1.5 倍高效率电荷泵白光 LED 驱动器

■ 产品概述

LN2113 和 LN2114 是新型的基于 1.5 倍常频电荷泵的高效率低噪声 DC/DC 转换器，在输入电压从 2.7V 到 5.5V 的情况下，提供四路或六路 LED 电流输出，每路输出电流最大可达 20mA，电流匹配度高达±0.3%。在关断情况下静态电流仅有 1uA。产品体积小，外围元件少，非常适合于小型便携设备由电池供电的应用。LN2113/LN2114 具有特色的单线串行接口，用于使能、关断、32 级亮度设置，控制非常便捷。LN2113/LN2114 具有热保护功能，可承受连续的输出短路到地。内建的软启电路能避免启动时突然涌入过大的电流。

■ 用途

- LCD 背光
- 蜂窝电话
- MP3/MP4 播放器
- PDA、笔记本电脑
- 数码相机
- GPS 接收机
- 作为可调电流源

■ 产品特点

- LN2113：四路输出
- LN2114：六路输出
- 每路最大 20mA 输出电流
- 32 级对数亮度控制
- 单线串行接口控制
- 低噪声固定频率 1.5 倍电荷泵
- 高精度亮度匹配
- 可调输出电流
- 600KHz 开关频率
- 关断时 IQ<1μA
- 温度范围-40℃至 85℃
- 无需电感
- 电压范围 2.7V 至 5.5V
- 自动软启动

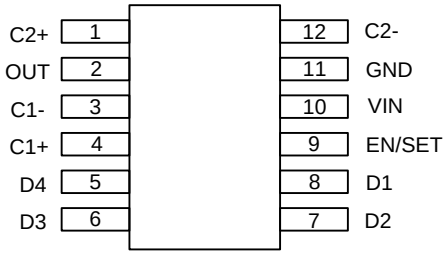
■ 封装

- TSOPJW-12 (LN2113)
- QFN4×4-16 (LN2114)

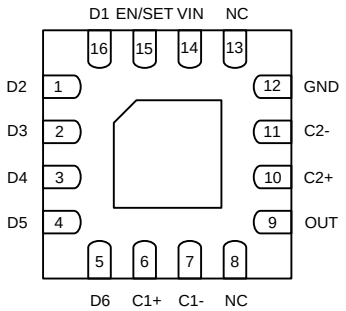
■ 订购信息

封装	型号	说明
QFN4×4-16	LN2114-20-6	六路输出，每路 20mA
TSOPJW-12	LN2113-20-4	四路输出，每路 20mA

■ 引脚排列



LN2113(TSOPJW-12)

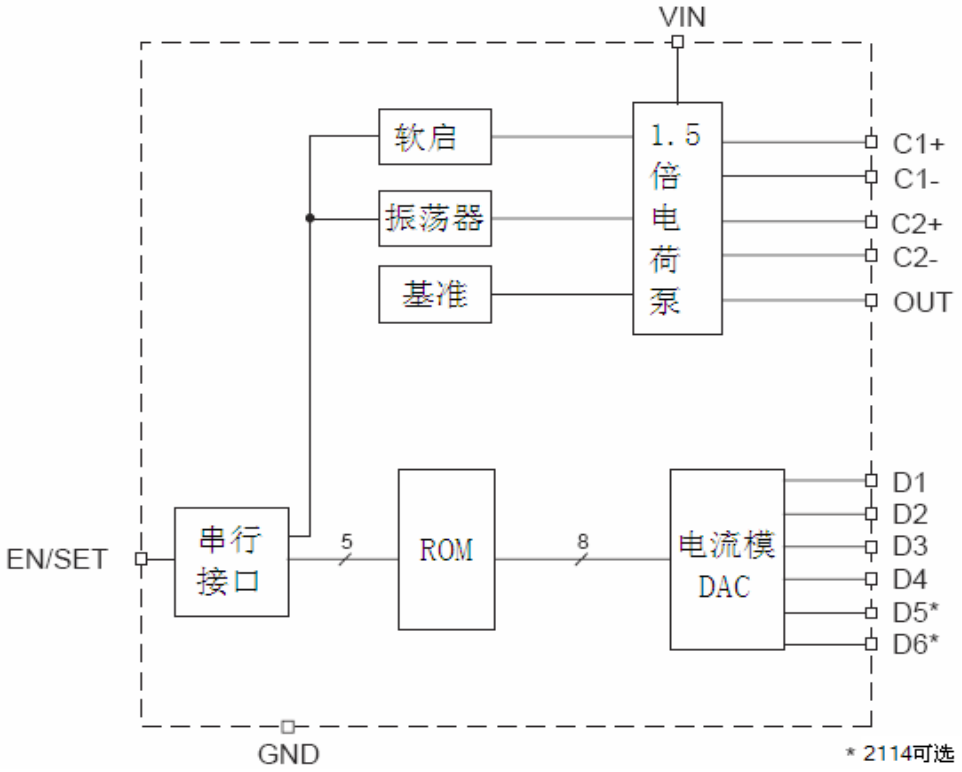


LN2114(QFN4*4-16)

■ 引脚功能描述

引脚		名称	功能
QFN4×4-16	TSOPJW-12		
1	7	D2	电流源输出
2	6	D3	电流源输出
3	5	D4	电流源输出
4	N/A	D5	电流源输出（2114可选）
5	N/A	D6	电流源输出（2114可选）
6	4	C1+	飞电容1正端
7	3	C1-	飞电容1负端
8	N/A	NC	空
9	2	OUT	电荷泵输出，外接1uF旁路电容到地。
10	1	C2+	飞电容2正端
11	12	C2-	飞电容2负端
12	11	GND	地
13	N/A	NC	空
14	10	VIN	电源输入，外接1uF旁路电容到地
15	9	EN/SET	控制端口，串行接口输入端
16	8	D1	电流源输出1
EP	—		底部暴露端，连接到地

■ 功能框图



■ 绝对最大额定值

项目	符号	绝对最大额定值	单位
输入电压	V_{IN}	-0.3～6.0	V
输出电压	V_{OUT}	-0.3～6.0	
EN/SET端电压	$V_{EN/SET}$	-0.3～6.0	
EN/SET端对VIN端电压	V	0.3	
最大输出电流DC (I_{OUT}和D电流之和)	I_{OUT}	150	mA
结温	θ_{JA}	37	℃/W
工作环境温度	Topr	-40～＋150	℃
保存温度	Tstg	-55～＋125	
引脚温度（锡焊，10 秒）	Tlead	300	

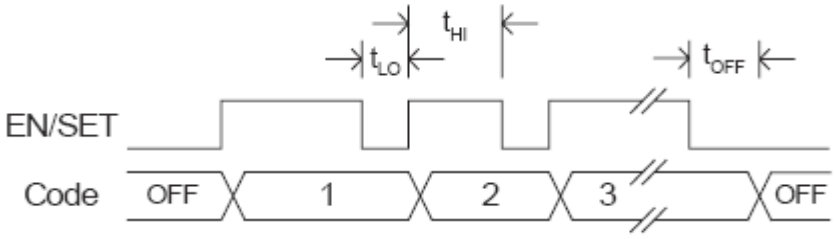
注意： 绝对最大额定值是指在任何条件下都不能超过的额定值。万一超过此额定值，有可能造成产品劣化等物理性损伤。

■ 电学特性参数

(TA=25℃ unless otherwise noted)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压范围	V_{IN}		2.7		5.5	V
关断电流	I_{SHDN}	EN=0			1	μA
工作电流	I_{CC}	有效并且无负载		1	2	mA
输出电流	I_{DX}	2113：3.0<VIN<5.5 最大输出	18	20	22	mA
		2114：3.2<VIN<5.5 最大输出				
线性调整度	$\triangle I_D/\triangle V_{IN}$	3.0<VIN<5.5	-2		2	%/V
转换效率	η	VIN=3.5,IOUT(total)=40mA		93		%
电流匹配	$I_{D-MATCH}$	VD1:Dn=3.6,VIN=3.3v		0.3		%
电荷泵						
软启时间	t_{SS}			400		μs
开关频率	F_{CLK}		300	600	900	KHz
EN/SET						
使能最低阈值	$V_{EN(L)}$	VIN=2.7～5.5v			0.5	V
使能最高阈值	$V_{EN(H)}$	VIN=2.7～5.5v	1.4			V
低电平时间	t_{LO}		0.3		75	μs
最短高电平时间	t_{HI}			50		ns
EN/SET 关断时间	t_{OFF}			300	500	μs
输入漏电流	$I_{Leakage}$		-1		1	uA

■ 接口时序



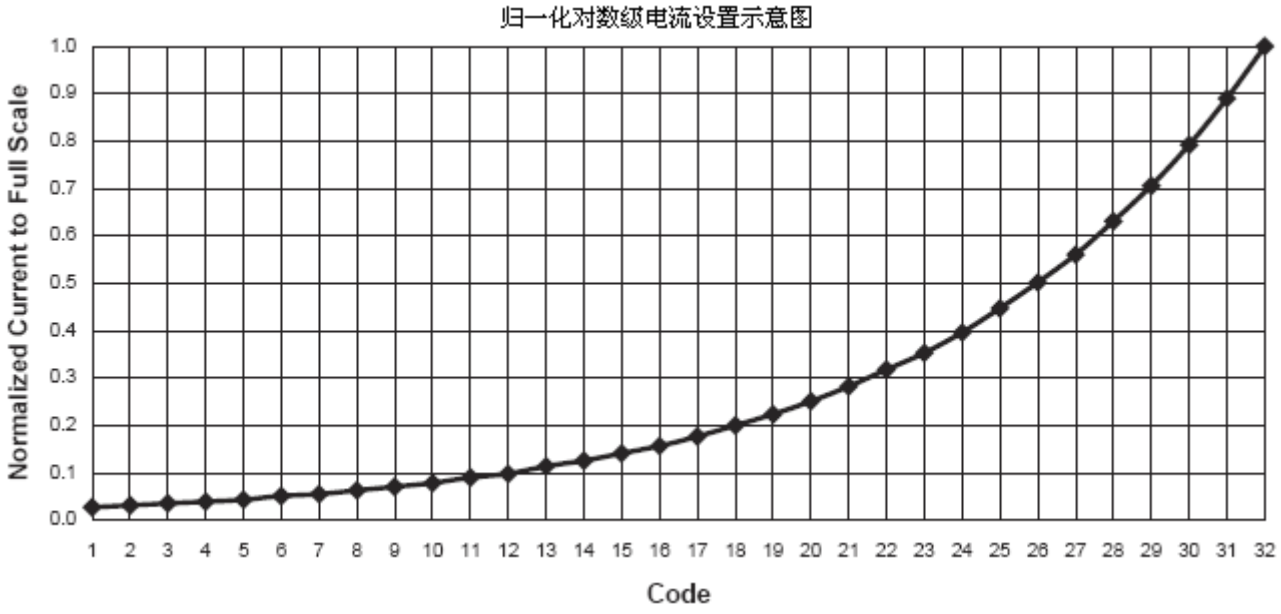
LN2113/LN2114 接口时序

■ 电流设置

对数级电流设置表

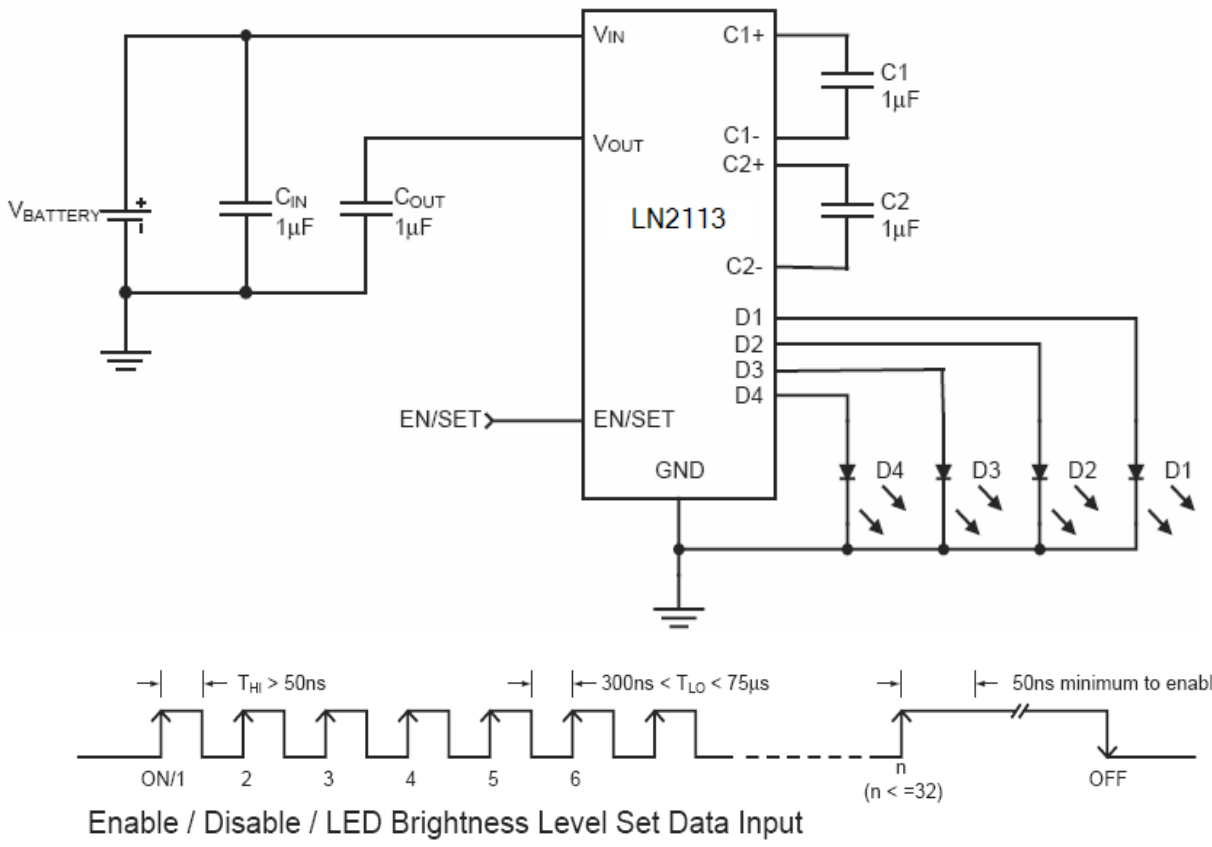
Code	20mA max
1	0.549
2	0.627
3	0.706
4	0.784
5	0.863
6	1.020
7	1.098
8	1.255
9	1.412
10	1.569
11	1.804
12	1.961
13	2.275
14	2.510
15	2.824
16	3.137

Code	20mA max
17	3.529
18	4.000
19	4.471
20	5.020
21	5.647
22	6.353
23	7.059
24	7.922
25	8.941
26	10.039
27	11.216
28	12.627
29	14.118
30	15.843
31	17.804
32	20.000



■ 典型应用电路

- 典型的 **LN2113/LN2114** 的应用电路如下图所示：

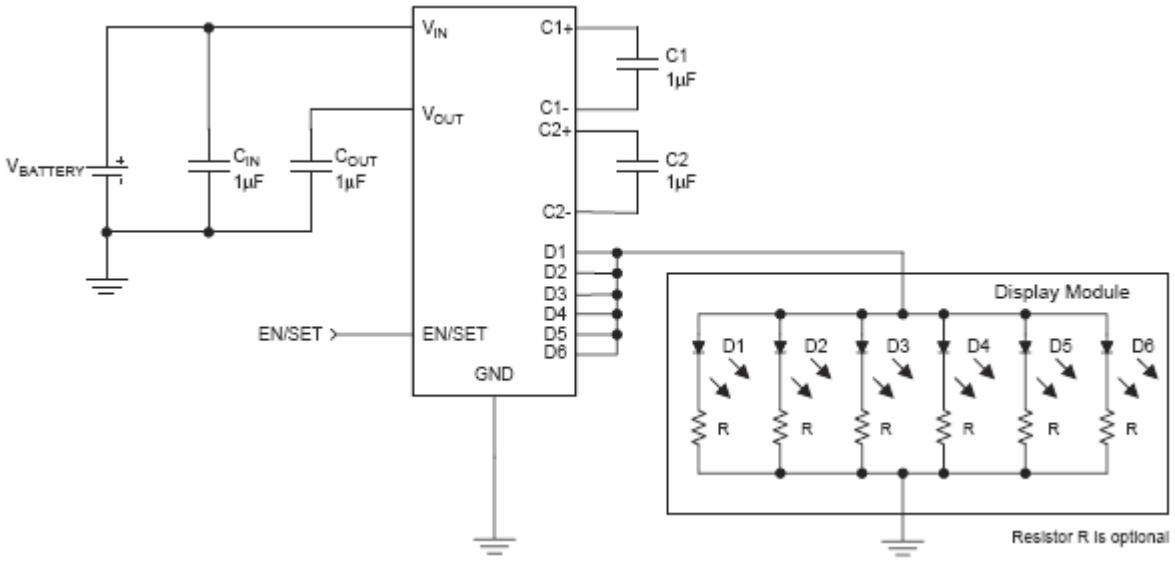


LN2113 典型应用电路

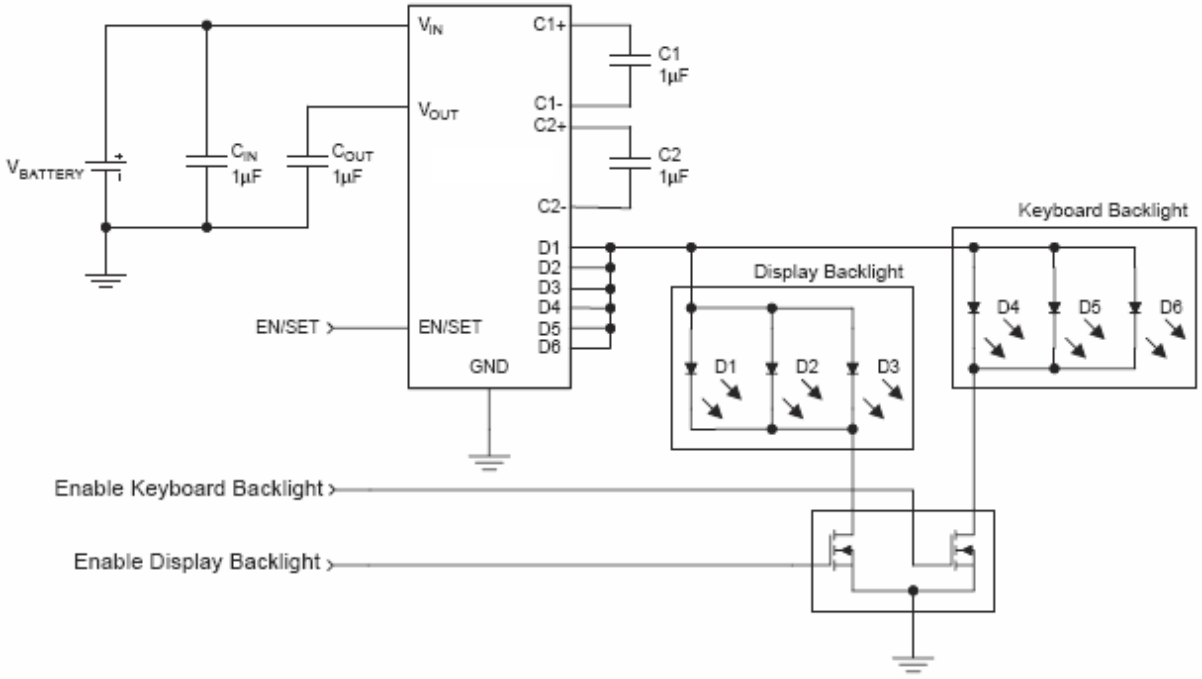
- **驱动白光 LED 背光模块和并联 LED 接法：**

LN2113/LN2114 是真正的电流源输出，并且在输入电压范围内都能提供高达 20mA 的电流，所以 D1~D6 可以任意的并联连接，用来驱动其他的功率输出。最大的输出电流就是并联个数乘以 20mA。这个特性对现成的 LED 背光模块特别适用，因为这些模块在制造时内部已经将线连接在一起。所有的输出都可以并联驱动一组 LED，因而 LN2113/LN2114 可以同时驱动多个模块。

LN2113/LN2114 内部通过检测 D1 的反馈电流作为参考，所以在并联驱动的应用中，较好的方法是保证 D1 能一直有负载连接。



LN2114 驱动背光模块的应用电路



LN2114 驱动多个模块的应用电路举例

■ 功能描述

LN2113/LN2114 是一款高效率的 1.5 倍电荷泵 DC/DC 转换器，适用于白光 LED 背光的应用。电荷泵系统由两部分：一个 LDO 后接一个 1.5 倍电荷泵组成。LN2113/LN2114 仅需要四个外部元件（陶瓷电容）：两个飞电容(1μF)、一个输入旁路电容(1μF)和一个输出旁路电容(0.33μF～1μF)。电荷泵的输出被转换成恒定电流源输出，用来驱动四或六路 LED，每路最大电流可达 20mA。电流源输出的电流大小由串行接口 EN/SET 来设置。串口记录下由 EN/SET 输入的上升沿的个数，然后把输出电流设置成 32 级不同的电流，每级相差 1dB，参见“表 3 对数级电流设置表”。第 32 级是满刻度输出（20mA），第 1 级则是降低了 31dB 的电流。第一个上升沿将芯片唤醒并设置输出电流为最低亮度（约 525μA），每输入一个 EN/SET 脉冲，电流相应增加 1dB；输入 32 个脉冲后，芯片回到第一个状态。如果不是在最低亮度，而要降低 1dB 的电流则需要输入 31 个 EN/SET 脉冲。一旦输入预定的最后一个脉冲之后，EN/SET 必须保持高电平以维持当前亮度，如果低电平时间超过 500μs，芯片将自动进入休眠状态。由表 3 可以看出，电流的调节是对数级增加的，相应的，LED 的亮度则是线性增加。

EN/SET 接口采用的是简化单线串口，能适应的数据速率范围非常宽。第一个上升沿之后，电荷泵开始工作，并在软启时间过后到达最大驱动能力。在软启过程中，可以按照预定的亮度输入多个时钟脉冲，软启结束就能达到设定亮度。或者在任何时候，逐个输入 EN/SET 脉冲来增加亮度。只要 EN/SET 保持为逻辑高电平，输出就是稳定的电流源。当 EN/SET 保持低电平时间超过 t_{OFF} 时间，电流源输出就会被关断。接口时序见图。

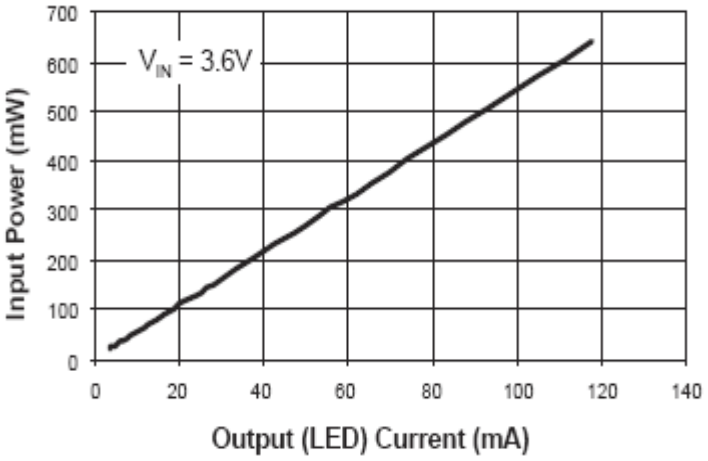
LED 的选择：LN2113/LN2114 是设计作为白光 LED 的驱动的，要求 LED 正向导通电压小于 4.2v。因为 D1～D6 的输出电流源是匹配的，跟电压关系不大，所以 LED 亮度的匹配度跟 LED 的导通电压差几乎没有关系。不过建议采用同一批次的 LED 会更好。

电荷泵的效率：LN2113/LN2114 采用的是小数倍(1.5X)电荷泵。理想 1.5 倍电荷泵的效率定义为输出功率对输入功率的比值。而且，认为输出电流是输入电流的 2/3。所以效率的表达式可以表示为

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times I_{IN}} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times 1.5 I_{OUT}} = \frac{V_{OUT}}{1.5 V_{IN}} \quad \text{或者} \quad \eta(\%) = 100\left(\frac{V_{OUT}}{1.5 V_{IN}}\right)$$

比如一个电荷泵在输入为 3.5v 时输出为 5.0v，理论上这个电荷泵的效率是 95%。因为存在内部开关损耗和静态电流，实际上效率约为 93%。当电流小于 0.05mA 或者输入电压 Vin 跟输出电压 Vout 相近的时候，电荷泵的效率是比较低的。

电源效率和器件评价：上面讨论的是纯粹的电荷泵效率。因为 LN2113/LN2114 采用的独特结构（LDO＋Charge Pump），实际上很难准确的用公式来表达器件的效率。而且因为输出的 D1~D6 是纯粹的常数电流源，很难计算电流源的效率。比如在应用中，各个 LED 的导通电压是不一样的，然而电流则是相同的，要定量比较它与其他电路结构的优劣很难。一种更好的方法是观察在给定的输出 LED 电流下，输入的总功率。比如 LN2114 的输入功率和输出电流的比较：



输入功率 VS.输出电流

一个好的白光 LED 驱动器，应该从器件体积、外围元件数量、可靠性、工作范围和总能耗等来衡量，不能简单的用百分比效率来评价。

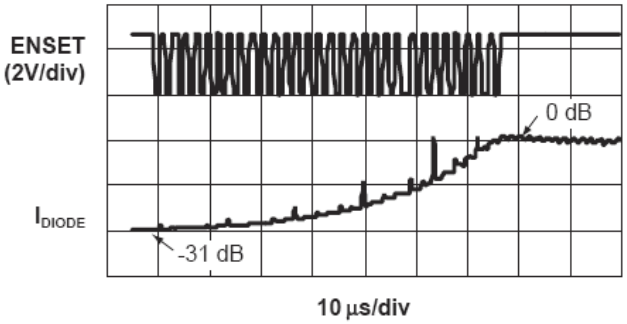
电容的选择：选择合适的四个电容 C1、C2、Cin、Cout 是相当重要的，因为会影响到启动时间、输出纹波、动态效率等。采用低 ESR（<100mΩ ）的陶瓷电容会得到较好的性能。一般情况下，四个 1μF 大小的电容是不错的选择，如果要驱动的 LED 电流是很小的情况，可以适当减小电容值。

只要和 LN2113/LN2114 连接的电容（特别是飞电容），强烈建议采用陶瓷电容，因为陶瓷电容相比钽电容和铝质电解电容有很多优势。陶瓷电容没有极性，体积小，低 ESR 电阻，低成本。低 ESR 的陶瓷电容能最大的提升电荷泵的瞬态性能，没有极性的特点也避免了错误连接造成芯片损害。

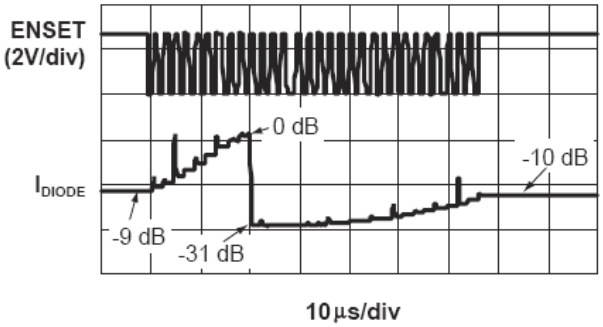
■ 典型特性曲线

除非特别说明，以下条件均为 VIN=3.5v,Cin=Cout=C1=C2=1uF,TA=25℃

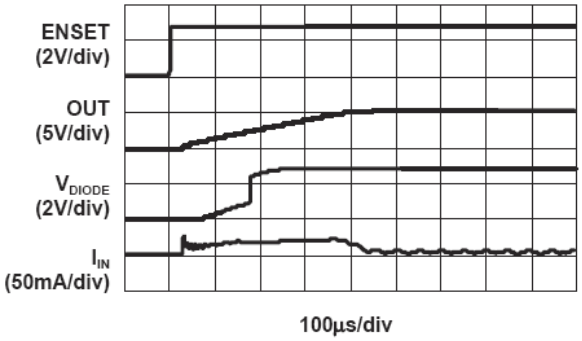
I_{DIODE} Response
-31dB to 0dB



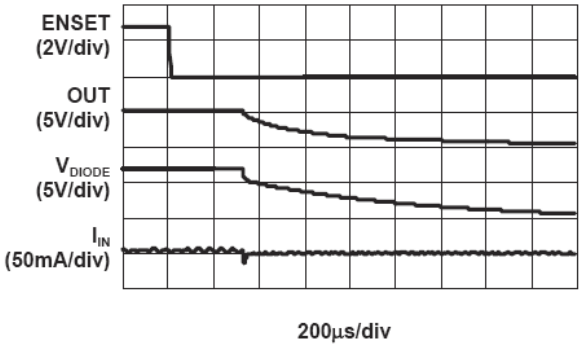
I_{DIODE} Response
-9dB to -10dB



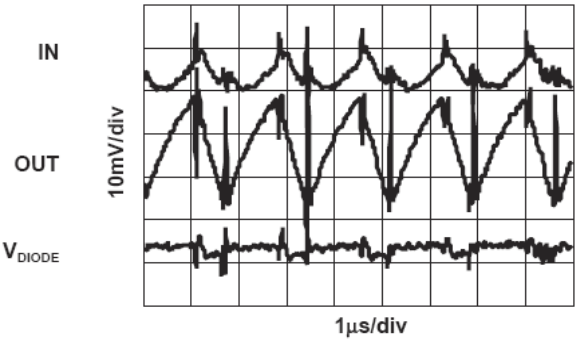
Turn-On



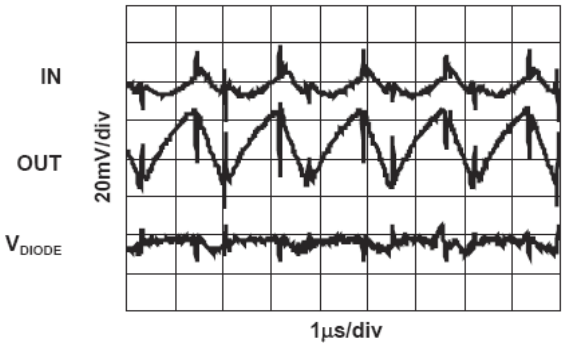
Turn-Off



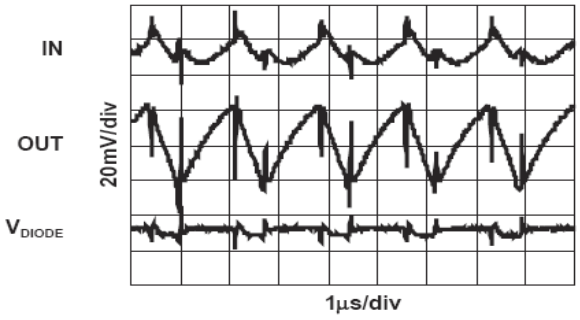
40mA Load Characteristics



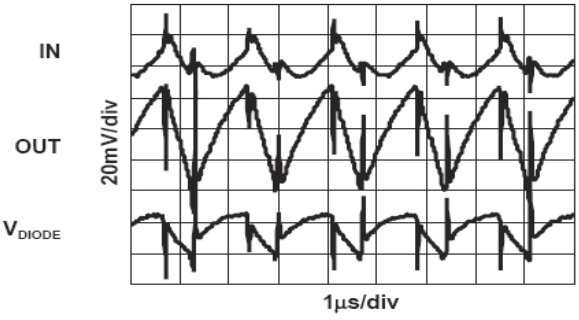
60mA Load Characteristics



80mA Load Characteristics

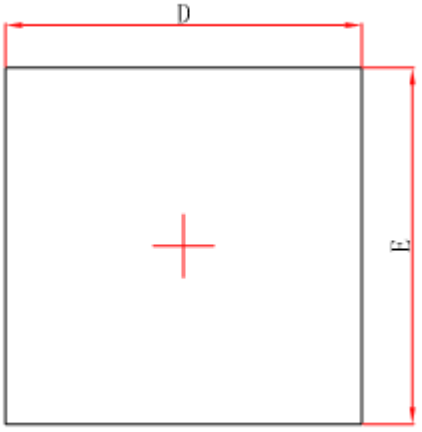


120mA Load Characteristics

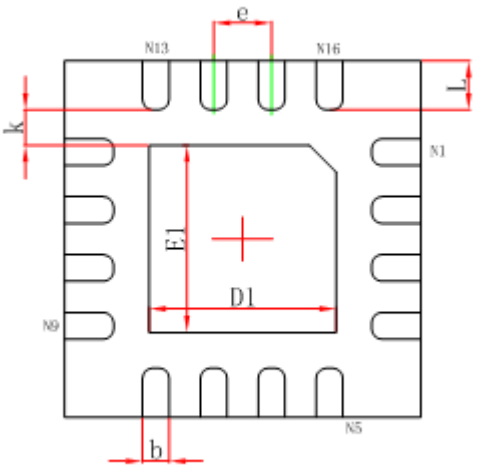


■ 封装信息

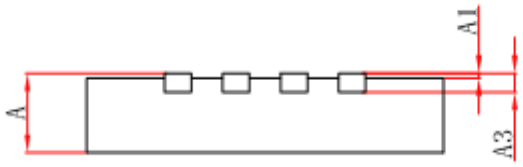
- **QFN4×4-16**



Top View



Bottom View

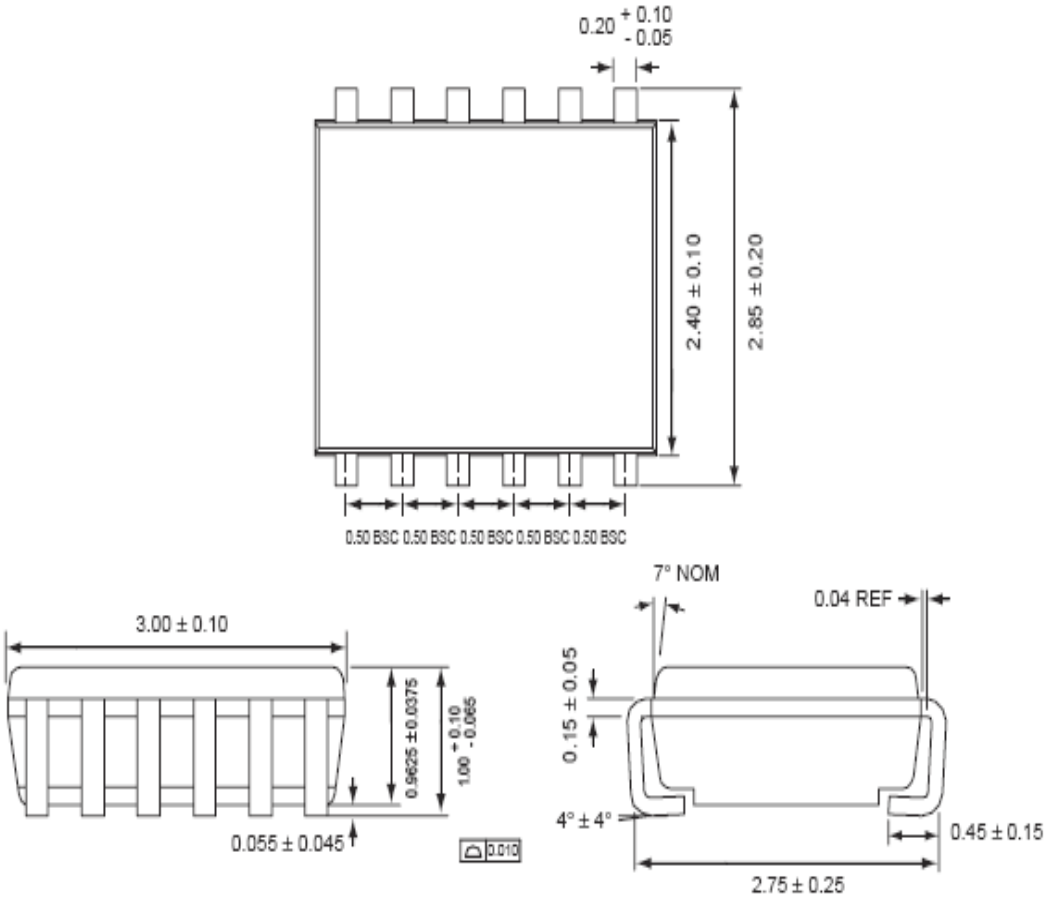


Side View

Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	0.700/0.800	0.800/0.900	0.028/0.031	0.031/0.035
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.203REF.		0.008REF.	
D	3.900	4.100	0.154	0.161
E	3.900	4.100	0.154	0.161
D1	2.000	2.200	0.079	0.087
E1	2.000	2.200	0.079	0.087
k	0.200MIN.		0.008MIN.	
b	0.250	0.350	0.010	0.014
e	0.650TYP.		0.026TYP.	
L	0.450	0.650	0.018	0.026

- **TSOPJW-12**

TSOPJW-12


0.20 +0.10 -0.05
2.40 ± 0.10
2.85 ± 0.20
0.50 BSC 0.50 BSC 0.50 BSC 0.50 BSC 0.50 BSC 0.50 BSC
3.00 ± 0.10
0.9625 ± 0.0375
1.00 +0.10 -0.065
0.055 ± 0.045
0.10
7° NOM
0.04 REF
0.15 ± 0.05
4° ± 4°
0.45 ± 0.15
2.75 ± 0.25