

6 路 PWM 调光自适应 1 倍/2 倍电荷泵型并联白光 LED 驱动器

特性

- 驱动多达 6 路 LED，每路 LED 最大电流：25mA
- Q-Mirror™ 技术保证电流匹配度：±0.5% (典型值)
- PWM 调光，调光频率高达 50KHz
- 专有的 Q-Mode™ 技术，可根据输入电压和负载情况自适应切换工作模式，效率高达 93%
- 无需外围电感
- 低输入电流纹波和低 EMI
- 工作电压范围：2.7V~5.5V
- ESD 保护：±8KV (HBM 模式)
- 过压保护、过流保护和过热保护
- 关机电流 <0.1μA
- 纤小的 3mm*3mm TQFN-16L 封装

应用

- 蜂窝电话
- 数码相机
- PDA、MP3

描述

AW9636 是一款 6 路自适应 1 倍/2 倍电荷泵型并联白光 LED 驱动器。采用专有的 Q-Mode™ 技术，AW9636 可根据输入电压和负载情况自适应切换工作模式，效率高达 93%。AW9636 通过外置电阻设置 6 路 LED 工作电流，每路 LED 电流最大可达 25mA。AW9636 采用专有的 Q-Mirror™ 技术，使 6 路电流的匹配度在典型应用下达到 ±0.5%。AW9636 采用非关机的 PWM 调光方式，调光频率可高达 50KHz。采用 2 倍电荷泵原理，AW9636 仅需三个陶瓷电容，降低了系统电路设计的复杂度，同时节省 PCB 布局面积。AW9636 的关机电流小于 0.1μA。

AW9636 采用纤小的 3mm*3mm TQFN-16L 封装，额定的工作范围为 -40℃ 至 85℃。

引脚分布及标记图

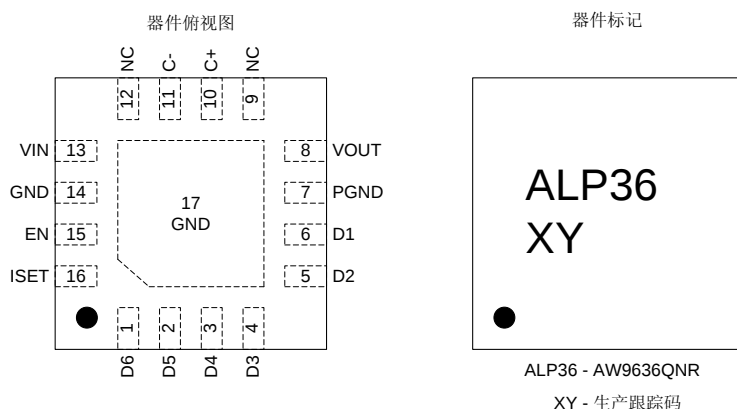


图 1 AW9636 引脚分布及标记图

典型应用图

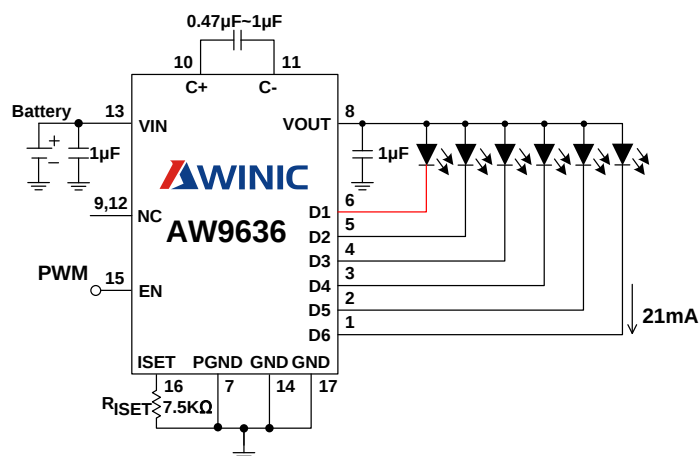


图 2 AW9636 驱动 6 个 LED 应用图

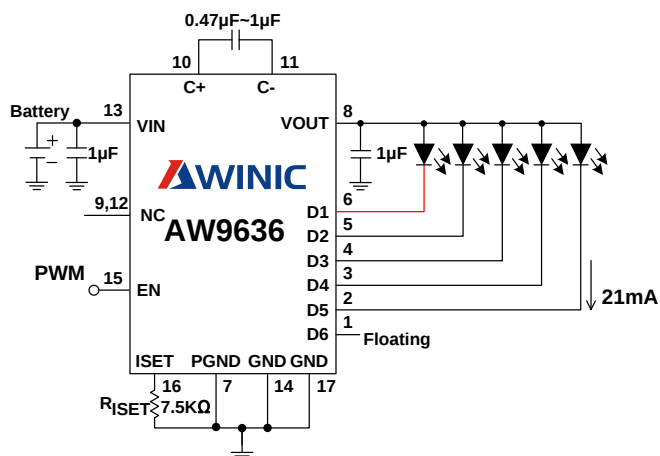


图 3 AW9636 驱动 5 个 LED 应用图

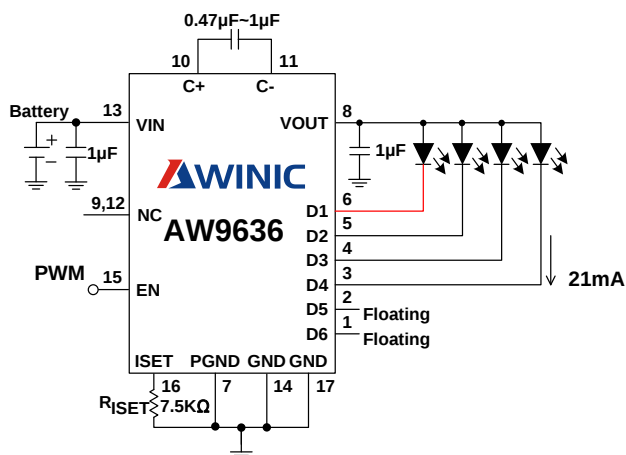


图 4 AW9636 驱动 4 个 LED 应用图

订购信息

产品型号	工作温度范围	封装形式	RoHS	器件标记	发货形式
AW9636QNR	-40℃~85℃	他 TQFN3x3-16L	是	ALP36	卷带包装 6000 片/盘

AW9636



装运形式
R: Tape & Reel

封装形式
QN:TQFN3x3-16L

绝对最大额定值（注 1）

参数	范围
电源电压 VIN	-0.3V to 6 V
EN, ISET, VOUT 引脚电压	-0.3V to VIN
最大功耗 ($P_{Dmax, package@ T_A=25^{\circ}C}$)	1.9 W
封装热阻 θ_{JA}	52℃/W
最大结温 T_{Jmax}	125℃
存储温度范围	-65℃ to 150℃
引脚温度（焊接 10 秒）	260℃
ESD 范围 (注 2)	
HBM, 所有引脚	8KV
Latch-up	
测试标准: JEDEC STANDARD NO.78A FEBURARY 2006	+IT: 450mA -IT: -450mA

电气特性

测试条件: $T_A=25^{\circ}C$, $V_{IN}=3.6V$, $EN=1$ （除非特别说明）。

c	条件	最小	典型	最大	单位
电源电压和电流					
VIN 输入电源电压	$I_{LED}=15mA$, 输出 6 路 LED	2.8		5.5	V
	$I_{LED}=25mA$, 输出 6 路 LED	3.0		5.5	V
I_{SD} 关机电流	EN=0		0.1	1	μA
I_Q 静态电流	$V_{IN}=4.0V$, 1 倍工作模式, EN=1, ISET=0μA		280		μA

		I _{OUT} =0mA, 2 倍工作模式	2	mA
电荷泵				
V _{OUT}	过压保护	V _{IN} =4.2V, 所有 LED 悬空	4.80	V
	启动时间	C _{OUT} =1μF, I _{DX} ≥0.9×I _{DX_SET}	180	μs
	软启动时间		150	μs
f	开关频率		0.5 0.7 0.9	MHz
η	效率	V _{IN} =3.7V, V _{LED} =3.2V, 每路 I _{LED} =21mA	86.4%	
	过热保护温度		145	℃
	过热保护回滞温度		24	℃
	过流保护	EN=1	800	mA
	碰地限流	V _{OUT} 引脚短路到地	75	mA
电流源				
	任意两路电流匹配	V _{LED} =3.2V T _A =25℃	±0.5	%
V _{ISET}	ISET 引脚电压		1.24	V
I _{LED}	LED 设定电流	R _{ISET} =7.5 KΩ	-10% 21 +10%	mA
		R _{ISET} =15.8 KΩ	-10% 10 +10%	mA
I _{LED_ACC}	LED 电流精度	R _{ISET} =7.5 KΩ	2 10	%
V _{D1_NOM}	D ₁ 引脚电压	I _{LED} =21mA	300	mV
使能引脚 EN				
V _{IH}	逻辑高电平		1.4	V
V _{IL}	逻辑低电平		0.4	V
R _{EN}	内置下拉电阻		200	KΩ
T _{LO}	使能脉冲为低的时间		0.5 500	μs
T _{HI_MIN}	使能脉冲为高的最短时间		0.5	μs
T _{SHDN}	关机延时	当 EN 由 1 变为 0, AW9655 从正常工作到彻底关机的延时	3	ms

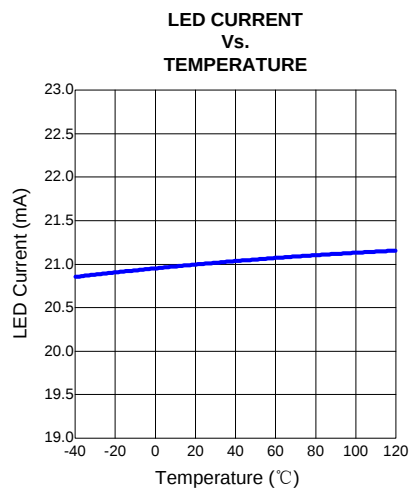
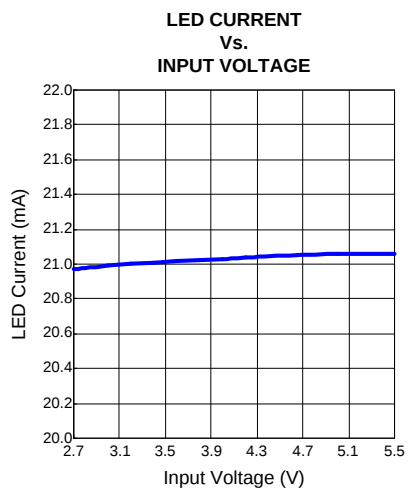
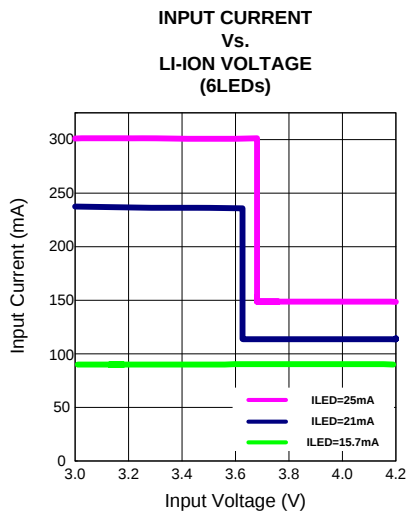
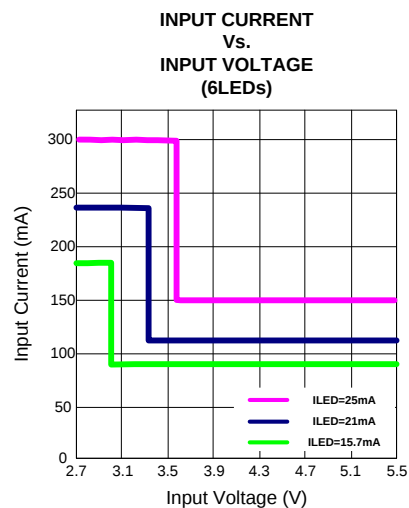
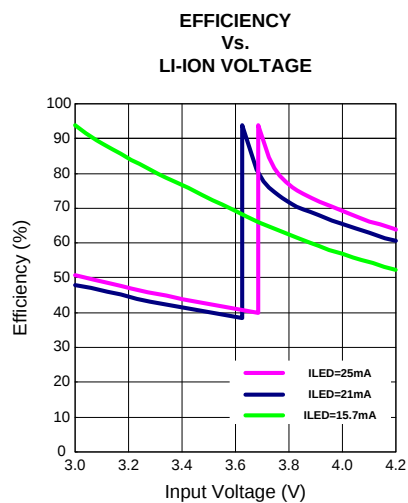
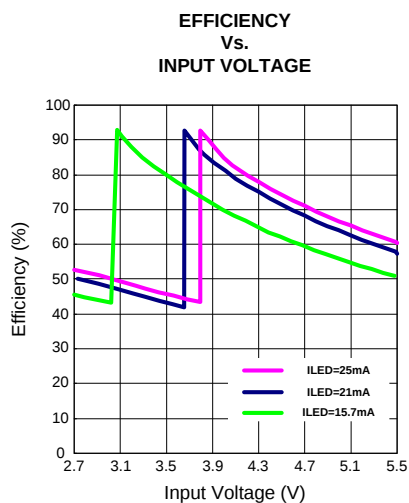
注1: 如果器件工作条件超过上述各项极限值, 可能对器件造成永久性损坏。上述参数仅仅是工作条件的极限值, 不建议器件工作在推荐条件以外的情况。器件长时间工作在极限工作条件下, 其可靠性及寿命可能受到影响。

注2: HBM 测试方法是存储在一个 100pF 电容上的电荷通过 1.5 K Ω 电阻对引脚放电。测试标准: MIL-STD-883G Method 30

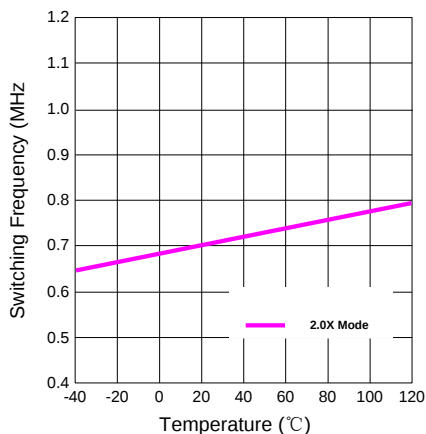
引脚定义及功能

序号	符号	描述
1	D6	D6 引脚, 连接 LED 阴极, 此引脚不用时悬空
2	D5	D5 引脚, 连接 LED 阴极, 此引脚不用时悬空
3	D4	D4 引脚, 连接 LED 阴极, 此引脚不用时悬空
4	D3	D3 引脚, 连接 LED 阴极, 此引脚不用时悬空
5	D2	D2 引脚, 连接 LED 阴极, 此引脚不用时悬空
6	D1	D1 引脚, 连接 LED 阴极
7	PGND	功率地
8	VOOUT	输出电压引脚, 连接所有 LED 的阳极
9	NC	浮空
10	C+	连接 flying 电容
11	C-	连接 flying 电容
12	NC	浮空
13	VIN	电源电压输入引脚
14	GND	地
15	EN	使能输入引脚, 内置 200K Ω 下拉电阻
16	ISET	最大输出电流设置引脚, 接电流设置电阻到地
17	GND	散热片应和 PGND 以及 GND 连接至 PCB 上的地

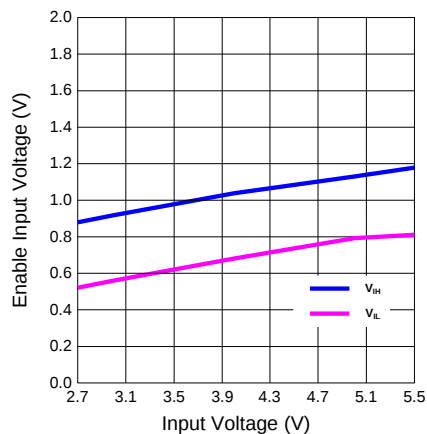
典型特性曲线



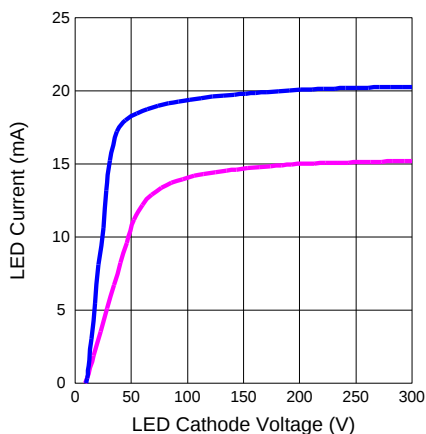
**SWITCHING FREQUENCY
Vs.
TEMPERATURE**



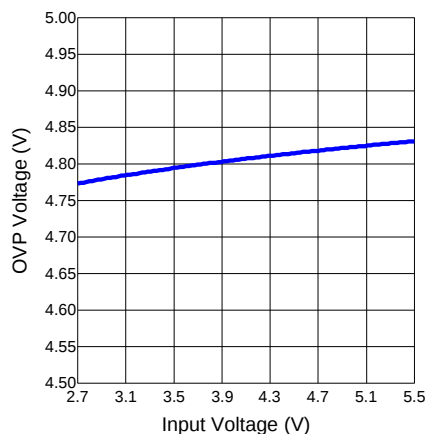
**ENABLE VOLTAGE
Vs.
INPUT VOLTAGE**



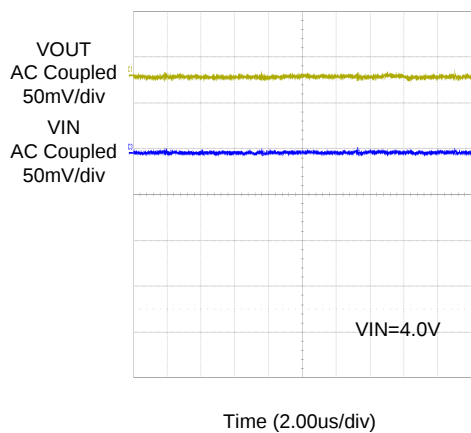
**LED CURRENT
Vs.
LED CATHODE VOLTAGE**



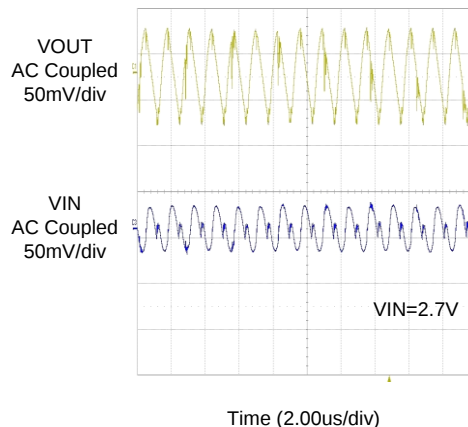
**OVP VOLTAGE
Vs.
INPUT VOLTAGE**



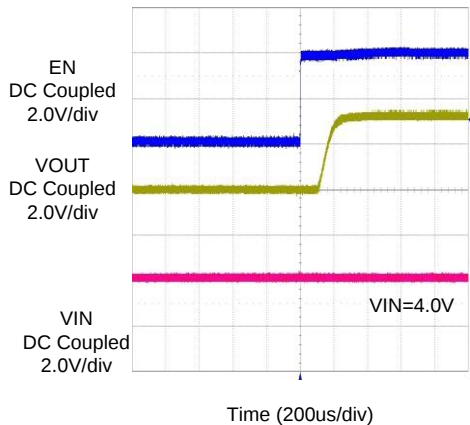
**1X MODE OPERATION
WAVEFORMS**



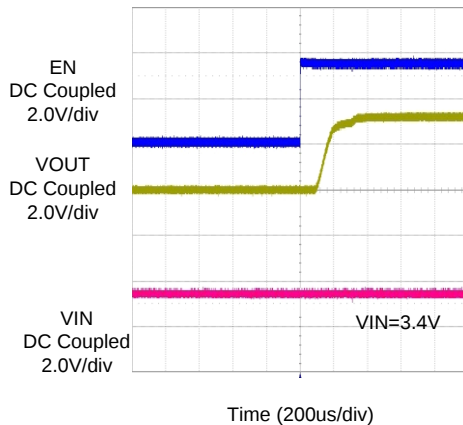
2X MODE OPERATION WAVEFORMS



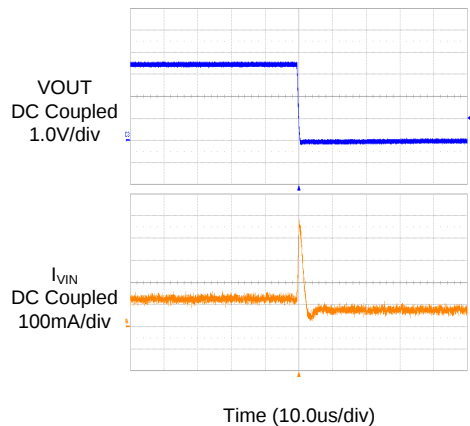
1X MODE STARTUP TRANSIENT RESPONSE



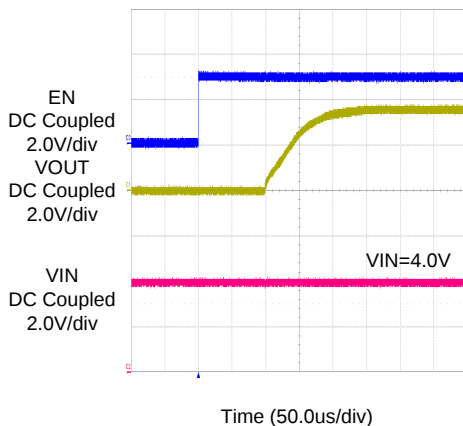
2X MODE STARTUP TRANSIENT RESPONSE



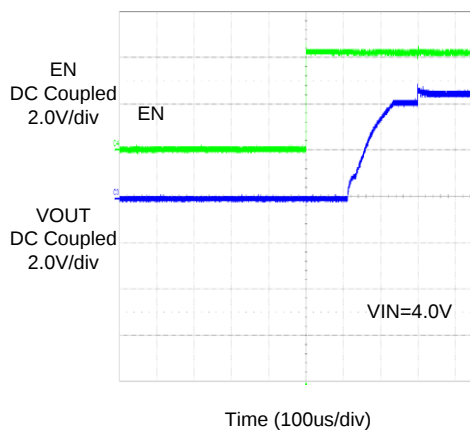
VOUT SHORT TO GND TRANSIENT RESPONSE



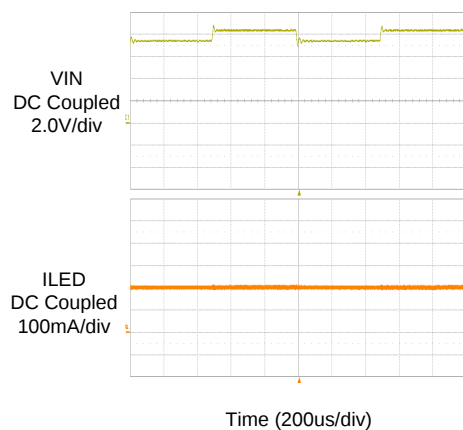
SOFTSTART TRANSIENT RESPONSE



OVP TRANSIENT RESPONSE



LINE REGULATION TRANSIENT RESPONSE



功能框图

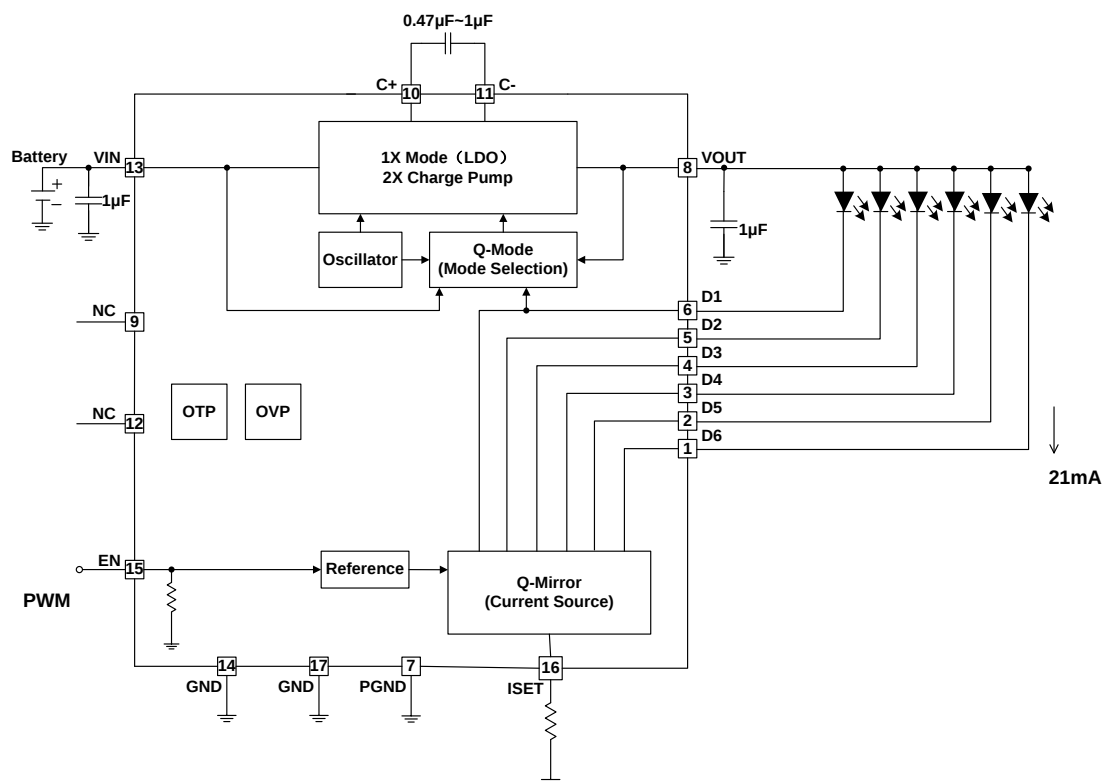


图 5 AW9636 功能框图

工作原理

AW9636 是一款定位于白光 LED 背光应用领域的高效率电荷泵型 DC/DC 转换器。AW9636 有两种工作模式：1 倍的 LDO 模式和 2 倍电荷泵模式。采用专有的 Q-Mode™ 技术，AW9636 可根据输入电压和负载情况在 1 倍工作模式和 2 倍工作模式间自适应切换，以最大化在工作电压范围内总的转换效率。AW9636 根据 LED1 的阴极电压 (V_{LED}) 和比较输出电压 V_{OUT} 与输入电压 V_{IN} 来自动选择合适的工作模式。AW9636 首先以 1 倍工作模式启动，当 LED 的阴极电压 V_{LED} 低于模式切换阈值电压时，AW9636 自动切换到 2 倍工作模式。当电源电压升高到能满足 1 倍工作模式的条件时，AW9636 又能自动从 2 倍工作模式返回到 1 倍工作模式。AW9636 通过一个外部电阻 R_{ISET} 来设定每路 LED 的最大输出电流。在 EN 引脚加 PWM 信号，可以准确的控制 LED 的亮度。

LED 电流设定

AW9636 中，每路 LED 的最大输出电流通过一个电流外部电阻 R_{ISET} 来设定。 R_{ISET} 在 ISET 引脚产生一个基准电流，每路 LED 电流由内部电流镜按比例镜像 ISET 引脚的电流得到：

$$I_{LED} = 128 \times \left(\frac{V_{ISET}}{R_{ISET}} \right)$$

这里 V_{ISET} 为 ISET 引脚上的电压值， V_{ISET} 的典型值为 1.24V， R_{ISET} 为 ISET 引脚与地之间的电流设定电阻的电阻值。

软启动

为了限制启动过程中电源电压的浪涌电流，AW9636 内置软启动电路。启动时 AW9636 首先工作在 1 倍工作模式，输出电压 V_{OUT} 缓慢线性上升，当 V_{OUT} 上升至接近电源电压 V_{IN} 时，如果 LED 电流没有达到设定电流，AW9636 自动切换至 2 倍工作模式工作，继续软启动至 LED 电流达到设定值。如果输出电压

V_{OUT} 低于电源电压 V_{IN} 时，LED 电流已经达到设定电流，则软启动完成后芯片仍停留在 1 倍工作模式。

使能控制

EN 引脚信号电平控制 AW9636 的工作状态。当 EN 引脚信号被置为高电平后，芯片开始正常工作。AW9636 内置关机延时电路，当 EN 引脚信号从高电平翻转为低电平后，低电平保持时间超过 3ms，芯片进入关机模式。在关机模式下 AW9636 的静态电流小于 0.1μA。

模式切换

AW9636 有两种工作模式：1 倍的 LDO 模式和 2 倍电荷泵模式。采用专有的 Q-Mode™ 技术，AW9636 可根据输入电压和负载情况自适应切换工作模式，最大限度提高工作效率。若以单节锂离子电池作为电源电压，在电池充满电时，AW9636 工作在 1 倍工作模式，当电池电压降至 V_A (V_A 为 1 倍切换到 2 倍的电源电压模式切换点) 以下，则进入 2 倍工作模式。进入 2 倍工作模式以后，电源电压必须升高至 V_B (V_B 为 2 倍切换到 1 倍的电源电压模式切换点)，AW9636 才能从 2 倍工作模式返回到 1 倍工作模式。两个工作模式切换之间的电源电压迟滞确保在模式切换时工作稳定，保证电源电压波动时模式切换对正常工作不会产生不良影响。模式切换的电源迟滞电压大约为 300mV。

两种工作模式的电源电压迟滞如图 6 所示：

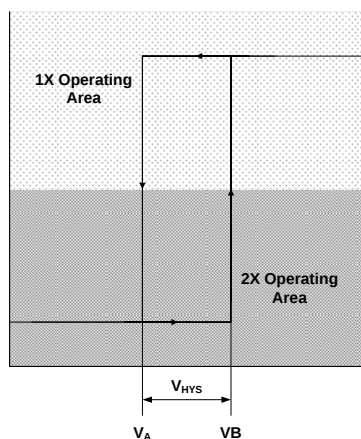


图 6 模式切换与电源电压关系

限流和过热保护

AW9636 具有过流和过热保护功能。输出引脚 VOUT 的限流电流为 800mA（典型值），若输出引脚 VOUT 被短路到地，则限流电流减

小至 75mA（典型值）。当芯片内部结温超过 145℃（典型值）时，芯片停止工作，直至结温降至 121℃（典型值），芯片重新恢复正常工作状态。

LED 故障检测及过压保护

AW9636 内置 LED 故障检测电路。D1～D6 引脚中任何一路 LED 短路都不影响其它路 LED 亮度。电路内部根据 D1 引脚的电压来检测 VOUT 电压，若 D1 引脚 LED 开路，则内部过压保护电路会将 VOUT 限制在 4.8V（典型值）以下，而 D2～D6 引脚中任何路 LED 开路则不会影响其它路 LED 亮度。因此 LED 首先应接至 D1 引脚，对于其他几个 LED 阴极端，可以按顺序连接。例如，如果只需驱动 4 个 LED，那么必须有一个 LED 接至 D1 引脚，其他三个 LED 接至 D2～D4，剩下的两个不用的引脚建议悬空。

应用信息

电容的选取

AW9636 工作仅需三个电容。其中输入电压 VIN 和输出电压 VOUT 各需要一个到地的旁路电容，这两个旁路电容推荐电容值为 1μF，另外还有一个电荷泵升压电容，推荐电容值

为 0.47μF~1μF。电容类型考虑性能并兼顾手机等空间受限应用场合，推荐使用 X5R、X7R 陶瓷电容。表 1 给出了推荐使用的电容类型和典型值。

表 1: 电容的选取

型号	电容值	耐压	生产商	尺寸	网址
C0402X5R474M6R3NY	0.47μF	6.3V	EYANG	0402	www.szeyang.com
C0402X5R105M6R3NY	1.0μF	6.3V		0402	
GRM155R60J474KE	0.47μF	6.3V	Murata	0402	www.murata.com
GRM155R60J105KE	1.0μF	6.3V		0402	

LED 最大电流设定

AW9636 通过一个 ISET 引脚与地之间的电阻 R_{ISET} 来设定每路 LED 的最大电流。每路 LED 的最大电流是 R_{ISET} 上电流的 128 倍，即有：

$$I_{LED} = 128 \times \left(\frac{V_{ISET}}{R_{ISET}} \right)$$

图 7 为 LED 电流与电流设定电阻 R_{ISET} 关系曲线，表 2 列出了几种典型 LED 电流值对应的 R_{ISET} 阻值。

PWM 调光

AW9636 支持 PWM 调光模式，通过调整 EN 引脚 PWM 信号的占空比，实现 LED 亮度的全范围可调。AW9636 支持的调光频率高达 50KHz。

效率

AW9636 有两种工作模式，不同的工作模式对应不同的效率评估方法，下面是两种工作模式下的效率评估方法。

1 倍工作模式下的效率

AW9636 在 1 倍工作模式下的效率按下式计算：

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times I_{IN}} \approx \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times I_{OUT}} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

以 LED 的导通压降为 3.2V（21mA）为例，AW9636 工作在 1 倍工作模式，电源电压 3.68V，此时的效率可达到 95%左右。

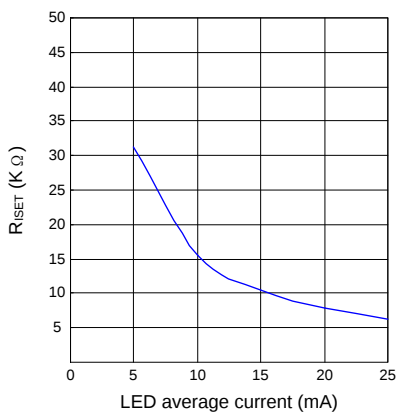


图 7 LED 电流与电流设定电阻关系曲线

表 2: 电流设定电阻 R_{ISET} 的选取

I _{LED} (mA)	R _{ISET} (KΩ)	最接近 R _{ISET} 的标准值 (KΩ)
5	31.6	30
10	15.8	16
15	10.53	10
20	7.9	7.5
25	6.32	6.2

2 倍工作模式下的效率

AW9636 的 2 倍工作模式即 2 倍电荷泵模式，2 倍电荷泵可近似为输入电压是电源电压两倍的 LDO，这样 2 倍工作模式的效率和 1 倍工作模式的效率计算公式类似，可用下式来计算：

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times I_{IN}} \\ \approx \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{2 \times V_{IN} \times I_{OUT}} = \frac{V_{OUT}}{2 \times V_{IN}}$$

以 LED 导通压降为 3.2V（21mA）为例，电源电压为 3.0V 时的效率在 58.3%左右。

功耗

AW9636 内部最大功耗可根据下式估算：

$$P_{Dmax} = (2 \times V_{IN} - V_F) \times I_{OUT}$$

当电源电压在 2 倍切换到 1 倍的电源电压模式切换点时，芯片内部驱动管的压降最大，内部功耗也最大。必须保证该功耗小于封装所允许的最大功耗。封装所允许的最大功耗由下式估算：

$$P_{Dmax,package} = \frac{T_{Jmax} - T_A}{\theta_{JA}}$$

PCB 布图及器件布局考虑

AW9636 是一款电荷泵型 DC/DC 转换器，为了充分发挥 AW9636 的性能，PCB 布图以及器件的布局必须仔细考虑。AW9636 的 PCB 布图应严格遵守以下准则：

- 1、所有外围器件尽量靠近芯片。 C_{IN} 、 C_{OUT} 、 C_{flying} 和 R_{ISET} 分别靠近对应的 VIN、VOUT、C+、C-和 ISET 引脚。器件焊盘和芯片引脚之间应直接用同一层铜线连接，避免通过通孔用两层铜连接。

- 2、连接至 VIN 引脚的电源线要尽量宽，以减小寄生电感和寄生电阻的影响。从电池到芯片 VIN 引脚的电源线应该仔细布局并在电源线和其他连线之间用地线屏蔽。
- 3、输入电容 C_{IN} 、输出电容 C_{OUT} 和升压电容 C_{flying} 尽可能靠近芯片，同时电容焊盘和芯片对应引脚之间的连线尽量宽而短，以减小噪声和 EMI 干扰。
- 4、为了获得更好的散热性能和噪声性能，芯片的散热片、GND 引脚和 PGND 引脚必须直接连接到 PCB 的大面积铺地层，同时在散热片下面的铺地层再通过通孔连接至 PCB 的中间铺地层。

图 8 为 AW9636 的 PCB layout，可作为参考。由于 AW9636 是功率器件，PCB layout 时尤其要注意散热方面的考虑。

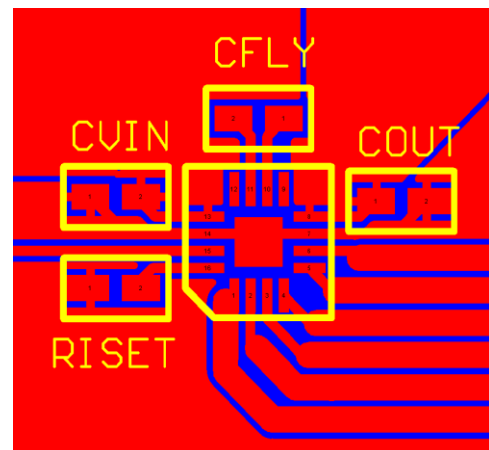
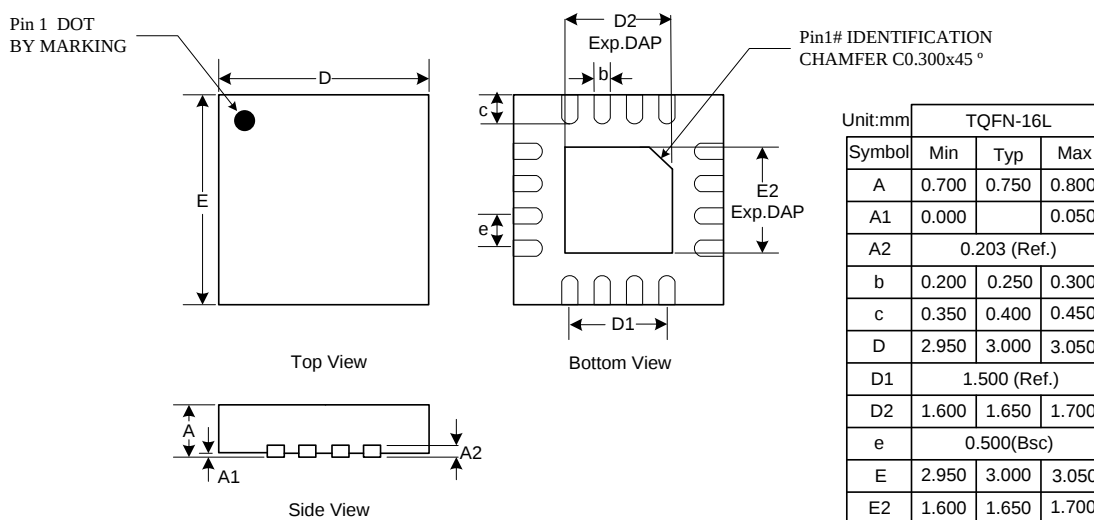
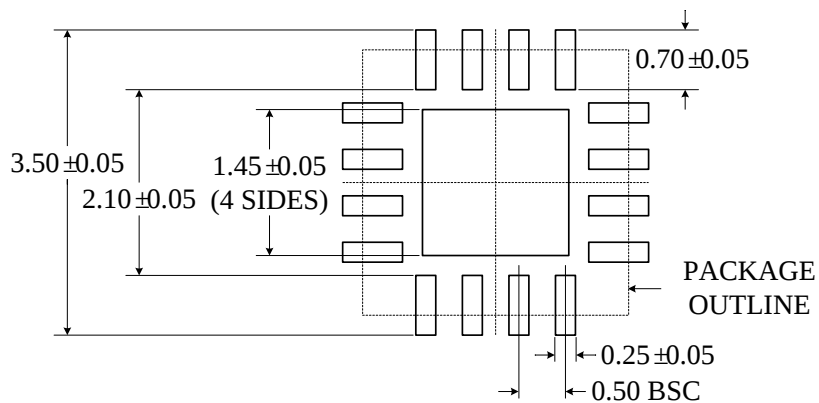


图 8 AW9636 参考 PCB layout

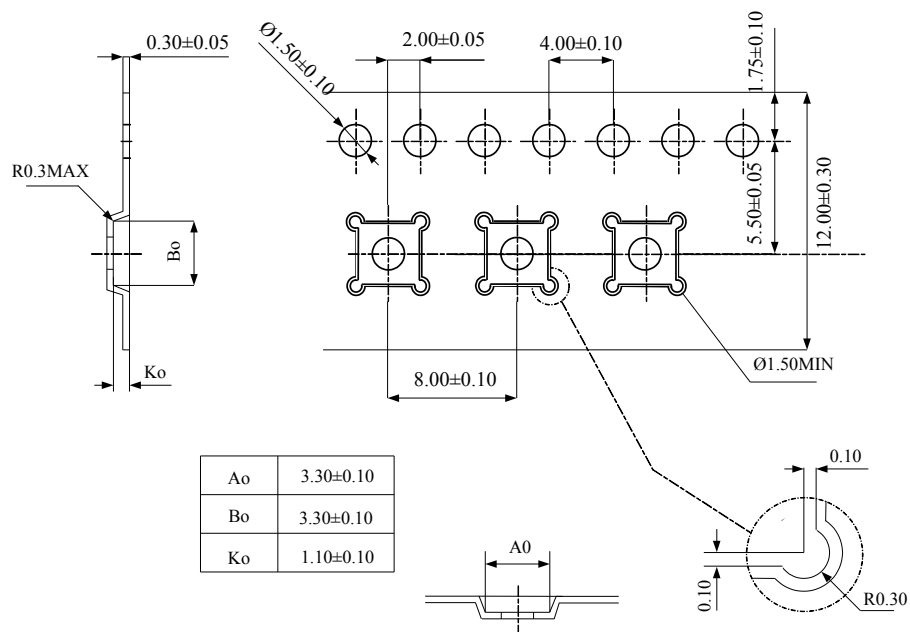
封装描述



推荐焊盘图



卷带描述



版本信息

日期	版本	更新内容
2012-9-5	V1.2	1. 更新应用信息中关于 2 倍效率的说明公式。 2. 在手册中新增加版本信息内容。
2013-6-8	V1.3	1. 修正第 11 页中电流设定的公式； 2. 第 12 页封装允许功耗公式的修正； 3. 修正手册中描述不够准确或表述不当的内容； 4. 封装从 QFN 升级为 TQFN； 5. 手册版本更新为 1.3 版。

声明：上海艾为电子技术有限公司不对本公司产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。上海艾为电子技术有限公司保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。