

# LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器

## 特点

- 输出电流：500mA
- 无需外接电感
- 输入电压范围：2.7V~5.5V
- 可调整的输出电压范围：0.9V~1.6V
- 2-相，频率扩展功能，降低输入输出噪声
- Super Burst, Burst 和 Burst Defeat 工作模式
- 低工作电流： $I_{IN} \leq 60\mu A$  (Burst 模式)
- Super Burst 模式工作电流： $I_{IN} \leq 15\mu A$
- 低关态电流： $I_{IN} \leq 1\mu A$
- 软起动限制浪涌电流
- DIP14 封装
- GJB597A-1996 规定的 B 级

## 应用

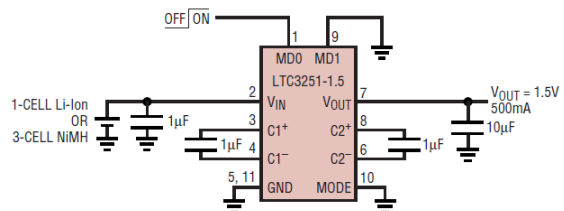
- 手持设备
- 数码相机
- 便携式媒体播放器
- DSP 电源

## 简述

LTC3251 是一种多模式供电的高效无外接电感电源管理电路。主要包括控制供电模式的数字主控电路、向各模拟电路模块提供电压参考、电流参考的带隙基准电路、1.3MHz 振荡器、迟滞比较器、高速电流放大器、NMOS 功率开关阵列及其驱动电路。

无需外接电感、高效的供电特点，使 LTC3251 适合于低压、节能、中低电流驱动能力的应用场合，特别是适用于不适合使用电感的电磁环境应用。为提高转换效率，当所需驱动电流小于 40mA 时，用户可将 LTC3251 设置为超突发工作模式；当所需驱动能力大于 40mA 时，可将其设置为扩展频谱工作模式或连续工作模式。另外，根据该电路工作原理可知，保证其正常工作的前提是：输入电压必须大于等于所设置输出电压的 2 倍。

## 典型应用



# LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器

## 绝对最大额定值

电源电压( $V_{IN}$ ).....	-0.3V ~ 6V
开关模式输入电压 ( $V_{MD0}$ 、 $V_{MD1}$ ).....	-0.3V ~ ( $V_{IN} + 0.3V$ )
反馈输入电压( $V_{FB}$ ).....	-0.3V ~ ( $V_{IN} + 0.3V$ )
输出电流( $I_{OUT}$ ) .....	650mA
储存温度范围( $T_{stg}$ ).....	-65°C ~ 150°C
耐焊接温度( $T_h$ )(10s).....	300°C
结 温( $T_j$ ).....	150°C
热 阻 .....	28°C/W

## 推荐工作条件

工作电源电压范围 ( $V_{IN}$ ) .....	$3.6 \times (1 \pm 5\%) V$
开关模式输入高电平电压 ( $V_{MD0H}$ 、 $V_{MD1H}$ ).....	1.2V ~ $V_{IN}$
开关模式输入低电平电压 ( $V_{MD0L}$ 、 $V_{MD1L}$ ).....	0V ~ 0.4V
工作温度范围 ( $T_A$ ) .....	-55°C ~ 125°C

## 电特性

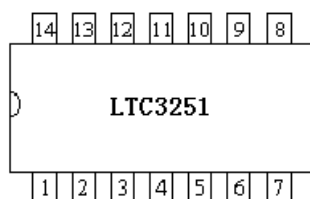
除另有规定外，测试条件如下： $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$ ， $V_{IN} = 3.6 \times (1 \pm 5\%) V$ ， $C1 = C2 = 1 \mu\text{F}$ ， $C_{IN} = 1 \mu\text{F}$ ， $C_{OUT} = 10 \mu\text{F}$ ， $V_{OUT} = 1.5V$ ，所有电容均为陶瓷电容。

参数名称	符号	测试条件	极限值		单位
			最小	最大	
工作电流	$I_{IN}$	连续模式: $I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $V_{MD0} = 0V$ , $V_{MD1} = V_{IN}$	-	5	mA
		突发模式: $I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $V_{MD0} = V_{IN}$ , $V_{MD1} = 0V$	-	60	$\mu\text{A}$
		超突发模式: $I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $V_{MD0} = V_{IN}$ , $V_{MD1} = V_{IN}$	-	15	$\mu\text{A}$
		关断模式: $V_{MD0} = 0V$ , $V_{MD1} = 0V$	-	1	$\mu\text{A}$
调整电压	$V_{FB}$	$I_{OUT} = 0\text{mA}$ , $2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$	0.75	0.85	V
输出电流	$I_{OUT}$	连续模式: $V_{MD0} = 0V$ , $V_{MD1} = V_{IN}$ 或 $V_{MD0} = V_{IN}$ , $V_{MD1} = 0V$	450	-	mA
		超突发模式: $V_{MD0} = V_{IN}$ , $V_{MD1} = V_{IN}$	36	-	mA
负载调整率	$\Delta V_{LOLD}$	$0\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 500\text{mA}$ , FB为参考端, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	0.45	mV/mA

## LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器

参数名称	符号	测试条件	极限值		单位
			最小	最大	
线性调整率	$\angle V_{LINE}$	$I_{OUT}=500mA, 2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V,$ $T_A=25^\circ C$	-	2	%/V
MD0、MD1 端 输入高电平电流	$I_{MDH}$	$V_{MD0}=V_{IN}, V_{MD1}=V_{IN}$	-1	1	$\mu A$
MD0、MD1 端 输入低电平电流	$I_{MDL}$	$V_{MD0}=0V, V_{MD1}=0V$	-1	1	$\mu A$
MD0、MD1 端 输入高电平电压	$V_{MDH}$	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$	--	1.2	V
MD0、MD1 端 输入低电平电压	$V_{MDL}$	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$	0.4	-	V
FB 端输入电流	$I_{FB}$	$V_{FB}=0.85V$	-50	50	nA
扩展频谱最高频率	$F_{MIN}$		0.5	-	MHz
扩展频谱最低频率	$f_{MAX}$		-	2	MHz
开启时间	$t_S$	$R_O=3\Omega, T_A=25^\circ C$	-	4	mS
开环输出阻抗	$R_O$	$V_{IN}=3V, I_{OUT}=200mA$	-	1.5	$\Omega$

### 引脚描述



(顶视图)

### LTC3251 引出端功能

引出端序号	符号	名称	引出端序号	符号	名称
1	NC	悬空	8	NC	悬空
2	MD0	开关模式输入端	9	C2 <sup>-</sup>	串联电容 2 负端
3	V <sub>IN</sub>	电源电压输入端	10	V <sub>OUT</sub>	调整电压输出端
4	C1 <sup>+</sup>	串联电容 1 正端	11	C2 <sup>+</sup>	串联电容 2 正端
5	C1 <sup>-</sup>	串联电容 1 负端	12	MD1	开关模式输入端
6	GND	地端	13	FB	反馈输入端
7	GND	地端	14	NC	悬空

# LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器

## 引脚功能

- NC (引脚 1、8、14)  
悬空。
- MD0 (引脚 2) /MD1 (引脚 12)  
开关模式输入端，用于设置 LTC3251 的工作模式。工作模式如下表所示：

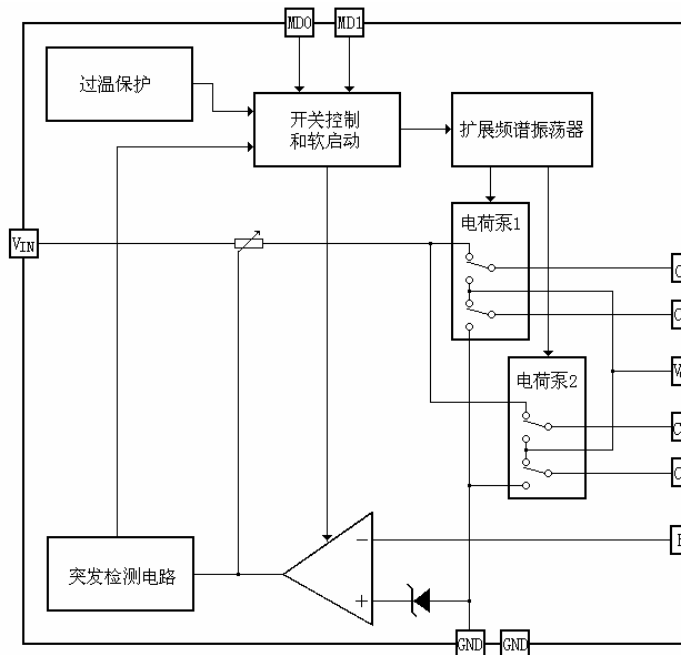
MD1	MD0	工作模式
0	0	关断模式
0	1	Burst 扩频模式
1	0	连续扩频模式
1	1	Super Burst 模式

MD0 和 MD1 为高阻 CMOS 输入，不允许悬浮。

- $V_{IN}$  (引脚 3)  
电源电压输入引脚。

- $C1^+$  (引脚 4)  
串联电容 1 正端。
- $C1^-$  (引脚 5)  
串联电容 1 负端。
- GND (引脚 6、7)  
地。
- $C2^-$  (引脚 9)  
串联电容 2 负端。
- $V_{OUT}$  (引脚 10)  
可调电压输出端
- $C2^+$  (引脚 11)  
串联电容 2 正端。
- FB (引脚 13)  
反馈输入端，输出电压通过  $V_{OUT}$  端电阻网络进行设置。

## 功能框图



# LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器

## 工作原理

LTC3251 采用双相开关电容电荷泵,将输入电压  $V_{IN}$  转换为可调输出电压。通过外部的电阻分压器检测输出电压,并基于误差信号调整电荷泵输出电流,从而实现调制输出的目的。一个双相无重叠时钟驱动两个电荷泵。两个电荷泵并行、异相工作。第一个时钟相位期间,借助于电荷泵 1 的开关,电流从  $V_{IN}$  经过外部的快速电容 1 传输到  $V_{OUT}$ 。在此期间,不仅电流传输到  $V_{OUT}$ ,而且快速电容也被充电。在第二个时钟相位期间,快速电容 1 被连接到  $V_{OUT}$  与地之间,并且通过电荷泵 1 的转换把第一个时钟相位期间存储的电荷转移到  $V_{OUT}$ 。电荷泵 2 以相同的方式在上述的时钟周期内反相工作。由于  $V_{IN}$  和  $V_{OUT}$  之间稳定的电荷转移,这种双相结构实现了极低的输入和输出噪声。

由于只有一半的输出电流来自  $V_{IN}$ ,因此这种开关方式相对于传统 LDO 实现了双倍的效率。内部频率扩展振荡器可以在 1MHz 到 1.6MHz 之间任意切换频率,设置快速电容的充放电速率。即使在轻载情况下,该器件仍然有两种用以提高效率的低电流 Burst 模式。

在关断模式下, LTC3251 所有的电路都被关断,  $V_{OUT}$  和  $V_{IN}$  完全断开,只有极小的漏电流消耗。MD0 和 MD1 是阈值电压约为 0.8V 的 CMOS 输入引脚,可实现低电平逻辑控制。

### ● 短路/过热保护

LTC3251 内部具有短路保护和过热保护功能。在短路保护条件下,内部电路自动地把输出电流限制在 800mA 左右。

当温度过高或者由于内部功耗导致芯片过热(例如输出短路),使得结温超过 160°C 时,热保护电路会关闭电荷泵。当结温降到 150°C 以下时,电荷泵将被再次重启。在过应力条件消失前, LTC3251 将按照上述过程一直循环下去,且不会出现锁定或损坏。应避免在过应力条件 ( $I_{OUT} > 650\text{mA}$  或者  $T_J > 125^\circ\text{C}$ ) 下长时间运行,不然会使器件性能衰退或者寿命缩减。

### ● 软起动

LTC3251 内部具有软启动电路,以防止启动期间  $V_{IN}$  引脚电流过大。在约 500 $\mu\text{s}$  的软启动过程中存储到输出电容的电荷数量线性增加。无论何时,当器件脱离关断模式后即开始软启动,并在稳压器达到稳压条件后被禁止。

### ● 扩频模式

开关稳压器很容易受到电磁干扰 (EMI) 的影响。在大部分情况下,开关稳压器工作频率是固定的或与负载相关的,这种工作方式会产生较大的基频噪声和谐波噪声。传统的降压变换器工作方式及噪声谱如图 1 所示。

# LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器

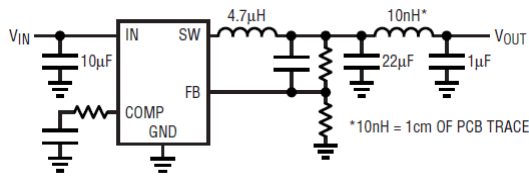


图 1a 传统降压型开关变换器

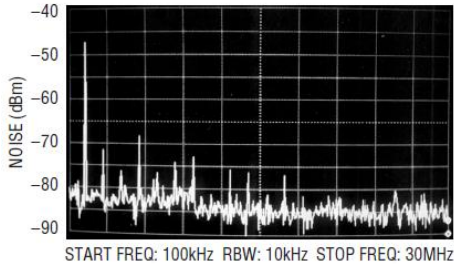


图 1b 传统降压型开关变换器

输出噪声谱 ( $C_{OUT}=22\mu\text{F}$ ,  $I_O=500\text{mA}$ )

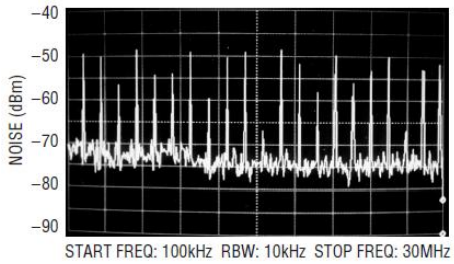


图 1c 传统降压型开关变换器

输出噪声谱 ( $C_{OUT}=10\mu\text{F}$ ,  $I_O=500\text{mA}$ )

和传统降压型变换器不同，LTC3251 内部振荡器设计为可在 1MHz 与 1.6MHz 之间逐周期地产生任意频率的时钟脉冲。这样有助于在很宽的频率范围内扩展开关噪声，因此可以有效地降低噪声峰值。LTC3251 工作方式及其噪声谱如图 2 所示。应当注意的是，扩频模式只在“连续”工作模式或输出电流大于 500mA 的 Burst 模式下有效。

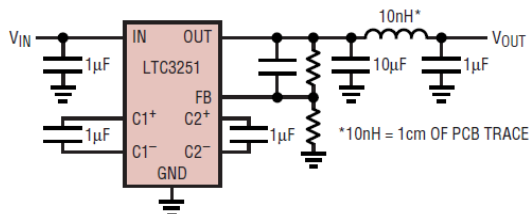


图 2a LTC3251 型降压变换器

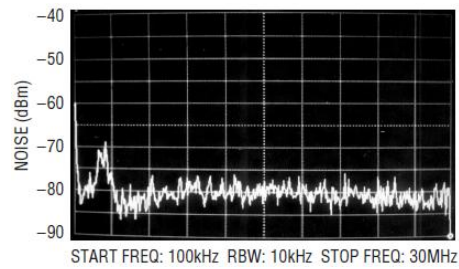


图 2b LTC3251 型降压变换器

输出噪声谱 ( $C_{OUT}=10\mu\text{F}$ ,  $I_O=500\text{mA}$ )

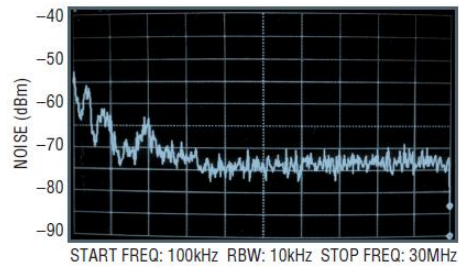


图 2c LTC3251 型降压变换器

输出噪声谱 ( $C_{OUT}=1\mu\text{F}$ ,  $I_O=500\text{mA}$ )

## ● 低电流 Burst 模式

LTC3251 提供了一种在低输出电流下提高效率的模式，即 Burst 模式。一个输出电流传感器用以检测所需输出电流是否低于内部设定的门限电流（通常为 50mA）。当上述情况发生时，芯片将关断内部振荡器，进入并维持低电流工作状态，直到输出电压下降到足够低，需要重新提供电流为止。一旦输出电流超过 50mA，器件将进入连续模式。

## ● 超低电流 Super Burst 模式

LTC3251 提供了 Super Burst 工作模式。该模式和 Burst 模式相似，但为进一步降低功耗，其关断了更多的内部电路。此模式下，用一个内部的迟滞比较器控制电荷传输，LTC3251 可传输 40mA 的电流，但不能切换到连续工作模式。

## 应用信息

### ● $V_{OUT}$ 输出电容选择

LTC3251 所用的电容类型和电容值将影响多个重要参数，如控制环路的稳定性、输出纹波和电荷泵性能。

LTC3251 的双相特性能够有效地减小输出噪声，但不能完全消除。输出纹波与  $C_{OUT}$  的值直接相关，输出纹波的降低正比于  $C_{OUT}$  的容值增量。输出噪声主要受  $C_{OUT}$  的等效输出电阻影响。器件在时钟相位之间转换状态时总有一个时间段内所有开关处于关断状态（“空白时间”），这时输出电压会产生一个尖峰，其为输出电流与  $C_{OUT}$  等效串联阻抗（ESR）乘积的函数。为了降低输出噪声和纹波，建议选用一个低 ESR 的陶瓷电容用作  $C_{OUT}$ ，不推荐使用 ESR 较大的钽电容和铝电容。

$C_{OUT}$  的类型和容值会显著影响 LTC3251 的稳定性。LTC3251 使用一个控制环路，通过调节电荷泵性能来匹配相应的输出电流。环路的误差信号直接存储在输出电荷存储电容内，因此电荷存储电容器在环路控制中起重要作用。所需的输出电压同样影响稳定性，随着分压电阻（ $R_A/R_B$ ）比值下降，有效闭环增益增大，因此需要一个更大的输出电容。

同样地，输出电容过大的 ESR 也会使环路稳定性下降。LTC3251 闭环输出阻抗可通过下式估算：

$$R_O = 0.045\Omega \cdot \frac{V_{OUT}}{0.8V}$$

例如，1.5V 输出电压的  $R_O$  就是

0.085 $\Omega$ ，对于 500mA 的负载电流将产生约 40mV 的输出变化量。为稳定或优化负载瞬态响应，应将输出电容 ESR 控制在 0.08 $\Omega$  以下。选用陶瓷电容，并结合合理的 PCB 板布线，应能实现优良的稳定性和负载瞬态特性。

### ● $V_{IN}$ 输入电容选择

与传统的电荷泵调整器相比，LTC3251 双相结构对输入噪声的滤波需求不那么强烈。输入电流约  $I_{OUT}/2$ ，且应保持连续。 $V_{OUT}$  部分提到的“空白时间”对输入也有影响。出于这个原因，推荐使用 ESR 较小的 1 $\mu$ F 电容（最小 0.4 $\mu$ F）或者更大的陶瓷电容作为  $C_{IN}$ 。

当电源阻抗较高时，输出瞬变会造成明显的输入瞬变。这些输入瞬变反馈到输出将减缓输出瞬变的恢复速度，并增大过冲量和输出阻抗。上述效应一般可以通过选用低阻抗电源和较短的电源引线来避免。如果这个方法满足不了，推荐选用一个 4.7 $\mu$ F 的输入电容，不推荐使用钽电容和铝电容。

### ● 快速电容器选择

警告：LTC3251 不允许选择有极性的电容作为快速电容器，如钽电容或者铝电容，因为 LTC3251 在启动期间电压极性会交替。快速电容通常选用陶瓷电容。

快速电容决定了电荷泵的性能。在 2V 偏压下，为了在正常工作温度内

## LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器

达到额定的输出电流，必须选用  $0.4\mu\text{F}$  以上的快速电容。如果具体应用中需要不超过  $200\text{mA}$  的输出电流，则快速电容的最小值可以降低至  $0.15\mu\text{F}$ 。

### ● PCB 布局考虑

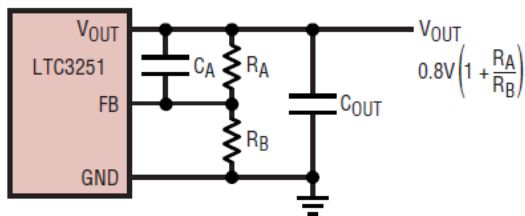
由于 LTC3251 的开关频率较高，瞬态电流较大，需要仔细优化 PCB 板布局布线。

快速电容引脚  $C1^+$ 、 $C1^-$ 、 $C2^+$ 、 $C2^-$  将会产生很高边沿速率的波形，这些引脚上过高的  $dV/dt$  可能耦合到印制电路板上相邻信号上。如果快速电容未紧贴器件（如环路面积过大），将会产生磁场。因此要想减弱这种容性能量耦合，可能需要用到法拉第场，即用一根位于敏感引脚和 IC 芯片引脚之间接地的引线。应使 FB 引线远离快速电容，否则将会使器件性能下降。

### ● LTC3251 输出电压设置 (FB 引脚)

LTC3251 可通过外部电阻分压器实现任意的电压输出。下图显示了所需的分压器连接，分压率通过下式给出：

$$PD = \left( \frac{V_{IN}}{2} - V_{OUT} \right) I_{OUT}$$



通常分压器中电阻总阻抗为几  $\text{k}\Omega$  到  $1\text{M}\Omega$  之间。LTC3251 闭环输出阻抗可通过下式估算：

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{V_{OUT}}{0.8V} - 1$$

若输出电压为  $1.5\text{V}$ ，负载电流为  $500\text{mA}$ ，则  $R_O$  为  $0.085\Omega$ ，并产生约  $40\text{mV}$  的输出变化量。输出电压可调范围为  $0.9\text{V} \sim 1.6\text{V}$ 。

由于 LTC3251 电荷泵的特殊结构，其输出电压不可能高于输入电压的一半 ( $1/2V_{IN}$ )。因此，最小的输入电压  $V_{IN}$  由下式决定：

$$V_{IN(MIN)} \leq 2 (V_{OUT(MIN)} + I_{OUT} R_{OL})$$

有必要使用补偿电容 ( $C_A$ ) 来抵消大阻值  $R_A$ 、 $R_B$  和 FB 引脚电容引入的极点。最理想的结果是，在所有  $R_A$  和  $R_B$  的阻值大于  $10\text{k}$  的应用场合， $C_A$  为  $5\text{pF}$ ；当  $R_A$  和  $R_B$  的阻值小于  $10\text{k}$  时，可不用  $C_A$ 。



# LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器

## 典型应用

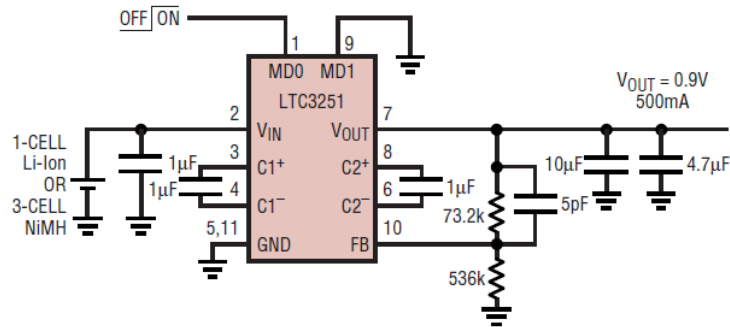


图 3 带关断的 0.9V/500mA 输出变换器（连续/Burst 模式）

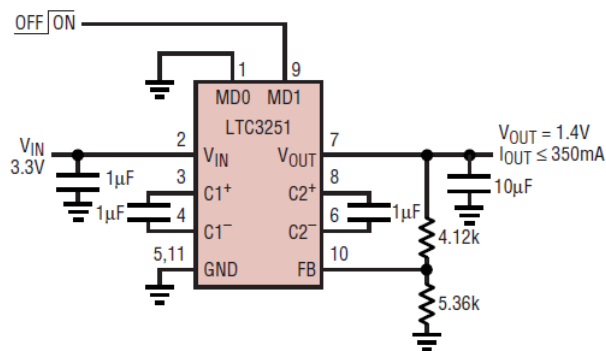


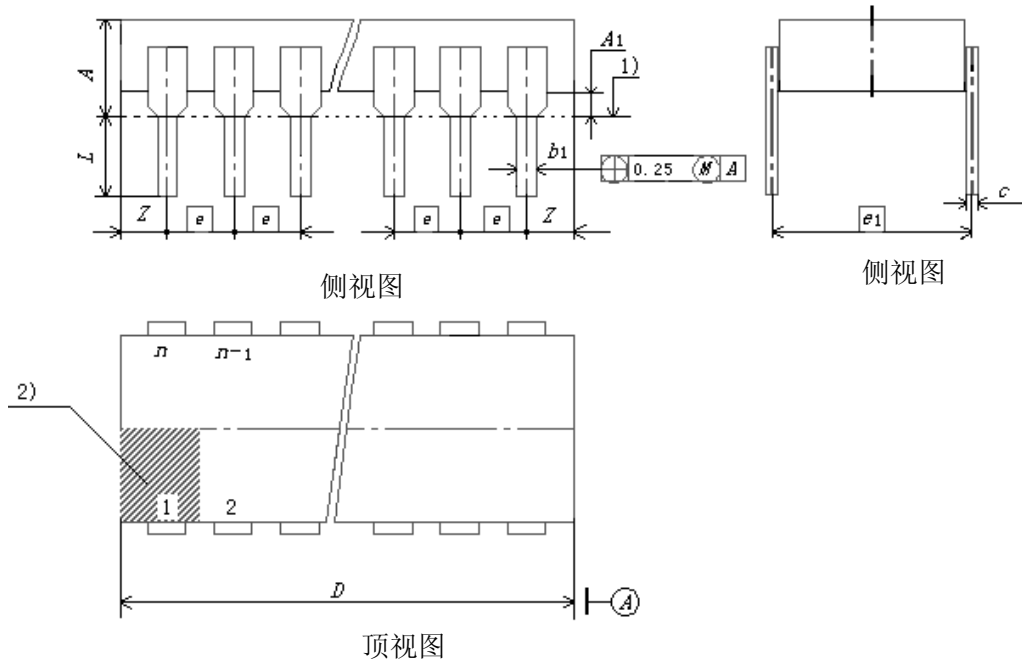
图 4 带关断的 3.3V 到 1.4V 输出变换器（连续扩频模式）

## 封装信息

封装形式：

LTC3251 封装形式按 GB/T 7092 和本规范的规定。器件采用 14 线陶瓷双列直插（D14S2）封装，外形尺寸按下图的规定，未注公差按照 GB/T 1804-2000 公差等级 c 执行。

## LTC3251 型电荷泵 DC/DC 电源变换器



图中：1) 为装配平面，孔的中心位于  $e|e_1$  网格上。

2) 为引出端识别标志区。

单位：毫米

尺寸符号	数值		
	最小	公称	最大
$A$	—	—	5.1
$A_1$	0.51	—	—
$b_1$	0.35	—	0.59
$c$	0.20	—	0.36
$e$	—	2.54	—
$e_1$	—	7.62	—
$L$	3.50	—	5.00
$D$	—	—	17.78
$Z$	—	—	1.27