

# 微功率同步降压-升压型 DC/DC 转换器

## 特 点

- 单个电感器
- 可由高于、低于或等于输出电压的输入电压获得稳压输出
- 宽  $V_{IN}$  范围：2.4V 至 5.5V
- $V_{OUT}$  范围：2.4V 至 5.25V
- 峰值输出电流高达 500mA
- 同步整流：效率高达 95%
- 手动或可编程自动突发模式 (Burst Mode<sup>®</sup>) 操作
- 停机模式中的输出断接
- 可编程振荡器：300kHz 至 2MHz
- 引脚与 LTC3440 兼容
- 小外形耐热增强型 10 引脚 (3mm × 3mm) DFN 和 10 引脚 MSOP 封装

## 应 用

- 微型硬盘驱动器电源
- MP3 播放机
- 手持式仪器
- 数码相机
- 手持式终端

## 描 述

LTC<sup>®</sup>3532 是高效、固定频率、降压-升压型 DC/DC 转换器，可在输入电压高于、低于或等于输出电压的条件下运作。该 IC 所采用的拓扑结构可通过所有操作模式提供一个连续电压转换，从而使得该产品非常适合于输出电压处于电池电压范围内的单节锂离子电池、多节碱性电池或镍氢 (NiMH) 电池应用。

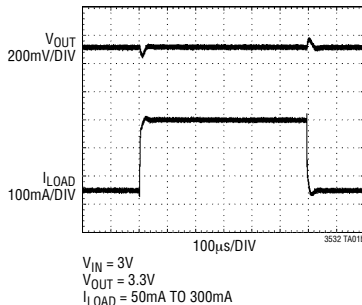
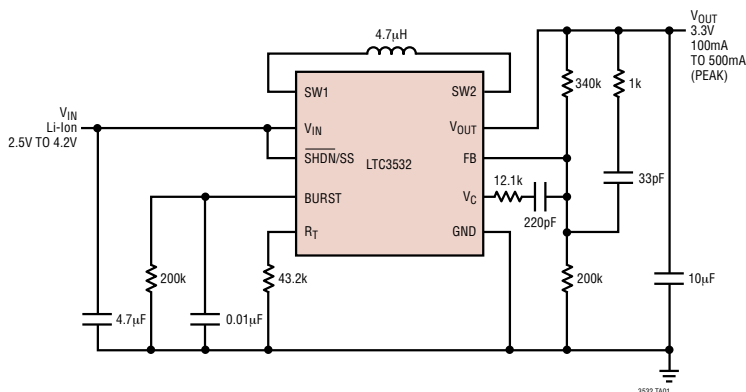
该器件包括两个 0.36Ω N 沟道 MOSFET 开关和两个 0.42Ω P 沟道开关。开关频率高达 2MHz，并可利用一个外部电阻器来设置。在突发模式操作中，静态电流仅为 35μA，从而最大限度地延长了便携式应用中的电池使用寿命。自动突发模式操作允许用户针对突发模式操作来设置负载电流，或对其进行手动控制。

其他特点包括一个 1μA 的停机电流、软启动控制、热停机和峰值电流限制。LTC3532 采用一种扁平的 (高度仅 0.75mm) 10 引脚 (3mm × 3mm) DFN 和 10 引脚 MSOP 封装。

LT<sup>®</sup>、LTC 和 LT 是凌力尔特公司的注册商标。  
Burst Mode 是凌力尔特公司的注册商标。  
所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

## 典型应用

微型硬盘驱动器电源



# LTC3532

## 绝对最大额定值 (注1)

|                                          |            |                  |               |
|------------------------------------------|------------|------------------|---------------|
| BURST, $V_{IN}$ , $V_{OUT}$ , $V_C$ , FB | –0.3V 至 6V | 工作温度范围 (注 2)     | –40°C 至 85°C  |
| $R_T$                                    | 0V 至 5V    | 贮存温度范围           |               |
| SHDN/SS                                  | –0.3V 至 6V | DD 封装            | –65°C 至 125°C |
| SW1, SW2                                 |            | MSOP 封装          | –65°C 至 150°C |
| DC                                       | –0.3V 至 6V | 引脚温度 (焊接时间 10 秒) |               |
| 脉冲 < 100ns                               | –0.3V 至 7V | MSOP 封装          | 300°C         |

## 封装/订购信息

|                                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <p>TOP VIEW</p> <p>DD PACKAGE<br/>10-LEAD (3mm × 3mm) PLASTIC DFN<br/><math>T_{JMAX} = 125^{\circ}\text{C}</math>, <math>\theta_{JA} = 43^{\circ}\text{C/W}</math><br/>EXPOSED PAD (PIN 11) IS GND, MUST BE CONNECTED TO PCB</p> |         | <p>TOP VIEW</p> <p>MS PACKAGE<br/>10-LEAD PLASTIC MSOP<br/><math>T_{JMAX} = 125^{\circ}\text{C}</math><br/><math>\theta_{JA} = 130^{\circ}\text{C/W}</math> 1 LAYER BOARD<br/><math>\theta_{JA} = 100^{\circ}\text{C/W}</math> 4 LAYER BOARD<br/><math>\theta_{JC} = 45^{\circ}\text{C/W}</math></p> |         |
| 产品型号                                                                                                                                                                                                                             | DD 器件标记 | 产品型号                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | MS 器件标记 |
| LTC3532EDD                                                                                                                                                                                                                       | LBXR    | LTC3532EMS                                                                                                                                                                                                                                                                                           | LTBXS   |
| <p><b>订购选项</b> 卷带：加 #TR<br/>无铅型：加 #PBF 无铅型卷带：加 #TRPBF<br/>无铅型器件标记：<a href="http://www.linear.com/leadfree/">http://www.linear.com/leadfree/</a></p>                                                                              |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         |

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌特公司。

## 电特性 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。 $V_{IN} = V_{OUT} = 3.6\text{V}$ ， $R_T = 64.9\text{k}$ ，除非特别注明。

| 参数          | 条件                                                |   | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位 |
|-------------|---------------------------------------------------|---|------|------|------|----|
| 输入启动电压      |                                                   | ● | 2.3  |      | 2.4  | V  |
| 输入工作范围      |                                                   | ● | 2.4  |      | 5.5  | V  |
| 输出电压调节范围    |                                                   | ● | 2.4  |      | 5.25 | V  |
| 反馈电压        |                                                   | ● | 1.19 | 1.22 | 1.25 | V  |
| 反馈输入电流      | $V_{FB} = 1.22V$                                  |   | 1    |      | 50   | nA |
| 静态电流，突发模式操作 | BURST = 0V                                        |   | 35   |      | 60   | μA |
| 静态电流，停机模式   | SHDN = 0V，不包括开关漏电流， $V_{OUT} = 0V$                |   | 0.1  |      | 1    | μA |
| 静态电流，运行模式   | $V_C = 0V$ ，MODE/SYNC = 0V，BURST = $V_{IN}$ (注 3) |   | 600  |      | 1000 | μA |
| NMOS 开关漏电流  | 开关 B 和 C                                          |   | 0.1  |      | 5    | μA |
| PMOS 开关漏电流  | 开关 A 和 D                                          |   | 0.1  |      | 10   | μA |
| NMOS 开关接通电阻 | 开关 B 和 C                                          |   | 0.36 |      |      | Ω  |
| PMOS 开关接通电阻 | 开关 A 和 D                                          |   | 0.42 |      |      | Ω  |
| 输入电流限值      |                                                   |   | 0.8  | 1.1  | 1.45 | A  |

3532f

**电特性** 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。  $V_{\text{IN}} = V_{\text{OUT}} = 3.6\text{V}$ ， $R_T = 64.9\text{k}$ ，除非特别注明。

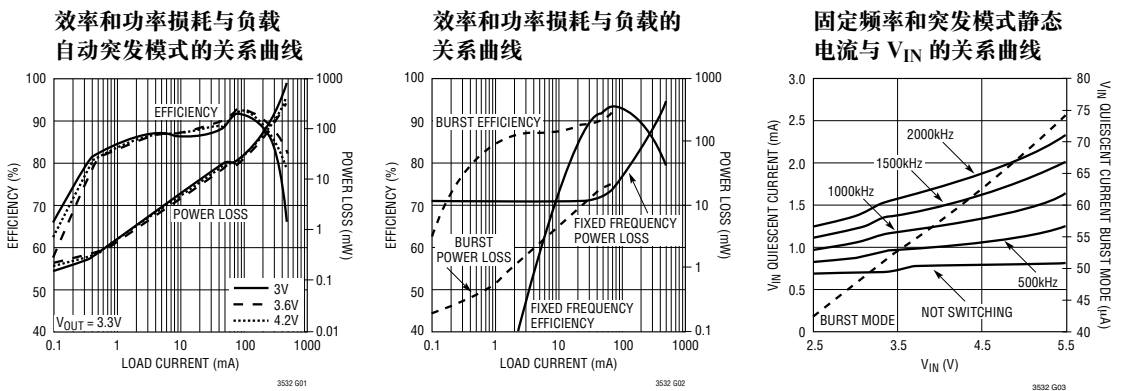
| 参数           | 条件                                       | 最小值   | 典型值  | 最大值 | 单位            |
|--------------|------------------------------------------|-------|------|-----|---------------|
| 最大占空比        | 升压 (% 开关 C 导通)                           | ● 70  | 88   |     | %             |
|              | 降压 (% 开关 A 导通)                           | ● 100 |      |     | %             |
| 最小占空比        |                                          | ●     | 0    |     | %             |
| 频率准确度        |                                          | ●     | 575  | 740 | 885 kHz       |
| 突发门限 (下降)    |                                          |       | 0.88 |     | V             |
| 突发门限 (上升)    |                                          |       | 1.12 |     | V             |
| 突发电流比        | $I_{\text{OUT}}$ 与 $I_{\text{BURST}}$ 之比 |       | 8000 |     |               |
| 误差放大器 AVOL   |                                          |       | 90   |     | dB            |
| 误差放大器源电流     | $V_C = 1.4\text{V}$                      |       | 15   |     | $\mu\text{A}$ |
| 误差放大器吸收电流    | $V_C = 2\text{V}$                        |       | 310  |     | $\mu\text{A}$ |
| SHDN/SS 门限   | 当 IC 被使能时                                | ● 0.4 | 1    | 1.5 | V             |
|              | 当 EA 处于最大升压占空比时                          |       | 2.2  |     | V             |
| SHDN/SS 输入电流 | $V_{\text{SHDN}} = 5.5\text{V}$          |       | 0.01 | 1   | $\mu\text{A}$ |

- 注 1：** 高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

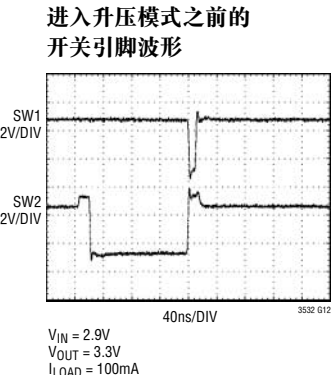
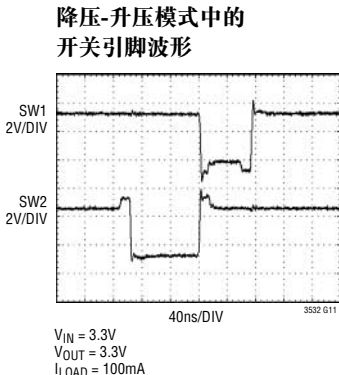
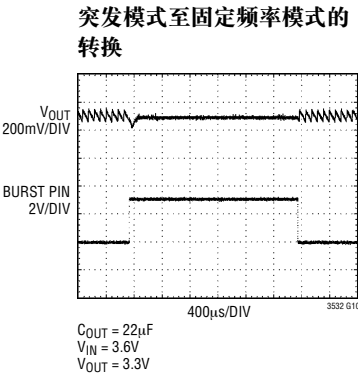
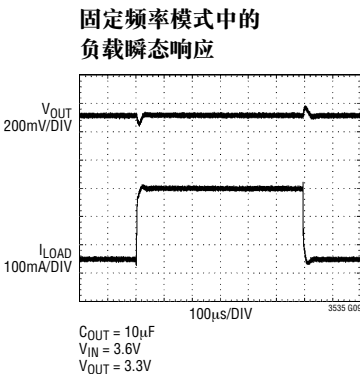
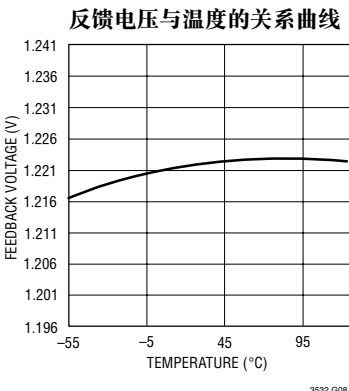
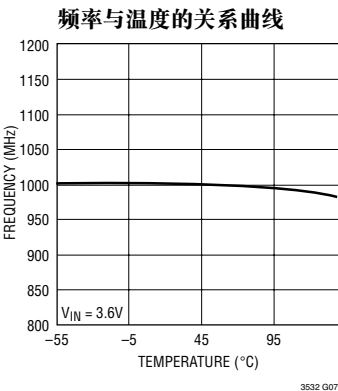
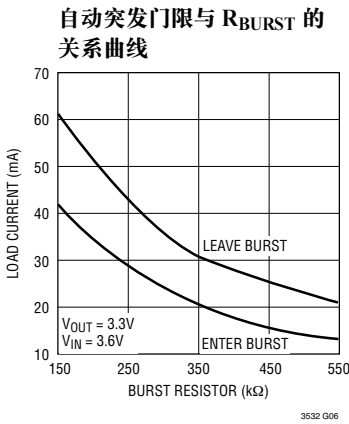
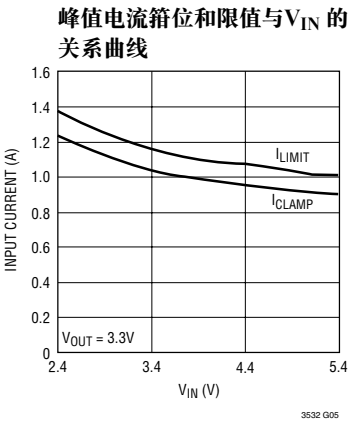
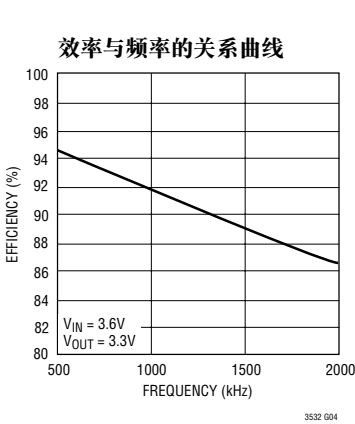
**注 2：** LTC3532E 保证在  $0^{\circ}\text{C}$  至  $70^{\circ}\text{C}$  的范围内满足规定性能要求。在  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $85^{\circ}\text{C}$  工作温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程中的相关性来保证。
- 注 3：** 电流测量是在输出未作转换的情况下完成的。

**注 4：** 该 IC 备有用于在短暂过载条件下对器件提供保护的过热保护功能。结温将在过热保护功能处于运行状态时超过  $125^{\circ}\text{C}$ 。在规定的最大工作结温以上连续运作有可能导致器件性能劣化或发生故障。

**典型性能特征**  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ，除非特别注明。

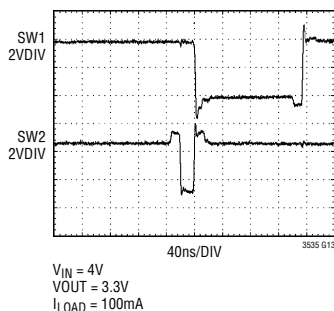


典型性能特征  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ，除非特别注明。

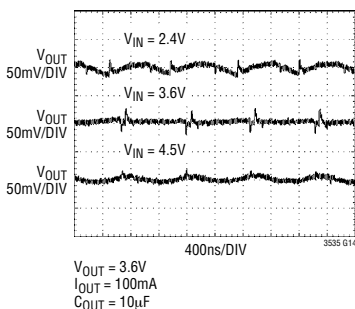


## 典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非特别注明。

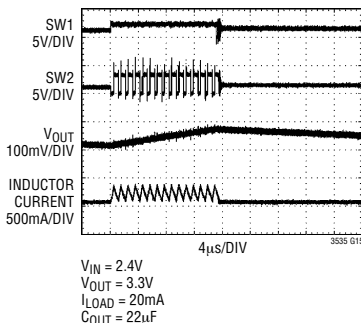
进入降压模式之前的开关  
引脚波形



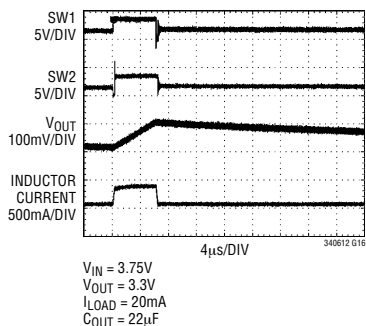
100mA 负载条件下的输出纹波



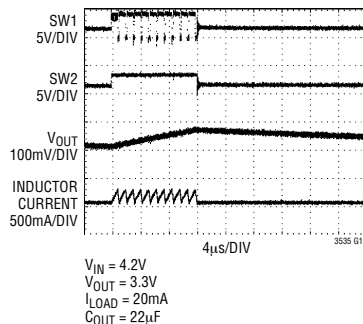
突发模式，升压



突发模式，降压-升压



突发模式，降压



## 引脚功能

**RT (引脚 1)：**用于设置振荡器频率的调节电阻器。频率设置范围为 300kHz 至 2MHz。

$$f(\text{kHz}) = \frac{48,000}{R_T(\text{k}\Omega)}$$

**BURST (引脚 2)：**用于设定自动突发模式操作门限。在该引脚和地之间并联一个电阻器和电容器。有关元件参数值选择方面的内容请参见“应用信息”部分。对于手动控制，将该引脚接地将强制执行突发模式操作，而连接至  $V_{OUT}$  将强制执行固定频率模式操作。

**SW1 (引脚 3)：**连接有内部开关 A 和 B 的开关引脚。把电感器连接在 SW1 和 SW2 之间。可以把一个可选的肖特基二极管连接在 SW1 和地之间。应最大限度

地缩短走线长度，以实现 EMI 的最小化。

**SW2 (引脚 4)：**连接有内部开关 C 和 D 的开关引脚。对于输出电压高于 4.3V 的应用，需要在 SW2 和  $V_{OUT}$  之间连接一个肖特基二极管，以确保 SW2 不会产生过大的电压。

**GND (引脚 5)：**IC 的信号地和电源地。

**$V_{OUT}$  (引脚 6)：**同步整流器的输出。在  $V_{OUT}$  和 GND 之间布设一个滤波器电容器。

**$V_{IN}$  (引脚 7)：**输入电源引脚。负责通过 SW1 向电感器输送电流，并提供用于 IC 的内部  $V_{CC}$ 。需要在尽可能靠近  $V_{IN}$  引脚和 GND (引脚 5) 的地方布设一个陶瓷旁路电容器。

## 引脚功能

**SHDN/SS (引脚 8)：**软启动和停机功能组合引脚。把该引脚接地将关断 IC。把该引脚连接至高于 1.5V 的电压将使能 IC，而连接至高于 2.5V 的电压将确保误差放大器不会被软启动电路所箝位。从停机控制信号连接至该引脚的一个 RC 网络将通过限制  $V_C$  引脚的上升时间来提供软启动功能。

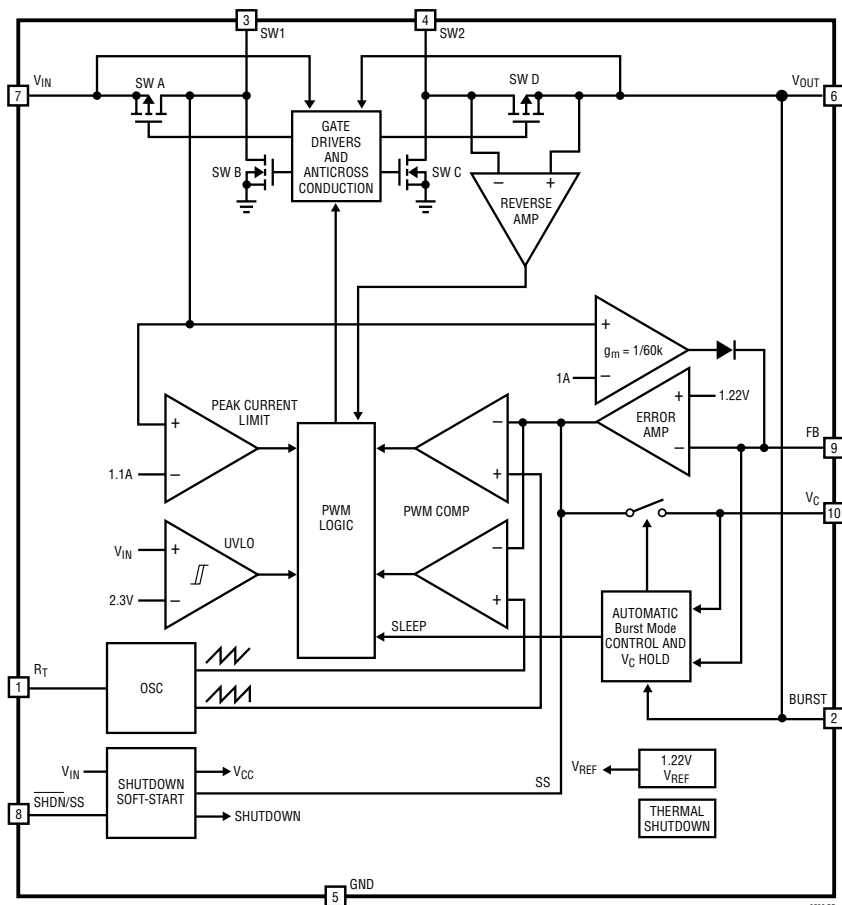
**FB (引脚 9)：**反馈引脚。把电阻分压器抽头连接于此。输出电压的可调节范围为 2.5V 至 5.25V。反馈基准通常为 1.22V。根据下式来设定  $V_{OUT}$ ：

$$V_{OUT} = \frac{1.22V \cdot (R1 + R2)}{R2}$$

**$V_C$  (引脚 10)：**误差放大器输出：在该引脚和 FB 引脚之间连接了一个频率补偿网络，用于对环路进行补偿。有关元件参数值选择方面的内容请参阅“应用信息”部分。

**裸露衬垫 (引脚 11)：**裸露衬垫 (DFN 封装) 必须焊接至 PCB 的地，以实现电接触和额定散热性能。

## 方框图



## 工作原理

LTC3532 可为诸如便携式仪表、数码相机和 MP3 播放机等应用提供高效率、低噪声电源。凌特公司专有的拓扑结构通过对输出开关的正确调相使得输入电压能够高于、低于或等于输出电压。 $V_C$  引脚上的误差放大器输出电压决定了开关的输出占空比。由于  $V_C$  引脚上是一个滤波信号，因此，它对于远低于开关频率的频率加以抑制。低接通电阻  $R_{DS(ON)}$ 、低栅电荷同步开关提供了高效率的高频脉宽调制控制。虽然不强求在同步开关 D 和同步开关 B 的两端跨接肖特基二极管，但在先离后合期间（一般为 15ns）肖特基二极管产生的压降较小。增加肖特基二极管一般能将峰值效率提高 1% 至 2%。当进入突发模式操作状态，IC 的静态电流降至较低的 35 $\mu$ A 时，可在轻负载条件下实现高效率。

## 低噪声固定频率操作

### 振荡器

工作频率通过一个连接在  $R_T$  和地之间的外部电阻器来设置，采用的公式如下：

$$f(\text{kHz}) = \frac{48,000}{R_T(\text{k}\Omega)}$$

### 误差放大器

误差放大器是一种电压模式放大器。环路补偿元件被配置于放大器的周围（从 FB 引脚到  $V_C$  引脚），以获得转换器的稳定性。如欲改善带宽，可在反馈分压网络的上部电阻器的两端跨接一个附加的 RC 前馈网络。 $\overline{\text{SHDN/SS}}$  引脚上的电压将对误差放大器输出  $V_C$  进行箝位，以提供软起动功能。

### 内部电流限值

在 LTC3532 中有两个不同的电流限值电路。它们具有内部固定门限（与  $V_{IN}$  成反比地变化）。第一个电路是高速峰值电流限值放大器，它将在电流超过 1.1A（典型值）时切断开关 A。至该放大器输出的延迟

一般为 50ns。一旦峰值输入电流超过 1A（典型值），则第二个放大器开始向 FB 引脚供应电流，以使输出电压下降。该方法提供了一条对输入电流进行箝位的闭环途径。当  $V_{OUT}$  接近地电位时（例如在短路或启动期间），该门限将减半，从而提供了一种折返功能。为了使这种电流限值功能发挥其最大效用，连接在 FB 引脚与地之间的 Thevenin 电阻应大于 100k。

### 反向电流限值

在固定频率操作期间，LTC3532 工作于强制连续导通模式。反向电流限值放大器负责监视从输出端流经开关 D 的电感器电流。一旦电感器负电流超过 340mA（典型值），则 IC 将切断开关 D。

### 四开关控制

图 1 示出了 4 个内部开关与电感器、 $V_{IN}$ 、 $V_{OUT}$  和 GND 连接方法的简化方框图。图 2 示出了作为内部控制电压  $V_{CI}$  的一个函数的 LTC3532 的工作区。根据控制电压的不同，该 IC 将工作于降压、降压/升压或升压模式。 $V_{CI}$  电压是一个来自误差放大器输出（ $V_C$  引脚）的电平移位电压（见图 5）。对这 4 个电源开关进行了正确的相位调整，因此，操作模式间的转换是连续的、平滑的，且对用户而言是透明的。当  $V_{IN}$  接近  $V_{OUT}$  时，则到达降压/升压区，此时，四开关区的导通时间一般为 150ns。请参阅图 1 和图 2，现在将描述各个工作区。

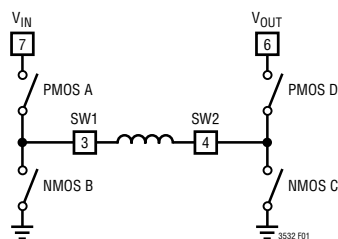
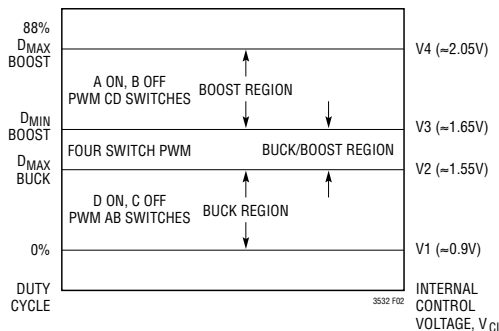


图 1：输出开关的简化接线图

## 工作原理

图 2：开关控制与内部控制电压  $V_{CI}$  的关系降压区 ( $V_{IN} > V_{OUT}$ )

在该模式中，开关 D 始终接通而开关 C 始终关断。当内部控制电压  $V_{CI}$  高于电压 V1 时，输出 A 开始转换。在开关 A 关断期间，同步开关 B 在剩余的时间里接通。开关 A 和 B 将像一个典型的同步降压型稳压器那样交替接通。随著控制电压的上升，开关 A 的占空比增加，直到转换器在降压模式中的最大占空比达到  $D_{MAX\_BUCK}$  为止， $D_{MAX\_BUCK}$  由下式给出：

$$D_{MAX\_BUCK} = 100 - D_{4SW} \%$$

式中的  $D_{4SW}$  = 四开关范围的占空比 %。

$$D_{4SW} = (150ns \cdot f) \cdot 100 \%$$

式中的  $f$  = 工作频率，单位为 Hz。

超过该点将到达“四开关”或降压 – 升压区。

降压/升压或四开关 ( $V_{IN} \sim V_{OUT}$ )

当内部控制电压  $V_{CI}$  高于电压 V2 时，开关对 AD 在  $D_{MAX\_BUCK}$  的占空比时间里保持接通状态，开关对 AC 开始逐步启用。随著开关对 AC 的逐步启用，开关对 BD 相应地逐步停用。当  $V_{CI}$  电压达到降压/升压范围的边缘时，AC 开关对将在电压 V3 处完全替代 BD 开关对，升压期在占空比  $D_{4SW}$  开始。四开关区开始时的输入电压  $V_{IN}$  由下式给出：

$$V_{IN} = \frac{V_{OUT}}{1 - (150ns \cdot f)}$$

四开关区的终点由下式得出：

$$V_{IN} = V_{OUT}(1 - D) = V_{OUT}(1 - 150ns \cdot f) V$$

升压区 ( $V_{IN} < V_{OUT}$ )

在该模式中，开关 A 始终接通而开关 B 始终关断。当内部控制电压  $V_{CI}$  高于电压 V3 时，开关对 CD 将交替开关以提供一个升压的输出电压。这种操作类似于一个同步升压型稳压器。该转换器的最大占空比被限制于 88% (典型值)，并将在  $V_{CI}$  高于 V4 时达到。

## 突发模式操作

突发模式操作指的是由 IC 向输出输送能量，直到其被稳压为止，并随后进入睡眠模式 (此时，输出被切断且 IC 所消耗的来自  $V_{IN}$  的静态电流仅为 35 $\mu$ A)。在该模式中，输出纹波具有一个取决于负载电流的可变频率分量，而且峰至峰值一般将为 2% 左右。可通过采用更大的输出电容 (47 $\mu$ F 或更大) 来使突发模式操作纹波略有减小。另一种减小突发模式操作纹波的方法是在  $V_{OUT}$  反馈分压器网络中的上部电阻器的两端跨接一个小前馈电容器 (就像在 III 类补偿中一样)。在器件向输出提供能量的过程中，峰值开关电流将为 250mA (典型值)，而且电感器电流将在每个周期于零电流终止。在该模式中，典型最大平均输出电流由下式计算：

$$I_{OUT(MAX)BURST} \approx \frac{0.2 \cdot V_{IN}}{V_{OUT} + V_{IN}} A$$



## 工作原理

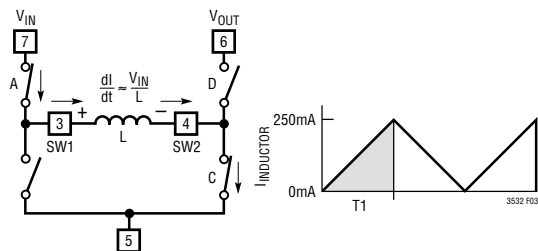


图 3：突发模式操作期间的电感器充电周期

请注意，在突发模式操作过程中的峰值效率低于固定频率操作时的峰值效率，这是因为在突发模式操作中，器件将在不连续电感器电流的情况下进入全时四开关模式（此时向输出供电），如图 3 和图 4 所示。在突发模式操作过程中，控制环路是非线性的，并且不能利用来自误差放大器的控制电压来决定控制模式，于是，需要采用全时四开关模式来维持降压/升压功能。结果，1mA 以下的效率主要受制于静态电流。突发模式操作的效率计算公式如下：

$$\text{效率} \approx \frac{n \cdot I_{\text{LOAD}}}{35\mu\text{A} + I_{\text{LOAD}}}$$

在突发模式操作期间，n 的典型值为 88%。

### 自动突发模式操作控制

突发模式操作可以是自动的，也可以通过一个引脚来进行手动控制。在自动模式中，IC 将在轻负载条件下进入突发模式操作状态，并在负载较重时返回固定频率操作模式。发生操作模式变换时的负载电流是利用一个连接于 BURST 引脚和地之间的外部电阻器来设置的，依据的公式如下：

$$\text{进入突发模式操作：} I = \frac{10.5\text{V}}{R_{\text{BURST}}}$$

$$\text{退出突发模式操作：} I = \frac{7\text{V}}{R_{\text{BURST}}}$$

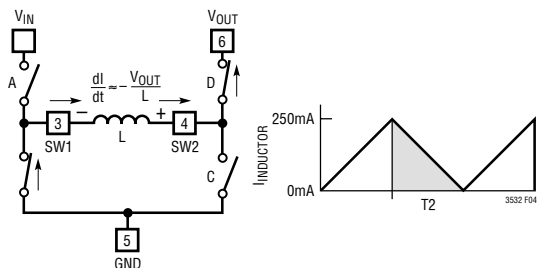


图 4：突发模式操作期间的电感器放电周期

式中的  $R_{\text{BURST}}$  的单位为  $k\Omega$ ， $I_{\text{BURST}}$  为负载变换电流（单位：A）。对于自动操作，在 BURST 引脚与地之间还应该连接一个滤波器电容器，用于防止 BURST 引脚上的纹波导致 IC 在进入和退出突发模式操作之间摇摆不定。最小电容器数值的计算公式如下：

$$C_{\text{BURST(MIN)}} \geq \frac{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}}}{60,000\text{V}}$$

式中的  $C_{\text{BURST(MIN)}}$  和  $C_{\text{OUT}}$  的单位为  $\mu\text{F}$ 。在突发模式操作中，如果一个负载瞬变导致反馈引脚电压从其稳定值下降 4% 以上，则 IC 将立即切换至固定频率模式，并短暂地将一个内部上拉电压施加于 BURST 引脚，从而对 BURST 电容器进行快速充电。这样可以防止 IC 在输出一达到稳定值时便立即重新进入突发模式操作状态。

### 手动突发模式操作

对于突发模式操作的手动控制而言，与 BURST 引脚相连的 RC 网络可以被去除。如需强制进行固定频率模式操作，则应将 BURST 引脚连接至  $V_{\text{OUT}}$  引脚。如欲强制进行突发模式操作，则应将 BURST 引脚接地。当对突发模式操作进行手动控制时，与 BURST 引脚相连的电路应能够吸收高达 2mA 的电流。为了在具有大动态负载的情况下获得最佳的瞬态响应，应由主机对工作模式进行手动控制。通过在负载骤增之前命令进行固定频率操作，可以最大限度地减小输出电压的下降。请注意，如果在强制

## 工作原理

突发模式操作期间（BURST 引脚被接地）所施加的负载电流超过了能够提供的电流，则输出电压将开始下降，IC 将自动退出突发模式操作，并进入固定频率模式，从而使  $V_{OUT}$  升高。一旦实现稳压，IC 随后将重新进入突发模式操作状态，这种循环将重复，产生约 4% 的输出纹波。需要注意的是突发模式操作在软启动期间是被禁止的。

### 突发模式操作至固定频率操作变换的瞬态响应

在突发模式操作中，补偿网络未被使用，且  $V_C$  引脚与误差放大器断接。在漫长的突发模式操作期间，外部元件中或 PC 板上的漏电流有可能导致补偿电容器充电(或放电)，因而会在返回固定频率操作模式时产生一个很大的输出瞬变(即使在相同的负载电流条件下也不例外)。为此，LTC3532 采用了一个有

源箝位电路，用于在突发模式操作期间将  $V_C$  引脚上的电压保持在一个最佳电压值上。这可以在返回固定频率模式操作时最大限度地减小任何输出瞬变。为了获得最佳的瞬态响应，还建议采用 III 类补偿以扩展控制环路的带宽以及转降输出 LC 滤波器过去两极点的响应(见“反馈环路的补偿”部分)。

### 软起动

软起动功能与停机功能是组合在一起的。当  $\overline{\text{SHDN}}/\text{SS}$  引脚电平被拉至 1V (典型值) 以上时，IC 被使能，但 EA (误差放大器) 的占空比被  $V_C$  引脚所箝位。图 5 示出了该功能的一个详细的电路图。元件  $R_{SS}$  和  $C_{SS}$  在  $\overline{\text{SHDN}}/\text{SS}$  引脚上提供了一个平缓的斜坡电压，以提供软起动功能。为了确保  $V_C$  未被箝位，必须将  $\overline{\text{SHDN}}/\text{SS}$  引脚电压提升至 2.4V 以上。

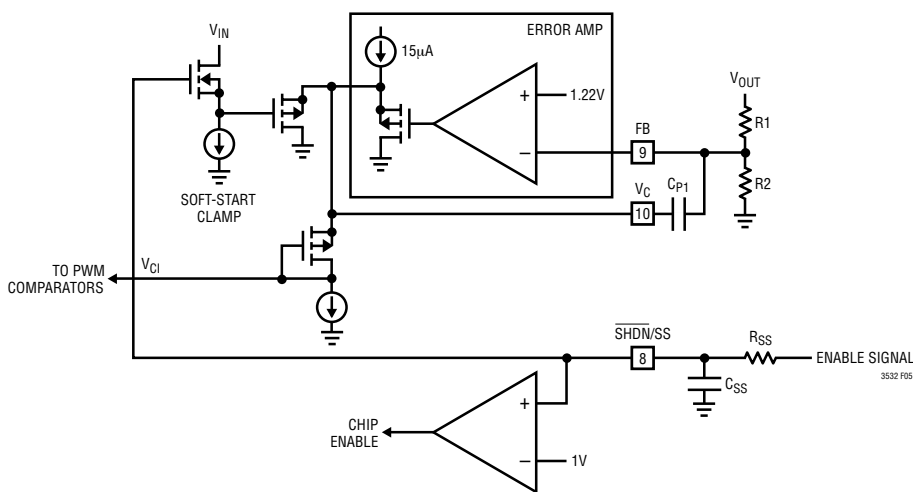


图 5：软起动电路

## 应用信息

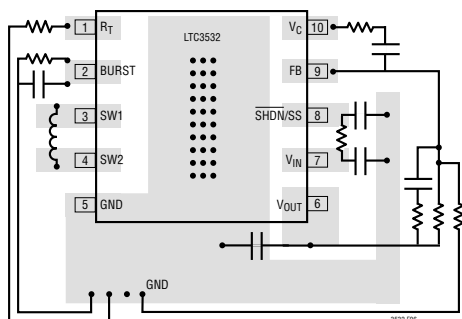


图6：推荐的元件布局。传输大电流的走线应该是笔直的。FB和VC引脚上的走线面积保持得很小。至电池的引线长度应保持得简短。

## 电感器的选择

LTC3532所进行的高频操作允许采用较小的表面安装型电感器。电感器纹波电流一般被设定为最大电感器电流的20%至40%。对于一个给定的纹波，电感项由下式给出：

$$L_{\text{BOOST}} > \frac{V_{\text{IN(MIN)}}^2 \cdot (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN(MIN)}})}{f \cdot \Delta I_L \cdot V_{\text{OUT}}^2} \text{ H}$$

$$L_{\text{BUCK}} > \frac{V_{\text{OUT}} \cdot (V_{\text{IN(MAX)}} - V_{\text{OUT}})}{f \cdot \Delta I_L \cdot V_{\text{IN(MAX)}}} \text{ H}$$

式中的  $f$  = 工作频率 (Hz)

$\Delta I_L$  = 最大允许电感器纹波电流 (A)

$V_{\text{IN(MIN)}}$  = 最小输入电压 (V)

$V_{\text{IN(MAX)}}$  = 最大输入电压 (V)

$V_{\text{OUT}}$  = 输出电压 (V)

$I_{\text{OUT(MAX)}}$  = 最大输出负载电流

为了获得高效率，应选择一个采用高频磁芯材料的铁氧体电感器以减少磁芯损耗。该电感器应具有低 ESR (等效串联电阻) 以减少  $I^2R$  损耗，且必须能在不发生饱和的情况下处理峰值电感器电流。模制扼流圈或片式电感器往往没有足够的磁芯以支持

在1A至2A范围内的峰值电感器电流。为了最大限度地抑制辐射噪声，应使用一个屏蔽电感器。请参考表1所推荐的电感器供应商。

表1：电感器供应商资料

| 供应商       | 网址                                                               |
|-----------|------------------------------------------------------------------|
| Coilcraft | <a href="http://www.coilcraft.com">www.coilcraft.com</a>         |
| Murata    | <a href="http://www.murata.com">www.murata.com</a>               |
| Sumida    | <a href="http://www.sumida.com">www.sumida.com</a>               |
| TDK       | <a href="http://www.component.tdk.com">www.component.tdk.com</a> |
| TOKO      | <a href="http://www.tokoam.com">www.tokoam.com</a>               |

## 输出电容器的选择

设置大数值的电容器以减小由每个周期进入电容器的电荷所引起的纹波。由电荷引起的稳态纹波由下式得出：

$$\% \text{ RIPPLE\_BOOST} = \frac{I_{\text{OUT(MAX)}} \cdot (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN(MIN)}}) \cdot 100}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}}^2 \cdot f} \%$$

$$\% \text{ RIPPLE\_BUCK} = \frac{I_{\text{OUT(MAX)}} \cdot (V_{\text{IN(MAX)}} - V_{\text{OUT}}) \cdot 100}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{IN(MAX)}} \cdot V_{\text{OUT}} \cdot f} \%$$

式中的  $C_{\text{OUT}}$  = 输出滤波器电容器，单位为法拉； $f$  = 开关频率，单位为 Hz。

输出电容通常要比最小值大许多倍，以处理转换器的瞬态响应要求。作为一条经验法则，转换器的工作频率与单位增益带宽之比即为输出电容为了维持期望的瞬态响应而必须在上述计算值的基础上增加的数值。

纹波的其他分量是由输出电容器的 ESR (等效串联电阻) 所引起的。应采用低 ESR 的电容器以最大限度地抑制输出电压纹波。对于表面安装型应用，建议使用 Taiyo Yuden 或 TDK 公司的陶瓷电容器、AVX 公司的 TPS 系列钽电容器或 Sanyo 公司的 POSCAP。表2列出了有关厂商的联系信息。

## 应用信息

表 2：电容器供应商资料

| 供应商         | 网址                    |
|-------------|-----------------------|
| AVX         | www.avxcorp.com       |
| Murata      | www.murata.com        |
| Sanyo       | www.sanyovideo.com    |
| Taiyo Yuden | www.t-yuden.com       |
| TDK         | www.component.tdk.com |

## 输入电容器的选择

由于  $V_{IN}$  引脚为 IC 的电源电压，而且也是至转换器功率级的输入，因此，建议在靠近  $V_{IN}$  和 GND 引脚的地方布设一个至少  $4.7\mu\text{F}$  的低 ESR 陶瓷旁路电容器。另外，最大限度地减小从转换器至电池或其他电源的杂散电阻也是很重要的。

## 可选的肖特基二极管

尽管在同步开关 B 和 D 的两端跨接肖特基二极管 ( $V_{OUT} < 4.3\text{V}$ ) 不是必须的，但在先离后合期间 (一般为  $15\text{ns}$ ) 肖特基二极管产生的压降较小，能提升效率。可采用诸如 MBRM120T3 或同等的表面安装型肖特基二极管。不要采用普通的整流二极管，因为它缓慢的恢复时间将导致效率下降。对于输出电压高于  $4.3\text{V}$  的应用，需要在 SW2 到  $V_{OUT}$  之间布设一个肖特基二极管。

## 输出电压 &gt; 4.3V

对于高于  $4.3\text{V}$  的输出电压，需要把一个肖特基二极管从 SW2 连接至  $V_{OUT}$ 。二极管必须放置在尽可能靠近器件引脚的地方，以减少由寄生的引线和走线电感在 SW2 上产生的峰值电压。

## 输入电压 &gt; 4.5V

对于输入电压高于  $4.5\text{V}$  (这有可能呈现一个过载或短路状态) 的应用，需要在 SW1 引脚与 GND 之间布设一个  $2\Omega/1\text{nF}$  的串联吸振器。还应在 SW1 至  $V_{IN}$  之间尽可能靠近器件引脚的地方增设一个肖特基二极管。对于更高的输入电压， $V_{IN}$  旁路变得更加至关重要；因此，还需要在尽可能靠近  $V_{IN}$  和 SGND 引脚的地方布设一个陶瓷旁路电容器。

## 工作频率的选择

较高的工作频率允许采用较小的电感器以及较小的输入和输出滤波器电容器，从而减小了电路板的占用面积和元件的高度。然而，较高的工作频率也会因为四个开关的栅电荷的缘故而导致 IC 的总静态电流有所增加，由下式给出：

$$\text{降压：} I_Q = (0.125 \cdot V_{IN} \cdot f) \text{ mA}$$

$$\text{升压：} I_Q = [0.06 \cdot (V_{IN} + V_{OUT}) \cdot f] \text{ mA}$$

$$\text{降压/升压：} I_Q = [f \cdot (0.19 \cdot V_{IN} + 0.06 \cdot V_{OUT})] \text{ mA}$$

式中的  $f$  = 开关频率 (MHz)。因此，频率选择是一个在最佳效率和最小解决方案外形尺寸之间进行权衡折衷的过程。

## 反馈环路的补偿

LTC3532 采用电压模式 PWM 控制。控制至输出增益随工作区 (降压、升压、降压/升压) 的改变而改变，但一般不大于 15。输出滤波器呈现一个双极点响应，由下式给出：

$$f_{\text{FILTER\_POLE}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{OUT}}} \text{ Hz}$$

(在降压模式中)

$$f_{\text{FILTER\_POLE}} = \frac{V_{IN}}{2 \cdot V_{OUT} \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{OUT}}} \text{ Hz}$$

(在升压模式中)

式中的  $L$  的单位为 H， $C_{OUT}$  的单位为 F。

输出滤波器零点由下式给出：

$$f_{\text{FILTER\_ZERO}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{ESR} \cdot C_{OUT}} \text{ Hz}$$

式中的  $R_{ESR}$  为输出电容器的等效串联电阻。

升压模式中一个颇为棘手的特点是右半平面零点 (RHP)，它由下式求出：

$$f_{\text{RHPZ}} = \frac{V_{IN}^2}{2 \cdot \pi \cdot I_{OUT} \cdot L \cdot V_{OUT}} \text{ Hz}$$

## 应用信息

一般在 RHP 零点频率之前使环路增益下降。

可采用简单的 I 类补偿网络来实现环路的稳定，但代价是带宽变窄且瞬态响应减缓。为了在采用 I 类补偿的情况下确保正确的相位余量，环路在十分之一 LC 双极点频率之前必须达到 0dB 增益。采用 I 类补偿的误差放大器的单位增益频率由下式计算：

$$f_{UG} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R1 \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

请参阅图 7。

大多数应用都要求更加优良的瞬态响应特性以便能采用一个更小的输出滤波器电容器。为了获得更高的带宽，需要采用 III 类补偿，这样就能够提供

两个零点来对输出滤波器的双极点响应进行补偿。参阅图 8，极点和零点的位置由下面的公式给出：

$$f_{pOLE1} \cong \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 32e^3 \cdot R1 \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

(该频率非常接近于 DC)

$$f_{ZER01} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

$$f_{ZER02} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R1 \cdot C_{Z1}} \text{ Hz}$$

$$f_{pOLE2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{P2}} \text{ Hz}$$

式中的电阻以  $\Omega$  为单位，电容以 F 为单位。

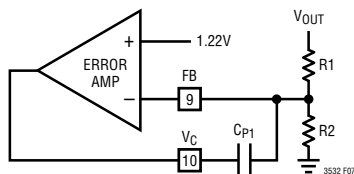


图 7：采用 I 类补偿的误差放大器

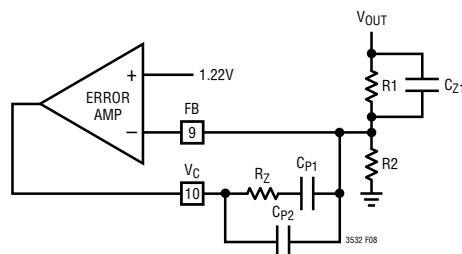
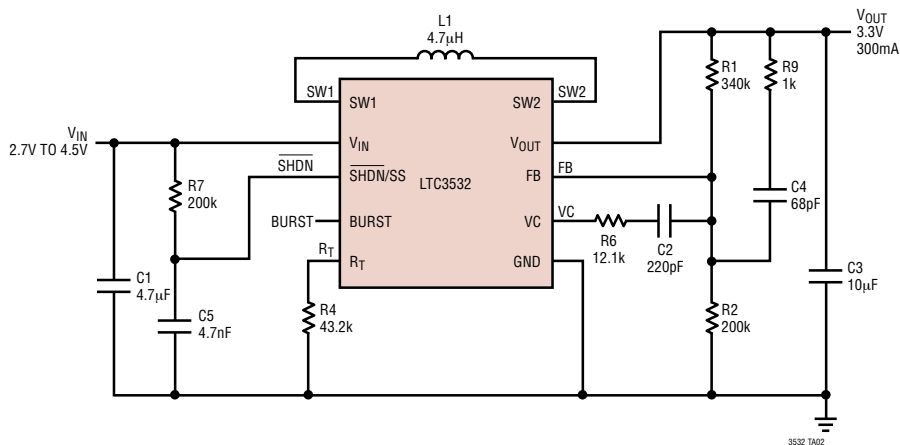


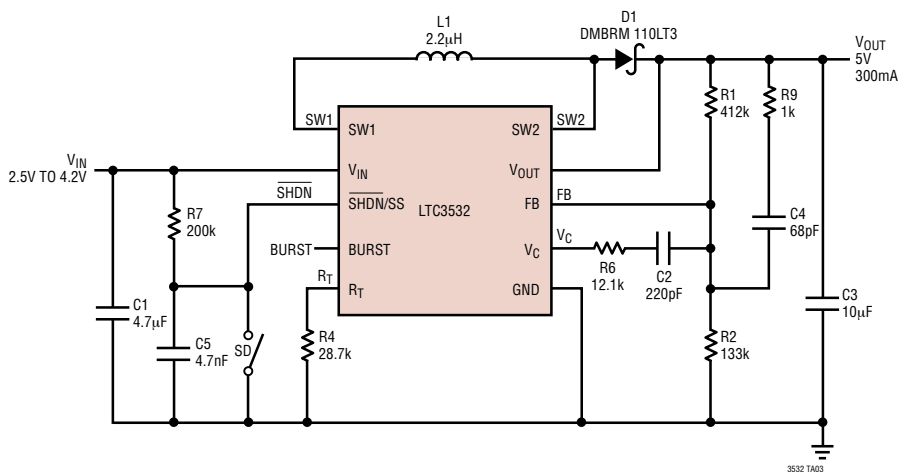
图 8：采用 III 类补偿的误差放大器

## 典型应用

具有手动突发模式操作和软起动功能的  
三节电池至 3.3V/300mA 降压-升压型转换器



具有输出断接功能的锂离子电池至 5V 升压型转换器

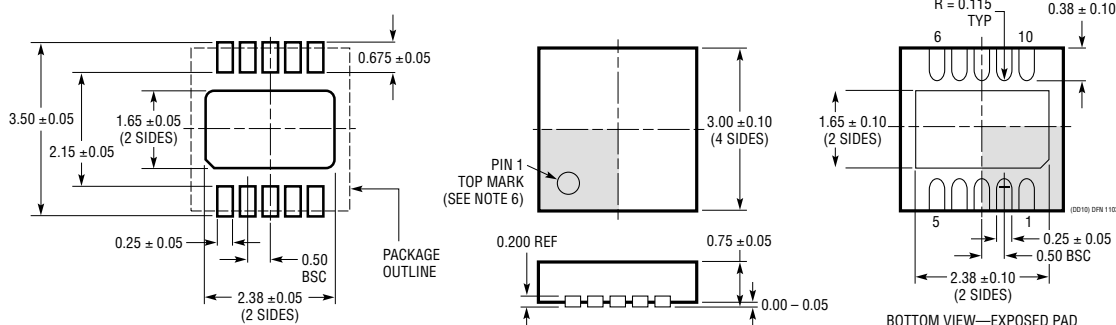


## 封装描述

### DD 封装

#### 10 引脚塑料 DFN (3mm × 3mm)

(参考 LTC DWG # 05-08-1699)



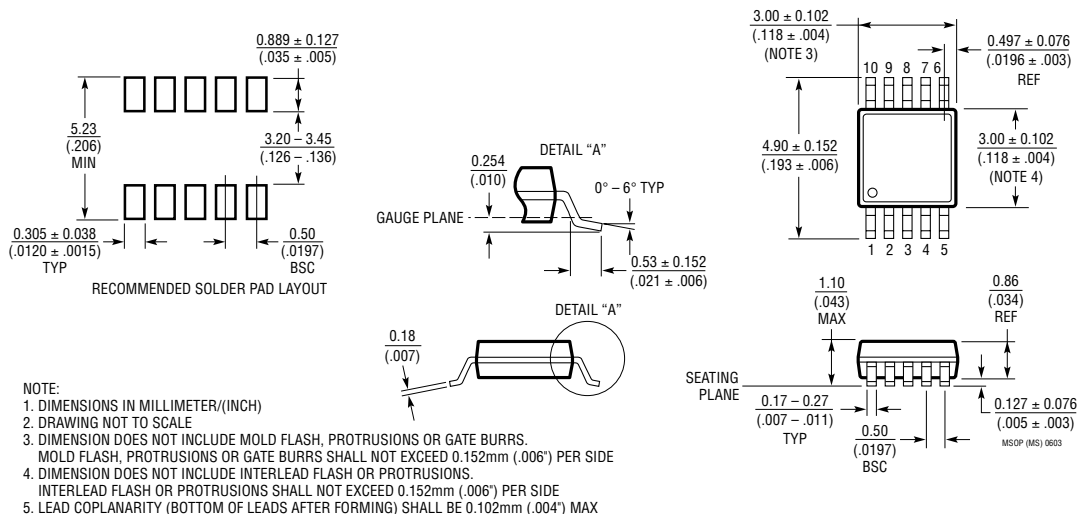
## NOTE:

1. DRAWING TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-229 VARIATION OF (WEED-2). CHECK THE LTC WEBSITE DATA SHEET FOR CURRENT STATUS OF VARIATION ASSIGNMENT
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

### MS 封装

#### 10 引脚塑料 MSOP

(参考 LTC DWG # 05-08-1663)

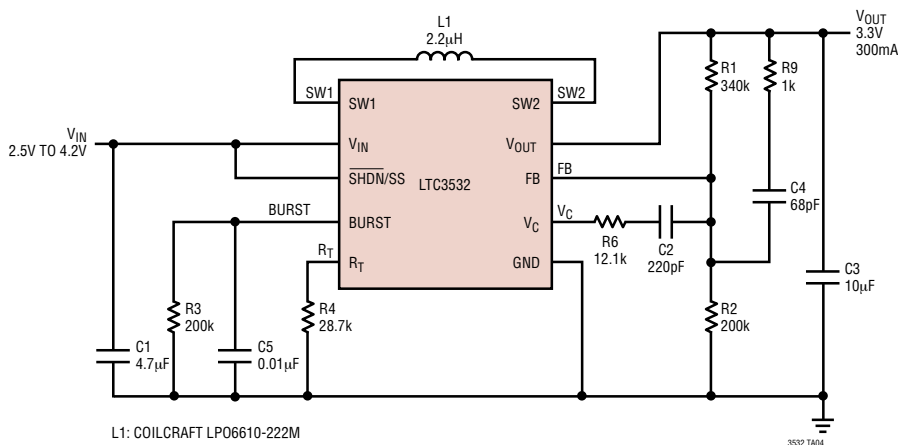


## NOTE:

1. DIMENSIONS IN MILLIMETER/(INCH)
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS.
4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS.
5. LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.102mm (.004") MAX

## 典型应用

### 具有自动突发模式操作功能的扁平锂离子电池至 3.3V/300mA 转换器



## 相关器件

| 器件型号                              | 描述                                                               | 备注                                                                                                                     |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LTC3440                           | 600mA $I_{OUT}$ ，2MHz 同步<br>降压-升压型 DC/DC 转换器                     | $V_{IN}$ : 2.5V 至 5.5V， $V_{OUT(RANGE)}$ : 2.5V 至 5.5V， $I_Q = 25\mu A$ ， $I_{SD} = <1\mu A$ ，<br>MS10/DFN 封装          |
| LTC3441                           | 1.2A $I_{OUT}$ ，1MHz 同步<br>降压-升压型 DC/DC 转换器                      | $V_{IN}$ : 2.4V 至 5.5V， $V_{OUT(RANGE)}$ : 2.4V 至 5.25V， $I_Q = 25\mu A$ ， $I_{SD} = <1\mu A$ ，<br>DFN 封装              |
| LTC3442                           | 1.2A $I_{OUT}$ ，2MHz 同步<br>降压-升压型 DC/DC 转换器                      | $V_{IN}$ : 2.4V 至 5.5V， $V_{OUT(RANGE)}$ : 2.4V 至 5.25V， $I_Q = 35\mu A$ ， $I_{SD} = <1\mu A$ ，<br>DFN 封装              |
| LTC3443                           | 1.2A $I_{OUT}$ ，600kHz 同步<br>降压-升压型 DC/DC 转换器                    | $V_{IN}$ : 2.4V 至 5.5V， $V_{OUT(RANGE)}$ : 2.4V 至 5.25V， $I_Q = 28\mu A$ ， $I_{SD} = <1\mu A$ ，<br>MS10 封装             |
| LTC3444                           | 专门针对 WCDMA 而优化的 500mA<br>$I_{OUT}$ ，1.5MHz 同步降压-升压型<br>DC/DC 转换器 | $V_{IN}$ : 2.7V 至 5.5V， $V_{OUT(RANGE)}$ : 0.5V 至 5.25V， $I_{SD} = <1\mu A$ ，<br>3 × 3 DFN 封装                          |
| LTC3531/LTC3531-<br>3.3/LTC3531-3 | 采用 SOT-23 封装的 200mA $I_{OUT}$ ，<br>同步降压-升压型 DC/DC 转换器            | $V_{IN}$ : 1.8V 至 5.5V， $V_{OUT(RANGE)}$ : 2V 至 5.25V， $I_Q = 16\mu A$ ， $I_{SD} = <1\mu A$ ，<br>SOT-23 和 3 × 3 DFN 封装 |