

100V有源钳位电流模式PWM控制器

主要特色

- 输入电压范围：9V至100V
- 3A主开关栅极驱动
- 可编程调节欠压锁存
- 电流模式控制
- 电阻调节最大频率为1Mhz
- 外部同步频率
- 多功能过流保护模式
- 可编程软启动
- 可编程最大占空比
- 可编程延时主开关和钳位开关间隔
- 热保护
- 采用TSSOP16封装(4.40mmx5.00mm)
- 精准5V电压源

应用范围

- 服务器电源
- 锂电池管理
- 高效率DC-DC电源
- 汽车工业电源

简要描述

BT®5026 通过有源钳位复位技术优化电流模式控制器的所有功能。相比于常规绕组和RDC钳位技术，有源钳位方案具备更高的效率和功率密度。BT5026 提供两个驱动输出，一个主控制开关(OUTA)和一个有源钳位复位开关(OUTB)。驱动控制开关可以应用在 PMOS 和 NMOS 两种类型场合。可实现 8V 到 100V 的宽输入电压。辅助功能包括——最大占空比调节，欠压锁存，周期性峰值电流限制，可编程延时打嗝模式，斜坡补偿，软启动，精准电压源，温度保护等。同时提供一个最大可同步 1MHz 频率 I/O 口。

典型应用

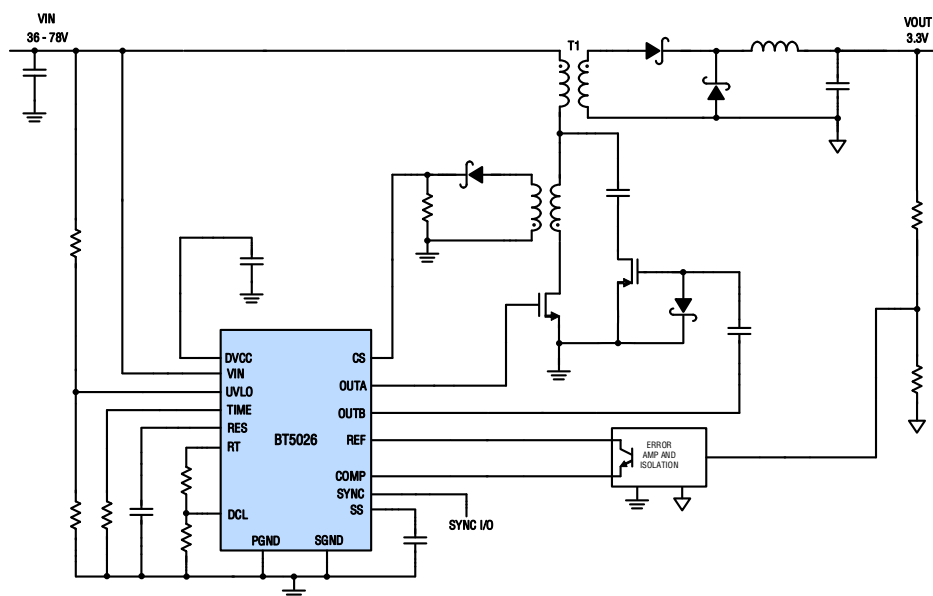


图 1 典型应用

额定极限

VIN 耐压.....	105V	COMP 输入电流	3mA
VCC 耐压.....	16V	其他引脚耐压	5.5V
UVLO 耐压.....	7V	工作结温.....	-40℃ to 150℃
CS 耐压.....	1V	存储温度.....	-65℃ to 150℃

引脚配置

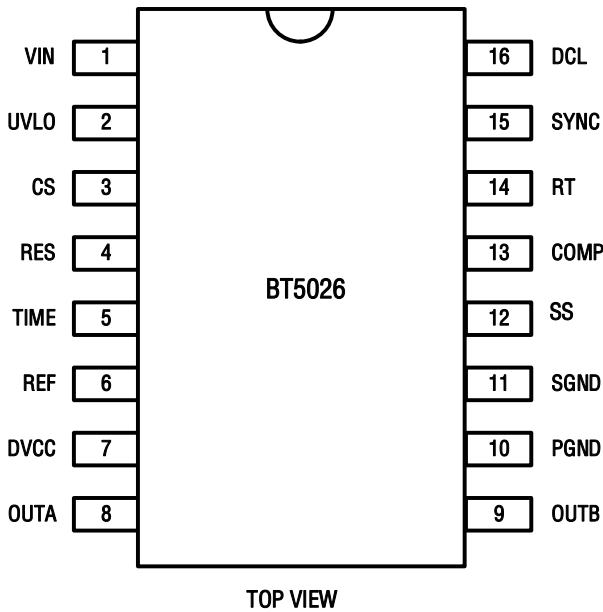


图 2 BT5026 TSSOP16 封装的引脚配置

引脚功能

VIN: 输入供电电源。工作电压 9V-100V，瞬态可容许电压 105V。外部供电电压超过工作范围时，VIN 可通过外部低压设计和 VCC 连接。

UVLO: 欠压锁存。通过外部分压可实现关机和备用电源状态。当 UVLO 电压超过 0.5V 时，VCC 和 REF 电压正常工作。当 UVLO 电压超过 1.25V 时，芯片正常工作。

CS: 电流检测和峰值电流限制。如果 CS 电压超过 0.5V，驱动开关波形被终止，进入周期性电流限制模式。每个周期 CS 检测间断时间为 100ns，消除边沿尖峰的干扰。

RES: 重启时间。如果进入周期性电流限制，RES 引脚会流出 10μA 电流到电容。当 RES 电压达到 2.5V 时，软启动电容放电，然后 SS 引脚上拉电流为 1μA。当 SS 电压到达 1.4V，SS 上拉电流重新恢复为 50 μA。

TIME: 驱动输出交叠或死区时间控制。通过一个外置电阻调节交叠或死区时间，当 TIME 连接电阻到地时，设置 OUTA 和 OUTB 的交叠时间；当 TIME 连接电阻到 REF 时，设置 OUTA 和 OUTB 的死区时间。

REF: 5V 精准电压源。最大输出电流 20mA。外接 0.1μF 电容到地。

DVCC: 高压启动电压源。DVCC 电压设置为 7.6V。也可以通过外部不超过 15V 的电源给 DVCC 供电以减少芯片的功耗。

OUTA: 主驱动输出。可实现最大峰值输出电流 3A 以驱动 MOS 栅极。

OUTB: 有源钳位驱动输出。实现最大峰值输出电流 1A 以驱动 MOS 栅极。

PGND: 功率 GND。

SGND: 模拟 GND。

SS: 软启动。通过外置电容到地和充电电流 50μA 设置软启动时间。发生重启事件后充电电流变为 1μA。芯片欠压待机时，放电电流为 50μA。

COMP: PWM 调控。外置光耦通过 COMP 提供电流源到内部的镜像电流镜。当输入电流为零时，占空比为最大。当输入电流为 1mA 时，占空比为零。

RT: 设置频率。RT 引脚的偏压为 2V。通过外接电阻到地设置内部振荡器频率。

SYNC: 同步频率。通过一个下拉器件实现外部时钟信号同步内部的频率。

DCL: 最大占空比调节。可以通过一个外置分压电阻连接到 RT 引脚设置 OUTA 的最大占空比。

订购信息

器件型号	订货型号	封装	最小包装	工作结温	器件标记
BT5026	BT5026#TRPBF	TSSOP16	4000	-40℃ to 150℃	BT5026
BT5026	BT5026#TPBF	TSSOP16	95	-40℃ to 150℃	BT5026

联系电话: +86-400-833-2598 邮箱: sales@batelab.com 网址: <http://www.batelab.com>

参数指标

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入启动电源					
DVCC 电压	无负载	7.1	7.4	7.7	V
DVCC 输出限流		20	25		mA
VIN 关机电流	UVLO=0V,VIN=100V			100	μA
VIN 待机电流	UVLO=1V,VIN=100V		3	3.2	mA
DVCC 欠压阈值(fall)			6.2	6.4	V
DVCC 欠压阈值(rise)			7.4	7.6	V
DVCC 供电电流	C _{gate} =0,UVLO=1.3V			2.8	mA
精准 5V 电源					
REF 电压		4.85	5	5.15	V
REF 负载电压变化	I _{REF} =0 to 10mA		25	50	mV
REF 输出限流		18	20		mA
欠压锁存					
UVLO 关机阈值		0.3	0.4	0.5	V
UVLO 关机迟滞电压			0.1		V
UVLO 待机阈值		1.21	1.25	1.29	V
UVLO 待机电流阈值		16	20	24	μA

BT5026

开关限流

周期性峰值限制电压		0.45	0.5	0.55	V
ILIM 延时	CS 从 0 升到 5V, OUT 变化 90% ($C_{gate}=0$)		40		ns
边缘尖峰延时		70	100	130	ns
CS 等效阻抗	$I_{CS}=10mA$		8		Ω

过流重启

RES 阈值		2.4	2.5	2.6	V
RES 放电电流		7.5	10	12.5	μA
RES 充电电流		7.5	10	12.5	μA

软启动

SS 充电电流		40	50	60	μA
SS 放电电流		40	50	60	μA
SS 重启电流		0.6	1	1.3	μA

振荡器

工作频率 1	$RT=30k\Omega$	180	200	220	kHz
工作频率 2	$RT=10k\Omega$	520	600	660	kHz
SYNC 充电电流		180	200	220	μA
SYNC 等效阻抗			8		Ω
SYNC 阈值电压			1.3		V
SYNC 最小脉冲时间		15			ns

PWM 控制

控制延时	CS=0 to 0.6V, OUTA low		40		ns
最小占空比	$I_{COMP}=1mA$			0	%
最大占空比 1	$UVLO=1.3V, COMP=open, VDCL=2.5V$		80		%
最大占空比 2	$UVLO=1.3V, COMP=open, VDCL=VRTX0.875$		70		%
最大占空比 3	$UVLO=2.92V, COMP=open, VDCL=2.5V$		40		%
SS to PWM 最小电压			1.4		V
COMP 等效阻抗			190		Ω
斜坡补偿		85	100	115	mV

驱动输出

OUTA 输出等效阻抗	MOS Device at $I_{out}=-10mA$		1.2	2	Ω
-------------	-------------------------------	--	-----	---	----------

OUTA 输入等效阻抗	MOS Device at I _{out} =10mA	0.85	1.8	Ω	
OUTA 峰值电流	MOS Device at DVCC/2	3		A	
OUTA 上升沿时间	C _{gate} =2.2nF	15		ns	
OUTA 下降沿时间	C _{gate} =2.2nF	15		ns	
OUTB 输出等效阻抗	MOS Device at I _{out} =-10mA	2.8	3.5	Ω	
OUTB 输入等效阻抗	MOS Device at I _{out} =10mA	2.3	3	Ω	
OUTB 上升沿时间	C _{gate} =1nF	17		ns	
OUTB 下降沿时间	C _{gate} =1nF	17		ns	
驱动输出时间调节					
交叠时间		70	100	130	ns
死区时间		70	100	130	ns
温度保护					
TSD		150	165		℃
温度迟滞			25		℃

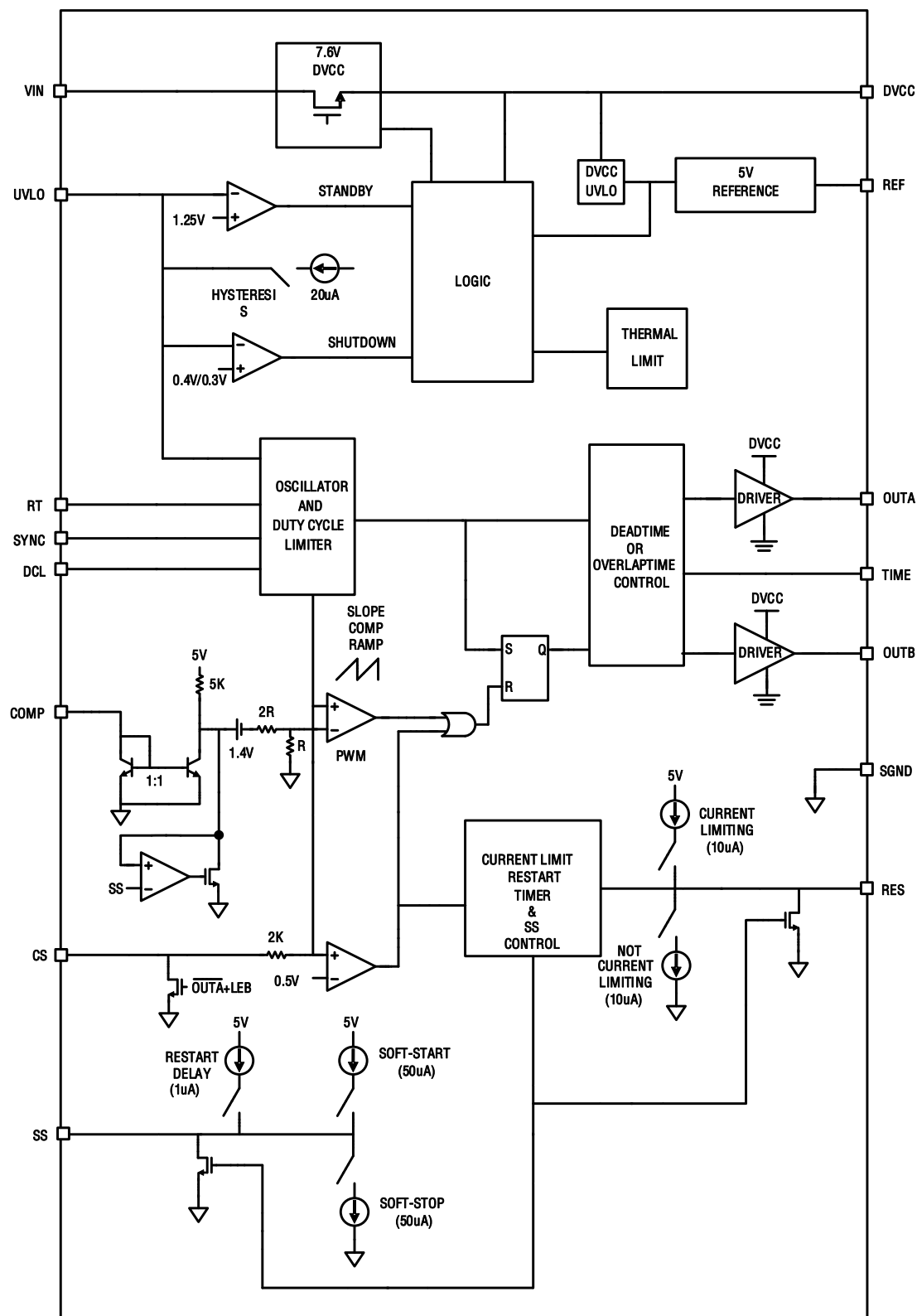


图 3 BT5026 原理框图

工作原理

BT5026 PWM 控制器包含了利用电流模式控制的有源箝位复位技术。与传统的第三绕组或 RDC 钳位复位技术相比，可以实现更高的功率密度。BT5026 提供两个控制输出，即主电源开关控制（OUTA）和有源箝位开关控制（OUTB），可以配置为驱动 P 通道或 N 通道箝位开关。这个主开关门驱动器提供优越的栅极驱动特性。BT5026 可配置在宽输入范围从 8V 到 100V 下工作。其他功能包括可编程的最大占空比，欠压闭锁，周期性峰值限流，带可调延迟的打嗝模式故障保护，PWM 斜坡补偿，软启动，1MHz 振荡器，具有同步输入和输出能力，精确电压源，热关机。

高压 LDO

BT5026 包含一个内部高压稳压器，输入引脚（VIN）连接 9-100V 作为电源。调节器输出（DVCC）内部电流限制为 20 mA。UVLO 大于 0.5 V 时，稳压器开始工作。DVCC 的推荐电容范围调节器 0.1 μ F 至 100 μ F。DVCC 调节器向内部基准 5V 电压，PWM 控制和栅极驱动模块供电。当 DVCC 引脚上的电压达到调节点为 7.4 V，内部参考电压（REF）达到其调节点 5 V，UVLO 电压大于 1.25V，芯片处于正常工作模式。在典型应用中，辅助变压器绕组通过二极管到 DVCC 引脚。该绕组必须将 DVCC 电压升高到 8 V 以上，以关闭内部稳压器。辅助绕组为 DVCC 供电可降低控制器功耗，提高效率。外部 DVCC 电容的大小必须确保在初始启动期间，稳压器将保持 DVCC 电压大于 6.2 V。在故障模式下变频器辅助绕组处于非活动状态，DVCC 线路上的外部电流应受到限制，以便启动调节器中的功耗不超过 IC 封装的最大功耗。通过将 DVCC 和 VIN 引脚连接在一起，并将外部偏置电源连接到这两个引脚，外部启动或偏置稳压器可代替内部启动稳压器工作。

欠压锁存

BT5026 包含一个双电平欠压锁定（UVLO）电路。当 UVLO 引脚电压低于 0.4V，控制器处于

低电流关闭模式。当 UVLO 引脚电压大于 0.4V 但小于 1.25 V 时，控制器处于待机状态。在待机模式下，DVCC 和 REF 电压调节器处于工作状态而控制器输出被禁用。当 DVCC 和 REF 输出超过 DVCC 和 REF 设定欠压阈值且 UVLO 引脚电压大于 1.25 V 时，控制器正常工作。VIN 到 GND 的外部分压设定控制器的工作范围。分压器的设计必须确保当 VIN 处于所需的工作范围时，UVLO 引脚上的电压大于 1.25 V。UVLO 的迟滞是通过内部 20 μ A 电流输出到外部分压电阻控制。当 UVLO 阈值为超过 1.25V 时，控制器开始工作，并立即提高 UVLO 引脚的电压。当 UVLO 引脚电压降到 1.25 伏阈值以下时，控制器关闭，UVLO 引脚处的电压迅速拉低。0.4V 关机比较器的滞后固定为 100mV。UVLO 引脚还可用于实现各种远程启用和禁用功能。UVLO 低于 0.4V 完全禁用控制器。将 UVLO 引脚电压拉至 1.25V 和 0.4V 之间将控制器置于待机状态，VCC 和 REF 调节器工作。当强制关闭控制器到待机状态，UVLO 引脚提供芯片软停止功能。控制器输出在待机模式下，软启动 SS 电容以 50 μ A 的电流放电。这样逐渐减少 PWM 占空比为零，提供了一个缓慢的控制放电系统。这种可控放电有助于关断期间，避免同步整流器自驱动的失控行为。

PWM 输出

主开关门驱动 OUTA 和有源箝位驱动 OUTB 可适用于多种应用。对于接地 PMOS 开关的有源钳位设计，两个输出应同相，有源箝位输出与主输出重叠。对于高压 NMOS 开关的配置，有源箝位输出应与主输出反相，两个栅极驱动脉冲之间应该有一个死区时间。一个显著的特点是 BT5026 能够准确设置门驱动的死区时间（均为关）或重叠时间（均为开）输出。重叠/死区时间大小由连接到 TIME 引脚的电阻值（RSET）控制。电阻器的另一端可以连接到 REF 控制死区时间，也可以连接到 GND 控

BT5026

制重叠时间。重叠和死区时间可以由下面公式计算：

$$\text{Overlaptime} = 2.8 \times R_{\text{SET}} + 2$$

$$\text{Deadtime} = 2.9 \times R_{\text{SET}} + 14$$

- R_{SET} in $k\Omega$
- Time in ns

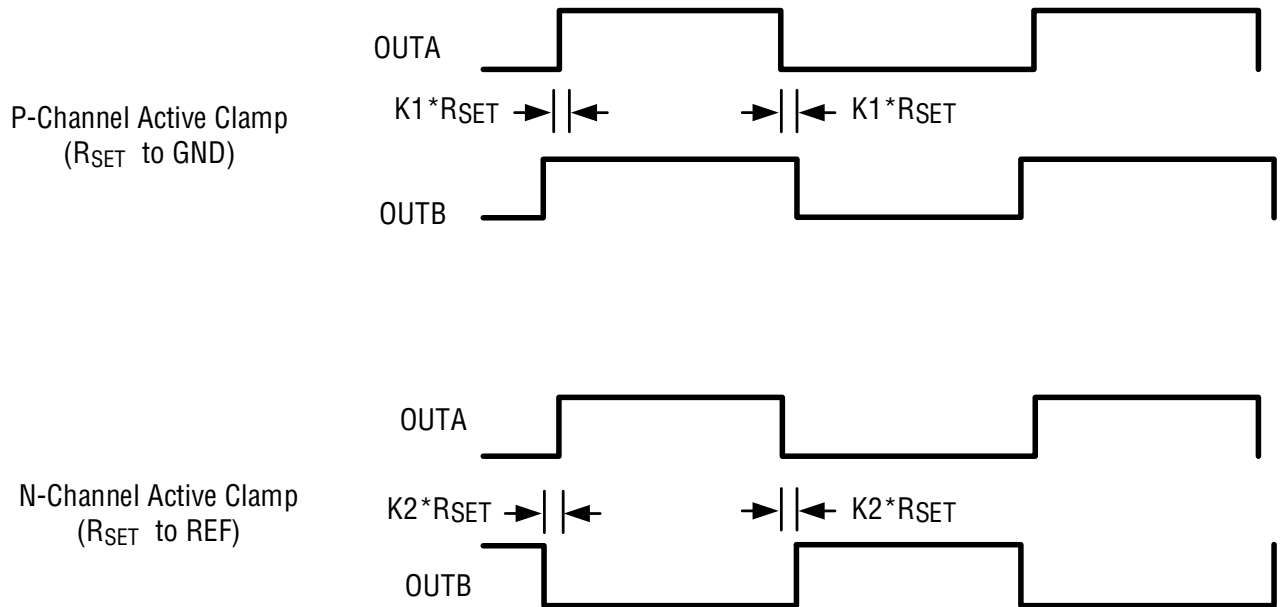


图 4

PWM 斜坡补偿

PWM 比较器根据电流检测的斜坡信号来调节控制器输出的脉冲宽度误差信号。该比较器对速度进行了优化，以达到最小占空比调控。环路误差信号以控制电流的形式输入控制器的 COMP 引脚。COMP 控制电流由匹配的 NPN 晶体管对内部镜像，NPN 晶体管的电流通过 $5k\Omega$ 电阻连接到 5V 基准电压。产生的误差信号通过 1.4V 电平转移和 3:1 的电阻分压之后，再应用于脉冲宽度调制器。光耦检测器可以

连接在 REF 引脚和 COMP 引脚之间。因为 COMP 是通过电流输入控制，所以通过光耦检测器的电位差几乎是恒定的。这个解决了光耦等效电容引入的带宽限制，相位延迟大大减少了。因为影响带宽的光耦极点现在在一个更高的频率处，可以实现更大的系统环路带宽。PWM 比较器在没有电流进入 COMP 引脚的情况下，控制器的主驱动 OUTA 以最大占空比输出。

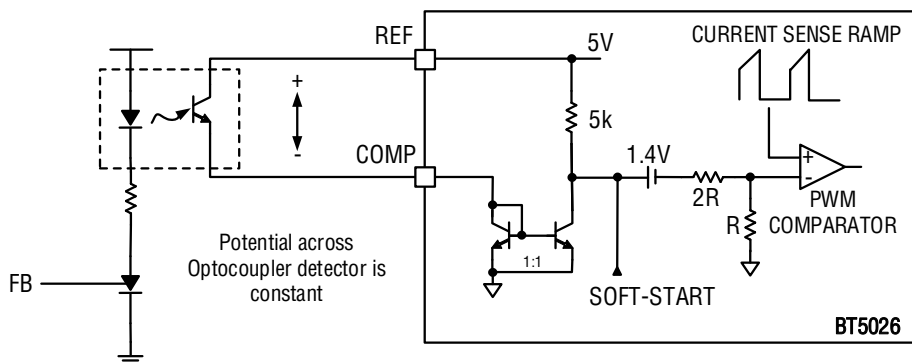


图 5

最大占空比调节

为了限制有源钳位的电压应力，必须控制有源钳位复位 PWM 控制器的最大占空比。MOSFET 的最大漏源极电压和最大 PWM 占空比的关系式：

$$V_{ds(max)} = \frac{V_{IN}}{1-D(max)}$$

主输出（OUTA）占空比通常由来自 COMP 引脚的外部反馈电路的电流控制。当反馈要求来自转换器进行最大输出时，占空比循环将由 BT5026 中的两个电路之一限制：用户可编程占空比钳位和电压相关占空比限制器，它与输入电压 VIN 成反比变化。可编程占空比钳位通过设置 DCL 电压，最大允许占空比 DCL

引脚值 2 V。设置 DCL 引脚电压的推荐方法是使用电阻分压从 RT 引脚连接到 SGND。RT 引脚处的电压在内部调节至 2 V，而来自 RT 引脚的电流设置振荡器频率。主输出驱动器的最大占空比也受 UVLO 引脚上的电压调节，通常与 VIN 成比例。控制器输出被禁用，直到 UVLO 引脚电压超过 1.25 V。在最小工作电压下（当 UVLO=1.25 V 时），最大负载循环从 DCL 引脚电压编程的占空比箝位电平（80%或更低）开始。线性电压随着 UVLO 电压的增加，最大占空比线性减小，如图所示。最终，主输出的占空比被控制到以下三个变量中的最小值：PWM 比较器、可编程最大占空比钳位或线性电压控制的周期相关占空比限制器。

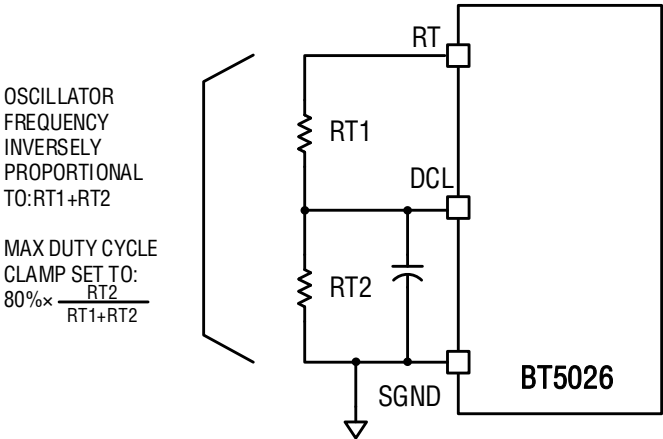


图 6

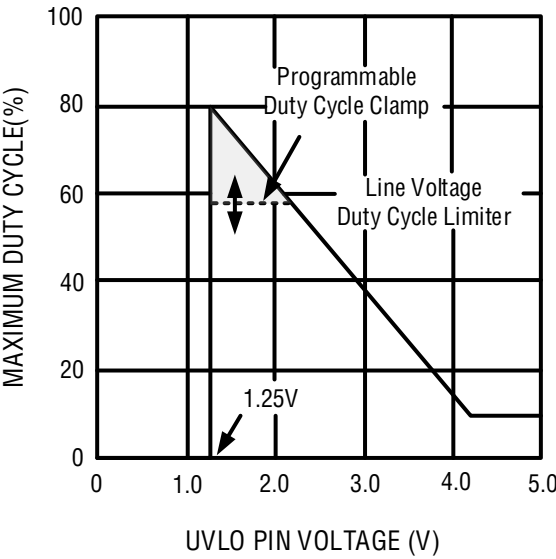


图 7

软启动和软停止

软启动电路使调节器逐渐达到稳态工作点，从而减少启动应力和电流浪涌。接通后，SS 引脚电容器由内部开关放电。当 UVLO、VCC 和 REF 引脚达到其工作阈值，SS 电容器开始充电 50 μ A 电流。PWM 比较器控制电压被钳位在 SS 引脚电压上。PWM 输入时达到 1.4 V，输出脉冲开始缓慢增加占空比。SS 引脚处的电压最终增加到 5 V，而 PWM 比较器上的电压增加到调节所需的值由电压反馈回路确定。如果 UVLO 引脚电压低于 1.25V 待机阈值，但高于 0.4V 停机阈值，则 50 μ A SS 引脚充电电流被禁用，软启动电容 50 μ A 电流开启放电。随着 SS 电压下降并钳位 PWM 比较器输入，PWM 占空比将逐渐降至零。这个软启动特性会逐渐降低功率转换器输出电压。输出的这种逐渐放电电路可防止变压器二次侧自驱动同步整流器在关闭期间发生振荡。

检流和限流

CS 输入为脉宽调制器和过载电流极限检测提供控制斜坡保护。如果 CS 比较器上的检测电压超过 0.5 V，则当前周期终止（逐周期电流限制模式）。一个小 RC 滤波器，位于控制器附近，建议用于 CS 输入引脚。内部场效应管连接到 CS 输入，在每个周期结束时对电流检测滤波电容放电，以改善动态性能。在每个主开关循环开始时，保持开启时有额外的 100 纳秒延时电流检测，以消除信号中的前沿尖峰。CS 比较器速度很快，可以对短时噪声脉冲作出响应。布局注意事项包括对电流检测滤波器和检测电阻器至关重要。必须放置与 CS 滤波器相关的电容器非常接近设备，并直接连接到 BT5026 的引脚（CS 和 SGND 引脚）。如果使用变压器，变压器次级的两根引线都应连接到滤波网络，滤波网络应靠近 IC。如果使用位于主开关 MOSFET 源中的检测电阻器，需要一个低电感类型的电阻器。当设计电流检测电阻器时，所有对噪声敏感的低功率接地连接，要与 SGND 进行单线连接。

过流保护

BT5026 提供了一个电流限制重启计时器，以禁用输出并强制延迟重新启动（hiccup 模式）如果反复检测到电流限制条件。所需的循环电流限制事件数触发重启可通过 RES 引脚的外部电容器进行编程。在每个 PWM 循环期间 BT5026 可从 RES 引脚向电容器汇入电流。在正常工作时，10 μ A 放电电流可将 RES 引脚固定为零电位。如果检测到电流限制，则 10 μ A 放电电流被禁用，10 μ A 充电电流使 RES 引脚处的电压逐渐升高。如果过载条件延长，BT5026 进入逐周期电流限制模式，同时 RES 引脚电压增加。如果 RES 电压达到 2.5 V 阈值，则进行如下重新启动顺序（见图 8）：

- RES 电容器和 SS 电容器迅速放电。
- 软启动电流源从 50 μ A 减少至 1 μ A
- SS 电容器电压缓慢升高。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 充电电流源恢复到正常 50 μ A 水平。SS 电压在正常升高下，逐渐增大输出驱动器的占空比
- 如果重新启动后过载条件依然存在，则逐周期电流限制将导致 RES 上的电压电容器再次增加，重复 hiccup 模式顺序。
- 如果重新启动后过载状态不再存在，RES 引脚将由 10 μ A 放电电流固定在零电位，芯片正常工作。过载定时器功能非常通用，可配置为以下保护模式：

1 仅循环：通过将 RES 引脚连接到 SGND，可以完全禁用 hiccup 模式。在这种配置，逐周期保护将无限限制输出电流，且不会出现打嗝模式。

2 仅限打嗝：计时器可配置为在检测到过流情况时立即激活打嗝模式（RES 引脚悬空）。

3 延迟性打嗝：如前所述，最常见的配置是编程延时时间。在启动打嗝模式重新启动之前，先进行逐周期电流限制。

4 外部控制打嗝：RES 引脚也可作为输入控制。通过外部控制驱动 RES 到电平大于 2.5V hiccup 阈值，控制器将被迫进入延迟重启顺序。

如果 RES 引脚用作输入，则驱动源的电流应限制在 5 mA 以下。否则，延迟重新启动功能的外部触发模式可能会出现过热保护。

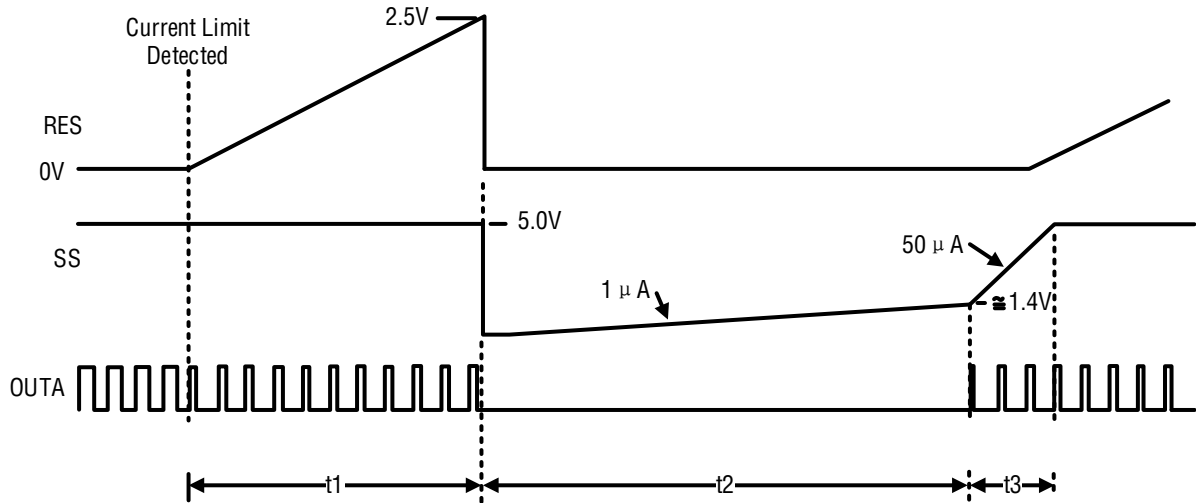


图 8

同步频率

RT 电阻器应位于离设备非常近的位置，并直接连接到 IC 的引脚（RT 和 SGND）。振荡器的频率 F 和 R_T 的关系为：
$$R_T = \frac{1}{F \times 167 \times 10^{-12}}$$

同步引脚 SYNC 可将内部振荡器与外部时钟同步。SYNC 是外部时钟与 BT026 同步引脚之

间的推荐接口，如图 9 所示。这个时钟脉冲宽度必须大于 15 纳秒。外部时钟频率必须高于内部 RT 电阻设定的时钟频率。

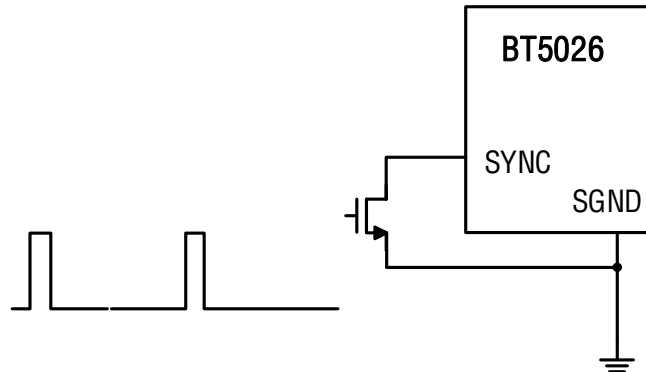


图 9

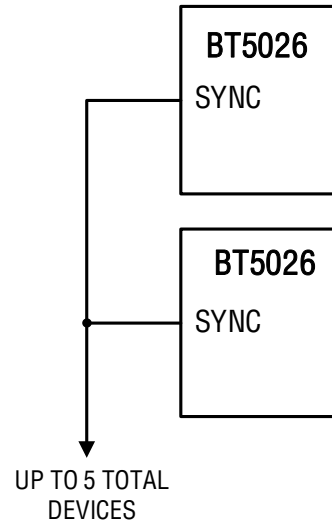


图 10

多个 BT5026 可以同步在一起，只需将设备同步引脚连接在一起，如图 10 所示。注意确保设备之间的接地电位差最小化。在这个配置设计下，所有设备将同步到最高频率。内部振荡器和同步电路的设计如图 22 所示。同步 I/O 引脚是一个带有上拉电流限制为 $200\mu\text{A}$ 。如果

外部设备在内部振荡器斜坡完成充电循环之前强制同步引脚处于低位，斜坡将复位，另一个循环开始。如果多个 BT5026 设备连接在一起，第一个同步引脚拉低将重置所有设备的振荡器斜坡。使用 I/O 功能同步时，所有控制器将同相运行。最多 5 个 BT5026 设备可以使用这种技术进行同步。

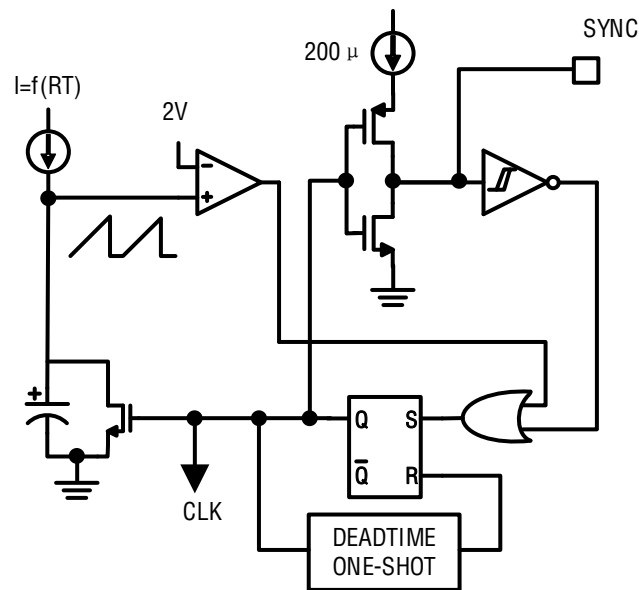


图 11

封装信息

