有源钳位电流模式 PWM 控制器

产品描述

CSV3526B是一款有源钳位PWM控制器，采用电流控制模式，包含有源钳位功率转换器所需的所有功能。与传统的 RCD 钳位技术相比，CSV3526B 采用有源钳位技术，可实现更高的效率和功率密度。CSV3526B 有两个驱动输出：主输出（OUT_A）和有源钳位输出（OUT_B），有源钳位输出可驱动 P 沟道或 N 沟道 MOSFET。CSV3526B 专为高速应用而设计，包含一个频率范围高达 1MHz 的振荡器。芯片内部集成高压启动电路，可在 13~120V 的宽输入电压范围内工作。芯片内部还集成有时钟同步功能、可调整最大占空比、斜坡补偿、软启动、高精度 5V 基准以及欠压保护、逐周期限流、打嗝重启保护、过温保护功能等。

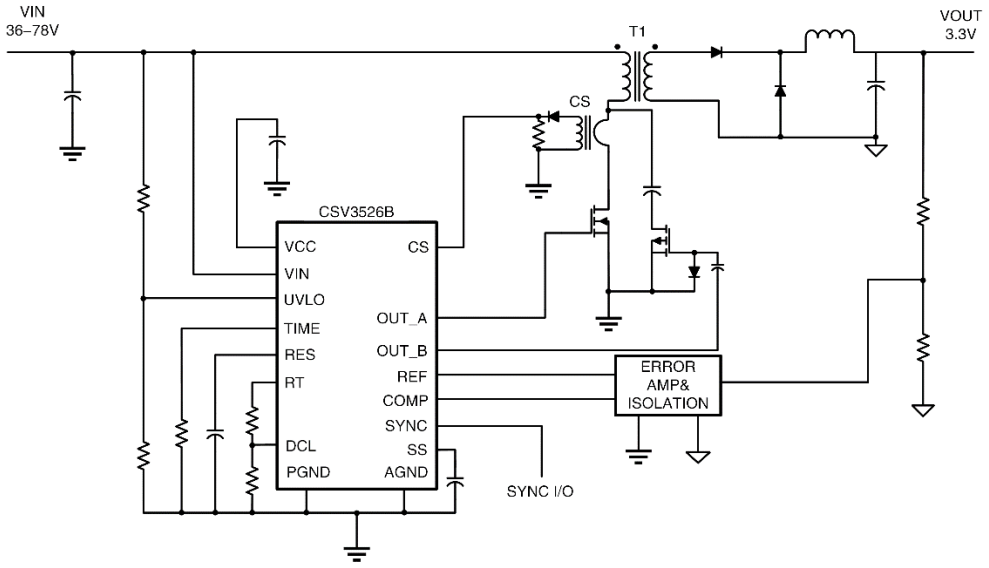
应用领域

- 服务器电源
- 通信电源
- DC-DC电源

产品特点

- 电流模式控制
- 内置120V高压启动电路
- 主输出电流驱动能力3A
- 高带宽光耦接口
- 外部可调的输入欠压保护
- 逐周期限流保护
- 过载打嗝保护
- 重叠或死区时间外部可调
- 可调最大占空比
- 可调软启动
- 前沿消隐
- 振荡器频率外部可设置，且支持外部时钟同步
- 高精度5V基准
- 过温保护
- TSSOP16封装

典型应用

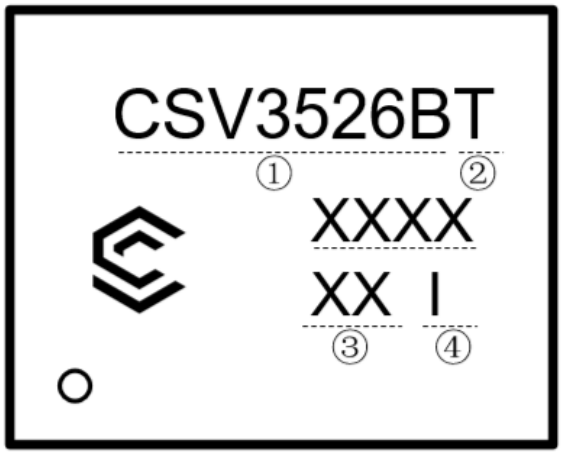


订购信息

产品型号	订货信息	封装类型	包装方式
CSV3526BT	CSV3526BT	TSSOP16	编带/料管

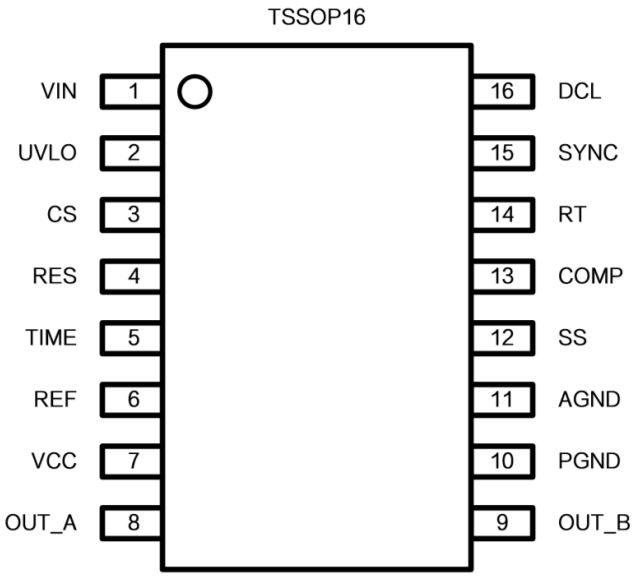
产品标识信息：

① 产品型号
② 封装形式： “T”代表TSSOP16
③ 产品生产批号
④ 产品内部控制标志



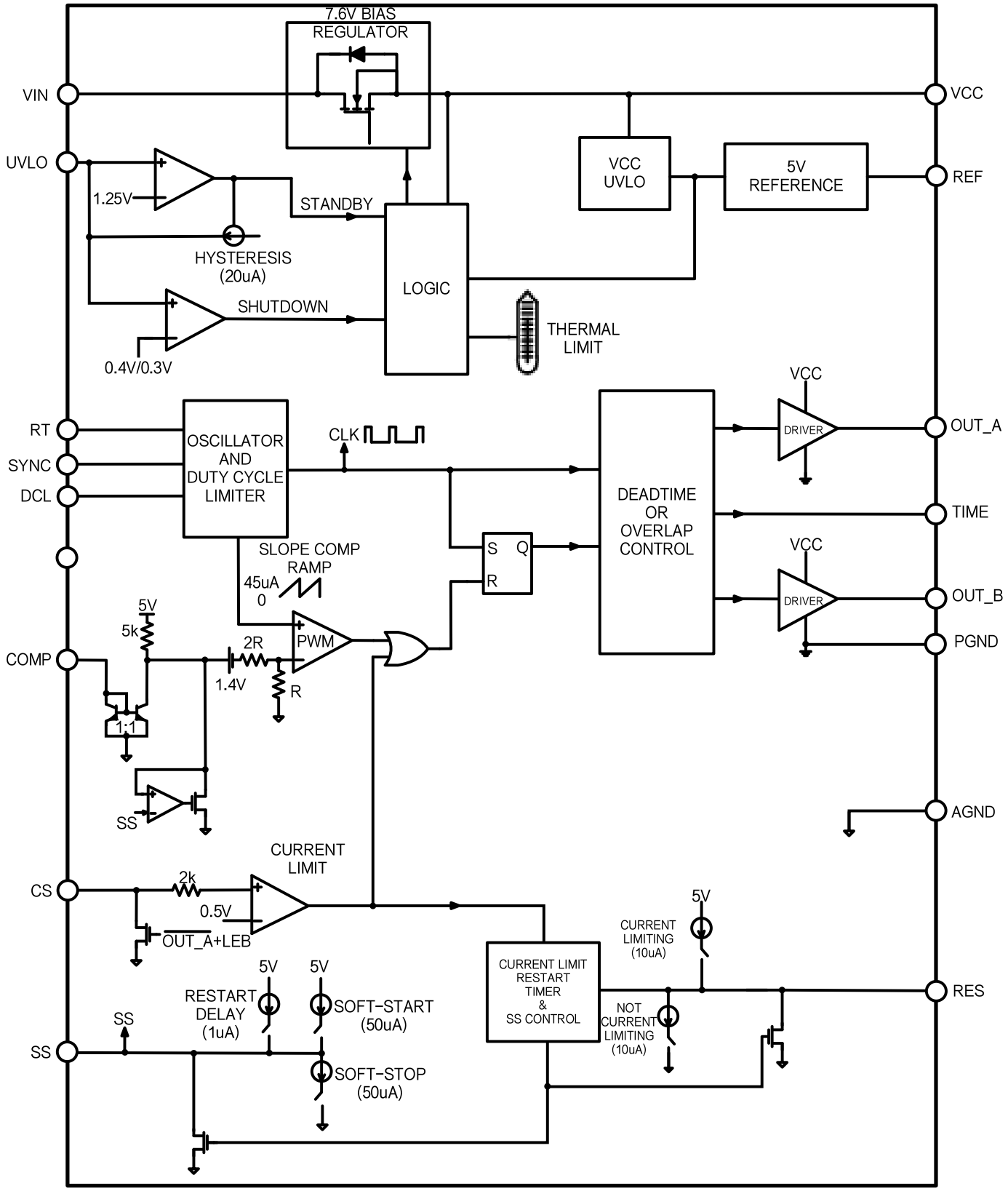
TSSOP16 标识示意图

管脚定义



序号	名称	功能描述
1	VIN	输入供电
2	UVLO	输入欠压检测
3	CS	电流采样
4	RES	打嗝模式重启时间设置
5	TIME	重叠或死区时间控制
6	REF	5V 基准
7	VCC	芯片电源
8	OUT_A	主输出驱动
9	OUT_B	有源钳位输出驱动
10	PGND	功率地
11	AGND	模拟地
12	SS	软启动
13	COMP	PWM 控制端
14	RT	振荡器频率设置管脚
15	SYNC	同步时钟输入管脚
16	DCL	最大占空比设置

功能框图


7.6V BIAS
REGULATOR
VIN
VCC
UVLO
VCC
UVLO
5V
REFERENCE
REF
1.25V
STANDBY
HYSTERESIS
(20uA)
LOGIC
SHUTDOWN
THERMAL
LIMIT
0.4V/0.3V
VCC
RT
SYNC
DCL
OSCILLATOR
AND
DUTY CYCLE
LIMITER
CLK
DRIVER
OUT_A
DEADTIME
OR
OVERLAP
CONTROL
TIME
SLOPE COMP
RAMP
45uA
0
S
Q
R
VCC
DRIVER
OUT_B
5V
5k
2R
PWM
PGND
COMP
1.4V
R
1:1
SS
AGND
CURRENT
LIMIT
CS
2k
0.5V
OUT_A+LEB
5V
CURRENT
LIMITING
(10uA)
CURRENT LIMIT
RESTART
TIMER
&
SS CONTROL
5V
5V
RESTART
DELAY
(1uA)
SOFT-START
(50uA)
RES
SS
NOT
CURRENT
LIMITING
(10uA)
SS
SOFT-STOP
(50uA)

极限工作范围(1)

VIN 耐压……-0.3V~125V
VCC 耐压……-0.3V~18V
OUTA、B 耐压……-0.3V~18V
CS 耐压……-0.3V~1V
其他脚耐压……-0.3V~6V
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)

	Min	Max	Unit
VIN 电压	13	120	V
外加电压 VCC	8	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℃，VIN=48 V，VCC=10 V，RT=30.0kΩ，Rset=34.8 kΩ

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
启动部分						
V_{CC} Reg	VCC电压	空载	7.3	7.6	7.9	V
I_{VCC_Lim}	VCC电流限制		20	25		mA
I_{VIN}	VIN启动电流	VIN = 100 V		165	500	uA
I_{SD}	关断电流	UVLO = 0 V		350	450	uA
VCC供电						
V_{CCON}	开启阈值		V_{CC} Reg −300 mV	V_{CC} Reg −120 mV		V
V_{CC-Hys}	VCC电压迟滞		0.6	1.0	1.5	V
I_{CC}	VCC工作电流	Cgate = 0, UVLO = 1.3 V，全温度范围			4.2	mA
基准电压供电						
V_{REF}	基准电压	I_{REF} = 0 mA	4.85	5	5.15	V
	基准电压负载能力	I_{REF} = 0 to 10 mA		25	50	mV
	基准电压的电流限制		10	20		mA
UVLO关断						
V_{UVLO}	欠压关断阈值		0.3	0.4	0.5	V
V_{UVLO_Hys}	欠压迟滞阈值			0.1		V
$V_{STANDBY}$	待机阈值		1.21	1.25	1.29	V
$I_{STANDBY}$	待机迟滞电流		16	20	24	uA
电流限制						
V_{CS_TH}	逐周期限流阈值		0.45	0.5	0.55	V
T_{Delay1}	传输延迟	CS从0升到0.6 V，测量输出端延迟消失的时间，Cgate=0		40		ns
T_{LEB}	前沿消隐时间		70	100	130	ns
R_{CS}	CS下拉电阻	ICS= 10 mA		30	65	Ω
过流重启						
V_{RES}	重启阈值		2.4	2.55	2.7	V
I_{RES1}	故障充电电流		7.5	10	12.5	uA
I_{RES2}	放电电流		7.5	10	12.5	uA

电气特性(续)

除非另有说明，T= 25℃，VIN=48 V，VCC=10 V，RT=30.0kΩ，Rset=34.8 kΩ

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
软启动						
I_{SS1}	软启动充电电流		38	50	58	uA
I_{SS2}	软启动放电电流		38	50	58	uA
I_{SS3}	软启动重启电流		0.6	1	1.3	uA
振荡器						
F_{OSC}	工作频率	RT = 30KΩ	180	200	220	KHz
		RT = 10KΩ	520	590	660	KHz
I_{SYNC}	Sync 电流源			200		uA
R_{SYNC}	Sync 下沉电阻			100		Ω
V_{SYNC}	Sync 阈值			1.4		V
T_{SYNC}	Sync 最低脉宽		15			ns
PWM比较器						
T_{Delay2}	传输延迟	CS 电压加大，OUT_A 延迟输出为低的时间		40		ns
D_{MIN}	最小占空比				0%	
D_{MAX1}	最大占空比 1	UVLO = 1.3 V, COMP 开路, VDCL = 2.5 V		80		%
D_{MAX2}	最大占空比 2	UVLO = 1.3 V, COMP 开路, VDCL=VRT × 0.875		70		%
D_{MAX3}	最大占空比 3	UVLO = 2.92 V, COMP 开路, VDCL = 2.5 V		40		%
Voffset	SS 至 PWM 的偏移阈值			1.4		V
R_{COMP}	COMP 输入电阻	小信号阻抗		2500		Ω
V_{SLOPE}	斜坡补偿	PWM 比较器至 CS 的增量	75	90	115	mV
输出端						
R_{OUTA_H}	OUT_A 上拉电阻	I_OUTA = −10 mA		5	10	Ω
I_{OUTA}	OUT_A 峰值电流	VCC/2		3		A
R_{OUTA_L}	OUT_A 下拉电阻	I_OUTA = 10 mA		6	9	Ω
Tr_{OUTA}	OUT_A 上升时间	Cgate = 2.2 nF		20		ns

电气特性(续)

除非另有说明，T= 25℃，VIN=48 V，VCC=10 V，RT=30.0kΩ，Rset=34.8 kΩ

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
Tf_{OUTA}	OUT_A 下降时间	Cgate = 2.2 nF		15		ns
R_{OUTB_H}	OUT_B 上拉电阻	I_OUTB = −10 mA		10	20	Ω
R_{OUTB_L}	OUT_B 下拉电阻	I_OUTB = 10 mA		10	20	Ω
Tr_{OUTB}	OUT_B 上升时间	Cgate = 470 PF		15		ns
Tf_{OUTB}	OUT_B 下降时间	Cgate = 470 PF		15		ns
输出时间控制						
T_{OVLP}	重叠时间	R_{SET} = 34.8 kΩ连接到地，50% 到 %50	70	100	130	ns
T_{DT}	死区时间	R_{SET} = 30 kΩ连接到 REF，50% 到 50%	70	100	130	ns
过温保护						
T_{SD}	保护温度			165		℃
T_{HYS}	迟滞温度			25		℃

功能描述

CSV3526B 是一款有源钳位 PWM 控制器，采用电流控制模式，包含有源钳位功率转换器所需的所有功能。与传统的 RCD 钳位技术相比，CSV3526B 采用有源钳位技术，可实现更高的效率和功率密度。CSV3526B 有两个驱动输出：主输出（OUT_A）和有源钳位输出（OUT_B），有源钳位输出可驱动 P 沟道或 N 沟道 MOSFET。CSV3526B 专为高速应用而设计，包含一个频率范围高达 1MHz 的振荡器。芯片内部集成高压启动电路，可在 13~120V 的宽输入电压范围内工作。芯片内部还集成有时钟同步功能、可调整最大占空比、斜坡补偿、软启动、高精度 5V 基准以及欠压保护、逐周期限流、打嗝重启保护、过温保护功能等。

➢ 高压启动电路

CSV3526B 内置高压启动电路。VIN 脚可接受输入电压范围 13V~120V，瞬间允许 125V。通电后当 UVLO 引脚电压高于 0.4V 时，高压启动电路启用，输出电流直接为 VCC 引脚的外部电容充电，VCC 外部电容的推荐范围为 0.1μF 至 100μF。当 VCC 引脚上的电压达到 7.6V 的稳压点、基准电压（REF）达到 5V 的稳压点，且 UVLO 电压大于阈值电压 1.25 V 时，芯片可正常工作。在典型应用中，变压器辅助绕组通过二极管连接到 VCC 引脚，该绕组须将 VCC 电压升高至 8V 以上，才能关闭内部高压启动电路。从辅助绕组给 VCC 供电可提高效率，同时降低功耗。

在初始启动期间 VCC 外部电容的大小必须确保 VCC 输出的电流能够保持 VCC 电压大于 6.2 V。在变压器辅助绕组处于非工作状态时，应限制 VCC 上的外部电流，以便启用高压驱动电路时的功耗不超过控制器能承受的最大功耗。如需使用外部电源供电，可将 VCC 和 VIN 引脚短接在一起，并将外部电源接到这两个引脚。

➢ 输入欠压保护

当 UVLO 引脚电压低于 0.4V 时，CSV3526B 处于低电流关机模式。当 UVLO 引脚电压大于 0.4V 但小于 1.25 V 时，CSV3526B 处于待机模式。在待机模式下，VCC 和 REF 偏置调节器处于启用状态，而芯片输出处于禁用状态。当 VCC 和 REF 输出超过各自启动阈值且 UVLO 引脚电压大于 1.25 V 时，输出启用并开始正常工作。从 VIN 到 GND 的外部电阻分压可用于设置 VIN 的工作范围。电阻分压的设计必须确保当 VIN 处于所需工作范围时，UVLO 引脚处的电压大于 1.25 V。UVLO 迟滞通过内部 20μA 电流源实现，其导通和关闭在分压的电阻上形成迟滞电压。当超过 UVLO 阈值时，电流源立即提高 UVLO 引脚处的电压。当 UVLO 引脚电压降至 1.25V 阈值以下时，电流源关闭，UVLO 引脚处的电压下降。0.4V 待机比较器的迟滞固定在 100 mV。

UVLO 引脚还可用作芯片的使能引脚。将 UVLO 引脚拉到 0.4V 阈值以下，芯片处于关机状态。将 UVLO 引脚拉至 0.4~1.25V 之间时，芯片处于待机状态，VCC 和 REF 调节器启用。通过强制 UVLO 引脚处于待机状态，可使芯片进入软启动。在待机模式下，芯片输出不会直接禁用，而是软启动电容以 50μA 的电流放电，软启动电容放电会逐渐将 PWM 占空比降至零，从而为功率转换器输出缓慢放电。这种缓慢放电有助于防止自驱动同步整流器在关断期间出现不受控行为。

➢ PWM 输出

主输出（OUT_A）和有源钳位输出（OUT_B）的相对相位可根据实际应用进行设置。若有源钳位输出驱动 PMOS 时，两个输出应同相，有源钳位输出与主输出重叠。若有源钳位输出驱动 NMOS 时，有源钳位输出应与主输出反相，且两路输出之间应存在死区时间。CSV3526B 的一大特色功能是能够通过管脚 TIME 的外部电阻设置重叠时间或死区时间，电阻的另一端可连接至 REF（死区时间控制）或 GND（重叠时间控制）。引脚 TIME 的内部检测电路可以通过检测 TIME 引脚电阻中的电流方向，来设置两路输出的相位关系。

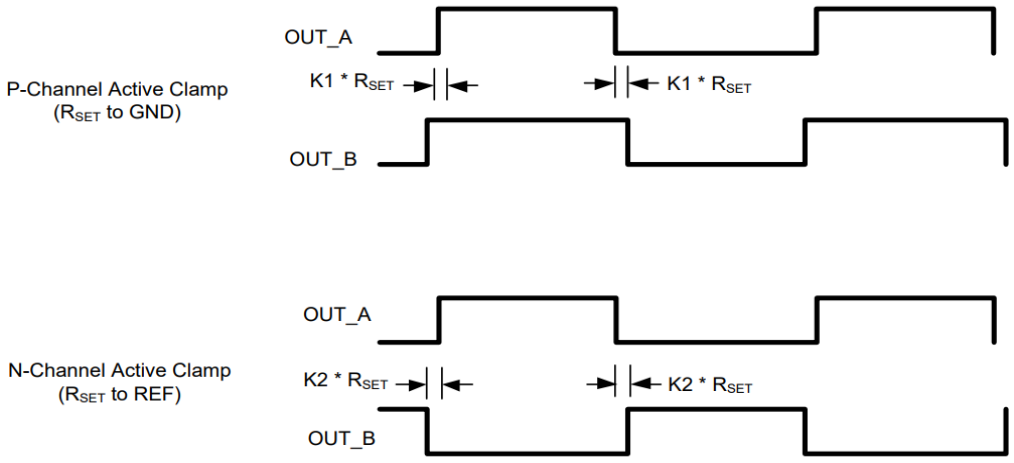


图 1 PWM 输出

上升沿重叠或死区时间与下降沿重叠或死区时间相同，且与工作频率或占空比无关。重叠/死区时间的大小可根据下式估算：

重叠时间=2.8 x RSET + 2 （1）

R_{SET} 的单位是 KΩ，重叠时间的单位是 nS

死区时间=2.9 x RSET + 14 （2）

R_{SET} 的单位是 KΩ，死区时间的单位是 nS

➢ PWM 比较器/斜坡补偿

PWM 比较器通过比较斜坡信号和环路误差信号来调节芯片输出的脉冲宽度。该比较器针对速度进行了优化，以实现最小可控占空比。环路误差信号以控制电流的形式输入到 COMP 引脚，COMP 引脚控制电流由匹配的一对 NPN 晶体管在内部镜像，该晶体管通过 5kΩ电阻上拉到 5V 基准。产生的误差信号在应用于脉宽调制比较器之前，先降压 1.4V，然后通过 3:1 电阻网络分压。

光耦可以连接在 REF 引脚和 COMP 引脚之间。COMP 引脚接收外部输入电流，在没有电流进入 COMP 引脚的情况下，芯片在主输出端产生最大占空比。

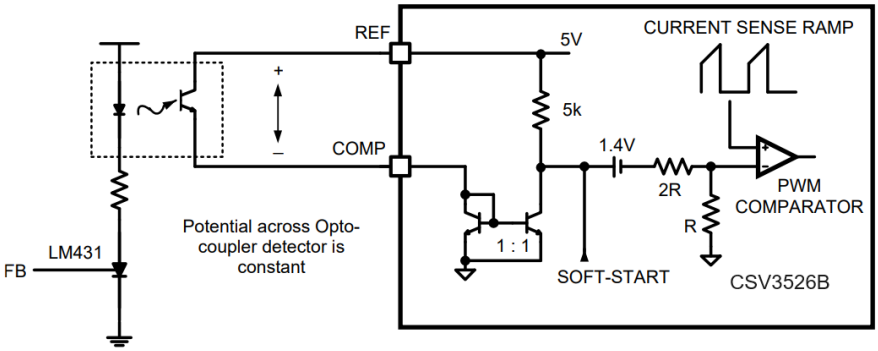


图 2 光耦至 CSV3526B 接法

当占空比大于 50%时，电流模式控制电路会发生次谐波振荡。通过向电流检测信号添加额外的固定电压斜坡信号（斜坡补偿），可以避免这种振荡。CSV3526B 通过将振荡器产生的电流斜坡与电流检测信号相加，形成斜坡补偿。PWM 比较器斜坡信号是 CS 引脚处的电流波形和振荡器产生的内部斜坡的组合。内部斜坡来源于内部 2kΩ电阻，加上 CS 引脚的外部电阻，电流幅度为 0~45μA。可通过增加电流检测信号的外部电阻来增加额外的斜坡补偿。

➢ 最大占空比钳位

控制器最大占空比对于限制主功率和有源钳位 MOSFET 上的电压应力是必要的。MOSFET 的最大漏源极电压和最大 PWM 占空比之间的关系参考下列公式：

$$\mathrm{Vds(max)} = \frac{\mathrm{VIN}}{1-\mathrm{D(max)}}$$

主输出（OUT_A）占空比通常由从外部反馈电路流入 COMP 引脚的电流控制。当反馈要求来自转换器的最大输出时，占空比将受到 CSV3526B 内两个电路之一的限制：用户可调占空比钳位和 UVLO 电压控制占空比钳位，其中 UVLO 电压控制占空比与线电压成反比关系。

可调占空比钳位可通过将 DCL 引脚上的电压设置为小于 2 V 的值来调整最大允许占空比。设置 DCL 引脚电压的推荐方法是将分压电阻从 RT 引脚连接到 AGND。RT 引脚的电压在内部设置为 2 V，而来自 RT 引脚的电流设置振荡器频率。可根据下列公式计算占空比：

$$\text{占空比} = 80\% \times \frac{\mathrm{RT2}}{\mathrm{RT1+RT2}}$$

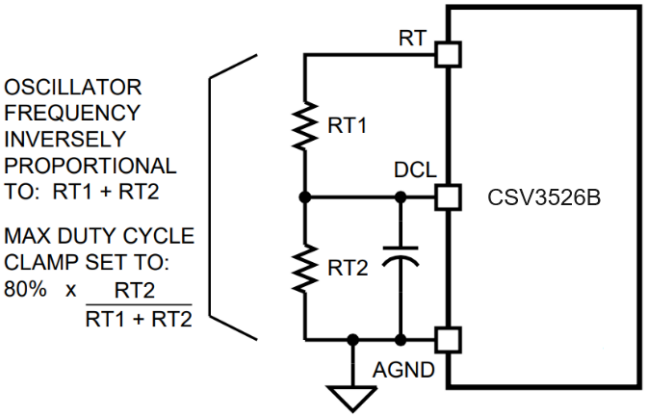


图 3 振荡器频率和最大占空比

主输出驱动的最大占空比也受到 UVLO 引脚电压的限制，该电压与 VIN 成比例。UVLO 引脚电压低于 1.25 V 时芯片输出关断，在最小工作电压下（UVLO=1.25V 时），最大占空比从 DCL 引脚电压调整的占空比（80%或更低）开始，随着 VIN 电压的增加而线性降低，如图 4 所示。最终，主输出的占空比由以下三个变量中的最小值决定：PWM 比较器控制的占空比、可调整最大占空比或线电压相关占空比的限制。

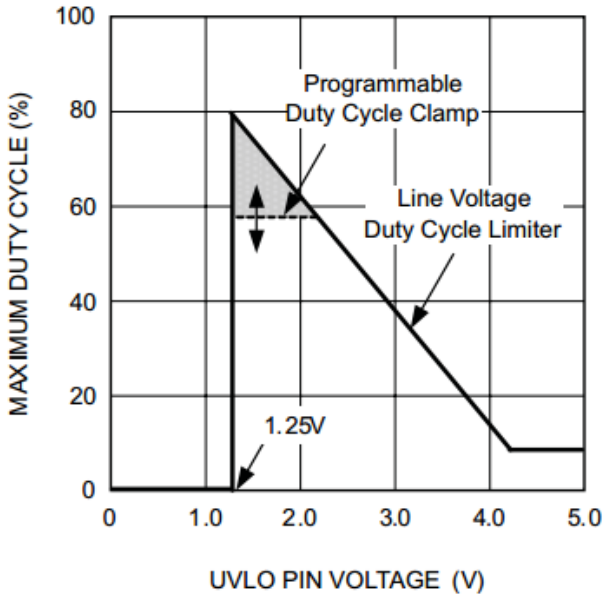


图 4 最大占空比与 UVLO 电压的关系

➢ 软启动/软关断

软启动电路允许系统缓慢达到稳态工作点，从而降低启动应力和电流浪涌。通电后，SS 引脚首先在内部被拉到地。当 UVLO、VCC 和 REF 引脚达到其工作阈值时，SS 脚被释放并以 50μA 电流源充电。COMP 脚电压随着 SS 电压上升，当 SS 电压达到 1.4V 时，输出脉冲开始缓慢增加占空比。SS 引脚的电压继续升高，最终增加至 5V 左右，而 PWM 比较器处的电压增加至电压反馈环路稳定调节所需的值。

如果 UVLO 引脚电压低于 1.25V 待机阈值但高于 0.4V 关机阈值，则 50μA 的 SS 引脚电流源被禁用，以 50μA

电流对软启动电容放电。随着 SS 电压下降并限制 PWM 比较器输入，PWM 占空比将逐渐降至零，软启动功能使功率转换器输出电压逐渐降低。输出滤波器的缓慢放电可防止变压器次级侧的自驱动同步整流器在关断期间发生振荡。

➢ 电流检测

CS 脚为脉宽调制器提供控制斜坡，并实现电流检测功能。如果 CS 输入端的检测电压超过 0.5 V，则当前周期终止，实现逐周期限流。

建议在 CS 脚加一个小的 RC 滤波器。CS 引脚有一个内部放电管，在每个周期结束时对电流检测滤波器电容放电，以改善动态性能。在每个主开关周期开始时，都存在 100ns 的 LEB 时间，以消除前沿尖峰导致的影响。

CSV3526B 的 CS 比较器速度非常快，可对短时噪声脉冲作出响应。布板时需要设置电流检测滤波器和检测电阻。与 CS 滤波器相关的电容必须放置在非常靠近芯片的位置，并直接连接到芯片引脚 CS 和 GND。如果使用变压器辅助绕组采样电流，辅助绕组的两条引线应连接至滤波器网络，滤波器网络也应靠近芯片。如果在主开关功率管 SOURCE 端对地设置电阻进行电流采样，则需要低电感类型的电阻。布板时，所有噪声敏感的低功率地应与芯片地连接在一起，而功率地（电流采样地）应单独连接。

➢ 打嗝模式重启

CSV3526B 集成打嗝模式保护功能，在反复检测到过流时强制延迟重启（打嗝模式）。触发重启所需的逐周期过流保护的次数可通过 RES 引脚上的外部电容进行控制。在每个 PWM 循环期间，CSV3526B 从 RES 引脚电容中产生或吸收电流。如果在循环期间未检测到过流，则启用 10μA 放电电流对 RES 上的电容进行放电。如果检测到过流，则 10μA 电流源使 RES 引脚处的电压逐渐升高。在长时间过载情况下，当 RES 引脚处的电压升高时，CSV3526B 通过逐周期限流保护功率转换器。如果 RES 电压达到 2.5V 阈值，则发生以下重启顺序（见图 5）：

- RES 电容和 SS 电容完全放电。
- 软启动电流源从 50μA 降至 1μA
- SS 电容电压缓慢增加。当 SS 电压达到 1.4 V 时，PWM 比较器将产生第一个输出脉冲。第一个脉冲发生后，SS 电源电流恢复到正常的 50μA 水平。SS 电压以其正常速率逐渐增加，从而增加输出端的占空比。
- 如果重启后过载情况依然存在，则逐周期限流将导致 RES 电容上的电压再次升高，重复打嗝模式。
- 如果重启后过载条件不再存在，RES 引脚将被 10μA 电流下拉到地，并恢复正常工作。

打嗝保护功能非常通用，也可配置为以下保护模式：

1. 仅逐周期限流：通过将 RES 引脚连接到 AGND，可以完全禁用打嗝模式。在此过程中，逐周期保护将无限期限制输出电流，不会出现打嗝序列。
2. 仅打嗝：RES 开路，检测到过载立即进入重启状态。
3. 延迟打嗝：这是最常见的状态，在启动打嗝模式重启之前，先进行一段时间的逐周期限流保护。这种状态

的优点是短期过载条件不会导致打嗝模式重启，但是在长时间过载条件下，功率转换器的平均损耗将非常低。

4. 外部控制打嗝：RES 引脚也可用作输入。通过外部驱动 RES 引脚至高于 2.5 V 打嗝阈值的水平，芯片将被迫进入延迟重启序列。如果 RES 引脚用作输入，则驱动源的电流应限制在 5 mA 以下。例如，延迟重启序列的外部触发器可能来自过温保护电路。

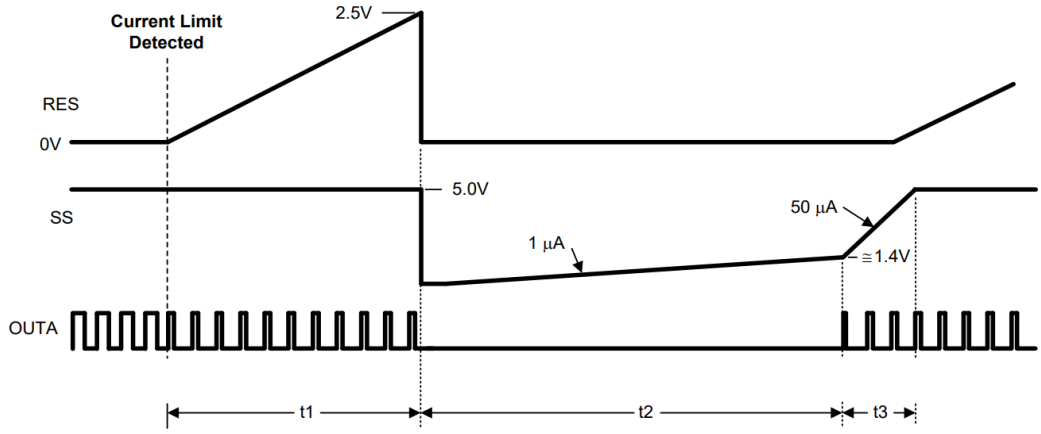


图 5 打嗝过载重启定时

➢ 振荡器和同步功能

CSV3526B 的振荡器频率由连接在 RT 引脚与 GND 之间的外部电阻设置。对设定所需的振荡器频率（F），RT 电阻可由下式估算：

$$RT = \frac{1}{F \times 167 \times 10^{-12}}$$

RT 电阻应位于非常靠近芯片的位置，并直接连接至引脚 RT 和 AGND。

同步引脚可用于将内部振荡器与外部时钟同步。同步接法如图 6 所示。外部时钟脉冲宽度必须大于 15nS，频率必须高于 RT 电阻设置的振荡频率。

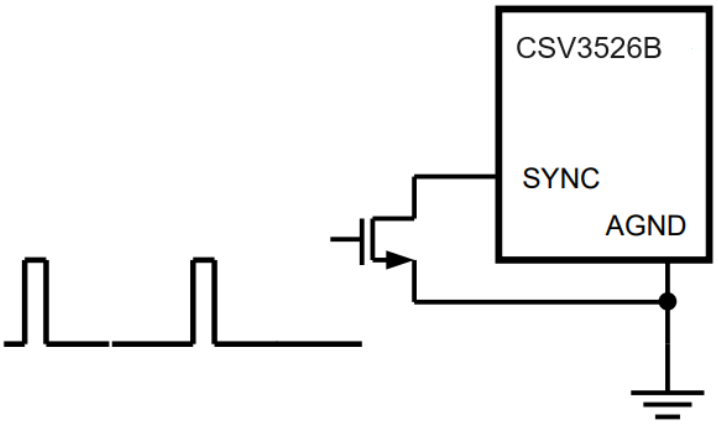


图 6 外部时钟同步

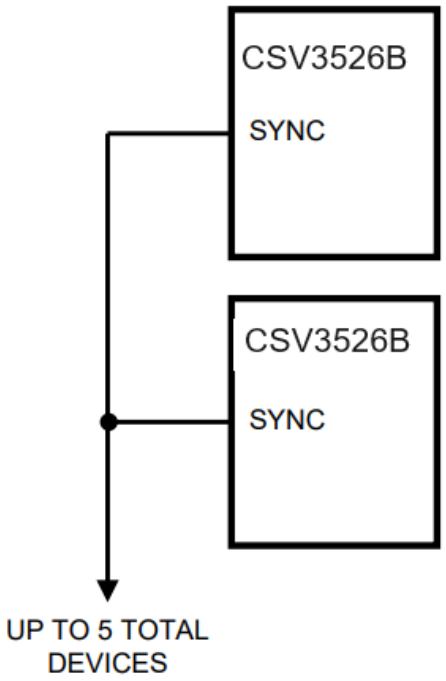


图 7 多芯片频率同步

如图 7 所示，只需将芯片同步引脚连接在一起，即可实现多个 CSV3526B 的频率同步。注意确保芯片之间的接地电位差最小化。在此设置中，所有芯片将与最高频率芯片同步。振荡器和同步电路的内部框图如图 8 所示。同步引脚是一个 CMOS 缓冲器，其上拉电流限制为 200μA。如果外部设备在内部振荡器斜坡完成其充电周期之前将同步引脚强制降低，斜坡将重置，另一个周期开始。如果多个 CSV3526B 的同步引脚连接在一起，拉低的第一个同步引脚将重置所有其他芯片的振荡器斜坡。使用同步功能进行同步时，所有芯片将同相运行。使用此技术最多可以同步五个 CSV3526B。

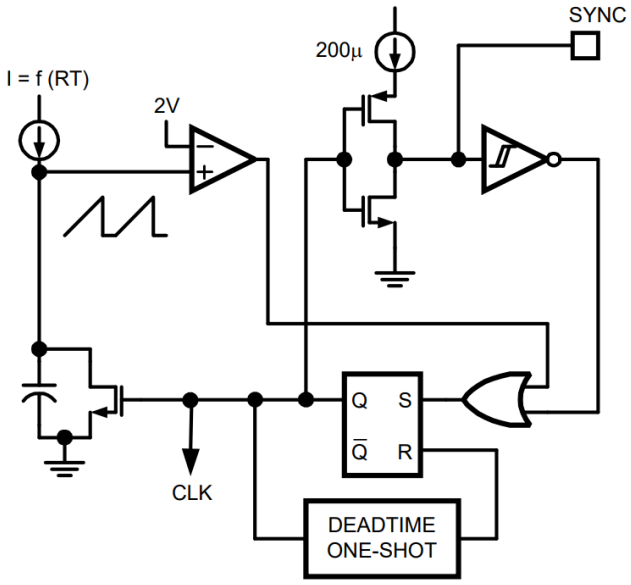


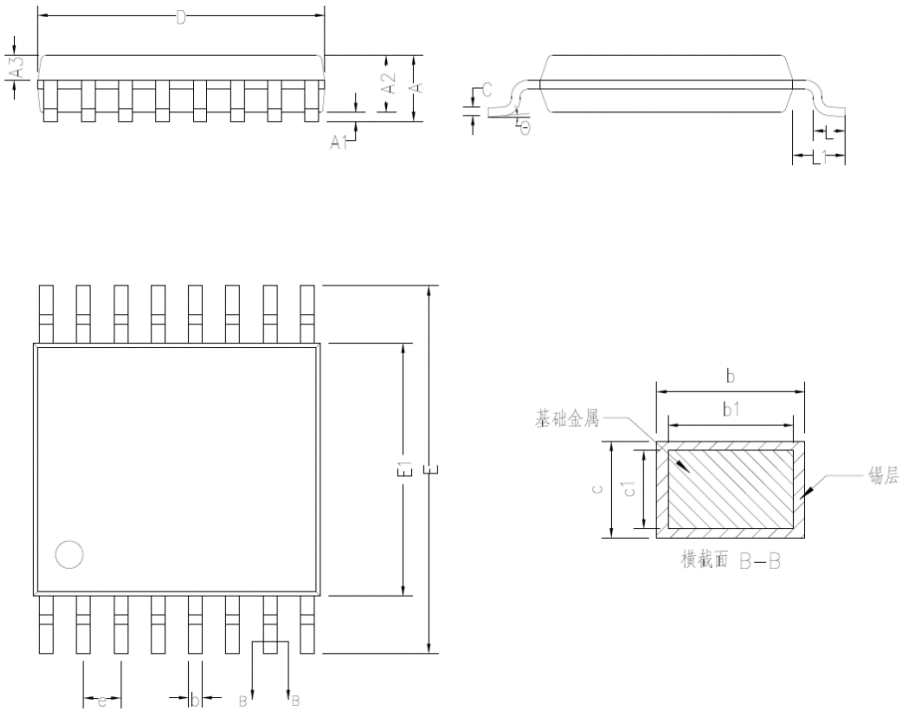
图 8.振荡器同步输入/输出框图

➢ 过温保护

芯片内部集成过温保护功能，可以避免因结温过高而导致芯片烧毁。当结温超过 165℃，芯片进入低功率状态，输出和偏置被禁用。当结温低于 140℃后，芯片重新启动。

封装外形图

TSSOP16



符号	单位(毫米)		
	最小值	常规值	最大值
A	–	–	1.20
A1	0.05	–	0.15
A2	0.90	1.00	1.05
A3	0.39	0.44	0.49
b	0.20	–	0.28
b1	0.19	0.22	0.25
c	0.13	–	0.17
c1	0.12	0.13	0.14
D	4.90	5.00	5.10
E	6.20	6.40	6.60
E1	4.30	4.40	4.50
e	理论值0.65		
L	0.45	0.60	0.75
L1	参考值1.00		
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。