

## CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

一款 1.5A, 260 KHz 和 520KHz, 带有外部偏置或同步功能的低电压降压转换器。

CS5141X 系列产品是 1.5A 的降压转换器。这类器件是以固定频率 260KHz 和 520KHz 工作的。它们使用 V<sup>2</sup>™ 控制结构来提供无与伦比的瞬时反应, 这对于如今的高速逻辑器件来说是最好的全局调整控制, 也是最简单的环路补偿。这些产品的输入电压为:4.5V 到 40V。

CS51411 和 CS51413 带有同步电路系统。为了提高效率, 尤其是在高输入电压, 低负载的情况下, CS51412 和 CS51414 能够选择从 3.3V 到 6.0V 的外部电源启动控制器。

内部集成的 NPN 晶体管能够提供最小值为 1.5A 的输出电流, 为了确保饱和, 通过一个外部的“boost”电容偏置, 这样就可以使芯片内部的电源损耗最小化。保护电路系统包括热关断, 逐周期电流限制和频率折返。CS51411 和 CS51413 与 LT1375 在功能上是引脚兼容的。而 CS51412 和 CS51414 与 LT1376 在功能上是引脚兼容的。

### 特点:

- V<sup>2</sup> 结构提供超快速瞬时反应, 提高了调整能力和简化了设计。
- 误差放大器参考电压精度为 2.0%
- 在短路情况下, 开关频率减少为正常频率的 1/4 以减少电源损耗
- BOOST 引脚允许进行“Bootstrapped”操作以得到最大效率
- 同步功能可使电源并行工作或使噪音最小
- 关闭引脚提供电源关断功能
- 电源关断时静止电流为 85 μA
- 热关断
- 软启动
- 与 LT1375 和 LT1376 引脚兼容



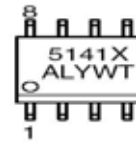
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



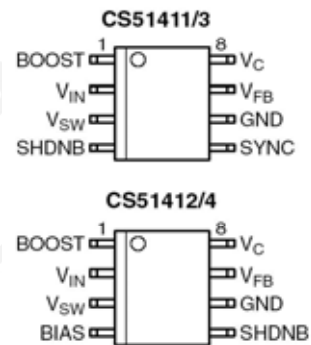
SO-8  
D SUFFIX  
CASE 751

### 分布图



X	=1, 2, 3 或 4
A	=装配区域
WL, L	=晶元
YY, Y	=年
WW, W	=工作周期
T	=温度范围, E 或 G

### PIN CONNECTIONS



### 订购信息

详细的订购、运输信息在本数据手册的第 14 页

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

产品选型指南:

型号	频率	温度范围	偏置/同步
CS51411E	260kHz	-40°C到 85°C	同步
CS51411G	260kHz	0°C到 70°C	同步
CS51412E	260kHz	-40°C到 85°C	偏置
CS51412G	260kHz	0°C到 70°C	偏置
CS51413E	520 kHz	-40°C到 85°C	同步
CS51413G	520 kHz	0°C到 70°C	同步
CS51414E	520 kHz	-40°C到 85°C	偏置
CS51414G	520 kHz	0°C到 70°C	偏置

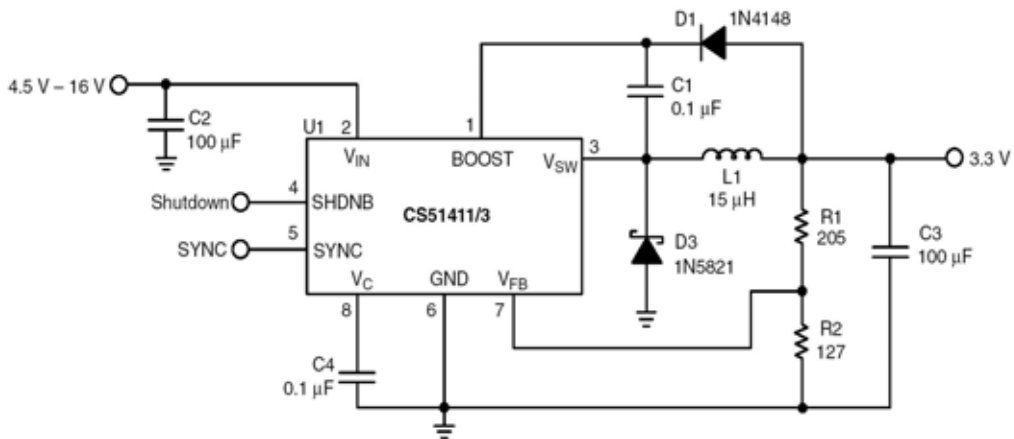


图 1. 应用图表, 4.5V - 16V 到 3.3V @ 1.0A 转换器

最大额定值:

额定值	值	单位
工作时结温范围	-40 to 150	°C
引脚的焊接温度	峰值 230	°C
贮藏的温度范围	-65 to + 150	°C
ESD 最大值 (人体模式)	2.0	kV

1. 183°C以上最大值 60 秒
- \* 必须注意最大的封装功耗

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

最大额定值:

引脚名	最大电压	最小电压	源电流	反向电流
$V_{IN}$	40V	-0.3V	N/A	4.0A
BOOST	40V	-0.3V	N/A	100mA
$V_{SW}$	40V	-0.6V/-1.0V, $t < 50\text{ns}$	4.0A	10 mA
$V_C$	7.0 V	-0.3 V	1.0 mA	1.0 mA
SHDNB	7.0 V	-0.3 V	1.0 mA	1.0 mA
SYNC	7.0 V	-0.3 V	1.0 mA	1.0 mA
BIAS	7.0 V	-0.3 V	1.0 mA	50 mA
$V_{FB}$	7.0 V	-0.3 V	1.0 mA	1.0 mA
GND	7.0 V	-0.3 V	50 mA	1.0 mA

电特性 (-40°C <  $T_j$  < 125°C (CS51411E/2E/3E/4E); -40°C <  $T_A$  < 85°C (CS51411E/2E/3E/4E); 0°C <  $T_A$  < 70°C (CS51411G/2G/3G/4G), 4.5V <  $V_{IN}$  < 40V; 除非另有说明。)

特性	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>振荡器</b>					
工作频率	CS51411/CS51412	224	260	296	KHz
工作频率	CS51413/CS51414	446	520	594	KHz
频率线性调整	—	—	0.05	0.15	%/V
最大占空比	—	85	90	95	%
$V_{FB}$ 频率折返门阀	—	0.29	0.32	0.36	V

脉宽调制比较器

斜率补偿电压	CS51411/CS51412, Fix $V_{FB}$ , $\Delta V_C / \Delta T_{ON}$ CS51413/CS51414	8.0 25	17 50	26 75	mV/μs mV/μs
最小输出脉冲宽度	CS51411/CS51412, $V_{FB}$ to $V_{SW}$ CS51413/CS51414, $V_{FB}$ to $V_{SW}$	— —	150 —	300 230	ns ns

功率开关

电流限制	$V_{FB} > 0.36\text{V}$	1.6	2.3	3.0	A
折返电流	$V_{FB} < 0.29\text{V}$	0.9	1.5	2.1	A
饱和电压	$I_{OUT} = 1.5\text{A}, V_{BOOST} = V_{IN} + 2.5\text{V}$	0.4	0.7	1.0	V
电流限制延迟	Note 2	—	120	160	ns

误差放大器

内部参考电压	—	1.244	1.270	1.296	V
参考 PSRR	Note 2	—	40	—	dB
FB 引脚输入偏置电流	—	—	0.02	0.1	μA
输出源电流	$V_C = 1.270\text{V}, V_{FB} = 1.0\text{V}$	15	25	35	μA
输出反向电流	$V_C = 1.270\text{V}, V_{FB} = 2.0\text{V}$	15	25	35	μA
输出高电压	$V_{FB} = 1.0\text{V}$	1.39	1.46	1.53	V
输出低电压	$V_{FB} = 2.0\text{V}$	5.0	20	60	mV
统一增益带宽	Note 2	—	500	—	kHz
开环运放增益	Note 2	—	70	—	dB
运放跨导	Note 2	—	6.4	—	mA/V

2. 设计保证，生产中并非 100% 经过测试

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

电特性(续) (-40°C < T<sub>J</sub> < 125°C (CS51411E/2E/3E/4E); -40°C < T<sub>A</sub> < 85°C (CS51411E/2E/3E/4E); 0°C < T<sub>A</sub> < 70°C (CS51411G/2G/3G/4G), 4.5V < V<sub>IN</sub> < 40V; 除非另有说明。)

特性	测试条件	最小值	类型	最大值	单位
----	------	-----	----	-----	----

同步

同步频率范围	CS51411/CS51412	305	—	470	kHz
同步频率范围	CS51413/CS51414	575	—	880	kHz
同步引脚偏置电流	V <sub>SYNC</sub> =0V	—	0.1	0.2	μA
	V <sub>SYNC</sub> =5.0V	250	360	460	μA
同步门槛电压	—	1.0	1.5	1.9	V

关断

关闭门槛电压	—	1.0	1.3	1.6	V
关闭引脚偏置电流	V <sub>SHDNB</sub> =0V	0.14	5.00	35	μA

热关闭

超温故障点	Note 3	175	185	195	°C
热关闭滞后	Note 3	—	42	—	°C

常规特性

静止电流	I <sub>SW</sub> =0A	3.0	4.0	6.25	mA
关闭静止电流	V <sub>SHDNB</sub> =0V	8.0	20	85	μA
“Boost”脚工作电流	V <sub>BOOST</sub> -V <sub>SW</sub> =2.5V	6.0	15	40	mA/A
最小 Boost 电压	Note 3	—	—	2.5	V
启动电压	—	2.2	3.3	4.4	V
最小输出电流	—	—	7.0	12	mA

3. 设计保证，生产中并非 100% 经过测试

引脚描述

引脚	引脚符号	功能
1	BOOST	BOOST 提供附加的驱动电压给内部集成的功率晶体管。通过开关电压的减少使得效率提高。
2	V <sub>IN</sub>	此引脚是集成电路的主要输入电源。
3	V <sub>SW</sub>	这就是与芯片内部的 NPN 电源晶体管的发射极连接的部分，也是开关到电感的输出端。在开关关闭时间内，这个引脚受控于负电压。在正常运行时，一个嵌位二极管对引脚电压进行嵌位。在开关节点回扫阶段内，节点可以承受小于 50ns 的 -1.0V 电压。
4(CS51412/CS51414)	BIAS	BIAS 引脚与芯片内部电源线路连接，为了提高效率，允许 IC 通过稳压输出或另一个低电压源运行内部电路。当此特性未使用时，BIAS 引脚是悬空的。
5(CS51411/CS51413)	SYNC	此引脚提供同步输入。
5(CS51412/CS51414) 4(CS51411/CS51413)	SHDNB	关闭端引脚是低触发的，与 TTL 兼容。当引脚电压降至 1.0V 以下时，IC 进入睡眠状态，，电流低于 85uA。在正常工作时，此引脚应该被悬空。
6	GND	IC 的电源返回脚。
7	V <sub>FB</sub>	FB 引脚为误差放大器的反向输入端提供输入电压。如果 V <sub>FB</sub> 低于 0.29V，振动频率就会变为正常值的 1/4，限制电流被折回到大约 1A。这一特性可以在电流过大或短路情况下保护芯片。
8	V <sub>C</sub>	V <sub>C</sub> 引脚电压为误差放大器的输出端和 PWM 比较器的输入端提供一个连接点。当输入电流超过 0.5mA 时，内部的测试电路被击活，外部应避免驱动该引脚。

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

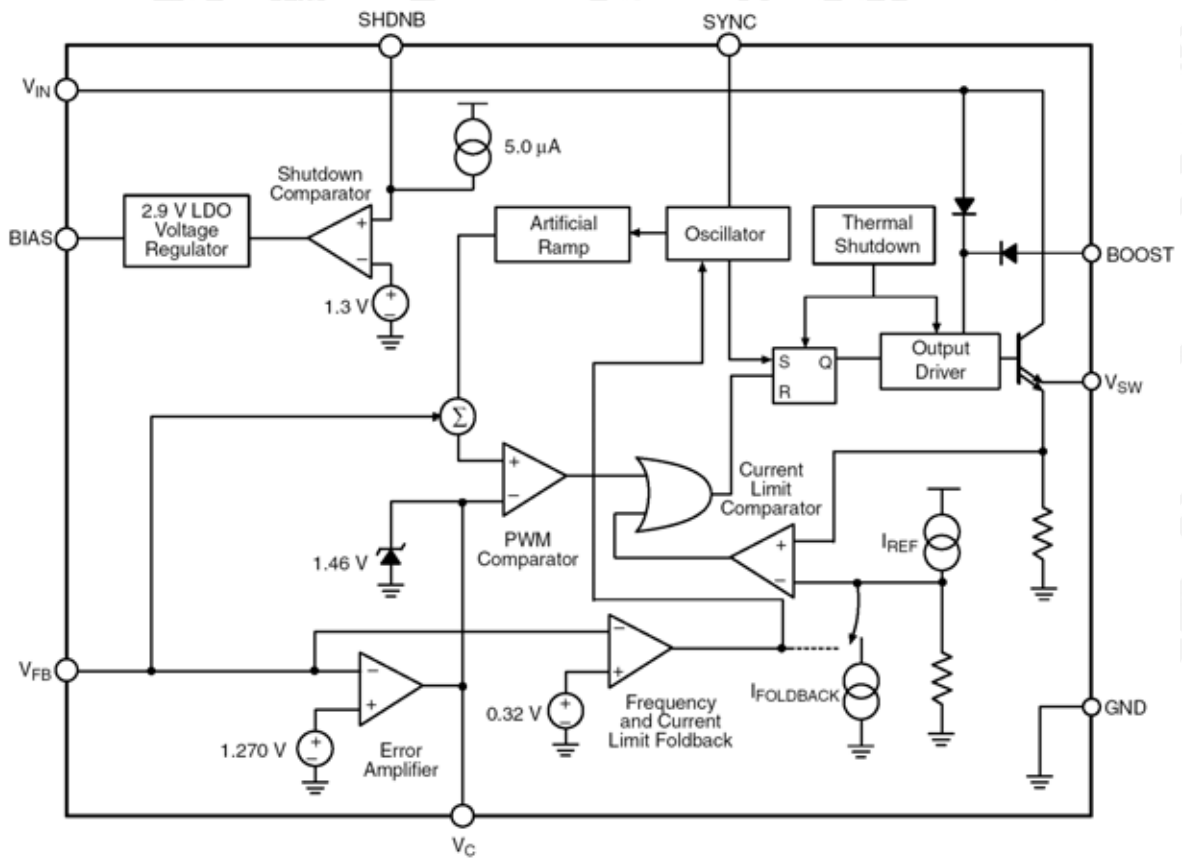


图 2. 结构图

## CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

### 应用信息

#### 工作原理

##### V<sup>2</sup>控制

CS5141X 系列降压转换器引领着技术前沿，是一款高度集成的，高工作频率的产品，能在一块很小的板面上提供开关模式电源布局。这些器件建立在专有的 V<sup>2</sup> 控制结构基础上。V<sup>2</sup> 控制器使用输出电压和它的波纹作为斜坡信号，轻松作用于与电压或电流模式控制无关的部分。改良后的线性调整率，负载调整率和极快速的瞬时响应都是主要优点。

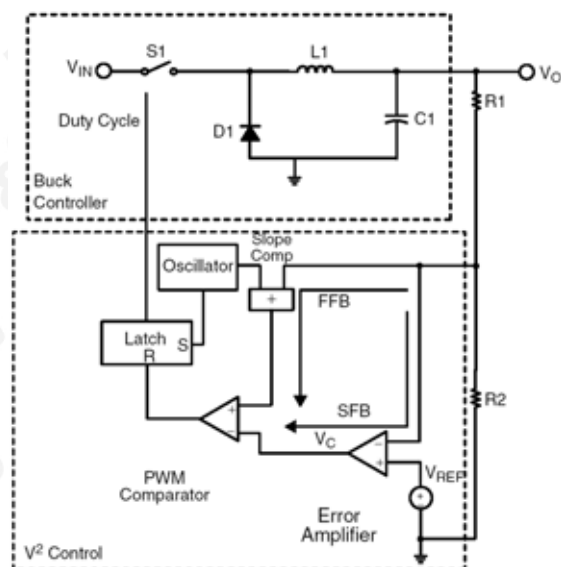


图 3. 带有 V<sup>2</sup> 控制的降压转换器

如图 3 所示，V<sup>2</sup> 控制器有 2 种电压反馈路径，即 FFB（快速反馈）和 SFB（慢速反馈）。在 FFB 路径中，返回电压直接与 PWM 比较器相连接。这条反馈路径同时传输斜坡信号和 DC 输出电压。为了提高稳定性，从振荡器处获得的人工斜坡被加入到这个反馈信号中。另一条反馈路径 SFB 将反馈电压与误差放大器相连，这个误差放大器的输出电压 V<sub>c</sub> 又作为 PWM 比较器的输入端。在恒定频率模式下，振荡器信号置位输出锁存器，开启开关 S1。这样就开始了新的开关循环。由人工斜坡和输出纹波组成的斜坡信号，最终穿过 V<sub>c</sub> 电压，随之复位锁存器来关闭开关。在又一次开关循环开始时，开关 S1 将再次开启。在降压转换器中，输出波纹决定于电感 L1 的波纹电流和输出电容器 C1

的 ESR（串行等效电阻）。

斜坡补偿信号是由振荡器提供的固定电压斜率。当占空比大于 50% 时，加入这个信号可以消除与运行相关的分频谐波振荡。当输出波纹电压不充足时，人工斜坡同样可以保证 PWM 的正常功能。补偿信号斜率可以在不影响瞬时反应速度的情况下以适度大小产生作用。

在负载和线性电流变化情况下，不仅斜坡信号会变化，更重要的是反馈电压的 DC 部分成比例地相对随着输出电压变化。FFB 路径把 2 种信号直接连向 PWM 比较器。这就使得占空比的即时调节能够抵消任何输出电压的偏差。这个瞬时反应时间与误差放大器的带宽无关，也就消除了与误差放大器连接所产生的延迟，大大提高了瞬时反应时间。误差放大器在此的用途是确保 DC 的精确性。

##### 误差放大器

CS5141X 系列有一个跨导误差放大器，此放大器的同向输入端与产生于芯片内置的调整器的内部参考电压相连。反向输入与 V<sub>FB</sub> 引脚相连。在 V<sub>c</sub> 端引脚，可以获得误差放大器的输出电压。如图 1 所示，在 V<sub>c</sub> 引脚与接地引脚间，典型频率补偿仅要求连接一个 0.1μF 的电容器。这个电容器和误差放大器的输出电阻（大约为 8.0MΩ）产生了一个低频率滤波器来限制带宽。由于 V<sup>2</sup> 控制器并不要求一个高带宽误差放大器，因此频率补偿就大大简化了。

V<sub>c</sub> 引脚电压被控制在输出端高电压以下。这就使调整器能够迅速地从电流过大或短路的情况中恢复。

##### 振荡器和同步特性（仅适用于 CS51411 和 CS51413）

内置的振荡器在出厂前已修整好，它不需要外部组件来控制频率。高开关频率允许在一个板面上使用小型的外部组件，这也会节省成本。严格的频率精度使磁组件的选型变得简易。当 V<sub>FB</sub> 引脚电压低于频率返回入口值时，开关频率就会减少到正常值的 25%。在短路或超负荷情况下，这就减少了 IC 和外部元件的电源浪费。

### CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

一个外部的时钟信号可以使 CS51411 或 CS51414 同步到一个很高的频率。此同步脉冲的上升边缘开启了电源开关，这样就开始了—次新的开关循环，如图 4。在同步脉冲和  $V_{SW}$  引脚电压的上升边缘之间有大约 0.5us 的延迟。同步门檻和 TTL 逻辑是兼容的，同步脉冲的占空比可以从 10% 变换到 90%。在同步模式期间，频率折返不起作用。

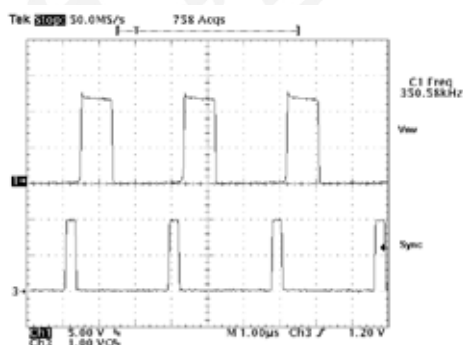
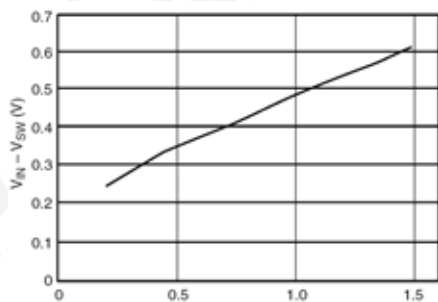


图 4. 通过一个 350kHz 的外部脉冲信号，CS51411 降压调整器能够同步工作

#### 功率开关和电流限制

内置功率开关的集电极和  $V_{IN}$  引脚相连，发射极和  $V_{SW}$  引脚相连。当开关开启时， $V_{SW}$  电压等于  $V_{IN}$  减去开关饱和电压。对于降压转换器，当电源开关关闭时， $V_{SW}$  电压转向二极管，电压降到地电位以下，电感器电流流过嵌位二极管。由于高脉冲电流的存在，为了使噪音和辐射最小化， $V_{SW}$  引脚，电感和二极管间的走线必须越短越好。同样，输入端电容器必须与  $V_{IN}$  引脚保持近距离，并且与二极管的阳极相连。

如图 5 所示，功率开关的饱和电压随开关电流变化而变化。



开关电流

图 5. 电源开关的饱和电压随着传导电流增加

CS5141X 系列产品包括脉冲电流限制，用以保护功率开关和外部元件。当开关电流的峰值达到电流限制值时，功率开关就会在电流限制滞留后关闭。开关直到下一轮变换循环时才开启。电流限制门檻值和开关占空比无关。在连续导通模式下，由于波纹电流的关系，由以下公式给出的最大负载电流小于电流限定值。

$$I_{O(MAX)} = I_{LIM} - \frac{V_O(V_{IN} - V_O)}{2(L)(V_{IN})(f_s)}$$

这里：

$f_s$  = 开关频率

$I_{LIM}$  = 电流限制门檻值

$V_O$  = 输出电压

$V_{IN}$  = 输入电压

$L$  = 电感值

如图 6，当调整器在限制电流以下工作时，分频谐波的振荡器会引起低频振荡。与电流模式控制相似的，此振荡发生在占空比大于 50% 时，并且可以通过使用一个较大的电感来减轻振荡。当 FB 引脚电压下降到低于“折返电流门檻值”时，“电流门檻值”就降低到折返电流值。这一特点在上电运行和超负荷情况下保护了 IC 和外部元件。

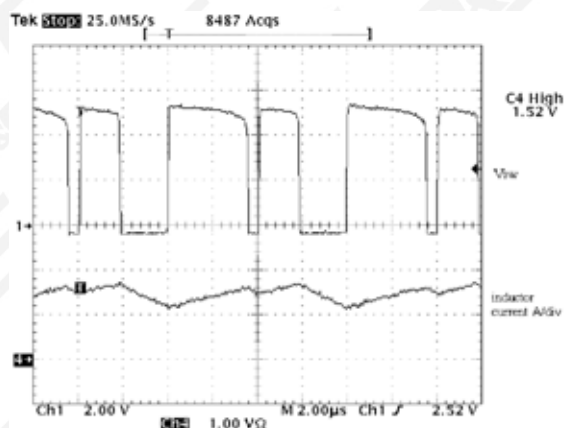


图 6. 电流限制下的调整器

#### BOOST 引脚

BOOST 引脚为功率开关提供基极驱动电流。一个比  $V_{IN}$  高的电压能够提供所要求的上升空间来开启电源开关。这样轮流进行就会减少

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

IC 电源消耗，并提高整个系统的工作效率。如图 1，BOOST 引脚可以和一个开机电路相连，通常是使用一个 0.1uF 的电容器和一个 1N914 或 1N4148 二极管。当电源开关开启时，BOOST 引脚上的电压等于：

$$V_{BOOST} = V_{IN} + V_O - V_F$$

即： $V_F$  = 二极管正向导通电压

除了调整输出电压，二极管的正极可以和任何直流电压相连。然而，BOOST 引脚的最大电压不能超过 40V。

如图 7，BOOST 引脚电流包括一个恒定的 7.0mA 的预驱动电流和与开关导通电流成比例的基极电流。此电流的详细讨论在热因素部分有所说明。在开关导通时间内，通常一个 0.1uF 的电容足够维持 BOOST 引脚电压。

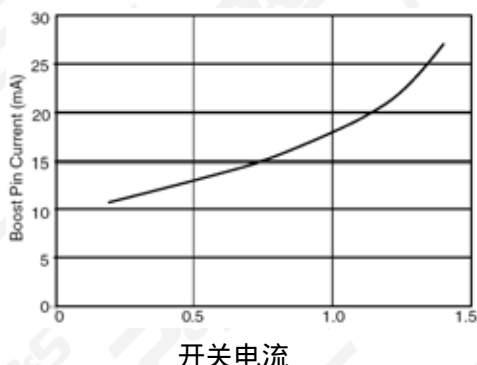


图 7. 当开关开启时,BOOST 引脚电流包括 7.0mA 前驱电流和基极电流。电源开关的  $\beta$  值的减小进一步增大了高转换电流下的基极电流

**BIAS 引脚**

BIAS 引脚允许提供一个二级电源来偏置 IC 的控制电路。BIAS 引脚电压应该在 3.3V 和 6.0V 之间。如果 BIAS 引脚电压下降到这个范围以下，可以使用一个二极管来防止 BIAS 引脚的电流流出。用小于调整器输入电压的电压来供给 IC 能量减少了 IC 能量的消耗，也改进了能量传递效率。

**关闭**

当  $V_{IN}$  引脚电压上升至启动电压以上，内部功率开关才会开启。这就保证了在向 IC 提供充足的电压以前不会有功率传输。

当 SHDNB 引脚电压低于关闭门限电压时，IC 进入一种睡眠状态。在睡眠状态中，功

率开关保持开启，电流减少到关闭静止电流大小。此引脚有内部提升电流。所以当这个引脚不被使用时，可使 SHDNB 保持开路。

**启动**

在电源启动时，调整器快速地为输出电容器充电使其达到调整电压。这样使得很大的冲击电流上升，这对于电感，IC 和嵌位二极管来说是不利的。在  $V^2$  控制器中，不需要多余的引脚和电路，补偿电容器可以提供平稳的启动。在电源启动时，误差放大器的输出源电流给补偿电容器充电，加强了  $V_C$  引脚电压，使得输出电压逐渐上升。平稳启动持续的时间可以表达为

$$T_{SS} = \frac{V_C \times C_{COMP}}{I_{SOURCE}}$$

这里：

$V_C$  =  $V_C$  引脚恒定电压，大约等于误差放大器的参考电压

$C_{COMP}$  = 与  $V_C$  引脚相连的补偿电容器容值

$I_{SOURCE}$  = 误差放大器的输出源电流

使用一个 0.1uF 的  $C_{COMP}$ ，计算式显示得到一个大于 5.0ms 的  $T_{SS}$  足够用来避免任何来自电流的压力。图 8 显示了在电源上升阶段逐渐上升的  $V_C$ ， $V_O$  和  $V_{SW}$  的包络线。在输出电压达到调整值时，电压就不会过大。如果提供的电压上升得比  $V_C$  引脚电压慢，输出电压可能会过大。

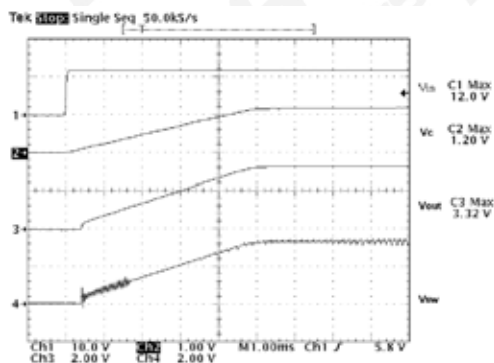


图 8. CS5141X 系列转换器启动时的电压变化

**短路**

当  $V_{FB}$  引脚电压降至折返门限值以下时，调整器就会把限制的峰值电流减少 40%，改变频率为



CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

正常频率的 1/4。设计这些特性是为了在负载过大或短路情况下保护 IC 和外部元件。在那些情况下，峰值的变换电流被控制在电流限制阈值以内。有一点很重要，减少了变换频率增大了波纹电流，从而降低了 DC 电流。短路可能会使最小占空比被最小输出脉冲宽度所限制。通过增加变换周期，折返频率减少了最小占空比。这就保护了 IC 免受温度过高的危害，同时限制了可以被传向输出端的能量。电流限制折返有效地减少了感应器和二极管的电流压力。当输出端短路时，感应器和二极管的 DC 电流就接近电流限制阈值。因此，减少 40% 的电流限制会导致同等百分比的感应器和二极管电流的下降。图 9 显示了短路时所抓到的电路波型，折返频率和电流限制的好处是不言而喻的。

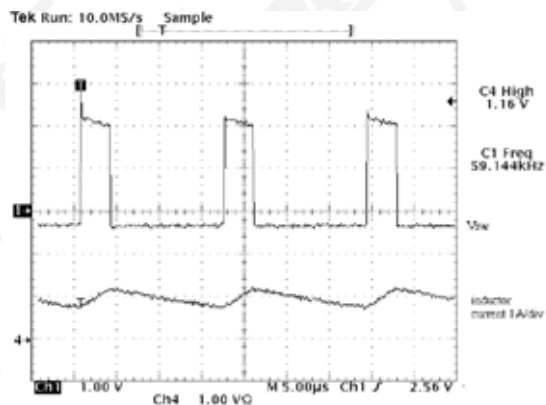


图 9. 在短路情况下，为保护 IC，电感和二极管，折返电流和折返频率会限制开关电流

热因素

IC 电源消耗的计算对于调整器的选择来说通常是很重要的。由 IC 产生的电流包括静止电流，预驱动电流，和开关转换基极电流。在 IC 中，静止电流驱动低电源电路，包括比较器、误差放大器和其他逻辑部件。因此，这个电流与转换电流无关，产生的能量等于

$$W_Q = V_{IN} \times I_Q$$

这里：

$I_Q$  = 静止电流

预驱动电流用来开启或关闭电源开关，在最糟糕的情况下，大约等于 12mA。在稳定运行期间，当电源开关开启时，IC 从 BOOST 引脚处获得电流，当电源关闭时，从  $V_{IN}$  引脚处获得。预驱动电流经常返回  $V_{SW}$  引脚。由于即

使电源开关关闭着，预驱动电流也流向调整器的输出端，必须有一个最小的负载来保护低负载情况下的电压过盛。如果当开关开启时，BOOST 引脚电压等于  $V_{IN} + V_O$ ，由预驱动电流引起的电源消耗等于

$$W_{DRV} = 12mA \times (V_{IN} - V_O + \frac{V_O^2}{V_{IN}})$$

双级型晶体管的基极电流等于这个晶体管的集电极电流除以 beta。Beta 取 60 用来评估基极电流。当晶体管需要工作时，BOOST 引脚提供基极电流。由于此电流引起的 IC 的电源消耗等于

$$W_{BASE} = \frac{V_O^2}{V_{IN}} \times \frac{I_S}{60}$$

这里：

$I_S$  = DC 转换电流

当电源开关开启时，饱和电压和传导电流导致了非理想开关的电源损失。损失的电源可以量化为

$$W_{SAT} = \frac{V_O}{V_{IN}} \times I_S \times V_{SAT}$$

这里：

$V_{SAT}$  = 图 5 所示的电源开关的饱和电压

在每个开关的转变过程中，当开关同时经历高电流和高电压时，就会有转换损失。调整器有一个 30ns 的关闭时间，相关的电源损失等于

$$W_S = \frac{I_S \times V_{IN}}{2} \times 20ns \times f_S$$

这个开启时间短得微不足道，因此，这部分损失也就不考虑了。

IC 总的电源损失等于以上所有的总和

$$W_{IC} = W_Q + W_{DRV} + W_{BASE} + W_{SAT} + W_S$$

IC 结温可以从外界的温度，IC 电源损失和封装的热电阻等处计算。等式如下

$$T_J = W_{IC} \times R_{\theta JA} + T_A$$

最大的 IC 结温不应超过 125°C，从而保证正常工作，避免对 IC 有任何破坏。

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

**最小负载要求**

正如在之前提到的，由于预驱动电流输出到输出端，调整器就需要一个最小的负载。放置一个与  $V_O/12mA$  的电阻值相等的电阻可以在低负载情况下防止电压过大。要么，反馈的电阻可以消耗 12mA 的电流。

**元件选型**

**输入电容**

在降压转换器中，输入电容证实了带有和负载电流相同振幅的脉冲电流。这个脉冲电流和输入电容的 ESR 决定了  $V_{IN}$  的波纹电压，正如图 10 所示。对于输入电容而言，低的 ESR 是严格要求的。脉冲输入电流包含着一个重要的被输入电容滤掉的 AC 部分。输入电容的 RMS 电流可以这样计算：

$$I_{RMS} = I_O \sqrt{D(1-D)}$$

这里：

$D =$  与  $V_O/V_{IN}$  相等的转换占空比

$I_O =$  负载电流

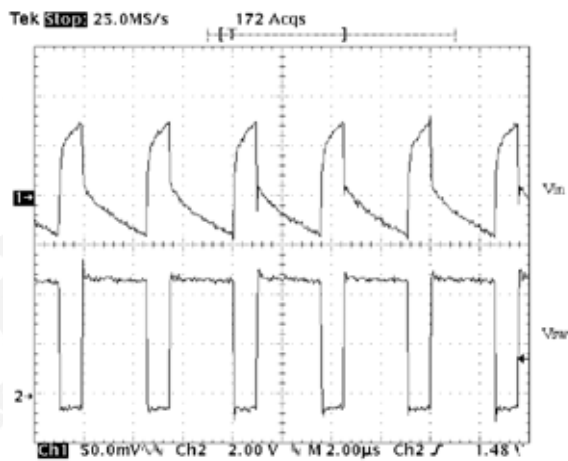


图 10. 降压转换器的输入电压波纹

要计算 RMS 电流，将负载电流和图 11 中每个占空比上的常数相乘。要选择一个带有大于负载电流最大值一半的 RMS 电流的输入电容器是很常规的。如果多个电容并联，每个电容的 RMS 电流应该等于总电流被电容器的数量除后的电流值。

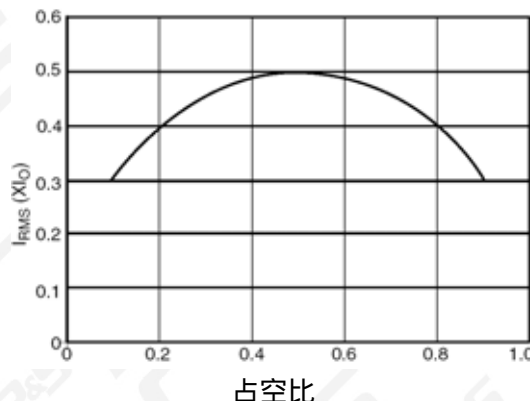


图 11. 输入电容 RMS 的电流可以在任何占空比是,将 Y 值与最大负载电流相乘获得

每个设计的限制和重点决定了所选电容器的类型。铝电解电容器是成本最低的，被广泛应用。它们的 ESR 和 ESL 值(等效串联电感)相对较高。多个电容并联能获得较低的 ESR。除此以外，为了过滤高频噪声，电解电容器通常需要和一个陶瓷电容器并联。OS-CON 是固态铝电解电容器，因此 ESR 较低。最近，OS-CON 电容器的价格下跌，所以现在要想在一些低成本设计中使用它们是可行的。电解电容器的体积较大，如果某些应用对尺寸，尤其是高度很讲究的话，那么就不能使用了。

陶制电容器可做到大于 10uF。由于陶制电容器有较低的 ESR 和 ESL，一个单独的陶瓷电容足够用来防止高频率和低频率的噪声。陶制电容器的缺点就是成本太高。固体钽电容器有较低的 ESR，体积也小。然而，因为电容器会有大电流经过，钽电容器的可靠性在应用中是很受关注的。

**输出电容**

在降压转换器中，对输出电容的要求并不像输入电容那么严格。流向输出电容的电流来自感应器，这样就形成了一个三角波。在大多数应用中，这就使得 RMS 纹波电流在选择输出电容时根本不是一个问题。

输出波纹电压是三角波和方波的总和，这个三角波由流经 ESR 的波纹电流造成，和方波是由流经 ESL 的纹波电流造成。与 ESR 和 ESL 相比，电容电抗是很小的。感应器的峰值到峰值的纹波电流是这样计算的：

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

$$I_{P-P} = \frac{V_O(V_{IN} - V_O)}{(V_{IN})(L)} fS$$

$V_{RIPPLE(ESR)}$ , ESR 产生的输出波纹, 等于  $I_{P-P}$  和 ESR 的乘积。穿过 ESL 的电压与输出电容的  $di/dt$  成比例。输出电容的  $di/dt$  和感应器电流的  $di/dt$  一样。因此, 当开关开启时,  $di/dt$  等于  $(V_{IN}-V_O)/L$ , 当开关关闭时, 又变为  $V_O/L$ 。由 ESL 引导的总波纹电压等于:

$$V_{RIPPLE(ESL)} = ESL \left( \frac{V_{IN}}{L} \right) + ESL \left( \frac{V_{IN} - V_O}{L} \right) = ESL \left( \frac{V_{IN}}{L} \right)$$

总输出波纹等于  $V_{RIPPLE(ESR)}$  和  $V_{RIPPLE(ESL)}$  的总和。

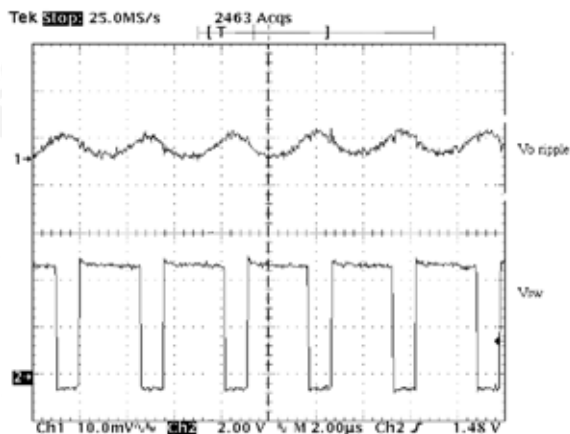


图 12. 使用 2 个串行的 10 µ F 陶制电容器的输出电压波纹

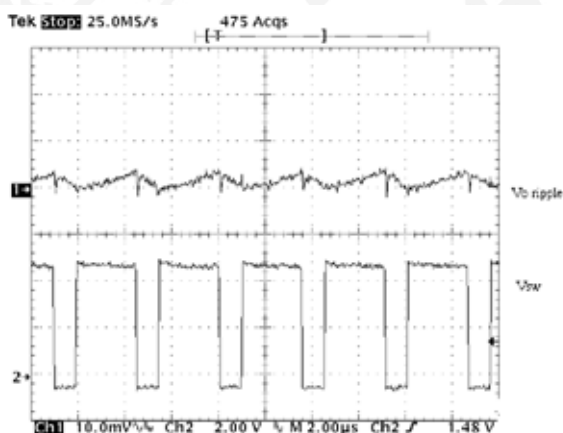


图 13. 使用一个 100 µ F 的 POSCAP 电容器的输出电压波纹

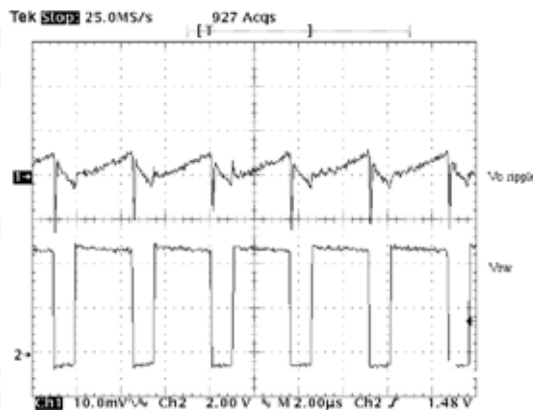


图 14. 使用一个 100 µ F 的 OS-CON 的输出电压波纹

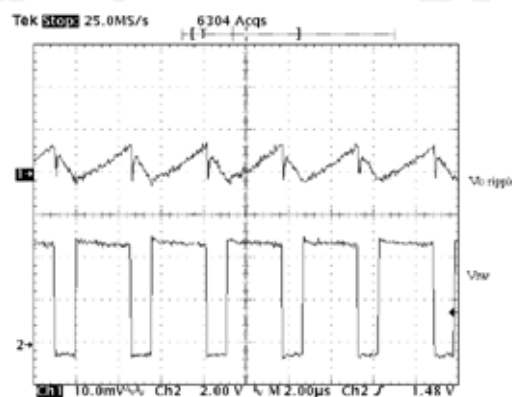


图 15. 使用一个 100 µ F 钽电容器的输出电压波纹

图 12 到图 15 表示了一个 5.0V 到 3.3V/500mA, 使用 22uH 感应器和不同种类电容的调整器的输出波纹。在转换频率时, 如图 12, 低 ESR 和 ESL 使得陶电容器表现出了很好的电容性。附加的并联陶瓷电容器将进一步降低波纹电压, 但无形中提高了成本。“POSCAP”是由 SANYO 制造的一款固态电解电容器。它的正极是熔结钽, 负极是高传导聚合有机半导体。TPC 系列, 以低 ESR 和低剖面为特点, 应用如图 13 中的测量波形。与陶瓷电容器相比, POSCAP 呈现了在电容与 ESR 之间良好的平衡。在此应用中, 低 ESR 产生了小于 5.0mV 的波纹, ESL 几乎不可察觉。透孔 OS-CON 电容器的 ESL 提升了感应阻抗。图 14 中很明显地显示了在开关开启时逐渐上升的输出波纹和当开关关闭时很大的尖刺。当通过嵌位二极管传导, 开关节点被拉至地电位以下

## CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

时，ESL 能防止输出电容快速给感应器的依附电容充电。这就导致了与开关节点的下降边缘相关联的很大的尖刺。图 15 中所用的 D 型封装的钽电容器有着和 POSCAP 一样的焊盘，不过高度是它的 2 倍。很明显，钽电容器的 ESR 比 POSCAP 的高。电解电容和钽电容器提供一个折中的低成本解决方案。钽电容器的可靠性对于输出滤波来说并不是十分严格的，因为输出电容通常没有大电流和高电压。

### 二极管选型

当电源开关关闭时，降压转换器的二极管提供给感应器电流路径。峰值反向电压等于最大输入电压。峰值传导电流受 IC 的限制电流的影响。平均电流可以这样计算：

$$I_{D(AVG)} = \frac{I_O (V_{IN} - V_O)}{V_{IN}}$$

在最大负载电流和最大输入电压期间，通常会有二极管平均电流的最糟糕的情况发生。为了使二极管在短路时不被损坏，二极管的电流值应该等于折返限电流。详见表 1 安森美的肖特基二极管，推荐与 CS5141X 调整器配合使用。

### 电感选型

在选择电感时，必须考虑最大负载电流，磁芯和铜损失，元件高度，输出波纹，EMI，

磁饱和和成本。选择低的电感值用来减小电感的尺寸。较高的值降低了纹波电流，磁芯能量损失，并且有更大的输出电流。在大多数应用中，电感值在 2.2uH 和 22uH 之间这个范围内。电感的饱和电流值不应该超过  $I_{L(PK)}$ ，计算公式如下：

$$I_{L(PK)} = I_O + \frac{V_O (V_{IN} - V_O)}{2(f_S)(L)(V_{IN})}$$

通过电感的 DC 电流等于负载电流。最坏情况通常发生在最大负载电流时。您可以翻阅厂家说明书在负载电流下调整电感值。当接近饱和时，电感损失超过 50% 的电感量。

磁芯材料对于感应器的工作状况有着非常重要的影响。铁氧体磁芯的优点是体积小，电源浪费少。但是请注意，不要让这个电感在远远超出峰值电流的最大值的情况下工作，因为这样会使磁芯饱和。磁芯材质是铁的话，成本较低，并且有逐步饱和的曲线。如果磁芯有一个开放的磁性路径，比如竿状或管状的，就会产生很高的磁场辐射。不过，它们很便宜，体积也小。磁芯形成一个闭合磁路，就像罐型磁芯和环型磁芯一样的，会产生低的电磁干扰 (EMI)。

有许多磁元件生产商提供适合 CS5141X 的标准产品线。表 2 列出了 3 个厂家，还有他们的产品和联系方式。

表 1.

型号	$V_{BREAKDOWN}(V)$	$I_{AVERAGE}(A)$	$V_{(F)}(V) @ I_{AVERAGE}$	Package
IN5817	20	1.0	0.45	Axial Lead
IN5818	30	1.0	0.55	Axial Lead
IN5819	40	1.0	0.6	Axial Lead
MBR0520	20	0.5	0.385	SOD-123
MBR0530	30	0.5	0.43	SOD-123
MBR0540	40	0.5	0.53	SOD-123
MBRS120	20	1.0	0.55	SMB
MBRS130	30	1.0	0.395	SMB
MBRS140	40	1.0	0.6	SMB

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

表 2.

厂家	产品家族	网址	电话
Coiltronics	UNI-Pac1/2: SMT, barrel THIN-PAC: SMT, toroid, low profile CTX: Leaded, toroid	<a href="http://www.coiltronics.com">www.coiltronics.com</a>	(516)241-7876
Coilcraft	DO 1608: SMT, barrel DS/DT 1608: SMT, barrel, magnetically shielded DO3316: SMT, barrel DS/DT 3316: SMT, barrel, magnetically shielded DO3308: SMT, barrel, low profile	<a href="http://www.coilcraft.com">www.coilcraft.com</a>	(800)322-2645
Pulse	—	<a href="http://www.pulseeng.com">www.pulseeng.com</a>	(619)674-8100

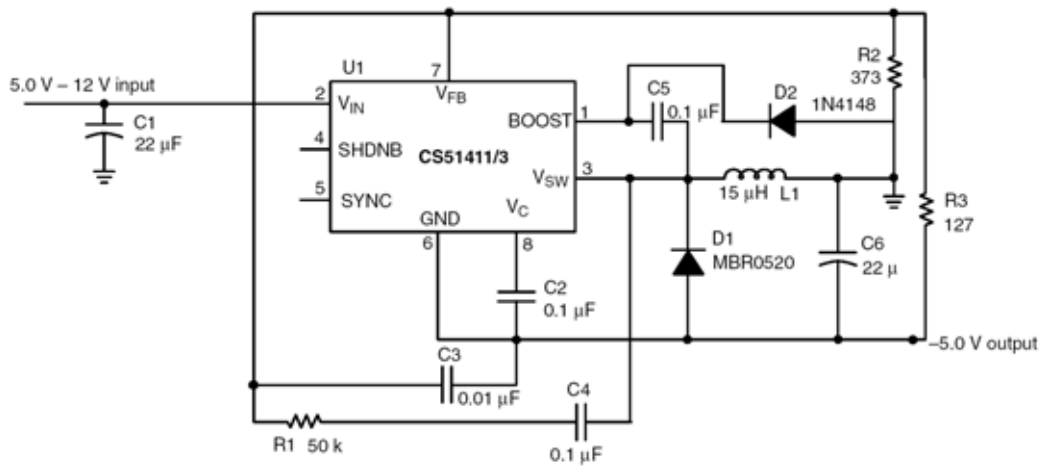


图 16. 附加应用图, 5.0V-12V 到 -5.0V/400mA 反向转换器

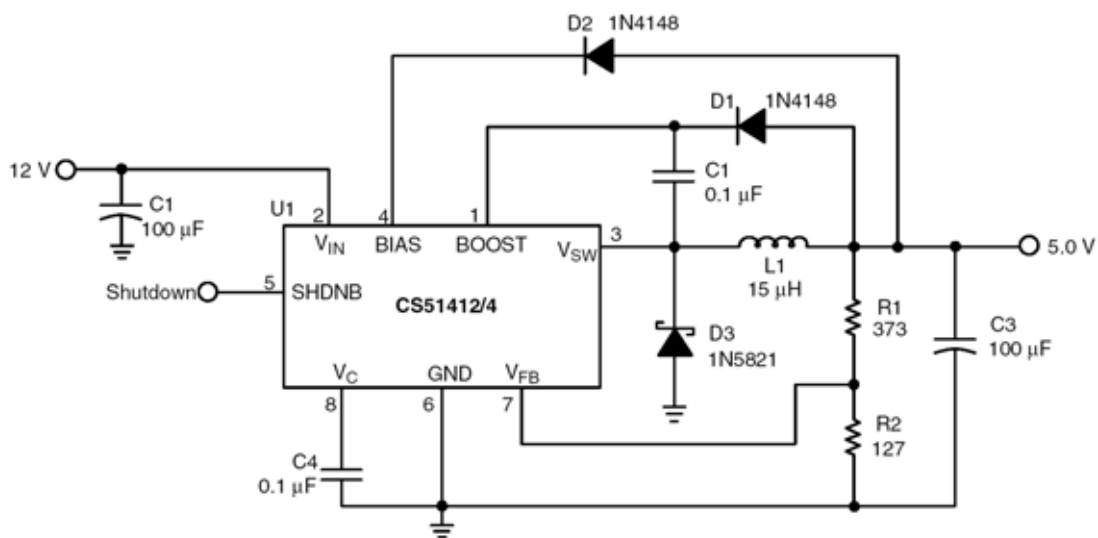


图 17. 附加应用图, 带有 BIAS 引脚的 12V 到 5.0V/1.0 A 的降压转换器

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

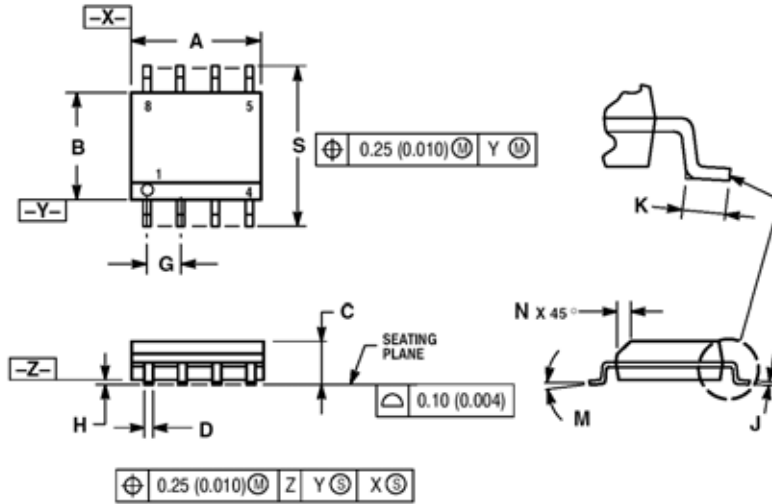
订购信息

设备	工作温度范围	封装	运输
CS51411ED8	-40°C < T <sub>A</sub> < 85°C	SO-8	95 Units/Rail
CS51411EDR8			2500 Tape & Reel
CS51412ED8			95 Units/Rail
CS51412EDR8			2500 Tape & Reel
CS51413ED8			95 Units/Rail
CS51413EDR8			2500 Tape & Reel
CS51414ED8			95 Units/Rail
CS51414EDR8			2500 Tape & Reel
CS51411GD8	0°C < T <sub>A</sub> < 70°C		95 Units/Rail
CS51411GDR8			2500 Tape & Reel
CS51412GD8			95 Units/Rail
CS51412GDR8			2500 Tape & Reel
CS51413GD8			95 Units/Rail
CS51413GDR8			2500 Tape & Reel
CS51414GD8			95 Units/Rail
CS51414GDR8			2500 Tape & Reel

CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

封装尺寸

SO-8  
 D SUFFIX  
 CASE 751-07  
 ISSUE V



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.80	5.00	0.189	0.197
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.053	0.069
D	0.33	0.51	0.013	0.020
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
H	0.10	0.25	0.004	0.010
J	0.19	0.25	0.007	0.010
K	0.40	1.27	0.016	0.050
M	0°	8°	0°	8°
N	0.25	0.50	0.010	0.020
S	5.80	6.20	0.228	0.244

PACKAGE THERMAL DATA

Parameter		SO-8	Unit
$R_{\theta JC}$	Typical	45	°C/W
$R_{\theta JA}$	Typical	165	°C/W