使用具有精密电压阈值的使能引脚实现精密启动延迟

Milos Acanski

有时，直流/直流转换器在接入输入电压后，需要延迟一段时间启动。例如，有些处理器对不同的电压域进行具体的加电排序。使用延迟启动的另一个原因是为了分散由于多个直流/直流转换器启动产生的浪涌电流峰值。

大多数直流/直流转换器具有启用或禁用器件的使能 (EN) 输入引脚。为延迟转换器的启动，可使用 图 1 中所示的 RC 网络。

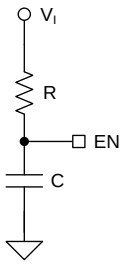

图 1. 通过 EN 引脚延迟启动

若已知器件 EN 引脚 $V_{TH;EN}$ 的阈值电压，则使用 公式 1 计算启动延迟 t_d。

$$t_d = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{V_I}{V_I - V_{TH;EN}}\right) \quad (1)$$

然而，该引脚的阈值电压可能具有较大容差，难以精确找出理想的启动时间。例如，根据该数据表，TPS63020 EN 引脚的阈值电压在 表 1 所列范围内。在这种情况下，EN 引脚的电压阈值可在 0.4V 和 1.2V 之间。

表 1. TPS63020 EN 引脚的电压电平

参数		最小值	典型值	最大值	单位
V_{IL}	EN 输入低电压			0.4	V
V_{IH}	EN 输入高电压	1.2			V

阈值范围旨在使用逻辑电平信号进行开关控制，而非设定精密的启动延迟。为实现精密启动延迟，可以增加计时器电路，但这会增加复杂度和成本。相反，若 EN 引脚具有更为精确的阈值电压，会更有益处。

*《使用带有精密使能引脚阈值的直流/直流转换器实现零噪声启动的技术简介》*针对降压转换器介绍了精确阈值电压 EN 引脚的使用。新型 TPS63802 同相降压/升压转换器的 EN 引脚也有精确的阈值电压，容差约为 3%，迟滞为 100mV，如 表 2 所列。

表 2. TPS63802 的 EN 引脚阈值电压

参数		最小值	典型值	最大值	单位
$V_{THR;EN}$	EN 引脚的上升阈值电压	1.07	1.1	1.13	V
$V_{THF;EN}$	EN 引脚的下降阈值电压	0.97	1	1.03	V

只有上升电压阈值 $V_{THR;EN}$ 对实现延时启动来说至关重要。改写 公式 1 时，R 和 C 值需满足 公式 2。为保证 公式 2 精确，延迟时间 t_d 必须大于 1ms，否则，原本可忽略不计的器件内部计时会开始影响启动延迟。另外，输入电压斜升时间过长也会影响启动延迟 t_d。

$$R \cdot C = \frac{t_d}{\ln\left(\frac{V_I}{V_I - V_{THR;EN}}\right)} \quad (2)$$

为减小电容器尺寸，通常的解决办法是尽量使用最大电阻的电阻器。考虑到 TPS63802 的 EN 引脚泄漏电流 I_{lkg} 通常为 0.01μA，当 EN 引脚电压接近 $V_{THR;EN}$ 时，电阻器电流应至少为 1μA。公式 3 给出了电阻值的推荐值。

$$R \le \frac{V_I - V_{THR;EN}}{100\ I_{lkg}} \quad (3)$$

例如，为了在 V_I = 3.3V 的系统中实现 t_d = 50ms 的启动延迟，你可以选择 R = 1.20MΩ、容差为 1% 的电阻器和 C = 100nF、容差为 5% 的电容器。图 2 显示了恰好低于 49ms 的成功启动延迟。这正好位于 3ms 或 6% 左右的等效容差范围内，此容差由电阻器、电容器和 EN 引脚阈值容差产生，不考虑输入电压和示波器精度。若同一 RC 电路采用 TPS63020，则启动延迟可为 16ms 和 54ms 范围内的任一数值。

版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

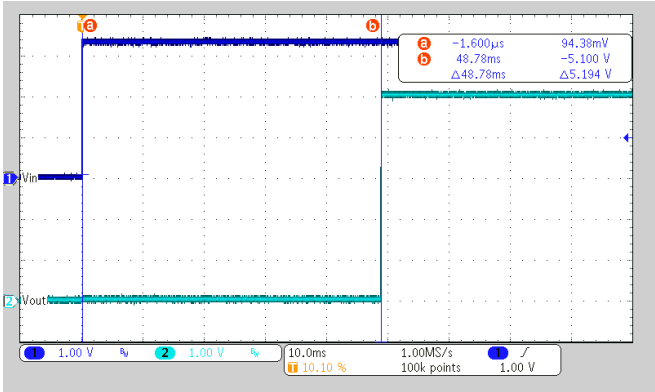

图 **2.** 成功的 **50ms** 启动延迟

上一示例表明仅添加一个电阻器和一个电容器即可轻松实现精密启动延迟。该解决方案不仅适用于降压/升压转换器，还适用于其他具有精确阈值电压 EN 引脚的降压或升压器件。如果输入电压周期短，足以影响启动延迟，那么可将一个二极管与电阻器并联，从而使电容器快速放电，如 图 3 所示。

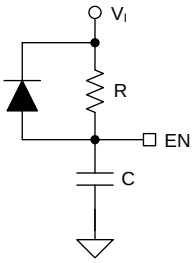

图 **3.** 添加二极管，使 **C** 快速放电

另外，可连同使用 *《使用精确阈值使能引脚防止电池过度放电的应用报告》*中的电阻分压器实现启动延迟，从而在需要的最小输入电压下禁用器件，如 图 4 所示。

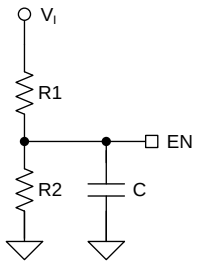

图 **4.** 设置输入截止电压和延迟启动

在这种情况下，选择组件时先选择分压器的值。然后根据 公式 4 选择电容值。

$$C = \frac{t_d}{R_{eq} \cdot \ln\left(\frac{V_{eq}}{V_{eq} - V_{THR;EN}}\right)} \tag{4}$$

其中：

$$R_{eq} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} \tag{5}$$

$$V_{eq} = V_I \frac{R2}{R1 + R2} \tag{6}$$

参考文献

- *《具有小型解决方案尺寸的 TPS63802 2A、高效率、低 IQ 降压/升压转换器数据表》*
- *《具有 4A 开关的 TPS6302x 高效率单电感器降压/升压转换器》*
- *《使用带有精密使能引脚阈值的直流/直流转换器实现零噪声启动的技术简介》*
- *《使用精度阈值使能引脚防止电池过度放电的应用手册》*

SLVAEA3 — http://www-s.ti.com/sc/techlit/SLVAEA3
版权 © 2019, Texas Instruments Incorporated

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款或 ti.com 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司