

具有温度补偿的40V LED 驱动器

概述

SN3352是一款降压型电感电流连续模式驱动芯片，适用于驱动电源电压高于一颗或一串LED所需电压的应用场合。芯片的输入电压范围为6V至40V，输出电流高达750mA。输出功率高达30W。

SN3352内部集成功率管，采用高位电流检测电路，可以通过外部电阻设置平均工作电流。

SN3352内部集成了温度补偿电路，保证LED工作的可靠性和延长LED使用寿命。SN3352不断测量在LED附近的热敏电阻的阻值。随着LED附近的环境温度上升时，当热敏电阻的阻值下降到与连接在R_{TH}引脚上的电阻值相同时，输出电流将会自动随温度升高而降低。当环境温度降低到安全值时，电流将回到设定值。

多片SN3352级联组成统一温度补偿的LED驱动系统。这时，其中一颗SN3352充当主控制器，通过ADJO引脚控制其他SN3352，从而保证各颗SN3352进行温度补偿后的驱动电流的一致性。

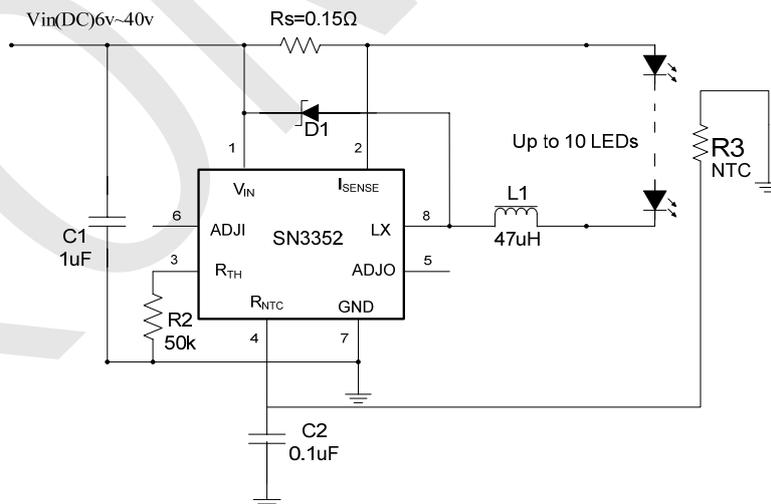
特点

- 极少的外围器件
- 内部集成 40V 功率管
- 工作电压范围：6V到40V
- 高达750mA输出电流
- 高效率（高达95%）
- 1200: 1调光比
- 5%的输出电流精确度
- 两种方式（直流/PWM）实现芯片开关和调光功能
- 高达1MHz的开关频率
- 固有LED开路保护功能
- 过热保护功能
- 温度补偿功能

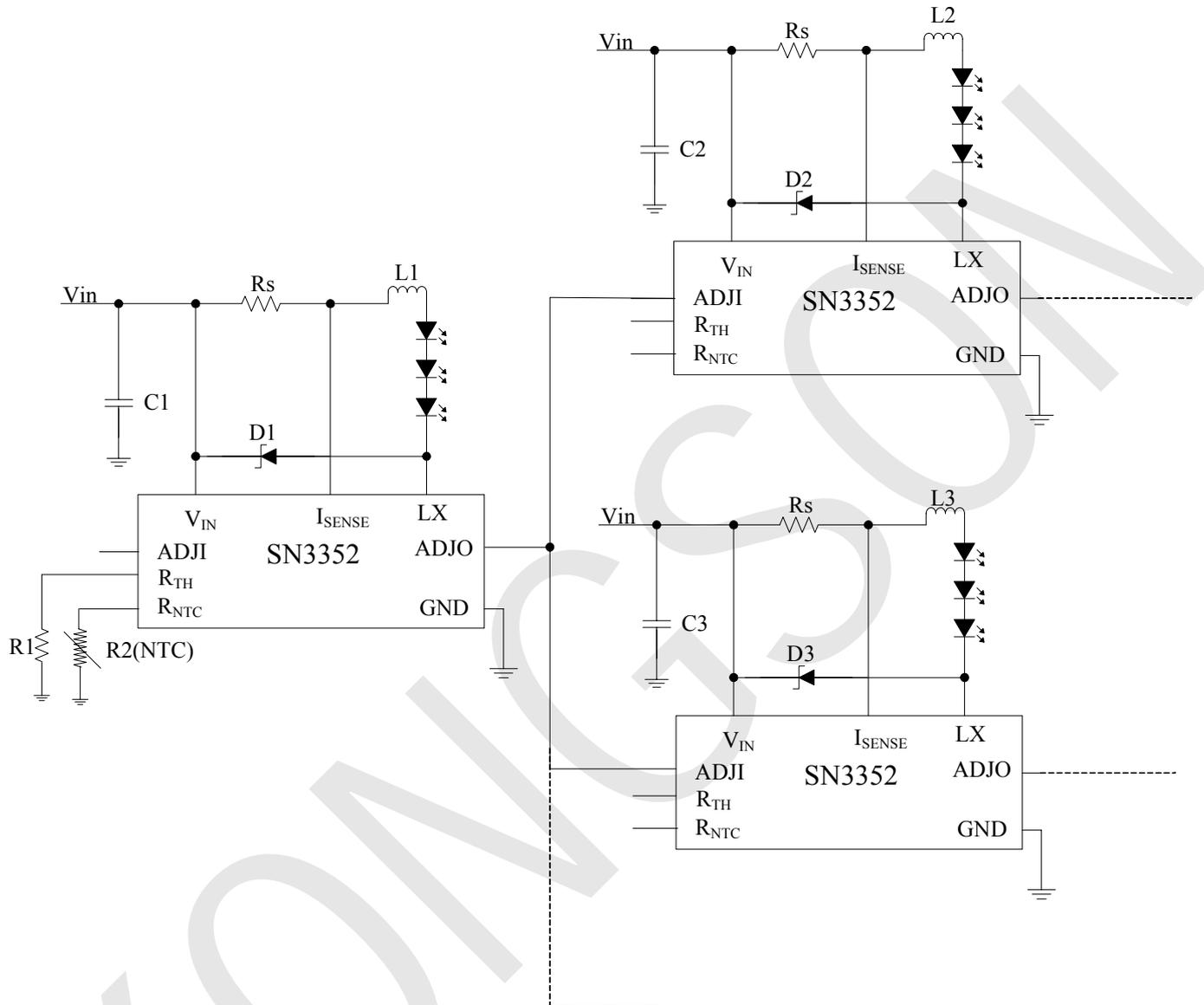
应用

- LED射灯取代卤素灯
- 汽车照明
- 工业照明
- 白光LED照明
- 背光源

典型应用电路

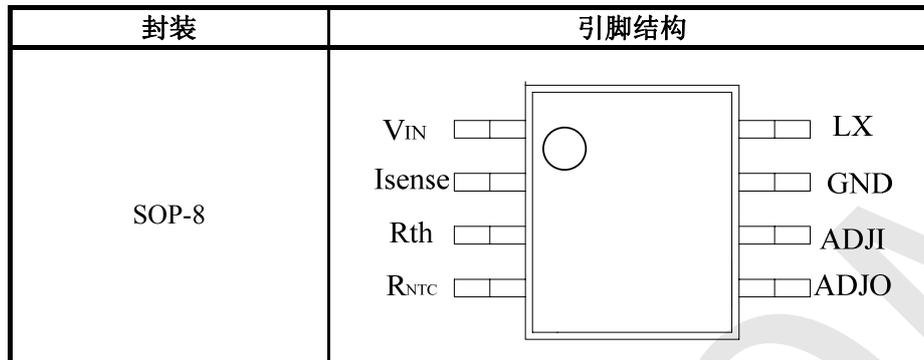


系统应用电路



注意：每个SN3352可以在下一级驱动三个SN3352。为了保持电流的一致性，要求驱动不超过3级。因此，在一个系统里最多可以有13个SN3352芯片。

引脚结构

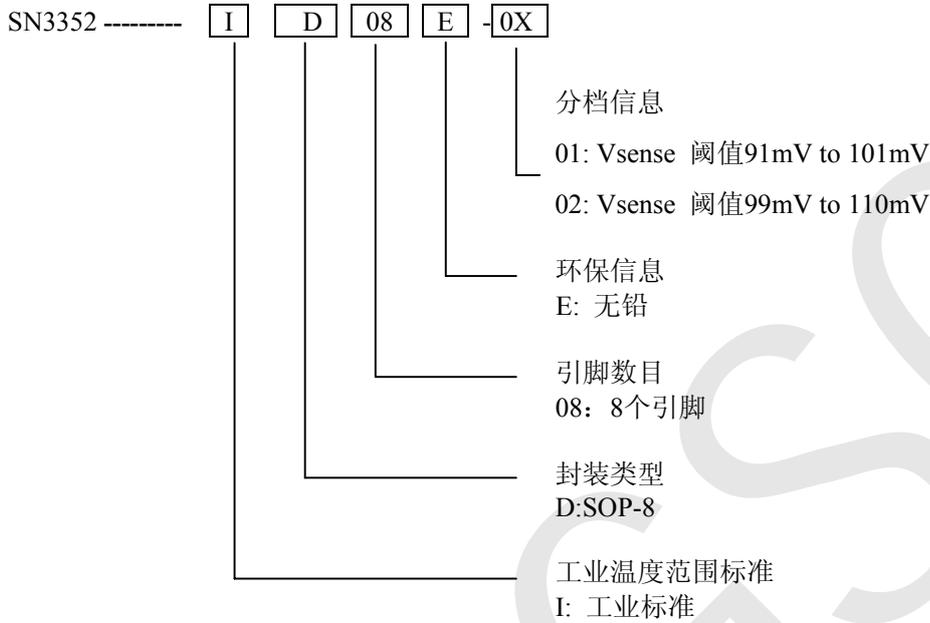


引脚描述

引脚名称	引脚序号	描述
V _{IN}	1	输入电压 (6V 到 40V). 须在该引脚就近接一个1μF或者更大的电容到地。
I _{SENSE}	2	通过在这个引脚和V _{IN} 之间加电阻R _S , 可以设置平均输出电流 I _{OUTnom} = 0.1/R _S
R _{TH}	3	通过在这个引脚和地之间连接的电阻设置温度补偿起始点
R _{NTC}	4	外接NTC热敏电阻用于检测LED的附近温度
ADJO	5	温度补偿系统级联引脚 * 当R ₃ (NTC) > R ₂ , V _{ADJO} = V _{ADJI} * 当R ₃ (NTC) < R ₂ , ADJO引脚将温度补偿信息输出到下一级的ADJI引脚 V _{ADJO} = V _{ADJI} * R ₃ /R ₂
ADJI	6	多功能开关/亮度控制脚: * 引脚悬空工作在普通模式(V _{ADJI} = V _{REF} = 1.2V 普通模式下的工作电流 I _{OUT nom} = 0.1/R _S) * 输入低于0.2V电压, 关闭输出 * 输入直流电压从0.3V到1.2V, 输出电流调整范围从 25% 到 100% * 通过不同占空比的PWM信号来控制输出电流 * 当ADJ引脚电压超过1.2V时, 电流被自动钳位在100% I _{OUT nom}
GND	7	接地引脚
LX	8	功率管漏极

订货信息

产品型号	每卷数量	工作温度范围	V _{SENSE}
SN3352ID08E-01	2,500	-40 °C to 85°C	91mV to 101mV
SN3352ID08E-02	2,500	-40 °C to 85°C	99mV to 110mV



最大极限值

符号	参数	最大限定范围
V_{IN}	输入电压	-0.3V to +50V
V_{ISENSE}	I_{SENSE} 电压	$V_{IN}+0.3V$ to $V_{IN}-5V$ (当 $V_{IN}>5V$) $V_{IN}+0.3V$ to $-0.3V$ (当 $V_{IN}<5V$)
V_{LX}	LX 输出电压	-0.3V to +50V
V_{ADJ}, V_{ADJO} R_{th}, R_{NTC}	引脚输入电压	-0.3V to +6V
I_{LX}	开关电流	800mA
P_{tot}	功率损耗	1.2W
T_{OP}	芯片工作时的环境温度	-40 to 85°C
T_{ST}	芯片存储时的环境温度	-55 to 150°C
T_{jMAX}	结温	150°C
$R_{\theta JA}$	热阻值	128°C/W
	ESD (人体模型)	2KV

电特性 (测试条件: $V_{IN}=12V, T_{amb}=25^{\circ}C$ 除非特别说明) (*)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
V_{IN}	输入电压		6		40	V	
I_{INQoff}	输出关闭时的静态电流	ADJI 引脚接地	40	60	80	μA	
I_{INQon}	输出工作时的静态电流	ADJI 引脚悬空		450	600	μA	
V_{ISENSE}	电流检测端电压	V_{ISENSE} 相对 V_{IN} 的值 ADJ 引脚悬空	SN3352-01	91	95	101	mV
		SN3352-02	99	105	110		
$V_{SENSEHYS}$	电流检测端迟滞			± 15		%	
I_{SENSE}	I_{SENSE} 引脚输入电流	$V_{SENSE} = 0.1V$		8	10	μA	
V_{REF}	内部基准电压	ADJI 引脚悬空时测量		1.2		V	
V_{ADJI}	ADJ 引脚模拟调光电压范围		0.3		1.2	V	
$V_{ADJloff}$	使芯片从开到关时, ADJI 引脚所需阈值电压	V_{ADJI} 下降	0.15	0.2	0.25	V	
V_{ADJlon}	使芯片从关到开时, ADJI 引脚所需阈值电压	V_{ADJI} 上升	0.2	0.25	0.3	V	
V_{OS}	R_{th} 与 R_{NTC} 引脚电压比较的失调电压			10		mV	
V_{ADJO}	ADJO 引脚电压	没有温度补偿 ADJI 引脚悬空 $I_{ADJO}=30 \mu A$		1.20		V	

电特性 (测试条件: $V_{IN}=12V$, $T_{amb}=25^{\circ}C$ 除非特别说明) (*) (继续)

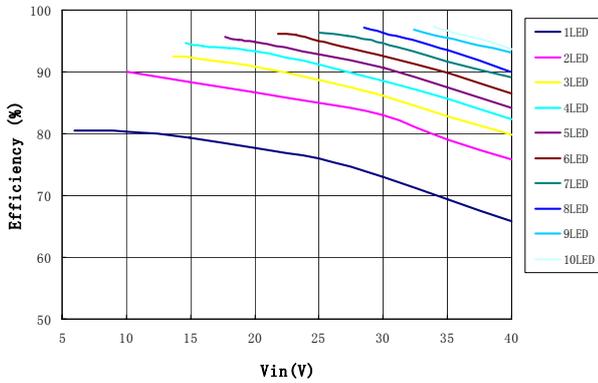
符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{LX}	工作频率	ADJI 引脚悬空 $L=100\mu H$ (0.82Ω) $I_{OUT}=350mA$ @ $V_{LED}=3.4V$ 驱动1颗LED		154		KHz
R_{ADJI}	ADJI引脚内部到VREF的上拉电阻			500		K Ω
I_{LXmean}	LX 连续开关电流			0.65		A
R_{LX}	LX 导通电阻			0.9	1.5	Ω
$I_{LX(leak)}$	LX 开关漏电流				1	μA
V_{ADJO} to V_{ADJI} offset	V_{ADJO} 引脚电压与 V_{ADJI} 引脚电压偏移		-20		20	mV
D_{PWM} (LF)	加在ADJI引脚上的PWM信号是低频时的调光比	PWM 频率=100Hz PWM 信号 幅值= 5V, $V_{IN}=15V$, $L=27\mu H$, 驱动1颗 LED		1200:1		
D_{PWM} (HF)	加在ADJI引脚上的PWM信号是高频时的调光比	PWM 频率=10kHz PWM 信号 幅值= 5V, $V_{IN}=15V$, $L=27\mu H$, 驱动1颗LED		13:1		
T_{ONmin}	推荐最小开关导通时间	LX 开关导通		200		ns
T_{OFFmin}	推荐最小开关关闭时间	LX 开关关闭		200		ns
f_{LXmax}	推荐最大工作频率				1	MHz
D_{LX}	当开关频率是 f_{LXmax} 时, 推荐的占空比范围		0.3	0.7	0.9	
T_{PD}	内部比较器延时			50		ns
T_{SD}	热关断温度			140		$^{\circ}C$
T_{SD-HYS}	热关断迟滞			20		$^{\circ}C$

注释:

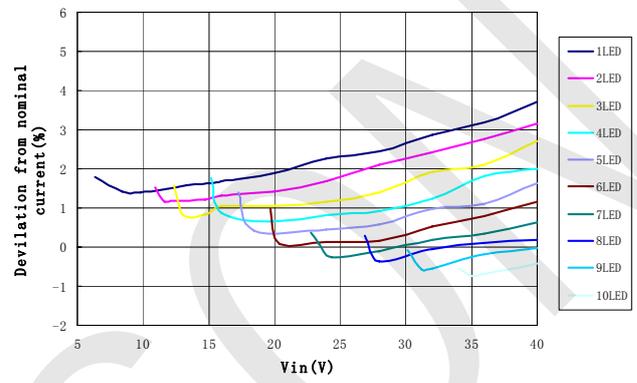
(*) 芯片量产测试是在 $25^{\circ}C$ 下进行。设计, 工艺和特征化分析可以保证芯片正常工作在其他温度。

典型性能特征

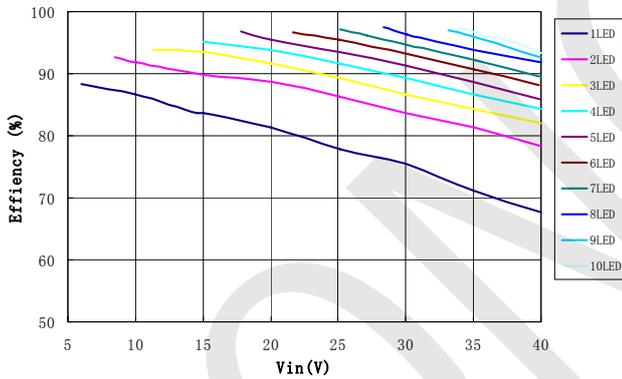
以下结果是在典型应用电路， $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$ 时得出的，除非特别说明。



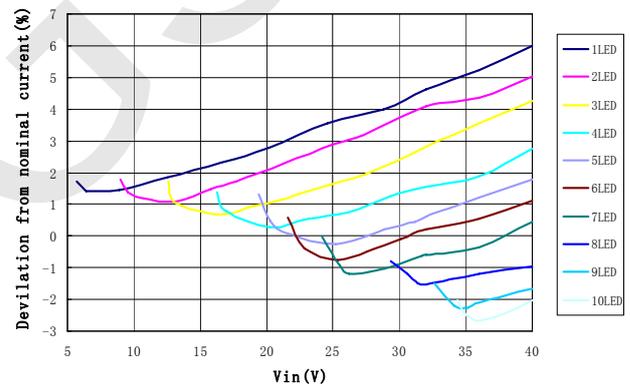
效率与LED个数的关系
 $L=100\mu\text{H}$, $R_s=0.33\Omega$



输出电流随供电电压的变化关系
 $L=100\mu\text{H}$, $R_s=0.33\Omega$

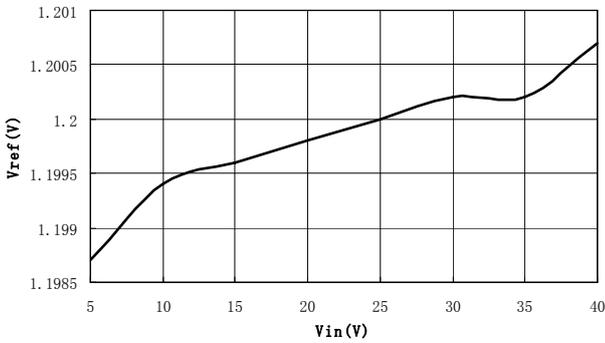


效率与LED个数的关系
 $L=47\mu\text{H}$, $R_s=0.33\Omega$

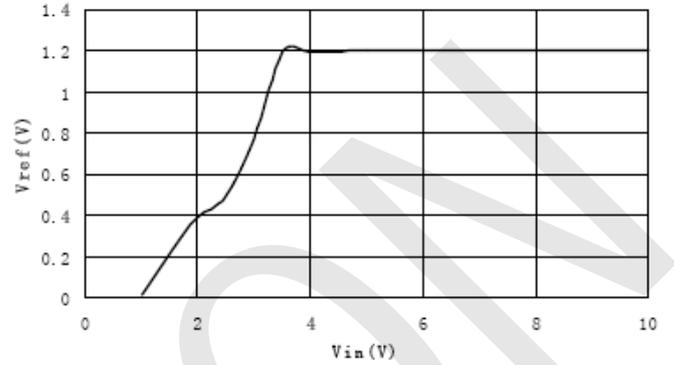


输出电流随供电电压的变化关系
 $L=47\mu\text{H}$, $R_s=0.33\Omega$

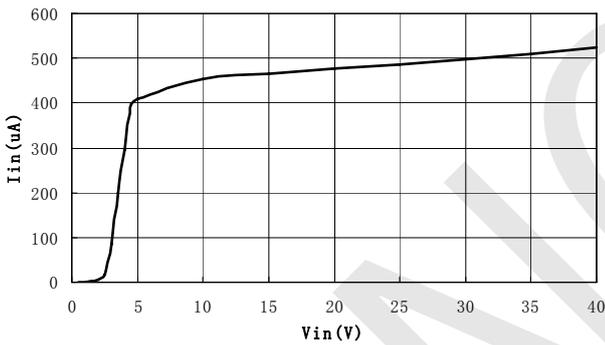
典型性能特征 (继续)



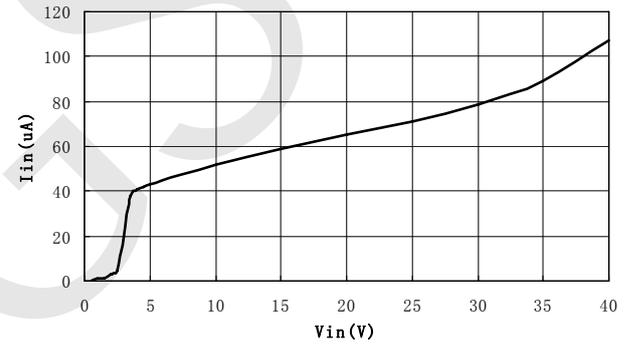
Vref 与 Vin 在正常电压下的关系曲线



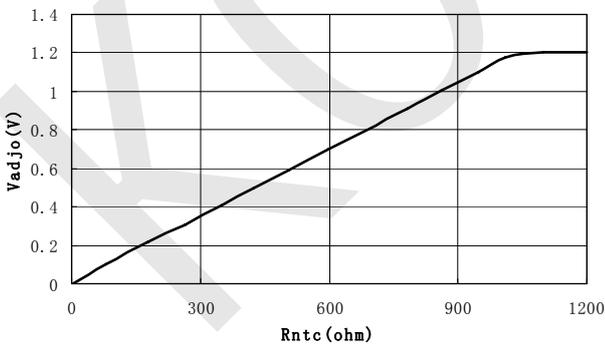
Vref 与 Vin 低电压时的关系曲线



供电电流与 Vin 的关系曲线(输出工作时的静态电流)



供电电流与 Vin 的关系曲线(输出关闭时的静态电流)



Vadjo 与 Rntc 的关系曲线
Rntc 下降时测量, Rth=1kohm

应用信息

通过外部电阻 R_S 设置普通模式下的输出电流

普通模式下的输出电流由接在 V_{IN} 和 I_{SENSE} 引脚间的电阻 R_S 决定:

$$I_{OUT\ nom} = 0.1/R_S [R_S > 0.13\Omega]$$

下面表格给出了按照第一页典型电路连接时,几种 R_S 值对应的平均输出电流:

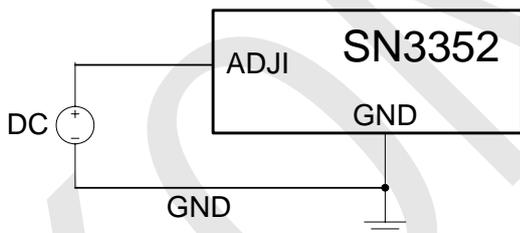
R_S (Ω)	普通模式下的输出电流 (mA)
0.13	769
0.15	667
0.27	370
0.3	333

芯片 V_{sense} 值被分为2个范围,请参考第4页的分档信息。上面的值是假设ADJI管脚悬空, $V_{REF} = 1.2V$ 下的计算结果。

$R_S = 0.27\Omega$ 是在这个条件下,保证输出电流不超过最大值的最小电阻。当ADJI引脚外加电压改变时,也可以使用不同的 R_S 值。

通过外加直流电压调整输出电流

可以通过在ADJI管脚施加直流电压(V_{ADJI})来调整输出电流,使其低于普通模式下的 R_S 设置的电流。



在这种情况下,输出电流的计算公式为:

$$I_{OUT\ dc} = 0.083 * V_{ADJI} / R_S [for\ 0.3V < V_{ADJI} < 1.2V]$$

当 $V_{ADJI} = V_{REF}$ 时,输出为100%的 $I_{OUT\ nom}$ 。当ADJI引脚外加电压高于1.2V时,电流将自动被钳位在100% $I_{OUT\ nom}$ 。

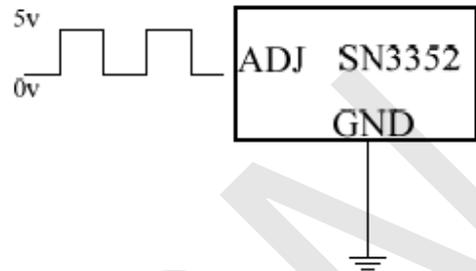
ADJI引脚的输入阻抗是 $500k\Omega \pm 25\%$ 。

通过PWM控制方式调整输出电流

直接驱动ADJI引脚

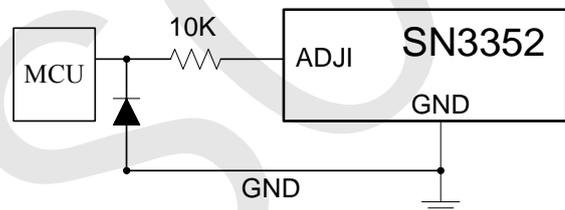
可以通过在ADJI引脚加脉宽调制(PWM)信号,来调整输出电流,使其小于通过电阻 R_S 设置电流值(输入信号幅

值从0V~5V)。PWM信号强度必须能驱动ADJI引脚内部500 k Ω 上拉电阻。电路如下图所示:



微控制器控制ADJI引脚

另外一种驱动方式是使用开漏级输出的微控制器。下面电路图示意了这种驱动方式的连接方法:



二极管和电阻可以抑制加在ADJI引脚上的由场效应管漏源级寄生电容引起的大幅值的负脉冲。这个负脉冲会导致错误的输出电流和芯片的工作不稳定。

关断模式

当ADJI引脚电压小于0.2V时,输出关闭。芯片进入待机状态,此时芯片待机电流下降到60 μA 。

结构固有的LED开路保护

如果LED与芯片连接的地方出现开路,电感就会与芯片的LX引脚分离,而避免其他升压结构会出现的损坏开关管的问题。

输入电容的选择

应该选用低ESR的电容充当输入去耦电容,因为电容的ESR会呈现为与电源串联的阻抗,降低系统效率。这个去耦电容须为电感提供大的峰值电流和平滑电源输入的电流纹波。

如果前级为直流电源,则电容量由其电源纹波决定,

$$其计算公式为: C_{min} = \frac{I_F * T_{on}}{\Delta U_{MAX}}$$

其中, T_{on} 表示功率管开启时间, I_F 表示输出电流, ΔU_{MAX} 为电源电压纹波大小

电容实际取值为最小值的2倍以上。

如果前级为交流电源,典型12v变压器输出电压纹波约为±10%,典型情况当输入电容小于200uf时,其AC正弦波形的峰谷时的电压值会小于LED串(典型3颗LED串联)的正向电压,使得输出平均电流会降低,因此,建议电容取值大于200uf。

为了系统能够在不同温度和电压下更稳定的工作,推荐使用X7R, X5R或者更好的电解质电容。Y5V电解质电容不适合用作为这个应用下的去耦电容。

电感器的选择

SN3352推荐使用的电感值的范围是 47μH 到 220μH。

在高电压应用以及输出电流较小时,推荐使用更大的电感,以减小由于开关延时造成的纹波增加和效率变低等问题。大的电感还会降低输出电流随电源电压的变化量(参考性能特征图)。电感应放置在尽量靠近芯片的地方,并减小电感到LX和VIN引脚的走线阻抗。

电感的磁饱和电流应当大于芯片输出的峰值电流,电感的恒定电流范围应该大于芯片输出电流的有效值。

建议700mA应用选择磁饱和电流大于1.2A的电感;
350mA应用选择磁饱和电流大于500mA的电感。

电感的选择应该考虑到在不同电源电压和负载电流的情况下,占空比和开关时间都能符合芯片规格要求。

下面的公式可以作为计算指导:

LX 导通时间

$$T_{ON} = \frac{L\Delta I}{V_{IN} - V_{LED} - I_{AVG}(R_S + r_L + R_{LX})}$$

注意: T_{ONmin} 应该大于200ns

LX 关闭时间

$$T_{OFF} = \frac{L\Delta I}{V_{LED} + V_D + I_{AVG}(r_L + R_S)}$$

注意: T_{OFFmin} 应该大于200ns

在上面公式中:

L 是电感值 (H)

r_L 是电感寄生阻抗 (Ω)

I_{avg} LED平均电流 (A)

ΔI 是电感纹波电流的峰峰值 {内部设置为 $0.3 \times I_{avg}$ }

V_{IN} 供电电压 (V)

V_{LED} 是LED总的正向导通电压 (V)

R_{LX} 是开关阻抗 (Ω)

V_D 是在所需电流下,二极管正向导通电压 (V)

设计实例

如果 $V_{IN}=12V$, $L=47\mu H$, $r_L=0.64\Omega$, $V_{LED}=3.4V$, $I_{avg}=333mA$ and $V_D=0.36V$

$$T_{ON} = (47e-6 \times 0.105)/(12 - 3.4 - 0.612) = 0.62\mu s$$

$$T_{OFF} = (47e-6 \times 0.105)/(3.4 + 0.36 + 0.322) = 1.21\mu s$$

输出频率是546kHz,占空比是0.34。

这些等式可以从SI-EN计算器里得到。

在平常的工作电压下,占空比等于0.5时,芯片可以达到最佳性能。这样设置可以使电流上下过冲相等,并提高输出电流的温度稳定性。

二极管的选择

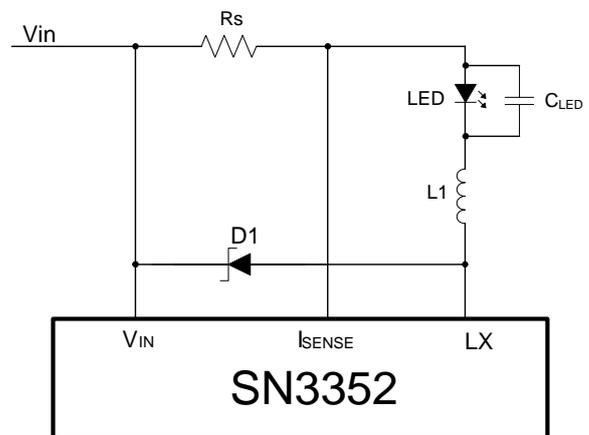
为了达到最高的效率和最佳的性能,整流管(D1)应该使用快速低寄生容抗肖特基二极管,该二极管要在最大供电电压和高温时也具有小的反向漏电流。

选择的二极管的最大电流要大于电感的最大磁饱和电流,二极管的承受连续电流的范围要大于负载上的最大电流。二极管在85°C时的反向漏电流是一个重要的指标,过大的反向漏电流将会导致芯片的功率损耗变大。

由硅二极管反向恢复时间导致的过大的正向导通时间和过冲将会增加LX输出的峰值电压。如果使用硅二极管,要注意LX引脚上的总电压包括纹波不能够超过芯片规定的最大值。

减小输出电流纹波

通过在LED两端并联一个电容 C_{led} ,可以使输出电流的纹波减小,具体电路连接请见下图:



1μF的电容近似把输出电流纹波减小3倍。增加 C_{led} 的值,电流纹波会相应减小。这个电容不会影响系统频率和效率,但是会通过减小LED电压上升速度增加软启动时间。

低电压工作

当电源电压升高到内部设置的开启阈值时，功率管导通电阻变的足够小，功率管开始导通。当供电电压低于规格书中的最小值时，开关的占空比会变高，芯片功率损耗会变大。应该避免芯片工作在这种情况下，以减小结温超过最大值的危险。(具体请参考散热设计)

当驱动两个或者两个以上LED时，正向导通电压将会足够防止芯片在低于6V的情况下开关工作，这将使芯片被损坏的可能性减到最小。

散热设计

当芯片工作在高环境温度或者输出大的电流的时候，要注意芯片的散热设计，以防止超过封装的功率损耗极限。注意芯片功率损耗会在最小的供电电压下达到最大值。功率损耗还会由于线路的效率变低而增加。这种问题可能是电感选择不当，或者输出开关过大的寄生电容造成的。

输出电流的温度补偿

大功率的LED需要电流的温度补偿才能保证工作的稳定性和可靠性。LED经常被放置在远离IC的位置，所以SN3352内部电路的温度系数被优化，在没有温度补偿时，芯片输出电流的不随温度变化而变化。

如果需要温度补偿电路，可以在靠近LED的位置放置一个NTC热敏电阻，温度检测网络通过内部运算控制输出电流。当温度上升时，输出电流下降。

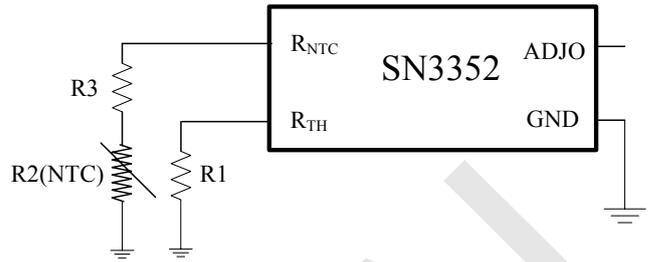
如右图所示，温度补偿曲线是由R1,热敏电阻R2和R3共同决定的。当LED所处的环境温度上升时，R2的阻值开始下降。当R2与R3的阻值和下降到等于R1的电阻值时，温度补偿功能开始工作，输出电流开始减小。有温度补偿功能时，输出电流的计算公式是：

$$I_{OUTdc} = 0.083 * V_{ADJII} (R2+R3) / R1 * R_S \quad [0.3 < V_{ADJII} < 1.2V]$$

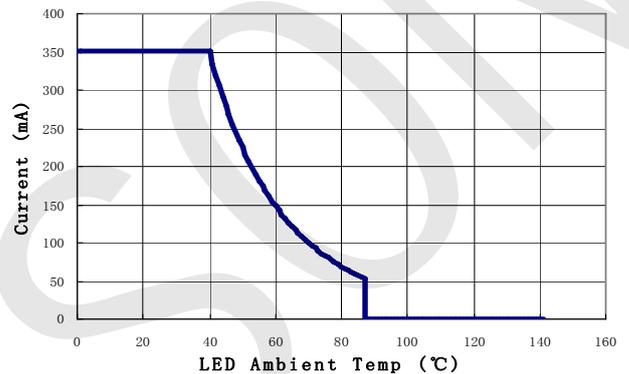
$$I_{OUTdc} = 0.1 * (R2+R3) / R1 * R_S \quad [V_{ADJII} > 1.2V]$$

R2 和 R3决定温度补偿曲线的斜率。当R3=0Ω时，斜率只由R2的B常数决定；R3不等于0Ω时，R3的值越大，温度补偿的斜率越小。

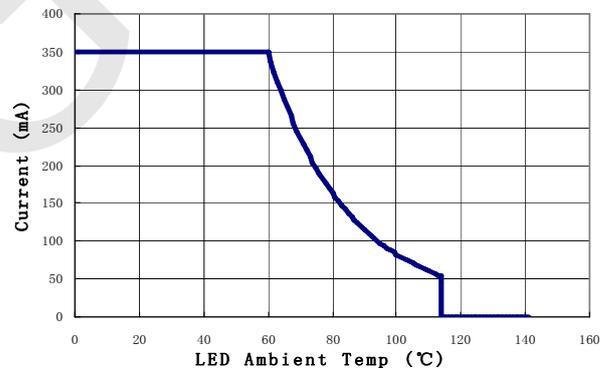
当R1, R2和R3的比例确定之后，温度补偿曲线就被确定。选择R1过大，会使系统稳定性变差；R1过小，芯片会有更多的功率损耗。推荐的R1的值是1K到100K。



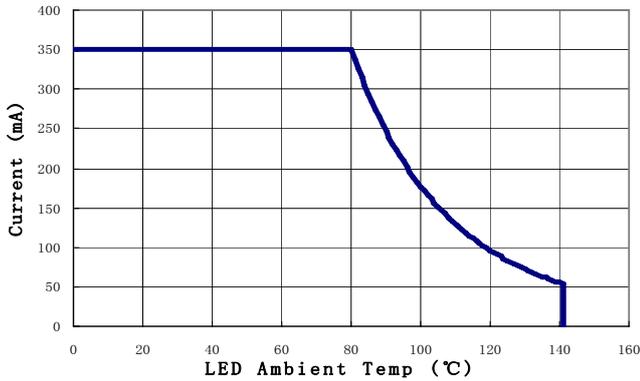
进行不同条件下温度补偿的设计。下面是若干设计例子：



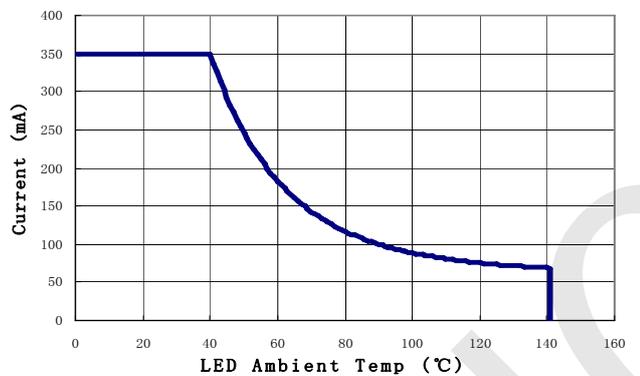
B=4485, R1=48.6k, R2=100k, R3=0R



B=4485, R1=20.6k, R2=100k, R3=0R



B=4485, R1=22.1k, R2=220k, R3=0R



B=4485, R1=58.6k, R2=100k, R3=10k

电路板布局设计

LX 引脚

LX 引脚是一个快速开关节点，所以PCB走线越短越好。为了防止地线跳动，芯片的GND引脚应该直接焊在电路板的铺地层上。

电感器和去耦电容

把电感器和去耦电容尽量的放置在靠近IC的位置是十分重要的，这样做可以减小寄生阻抗和感抗，防止无谓的功率损耗。同时，与 R_S 串联的走线的阻抗也应该保持尽量小。

高压路径

避免ADJI引脚附近的高压走线，减小由PCB板污染造成的漏电流。这样的污染会造成ADJI引脚电压升高，并引起输出电流的上升。用GND覆铜将ADJI引脚包起来将会减小输出电流变化的危险。

ADJI 引脚

ADJI引脚是高阻抗输入引脚，所以当引脚悬空时，PCB的走线应该尽量短，以减小噪声。可以在这一个引脚接一个1.2V~5V的电压。这种情况下，内部的电路将会将输出电流设定为ADJI=1.2V的电流值。

RTH, RNTC脚

从 R_i 到 R_m 的PCB走线应该尽量短，以减小噪声。由于NTC热敏电阻R2安装接近LED，而远离芯片，所以其引脚很长，从R2到RNTC的PCB走线更容易产生噪声。所以需要在 R_{NTC} 脚与地之间连接一个100nF的滤波电容，以消除 R_{NTC} 的频率噪声和产生高瞬态电压保护。

ADJO脚

因为ADJO引脚驱动下一个ADJI引脚时，PCB走线可能会比较长而产生噪声。在这种情况下，需要在ADJO到地之间连接一个200pF（最大）的电容来滤除噪声。最好的做法是，分别在ADJO引脚与下一个ADJI引脚与地之间连接一个电容，但是从ADJI脚到地的总的电容(包括寄生电容)必须小于200pF。请参照下面的连接。

