

采用高亮度发光二极管的灯光系统解决方案

national.com/CHS/LED

2008 年 第 2 季

高亮度发光二极管
灯光系统 2-3

发光二极管驱动器
及控制器 4-5

开关电容转换器
解决方案 6

电感升压型发光
二极管驱动器 7-8

电感升压发光二极管
控制器 9

电感降压发光
二极管驱动器 10-11

电感降压发光二极管
控制器 12

采用高亮度发光
二极管的参考
设计 13-23

- 便携式
电子产品 14

- MR16 的应用 15

- 汽车灯光
系统 16-17

- 24V 总线
系统 18-19

- 48V 总线
系统 20

- 输入电压范围
较为广阔的
系统 21-23

设计纵横 24-26

设计工具及封装 27



 **National
Semiconductor**

高亮度发光二极管灯光系统

简介

所有发光二极管无论其灯光颜色、尺寸大小或功率有甚么不同，只要驱动电流恒定不变，它们都能充分发挥其性能。发光二极管生产商都会列明产品的规格，例如，数据表上会列出产品在指定正向电流 (I_F) 而非正向电压 (V_F) 驱动下的流明、光束波形及颜色。但大部分电源管理集成电路基本上都属于输出电压恒定，但输出电流则非恒定的类型 (参看以下介绍)，因此单凭数据表上所列参数，我们很难判断某一系统设计最适宜采用哪一款芯片。以驱动一组发光二极管为例，最大的挑战是如何确保每一个发光二极管都由同一大小的电流驱动。解决这问题的其中一个办法是将所有发光二极管串联一起，这样便可确保驱动每一发光二极管的电流都大小一致。

高亮度发光二极管：输入电压及正向电压

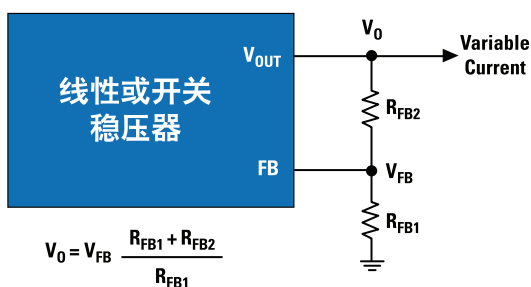
发光二极管的输入电压大多来自电池或有容限规定的电源供应系统。以汽车电池为例，其供电电压介于 8V 与 16V

之间，实际数值则取决于负载及电池的出厂年份。台式机处理器内置的“银盒”电源供应系统可以提供 $12V \pm 10\%$ 的供电电压。高亮度发光二极管的正向电压也有范围规定。以正向电流为 350 mA 的典型高亮度发光二极管为例，发光二极管的正向电压范围必须包括典型值以及过热停机的高/低阈值在内。为了确保输入一整串发光二极管的驱动电流保持恒定，电源系统提供的输出电压必须相等于是整串发光二极管的最高正向电压总和。生产商可以将不同颜色、亮度及正向电压的发光二极管分级。但若这三方面都作分级，成本会较为昂贵，而且一般来说正向电压是可以容许作最大改动的参数。再加上正向电压会随着发光二极管管芯温度的变动而出现偏移，因此输出电压范围较广的恒流调节器便应运而生。

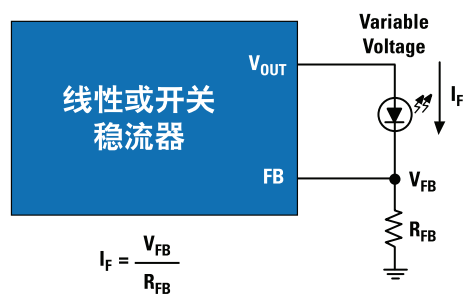
若输入电压高于发光二极管电压

若输入电压必定高于整串发光二极管的最高正向电压总和，可供选择的方案便有两个：我们既可选用线性稳流器，也可选用降压稳流器。

恒压稳压器



恒流调节器



最简单的方法是采用线性稳流器。若要确保输出电流恒定不变，便必须采用配备两个反馈电阻的可调节线性稳流器。只要舍弃上方的反馈电阻，代之以串联一起的发光二极管，而原本在下方的电阻则改用电流检测电阻，那么先前的恒压电源便会“自动调节”，将输出电压不断调节，直至有足够的电流流入电流检测电阻，使输出电压相等于是稳压器的反馈电压。线性稳流器的优点是设计简单，而且只需极少外接元件，也不会产生电磁干扰。只要串联发光二极管的正向电压 (V_f) 不超过压降有限的输出电压，线性稳流器便可不断输出恒定电流。但缺点是效率不高，而且热能耗散较大。线性稳流器发光二极管驱动器的损耗大约等于 $(V_{IN} - n \times V_f) \times I_f$ ，公式中的 n 是指串联一起的发光二极管的数目。以 350 mA 或以上的输出电流为例，若采用线性稳流器，便可能要加设散热器，这样不但会增加系统成本，而方案的体积也较大。

若输入电压必定高于发光二极管电压，另一个可行的方案是采用降压稳流器，但必须采用可调节的一类稳流器。这一点与线性恒流器相同，而且也可利用同一方法将几乎任何降压稳压器转为可为发光二极管提供恒流的电源供应器。降压稳压器的优点是效率较高，而且无需加设散热器，但缺点是电路较复杂，而且会产生开关噪声。许多新推出的降压稳压器都可采用 1 MHz 或以上的开关频率，因此系统可以采用体积较小的外接元件。以不超过 1 A 的输出电流为例，降压稳流器可能比线性稳流器占用更少电路板的板面空间。

若输入电压低于发光二极管电压

若整串发光二极管的最低正向电压总和必定高于最高输入电压，我们便需要采用升压稳流器。

电感升压转换器可以提供 350 mA 以上的输出电流及可变的输出电压，是兼具这两个特点而又设计最简单的稳流器。配备反馈分压电路的升压转换器只要稍加修改，便可成为能输出恒流的电源供应器。这一点与线性及降压稳流器相同。但降压稳流器与升压稳流器也有不同之处，例如，稳流器电源开关若置于控制芯片之内，两者的分别便大相迥庭。这类单芯片系统都设有固定限流值。以降压稳流器为例，流入内置开关的电流与流入发光二极管的电流并无分别。但升压转换器则不同，流入内置开关的电流不但较高，而且会随着输入电压的波动而改变，此外，输入/输出电压差越大，流入内置开关的电流便越高。我们决定采用单芯片升压稳流器驱动发光二极管之前，必须审慎评估有关参数，确保在输入电压范围内操作时，驱动器不会超出其固定电流的限流值。

若输入电压范围与发光二极管电压范围互相重叠

目前越来越多一般性的照明系统都改用高亮度发光二极管，因此很多时输入电压会有较大的波动，有时会高于串联发光二极管的正向电压，有时则较低。

以这类应用为例，采用的稳流器必须可以按照实际情况调低或提升输出电压。有多种稳流器具备这个功能，例如可升可降电路、SEPIC 电路、Cuk 电路以及反激电路。这些线路的结构都有一个共通点，例如其电源开关电流都高于发光二极管电流，而且可以随着输入电压的变动而改变。此外，我们也必须留意在整个输入电压范围内的峰值开关电流的变化，尤其是当我们所采用的是内置电源开关及已设定固定限流值的芯片。

发光二极管驱动器及控制器

采用开关电容升压转换器的高功率发光二极管驱动器

产品编号	输入电压范围 (V)	输出电压 (V)	电流源或电压源	发光二极管总电流 (mA)	开关频率 (MHz)	发光二极管数目	调光类型	封装
LM2753	3 至 5.5	5	电压	400	0.725	1	模拟	LLP-10
LM2754	2.8 至 5.5	5	电流	800	1	1 至 4	模拟	LLP-24

采用电感升压转换器的高亮度发光二极管驱动器

产品编号	输入电压范围 (V)	输出电压 (V) (最高值)	开关电流典型值 (mA)	开关频率 (MHz)	发光二极管数目	调光类型	主要特色	封装
LM3224	2.7 至 7	20	2450	0.6/1.25	1	PWM	采用白光发光二极管的闪光灯/电筒	MSOP-8
LM3551/2	2.7 至 5.5	11	2100	1.25	1 至 4	模拟	采用发光二极管的闪光灯	LLP-14
LM2698	2.2 至 12	17.5	1900	0.6/1.25	1 至 4	模拟	1.9A 开关电流，输入欠压保护	MSOP-8
LM2700	2.2 至 12	17.5	3600	0.6/1.25	1 至 4	模拟	3.6A 开关电流，输入欠压保护	TSSOP-14, LLP-14
LM2735x/y	2.7 至 5.5	24	2450	0.55/1.6	1 至 5	模拟	3A 开关电流，设有内部补偿	SOT23-5, LLP-6, eMSOP-8
LM5000	3.1 至 40	75	2000	0.3/0.7/ 0.6/1.3	1 至 20	模拟	2A 开关电流，不需补偿	TSSOP-16, LLP-16
LM5001	3.1 至 75	75	1000	可达 1.5	1 至 20	模拟	1A 开关电流，不需补偿	SO-8, LLP-8
LM5002	3.1 至 75	75	500	可达 1.5	1 to 20	模拟	500 mA 开关电流，设有内部补偿	SO-8, LLP-8
LM2733	2.7 至 14	40	1000	0.6/1.6	1 至 8	模拟	1A 开关电流，设有内部补偿	SOT23-5
LM27313	2.7 至 14	30	800	1.6	1 至 6	模拟	800 mA 开关电流，设有内部补偿	SOT23-5
 LM3410*	2.7 至 5.5	24	2100	0.525/1.6	1 至 5	PWM	80 nA 的超低待机电流，设有内部补偿	SOT23-5, LLP-6, eMSOP-8

* 推荐芯片：这款芯片不但效率极高，而且容易使用，是驱动高亮度发光二极管的理想解决方案。

采用电感降压转换器的高亮度发光二极管驱动器

产品编号	输入电压范围 (V)	输出电压 (V)	发光二极管总电流 (mA)	开关频率 (MHz)	发光二极管数目	调光类型	主要特色	封装
LM3402/HV*	6 至 42/ 6 至 75	37/67	525	可调高至 1 MHz	1 至 9/15	PWM	200 mV 反馈电压，快速的 PWM 调光	MSOP-8
LM3404/HV*	6 至 42/ 6 至 75	37/67	1000	可调高至 1 MHz	1 至 9/15	PWM	200 mV 反馈电压，快速的 PWM 调光	SOIC-8
全新 LM3405A*	3 至 22	20	1000	1.6 MHz	1 至 3	PWM	200 mV 反馈电压，快速的 PWM 调光，采用薄型封装	SOT23-6
LM5010/A	8/6 至 75	67	1000	可调高至 1 MHz	1 至 15	PWM	非同步，内置高端 N 沟道场效应晶体管 (FET)	eTSSOP-14, LLP-10
LM5007	9 至 75	67	700	可调高至 800 kHz	1 至 15	PWM	非同步，内置高端 N 沟道	MSOP-8, LLP-8
全新 LM3407*	4.5 至 30	27	350	可调高至 1 MHz	1 至 7	PWM	恒定频率 PWM 控制功能，可支持真正的平均电流检测	eMSOP-8

高亮度发光二极管控制器

产品编号	电路布局	输入电压范围 (V)	输出电压 (V)	发光二极管最高电流 (mA)	开关频率 (MHz)	发光二极管数目	调光控制模式	主要特色	封装
全新 LM3401*	降压/迟滞 控制器	4.5 至 35	高达 35	3A	可调高至 2 MHz	1 至 9	PWM	双边迟滞、极低的参考电压及较短的传播时延	MSOP-8
全新 LM3433*	降压	9 至 14	高达 6	14+	可调高至 1 MHz	—	PWM	可输出负电压，因此发光二极管阳极可直接与机箱连接一起，以便取得最高的散热效果	LLP-24
LM5020	降压/ 升压/反激	13 至 100	可调整	1A+	可调高至 1 MHz	1 至 20	PWM	可灵活调整发光二极管驱动电流，另有外置 FET，反馈电压为 500 mV	MSOP-10, LLP-10
LM3478	降压/ 升压/反激	2.97 至 40	可调整	1A+	可调高至 1 MHz	1 至 9	PWM	可灵活调整发光二极管驱动电流，另有外置 FET，反馈电压为 200 mV	MSOP-8
LM5022	降压/ 升压/反激	6 至 60	可调整	1A	可调高至 2 MHz	1 至 9	PWM	可灵活调整发光二极管驱动电流，另有外置 FET，反馈电压为 500 mV	MSOP-10
全新 LM3431*	升压	5 至 36	高达 40	每串 150 mA	可调高至 1 MHz	3 串， 每串 10 个	模拟/ PWM	发光二极管防护功能：短路、开路及过热	eTSSOP-28

* 推荐芯片：这款芯片不但效率极高，而且容易使用，是驱动高亮度发光二极管的理想解决方案。

开关电容转换器解决方案

开关电容转换器解决方案

利用开关电容转换器驱动发光二极管时，转换器的增益必须够大，才可利用谷值输入电压提供足够的升压，以便为发光二极管提供最高电压及最高电流，而且无论温度高低以及采用哪一种工艺技术，升压必须能够保持一段时间。虽然开关电容转换技术不断改进，令整体的效率有进一步的提升，但单以效率计，良好的电感解决方案在绝大部分情况下都比开关电容器解决方案优胜。

- 采用开关电容升压转换器的发光二极管驱动器
 - 较低的发光二极管电压 = 功耗不变
 - 较低的发光二极管电压 = 效率更高

LM2754

利用开关电容转换器输出 800 mA 电流的闪光灯发光二极管驱动器

工作原理

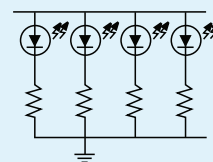
LM2754 芯片是一款内置四个稳流接收器的低噪声、高电流的高集成度开关电容直流/直流转换器，其特点是可输出高达 800 mA 的电流，以驱动 1 至 4 个并行连接的高功率白光发光二极管。由于这款芯片可以根据发光二极管要求的正向电压及电流灵活选择合适的增益，因此只要在指定的输入电压范围内操作，便可发挥最高的转换效率。此外，这款芯片也可通过两个外置的低功率电阻，为电筒及闪光灯模式设定所需电流。

并行式电路结构

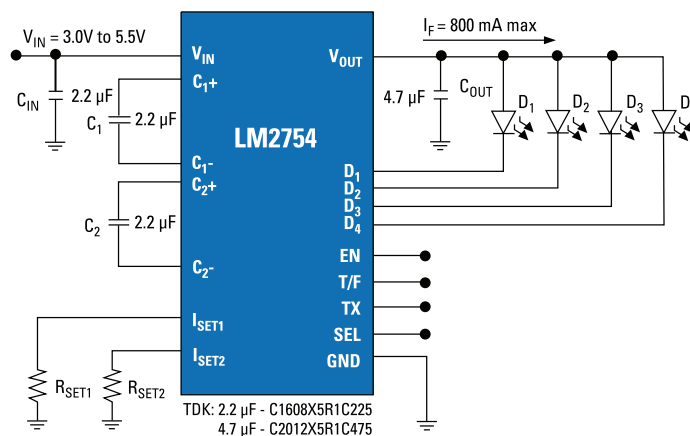
并行连接的发光二极管：所有发光二极管都并行排列一起，但各自连接同一导线，每一发光二极管的正极则分别连接地线。

优点：不必限定采用一条供电干线；适用于小键盘的背光系统。

并行连接的发光二极管



LM2754 芯片的典型应用电路图



电感升压型发光二极管驱动器

电感升压转换器解决方案

对于电流高达几百 mA 以上的应用来说，电感式发光二极管驱动器是最理想的解决方案。电感升压驱动器的最大优点是可以驱动电流大幅的提升，最适用于需要采用大量发光二极管的灯光系统或利用发光二极管发光的闪光灯。这种驱动器的另一优点是在脉冲宽度调制 (PWM) 或脉冲频率调制 (PFM) 这两种模式之间不断进行切换，以便调节增益，改变发光二极管的亮度。

- 采用电感升压转换器的发光二极管驱动器
 - 较低的发光二极管电压 = 功耗较低
 - 较低的发光二极管电压 = 效率不变

串联式电路结构

串联一起的发光二极管：一条导线将所有发光二极管以一个紧接一个的方式串联一起，每一发光二极管的正极则连接另一发光二极管的负极。

优点：只需一条输出引脚，而且保证所有驱动电流保持均匀。

串联一起的发光二极管

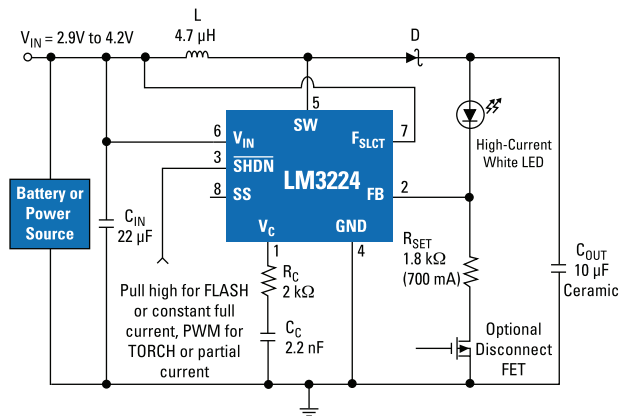


适用于白光发光二极管闪光灯/电筒、并设有 PWM 控制功能的 LM3224 电感升压转换器

工作原理

LM3224 芯片是一款内置一个 0.15W (典型值)、2.45A (典型值) 开关的升压直流/直流转换器，其特点是不但可以通过引脚选择操作频率，而且还可将 3.3V 的电压转为 8V、-8V 及 23V 等多个电压输出。此外，由于这款芯片内置高电流开关，因此也可驱动闪光灯的高电流白光发光二极管。LM3224 芯片有 615 kHz 及 1.25 MHz 两个开关频率可供选择，因此更容易将噪声滤除。这款芯片也设有外部补偿引脚，让用户可以灵活设定频率补偿，令输出端可以采用较小型的低等效串联电阻 (ESR) 陶瓷电容器。此外，这款芯片也设有外部软启动引脚，让用户可以控制启动过程，以免负载终端装置出现电压过冲。

LM3224 芯片的典型应用电路图

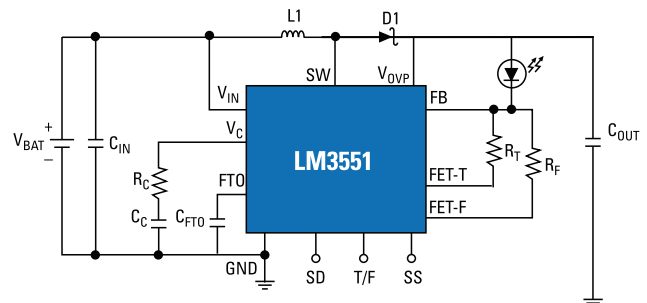


适用于闪光灯发光二极管的 LM3551 高电流电感式直流/直流转换器

工作原理

LM3551 芯片是一款固定频率为 1.25 MHz 的升压直流/直流转换器，其特点是为闪光灯提供高达 700 mA 的驱动电流。以驱动高功率闪光灯发光二极管为例来说，LM3551 芯片还可利用 TORCH/FLASH 引脚选择高功率的闪光灯模式或低功率的电筒模式。此外，这款芯片还设有外部停机引脚，让芯片可以选用低功率的停机模式。

LM3551 芯片的典型应用电路图



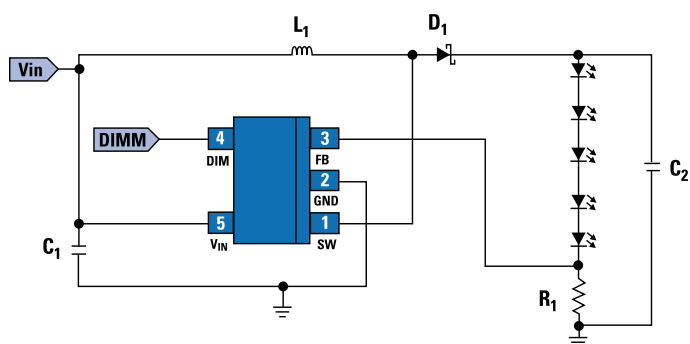
电感升压型发光二极管驱动器

LM3410 设有内部补偿的恒流升压及SEPIC发光二极管驱动器

工作原理

LM3410 是一款采用 PWM 控制的高频、升压、单芯片直流/直流转换器，分别有 5 引脚 SOT23、6 引脚 LLP 及 8 引脚 eMSOP 等三种封装可供选择。这款芯片只需极少外置元件，因此非常容易使用。此外，这款芯片还内置 160m NMOS 管，因此可以提供 2.5A (典型值) 的峰值驱动电流。开关频率可以内部设定为 525 kHz 或 1.60 MHz。虽然操作频率这样高，但效率可轻易高达 85%。LM3410 芯片还设有外部停机功能，而且待机电流极低 (80 nA)。由于这款芯片设有电流模式控制及内部补偿功能，因此可以在多种不同的应用情况下发挥卓越的性能。此外，这款芯片还有调光控制、逐周电流限制及过热停机保护等功能。

LM3410 芯片的典型应用电路图

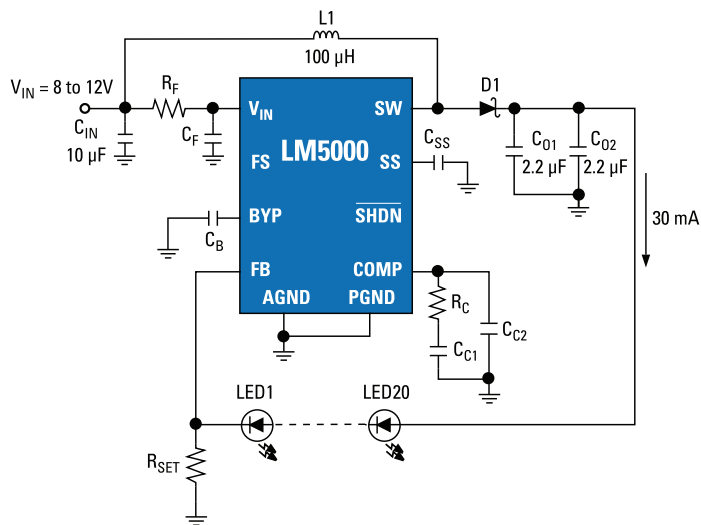


LM5000 高电压升压稳压器

工作原理

这款升压电路可将输入电压大幅提高，以便支持 20 个串联一起的发光二极管，确保流入每一发光二极管的电流都大小一致。LM5000 芯片可以输出极高电压，因此无需加设外置电源开关也可轻易驱动多串较长的串联发光二极管。

LM5000 芯片的典型应用电路图



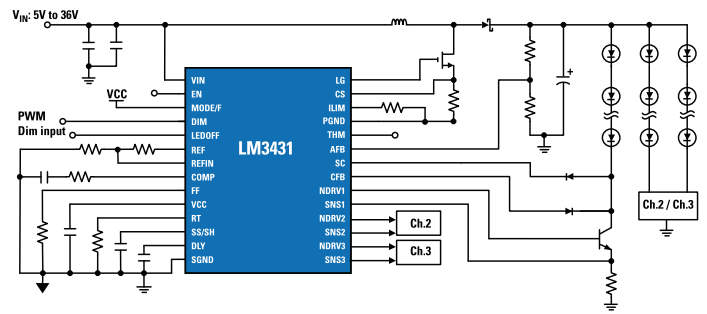
电感升压发光二极管控制器

LM3431 内置升压型的 3 通道恒流发光二极管驱动器

工作原理

LM3431 芯片是一款内置升压开关控制器和 3 通道线性电流控制器器件，其特点是可以驱动超薄型电子产品的发光二极管背光灯显示屏。LM3431 控制器可驱动 3 个外置 NPN 晶体管或 MOSFET 晶体管，为 3 串发光二极管分别提供偏差极小的恒定电流。驱动发光二极管的输出电流可以调整，最高可达 200 mA 以上。内置的升压控制器则负责驱动外置的 NFET 开关，以便执行升压功能，将介于 5V 至 36V 之间的输入电压提高至规定的水平。LM3431 芯片也设有发光二极管阴极反馈功能，让稳压器可将不必要的操作减至最少，以便进一步提高效率。此外，芯片的调光控制输入引脚可利用模拟或数字信号控制发光二极管的亮度，调光控制频率可高达 25 kHz，而对比度则可高达 100:1。若调低调光频率，对比度甚至可高达 1000:1。调控发光二极管的光暗时，LM3431 芯片可以调整输出电压以确保其恒定，以便抑制开关/切换噪声。这款芯片还有其他功能如发光二极管短路及开路防护、故障延迟/故障标记、逐周限流以及确保芯片与发光二极管不会受损的过热停机防护功能。

LM3431 芯片的典型应用电路图



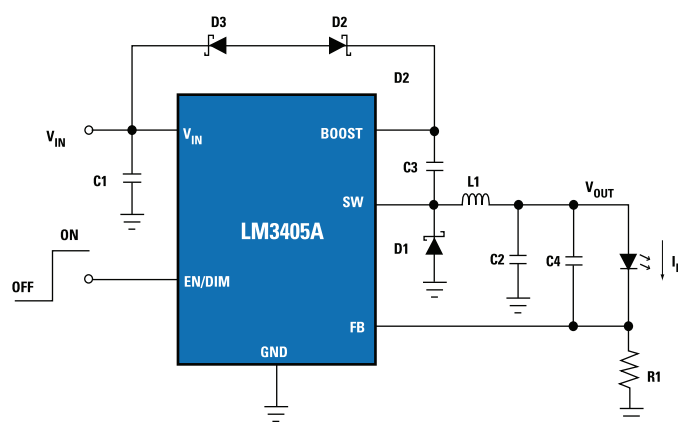
电感降压发光二极管驱动器

LM3405A 设有内部补偿的 1A 恒流降压发光二极管驱动器

工作原理

LM3405A 芯片是一款可输出 1A 恒流的降压发光二极管驱动器，其特点是设计简单，而且效率极高，是驱动高功率发光二极管的理想解决方案。这款芯片设有 0.205V 参考电压反馈控制功能，因此可将功耗减至最少，另外还可通过外置电阻设定电流大小，以驱动不同类型的发光二极管。开关频率可内部设定为 1.6 MHz。LM3405A 芯片设有电流模式控制及内部补偿功能，不但非常容易使用，而且还可在多种不同的操作情况下执行稳压功能，发挥不会令人失望的极高性能。这款芯片可以利用高达 22V 的输入电压提供 1A 的正向电流，驱动多达 5 个串联一起的高亮度发光二极管，而每一发光二极管的正向电压约为 3.7V。此外，这款芯片还设有用户可随时使用的 EN/DIM 引脚，以便启动允许功能及执行 PWM 调光控制功能，以调控发光二极管的亮度，其他的功能则包括过热停机、每周期限流及过流保护等功能。

LM3405A 芯片的典型应用电路图

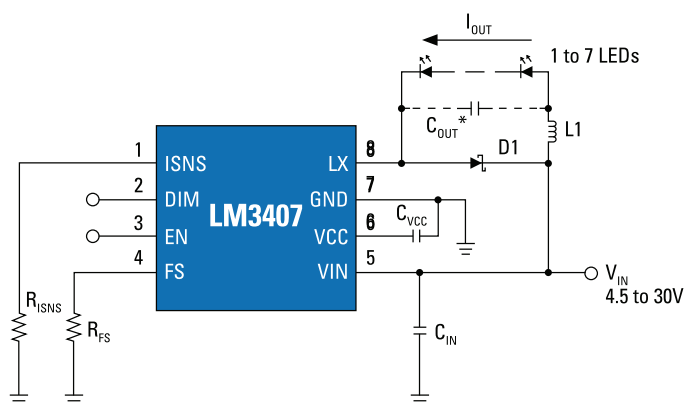


LM3407 可驱动高功率发光二极管的 350 mA 恒流输出浮动降压开关转换器

工作原理

LM3407 芯片是一款可输出恒流以驱动高功率发光二极管的恒流输出浮动降压开关转换器，最适用于车灯、个别行业专用的照明灯以及一般照明系统。这款芯片内置功率 N-MOSFET 晶体管，而且可以通过 1% 准确度的外置电阻调整输出电压，以便转换器可以根据实际需要为串联一起的发光二极管提供准确而恒定的驱动电流。开关频率可以调整，设定范围介于 300 kHz 与 1 MHz 之间。此外，LM3407 芯片还可利用调光控制输入信号，确保发光二极管的亮度可以通过 PWM 控制功能加以控制。

LM3407 芯片的典型应用电路图

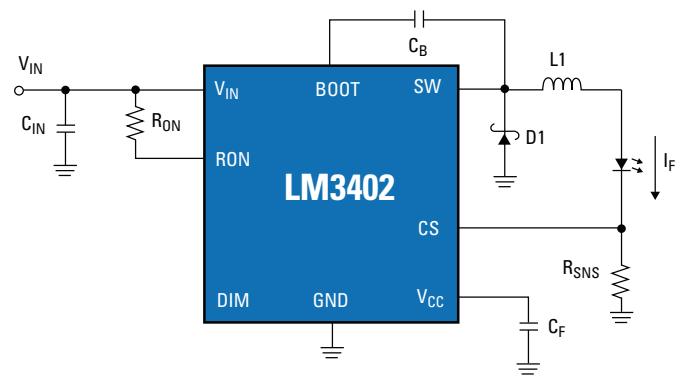


LM3402 反馈电压为 200 mV、输入电压高达 75V 的 0.5A 发光二极管驱动器

工作原理

LM3402/02HV 是体积小而转换效率又极高的单芯片降压开关稳流器，最适用于驱动高功率发光二极管。这两款芯片都内置高端 N-MOSFET 开关，可以驱动高达 500 mA 的电流，而反馈电压则低至 200 mV，因此最适用于汽车电子系统、工业设备以及一般的照明系统。LM3402 芯片可在 6V 至 42V 的广阔输入电压范围内操作，而 LM3402HV 芯片的 6V 至 75V 输入电压范围则更为广阔。由于这两款芯片有这个优点，因此是多种不同应用的理想发光二极管驱动器。

LM3402 芯片的典型应用电路图

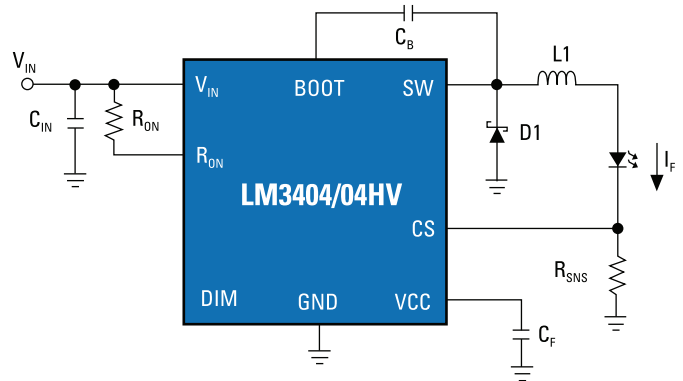


LM3404 可以驱动高功率发光二极管的 1.0A 发光二极管驱动器

工作原理

LM3404/04HV 是单芯片的降压开关稳流器，可为高功率发光二极管提供恒定的驱动电流。这两款芯片都内置高端 N-MOSFET 开关，限流值则设定为 1.2A (典型值)，是组建降压稳压器的理想解决方案，最适用于汽车电子系统、工业设备以及一般的照明系统。这两款芯片采用导通时间受控的迟滞控制结构，另外还有外置电阻的支持，因此转换器可以根据实际需要调节输出电压。此外，这两款芯片还有其他的功能，例如可以通过 PWM 调校输出电流的光暗度、中断/开放发光二极管保护、低功率停机及过热停机。

LM3404/04HV 芯片的典型应用电路图



电感降压发光二极管控制器

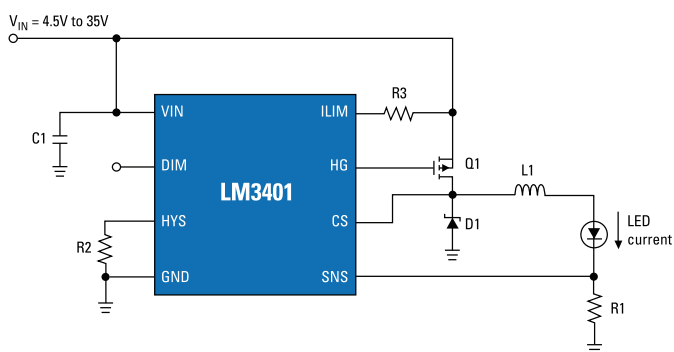
LM3401 可以驱动大功率发光二极管的迟滞 PFET 控制器

工作原理

LM3401 芯片可以驱动降压稳压器的外置 P-MOSFET 开关，为不同类型的发光二极管以至多串串联一起的发光二极管提供恒定的驱动电流，不同电流之间的大小偏差不得超过 $\pm 6\%$ 。这款芯片还可利用外置电流感测电阻将输出电流调高至 1A 以上，以便驱动大功率的发光二极管。

LM3401 芯片还有其他优点，例如双边迟滞、极低参考电压以及极短的传播延迟，确保准确度及效率都可进一步提高。此外，每周期的限流功能可为芯片提供防护，以免出现过流及短路故障。此外，这款芯片还有可调整迟滞功能以及可支持 PWM 调光控制功能的 CMOS 兼容输入引脚。

LM3401 芯片的典型应用电路图

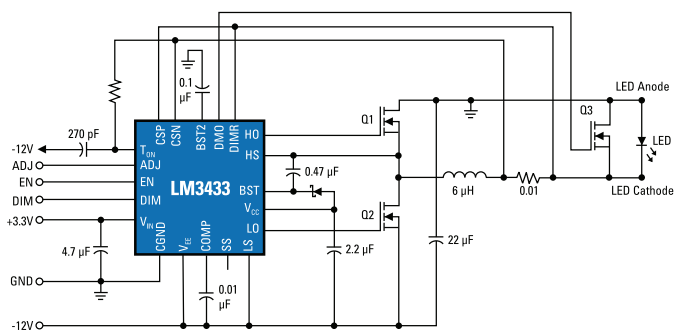


LM3433 可支持高频调光控制的 PowerWise® 系列共阳极高亮度发光二极管驱动器

工作原理

LM3433 芯片是一款自适应固定导通时间直流/直流降压恒流控制器。理论上，这是真正的电流源。这款芯片可输出恒流以驱动大功率的发光二极管，其输出端采用特别的配置，以便多个发光二极管的阳极都可直接连接以地线作为参考电压的机箱，确保可以进一步提高散热效率。此外，这款芯片采用可支持高频操作的结构，令系统可以采用小型的外置无源元件，而且系统无需加设输出电容器，但发光二极管的纹波电流则可保持在极低的水平。PWM 控制电路利用并行开关将发光二极管变成短路，因此能以极高的 PWM 频率执行调光控制功能。此外，这款芯片还有过热停机、供电电压 (V_{CC}) 欠压锁定及逻辑电平停机模式等功能。

LM3433 芯片的典型应用电路图



高亮度发光二极管应用电路的参考设计

高亮度发光二极管应用电路的参考设计

解决方案	采用的零件	产品简介	页数
便携式电子产品	LM2623	可以利用一至两枚电池驱动高亮度 1W 发光二极管的升压转换器	14
MR16 系统	LM3405A	可支持 12V 交流电输入，适用于 MR16 发光二极管灯泡	15
汽车灯光系统	LM5007	适用于汽车灯光系统的降压转换器，可驱动一个至两个高亮度 1W 发光二极管	16
	LM5010	适用于汽车尾灯的降压转换器，可输出 300 mA 或 900 mA 的电流，驱动一个高亮度发光二极管	17
24V 总线系统	LM3402	可以驱动 6 个 InGaN 白光发光二极管，驱动电流为 330 mA	18
	LM5020	可以驱动 3W 的高亮度发光二极管，驱动电流可达 900 mA，并有调光控制功能	19
48V 总线系统	LM3402HV	可以驱动 12 个 InGaP 发光二极管，驱动电流为 360 mA	20
输入电压范围较广的系统	LM3402	可以驱动一个 InGaN 白光发光二极管，驱动电流为 350 mA	21
		可以驱动三个 InGaN 发光二极管，驱动电流为 350 mA	22
	LM3402HV	可以驱动一个 InGaP 发光二极管，驱动电流为 350 mA	23

LED 参考设计库

美国国家半导体的照明系统设计经过实际应用的考验，是汽车电子系统、一般照明系统、闪光灯以及建筑物照明设备的理想设计方案。如欲进一步查询详情，可浏览 LED.national.com/CHS 网页的 **LED 参考设计库** 或登入 www.national.com/CHS 网页。



LM2623

可以利用一至两枚电池驱动高亮度 1W 发光二极管的升压转换器

产品简介：

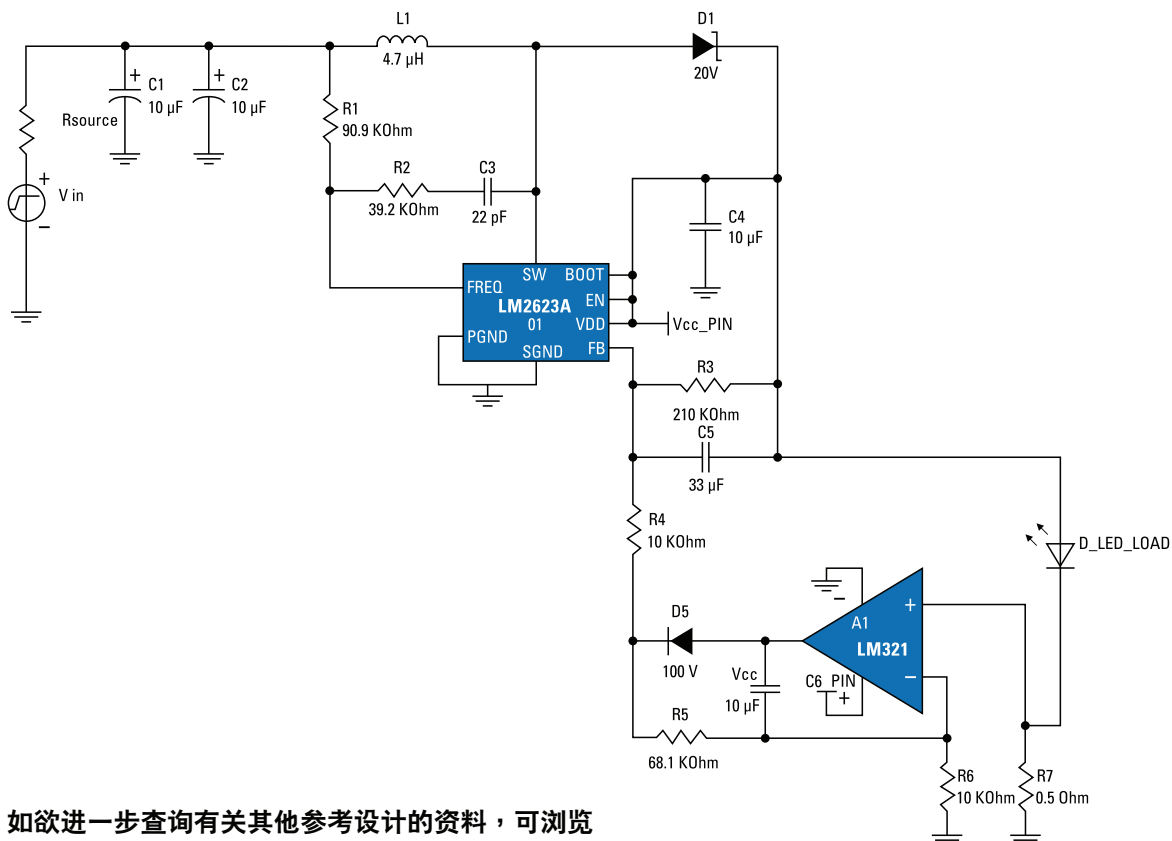
- 设计上，这是一款简单的升压转换器，可以提供 350 mA 的恒流以及高达 5V 的开路电压，而且转换效率极高。
- 可以利用一至两枚电池驱动 1W 的发光二极管。

技术规格：

输入	输出 1
最低输入电压 = 1.5V	输出电压 1 = 3.5V (典型值)
最高输入电压 = 3.3V	输出电流 1 = 0.350A

工作原理

- 这款设计基本上利用 LM2623MM 芯片提升输入电压，而 LM2623MM 是一款采用迷你型 SO-8 封装、并内置 1.2A 开关的升压开关稳压器，可将 1.5V 至 3.3V 的输入电压提升至发光二极管所要求的 3.5V 电压 (典型值)。
- 若发光二极管已连接，而输出电压升至大约 3.5V 时，发光二极管便会启动，令电流流入 R7 电阻。
- SOT-5 LM321MF 芯片以及 R5 和 R6 增益电阻可将 R7 电阻的电压放大 7 倍，因此当 350 mA 电流流入发光二极管时，R4 和 R5 电阻之间的电路便会产生 1.24V 的电压。而内置的 LM2623 反馈控制电路可以利用这个 1.24V 电压将流入发光二极管的电流加以稳定，确保电流恒定不变。
- 型号为 LM2623A 的芯片则保证可以提供超过 2A 的峰值开关电流，因此最适用于单电池系统。



如欲进一步查询有关其他参考设计的资料，可浏览 www.national.com/webench/ledrefdesigns.do 网页。

MR16 的应用

LM3405A

产品简介：

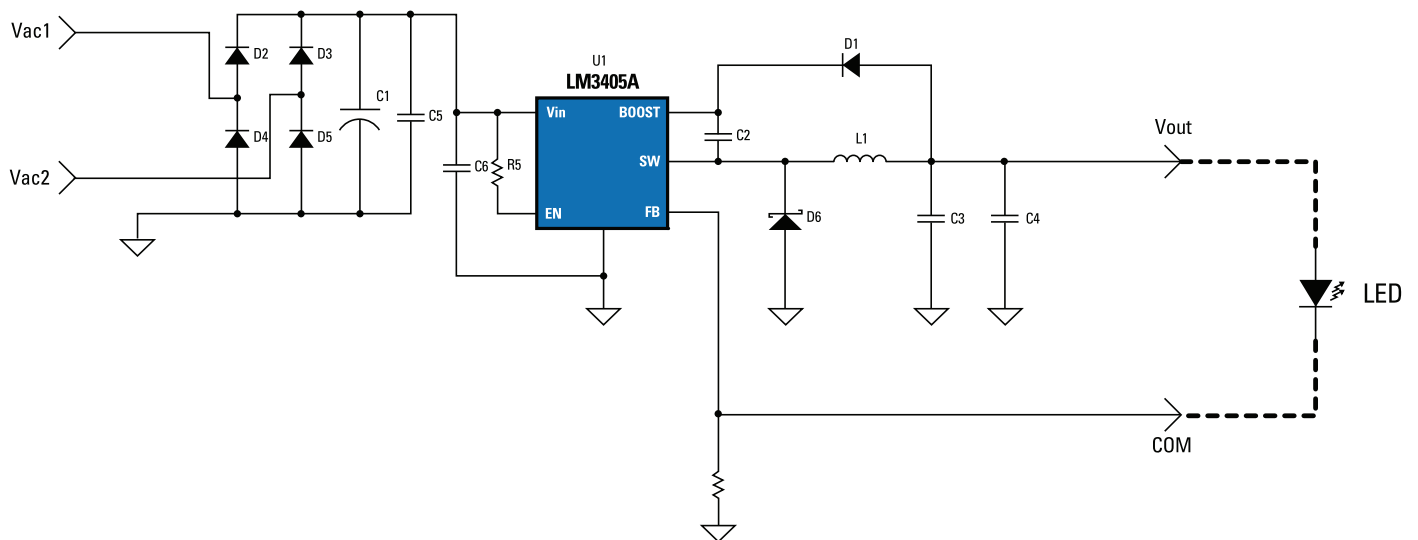
这是一款符合 MR16 大小标准的发光二极管灯泡电路设计，可用于取代石英灯灯泡。这款电路可以利用 12V 的交流电源提供 600 mA 的恒定电流，以驱动高亮度的发光二极管。

技术规格：

输入	输出 1
最低输入电压：10.8V (交流电)	输出电压 1：3.8V
最高输入电压：13.2V (交流电)	输出电流 1：0.6A

工作原理

- 这款应用电路采用 LM3405A 电流模式控制降压开关稳压器作为发光二极管的驱动器。这款采用小型 SOT23 封装的稳压器可以驱动高功率的发光二极管，而且正向电压可达 3.8V (典型值)。
- 可以利用 0.205V 的参考电压进行反馈控制，以便将功耗减至最少，并根据实际需要利用外置电阻设定电流大小，以驱动不同类型的发光二极管。
- 由于 MR16 灯泡必须采用 12V 交流电的输入电压，因此这款电路必须加设桥接整流器，以便通过整流将输入的交流电转为直流电平，这样才可为 LM3405A 发光二极管驱动器提供电流。由于 LM3405A 芯片适用于 3V (直流) 至 22V (直流) 的广阔输入电压范围，因此只要采用极小型的输入电容器便可长时间连续不断操作。
- 由于开关频率可以内部设定为 1.6 MHz，因此系统可以采用极小型的表面贴装电感器及芯片电容器。
- 由于有以上的优点，因此印制电路板可以尽量缩小，确保其大小符合 MR16 灯泡的严格规定，令 LM3405A 成为这类应用的理想发光二极管驱动器。



LM5010

可为一个高亮度发光二极管提供 300 mA 或 900 mA 驱动电流的车尾灯降压转换器

产品简介：

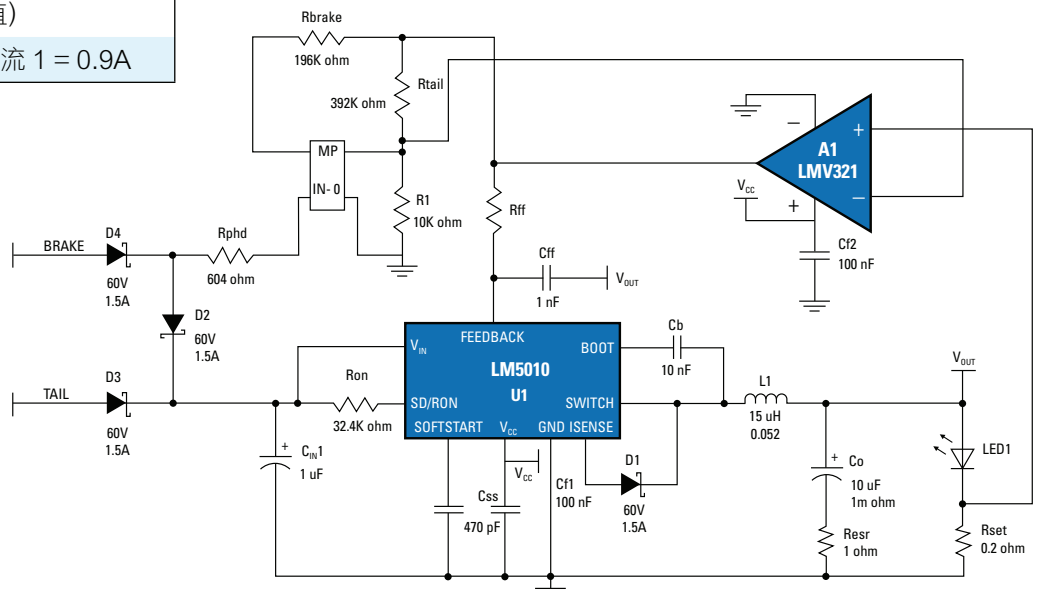
- 采用这款电路的照明系统可取代内含两条钨丝的钨丝灯泡，最适用于汽车制动灯/尾灯二合一的设计。
- 设计上，这是一款简单的降压稳流器，可以输出高达 900 mA 的恒定电流。
- 若“车尾灯”的输入端获得供电，转换器便会将发光二极管的电流调整至 300 mA。若“制动灯”的输入端或“车尾灯”连同“制动灯”的输入端获得供电，转换器便会将发光二极管的电流提高至 900 mA。
- 由于“制动灯”及“车尾灯”的输入电压可在 8V 至 40V 之间变动，因此这款电路最适用于采用 8V 至 16V 电池的标准型号轿车和货车，但也适用于集装箱货车、拖车、铲车和采用 16V 至 32V 双铅离子酸性电池系统的其他车辆。

技术规格：

输入	输出 1
最低输入电压 = 8.0V	输出电压 1 = 2.5V (典型值)
最高输入电压 = 40.0V	输出电流 1 = 0.9A

工作原理

- 这款设计基本上利用 LM5010MH 芯片降低输入电压，而 LM5010MH 是一款采用 TSSOP-14EP 封装、并内置 1A N-FET 开关的降压开关稳压器，可将 8V 至 40V 的输入电压降至发光二极管所要求的 2.5V 电压 (典型值)。
- 若“车尾灯”的输入端获得供电，SOT LM321MF 芯片以及 R_{tail} 和 R_i 增益电阻可将 R_{set} 的电压放大 39 倍，而放大的增益倍数等于 R_{tail}/R_i 的比率。发光二极管的驱动电流便可稳定在 300 mA 的水平。
- 若“制动灯”的输入端或“制动灯”连同“车尾灯”的输入端获得供电，photoMOS 便会启动。 R_{set} 的电压增益倍数便会降低至只有 13 倍。由于这个倍数取决于 $(R_{brake} // R_{tail}) / R_i$ 的比例，因此发光二极管的电流可以提高至 900 mA。
- 二极管 D3 及 D4 可以提供反向的电池保护，二极管 D2 则可确保“制动灯”输入信号可以取代“车尾灯”输入信号。
- LM5010 芯片可以承受高达 75V 的输入电压，因此无需为防范高达 75V 的“负载断电” (load dump) 事件而加强系统保护。
- 只要将信号电平 NFET 置于 RON 引脚与接地之间，并以 PWM 信号驱动栅极，便可利用 PWM 输入信号控制发光二极管的光暗。这款电路也可支持 100 Hz 的 PWM 输入电压，让车厢内的灯光也有舞台灯光的光暗效果。



24V 总线系统

LM3402

可为 6 个 InGaN 白光发光二极管提供 330 mA 的驱动电流

产品简介：

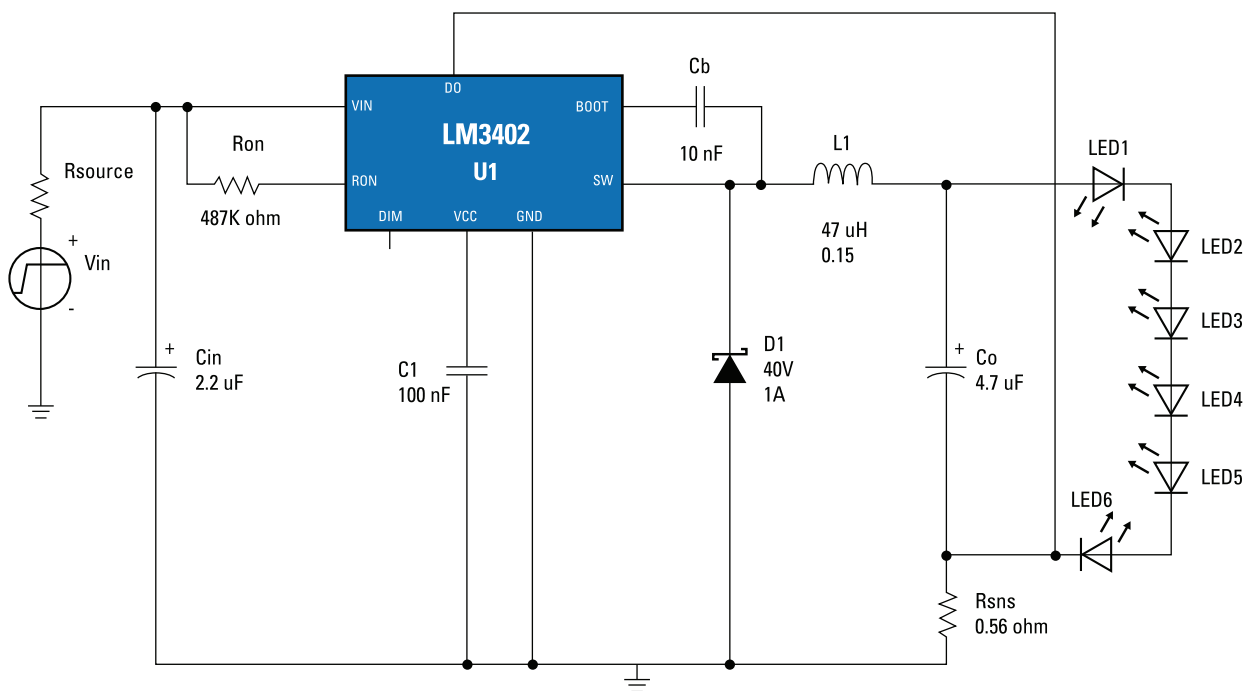
- 设计上，这是一款简单的降压稳流器，可以提供 330 mA 的恒流。
- 这款电路可以利用 $24V \pm 10\%$ 的输入电压驱动 6 个串联一起的 1W InGaN 白光发光二极管（总正向电压的典型值为 20.4V）。

技术规格：

输入	输出 1
最低输入电压 = 21.6V	输出电压 1 = 20.4V (典型值)
最高输入电压 = 26.4V	输出电流 1 = 0.33A

工作原理

- 这款设计基本上利用 LM3402 芯片降低输入电压，而 LM3402 是一款体积小、效率极高、并内置 500 mA N-FET 开关的恒流降压开关稳流器，可将 21.6V 至 26.4V 的输入电压降至 20.4V（总正向电压的典型值），以满足 6 个串联一起的 InGaN 白光发光二极管的供电要求。
- 反馈电压低至只有 200 mV，因此可以大幅降低电流感测电阻的功耗。
- 由于开关频率大约只有 350 kHz，因此可以选用体积最小的元件，以及将发光二极管的纹波电流减至最少。
- 串联发光二极管的纹波电流只有 2 mA（峰峰值），亦即低于流入发光二极管的平均电流的 1%。



如欲进一步查询有关其他参考设计的资料，可浏览 www.national.com/webench/ledrefdesigns.do 网页。

48V 总线系统

LM3402HV 可为 12 个 InGaP 发光二极管提供 360 mA 的驱动电流

产品简介：

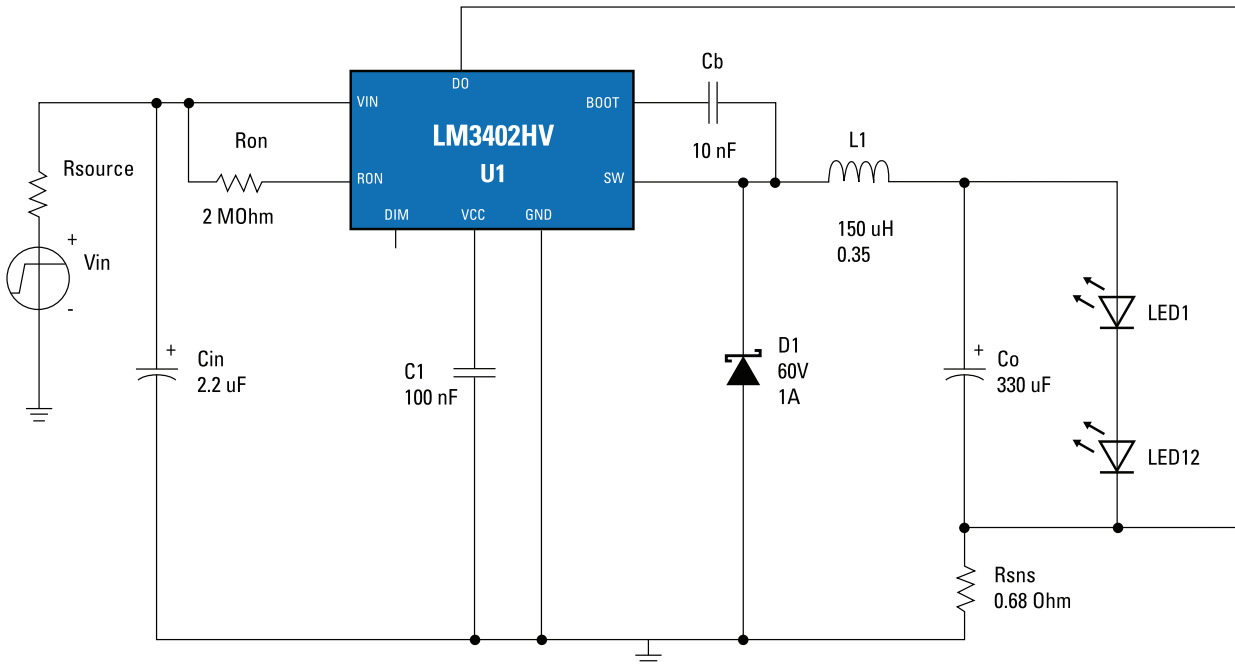
- 设计上，这是一款简单的降压稳流器，可以提供 360 mA 的恒定电流。
- 这款测试展示电路可以利用 47V 至 49V 的输入电压驱动一串共 12 个的 1W InGaP 发光二极管（总正向电压约为 40.2V）。

技术规格：

输入	输出 1
最低输入电压 = 47V	输出电压 1 = 40.2V (典型值)
最高输入电压 = 49V	输出电流 1 = 0.360A

工作原理

- 这款设计基本上利用 LM3402HV 芯片降低输入电压，而 LM3402HV 是一款体积小、效率极高、并内置 500 mA N-FET 开关的恒流降压开关稳流器，可将 47V 至 49V 的输入电压降至 40.2V（总正向电压的典型值），以满足 12 个串联一起的 InGaP 发光二极管的供电要求。
- 反馈电压低至只有 200 mV，因此可以大幅降低电流感测电阻的功耗。
- 由于开关频率大约只有 200 kHz，因此可以提高电源转换效率，以及缩小方案体积。
- 串联发光二极管的纹波电流只有 40 mA（峰峰值），亦即低于流入发光二极管的平均电流的 12%。



如欲进一步查询有关其他参考设计的资料，可浏览
www.national.com/webench/ledrefdesigns.do 网页。

输入电压范围较为广阔的系统

LM3402 可为一个 InGaN 发光二极管提供 350 mA 的驱动电流

产品简介：

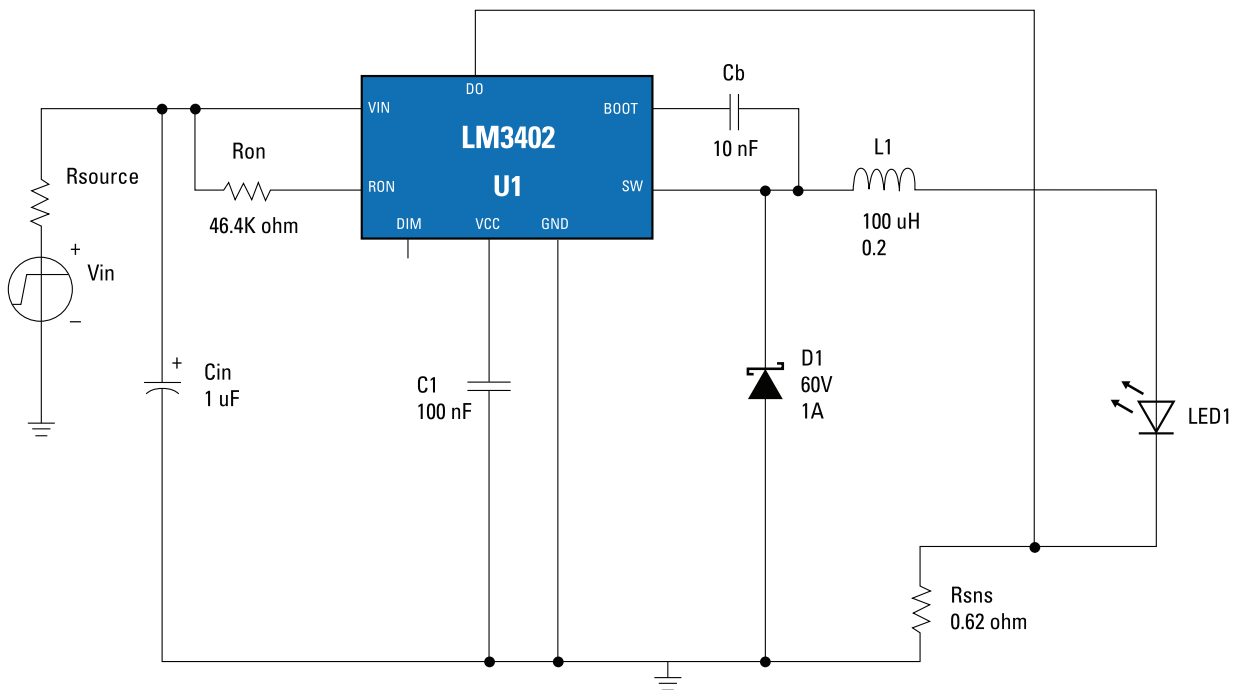
- 设计上，这是一款简单的降压稳流器，可以提供 350 mA 的恒定电流。
- 这款电路可以在 6V 至 42V 的极广阔输入电压范围内驱动 1W 的 InGaN 白光、蓝光或绿光发光二极管 (正向电压的典型值为 3.5V)。

技术规格：

输入	输出 1
最低输入电压 = 6V	输出电压 1 = 3.5V (典型值)
最高输入电压 = 42V	输出电流 1 = 0.350A

工作原理

- 这款设计基本上利用 LM3402 芯片降低输入电压，而 LM3402 是一款体积小、效率极高、并内置 500 mA N-FET 开关的恒流降压开关稳流器，可将 6V 至 42V 的极广阔输入电压降至 InGaN 白光、蓝光或绿光发光二极管所要求的 3.5V 电压 (典型值)。
- 反馈电压低至只有 200 mV，因此可以大幅降低电流感测电阻的功耗。
- 由于在整个输入电压范围内开关频率只有 500 kHz \pm 10%，因此可以缩小方案体积以及提高电源转换效率。
- 若利用 24V \pm 5% 的供电，这款电路可为发光二极管提供稳定的电流，并确保平均电流量可保持在 350 mA \pm 10% 的范围内。纹波电流不会超过 70 mA (峰峰值)。



如欲进一步查询有关其他参考设计的资料，可浏览 www.national.com/webench/ledrefdesigns.do 网页。

输入电压范围较为广阔的系统

LM3402 可为三个 InGaP 发光二极管提供 350 mA 的驱动电流

产品简介：

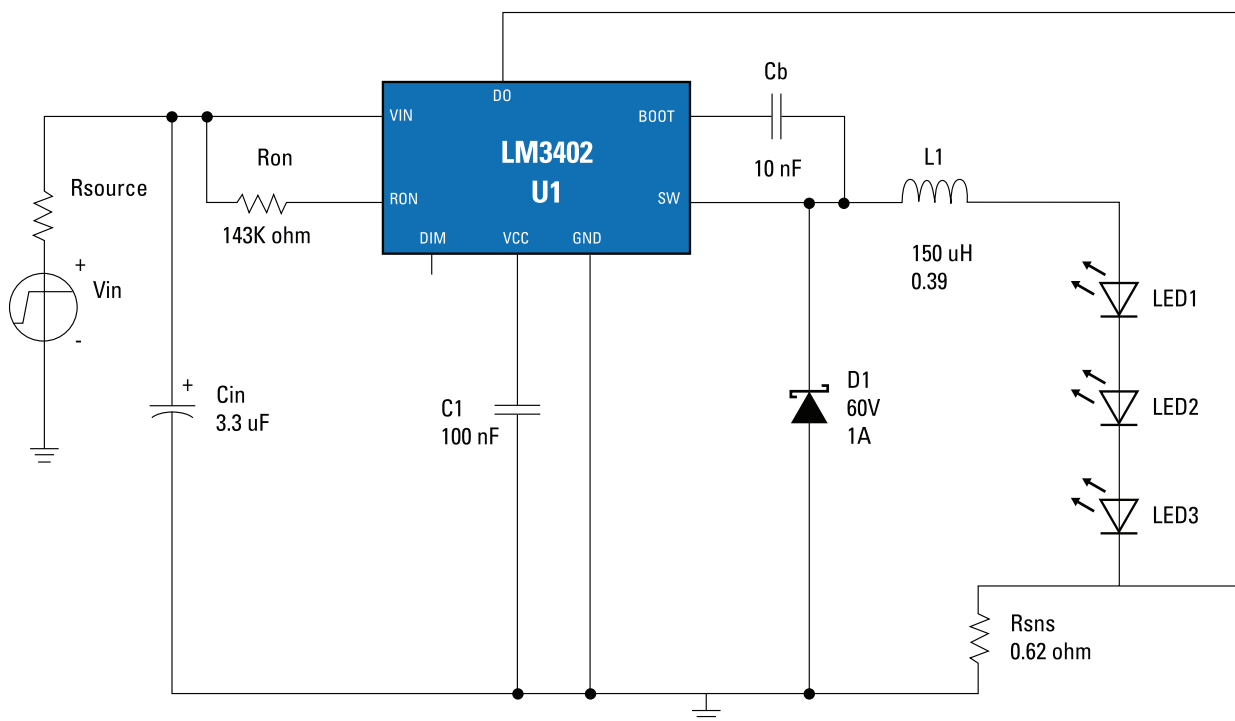
- 设计上，这是一款简单的降压稳流器，可以提供 350 mA 的恒定电流。
- 这款电路可在 14V 至 42V 广阔输入电压范围内驱动 3 个串联一起的 1W InGaP 发光二极管（典型输出电压为 10.7V）。

技术规格：

输入	输出 1
最低输入电压 = 14V	输出电压 1 = 10.7V (典型值)
最高输入电压 = 42V	输出电流 1 = 0.350A

工作原理

- 这款设计基本上利用 LM3402 芯片降低输入电压，而 LM3402 是一款体积小、效率极高、并内置 500 mA N-FET 开关的恒流降压开关稳流器，可将 14V 至 42V 的极广阔输入电压降至 10.7V（总正向电压的典型值），以满足 3 个串联一起的 InGaP 发光二极管的供电要求。
- 反馈电压低至只有 200 mV，因此可以大幅降低电流感测电阻的功耗。
- 由于输入电压为 24V，而开关频率大约只有 700 kHz，因此电路板的整体体积可以缩至最小。串联发光二极管的纹波电流则不超过 140 mA。
- 为了符合快速 PWM 调光的规定，因此这款设计没有采用输出电容器。



如欲进一步查询有关其他参考设计的资料，可浏览 www.national.com/webench/ledrefdesigns.do 网页。

LM3402HV

可为一个 InGaN 发光二极管提供 350 mA 的驱动电流

产品简介：

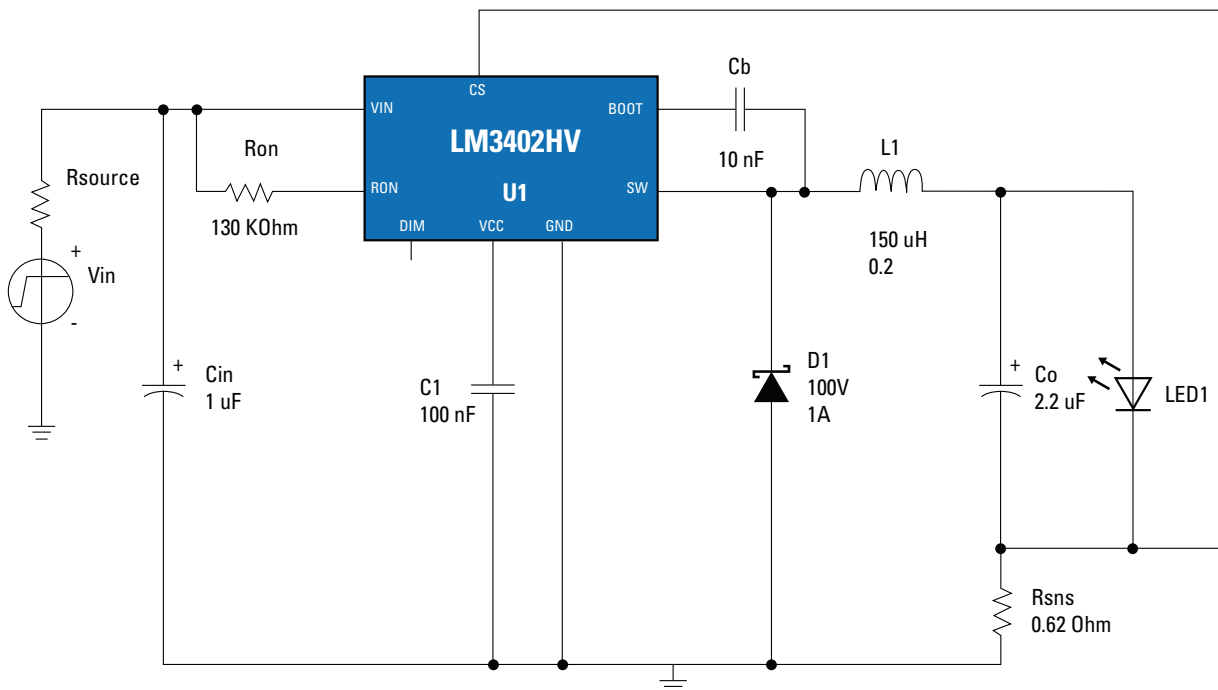
- 设计上，这是一款简单的降压稳流器，可以提供 350 mA 的恒定电流。
- 这款电路可以在 6V 至 75V 的超阔输入电压范围内驱动 1W 的 InGaN 白光、蓝光或绿光发光二极管 (正向电压的典型值为 3.5V)。

技术规格：

输入	输出 1
最低输入电压 = 6V	输出电压 1 = 3.5V (典型值)
最高输入电压 = 75V	输出电流 1 = 0.350A

工作原理

- 这款设计基本上利用 LM3402HV 芯片降低输入电压，而 LM3402HV 是一款体积小、效率极高、并内置 500 mA N-FET 开关的恒流降压开关稳流器，可将 6V 至 75V 的超阔输入电压降至 InGaN 白光、蓝光或绿光发光二极管所要求的 3.5V 电压 (典型值)。
- 反馈电压低至只有 200 mV，因此可以大幅降低电流感测电阻的功耗。
- 由于在整个输入电压范围内开关频率只有 250 kHz \pm 10%，因此可以缩小方案体积以及提高电源转换效率。
- 若利用 48V \pm 5% 的供电，这款电路可为发光二极管提供稳定的电流，并确保平均电流量可保持在 350 mA \pm 10% 的范围内。纹波电流不会超过 70 mA (峰峰值)。



如欲进一步查询有关其他参考设计的资料，可浏览 www.national.com/webench/ledrefdesigns.do 网页。

发光二极管驱动器：应否采用电容器

— 作者：Chris Richardson, 应用技术工程师

引言

目前市场上出售的部分高亮度发光二极管可以接受比旧型号产品高 100 倍以上的正向电流。这些新一代的产品不但亮度极高，功率也极高。以单芯片的电路为例来说，新产品的功耗高达 5W，而多晶粒模组的功耗更高达 25W 以上。由于这些新一代的发光二极管都属于高亮度、高功率产品，因此电源供应系统必须采用开关稳流器才可满足高效率及低功耗的要求。相较之下，采用稳压器搭配限流电阻的设计方案便无法满足这两方面的要求。高亮度、高功率发光二极管必须获得恒定的电流供应，才可充分发挥其亮度效率及色彩亮丽的优点。目前市场上有许多采用开关稳流器的全新恒流电源供应系统可供选择，但其中以采用基本型号降压转换器的设计方案为最理想。降压转换器基本上是一种设计简单的直流/直流转换器，可以轻易组建成为恒流电源供应器，这是采用降压转换器的最充分理据。本文将讨论如何设计一款利用恒定电流驱动高亮度发光二极管的降压稳流器，文中会解释如何挑选输出电容器，也会讨论在甚么情况下应弃之不用。

受控电流

降压稳流器是最理想的恒流驱动器，因为输出电感器与负载串联一起。无论降压稳流器用作电压源还是电流源，

选择适当的电感器成为系统设计的成败关键。只要电感器与输出端串联一起，电感器的平均电流必定相等于平均输出电流，而降压转换器顺理成章便可轻易将交流电纹波的波幅置于控制之下。从定义上来说，发光二极管驱动器基本上是个恒定负载系统，因此无需为保持负载瞬态期间的输出电压 (V_O) 稳定而预留大量输出电容。

扬弃输出电容器可提高输出阻抗

理论上，理想电流源的输出阻抗是无限大的，其好处是电压可以在极快的速度下进行转换 (slew)，以确保电流恒定。对于较为重视稳压的开关调节器设计工程师来说，这个想法未必可以一时间接受。降压稳流器若果不再内置输出电容器，输出阻抗的大小便完全由所采用的电感器决定。若完全没有任何电容制止输出电压波动，输出电流 (称为正向电流 I_F) 的转换率便会完全取决于电感、输入电压及输出电压。(输出电压值 V_O 等于每一串联发光二极管的正向电压 V_F 的总和。)

发光二极管生产商一般都主张纹波电流 (ΔI_F) 应介于直流电正向电流的 $\pm 5\%$ 与 $\pm 20\%$ 之间。以开关稳流器的典型频率范围 (50 kHz 至 2 MHz) 为例来说，上述的纹波处于人类肉眼的可视光谱范围之外。可视范围受到限制的原因是纹波电流越高，热能损耗便越大 (这是发光二极管半

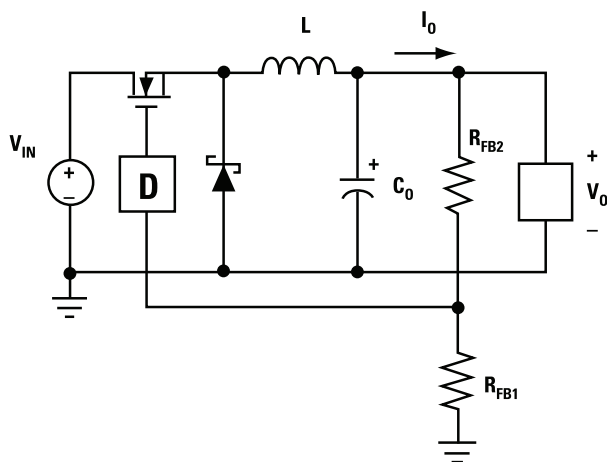


图 1a：传统的降压稳压器

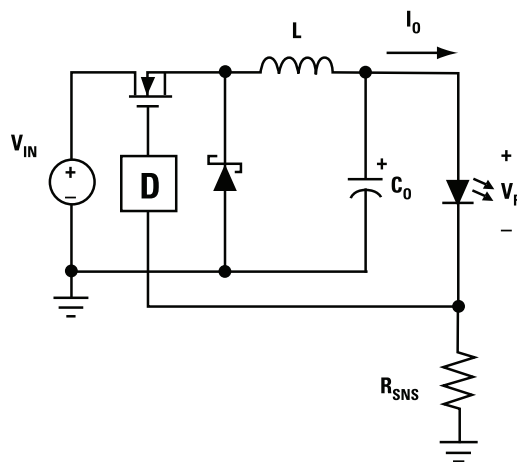


图 1b：降压稳流器

导体 PN 接面的特性)，另一原因是采用的电感器也有其实际上的局限。上述的纹波百分率与降压稳流器规定的电流纹波率大致相同。因此，要为固定频率稳流器挑选电感器，便须考虑以下公式内的有关因素，其实要考虑的因素与挑选稳压器并无分别：

$$L = \frac{V_{IN}}{V_F} \times \frac{V_{IN} - V_F}{\Delta i_L \times f_{SW}}$$

但其中有一点不同，那就是没有输出电容器的稳流器大致上都有较高的电感，因为 1W、3W 及 5W 等新一代标准高亮度发光二极管的驱动电流分别高达 350 mA、700 mA 及 1A。新一代的降压稳压器一般都采用电感值介于 0.1 μH 与 10 μH 之间的电感器，饱和电流则介于 5A 与 50A 之间。开关频率大致相同的电流驱动器一般都需要采用电感值介于 10 μH 与 1000 μH 之间的电感器，饱和电流则必须介于 0.5A 与 5A 之间。

提高输出阻抗的主要目的是要确保相关系统可以对 PWM 调光信号有较快的响应，而 PWM 控制方式是控制发光二极管灯光输出的较好方法。调光信号可以输入稳流器的允许引脚，信号一旦输入，输出电流便可由零上升至要求的水平，然后再下降至零。由于没有输出电容器 (C_O)，因此不会因为充电及放电而出现延迟。若要实现更高速、更高分辨度的调光，可将并联开关 (一般采用 MOSFET) 与串联发光二极管并行连接，这样便可确保在任何时间都能不停输出电流。此外，由于没有输出电容器减慢转换速度，

调光频率甚至可以低至几十 kHz。对于部分应用来说，例如平板显示器背光系统以及利用多个串联一起的红绿蓝 (RGB) 光发光二极管发出白光的灯光系统，较低的调光频率非常重要。

采用输出电容器可以缩小方案体积及节省系统成本

少量的输出电容可以滤除交流电的纹波。以照明系统的装饰翻新工程为例来说，若以发光二极管取代钨丝灯及石英灯，发光二极管及驱动器便必须置于旧灯泡原有的极小空间之内。电感器肯定是仅次于发光二极管的最大而又最昂贵的元件。为了提高效率 (对于狭小的室内环境这点尤其重要)，设计工程师一般都会采用最低的开关频率，以便有关的方案 (主要是电感器) 可以装入极小的空间之内。若容许较大的纹波电流流入电感器，便将发光二极管电流的纹波滤除，便可缩小解决方案的体积，以及降低系统成本。以 500 kHz 的操作频率为例来说，若利用 12V 输入电压驱动一个白光发光二极管 ($V_F = 3.5\text{V}$)，而驱动电流为 1A，纹波电流 (Δi_L) 则为 $\pm 5\%$ ，那么这样的驱动系统必须采用额定电流为 1.1A 的 50 μH 电感器。适用的典型磁芯内核元件的大小可能达 10 mm x 10 mm，而且厚达 4.5 mm。相较之下，若容许电感器纹波电流提高至 $\pm 30\%$ (这是低电流稳流器的典型纹波值)，电感便无需超过 10 μH 。这样便可采用大小只有 6 mm x 6 mm、而厚度只有 2.8 mm 的电感器。所需的输出电容可以根据发光二极管的动态电阻 (r_D)、传感电阻 (R_{SNS}) 以及采用的开关频率所产生的电容器

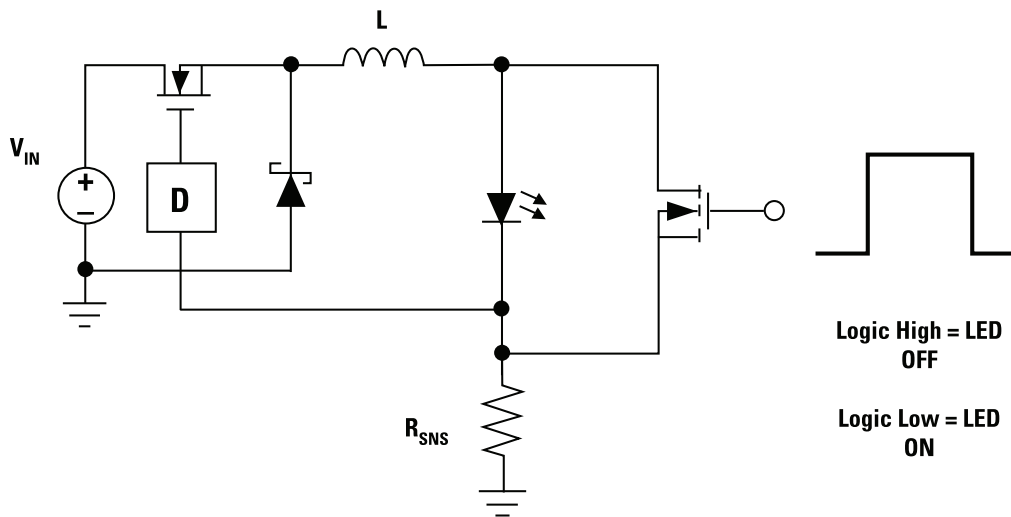


图 2：利用并行的 NFET 控制光暗

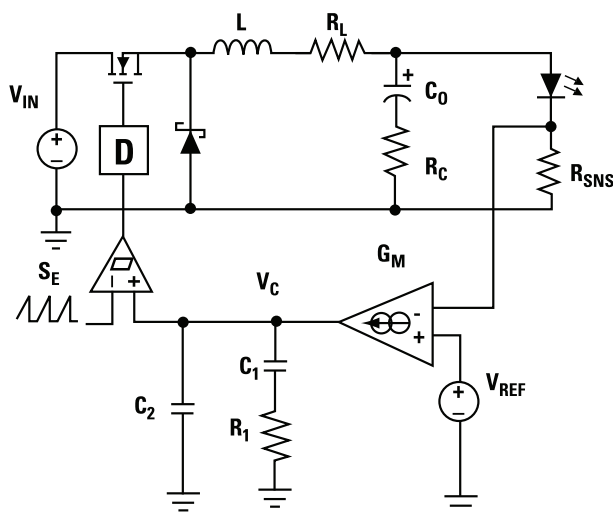


图 3a：PWM 稳流器

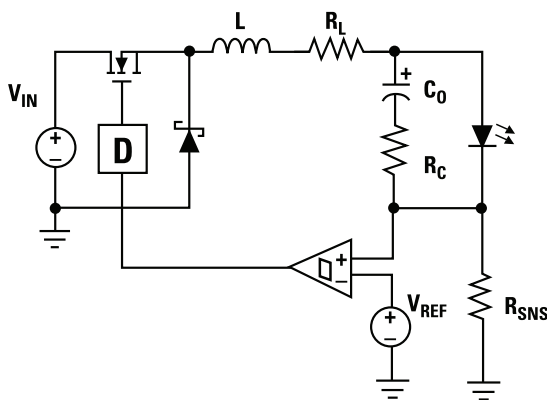


图 3b：内置比较器的稳流器

阻抗等数值计算出来。有关的计算公式如下：

$$C_o = \frac{1}{2\pi \times f_{sw} \times (ESR + Z_c)}, Z_c = \frac{\Delta i_f}{\Delta i_L - \Delta i_f} \times r_D$$

输出电容器的典型电容值介于 0.1 μF 与 10 μF 之间。以这一电容值范围来说，采用陶瓷电容器最适合不过。许多应用因为加设了输出电容器，所以体积可以进一步缩小，而系统成本则得以削减。

输出电容器的摆放位置

对于采用 PWM 模式（例如电压模式及电流模式）进行控制的降压稳流器来说，输出电容器应置于稳流器输出与系统接地之间，与标准降压稳压系统设计的电容器位置完全相同（参看图 3a）。这个设计的好处是我们分析系统的控制/输出传递函数时，可以利用分析稳流器设计时所采用的同一公式进行分析。若利用比较器执行控制功能，例如迟滞方式或固定导通时间方式，输出电容器便应该与串联发光二极管并行连接一起（参看图 3b）。迟滞式稳流器电路一般都会采用这种技术，以便提高反馈节点的同相位电压纹波百分率。另一方面，这种技术也可在开关比较器的输入端强行将输出电容器（ C_o ）内的纹波电流及发光二极管内的正向电流加在一起，令电感电阻（ R_{SNS} ）的电压波形与开关节点波形保持同相位，确保系统响应可以较为准

确预测，而噪声抑制能力也可进一步提高。由于迟滞式及固定导通时间式的稳流器都有低输出电容及高电感电流纹波等特性，因此比稳压器更稳定可靠、更容易融入系统设计。

总结

高亮度、高功率发光二极管的出现彻底改变了自钨丝灯泡面世以来便一直采用的传统照明技术。这些传统的照明系统必须改用崭新而较为复杂的电路设计，才可充分利用发光二极管的优点。目前许多采用钨丝灯泡、石英灯及霓虹光管的照明系统都全面翻新，改用发光二极管。这类照明系统极少采用先进的调光技术，体积小反而更为重要。加设了输出电容器的驱动电路正好适用于这类照明系统。

对于一般的照明系统来说，采用发光二极管当然会令成本增加，但展望未来，灯光的亮度、色调及色彩若果可以通过控制系统产生较多的变化，即使成本上升，那还是值得的。居家以及办公地方的照明系统必须采用 PWM 调光技术，以便能够快速调校光暗，这便需要采用电流驱动器，以减低或甚至消除输出电容。这类照明系统可以充分利用无输出电容器的新一代快速调光系统，以便照明系统可以作出最快的响应。

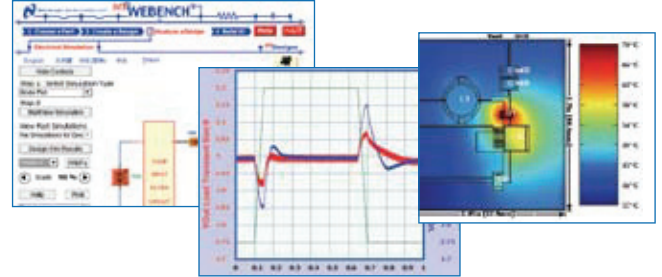
设计工具及封装

WEBENCH® 网上设计

我们的设计及建模工具有助精简及加快整个设计过程。

1. 挑选元件
2. 构思设计
3. 进行分析
4. 亲自组建电路，而且很快便会收到量身订造的原型套件

webench.national.com/CHS



LED WEBENCH 设计工具

如欲进一步寻找有关高亮度发光二极管的电源管理解决方案，可浏览

LED.national.com/CHS 网页的 **LED WEBENCH** 栏目。

LED WEBENCH 设计工具



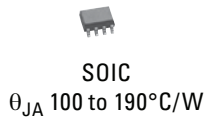
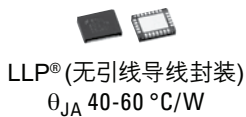
封装



美国国家半导体的 LLP® 封装不但体积极为小巧，而且功率耗散能力极强。



以下所列 θ_{JA} 均为典型值



美国国家半导体 亚太区代理商名单

AUSTRALIA

Arrow Electronics Australia
www.arrowasia.com
Adelaide
T: 08-8333-2122 F: 08-8333-2322
ian.wallis@arrowasia.com

Brisbane
T: 08-9472-3855 F: 07-3216-5750
russell.oakes@arrowasia.com

Melbourne (Head Office)
T: 03-9574-9300 F: 03-9574-9773
ted.clinton@arrowasia.com

Perth
T: 08-9472-3855 F: 08-9470-3273
troycollins@arrowasia.com

Sydney
NSW Office and CMS Division
T: 08-9668-9900 F: 02-9868-9901
arrowanzsales@arrowasia.com

Avnet Electronics Marketing
www.avnet.com
Adelaide
T: 08-8363-2255 F: 08-8363-6311
asean@avnet.com

Brisbane
T: 07-3269-3166 F: 07-3269-3177
asean@avnet.com

Perth
T: 08-9301-1500 F: 08-9301-1518
asean@avnet.com

Sydney
T: 02-9678-1299 F: 02-9878-1266
asean@avnet.com

Melbourne
T: 03-9760-4250 F: 03-9760-4255
asean@avnet.com

Future Electronics
www.future.ca
Adelaide
T: 08-8280-7440 F: 08-8280-7404
matt.wild@futureelectronics.com

Brisbane
T: 07-3832-8044 F: 07-3832-8011
matt.wild@futureelectronics.com

Melbourne
T: 03-9558-6312 F: 03-9558-6317
matt.wild@futureelectronics.com

Sydney
T: 61-2-8824-4722 F: 61-2-8833-2070
matt.wild@futureelectronics.com

INDIA

Arrow Electronics India Private Limited
www.arrowasia.com
Bangalore
T: 080-5135-3800 F: 080-5112-7784
muralidharan.g@arrowasia.com

Hyderabad
T: 040-5577-4146 F: 040-5577-4138

Mumbai
T: 022-5692-5196 F: 022-5692-1415
dinesh.patkar@arrowasia.com

New Delhi
T: 011-2578-4629 F: 011-2578-5751
tarun.tripathi@arrowasia.com

索取详细产品信息，
欢迎查阅美国国家半导体的网页，网址为
national.com/CHS
技术支持网址为
national.com/CHS/
support

Avnet India Private Limited

www.avnet.com
Bangalore
T: 080-2532-3420 F: 080-2532-3747
asean@avnet.com

New Delhi
T: 011-2684-1700 F: 011-2684-1709
asean@avnet.com

Pune
T: 020-2553-2907 F: 020-2553-2910
asean@avnet.com

Secunderabad
T: 040-2784-6970 F: 040-5548-0034
asean@avnet.com

Future Electronics
www.future.ca
Bangalore
T: 080-2559-3105 F: 02-2558-7890
cr.nagendra@futureelectronics.com

Mumbai
T: 022-2570-1758 F: 022-5693-4963
ravish.suri@futureelectronics.com

New Delhi
T: 011-2646-1414 F: 011-5173-0205
amit.vohra@futureelectronics.com

KOREA

Arrow Electronics Korea Ltd.
www.arrowasia.com
T: 02-2650-9700 F: 02-2653-2700
jesse.seo@arrowasia.com

Avnet Korea
www.avnet.com
T: 02-6277-6300 F: 02-761-4121
ch.park@avnet.com

Segyung Bristestone Co. Ltd.
www.bristestone.com
T: 02-3218-1562 F: 02-515-8889
khpark@bristestone.com

MALAYSIA
Arrow Components (M) Sdn. Bhd.
www.arrowasia.com
Penang
T: 04-229-6613 F: 04-229-6623
cs.teh@arrowasia.com

Selangor
T: 03-7804-6313 F: 03-7804-6213
alex.goh@arrowasia.com

Avnet Malaysia Sdn Bhd.
www.avnet.com
Kuala Lumpur
T: 03-2093-9721 F: 03-2093-9723
asean@avnet.com

Penang
T: 04-646-2032 F: 04-646-1950
asean@avnet.com

Future Electronics
www.future.ca
Kuala Lumpur
T: 03-7803-7133 F: 03-7806-3873
ylibien.tham@futureelectronics.com

Penang
T: 04-227-7213 F: 04-227-7263
tze-jin.ng@futureelectronics.com

NEW ZEALAND

Arrow Components (NZ) Limited
www.arrowasia.com
Auckland
T: 09-622-0101 F: 09-272-2310
martin.tompkins@arrowasia.com

Christchurch (Head Office)
T: 03-366-2000 F: 03-366-2111
gary.campbell@arrowasia.com

Wellington
T: 04-570-2260 F: 04-566-2111
john.hardie@arrowasia.com

Avnet Electronics Marketing
www.avnet.com
Auckland
T: 09-914-7900 F: 09-914-7929
asean@avnet.com

Christchurch
T: 03-962-0580 F: 03-962-0600
asean@avnet.com

Future Electronics
www.future.ca
Auckland
T: 03-982-3256 F: 03-982-3258
asean@avnet.com

PHILIPPINES

Arrow Electronics Asia (S) Pte. Ltd.
www.arrowasia.com
T: 02-772-3053 F: 02-772-3054
mario.rivero@arrowasia.com

Avnet Philippines Pty Ltd Inc.
www.avnet.com
T: 02-7060-931 F: 02-7060-930
asean@avnet.com

CINERGI Technology & Devices (PHILS), Inc
www.avnet.com
T: 02-842-6567 F: 02-842-0185
nsc.asia@avnet.com

Future Electronics
www.future.ca
T: 02-850-2107 F: 02-842-1174
ofelia.santos@futureelectronics.com

PRC/HONG KONG

Arrow Asia Pacific Ltd.
www.arrowasia.com
Hong Kong
T: 2484-2112 F: 2484-2122
eddyli@arrowasia.com

Arrow Electronics China Ltd.
www.arrowasia.com
Beijing
T: 010-8528-2030 F: 010-8525-2698
donna.pan@arrowasia.com

Chengdu
T: 028-8620-3226 F: 028-8620-3223
weiping.liao@arrowasia.com

Fuzhou
T: 0591-8784-5282 F: 0591-8784-5280
miles.liu@arrowasia.com

Guangzhou
T: 020-3887-1735 F: 020-3887-1736

Hangzhou
T: 0571-8763-1324 F: 0571-8763-2452
fred.duan@arrowasia.com

Harbin
T: 0451-8482-0574 F: 0451-8482-0574

Nanjing
T: 025-8454-7458 F: 025-8440-9035
richard.zheng@arrowasia.com

Ningbo
T: 0574-8764-1931 F: 0574-8764-1933

Qingdao
T: 0532-8502-6916 F: 0532-8502-6646
irene.shan@arrowasia.com

Shanghai
T: 021-2893-2000 F: 021-2893-2333
michael.zhang@arrowasia.com

Shenyang
T: 024-2396-3399 F: 024-2396-2299
robert.wang@arrowasia.com

Shenzhen
T: 0755-8359-2920 F: 0755-8359-2377
mark.xu@arrowasia.com

Suzhou
T: 0512-761-1929 F: 0512-761-7651
kelland.kuai@arrowasia.com

Tianjin
T: 022-8319-1526 F: 022-8319-1525
ivan.zhao@arrowasia.com

Wuhan
T: 027-5980-5281 F: 027-5980-5283
tony.song@arrowasia.com

Xiamen
T: 0592-239-4567 F: 0592-239-4000

Xian
T: 029-8765-1125 F: 029-8765-1123
jimmy.gao@arrowasia.com

Zhuhai
T: 0756-337-3352 F: 0756-337-3351

Aeco Technology Co. Ltd.
www.aecotech.com.tw
Beijing
T: 010-6642-2960 F: 010-6642-2963
johnson_huang@aecotech.com.cn

Chengdu
T: 028-8667-3414 F: 028-8667-3419
johnson_huang@aecotech.com.cn

Hong Kong
T: 2304-4023 F: 2304-0065
lilian_lai@aecotech.com.hk

Nan Jing
T: 86-574-8736-7512 F: 86-574-8736-7512

Ning Bo
T: 86-574-8736-7512 F: 86-574-8736-7512

Qingdao
T: 86-0532-8591-0628
F: 86-0532-8591-0651

Shanghai
T: 021-6235-0331 F: 021-6235-0348
william_qu@aecotech.com

Shenzhen
T: 0755-2518-1524 F: 0755-2518-1517
joey_chen@aecotech.com.tw

Suzhou
T: 0512-6515-9771 F: 0512-6515-9488
cindy_ji@aecotech.com.cn

Xiamen
T: 86-0592-559-8901 F: 86-0592-559-8902

Xian
T: 029-8831-1214 F: 029-8831-1215
johnson_huang@aecotech.com.cn

Asian Information Technology Inc.
www.aitech.com.tw
Beijing
T: 010-6515-6205 F: 010-6515-5720
paul.zhang@aitgroup.com.cn

Hong Kong
T: 2402-9032 F: 2402-9805
amy.leung@aitgroup.com.cn

Shanghai
T: 021-5298-9845 F: 021-5298-9849
kent.sun@aitgroup.com.cn

Shenzhen
T: 0755-8831-3199 F: 0755-8831-2399
may.he@aitgroup.com.cn

Suzhou
T: 0512-6841-1476 F: 0512-6841-1477
jeff.zeng@aitgroup.com.cn

Xiamen
T: 0592-3116-124 F: 0592-3116-127
may.he@aitgroup.com.cn

Avnet Sunrise Ltd.
www.sunrise.avnet.com
Beijing
T: 010-8206-2488 F: 010-8206-2427
avnetsunrise@avnet.com

Changsha
T: 0731-441-1732 F: 0731-441-2732
sandy.pang@avnet.com

Chengdu
T: 028-8652-8191 F: 028-8652-8300
sandy.pang@avnet.com

Chongqing
T: 023-6879-1501 F: 023-6879-1502
sandy.pang@avnet.com

Shenyang
T: 024-8290-2598 F: 024-8290-2595

Guangzhou
T: 020-2283-8300 F: 020-2283-8309
snowfer.jiang@avnet.com

Fuzhou
T: 0591-773-7851 F: 0591-773-7194
snowfer.jiang@avnet.com

Hangzhou
T: 0571-8580-0906 F: 0571-8580-0919
sandy.pang@avnet.com

Hong Kong
T: 2176-5388 F: 2302-0635
alix.choi@avnet.com

Nanjing
T: 025-8689-0220 F: 025-8689-0280
sandy.pang@avnet.com

Ningbo
T: 0574-8771-4702 F: 0574-8771-4712
jonathan@futureelectronics.com

Qingdao
T: 0532-8575-7675 F: 0532-8571-0557
sandy.pang@avnet.com

Shanghai
T: 021-5206-2288 F: 021-5206-2299
sandy.pang@avnet.com

Shenzhen
T: 0755-8378-1886 F: 0755-8378-3656
snowfer.jiang@avnet.com

Suzhou
T: 0512-6522-2535 F: 0512-6522-2536

Tianjin
T: 022-2361-2796 F: 022-2361-5217
sandy.pang@avnet.com

Wuhan
T: 027-8732-2548 F: 027-8732-2651
snowfer.jiang@avnet.com

Xiamen
T: 0592-239-8230 F: 0592-239-8236
hong-en.zhang@futureelectronics.com

Kai Kong Electronics Ltd.
www.keikong.com
Beijing
T: 010-8837-7016 F: 010-6835-8255
kkbj@keikong.com

Guangzhou
T: 020-2222-1773 F: 020-2222-1783
yuliang@keikong.com

Hong Kong
T: 2715-0738 F: 2715-1337
gigi@keikong.com

Nanjing
T: 025-8470-2292 F: 025-8471-8031
laura@keikong.com

China Electronic Appliance Shenzhen Co., Ltd.
www.ceacs.com.cn
Beijing
T: 010-6827-4230 F: 010-6823-3875
bjoffice@ceacs.com.cn

Chengdu
T: 028-8525-2279 F: 028-8525-2319
cdoffice@ceacs.com.cn

Hong Kong
T: 2302-4018 F: 2375-9378
hkoffice@ceacs.com.cn

Shanghai
T: 021-6249-7036 F: 021-6249-6092
shoffice@ceacs.com.cn

Shenzhen
T: 0755-8361-6195 F: 0755-8335-0876
szoffice@ceacs.com.cn

Shenyang
T: 138-4039-9757 F: 024-6249-4387

Wuhan
T: 027-8769-0007 F: 027-8769-0006
whoffice@ceacs.com.cn

Xiamen
T: 0592-516-7066 F: 0592-516-7065
xmoffice@ceacs.com.cn

Xian
T: 029-8827-6283 F: 029-8827-6152
xaoffice@ceacs.com.cn

Future Electronics
www.future.ca
Beijing
T: 010-6418-2335 F: 010-6418-2290
jian.fang@futureelectronics.com

Chengdu
T: 028-8545-4789 F: 028-8543-2616
charles.qi@futureelectronics.com

Guangzhou
T: 020-8364-9939 F: 020-8364-9329
jim.cai@futureelectronics.com

Hong Kong
T: 2420-6238 F: 2423-0767
jonathan@futureelectronics.com

Nanjing
T: 025-8684-0006 F: 025-8471-7972
bill.nan@futureelectronics.com

Qingdao
T: 0532-502-6235 F: 0532-502-6015
howard.gao@futureelectronics.com

Shanghai
T: 021-6341-0077 F: 021-6341-0170
charlie.zhu@futureelectronics.com

Shenzhen
T: 0755-8366-9286 F: 0755-8366-9280
jack.wan@futureelectronics.com

Tianjin
T: 022-5819-5650 F: 022-5819-5750
li-min.ma@futureelectronics.com

Xiamen
T: 0592-239-8230 F: 0592-239-8236
hong-en.zhang@futureelectronics.com

Kei Kong Electronics Ltd.
www.keikong.com
Beijing
T: 010-8837-7016 F: 010-6835-8255
kkbj@keikong.com

Guangzhou
T: 020-2222-1773 F: 020-2222-1783
yuliang@keikong.com

Hong Kong
T: 2715-0738 F: 2715-1337
gigi@keikong.com

Nanjing
T: 025-8470-2292 F: 025-8471-8031
laura@keikong.com

Shanghai
T: 021-6354-1141 F: 021-6353-6038
bill.ye@kkong.com

Shenzhen
T: 0755-8328-1338 F: 0755-8328-1001
yen@keikong.com

Wuhan
T: 027-5973-0276 F: 027-5973-0267

Xiamen
T: 0592-3806-901 F: 0592-3806-909

RSL Microelectronics Co. Ltd.
www.rslgroup.com.cn
Beijing
T: 010-6435-1203 F: 010-6435-8904
enquiry@rslgroup.com.hk

Shanghai
T: 021-6440-0083 F: 021-6440-0084
wu.bing@rslgroup.com.hk

Shenzhen
T: 0755-8826-2633 F: 0755-8826-2655
candy@rslgroup.com.hk

Xiamen
T: 0592-296-1801 F: 0592-296-1605
jiang.wei@rslgroup.com.hk

RSL Electronics Co. Ltd.
www.rslgroup.com.cn
Hong Kong
T: 2333-0099 F: 2773-9900
andyngan@rslgroup.com.hk

SINGAPORE
Arrow Electronics (S) Pte. Ltd.
www.arrowasia.com
T: 6559-9388 F: 6559-8288
rayson.hc@arrowasia.com

Avnet Asia Pte. Ltd.
www.avnet.com
T: 6580-6000 F: 6580-6200
hateck.bay@avnet.com

Future Electronics
www.future.ca
T: 6479-1300 F: 6479-3151
seong-huat.loke@futureelectronics.com

TAIWAN
Arrow Electronics Taiwan Ltd.
www.arrowasia.com
T: 02-2698-2888 F: 02-2698-2900
chris.lee@arrowasia.com

Asian Information Technology Inc.
www.aitech.com.tw
T: 02-8797-6866 F: 02-8797-6877
stephen.sun@aitinc.com.tw

Avnet Asia Pte. Ltd.
www.avnet.com
T: 02-2655-8688 F: 09-1950-2561
cy.lee@avnet.com