O_SNK}	峰值灌电流	OUT = VCC/2		0.7		A
Tr	上升沿时间	Cload = 1nF		25		ns
Tf	下降沿时间	Cload = 1nF		10		ns
打嗝模式						
V_{OVLD}	过载检测阈值		VSS_OCV −0.8	VSS_OCV −0.6	VSS_OCV −0.4	V
V_{HIC}	打嗝模式阈值		VSS_OCV −0.8	VSS_OCV −0.6	VSS_OCV −0.4	V
V_{RST}	打嗝模式重启阈值		0.1	0.3	0.5	V
I_{DTCS}	死区电流源		0.1	0.25	0.4	uA
I_{OVCS}	过载检测定时器电流源		6	10	14	uA
过温保护						
T_{SD}	过温保护阈值			155		℃
T_{SD_hys}	过温保护迟滞			20		℃

功能描述

CSV3521C是次级边反馈脉宽调制（PWM）控制器，包含电流模式控制实现高效离线式单端反激和正激功率转换器所需的所有功能。CSV3521C具有低启动电流，可将启动功耗降至较低，跳周期模式可减少轻载功耗。其他功能包括欠压保护，逐周期电流限制，过载打嗝保护，过温保护，斜坡补偿，软启动和振荡器同步功能。CSV3521C的总传播延迟小于100ns，振荡器频率可通过外部电阻进行设置，频率最大可达1MHz。

➢ PWM 比较器和斜坡补偿

PWM 比较器将电流检测信号与来自 COMP 引脚的环路误差电压进行比较。COMP 引脚电压降低 1.25V，然后通过 3：1 电阻分压器衰减后再送至 PWM 比较器输入端，该比较器设计迟滞功能，COMP 引脚上的电压需要低于 1.25V，才会控制输出占空比为零。

对于电流控制模式，占空比大于 50%，转换器会出现次谐波振荡。通过在电流检测信号上增加一个额外的固定斜率的斜坡信号（斜坡补偿），可以避免这种振荡。CSV3521C 通过对振荡器产生的斜坡信号叠加到电流采样管脚，实现斜坡补偿功能。斜坡补偿是通过电流斜坡产生的，该电流连接到 CS 引脚内部 1.8kΩ 电阻上。在芯片外面也可以通过增加电流检测滤波电容和 CS 引脚之间的电阻来增加额外的斜坡补偿。

➢ 电流采样及限流功能

CSV3521C 提供逐周期限流保护功能。电流检测比较器的限流阈值为 500mV，如果经过斜坡补偿后的 CS 引脚电压超过 500mV，则 OUT 引脚关闭输出。

对于 CS 引脚，建议在 CSV3521C 附近放置一个 RC 滤波器，以衰减从功率 MOSFET 的栅极到源极耦合的噪声。CS 引脚电容在每个 PWM 时钟周期结束时通过内部开关放电，在每个导通周期开始的 90ns 时间内，放电开关保持导通状态，可以起到前沿消隐作用，以衰减在打开外部功率 MOSFET 时发生的电流检测异常。除了提供前沿消隐之外，该电路还通过在每个周期结束时对电流检测滤波电容放电来改善动态性能。

CSV3521C 的电流检测比较器速度非常快，可以快速响应短时噪声脉冲。PCB 布板时需注意电流检测滤波器和检测电阻的具体位置。与 CS 滤波器相关的电容必须放置在非常靠近芯片的位置，并直接连接到引脚 CS 和 GND。如果使用变压器辅助绕组检测电流，则应将变压器辅助绕组的两条引线都接到采样电阻上，该电阻也应靠近芯片。如果使用位于功率 MOSFET Source 端电阻进行电流检测，则应选择一个低电感电阻。在这种情况下，所有对噪声敏感的信号地应与芯片地连接，然后再单独与功率地连接。

➢ 振荡器、关机和同步功能

CSV3521C 外部 RT 和 GND 引脚之间的单个电阻可设置振荡器的频率。对于 CSV3521C，振荡器频率和工作频率相同。要设置所需的工作频率（Fsw），可以参考以下公式估算 RT 电阻：

$$RT=\frac{6.63*10^{9}}{F_{SW}}$$

CSV3521C 也可支持外部时钟同步功能。外部时钟的频率必须高于由 RT 电阻设置的振荡器频率。时钟信号

应通过一个 100pF 电容耦合到 RT 引脚，RT 引脚上的峰值电压电平必须大于 3.8V，才能实现时钟同步功能。

RT 引脚的直流电压在内部设定为 2V。因此，叠加在 RT 电阻上的交流脉冲必须具有 1.8V 或更大的幅度，才能成功同步振荡器。外部时钟脉冲宽度应设置在 15~150ns 之间。无论振荡器是自由运行还是外部同步，都需要 RT 电阻。RT 电阻应放置在非常靠近芯片的位置，并直接连接到引脚 RT 和 GND。

➢ 驱动和最大占空比限制

CSV3521C 的栅极驱动（OUT）可提供 0.3A 的 Source 电流、0.7A 的 Sink 电流。CSV3521C 最大输出占空比为 50%。最大占空比由内部振荡器决定，CSV3521C 内部振荡器频率和芯片的开关频率相同。

➢ 软启动

软启动功能使转换器能够逐渐达到稳态工作点，从而降低了启动应力和电流浪涌。内部 22μA 电流源为 SS 引脚的外部电容充电，电容电压将缓慢上升，从而可以控制 COMP 引脚电压和输出脉冲的占空比。当转换器的输出持续过载时，软启动电容还可用于决定打嗝模式的重启时间。

➢ 打嗝模式

打嗝模式是一种应对持续过载情况下保护转换器的有效方法。排除输出故障后，芯片将自动重启。图 1~3 介绍了 CSV3521C 的打嗝模式原理及相关波形。在启动期间，外部软启动电容 C_{SS} 由内部 22uA 的电流充电。

在正常工作期间，软启动电容持续充电并最终达到最高电压 V_{SS_OCV}（Typ：5.2V）。在启动期间，COMP 引脚电压跟随 SS 电容电压，并逐渐增加变压器原边的峰值电流。

当转换器的输出达到所需电压时，电压反馈放大器（通过光耦合器）控制 COMP 信号。正常工作时，COMP 电压保持在 1.25V 和 2.75V 之间，该电压由电压环路控制。当 COMP 引脚电压低于 1.25V 时，占空比为零。当 COMP 电平高于 2.75V 时，占空比将由逐周期电流限制比较器的 0.5V 阈值限制。

假如转换器的输出出现过载，电压环路将调节 COMP 引脚电压持续升高，直至超过过载阈值电压 V_{OVLD}（Typ：4.6V），此时，软启动电容 C_{SS} 由 I_{OVCS}（Typ：10uA）电流进行放电。当软启动电容电压 V_{SS} 下降到打嗝阈值 V_{HC}（Typ：4.6V）时，COMP 电压仍然高于过载阈值电压 V_{OVLD}（Typ：4.6V），则转换器进入打嗝工作模式。此后，软启动电容由 0.25uA 电流进行放电，直至软启动电容电压 V_{SS} 下降到启动阈值（Typ：0.3V），之后转换器进入重启阶段，内部 22uA 电流对外部软启动电容 C_{SS} 进行充电。重启时间可按如下公式计算：

$$T_{off} = \frac{C_{SS} \times (V_{HC} - V_{RST})}{I_{DTCS}} = \frac{C_{SS} \times (4.6V - 0.3V)}{0.25uA}$$

例如：

当 C_{SS} 电容值为 0.047μF，Toff=808ms。

短暂的过载不会触发打嗝模式。触发打嗝响应所需的过载持续时间由电容 C_{SS}、10 μA 放电电流、SS 引脚的最高电压 V_{SS_OCV} 及打嗝模式阈值 V_{HC} 共同决定。图 3 显示了短暂过载情况下 SS 引脚的波形。进入打嗝模式所需的过载时间可以通过以下公式计算：

$$T_{overload} = \frac{C_{SS} \times (V_{SS_OCV} - V_{HC})}{I_{OVCS}} = \frac{C_{SS} \times 0.6V}{10uA}$$

例如：

当 C_{SS} 电容值为 0.047μF，则 Toverload=2.82ms。

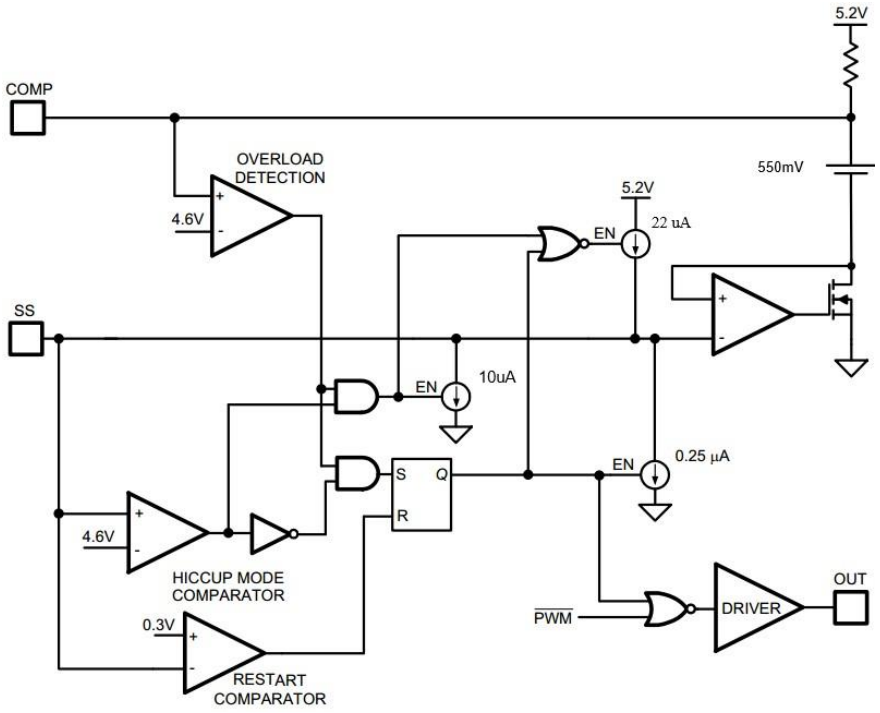


图 1.打嗝模式控制原理

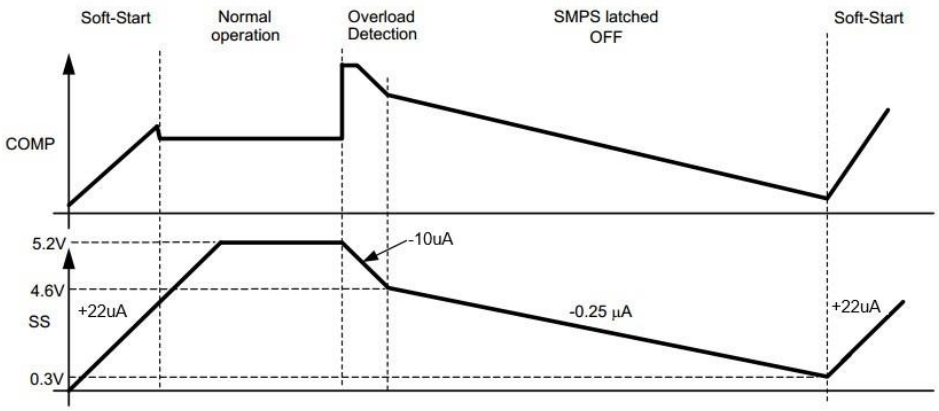


图 2.持续过载，SS 和 COMP 引脚处的波形

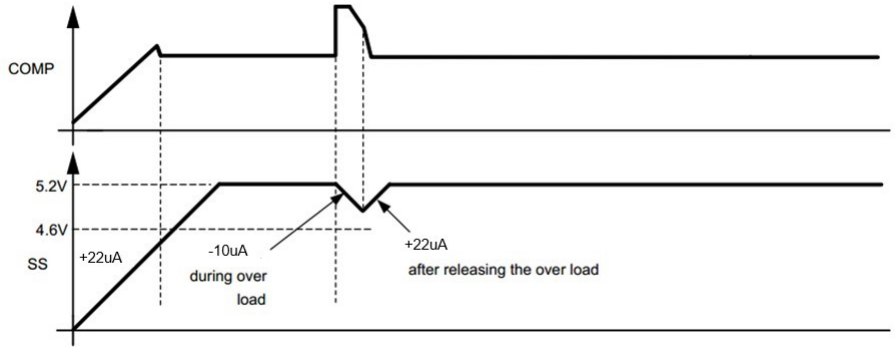


图 3 短暂过载，SS 和 COMP 引脚处的波形

➢ **跳周期工作模式**

在轻载条件下，转换器的效率通常会下降，这是因为功率管的开关损耗和芯片的损耗占很大一部分，尤其是开关损耗极为突出。当 MOSFET 导通然后关闭时，每个 PWM 周期都会消耗有限的能量，开关损耗与工作频率成正比。 CSV3521C 集成的“跳周期”功能可降低轻载条件下的平均开关频率，非常利于提高轻载效率。

轻载时，COMP 引脚电压会因为电压反馈环路而下降，从而降低变压器原边的峰值电流。参考图 4，PWM 比较器输入最大电压由 COMP 电压减去 1.25V 再除以 3 得到。随着 COMP 引脚电压下降，PWM 比较器的输入成比例下降。当 PWM 比较器输入降至 125mV 时，跳周期比较器将判断进入轻载条件并关闭输出，直到转换器输出电压下降并且 COMP 引脚电压升到 130mV（5mV 的迟滞）以上，跳周期工作模式结束。跳周期数将取决于负载和补偿网络的响应时间。典型的电源设计会产生短暂的输出脉冲以及持续的关断间隔，跳周期模式下的平均开关频率仅为电源正常工作频率的一小部分。

可以通过在 CS 引脚上添加失调电压来禁用跳周期模式（请参见图 5）。连接至稳压源的电阻分压器在 CS 引脚上注入一个 125mV 的偏移量（最小），将迫使 PWM 比较器负输入端电压大于 125mV，从而禁用跳周期比较器。

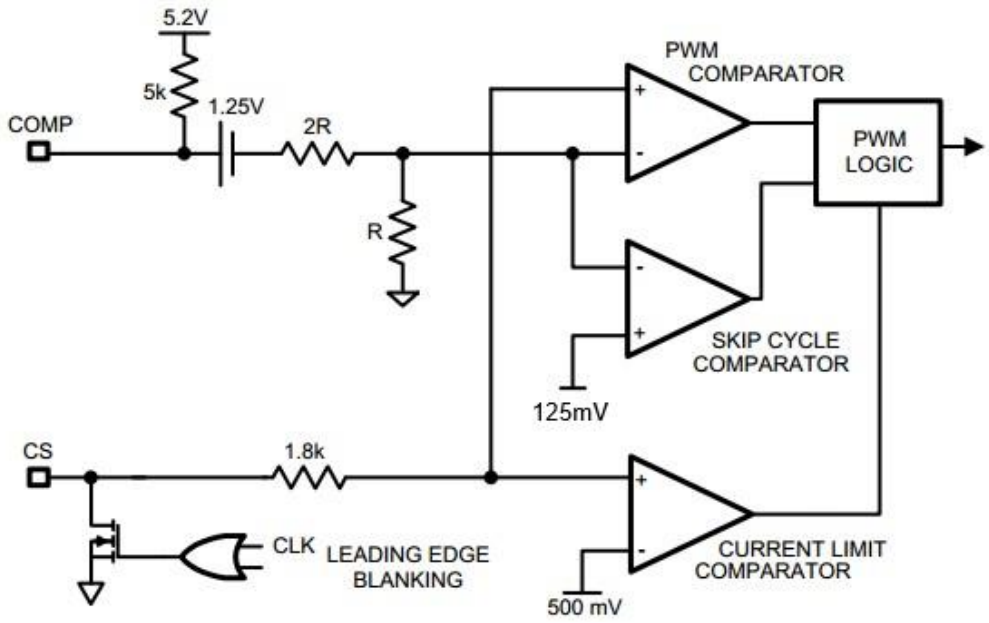


图 4 跳周期控制

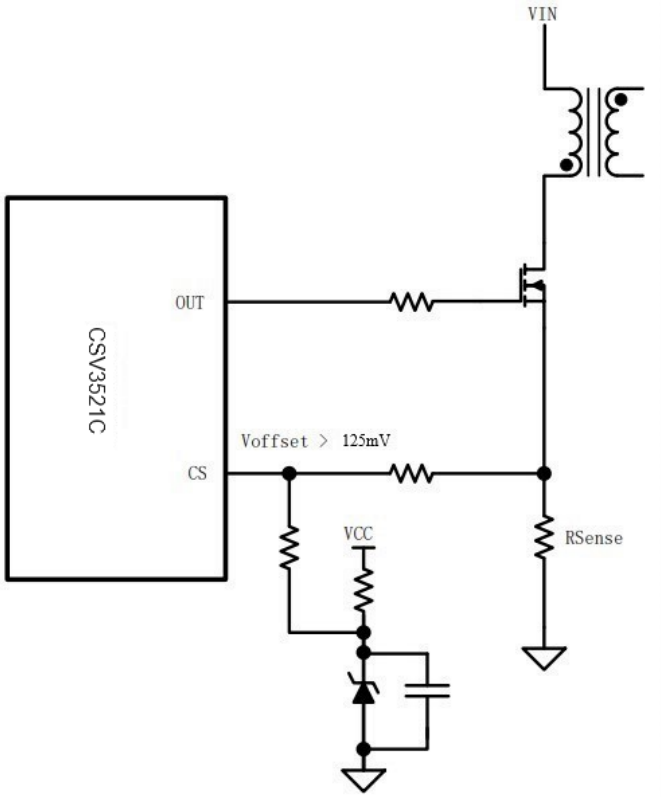
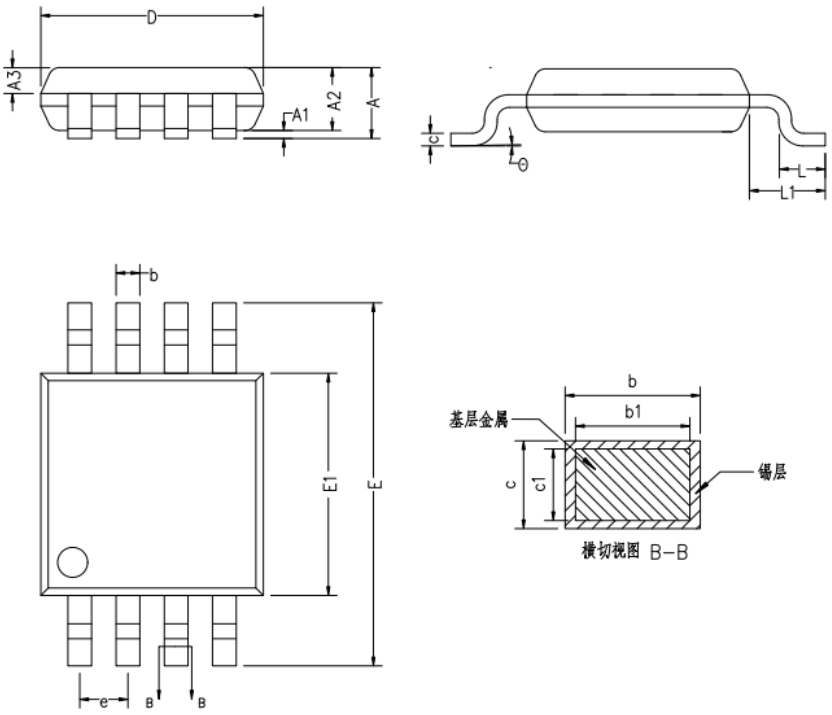


图 5 禁用跳周期模式

封装外形图

MSOP8



符号	单位(毫米)		
	最小值	常规值	最大值
A	–	–	1.10
A1	0.05	–	0.15
A2	0.75	0.85	0.95
A3	0.30	0.35	0.40
b	0.28	–	0.36
b1	0.27	0.30	0.33
c	0.15	–	0.19
c1	0.14	0.15	0.16
D	2.90	3.00	3.10
E	4.70	4.90	5.10
E1	2.90	3.00	3.10
e	理论值0.65		
L	0.40	–	0.70
L1	参考值0.95		
θ	0°	–	8°

重要声明

苏州锴威特半导体股份有限公司保留更改规格的权利，恕不另行通知。苏州锴威特半导体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。苏州锴威特半导体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。苏州锴威特半导体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。