

20A LED 驱动器提供准确度为 $\pm 3\%$ 的满标度电流检测以适合多种应用

Josh Caldwell, Walker Bai
(凌力尔特公司)

快速发展的 LED 照明应用正在取代几乎所有传统形式的照明应用。随着这种转型的加速,LED 驱动器的功率需求也提高了,如果不牺牲效率,那么电流越大,保持电流检测准确度就越难。LED 驱动器必须保持电流检测准确度,同时快速向多个独立的 LED 负载提供电流,并能够并联连接和准确均流。

有些高功率 LED 具有独特的机械和电气考虑,其正极电连接至导热的后饰片。在采用降压稳压器配置的传统 LED 驱动器中,热管理是通过冷却底盘来实现的,至后饰片的正极连接线会产生一个机电设计难题。后饰片必须具有至散热器的良好导热性,但也必须与之保持电隔离(如果后饰片上的电压与底盘不同)。由于 LED 制造商改变生产工艺或封装是很困难的,因此 LED 驱动器本身必须迎接该设计挑战。

一种选项是使用四开关正降压-升压型 LED 驱动器,但是额外的开关 MOSFET 增加了系统复杂性和成本。负输出降压-升压型拓扑仅采用一组开关功率 MOSFET,且允许正极与散热器直接(电)连接,从而免除了在散热器上增设电隔离器的需要,并简化了系统的机械设计。

为了满足高性能要求,LT3744 可配置为同步降压型或负输出降压-升压型控制器,以超过 20 A 的

连续电流驱动 LED 负载。LT3744 的电源输入可以接受 3.3 V 至 36 V 电压。作为降压型转换器使用时,该器件在 0V 直至电源电压范围内调节 LED 电流。作为负输出降压-升压型转换器使用时,LT3744 可在 0V 直至 -20 V 的输出电压范围内准确地调节 LED 电流。

在满标度范围内,模拟电流调节准确度为 3%,甚至在 1/20 标度时,准确度也好于 $\pm 30\%$ 。LT3744 有 3 个独立的模拟和数字控制输入以及 3 个补偿及栅极驱动输出,适合多种 LED 配置。通过分离电感器电流检测和 LED 电流检测,LT3744 可配置为降压型或负输出降压-升压型控制器。为了便于系统设计,所有输入信号都以电路板地(SGND,信号地)为基准,从而无需复杂的分立式电平转换器。

在负输出降压-升压型配置中,LED 的总体正向电压可以高于输入电源电压,从而允许用低压电源驱动高压 LED 串。当出于 PCB 功率密度考虑,需要分散组件功耗时,LT3744 还可以方便地并联,以驱动很大的 LED 脉冲负载电流或 DC 负载电流。

高准确度电流检测

LT3744 采用一个高准确度电流调节误差放大器,可实现总电流控制范围的 1/20 之准确模拟调

光。在总体数字 PWM 调光范围有限的应用中,或者在需要非常大的调光范围的应用中,这个特点至关重要。例如,在 100 Hz PWM 调光频率和 1 MHz 开关频率时,LT3744 能够实现 1250:1 PWM 调光,还可以与 20:1 模拟调光相结合,以使总体调光范围扩大到 25000:1。

图 1 显示了当模拟控制输入为 0V 时,随温度变化 LT3744 失调电压的生产一致性,在这里,典型器件数量为 380 个。凭借误差放大器的低失调,控制环路在 1/20 标度模拟调光时,能够实现 $\pm 10\%$ 的典型准确度。图 2 显示了当控制输入等于 1.5 V 时,稳定电压在多个 LED 电流检测引脚上的分布。满标度范围的准确度好于 $\pm 3\%$,这相当于在 60 mV 满标度调节电压时准确度为 $\pm 1.8\text{ mV}$ 。

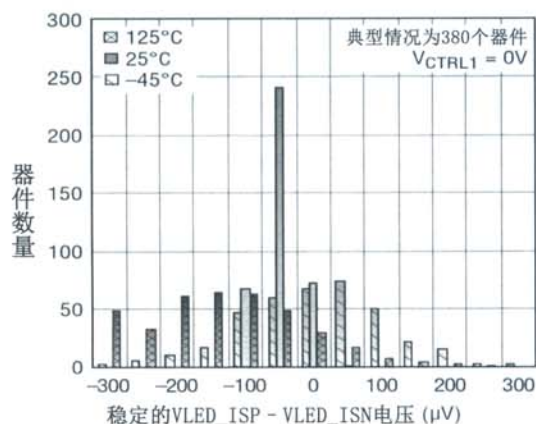


图 1 $V_{CTRL1}=0\text{V}$ 时,LT3744 中的 LED 电流调节放大器之典型失调电压为 $\pm 300\text{ }\mu\text{V}$

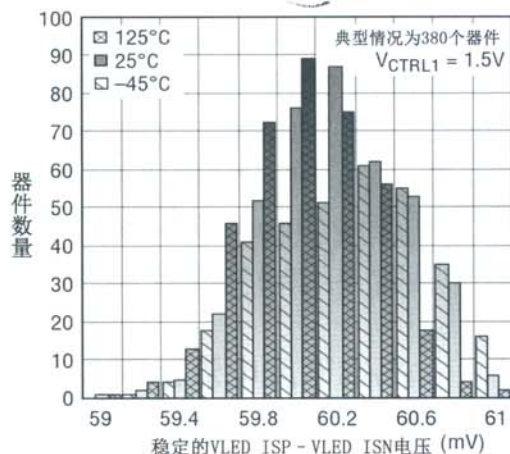


图 2 在满标度电流和 $V_{CTRL1}=1.5\text{ V}$ 时,LED 电流调节环路的典型准确度为 $\pm 1.7\%$

无闪烁性能

衡量 LED 驱动器性能的最重要指标之一是 LED 电流在 PWM 调光时的恢复速度。在 PWM 接通信号上升沿之后的头几个开关周期中,驱动器的表现对最终产品的质量有很大影响。LT3744 采用专有 PWM、补偿和时钟同步技术,提供无闪烁性能,甚至在驱动 LED 至 20 A 电流时也是如此。

图 3 显示了用 12V 电源向红光 LED 提供 20A 电流时,在 5 分钟时间内 LED 电流的恢复情况。开关频率为 550 kHz,电感器为 $1\text{ }\mu\text{H}$,PWM 调光频率为 100 Hz,接通时间为 $10\text{ }\mu\text{s}$ (1000:1 调光比)。图中显示了大约 3 万个调光周期,在开关波形中无抖动,每个恢复开关周期都是相同的。

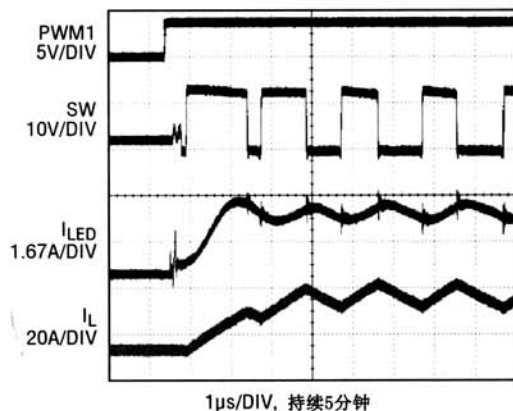


图 3 LT3744 提供无闪烁 LED 调光

在 3 种不同稳定电流之间高速调光

在投影系统中,让光源更快速地接通可以减少定时限制。而定时限制减少,又可以提高影像更新率,从而可以提供分辨率更高的影像,并减轻快速移动的物体之彩虹效应。LT3744 能够在不到 3 个开关周期中,在不同的输出电流状态之间过渡。

LT3744 有 3 种稳定电流状态,因此色彩混合系统设计师可以决定每个 LED 的色温。通过色彩混合可以实现很高的色彩准确度,以纠正 LED 色彩的不准确性,消除生产系统导致的各种偏差。LT3743 有小电流和大电流两种状态,LT3744 有 3 种电流状

图 4 显示了一个 24 V 输入 / 20 A 输出单 LED 驱动器，该驱动器提供 3 种不同的稳定电流，这些电流由 CTRL 上的模拟电压和 PWM 引脚的数字状态决定。请注意，既然 R_s 仅用于限制电感器峰值电流和提供绝对过流保护，那么这个电阻器的准确度就不必很高，这降低了系统成本。

一款适用于微型投影仪或智能手机
投影仪的完整 RGB LED 解决方案

LT3744 同时采用了开关输出电容器技术和浮置栅极驱动器,用单个 LED 驱动器构成了一个完整的 RGB 解决方案。LT3744 为 PWM 输出引脚提供了独特的栅极驱动器。该驱动器的负轨浮置在 VFNEG 引脚上,可将所有处于断开状态的开关栅极拉低至负电压。这确保与输出电容器串联的开关在任何条件下都不会接通。这个驱动器允许任意 LED 串之间有 15V 压差。

每个 LED 都可以顺序接通,相互之间有一定的时间延迟,或者按照提供给 PWM 数字输入的任何模式接通。此外,凭借 3 个独立的模拟控制输入,每个 LED 都能够以不同的稳定电流运行。当 LT3744 配置为负输出降压-升压型转换器时,单节锂离子电池仅用单个控制器就可以驱动 3 个独立的 LED。

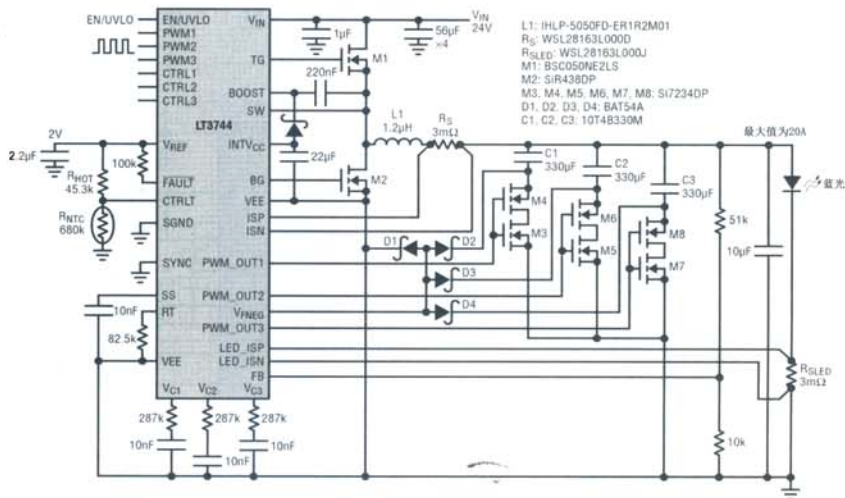


图 4 LT3744 能够以 3 种不同的电流值驱动单个 LED

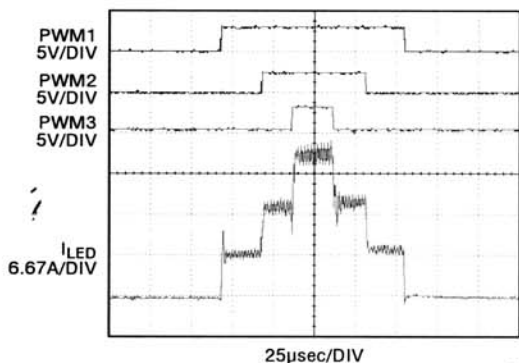


图 5 LT3744 在 3 种稳定电流状态之间转换, 断开时间不到 3 个开关周期

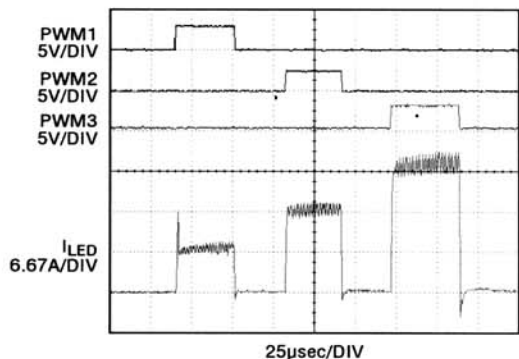


图 6 不同电流状态可以在任何时间接通(状态之间具有或没有时间间隔)

串。图 7 显示了一个专门为 RGB 微型投影仪设计的 3.3V/5A 负输出、3 色、降压 - 升压型 LED 驱动器。

两个 LT3744 LED 驱动器并联以组成 324W 双 LED 驱动器

在任何大功率 / 大电流控制器设计中都有一个重要的限制因素,那就是 PCB 的功率密度。PCB 功率密度限制到大约 50 W/cm^2 ,以防止电源通路组件的温度上升得过高。在极端情况下,当一个 LED 负载需要的功率超过单个驱动器所能提供的限度时(仍然保持在功率密度限制之内),多个转换器可以并联以分担负载。

一个具备新式功率 MOSFET 的高效率大电流 LED 驱动器控制器可以提供大约 200 W (解决方案尺寸大约为 4 cm^2),并可将所有电源通路组件的温度限制到低于 80°C 。就高于 200 W 的 LED 负载而言,LT3744 可以并联,以限制任何组件的温度上升。所有补偿输出都应该并联,以允许转换器之间的均流。

图 8 显示了一款 324 W 转换器,由两个凌力尔特 DC2339A 演示电路板并联组成。在这款设计中,每个并联的控制器都产生 27 A 电流,总共产生 54 A 电流,

电压为 6 V。通过将相应的补偿输出连接到一起,两个控制器协调一致地运行,以提供平滑、良好的启动

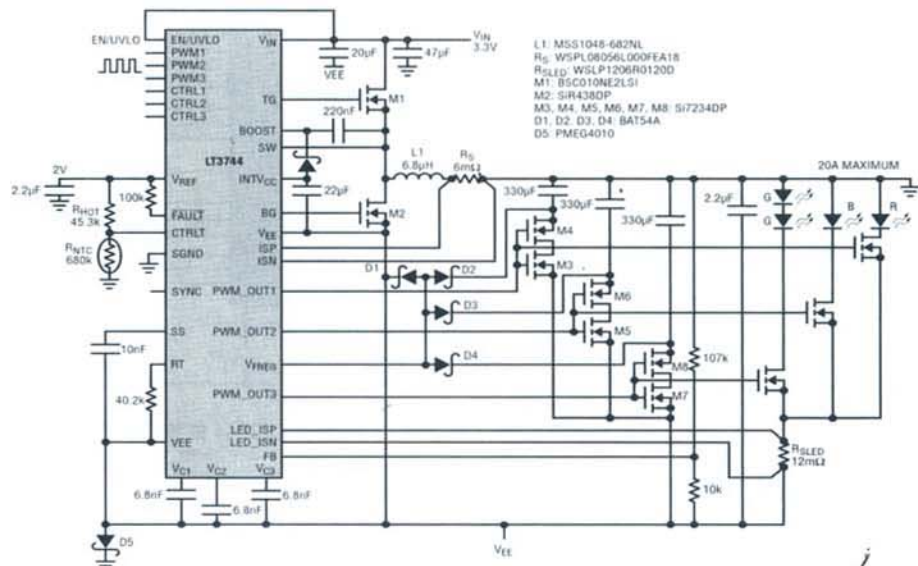


图 7 LT3744 能够用单节锂离子电池驱动微型投影仪或智能手机投影仪中所有 3 种色彩 (R、G 和 B) 的 LED

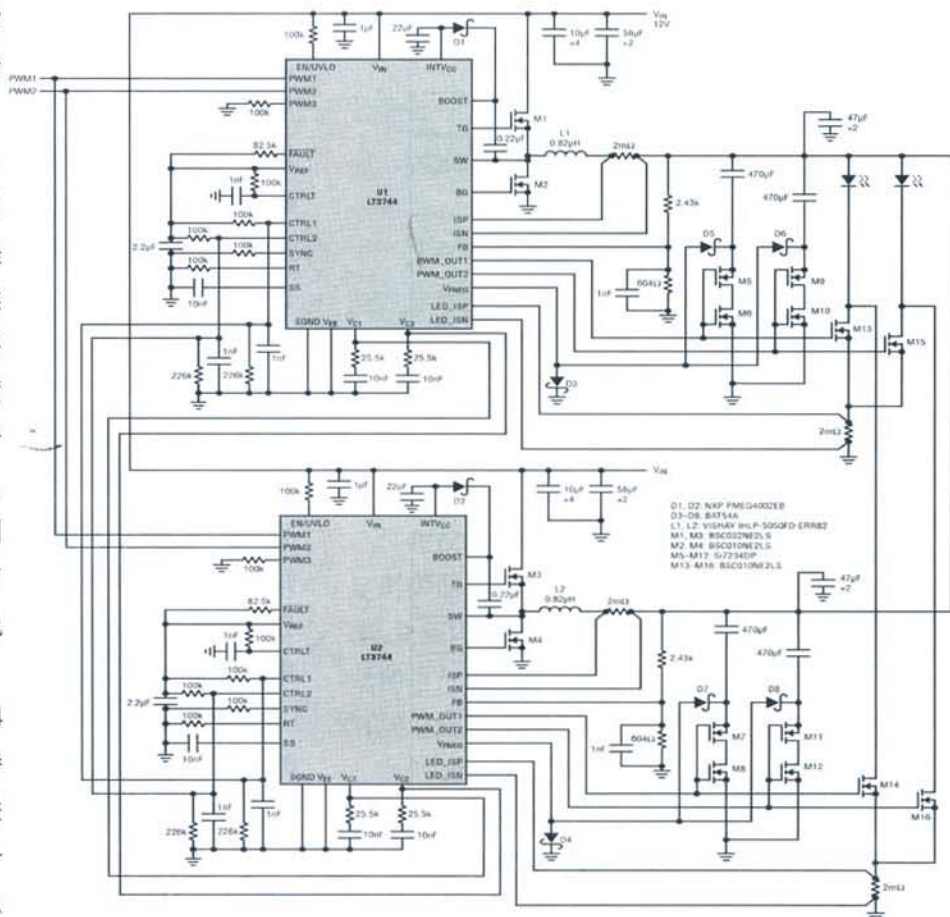


图 8 一款 57A/324W 双 LED 驱动器

和准确的 DC 调节。

图 9 显示了每个电路板的 LED 电流启动过程。请注意,在整个启动过程中,每个电路板提供的稳定电流都是相同的。图 10 显示,在 DC 稳定且未进行 PWM 调光时,两个应用电路板之间实现了出色的电流均分(波形是直接彼此的顶部)。图 11 显示,在 100% 占空比时,温度上升至比电路板环境温度高约 55℃。组件 L1 是电感器、Q1 和 Q3 是开关功率 FET,R5 是电感器电流检测电阻器,R32 是 LED 电流检测电阻器,U1 是 LT3744。

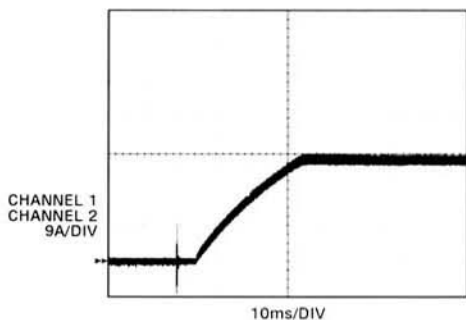


图 9 启动时 LED 电流均分

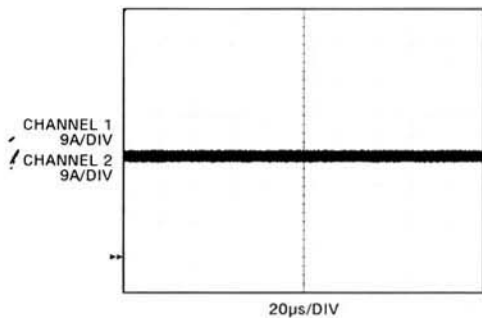


图 10 在满负载时 LED DC 电流均分,两个并联驱动器之间的电流差别非常小

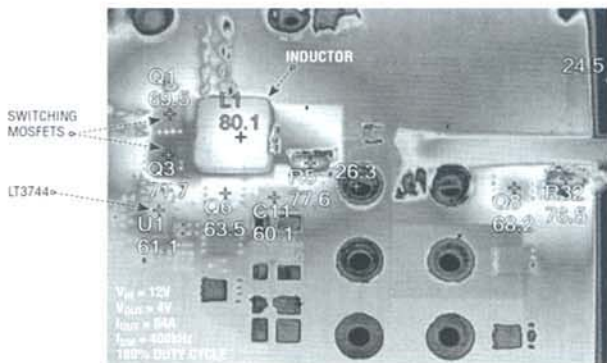


图 11 100%占空比、向 LED 提供 324W 功率时,并联电路板的温度

凌力尔特大功率 LED 驱动器控制器系列总结

	LT3741	LT3743	LT3744	LT3763	LT3791
V _{in} 范围	6V~36V	6V~36V	3.3V~36V	6V~60V	4.7V~60V
LED 输出范围	0V~34V	0V~34V	~20V~36V	0V~55V	0V~52V
拓扑	降压	降压	降压和负输出 降压-升压	降压	降压-升压
LED 电流调节准确度	±6%	±6%	±3%	±6%	±6%
满标度 LED 电流准确度	±60%	±60%	±17%	±60%	±35%
满标度 LED 电流检测	50mV	50mV	60mV	50mV	100mV
多个 LED 共用阴极连接			□		
LED 故障指示			□	□	□
低电压侧 LED PWM 栅极驱动器	0	2	3	1	1
单端的 LED 电流状态	1	2	3	1	1

在这个应用中,可以对两个独立的 LED 串在 54A 满电流时进行 PWM 调光。进行 PWM 调光时,图 12 显示,LED 电流在两个驱动器之间是完全地均分的。在这个测试中,LED 电流从 0 A 到 54 A 的上升时间为 6.6μs。从每个驱动器输出到 LED 的电气连接必须仔细平衡,以避免在任一通路中增加电感,这会缩短有效上升时间。

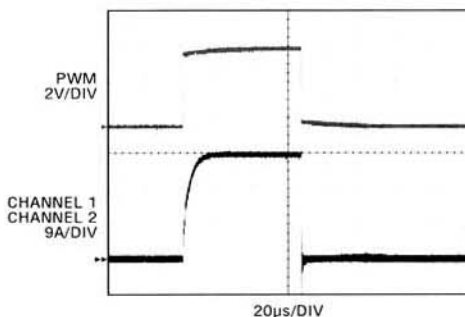


图 12 在进行 PWM 调光时,LT3744 的并联驱动器之间实现了出色的 LED 电流均分

图 13 显示,LED 电流为 54 A、进行 50% PWM 调光时,每个演示电路板的温度上升情况。为了最大限度减小每个演示电路板到 LED 的电感,并联 LED 驱动器电路板直接安装在彼此的顶部。一种更加优化的布局是,将两个驱动器安装在单个电路板上,每个驱动器的布局相互成镜像,跨它们与 LED 的共用连接反射。无论何时,只要是设计从 LED 驱动器到大电流 LED 的传导通路,就应该密切注意总体电感。既然电感是导线长度的函数,那么导线越长,LED 中的电流恢复时间就越长,无论驱动器速度有多快。

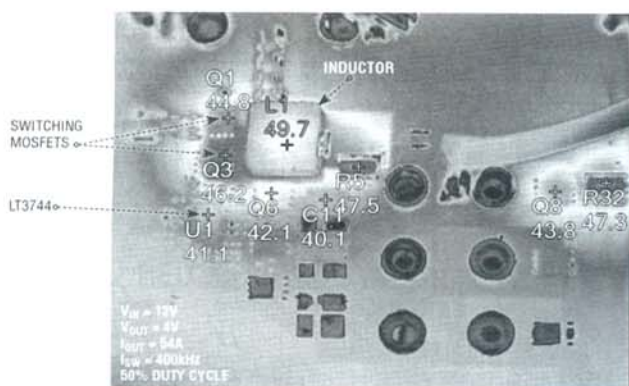


图 13 50%PWM 调光、向 LED 提供 54A 脉冲电流时, 并联电路板的温度

两个 LT3744 并联, 组成负输出 降压 - 升压型 120 W LED 驱动器

与非负输出转换器一样, 负输出降压 - 升压型应用也有同样的热量问题, 此外还增加了电感器电流增大的设计挑战。就低输入电压和高 LED 电压而言, 电感器中的平均电流有可能非常大。例如, 如果输入为 3.3 V, 输出驱动一个绿光 LED, 该 LED 在 20 A 时的正向电压为 6 V, 那么电感器峰值电流为 70 A。此设计中所用电感器的饱和电流应该至少高出 20%, 那么本例中就应该高于 80 A。

既然这一电流流经开关 MOSFET, 那么 MOSFET 的额定值就必须大于 80 A。通过并联两个 LT3744 负输出降压 - 升压型转换器, 峰值开关电流就减小了一半, 从而降低了对电源通路组件的要求。

在负输出降压 - 升压型拓扑中, 仅在同步 FET 导通时, 电感器电流才提供给负载。如果允许两个并联转换器

以其自由运行频率运作, 那么在 LED 电流纹波中会有明显的拍频, 这是由开关频率的轻微差别导致的。为了避免这个问题, 每个转换器都采用电阻值相同的 R_T , 但是这些转换器都用一个外部时钟同步。在图 14 所示应用中, 转换器设计为以 300 kHz 非同步频率运行, 同步时钟为 350 kHz。

图 15 显示, 向并联负输出降压 - 升压型应用中的 LED 提供 30 A 电流时, 组件温度的上升情况。

结论

LT3744 的特点包括很高的电流调节准确度、浮置 PWM 栅极驱动器和输入信号电平转换, 可以在多种应用中用来驱动 LED。LT3744 能够用作 RGB 投影系统中的单个驱动器, 从而显著减小总体解决方案所需占用的空间, 这就有可能用智能手机实现光输出很大的视频投影。

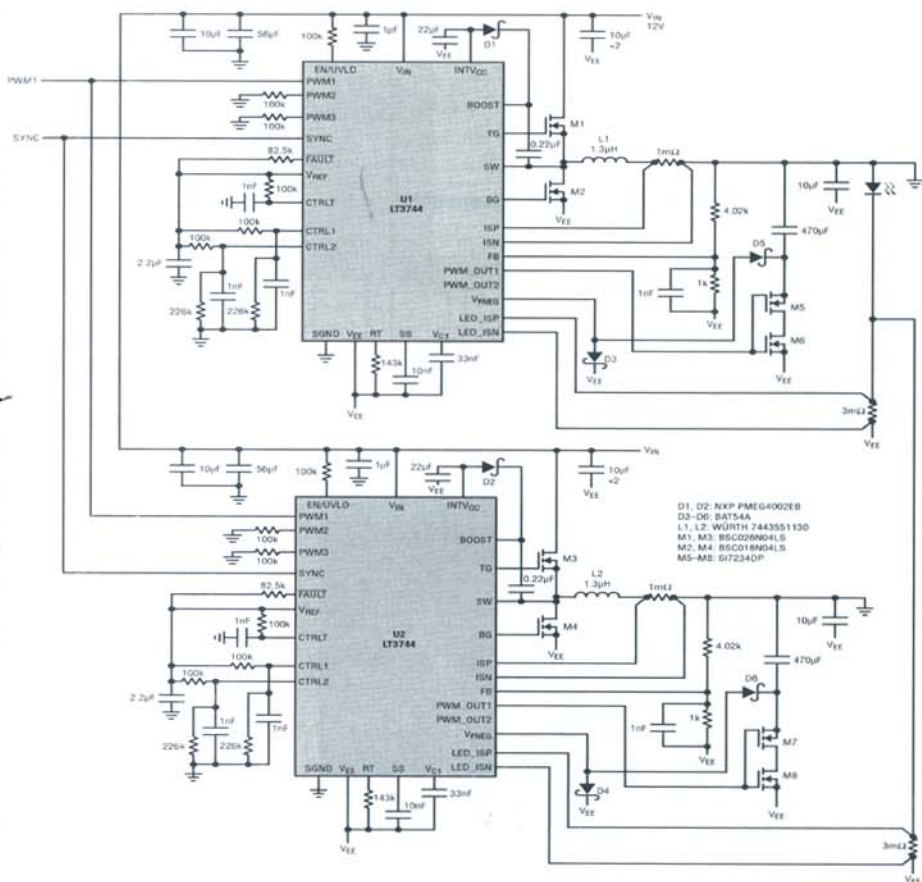


图 14 并联负输出应用向连接到系统外壳的公共阳极 LED 提供 120W 功率

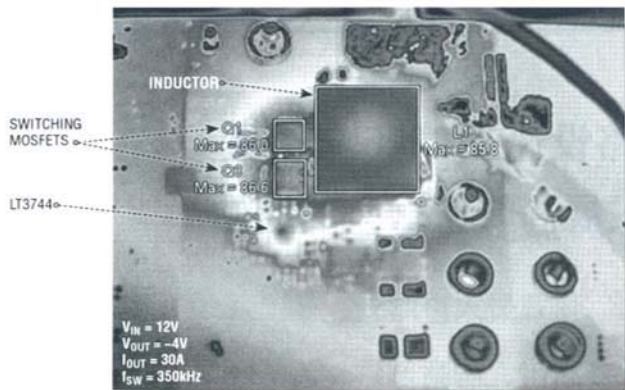


图 15 向 LED 提供 120W 功率的并联负输出电路板的温度

通过运用 3 种电流调节状态,LT3744 使系统设计师能够自由决定 LED 色彩,从而产生色彩更加准确的视频影像。通过直接调节 LED 电流和对所有信

号进行电平转换,LT3744 能够产生负电压,从而允许凭借简单的双开关解决方案,用低压电池供电系统驱动多个 LED 串。LT3744 可以非常简便地并联,以向 LED 高效率提供极大的电流,同时保持电流准确度和电流均分,甚至在 PWM 调光时也是如此。并联 LT3744 降低了电路板温度和电感器电流,并将所支持的 LED 功率提高到数百瓦。**CIC**

作者简介

Josh Caldwell, 凌力尔特公司电源产品部设计工程组负责人。

Walker Bai, 凌力尔特公司电源产品部应用工程师。