

LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器

产品特点

- 采用微型电容和电感
- 高开关频率：1MHz
- 大输出电流：500mA
- 低导通电阻 ($R_{DS(ON)}$)：0.28 Ω
- 高效率：高达 94%
- 输出电压范围：1.25V 到 5V
- 低静态电流：200 μ A
- 低压差工作：100% 占空比
- 极低停机电流： $I_Q < 1 \mu$ A
- 提供优良的电源和负载瞬态响应
- 电感峰值电流与电感值无关
- DIP8 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
- PC 插板

产品概述

LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器适用于中小功率应用。其开关频率为 1MHz，可采用低成本、高度小于 2mm 的微型电感器和电容器。输出电压范围 1.25V~5V，内部集成功率开关的导通电阻约 0.28 Ω ，能高效地输出 0.5A 的电流。当负载和输出电容在很大范围内变化时，其采用的电流模控制和 OPTI-LOOP 补偿优化了电路的瞬态响应。

LTC1701 可根据负载自动切换工作模式。当负载电流低于连续工作模式所需电流时，自动进入 Burst Mode 工作模式，以降低栅极电荷损耗。空载时，LTC1701 功耗电流小于 200 μ A。在停机状态下，变换器功耗电流小于 1 μ A，非常适合对电流敏感的应用。

另外，由于内部 P 沟道 MOSFET 开关功率管以低压差方式连续导通，从而最大限度地延长了电池寿命。

典型应用

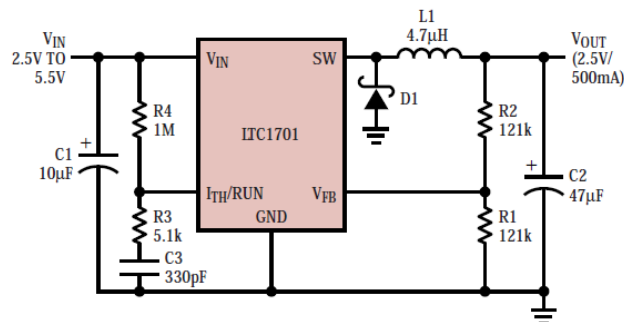


图 1 2.5V/ 500mA 输出变换器

LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器

绝对最大额定值

电源电压(V_{IN}).....	-0.3V ~ 6V
反馈端输入电压(V_{FB}).....	-0.3V ~ +3V
I_{TH}/RUN 引脚电压 ($V_{ITH/RUN}$)	-0.3V ~ +3V
开关管源漏最大电压.....	-0.3V ~ +8.5V
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

推荐工作条件

工作电源电压范围 (V_{IN})	3.14V ~ 3.46V
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°C ≤ T_A ≤ 125°C， V_{IN} = 3.3V。

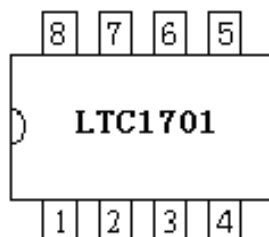
参数名称	符号	测试条件	极限值		单位
			最小	最大	
反馈引脚输入电流 ^a	I_{FB}	-	-	±0.1	μA
反馈电压	V_{FB}	V_{IN} = 2.5V	1.20	1.30	V
		V_{IN} = 5.5V			
基准电压电源调整	$\Delta V_{LINEREG}$	V_{IN} = 2.5V 至 5V	-	0.30	%/V
输出电压负载调整 ^b	$\Delta V_{LOADREG}$	V_{ITH} = 1.5V	-	2.10	%
		V_{ITH} = 1.9V	-3.5	-	%
输入电源直流电流	-	正常工作方式: V_{FB} = 0V	-	300	μA
		休眠方式: V_{FB} = 1.4V	-	200	
		停机方式: V_{ITH} = 0V	-	1	
开启门限高电平电压	$V_{ITH/RUN}$	I_{TH} 逐渐下滑	-	1.7	V
开启门限低电平电压		I_{TH} 逐渐上升	0.18	-	
引脚上拉电流	$I_{ITH/RUN}$	V_{ITH} = 1V	50	300	μA
开关管峰值电流门限	I_{SW}	V_{FB} = 0V	0.6	-	A
开关管关断时间	t_{OFF}	-	300	800	ns
开关管漏电流 ^a	$I_{SW(LKG)}$	V_{IN} = 5.0V, V_{ITH} = 0V, V_{FB} = 0V	-	±1	μA

LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器

^a 参数中负号仅代表电流方向。

^b 在反馈环路进行测试，其引脚 V_{FB} 接至误差放大器的中点，且未接入 $R_{ITH/RUN}=1\text{MHz}$ （除非另外规定， $V_{ITH}=1.7\text{V}$ 。）

引脚描述



（顶视图）

LTC1701 引出端功能

引出端序号	符号	功能	引出端序号	符号	功能
1	GND	地端	5	GND	地端
2	V_{FB}	输出反馈端	6	V_{IN}	主电源
3	NC	悬空	7	I_{TH}/RUN	误差放大器补偿与运行控制输入端
4	SW	开关输出端	8	NC	悬空

引脚功能

- GND（引脚 1）

地。

- V_{FB} （引脚 2）

输出反馈端，从输出电阻网络接收反馈电压，该引脚标称电压为 1.25V。

- NC（引脚 3）

悬空。

- SW（引脚 4）

开关输出端，开关管到电感器的

连接点。该引脚电压范围为 V_{IN} 到一个外部肖特基二极管压降（0V 以下）。肖特基二极管的负极必须尽量靠近该引脚。

- GND（引脚 5）

地引脚。

- V_{IN} （引脚 6）

电源输入引脚。

- I_{TH}/RUN （引脚 7）

误差放大器补偿端与输入运行控制输入端的公共引脚。电流比较器的阈值随该引脚电压的升高而升高。这

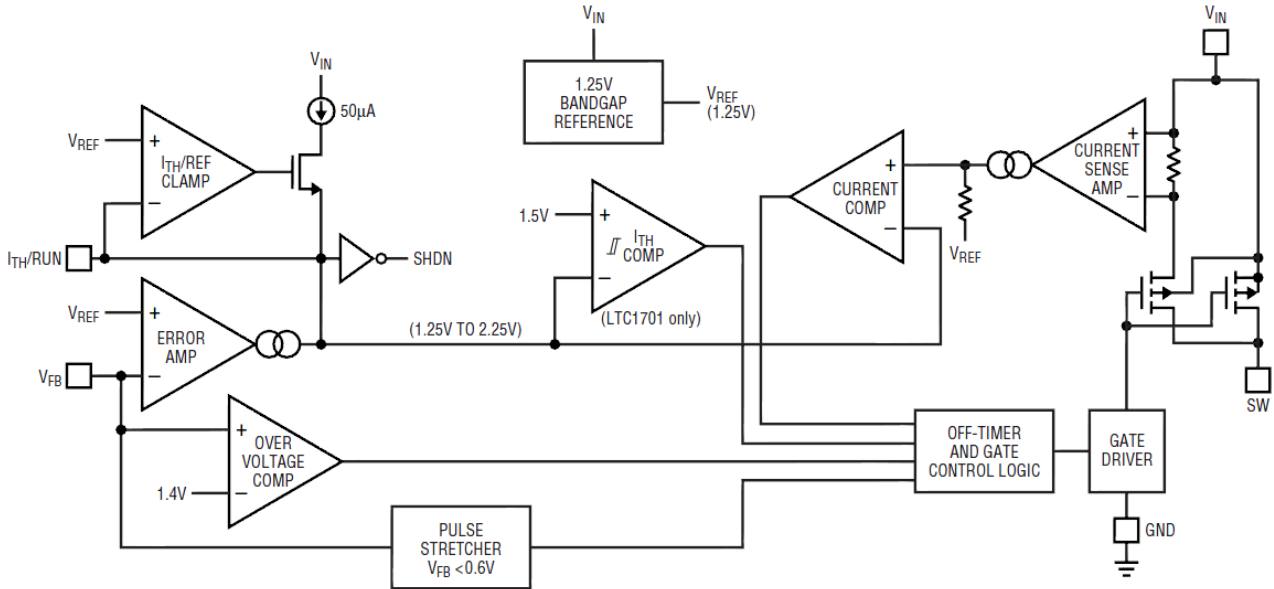
LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器

个引脚的标称电压范围为 1.25V 到 2.25V。把引脚电压强制置为 0.8V 以下可使变换器停机，在停机状态下，

所有功能被禁止。

- NC (引脚 8): 悬空。

功能框图



工作原理

LTC1701 采用恒定的关断时间和电流模工作方式，其工作频率由关断时间和输入电压 (V_{IN}) 与输出电压 (V_{OUT}) 的差值决定。为使效率最佳，LTC1701 可根据负载大小在连续模式和 Burst 模式之间自动切换。

输出电压由返回到 V_{FB} 引脚的外部分压电阻决定。误差放大器将根据输出反馈电压和 1.25V 参考电压比较结果对流过电感的峰值电流进行调整。

● 主控制环路

正常运行时，当 V_{FB} 低于参考电压，内部 PMOS 开关导通，流过电感和负载的电流增大，直到电流达到限

流值时，开关管关断，随后存储在电感里的能量通过外部肖特基二极管给负载续流。经过一个稳定的关断时间后，开关管重新导通并再次重复上述周期。

电感峰值电流由 I_{TH}/RUN 引脚电压控制，该引脚是误差放大器的输出端。误差放大器将 V_{FB} 引脚电压和 1.25V 的参考电压进行比较，当负载电流增加时， V_{FB} 电压会降低到略低于参考电压。负载电流降低使 I_{TH}/RUN 引脚的电压上升，直到平均电感电流值和新的负载电流相匹配。

将 I_{TH}/RUN 引脚接地可使主控制环路停机。当此引脚被释放时，通过

LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器

外部电阻给补偿电容充电， I_{TH}/RUN 引脚电压达到 0.8V 时，主控制环路开始工作，并通过误差放大器使 I_{TH}/RUN 引脚电压逐渐升高，实现软启动。

● 低电流工作

当负载相对较轻时，为提高效率，LTC1701 将自动切换到 Burst 工作模式，内部 PMOS 开关管根据负载的需要间歇性工作。当输出电压达到预定的稳压值时，主控制环路停止工作。当 I_{TH}/RUN 低于 1.5V 时，迟滞电压比较器输出跳变，使开关管关断，并降

低功耗。此时输出电容和电感为负载提供能量，直到输出电压下降到使 I_{TH}/RUN 引脚电压超过 1.5V 为止。这时开关管导通，主控制环路进入下一工作周期。

● 低压差工作

低压差工作时，内部 PMOS 开关管连续导通（100% 占空比），使 LTC1701 处于低压差工作状态。由于 LTC1701 没有欠压锁定功能，应避免在 $V_{IN} < 2.5V$ 时使 LTC1701 停机。

应用信息

LTC1701 外部元件选择视负载需要而定，首先选择 L1，再依次选定肖特基二极管 D1 及 C_{IN} 、 C_{OUT} 即可。

● 电感值 L 的选择和工作频率

工作频率由 V_{IN} 、 V_{OUT} 和大约 500ns 的固定关断时间共同确定。工作频率可由下式完整表示为：

$$f_0 = \left(\frac{V_{IN} - V_{OUT}}{V_{IN} + V_D} \right) \left(\frac{1}{T_{OFF}} \right)$$

虽然电感器并不影响工作频率，但是电感值却直接影响纹波电流，电感纹波电流 ΔI_L 随电感值的增大而减小，且随着 V_{IN} 或 V_{OUT} 的增大而增大：

$$\Delta I_L = \left(\frac{V_{IN} - V_{OUT}}{fL} \right) \left(\frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} + V_D} \right)$$

式中 V_D 是输出肖特基二极管正向导通压降。

接收较大的 ΔI_L 值允许使用低电感值，但同时会导致输出纹波电压和

磁芯损耗增大，且低电流工作时效率降低。合理的启动纹波电流应设置为 $\Delta I_L = 0.4A$ 。

● 电感器磁芯的选择

当电感 L 值确定后，必须选择电感器的类型。电感器中存在两种损耗——磁芯损耗和铜损耗。

磁芯损耗取决于纹波电流的峰-峰值和磁芯材质，而与磁芯的物理尺寸无关。通过增大电感值，可降低电感纹波电流的峰-峰值，因而可减小磁芯损耗。但是，增加电感量需要更多的线圈匝数，因此铜损耗随之加大。

高效率的变换器一般是不能承受低成本铁粉芯的高损耗，必须采用价格较高的铁氧体等材料。铁氧体磁芯损失较低，特别适合在高频工作。铁氧体磁芯“饱和”特性很“硬”，意味着一旦超过电感器的设计电流峰值，电

LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器

感值会急剧折回。从而使电感纹波电流突然增大，输出纹波电压也随之增大。因此，应用时不能让磁芯“饱和”。

坡莫合金是一种适用于环形磁芯的非常好的低磁损耗磁芯材料，但是其价格比铁氧体更加昂贵。一个最为理性的折中就是采用同一公司的 Kool M μ 磁芯。

● 续流二极管的选择

如图 1 所示，续流二极管 D1 在 MOSFET 关断期间导通，为使二极管的峰值电流和平均功耗不超过额定值，对它们进行适当的规定是非常重要的。

续流二极管的损耗取决于正向导通电压和开关频率。

由于续流二极管在关断期间提供负载电流，所以二极管平均电流取决于开关信号的占空比。在高电平输入时，二极管大部分时间是导通的。而当 V_{IN} 和 V_{OUT} 比较接近时，二极管只在很短时间内导通。

● 输入电容 (C_{IN}) 选择

在连续工作模式下，该变换器的输入电流是占空比近似为 V_{OUT}/V_{IN} 的方波。为防止出现瞬间大电压，必须采用适合最大 RMS 电流要求的低等效串联阻抗 (ESR) 输入电容。电容器上最大 RMS 电流由下式给出：

$$I_{RMS} \approx I_{MAX} \frac{\sqrt{V_{OUT}(V_{IN} - V_{OUT})}}{V_{IN}}$$

式中最大平均输出电流 I_{MAX} 等于峰值电流 (1A) 减去纹波电流峰-峰值的一半，即 $I_{MAX} = I - I_L/2$ 。

此公式在 $V_{IN}=2V_{OUT}$ 时具有最大值，此时 $I_{RMS}=I_{OUT}/2$ 。需要指出的是电容器生产厂家给出的纹波电流额定值通常是基于 2000 小时寿命获得的。所以建议在选择电容器时，可降额使用或选择高于要求额定温度的电容器，也可以采用几只电容器并联以满足对尺寸和高度的设计要求。为了对高频去耦，建议在 V_{IN} 端附加一个 0.1 μ F 到 1 μ F 的陶瓷电容器。

● 输出电容 (C_{OUT}) 选择

输出电容 C_{OUT} 的选择由 ESR 要求决定。只要满足 ESR 要求，一般对滤波的要求都能满足。输出纹波电压 (V_{OUT}) 由下式决定：

$$\Delta V_{OUT} \approx \Delta I_L \left(ESR + \frac{1}{8fC_{OUT}} \right)$$

式中 f 是工作频率， C_{OUT} 是输出电容， I_L 是流过电感的纹波电流。当 $I_L=0.4I_{OUT(MAX)}$ 时，只要 $ESRC_{OUT} < 100m\Omega$ ，则输出纹波电压将小于 100mV。当 C_{OUT} 的 ESR 满足要求时，RMS 电流额定值通常会远远超过对 $I_{RIPPLE(P-P)}$ 要求。

当 C_{OUT} 的电容值偏小时，低频下的输出纹波足以使 I_{TH} 比较器跳变，这将使 LTC1701 从正常连续工作模式进入 Burst 工作模式。在电感值较低时，通过提高频率可以改善这种作用。

在表面贴装的应用中，必须多电容并联以满足对电容值、ESR 或 RMS 电流的应用要求。铝电解电容器和干式钽电容器可应用于表面贴装工艺。在使用钽电容器前，必须完成浪涌测

试。

● 陶瓷电容器

现在已有的小尺寸陶瓷电容器因其低成本、高容值和低 ESR，而在开关稳压器应用中广受欢迎。但 ESR 过小会导致环路稳定性问题。固体钽电容的 ESR 在 5kHz 到 50kHz 之间会产生一个环路“零点”，其有助于给出一个可接受的环路相位裕度。而陶瓷电容器在 300kHz 以上时仍然呈容性，并且常常在 ESR 作用尚不明显时与其等效串联电感（ESL）产生谐振。同时，陶瓷电容器易受温度影响，因而设计者需要在整个工作温度范围内检查环路的稳定性。

基于以上原因，大多数的输入输出电容出于稳定性的考虑应采用钽电容，并且与 0.1 μF 到 1 μF 的陶瓷电容器并联以保证高频去耦。

● 输出电压设置

如图 2 所示，LTC1701 在反馈引脚 V_{FB} 和信号地之间产生一个 1.25V 的参考电压，输出电压由电阻分压器按下式给出：

$$V_{OUT}=1.25\times(1+R2/R1)$$

为避免噪声干扰，可在靠近 LTC1701 的 R1 两端并联一只约 5pF 的电容，但该电容会使负载的阶跃响应变差。因此，印制电路板（PCB）布线良好时不需要该电容。应特别注意使 V_{FB} 印制线远离噪声源，如电感器或 SW 引线。

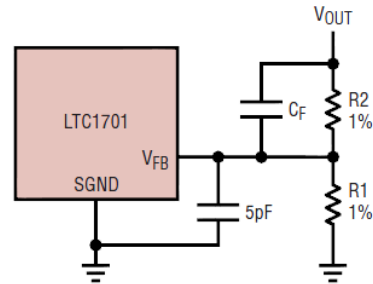


图 2 设置输出电压

● 瞬态响应

OPTI-LOOP 补偿在很宽的负载和输出电容范围内对瞬态响应进行优化。I_{TH} 引脚不仅可优化环路控制性能，而且还可为直流耦合和交流滤波的闭环响应提供测试点。该测试点的直流阶跃、上升时间和调节时间真实反映了闭环响应。假定控制是二阶主导系统，则相位裕度和/或阻尼系数都可通过该引脚观察到的超调量百分比估计得出，通过测量上升时间也可估计出系统带宽。

图 1 中所示的 I_{TH} 引脚的外部元件可为多数应用提供一个适当的范例。R3-C3 串联滤波器决定闭环的主导零极点补偿。当最终 PCB 板布线及具体输出电容器类型和数值确定后，可通过微调 R3 和 C3（建议值的 0.5 到 2 倍）来优化瞬态响应。应选择所需要的输出电容器，因为不同类型电容器和不同电容值将决定反馈环路的增益和相位。幅度为满载电流的 20% 到 100%、上升时间为 1μs 至 10μs 左右的输出电流脉冲，将会在输出电压和 I_{TH} 引脚产生波形，该波形用来在不破坏反馈环路的情况下检查总体闭环稳定性。

LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器

由于初始输出电压阶跃可能不在反馈环路的带宽之内，所以不能通过标准的二阶超调/直流电压比来确定相位裕度。环路的增益随着 R_3 的增大而增大，而环路带宽随着 C_3 的降低而增加。如果 R_3 增加的倍数和 C_3 降低的倍数相等，则零位频率保持不变，因此在闭环系统最重要的频率范围内相位保持不变。另外，增加前馈电容 C_F 可改善高频响应（如图 2）。电容 C_F 和 R_2 形成一高频“零点”，使相位超前，从而增加了相位裕度。

● RUN 功能

I_{TH}/RUN 引脚具有双重功能，一方面提供环路补偿，另一方面实现关断 LTC1701 的功能，还可实现软起动。软起动使内部电感的峰值电流逐渐增加，从而降低 V_{IN} 浪涌电流。电源的开通时序也通过该引脚实现。

图 1 所示外部电容 C_3 需外接上拉电阻进行充电。通常在 V_{IN} 和 I_{TH}/RUN 引脚之间接一只 $1M\Omega$ 的电阻。当 I_{TH}/RUN 引脚电压上升到 $0.8V$ 左右时，LTC1701 开始工作。此时，误差放大器将 I_{TH}/RUN 引脚拉高到 $1.25V$ 到 $2.25V$ 的正常工作范围。

软启动过程中，随着 I_{TH}/RUN 引脚电压的上升，内部峰值限流也按一定的比率线性上升。

在正常工作期间，根据负载电流的不同 I_{TH}/RUN 引脚电压将会在 $1.25V$ 到 $2.25V$ 之间变化。将 I_{TH}/RUN 引脚电压拉低到 $0.8V$ 以下时，LTC1701 便进入低静态电流的停机模式 ($I_Q < 1\mu A$)。

● 散热考虑

在环境温度很高时，器件对电源的控制能力受结温最大额定值的限制 ($125^\circ C$)。应认真考虑芯片结温到外壳的所有热阻及其周围热源。

由于该器件效率很高，一般不会消耗很多能量。但当其工作在低压差方式时，应进行热量分析，确定该变换器的功耗是否超过绝对最大结温。

● PCB 布局考虑

在进行 PCB 布线时，为使 LTC1701 正常工作，应进行下列项目检查。布线检查内容如下：

1. 连接电源引脚 V_{IN} 和接地引脚 GND 的电容 C_{IN} 是否足够近？该电容为内部 P 沟道 MOSFET 及其驱动电路提供交流电流。

2. 连接在地和开关输出引脚之间的肖特基二极管是否与这两个引脚尽量靠近？

3. C_{OUT} 、 L_1 和 D_1 是否靠近连接？肖特基二极管的正极应该直接连接到输入电容的地线。

4. 电阻分压器 R_1 和 R_2 必须连接到 C_{OUT} 的正极和靠近地线引脚的地线端之间。反馈信号 FB 印制线应远离噪声元件及其印制线（如 SW 引脚线路等）。

5. 让灵敏元件远离 SW 引脚。输入电容 C_{IN} 、补偿电容 C_3 和所有的电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 都应远离 SW 印制线和 L_1 及 D_1 。

LTC1701 型降压 DC/DC 电源变换器

典型应用

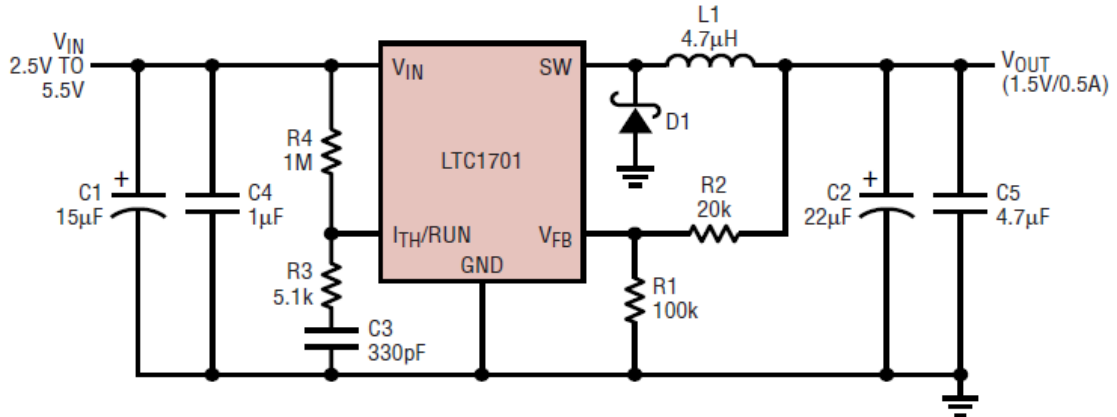


图 3 1.5V/ 500mA 输出变换器

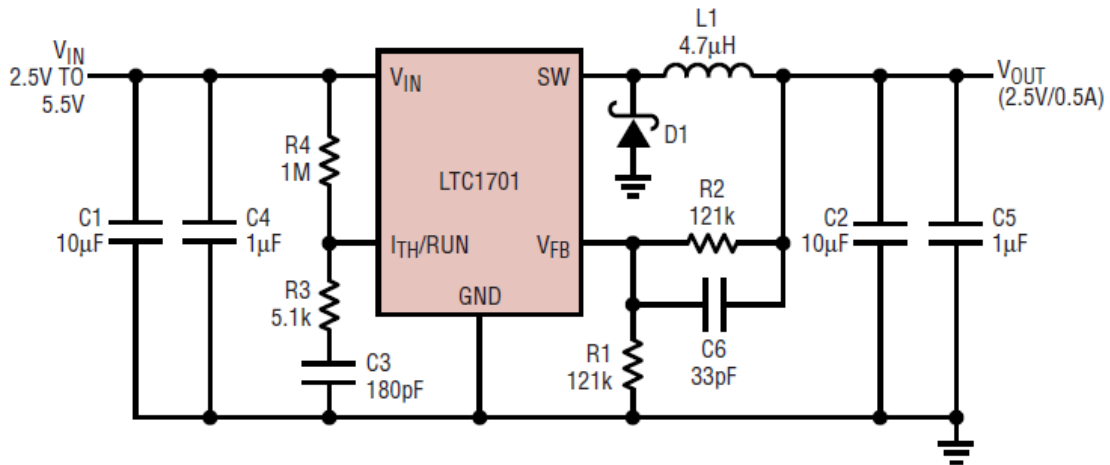
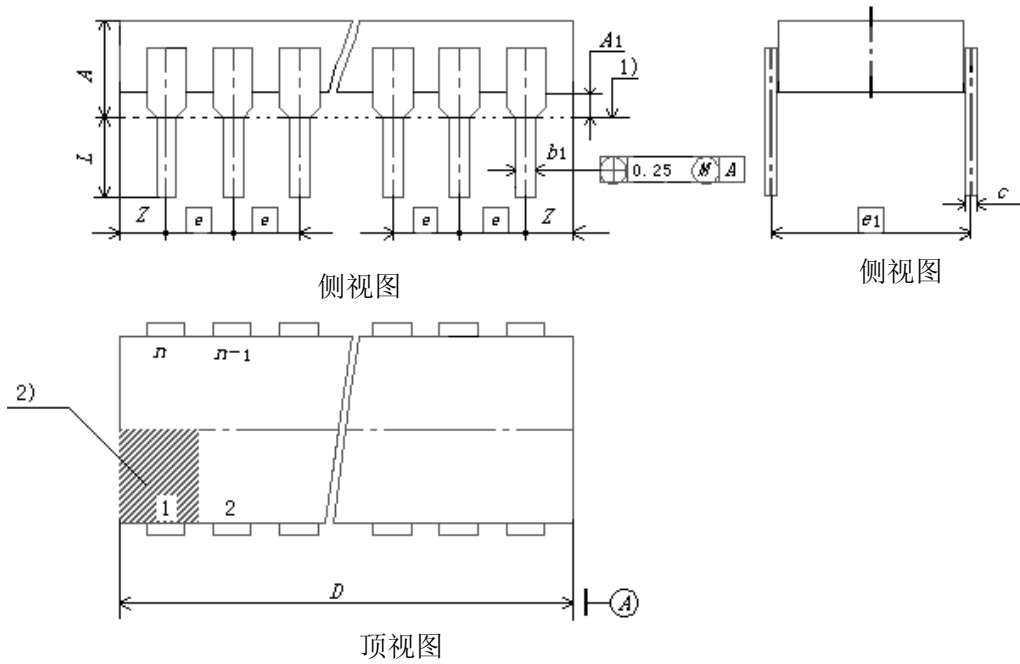


图 4 2.5V/ 500mA 输出变换器

封装信息

LTC1701 封装形式按 GB/T 7092 和本规范的规定。器件采用 8 线陶瓷双列直插 (D08S2) 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。

LTC1701 型降压 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	—	—	10.16
Z	—	—	1.27