

概述

双极性放大器、光模块、OLED 屏幕等许多应用场合需要负压电源轨。系统电源设计人员需要可以灵活使用的电源方案。

GM2406/24061 是 42V 最高输入电压，6A/4A 输出电流的低 EMI 同步降压稳压器，典型应用下可以输出低至 1V 的正向电压，其开关频率范围为 200k~3MHz。

尽管 GM2406/24061 的典型应用为同步降压，正压输出；由于其本身具有的灵活性，在不额外增加成本以及系统方案面积的情况下，可以实现通过负压 BUCK-BOOST 拓扑，输出负电压。

本应用指南将介绍如何使用 GM2406/24061，从正输入电压生成负输出电压。

BUCK-BOOST 拓扑简介

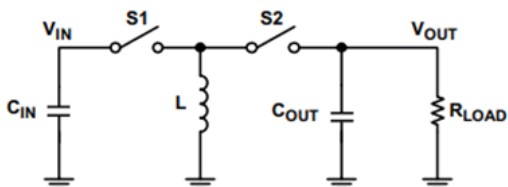


图 1. BUCK-BOOST 拓扑结构

上图为简化的 BUCK-BOOST 拓扑结构图，由输入输出电容 C_{IN}/C_{OUT} 、两个开关 S_1/S_2 以及一个电感 L 组成。注意 V_{OUT} 实际为负电压输出，其中两个开关不同时打开。考虑较大负载工况，此时电感电流连续(CCM)，开关 S_1 与 S_2 交替工作，典型工作状态如图 2、3 所示。

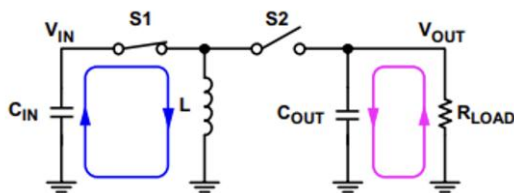


图 2. BUCK-BOOST S1 导通状态

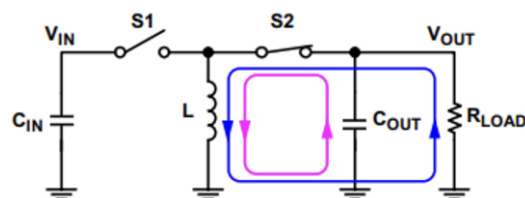


图 3. BUCK-BOOST S2 导通状态

当 S_1 导通时， V_{IN} 电源/输入电容 C_{IN} 对电感 L 进行充电，而输出电容 C_{OUT} 对负载进行放电；当 S_2 导通时，电感 L 对输出电容 C_{OUT} 及负载进行放电。

稳态工作时， S_1 和 S_2 的导通时间 t_1 和 t_2 稳定，周期 T 为 t_1 和 t_2 之和，开关频率 f_{SW} 为 $1/T$ 。输入电压 V_{IN} 、输出电压 V_{OUT} 与 S_1 导通时间占周期 T 占比 D 的关系为：

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{-D}{1-D}$$

电感电流平均值 $I_{L\text{AVG}}$ 与负载电流 I_{OUT} 及占空比 D 的关系为：

$$I_{L\text{AVG}} = \frac{I_{OUT}}{1-D}$$

电感电流纹波电流 ΔI_L 与开关频率 f_{SW} 、占空比 D 、输出电压 V_{OUT} 及电感大小的关系为：

$$\Delta I_L = \frac{-V_{OUT} \times (1-D)}{L \times f_{SW}}$$

注：若无特殊说明，下文将使用 IBB (INVERTING BUCK-BOOST) 作为缩写指代负压 BUCK-BOOST。

目录

概述	1	使用 GM2406/24061 作为 IBB 使用的前提	3
BUCK-B00ST 拓扑简介.....	1	FB 电阻器网络.....	3
注：若无特殊说明，下文将使用 IBB (INVERTING BUCK-B00ST) 作为缩写指代负压 BUCK-B00ST。	1	电感器的选择和最大输出电流	3
目录	2	输入电容器	4
版本历史	2	输出电容器和输出纹波	4
应用信息	3	使能引脚.....	4

版本历史

4/25—Rev. 0
初稿

应用信息

使用 GM2406/24061 作为 IBB 使用的前提

将 GM2406/24061 作为 IBB 使用，具有一定的限制，如下表所示，注意 V_{OUT} 为负电压。

表 1. GM2406/24061 作为 IBB 使用限制

电压或电流		GM2406/GM24061
V_{IN_MIN}	>	3.4V
$V_{IN_MAX} - V_{OUT}$	<	42V
I_{L_PEAK}	<	8.5/6A
V_{BIAS}	=	V_{OUT}

GM2406/24061 的输入电压范围为 3.4V~42V，因此作为 IBB 使用时，必须超过最小输入电压后才能开始正常工作；另外当 IBB 稳定工作时，正压输出工作时的“GND”被负压 V_{OUT} 替换，因此 IBB 的输入电压最大值与负压 V_{OUT} 的绝对值之和必须小于数据手册中 V_{IN} 至“GND”的最大值。电感电流峰值需满足数据手册中限流值的最小值，注意电感工作状态与正压输出时不同，后文给出具体计算过程。BIAS 脚需要连接至负压输出 V_{OUT} 。

GM2406/24061 作为 IBB 使用的典型拓扑如下图所示，输出电压 -5V，开关频率 2MHz。

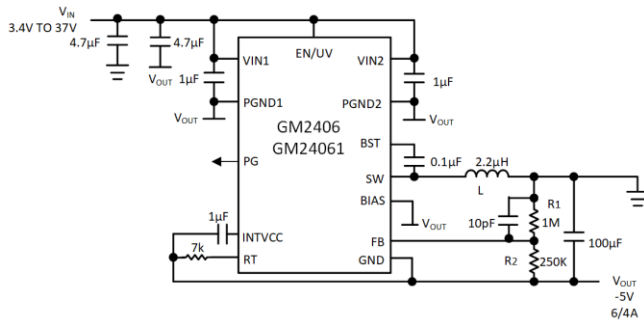


图 4. 负压 BUCK-BOOST 典型拓扑

FB 电阻器网络

与正压输出时类似，负压输出电压利用一个位于输出和 FB 引脚之间的电阻分压器来设置。根据下式来选择电阻器阻值：

$$R_1 = R_2 \cdot \left(\frac{|V_{OUT}|}{1} - 1 \right)$$

引用指示符请参阅图 4。为保持输出电压准确度，建议采用精度为 1% 的电阻器。

如果需要低的输入静态电流和优良的轻负载效率，则 FB 电阻分压器应采用大的电阻器阻值。当使用大的 FB 电阻器时，应在 V_{OUT} 和 FB 之间连接一个 4.7pF 至 22pF 的相位超前电容器。

manbasemi.com

电感器的选择和最大输出电流

GM2406/24061 专为根据应用的输出负载要求来选择电感器而设计，从而达到尽量缩减解决方案尺寸的目的。在过载或短路情况下，通过运用一种高速峰值电流模式架构，GM2406/24061 可安全地容许利用一个饱和电感器来运作。

电感值上佳的第一选择是：

$$L = \frac{-V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{SW}}$$

式中的 f_{SW} 为开关频率 (单位: MHz)， $V_{SW(BOT)}$ 为底端开关压降 (~0.15V)，而 L 为电感值 (单位: μH)。

为了避免过热和效率低下，必须使得电感额定 RMS 电流大于最大电感电流平均值 I_{L_AVG} 。

$$I_{L_AVG(MAX)} = \frac{I_{LOAD(MAX)}}{1 - D}$$

$$1 - D = \frac{V_{IN}}{V_{IN} - V_{OUT}}$$

此外，电感器的饱和电流 (通常标记为 I_{SAT}) 额定值必须高于电感电流平均值 I_{L_AVG} 与 1/2 电感器纹波电流之和：

$$I_{L(PEAK)} = \frac{I_{LOAD(MAX)}}{1 - D} + \frac{1}{2} \Delta I_L$$

式中的 ΔI_L 为式中计算的电感器纹波电流，而 $I_{LOAD(MAX)}$ 为给定应用的最大输出负载。

GM2406 限制峰值开关电流以保护开关和系统免遭过载故障的损坏。顶端开关电流限值 (I_{LIM}) 为 10A (在低占空比条件下)，并线性地减小至 7A (在 $DC = 0.8$ 时)。这样，电感值必须足以提供所需的最大输出电流 ($I_{OUT(MAX)}$)，该电流为开关电流限值 (I_{LIM}) 和纹波电流的函数。

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \frac{1}{2} \Delta I_L$$

电感器中纹波电流峰峰值可依据下式计算：

$$\Delta I_L = \frac{-V_{OUT} \times V_{IN(MAX)}}{L \times f_{SW} \times (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}$$

式中的 f_{SW} 为 GM2406 的开关频率，L 为电感值。于是，GM2406/24061 可提供的最大输出电流取决于开关电流限值、电感值、以及输入和输出电压。对于期望应用中所使用的给定开关频率以及最大输入电压，如果电感器纹波电流太大导致不能提供足够的最大输出电流 ($I_{OUT(MAX)}$)，则电感值可能必须增加。

为了实现较高的轻负载效率，在低功耗模式工作中单一小脉冲期间必须向输出提供更多的能量，使 GM2406/24061 能够在脉冲之间的时间里更长地处于睡眠模式。这可以通过使用一个较大数值的电感器来实现，而且在选择电感器

时其考虑因素应与开关频率无关。例如，虽然对于较高开关频率应用通常使用一个较低的电感值，但假如需要很高的轻负载效率，则应选择一个较高的电感值。

针对给定应用的最佳电感器也许不同于本设计指南所推荐的电感器。一个数值较大的电感器可提供较高的最大负载电流并降低输出电压纹波。对于那些需要较小负载电流的应用，电感器的数值可以较低而且 GM2406/24061 能在较高的纹波电流下运作。这允许使用一个体积较小的电感器或者具有较低 DCR 的电感器，从而实现较高的效率。应注意到：低电感有可能导致不连续模式工作，这将进一步减小最大负载电流。

例如 12 转 -5V，2A 负载电流，开关频率 2MHz 的 IBB 应用，可以选择 GM24061，2.2uH 的电感，电感 RMS 额定值需达到 3A 以上。假设输入电压峰值为 18V，选用 2.2uH 电感时，饱和电感电流能力需达到 3.3A 以上。

输入电容器

应采用至少四个陶瓷电容器对 GM2406/24061 电路的 VIN 进行旁路以实现最佳的性能。应在靠近器件的地方布设两个 1μF 的小陶瓷电容器：一个位于 VIN1/PGND1 引脚，第二个则位于 VIN2/PGND2 引脚。这些电容器应为 0402 或 0603 规格。对于需要 2 个串联输入电容器的汽车应用，可以在 GM2406 的每一侧靠近 VIN1/PGND1 和 VIN2/PGND2 引脚的地方布设两个小的 0402 或 0603 电容器。

应在靠近 VIN1 或 VIN2 之处安放对负压输出 V_{OUT} 的第三个较大的陶瓷电容器 (2.2μF 或更大) 以及对 GND 的第四个较大的陶瓷电容器 (2.2μF 或更大)。为了在整个温度和输入电压变化范围内获得最佳性能，建议采用 X7R 或 X5R 型电容器。

请注意，当采用较低开关频率时，将需要较大的输入电容。如果输入电源具有高阻抗，或者由于较长的走线或电缆而导致存在相当大的电感，则可能需要额外的大电容。这可以采用低成本电解电容器来满足需求。

输出电容器和输出纹波

在 IBB 应用中，如图 2 所示，前半周期负载电流仅由输出电容提供，因此相比正压输出拓扑，在相同输出电容与输

出电压电流绝对值条件下，具有更大的纹波。推荐在数据手册正压输出拓扑的输出电容推荐值基础上增加更多的输出电容来减少纹波。

陶瓷电容器具有非常低的等效串联电阻 (ESR)，并可提供最佳的纹波性能。应采用 X5R 或 X7R 型电容器。这种选择将提供低输出纹波和优良的瞬态响应。利用一个数值较高的输出电容器并在 V_{OUT} 和 FB 之间增设一个前馈电容器能够改善瞬态性能。另外，增加输出电容也将减小输出电压纹波。可采用一个数值较低的输出电容器以节省空间和成本，但瞬态性能将受损，而且有可能引起环路的不稳定性。

当选择电容器时，应特别仔细地阅读其产品手册，以计算相关工作条件下 (电压偏置和温度) 的实际电容是多少。有可能需要采用一个体积较大或具有较高额定电压的电容器。

使能引脚

当不需要在 VIN 上电后单独控制 EN 使能时，请直接将 EN 脚与 VIN 脚相连。如需单独控制 EN 使能，则需要一个电平转换电路。一个简易方案，仅需一对 NPN 和 PNP 管以及几个电阻，如下图所示。

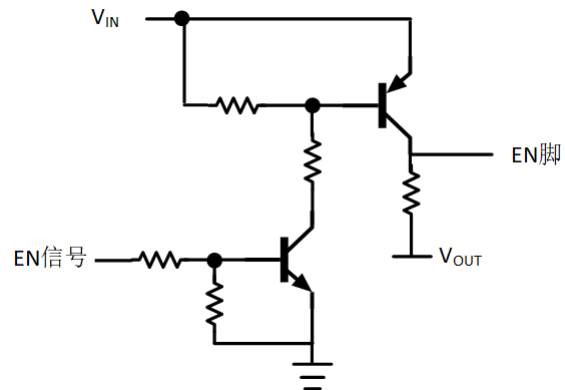


图 5. 使能引脚电平转换电路

注意此时 EN 信号仍旧属于正压电源域，信号为正压，EN 脚使能；信号为接地则 EN 脚不使能。此电路也不具有精确控制使能功能。