

2个恒压输出、4通道可调光LED背光恒流控制器

产品特点

恒压和4通道LED背光控制器

- 可省去降压变换器和LED背光升压变换器
- 一个或两个恒压输出
 - 独立稳压输出，即时快速的动态响应特性可保证以0%-100%-0%负载阶跃提供±5%的恒压控制
- 典型输出电压
 - 一个恒压输出的模式：5 V到22 V
 - 两个恒压输出的模式：5 V和12 V到22 V
- 1-4串LED背光
 - 提供3%的LED串匹配精度
 - 模拟、PWM、序列PWM和滤波PWM工作模式
 - LED串电压可达100 V/LED串总电流可达960 mA
 - LED串电压范围可达2:1

先进的保护/安全特性

- 所有输出均具备独立的过载保护
- LED串不平衡/短路/开路保护
- 输出过压时进入自动重启保护

便捷的封装

- 适合单面波峰焊PCB的28引脚HSOP封装，或者适合紧凑型多层设计的小型28引脚QFN封装（5x5 mm封装体）

应用

- 显示器和电视机的Energy Star 8、CEC和2021/2023 EU标识认证

产品描述

与InnoSwitch3-MX搭配使用时，通过采用单级反激拓扑结构去除升压和降压变换器级，InnoMux可大幅提高显示器和电视机的系统效率。这有助于减小PCB占板面积，并将系统效率提升到91%的高水平。

LED背光控制可提供出色的最小阈值调节，以及在模拟和多个PWM调光方式之间进行选择。序列PWM调光选项可进一步改善视觉表现并稳定所需功率。此外，还可提供更全面的保护特性。



图 2. 左图 – 采用QFN-28封装和回流焊的InnoMux器件
右图 – 采用HSOP-28封装和波峰焊的InnoMux

InnoMux		
型号	输出配置	封装
IMX101J	1个恒压输出, 1个LED串	QFN
IMX101U	1个恒压输出, 1个LED串	HSOP
IMX111U	2个恒压输出, 1个LED串	HSOP
IMX111J	2个恒压输出, 1个LED串	QFN
IMX102U	1个恒压输出, 4个LED串	HSOP
IMX112U	2个恒压输出, 4个LED串	HSOP

表 1. InnoMux控制器元件型号

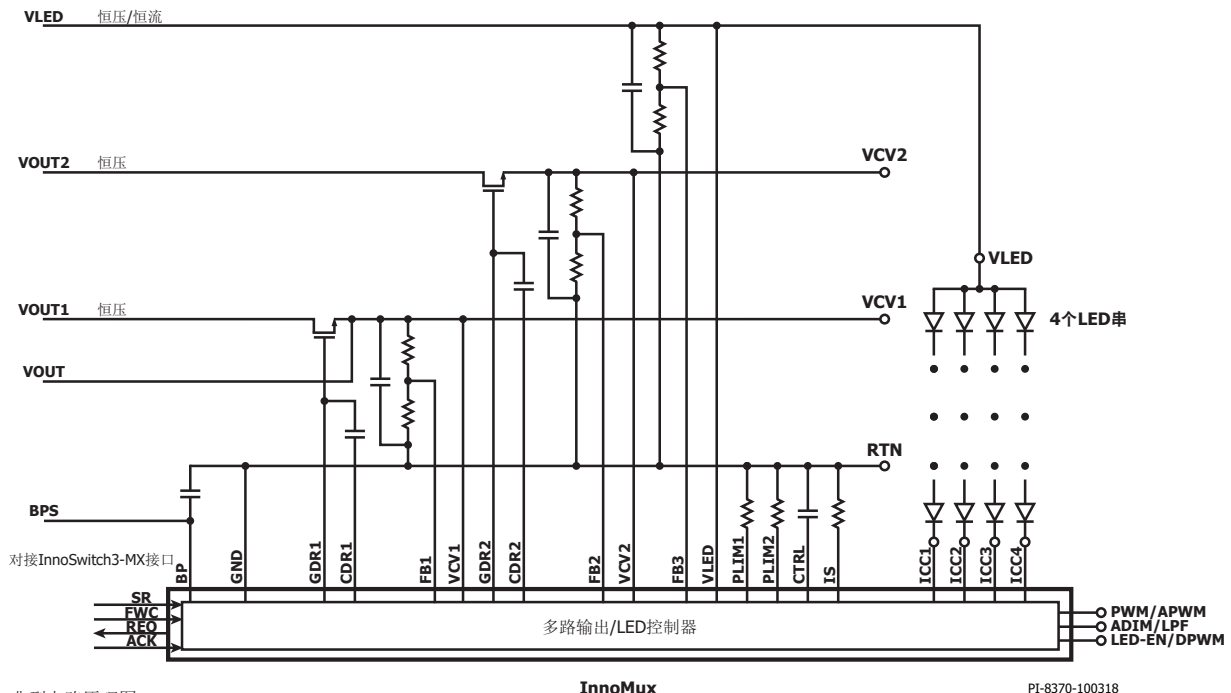


图 1. 典型电路原理图

InnoMux

PI-8370-100318

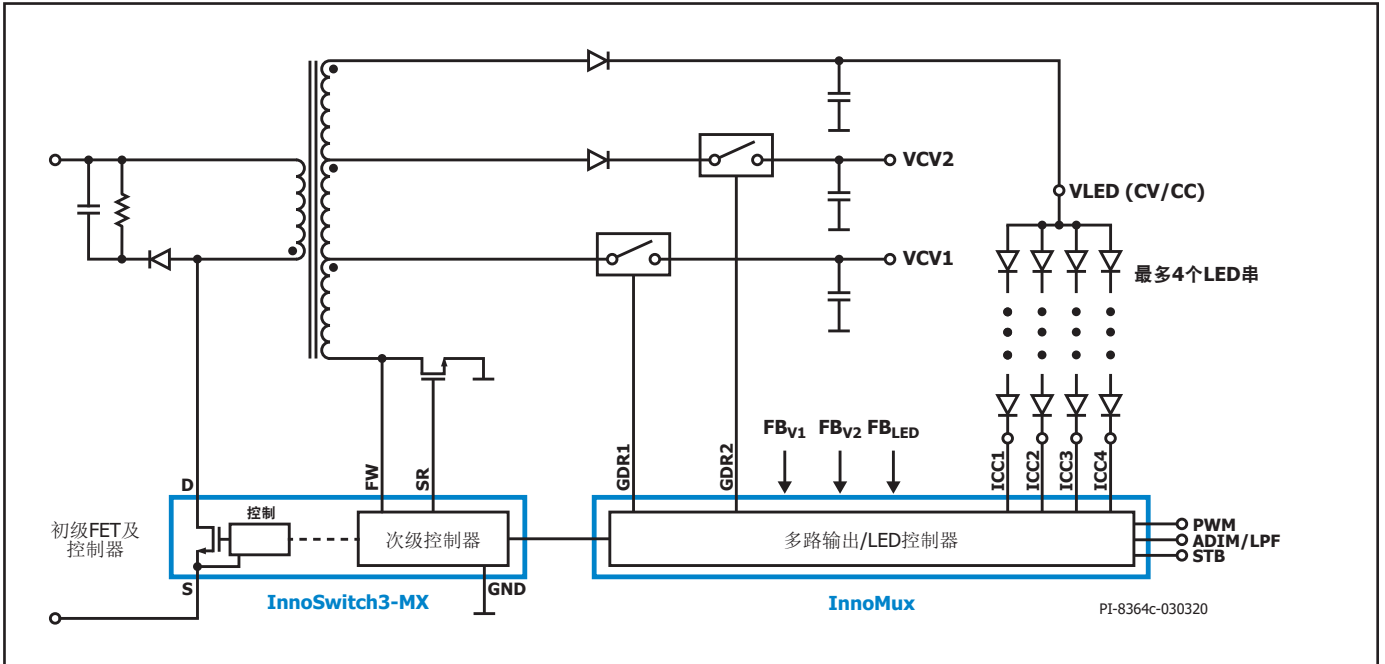


图 3. 显示器/电视机应用的简化电路原理图

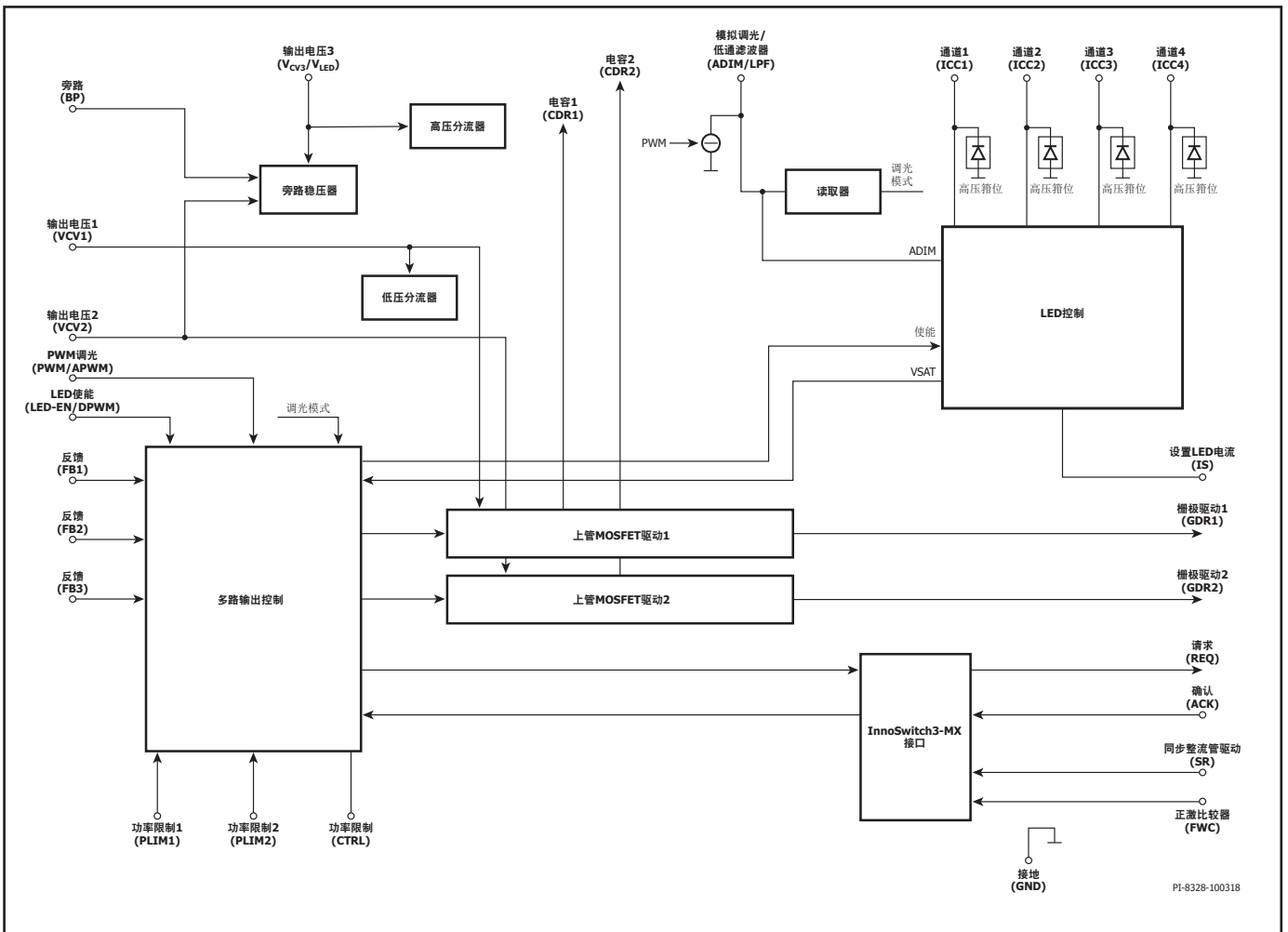


图 4. InnoMux控制器的功能框图

引脚功能描述

QFN-28 InnoMux控制器

通道1 (ICC1)引脚 (引脚1)

LED电流调整通道1。

通道2 (ICC2)引脚 (引脚2)

LED电流调整通道2。

接地(GND)引脚 (引脚3)

引脚3必须连接到裸焊盘和次级接地。

通道3 (ICC3)引脚 (引脚4)

LED电流调整通道3。

通道4 (ICC4)引脚 (引脚5)

LED电流调整通道4。

接地(GND)引脚 (引脚6)

引脚6必须连接到裸焊盘和次级接地。

设置LED电流(IS)引脚 (引脚7)

对LED串电流进行设置。

控制(CTRL)引脚 (引脚8)

用于控制电容的输出端。

模拟调光(ADIM/LPF)引脚 (引脚9)

模拟调光/低通滤波器的连接点。

PWM调光(PWM/APWM)引脚 (引脚10)

PWM输入。

同步整流(SR)引脚 (引脚11)

来自InnoSwitch3-MX的SR信号。

正激比较器(FWC)引脚 (引脚12)

来自InnoSwitch3-MX的FW比较器。

确认(ACK)引脚 (引脚13)

来自InnoSwitch3-MX的ACK信号。

请求(REQ)引脚 (引脚14)

至InnoSwitch3-MX的REQ输出。

功率限制2 (PLIM2)引脚 (引脚15)

设置VLED/VCV2的功率限制。

功率限制1 (PLIM1)引脚 (引脚16)

设置VCV1/VCV2的功率限制。

栅极驱动2 (GDR2)引脚 (引脚17)

CV2的选择MOSFET栅极驱动器。

电容(CDR2)引脚 (引脚18)

GDR2的电容。

旁路(BP)引脚 (引脚19)

BP/VDD稳压器输出。也可InnoSwitch3-MX供电。

电容(CDR1)引脚 (引脚20)

GDR1的电容。

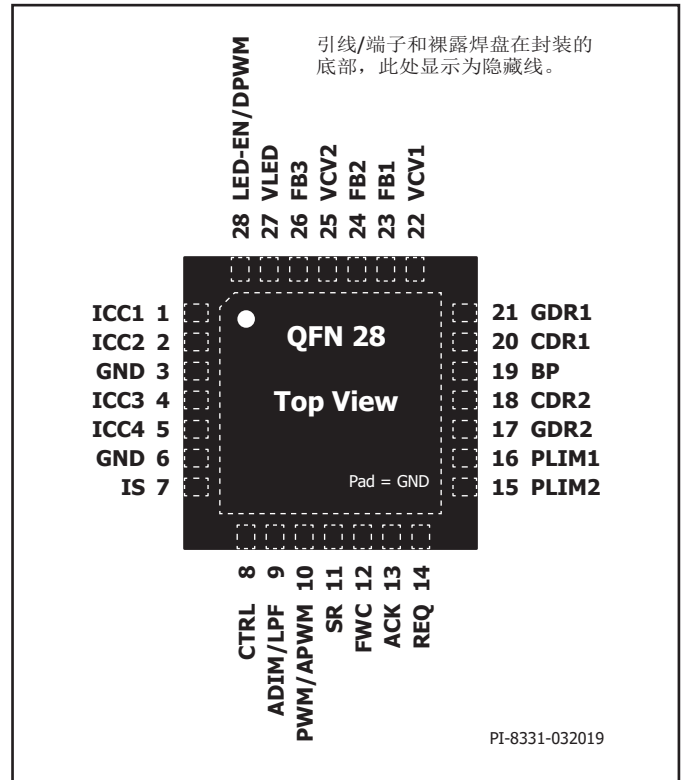


图 5. InnoMux QFN-28控制器引脚布局

栅极驱动1 (GDR1)引脚 (引脚21)

CV1的选择MOSFET栅极驱动器。

输出电压(VCV1)引脚 (引脚22)

CV1选择MOSFET驱动的输出电压连接点。

反馈1(FB1)引脚 (引脚23)

VCV1输出电压的反馈输入。

反馈2(FB2)引脚 (引脚24)

VCV2输出电压的反馈输入。

输出电压(VCV2)引脚 (引脚25)

BP稳压器和CV2选择MOSFET驱动的输出电压连接点。

反馈3(FB3)引脚 (引脚26)

VLED输出电压的反馈输入。

输出电压(VLED)引脚 (引脚27)

BP稳压器的输出电压连接点。

LED-EN/DPWM引脚 (引脚28)

LED使能/数字PWM输入。

HSOP-28 InnoMux控制器

通道3 (ICC3)引脚 (引脚1)

LED电流调整通道3。

通道4 (ICC4)引脚 (引脚2)

LED电流调整通道4。

设置LED电流(IS)引脚 (引脚3)

对LED串电流进行设置。

控制(CTRL)引脚 (引脚4)

用于控制电容的输出端。

模拟调光(ADIM/LPF)引脚 (引脚5)

模拟调光/低通滤波器的连接点。

PWM调光(PWM/APWM)引脚 (引脚6)

PWM输入。

同步整流(SR)引脚 (引脚7)

来自InnoSwitch3-MX的SR信号。

接地(GND)引脚

所有接地引脚必须连接到次级接地。

正激比较器(FWC)引脚 (引脚8)

来自InnoSwitch3-MX的FW比较器。

确认(ACK)引脚 (引脚9)

来自InnoSwitch3-MX的ACK信号。

请求(REQ)引脚 (引脚10)

至InnoSwitch3-MX的REQ输出。

功率限制2 (PLIM2)引脚 (引脚11)

设置VLED/VCV2的功率限制。

功率限制1 (PLIM1)引脚 (引脚12)

设置VCV1/VCV2的功率限制。

栅极驱动器2 (GDR2)引脚 (引脚13)

CV2的选择MOSFET栅极驱动。

电容(CDR2)引脚 (引脚14)

GDR2的电容。

旁路(BP)引脚 (引脚15)

BP/VDD稳压器输出。也可作为InnoSwitch3-MX供电。

电容(CDR1)引脚 (引脚16)

GDR1的电容。

栅极驱动1 (GDR1)引脚 (引脚17)

CV1的选择MOSFET栅极驱动。

输出电压(VCV1)引脚 (引脚18)

CV1选择MOSFET驱动的输出电压连接点。

反馈1(FB1)引脚 (引脚19)

VCV1输出电压的反馈输入。

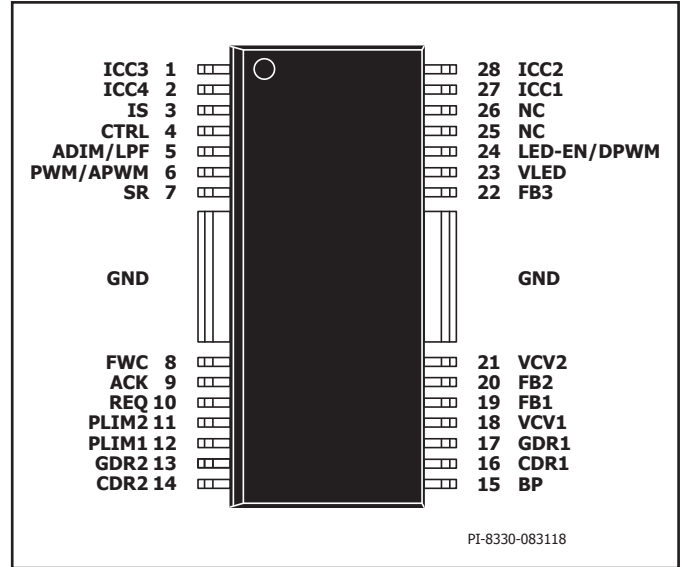


图 6. InnoMux HSOP-28控制器引脚布局。

反馈2(FB2)引脚 (引脚20)

VCV2输出电压的反馈输入。

输出电压(VCV2)引脚 (引脚21)

BP稳压器和CV2选择MOSFET驱动的输出电压连接点。

反馈3(FB3)引脚 (引脚22)

VLED输出电压的反馈输入。

输出电压(VLED)引脚 (引脚23)

BP稳压器的输出电压连接点。

LED-EN/DPWM引脚 (引脚24)

LED使能/数字PWM输入。

非连接(NC)引脚 (引脚25)

该引脚不进行连接, 应保持悬空。

非连接(NC)引脚 (引脚26)

该引脚不进行连接, 应保持悬空。

通道1 (ICC1)引脚 (引脚27)

LED电流调整通道1。

通道2 (ICC2)引脚 (引脚28)

LED电流调整通道2。

InnoMux功能描述

与InnoSwitch3-MX搭配使用时，InnoMux同时结合双恒压输出调整和四串恒流LED背光控制器。

InnoMux控制器包括一个用于独立调节三个输出的多输出控制器、一个用于为InnoMux以及搭配使用的InnoSwitch3-MX次级控制器供电的BP稳压器、一个用于将能量从变压器传递到相应输出的上管MOSFET驱动器、用于防止单个输出在异常负载条件下升高的分流器、用于最多驱动四个LED背光串的电流感测器以及用于确定应用配置电阻的值的读取器。

结构框图

BP稳压器

稳压器将BP引脚调控到 $V_{BP(REG)}$ 。BP稳压器将 V_{CV2} 用为其初级源极。在启动期间，只要 V_{CV2} 过低（低于 $V_{CV2(MIN)}$ ），稳压器就会使用 V_{LED} 。

在单恒压应用中，可以将非稳压电源连接到 V_{CV2} ，为控制器供电。为了使控制器正常工作，应用设计人员必须确保在启动后的所有工作条件下 V_{CV2} 均保持在 $V_{CV2(MIN)}$ 以上。

建议在BP引脚上添加一个陶瓷电容。电容没有稳定性要求；BP稳压器无条件保持稳定。

多输出控制

多输出控制通过基于三个输出的FB引脚电压从初级请求脉冲，从而独立调整两个恒压输出和一个LED输出。然后，通过导通与CV1或CV2输出串联的相应选择MOSFET，将变压器能量逐周期地传递到需要该能量的输出。变压器的设计应使VOR从VCV1增加到VCV2再增加到VLED，这样可以保证当VCV1或VCV2的选择MOSFET导通时，通过VLED二极管的电流可以忽略不计。只有同时禁止两个MOSFET，才能将能量传输到LED输出。

由于VOR的限制，建议的最大LED输出电压范围约为2:1。随着恒压输出的VOR变得非常低，较大的范围将产生欠优化的设计。这将在应用部分中进一步说明。

控制器使用变频控制方案。恒压输出可以在高负载时以连续导通模式(CCM)运行。 V_{LED} 输出将始终以非连续导通模式(DCM)运行，以防止 V_{LED} 输出的高压硅二极管中出现较高的反向恢复损耗。

上管MOSFET驱动

上管选择MOSFET采用电容驱动方式，GDR1的驱动电压比 V_{CV1} 高5V，GDR2的驱动电压比 V_{CV2} 高5V。

电容驱动方式得益于使用电容 C_{DR} 进行的轻松电平转换。当其中一个开关长时间处于导通状态时，需要一个正常刷新周期以使 C_{DR} 充满电荷，否则 C_{DR} 上的电荷会缓慢泄漏。启动期间也需要刷新，以使 C_{DR} 在上拉输出时跟随输出电压。必要时，控制器将关断选择MOSFET，然后再导通，以执行刷新周期。

默认刷新时间为 $T_{RESFRESH}$ ，刷新时间在启动期间将翻倍至 $2 \times T_{RESFRESH}$ 。刷新时间越长越好，但是需要在初级导通时间结束之前重新导通MOSFET。一旦恒压输出处于稳定状态，刷新时间就减少到 $T_{RESFRESH}$ 。由于输出不再发生变化，仅需要刷新即可使 C_{DR} 充满电荷，并且通过减少刷新时间，可以降低在刷新之前结束初级导通时间的风险。

C_{DR} 的最佳电容值取决于选择MOSFET的栅极电荷。选择MOSFET的导通级栅极电压由 $V_{BP} \times (C_{DR} / (C_G + C_{DR}))$ 确定，因此，栅极电荷（在5V栅极电压下）必须比 C_{DR} 电容中的电荷小得多。 C_{DR} 电容的典型值为100nF。 C_{DR} 电容值较大时，刷新时间可能不足，并且在启动期间电容将无法跟随输出。因此，必须为选择MOSFET选择低栅极电荷器件，以尽量减小所需的 C_{DR} 电容值以及降低驱动MOSFET的能耗。

分流器

低压分流器用于限制 V_{CV1} 输出上的电压举升。 V_{CV1} 输出上的电压举升通常是由于5V输出的较低VOR引起的。在将脉冲传送到其他输出之一后，当5V选择MOSFET导通时，少量能量从较高的闲置振荡电压传递到CV1输出。

当FB1电压超过 $V_{LVSHUNT}$ 时，低压分流器导通。

在实际应用中，CV1输出不太可能举升；CV1输出举升通常仅在CV1输出完全空载而其他输出在高输出负载下运行时发生。

高压分流器用于在未加载LED输出时 V_{LED} 输出达到峰值充电的情况下，将 V_{LED} 轨上的电压限制为最大允许电压。这种峰值充电主要是由变压器中的漏电引起的。 V_{LED} 输出通常具有最低的漏电量，因此将从用于 V_{CV1} 或 V_{CV2} 的开关周期中接收少量能量。

当FB3电压超过 $V_{HV(SHUNT)}$ 时，高分流器导通。

在 V_{LED} 上出现过压的应用问题时，可以在 $V_{FB3(REG)}$ 和 $V_{FB3(OVP)}$ 之间的范围足够大的情况下，用一个小的串联电阻来实现一个附加的齐纳稳压管箝位，以耗散多余的功率。

请注意， V_{CV2} 输出不需要分流器，因为该输出不易受到峰值充电或意外能量输送的影响。

LED电流控制

工作方式

电流源控制流入ICC引脚的电流。

每个电流源的最大电流为 $I_{CC(MAX)}$ 。每个电流源所需的（满量程）电流可以通过一个外部电流检测电阻 R_{LED} （连接到IS引脚）来设置。

电流源的设计可确保每个LED串中的电流紧密平衡。

当只使用一个或两个LED串时，电流源可以并联（联动）。这将增加允许的最大串电流。

电流源支持PWM调光、模拟调光和混合调光。混合调光是模拟调光和PWM调光的组合。“LED调光”部分将进一步介绍调光。

V_{LED} 输出的输出电压调整

InnoMux可使电流源上的电压降尽可能低，以保持最佳的系统效率。因此，驱动LED串的输出电压(V_{LED})是根据四个电流源上所需的最小电压降来调整的。通过更改 V_{LED} 输出电压设定值，可保持任何LED电流在电流源上的低电压降。

LED导通时， C_{CTRL} 电容上的电压用作 V_{LED} 输出电压的设定值。当任何一个电流源上的电压降小于目标值时，电容上的电压就会增大。反之亦然，当所有电流源的电压过高时，电容上的电压就会降低。

调整环路要符合稳定性标准，必须相应选择电容；最佳电容值取决于：

1. LED轨输出电容(C_{VLED})与用于增加 V_{LED} 轨电压的可用电流之比；
2. FB3分压器比值($FB3RATIO=V_{LED}/V_{FB3}$)。

C_{CTRL} 电容的最小电容值由以下公式给出；必须满足两个条件：

$$C_{CTRL} \geq \frac{0.3 \times G_{mCTRL(UP)}}{0.2 \times I_{LED}} \times FB3RATIO \times C_{VLED}$$

$$C_{CTRL} \geq 4 \times G_{CCTRL(DOWN)} \times FB3RATIO$$

第一个公式可确保 V_{LED} 电压轨上的最大 dV/dt 大于 C_{CTRL} 电容上的 dV/dt 。

第二个公式可确保 C_{CTRL} 电容上的电压降小于 V_{LED} 轨上测得的电压误差。

对于典型设计，220 nF是一个很好的起始值。

弱电流箝位

每个 I_{CC} 输出上的弱电流箝位是为了防止在LED关闭时ICC引脚上出现过压情况。这些箝位的最大电流为 $I_{CCHV(CLAMP)}$ 。在LED关断时，这些箝位会将ICC引脚上的电压限制在 $V_{HV(CLAMP)}$ 以下，即使LED串的额定电压(V_F)约为100 V。

InnoSwitch3-MX接口

InnoMux至InnoSwitch3-MX接口是四线接口。

REQ信号表示InnoMux控制器发出新的脉冲请求。接收到后，InnoSwitch3-MX将通过集成的磁通链路将此请求传达给初级侧控制器。（请注意，在DCM模式下，InnoSwitch3-MX将延迟对初级侧的请求传达，以实现QR模式切换。）

REQ信号还用于将启动过程中特定事件的时序以及错误情况传达给InnoSwitch3-MX。因此，REQ是多电平信号。电平如下表所示。

REQ引脚电压电平	条件
$REQ < 0.25 \times V_{REF}$	上电时的初始电平。 InnoMux没有请求脉冲。 InnoSwitch3-MX次级处于待机/初级控制模式。当请求第一个脉冲时，InnoSwitch3-MX次级将开始握手并获得控制权。
$0.25 \times V_{REF} < REQ < 0.5 \times V_{REF}$	InnoMux向InnoSwitch3-MX指示测量窗口，用于闲置振荡频率测量。这是启动期间的一次性事件。
$0.5 \times V_{REF} < REQ < V_{REF}$	InnoMux没有请求脉冲。
$V_{REF} < REQ < 2V_{REF}$	InnoMux请求了脉冲。 InnoMux将保持REQ电平，直到InnoSwitch3-MX已确认脉冲请求（ACK引脚上的脉冲）并且在SR引脚上出现上升沿为止。
$REQ > 2V_{REF}$	由InnoMux指示输出过压。 InnoSwitch3-MX次级将向初级发出锁存关断的信号。

ACK信号表示InnoSwitch3-MX次级（通过磁通链路）向初级控制器发出了脉冲请求。SR信号（由InnoSwitch3-MX驱动）的上升沿由InnoMux用于评估变压器何时开始向次级传输能量。

在布板过程中，应特别注意连接REQ引脚的PCB走线：它是一个高阻抗的多电平模拟信号，对噪声干扰和布板阻抗很敏感。

读取器

（引脚）读取器确定连接到PLIM和ADIM输入的电阻/电容的存在及其值。这些读取器仅在启动后立即处于活动状态，直到下一次上电才更新。

启动

在启动期间，InnoSwitch3-MX将以固定频率和最大ILIM的50%运行。InnoMux控制器将首先将 V_{LED} 提升到 $V_{STAYALIVE}$ 电平，该电平足以使BP稳压器供电或达到目标值的20%（以较高者为准）。只要 V_{LED} 达到指定电平，控制器就会开始将 V_{CV2} 提升到目标值的20%，最后将 V_{CV1} 提升到目标值的10%。当三个输出都在正确的电平时，InnoMux控制器就会接管控制并提升 V_{CV1} 和 V_{CV2} 。控制电容上的电压缓慢增加，并在上拉期间用作 V_{CV1} 和 V_{CV2} 输出的基准。 C_{CTRL} 电容的大小将影响上拉期间输出的上升速率。

只有在 V_{CV1} 和 V_{CV2} 达到稳压电压后，才会使能LED。此时，恒压输出调整器切换到一个固定的内部基准， V_{LED} 输出将开始使用 C_{CTRL} 上的电压作为设定点。

图7所示为启动过程的示意图。

LED串配置检测

在上拉CV输出期间，控制器还将增加 V_{LED} 并尝试使少量电流流过LED串，以检测四个ICC引脚中的哪一个已连接LED串，以及是否有任何一个ICC引脚以支持的配置并联。未使用的引脚应连接到GND，并将被控制器禁止。

在启动时，控制器将验证所连接的LED串均未短路（ICC引脚直接连接至 V_{LED} 电源轨）。如果其中一个LED串短路，则响应取决于最大LED电压。对于低压LED配置（最高约55 V的LED串电压），受影响的LED串将被关断，控制器将正常启动。对于高压LED配置，由于短路LED串可能会违反允许的最大ICC引脚电压，因此控制器将自动重启动。低压/高压检测是根据启动时确定的FB3电阻比来确定的。

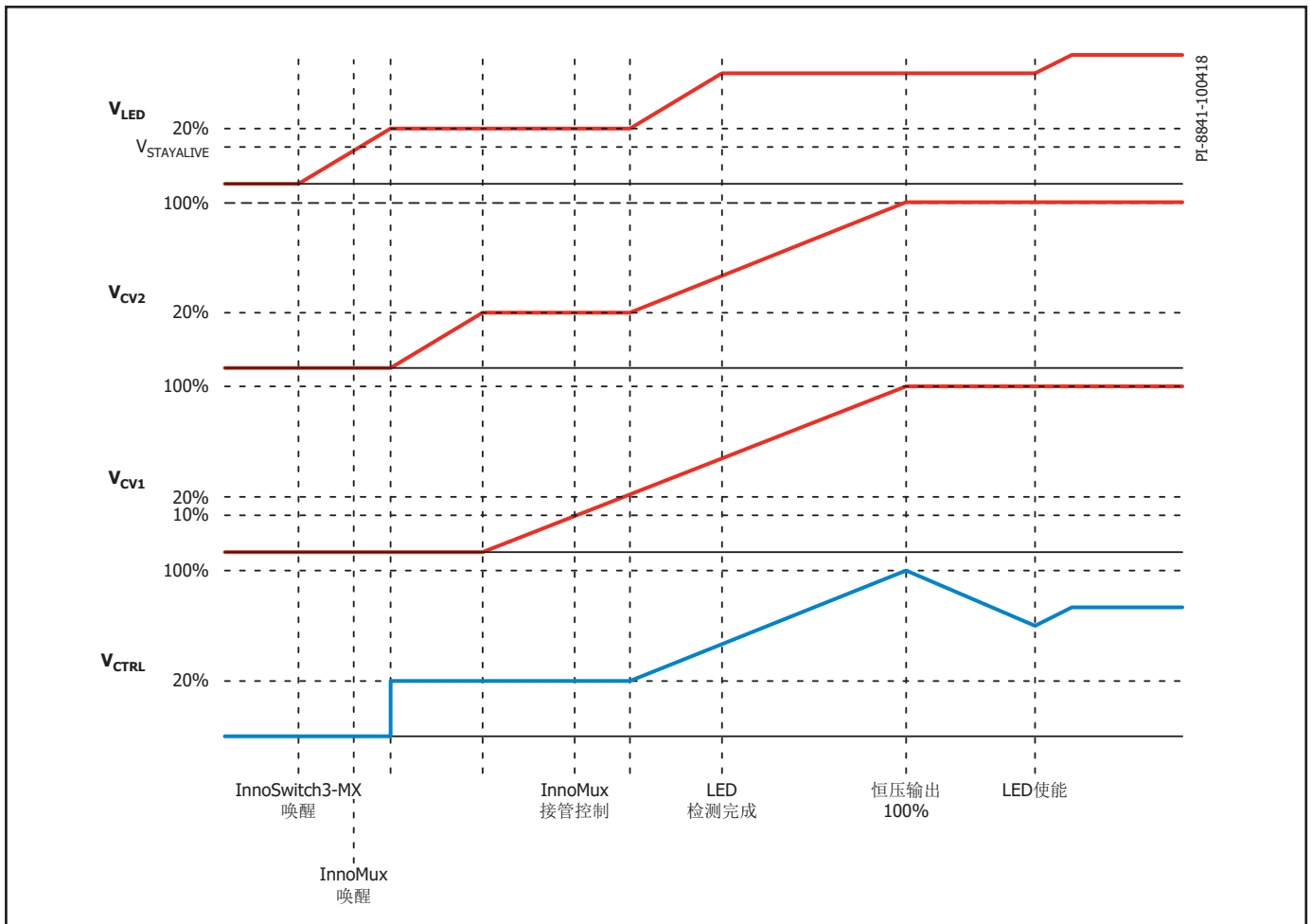


图7. 启动图

LED调光

可以改变通过LED串的电，以改变LED的亮度（调光）。

支持三种LED调光模式：

1. 仅PWM调光，输出电流固定
2. 模拟调光，输出电流由外部参考电压(V_{ADIM})设置
3. 混合调光：模拟调光和PWM调光相结合。

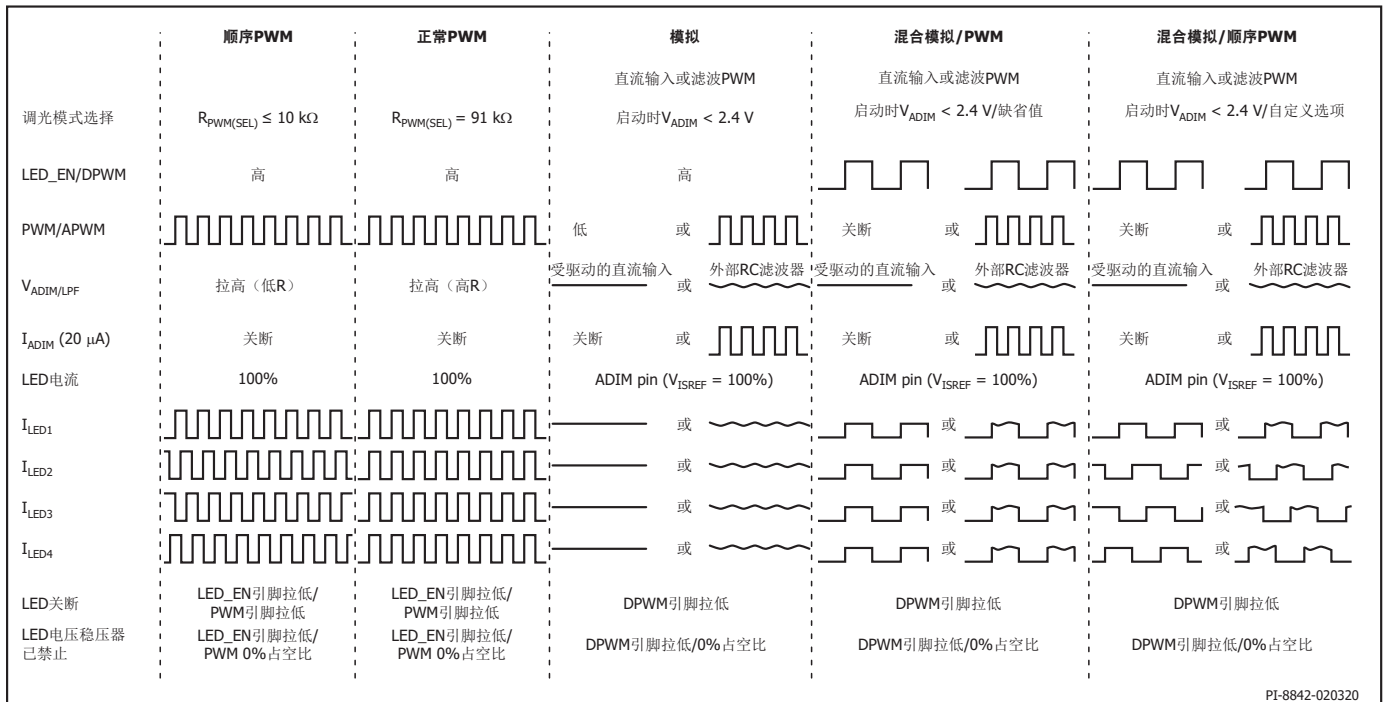
第一种调光模式仅支持PWM调光。在此模式下，LED电流由IS引脚上的电阻设置。模拟调光模式（第二模式）允许通过改变ADIM引脚上的电

压将LED电流从100%（由IS引脚上的 R_{LED} 设置）减小到0（最小电流： $I_{CC(MIN)}$ ）。第三种模式是模拟调光和PWM调光的组合。

LED调光模式是在启动时选择的，由ADIM引脚上的电平决定。BP的上拉连接/电阻可选择仅PWM调光模式。然后，上拉电阻的值将在正常PWM和顺序PWM之间选择。启动时的低信号电平（ADIM电压低于 $V_{ADIM(SEL)}$ ）将选择模拟或混合调光模式。

启动后，调光模式是固定的，没有上电复位就无法更改。

下面的图8概述了InnoMux控制器中可用的调光模式。



PI-8842-020320

图 8. InnoMux调光模式

仅PWM调光

通过将ADIM/LPF引脚连接到BP，RLED电阻可基于内部参考电压(V_{IS(REF)})设置LED电流（每串）。

$$R_{LED} = V_{IS(REF)} \times \left(\frac{I_{OUT}}{561.56} \right)^{-1.015}$$

该公式显示了所需的输出电流与电流设定电阻的所需值之间的关系。

I_{OUT}是ICC引脚电流（对于四串操作，总电流等于4 × I_{OUT}），V_{IS(REF)}是内部产生的1.5 V参考电压。结果给出RLED的电阻值，该电阻值设置每个ICC引脚的电流。由于公式是非线性的，因此所需的ICC引脚电流必须以安培（A，而非mA）给出，结果以欧姆(Ω)为单位。

图9所示为R_{LED}与LED串电流的关系图。该图可用于估算所需的R_{LED}。通过将具有所需占空比的PWM信号施加到PWM引脚来支持PWM调光。允许的PWM频率范围是PWM_{F(RANGE)}。将LED-EN引脚拉低将关断LED以及LED稳压器。这是为了在“关屏”模式下禁止LED。关断LED稳压器将减少芯片电流消耗。

注释：

- 允许将PWM引脚拉低以关断LED。保持PWM引脚的低电平时间长于最小PWM周期也将关断LED稳压器，这与LED-EN信号无关。
- 将LED-EN引脚拉低将覆盖PWM信号的状态。

PWM调光包括正常PWM调光和顺序（相移）PWM调光。在PWM调光部分将会进一步说明正常PWM调光和顺序PWM调光（混合调光模式也支持这两种PWM调光模式，请参见下文）。

图11（第12页）显示了此模式下PWM和LED-EN信号的典型连接。R_{PWM(SEL)}上拉电阻将在正常PWM和顺序PWM之间选择。

模拟和混合调光模式

模拟调光

在模拟调光模式下，ADIM/LPF引脚上的电压决定LED电流。LED电流在V_{ADIM}范围内线性变化。100% LED电流水平（每串）由R_{LED}电阻设置。

$$R_{LED} = V_{ADIM} \times \left(\frac{I_{OUT}}{561.54} \right)^{-1.015}$$

该公式显示了所需的输出电流与电流设置电阻的所需值之间的关系。

I_{OUT}是ICC引脚电流（对于四串操作，总电流等于4 × I_{OUT}），V_{ADIM}是ADIM引脚上的电压（1.5 V为满量程）。结果给出R_{LED}的电阻值，该电阻值设置每个ICC引脚的电流。由于公式是非线性的，因此所需的ICC引脚电流必须以安培（A，而非mA）给出，结果以欧姆(Ω)为单位。

图9所示为R_{LED}与LED串电流在V_{ADIM} = 1.5 V下的关系图。该图可用于估算所需的R_{LED}。

通常由外部源（例如，显示控制器）驱动ADIM引脚以设置显示亮度。

可以使用PWM信号生成LED电流的模拟调光参考(V_{ADIM})。然后，通过一个简单的外部RC低通滤波器（由提供I_{PWM(LPF)}的片上电流源供电），将APWM引脚上的占空比精确地转换为ADIM/LPF引脚上的模拟调光参考电压。

低通滤波器需要一个75 kΩ的电阻才能调整至100%。电容通常选择为10 nF，但如果需要不同的RC时间常数，则可以更改。

当向ADIM/LPF引脚提供直流电压时，应将APWM引脚拉低。

模拟调光期间，DPWM引脚应为高电平。将DPWM引脚拉低将关断LED和LED稳压器。这是为了在“关屏”模式下使用时禁止LED。不允许通过将ADIM电压降低至0 V以关断LED的方式来禁止LED。

图11（第12页）所示为在此模式下DPWM、APWM和模拟调光参考(V_{ADIM})信号的典型连接。

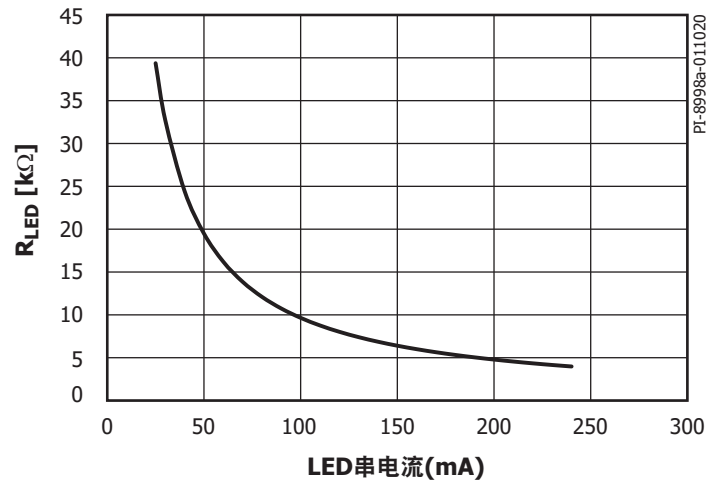


图9. 在PWM调光模式以及在模拟调光下V_{ADIM} = 1.5 V时，R_{LED} = 1.5 V与LED串电流的关系

LED配置	要求的相移	说明
1 - 2 - 3 - 4	0°, 90°, 180°, 270°	四个LED串。所有输出发生90°相移。
1 - 2 - 3	0°, 120°, 240°	三个LED串。输出1、2和3均发生120°相移。输出4未使用。
1 - 3	0°, 180°	仅两个LED串。输出3相对于输出1发生180°相移。
1 2 - 3 4	0°, 180°	同上，但现在输出1+2和3+4组合在一起。输出3和4相对于输出1和2发生180°相移。

表 2. 顺序PWM调光选项

混合调光

在模拟调光期间，通过将具有所需占空比的PWM信号(D-PWM)施加到PWM引脚来支持PWM调光。允许的PWM频率范围是 $PWM_{F(RANGE)}$ 。通过将DPWM引脚拉低来关断LED。默认情况下，正常PWM处于活动状态。顺序PWM作为自定义选项提供。（ $R_{PWM(SEL)}$ 电阻在此模式下不可用。）

将DPWM引脚拉低的时间长于最小PWM周期将会关断LED稳压器，这将减少“关屏”模式下的芯片电流消耗。不允许通过将ADIM电压降低至0V以关断LED的方式来禁止LED。

图11（第12页）所示为在此模式下DPWM、APWM和外部LED电流参考(V_{ADIM})信号的典型连接。

PWM调光

在PWM调光中，跟随PWM输入的数字状态，LED电流源在设置的参考电流和关断之间快速切换。

有两种PWM调光模式可用：正常和顺序PWM。在PWM调光中，ADIM/LPF上拉电阻的值在正常或顺序PWM调光之间选择。在混合调光中，正常PWM和顺序PWM之间的选择已预先设置，不能由应用元件更改。

正常PWM调光模式

在正常PWM模式调光期间，所有LED串将同相导通和关断。

顺序PWM调光模式

在顺序PWM模式下，通过对每个LED串施加相等的相移，可以对四个LED串的导通时间按时间排序。顺序PWM模式旨在提高视觉性能，并减少电源上的瞬态负载，从而降低音频噪声。根据LED配置的不同，通道之间的PWM相移应该是 90° 、 120° 或 180° 。顺序PWM调光允许的LED配置如表2所示。

如果在不支持的LED串配置下选择了顺序PWM，则控制器将恢复为正常PWM调光。

图10所示为两串、三串和四串的典型低PWM占空比示例。它显示了两通道、三通道和四通道顺序PWM调光工作中LED电流的相对时序。最上面的波形描绘了输入的PWM信号(PWM/D-PWM)。

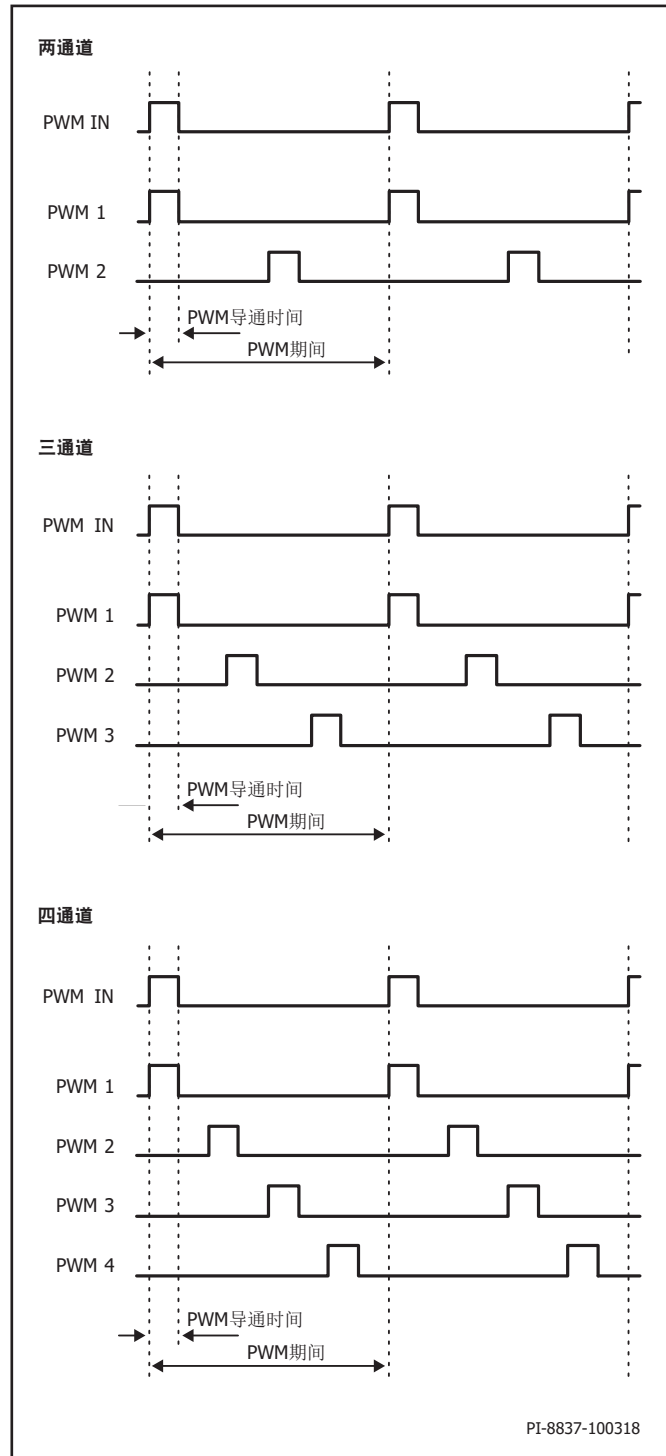


图 10. 两通道、三通道和四通道顺序PWM调光的PWM时序图

不同调光选项的连接图

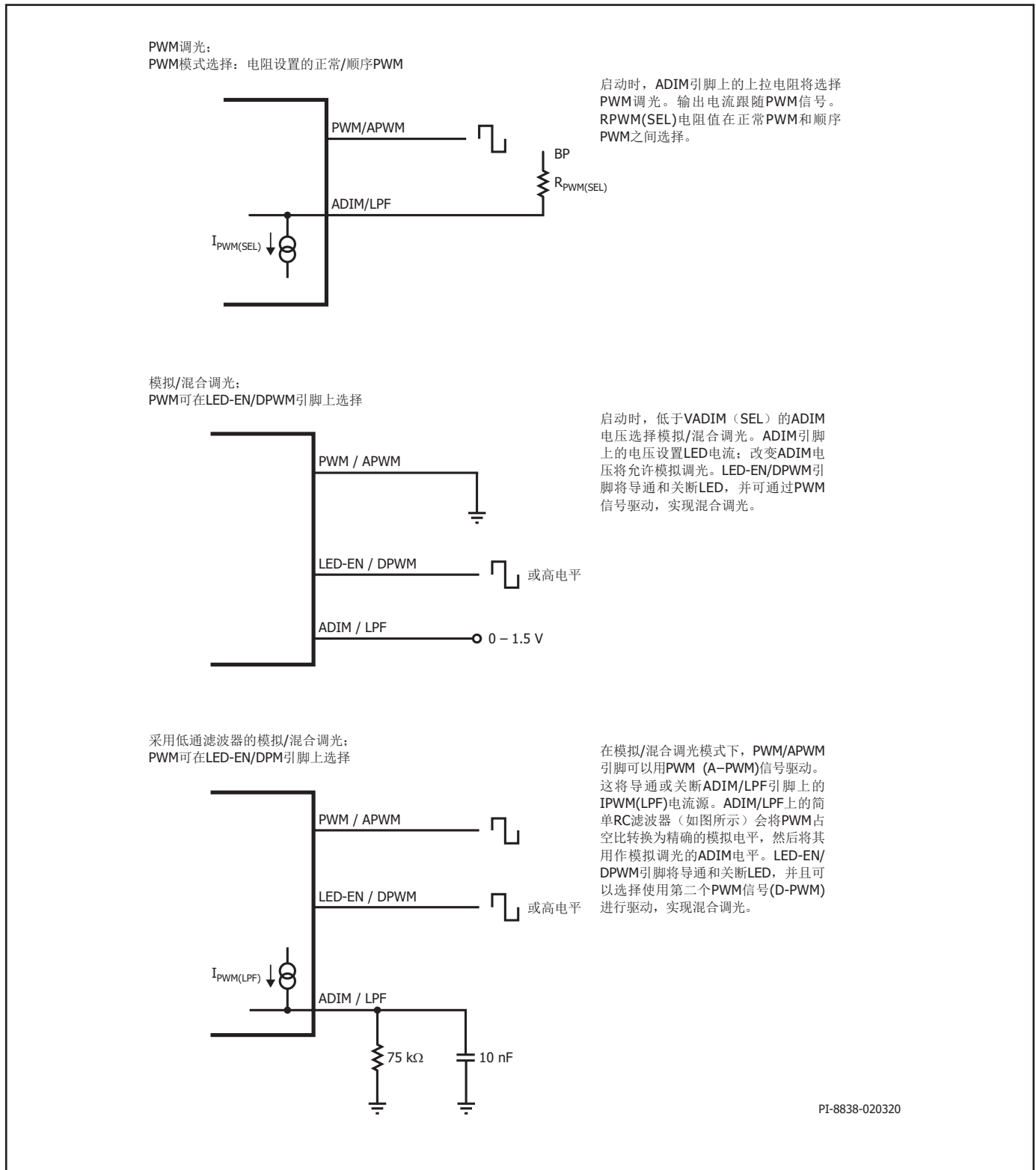


图 11. 调光选项的连接图

保护特性和故障处理

过载/最大功率保护和最大功率限制

最大功率保护:

过载/短路保护

CV1、CV2和VLED输出具有最大功率保护。该保护的最简单的部分是检测输出是否低于设定点10%以上（恒压输出）或1%以上（ V_{LED} 输出）。如果这种情况持续超过32个开关周期，则认为输出过载：输出短路，或者超出电源的总功率能力，根本无法保持输出稳定。

最大功率限制

短路故障保护形成了一个整体的功率限制，但它将允许从单个输出端汲取全部输出功率，而没有任何进一步的保护。因此，功率限制功能还包括具有用户可选级别的平均频率限制。

设计人员可使用外部元件在两个PLIM引脚上为三个输出设置各自的功率限制阈值。每个输出有四个设置级别。

功率限制测量传至特定输出的开关脉冲的平均频率。如果此频率在一定时间内超过预设阈值，则会标记出故障，并且控制器将自动重启或锁存关断。

在计算最大功率限制阈值时，应将特定输出的频率计算为最大总输出功率的一部分。

$$f_{LIMIT} = \frac{P_{OUTPUT(MAX)}}{P_{MAX}} \times f_{MAX}$$

$P_{OUTPUT(MAX)}$	此输出的最大允许功率
P_{MAX}	最大总输出功率
f_{MAX}	最大输出功率下的工作频率
f_{LIMIT}	计算出的此输出的最大频率

设置最大过载持续时间，以使负载能够在至少10 ms的时间内汲取至少两倍的额定功率，前提是负载所汲取的功率不超过电源实际可提供的功率。

	CV1 PLIM1	V_{LED} PLIM2
30 kHz	5.1 k Ω	5.1 k Ω
41 kHz	10 k Ω	10 k Ω
56 kHz	22 k Ω	22 k Ω
78 kHz	39 k Ω	39 k Ω

表 3. CV1和VLED功率限制选择

根据PLIM1和PLIM2上电容的情况选择CV2的功率，如下表所示。如果没有CV2输出，则不需要电容。

	PLIM1	PLIM2
30 kHz	无电容	无电容
41 kHz	电容	无电容
56 kHz	无电容	电容
78 kHz	电容	电容

表 4. CV2功率限制选择

PLIM电阻和电容的时间常数应选择为 T_{PLIM} 。这定义了给定电阻的电容值。

有关设置PLIM元件的更多详细信息，请参见应用部分。

输出过压

任何输出达到输出过电压(V_{OV})阈值都会导致控制器的重启或锁存关断。输出过压是在三个输出的相应FB引脚上检测到的。

LED故障检测

在工作期间，控制器将连续监测ICC引脚上的电压。如果检测到LED串之间存在较大的不对称性($>V_{ICC(OV)}$)，则较短的LED串将被禁止，以防止控制器过度耗散功率。任何开路或短路的LED串也将被禁止。

LED回路接地短路将被功率限制保护检测到，这将迫使控制器重启。重启后，受影响的LED串将被禁止。

过温

热保护电路连续测量控制器的温度。阈值设置在 T_{PROT} 。当温度升至高于 T_{PROT} 时，InnoMux将禁止LED以及具有滞后过温保护特性的恒压输出；LED和恒压输出将保持禁止状态， V_{LED} 轨将保持在 $V_{STAYALIVE}$ ，直到温度降至 $T_{PROT} - T_{HYST}$ 以下。当温度降至此水平以下时，控制器将重启。

只要温度超过 T_{SD} ，InnoMux就会向InnoSwitch3-MX发送一个锁存关断请求。

故障处理

标记故障时，控制器将自动重启或锁存关断。

在自动重启期间，InnoMux将停止请求开关周期。这将导致输出导崩溃。由于没有进一步的请求，InnoSwitch3-MX初级侧将在预定的超时后收回控制权，然后重启。

在锁存关断状态下，InnoMux将向InnoSwitch3-MX发送锁存关断请求，而初级侧将锁存关断。这种情况将持续到市电输入电源重新上电为止。

绝对最大额定值^{1,2}

BP引脚电压.....	-0.3 V到6 V
V _{CV1} 、V _{CV2} 引脚电压.....	-0.3 V到25 V
V _{CV3} /V _{LED} 引脚电压.....	-0.3 V到125 V
GDR1、GDR2引脚电压.....	-0.3 V到30 V
ICC1、ICC2、ICC3、ICC4引脚电压.....	-0.5 V到65 V
所有其他引脚.....	-0.3 V到6 V
工作结温度 ³	-40 °C到+150 °C

注释:

1. 所有电压都是以T_A = 25 °C时的次级接地为参考点。
2. 在短时间内施加器件允许的最大额定值不会引起产品永久性的损坏。但长时间用在器件允许的最大额定值时，会对产品的可靠性造成影响。
3. 通常由内部电路控制。

热阻

热阻:	HSOP-28封装
(θ _{JA}).....	58 °C/W ¹
(θ _{JA}).....	50 °C/W ²
(θ _{JL}).....	15 °C/W ³
	QFN-28封装
(θ _{JA}).....	69 °C/W ⁴
(θ _{JA}).....	50 °C/W ⁵

注释:

1. 单层，2盎司铜箔区域、0.36平方英寸散热面积
2. 单层，2盎司铜箔区域、1.0平方英寸散热面积
3. 单层，2盎司铜箔区域、0.36和1.0平方英寸散热面积热耦连接到接地引线肩部，靠近塑料体的边缘。
4. 双层，2盎司铜箔区域、0.36平方英寸散热面积（底层，通过9个填充过孔连接）。
5. 双层，2盎司铜箔区域、1.0平方英寸散热面积（底层，通过9个填充过孔连接）。

参数	符号	条件 所有电压均以接地为参考点/0 V T _J = -40 °C到125 °C (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位
引脚说明和参数						
BP引脚		InnoMux的内部电压供应和InnoSwitch3-MX的内部电压供应				
BP电压稳压	V _{BP(REG)}		4.75	5.0	5.25	V
BP电流	I _{BP}	满载不包括InnoSwitch3-MX和选择MOSFET驱动器的电流消耗		18		mA
	BP _{UV}			4.4		V
待机供电电流	I _{SBP(STANDBY)}			6		mA
V_{CV1}引脚 (见注释B)		CV1选择MOSFET驱动的输入电压				
	V _{CV1}	V _{CV1} 输出电压范围	3		22	V
V_{CV2}引脚 (见注释B)		VDD稳压器和CV2选择MOSFET驱动的输入电压				
	V _{CV2}	V _{CV2} 输出电压范围	3		22	V
	V _{CV2(MIN)}	BP稳压器的 最小V _{CV2} 电压				V
		待机25 °C	5.8			
		满载(30 mA)	8.0			
V_{LED}引脚	V _{LED}	V _{LED} 输出电压范围	20		100	V
	V _{STAYALIVE}	控制器将始终保持的最小V _{LED} 电压		15		V
栅极驱动引脚						
刷新脉冲宽度	T _{REFRESH}	T _{REFRESH} 在启动期间增加一倍 见注释D		500		ns
GDR1		GDR1引脚驱动CV1选择MOSFET				

参数	符号	条件 所有电压均以接地为参考点/0 V $T_j = -40\text{ °C}$ 到 125 °C (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位
栅极驱动引脚 (续上)						
GDR1输出驱动电压	V_{DR1}	$V_{CV1} + V_{BPREG}$ (GDR ₁ 高) V_{CV1} (GDR ₁ 低)				
GDR1电阻	R_{DR1}	$T_j = 125\text{ °C}$ 见注释C		30	35	Ω
GDR2		DR2引脚驱动CV21选择MOSFET				
GDR2输出驱动电压	V_{DR2}	$V_{CV2} + V_{BPREG}$ (GDR ₂ 高) V_{CV2} (GDR ₂ 低)		$V_{CV2} + V_{BPREG}$ (高) / V_{CV2} (低)		V
GDR2电阻	R_{DR2}	$T_j = 125\text{ °C}$ 见注释C		30	35	Ω
FB/IS引脚						
FB1		V_{CV1} 输出电压的FB输入				
FB1稳压电压	$V_{FB1(REG)}$			V_{REF}		
低压分流器阈值	$V_{LV(SHUNT)}$			V_{REF} 的108%		V
	$I_{CCLV(SHUNT)}$	见注释D	17	20		mA
FB1过压	$V_{FB1(OVP)}$			V_{REF} 的112%		V
FB2		V_{CV2} 输出电压的FB输入				
FB2稳压电压	$V_{FB2(REG)}$			V_{REF}		V
FB2过压	$V_{FB2(OVP)}$			V_{REF} 的112%		V
FB3		V_{LED} 输出电压的FB输入				
高压分流器阈值	$V_{HV(SHUNT)}$			V_{REF} 的108%		V
	$I_{CCHV(SHUNT)}$	见注释D	8.5	10		mA
FB3过压	$V_{FB3(OVP)}$			V_{REF} 的120%		V

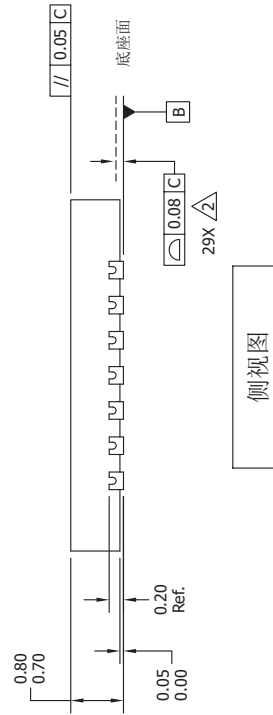
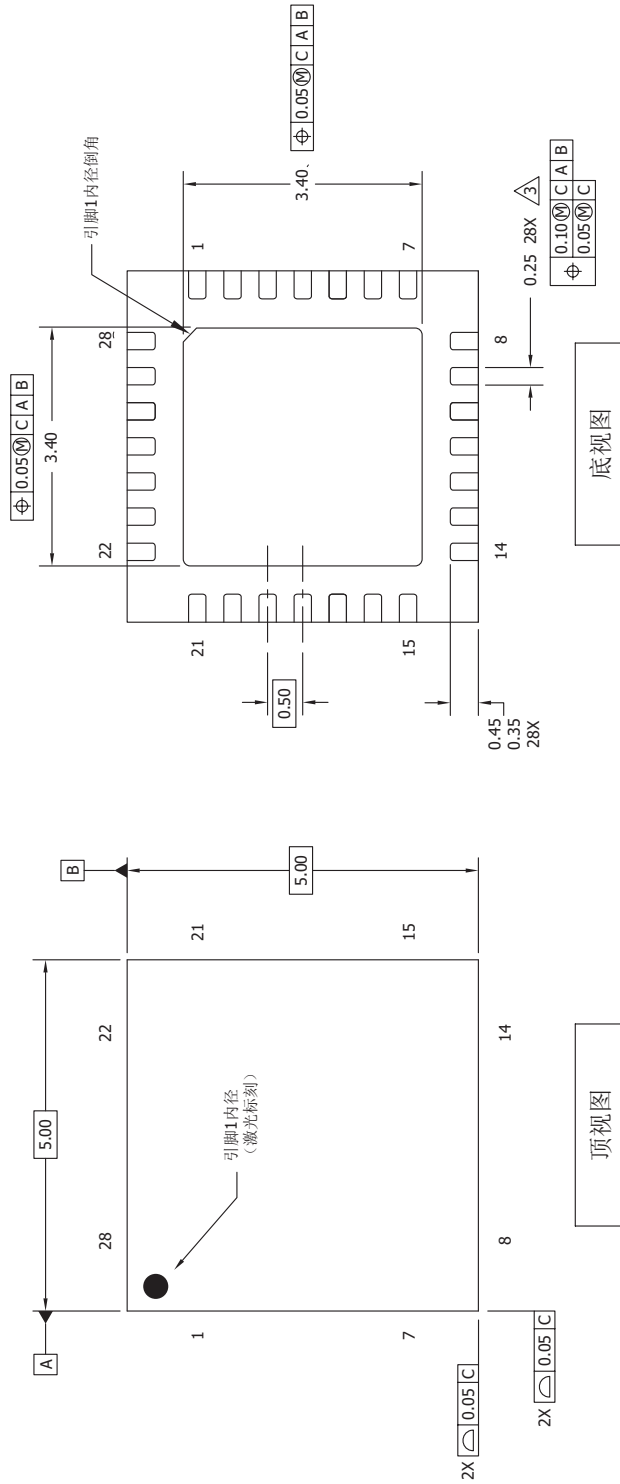
参数	符号	条件 所有电压均以接地为参考点/0 V $T_j = -40\text{ }^\circ\text{C}$ 到 $125\text{ }^\circ\text{C}$ (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位
InnoSwitch3-MX接口引脚						
REQ		脉冲请求输出应连接到InnoSwitch3-MX的REQ输入				
ACK		来自InnoSwitch3-MX的确认: 已经向初级侧发出请求。 应连接到InnoSwitch3-MX的ACK输出				
FWC		来自InnoSwitch3-MX的正激比较器输出。 应连接到InnoSwitch3-MX的FWC输出				
SR		来自InnoSwitch3-MX的SR输出。 应连接到InnoSwitch3-MX的SR输出				
LED稳压引脚						
CTRL引脚		CTRL电容的输出				
最大电流	$I_{CTRL(POS)}$ $I_{CTRL(NEG)}$			10		μA
	$I_{CTRL(STARTUP)}$			$0.125 \times I_{CTRL}$		A
稳压器Gm (UP)	$Gm_{CTRL(UP)}$	$0\text{ V} < V_{ICC(ERROR)} < 0.3\text{ V}$		$0.825 \times I_{CTRL}$		A/V
稳压器(DOWN)	$Gc_{CTRL(DOWN)}$	$-0.3\text{ V} < V_{ICC(ERROR)} < 0\text{ V}$		$41.25\mu \times I_{CTRL}$		C/V
ICC引脚		稳压器1-4				
ICC电压保护限制	$V_{ICC(OV)}$		8		9	V
最小ICC电流	$I_{CC(MIN)}$	每个通道		5		mA
最大ICC电流	$I_{CC(MAX)}$	每个通道		240		mA
ICC通道匹配 (见注释A)	$\Delta 100\text{ mA}$	每串100 mA电流, 以模拟调光测量。 所有ICC引脚上的电压相等。 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$			± 3	%
	$\Delta 5\text{ mA}$	每串5 mA电流, 以模拟调光测量。 所有ICC引脚上的电压相等。 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$			± 3	%
ICC箝位电压	$V_{ICC(CLAMP)}$			60	65	V
最大ICC箝位电流	$I_{CCHV(CLAMP)}$		4			μA
LED控制引脚						
LED-EN/DPWM和PWM/APWM引脚	V_{IL}	来自兼容0 V/5 V、3.3 V的系统微控制器的LED-EN/DPWM和PWM/APWM输入			1.5	V
	V_{IH}		2.3			
PWM/APWM/DPWM频率	$PWM_{F(RANGE)}$	频率范围	100		27,000	Hz
	$PWM_{D(RANGE)}$	占空比范围为 最小导通时间3 μs	2		100	%
ADIM/PWM选择电压	$V_{ADIM(SEL)}$		2.4		2.5	V

参数	符号	条件 所有电压均以接地为参考点/0 V $T_J = -40\text{ }^\circ\text{C}$ 到 $125\text{ }^\circ\text{C}$ (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位
LED控制引脚 (续上)						
ADIM/LPF最大电压	V_{ADIM}	模拟调光模式: 2%到100% $V_{ADIM} = 0.03\text{ V}$ 时, 2%亮度 $V_{ADIM} = V_{IS(REF)}$ 时, 100%亮度 注: 最小输出电流水平为 $I_{CC(MIN)}$				
电流源	$I_{PWM(LPF)}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	19.6	20.0	20.4	μA
PWM模式选择电压	$V_{PWM(SEL)}$	$V_{ADIM(SEL)} < V_{ADIM} < V_{PWM(SEL)}$ = 正常PWM $V_{ADIM} > V_{PWM(SEL)}$ = 顺序PWM	3.8		3.9	V
IS引脚参考电压	$V_{IS(REF)}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	1.47	1.50	1.53	V
电流源	$I_{PWM(SEL)}$	仅在启动期间使能		-20		μA
IS引脚电流增益	$I_{S(RATIO)}$	$I_{S(RATIO)} = I_{LED}/I_S$ $I_{LED} = 100\text{ }\mu\text{A}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $I_S = 156\text{ }\mu\text{A}$ $V_{ADIM} \approx 0.72\text{ V}$	629	642	655	
其他参数						
PLIM引脚		V_{CV1} 、 V_{CV2} 和 V_{LED} 的最大功率设置				
PLIM引脚RC时间常数	T_{PLIM}	P_{LIM} 引脚上的外部RC	100		250	μs
参考电压	V_{REF}	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	1.194	1.218	1.242	V
OTL保护	T_{PROT}		130	142		$^\circ\text{C}$
OTL迟滞	T_{HYST}			67		$^\circ\text{C}$
OTL关断	T_{SD}			150		$^\circ\text{C}$

注释:

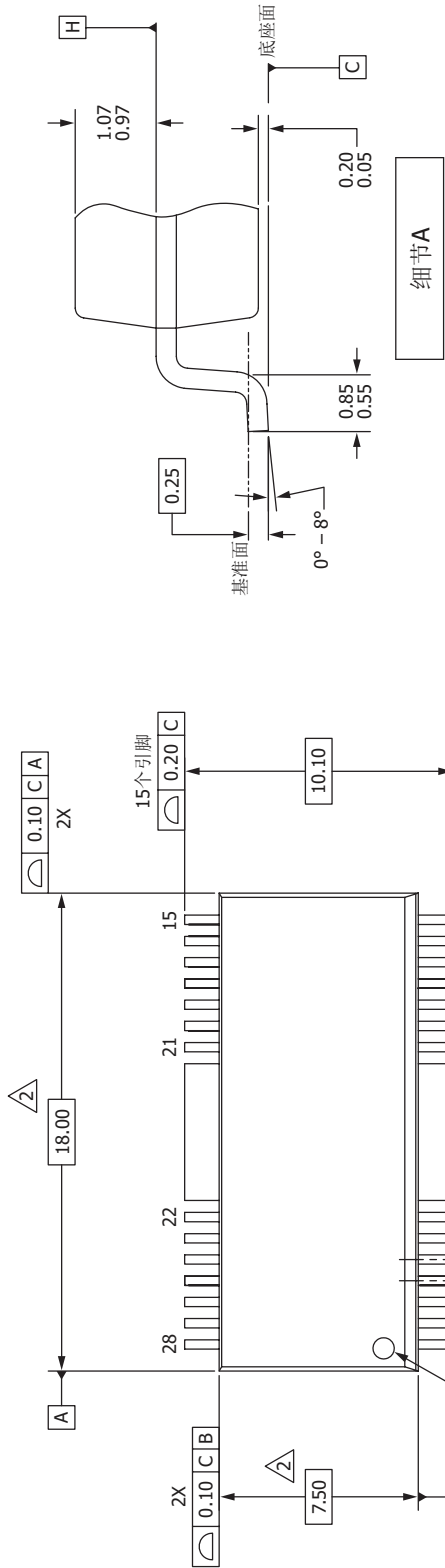
- A. 不匹配通过以下公式计算得出: $\Delta = \pm \frac{(I_{MAX} - I_{MIN})}{2 \times I_{AVG}} \times 100\%$
- B. V_{CV2} 必须大于或等于 V_{CV1} 。
- C. 此参数依据实际特性得到。
- D. 此参数由设计决定。

QFN-28



- 注释:
1. 尺寸及公差标注依据ASME Y14.5M - 1994标准。
 2. 同面的单边公差带适用于裸焊盘以及端子。
 3. 端子宽度尺寸适用于金属化端子，在距端子头0.15-0.25 mm之间测量。
 4. 尺寸以毫米(mm)为单位。

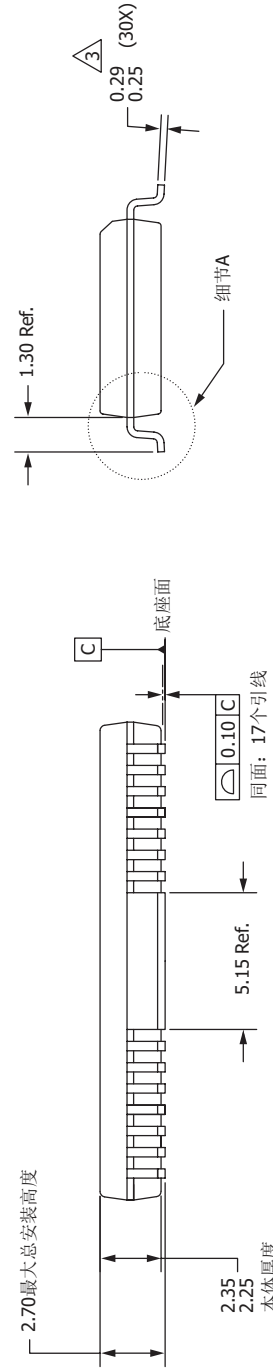
HSOP-28



注释:

1. 尺寸及公差标注依据ASME Y14.5M – 1994标准。
2. 标注的尺寸根据塑料体的最外端确定，不包括模具毛边、连接杆毛刺、料口毛刺和引脚间毛边，但包括塑料体顶部与底部之间的任何不匹配部位。
每侧的塑模突起不超过0.18 mm。
3. 标注的尺寸包括镀层厚度。
4. 不包括管脚间毛边或突起。
5. 尺寸以毫米(mm)为单位。
6. 基准A及B将在基准H决定。

顶视图



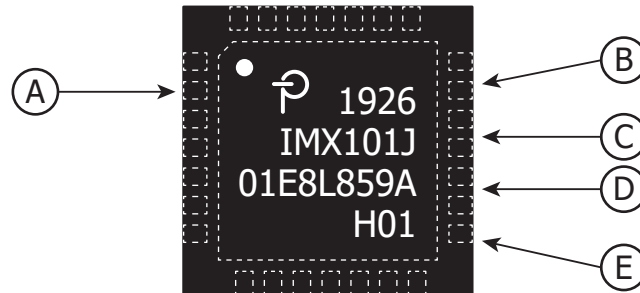
侧视图

端视图

PL-8799-082718
POD-HSOP-28 Rev A

封装标识

QFN-28

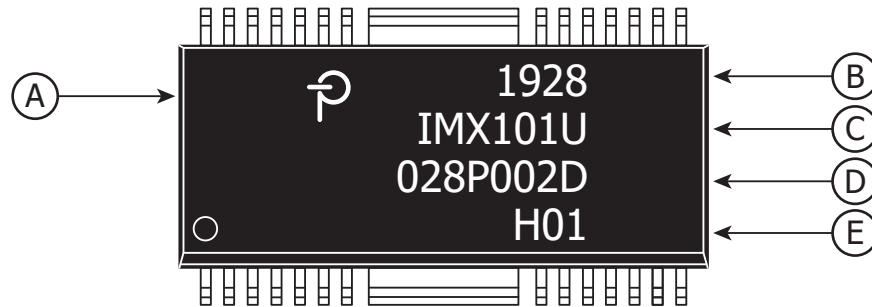


- A. Power Integrations 注册商标
- B. 装配日期代码（表明年份的两个数字后紧跟表明周数的两个数字）
- C. 产品识别（元件号/封装类型）
- D. 批次识别代码
- E. 扩展批次识别代码

PI-9106-011020

封装标识

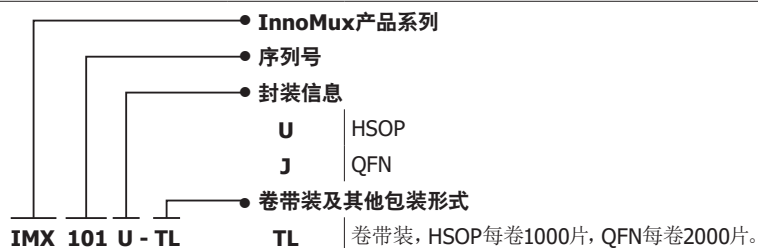
HSOP-28



- A. Power Integrations 注册商标
- B. 装配日期代码（表明年份的两个数字后紧跟表明周数的两个数字）
- C. 产品识别（元件号/封装类型）
- D. 批次识别代码
- E. 扩展批次识别代码

PI-9105-011020

元件订购信息



修订版本	注释	日期
B	代码L发布	03/19
C	代码A发布。	03/20

有关最新产品信息，请访问：www.power.com

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

Patent Information

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations patents may be found at www.power.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at www.power.com/ip.htm.

Life Support Policy

POWER INTEGRATIONS PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF POWER INTEGRATIONS. As used herein:

1. A Life support device or system is one which, (i) is intended for surgical implant into the body, or (ii) supports or sustains life, and (iii) whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use, can be reasonably expected to result in significant injury or death to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

Power Integrations, the Power Integrations logo, CAPZero, ChiPhy, CHY, DPA-Switch, EcoSmart, E-Shield, eSIP, eSOP, HiperPLC, HiperPFS, HiperTFS, InnoSwitch, Innovation in Power Conversion, InSOP, LinkSwitch, LinkZero, LYTSwitch, SENZero, TinySwitch, TOPSwitch, PI, PI Expert, PowiGaN, SCALE, SCALE-1, SCALE-2, SCALE-3 and SCALE-iDriver, are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©2020, Power Integrations, Inc.

Power Integrations全球销售支持网络

全球总部

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA
Main: +1-408-414-9200
Customer Service:
Worldwide: +1-65-635-64480
Americas: +1-408-414-9621
e-mail: usasales@power.com

中国（上海）

徐汇区漕溪北路88号圣爱广场
1601-1603室
上海|中国, 200030
电话: +86-21-6354-6323
电子邮箱: chinasales@power.com

中国（深圳）

南山区科技南八路二号豪威科技大厦
17层
深圳|中国, 518057
电话: +86-755-8672-8689
电子邮箱: chinasales@power.com

德国（AC-DC/LED业务销售）

Einsteinring 24
85609 Dornach/Aschheim
Germany
Tel: +49-89-5527-39100
e-mail: eurosales@power.com

德国（门极驱动器销售）

HellwegForum 1
59469 Ense
Germany
Tel: +49-2938-64-39990
e-mail: igbt-driver.sales@power.com

印度

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052 India
Phone: +91-80-4113-8020
e-mail: indiasales@power.com

意大利

Via Milanese 20, 3rd. Fl.
20099 Sesto San Giovanni (MI) Italy
Phone: +39-024-550-8701
e-mail: eurosales@power.com

日本

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Bldg.
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku
Yokohama-shi,
Kanagawa 222-0033 Japan
Phone: +81-45-471-1021
e-mail: japansales@power.com

韩国

RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D, 159-6
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,
Seoul, 135-728, Korea
Phone: +82-2-2016-6610
e-mail: koreasales@power.com

新加坡

51 Newton Road
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
e-mail: singaporesales@power.com

中国台湾

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1
Nei Hu Dist.
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
e-mail: taiwansales@power.com

英国

Building 5, Suite 21
The Westbrook Centre
Milton Road
Cambridge
CB4 1YG
Phone: +44 (0) 7823-557484
e-mail: eurosales@power.com