

如何设计稳定可靠的快速启动电源

作者：David Berry
首席应用工程师



在设计快速启动的隔离式电源系统时，我们会遇到一些特殊的挑战；这是因为这种电源应用于需要快速启动的场景，而且每次都需要以毫秒级的速度启动。

隔离稳压电源的设计，越来越注重电源性能，特别是电源适应负载迅速变化的能力（负载调整率）。但如果电源输入电压持续存在，设计时就会忽略一些重要指标，例如电源可靠的快速启动能力（小于10ms）。

但有些应用场景中，输入电压还没有建立，而系统必须在输入上电后几毫秒内启动。这种应用通常需要隔离以保证输入输出地是分开的，或者需要建立负电压以保证输入电压有尖峰时的系统安全。

例如，越来越多的汽车在等红灯或者静止不动时，使用引擎启停技术来节省燃油和电池能量。这种应用中，车辆空转时消耗大量能量的电气系统可能会被关闭。当然，这些系统也需要再次快速、可靠地启动。这就是快速启动系统的用武之地。

设计可靠的快速启动电源系统

要想在隔离电源系统中实现可靠快速启动，有三个关键因素：

1. 输入 dV/dt 不应超过电源自身器件的额定值；
2. 输入电容不会导致电源的输入源的内部器件超过其额定值；
3. 输出电容值应确保电源既不会过流保护，也不会震荡。

应使用适当的输入滤波器以实现输入 dV/dt 的控制。许多 DC-DC 转换器的输入部分都有一个 LC 滤波器。但如果这个 LC 滤波器遭遇阶跃电压，也就是将直流电压直接加至电源系统，该 LC 滤波器就可能产生足以损坏电源内部电路的振铃电压。最大输入 dV/dt 的常见规范是 $10V/ms$ ；闭合过快的机械开关或场效应晶体管 (FET) 很容易造成超过 $10V/\mu s$ 的上升时间的情况。设计人员应选择一款支持限流的输入滤波器，将 DC-DC 转换器的输入保持在其输入 dV/dt 限值内。

应仔细设计输入电容，以确保：第一，DC-DC 转换器具有低的源阻抗；第二，在输入或负载快速变化时电源能保持稳定；第三，输入源也在其最大额定值范围内。图 1 是电源系统框图，图 2 是典型输入滤波器的内部框图。输入电容一方面需要缓慢充电以避免超过 dV/dt 的最大值，另一方面又不能太慢，因为电源系统启动时间要小于 10ms。刚上电时，图 2 中的 Q1 为关断状态，当输入电压超过电源欠压点时，图 2 中的电荷泵/控制模块开始开通 Q1，滤波器的输出电压开始升高；这样一方面控制电压上升速度 dV/dt 不超电源输入限值，同时也控制输入电流的幅值。

图1
电源系统框图

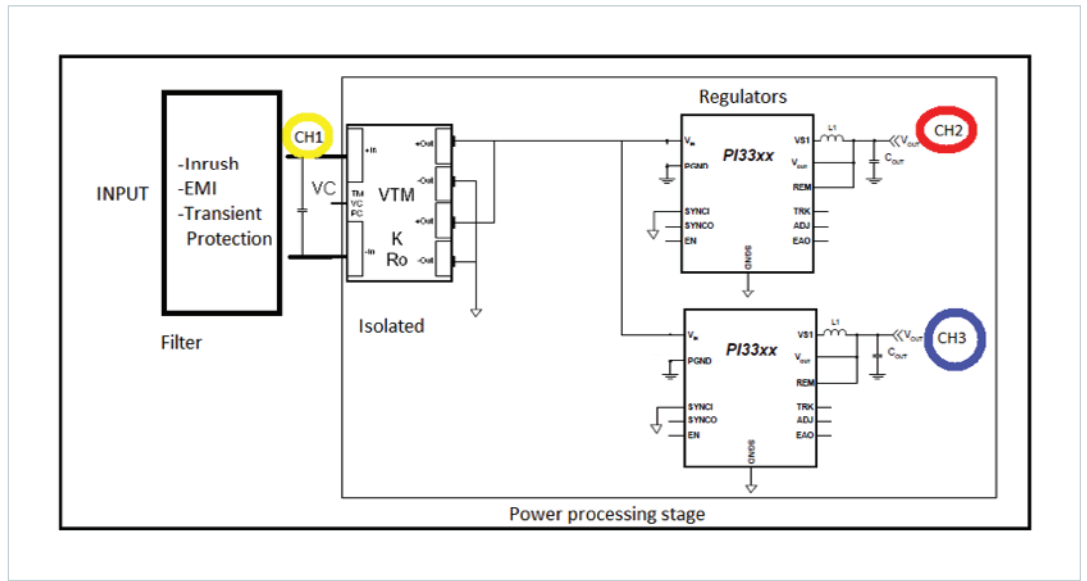
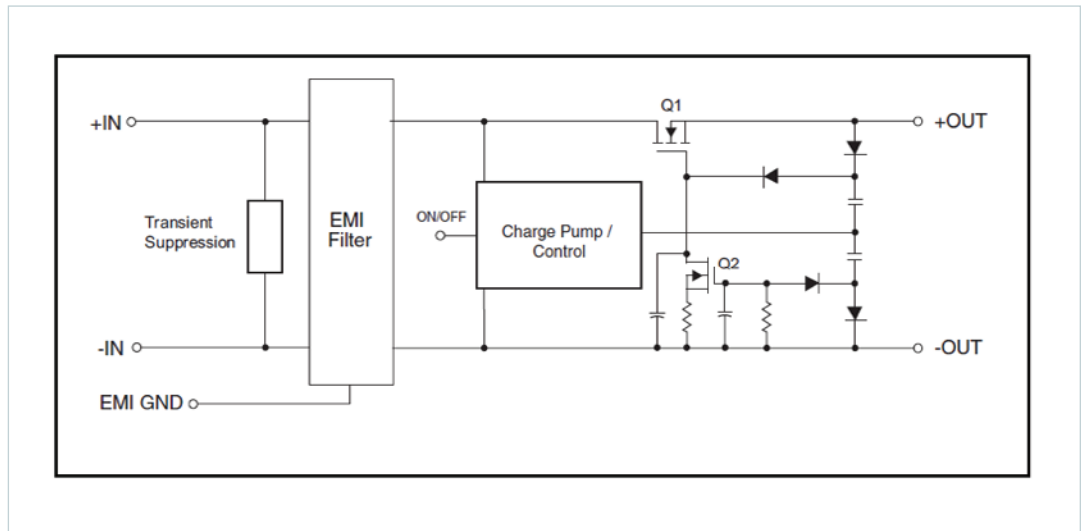


图2
典型输入滤波器的
内部原理



电容：电源快速启动过程中的一个重要因素

为了满足小于 10ms 的启动时间，系统的输入滤波器应尽快为其输出电容充电，因此设计人员应该尽量选择最小值的电容器。在针对快速启动进行设计时，建议在滤波器的输出端使用固定比例的非稳压隔离电源，因为第一这种电源基本上（甚至完全）不需要输入电容，第二它们属于开环电源，没有反馈调节，因此也不会出现环路不稳的情况。

如果在滤波器的输出端使用这样一款固定比例非稳压电源，那么只要滤波器输出的上升时间可控，则该电源的输出就可控制。这种隔离电源的输出与输入为固定比例，这将使图 1 所示的后级稳压电源保持在其输入 dV/dt 限值内。不过出于电源阻抗要求和稳定性考虑，后级稳压电源的确需要输入电容，因此在确定滤波器的输出电容时，这需要纳入考虑范围内。隔离固定比例电源的输出电容应折算到输入侧，应视为输入滤波器输出电容的一部分。

电容的折算方法为隔离电源输出/输入电压比的平方再乘以隔离电源输出电容。如果输出/输入电压比是 1/2，隔离电源输出电容是 $47\mu F$ ，那折算至滤波器的电容就是 1/2 的平方再乘以 $47\mu F$ ，等于 $11.75\mu F$ 。在这种应用中，固定比例隔离电源的性能非常关键。隔离电源内部功率电感需电感值极小。小电感值有助于电流迅速从输入流向输出，并保持固定的输入输出电压比。比如部分固定比例隔离电源的内部功率电感只有几 nH 的电感值。

输入滤波器还可防止电源系统的输入源超过其最大额定值，这对于整体系统可靠性而言非常重要。滤波器可以把容性器件从高 dV/dt 情景中隔离出来，如热插拔、机械开关或场效应晶体管开关闭合等。电源系统输入源的最大电流值，受输入源功率、连接器以及连接电源的走线限制。随着时间的推移，上述组件的性能可能会衰退，成为潜在的故障点，甚至在电流高于额定值时直接出现故障。在要求启动时间低于 10 毫秒的电源系统中，电源的输入电压必须迅速升高，因为该输入电压的上升时间，也是启动时间的一部分，但给电容快速充电将导致较高的浪涌电流。滤波器可帮助减少这个浪涌电流，许多滤波器的额定浪涌电流值以（安培）/（输出电容 μF ）为单位。因此对于 $0.007A/\mu F$ 的额定值，如果滤波器输出电容为 $47\mu F$ ，浪涌电流即为 $0.007A * 47\mu F = 0.329A$ 。

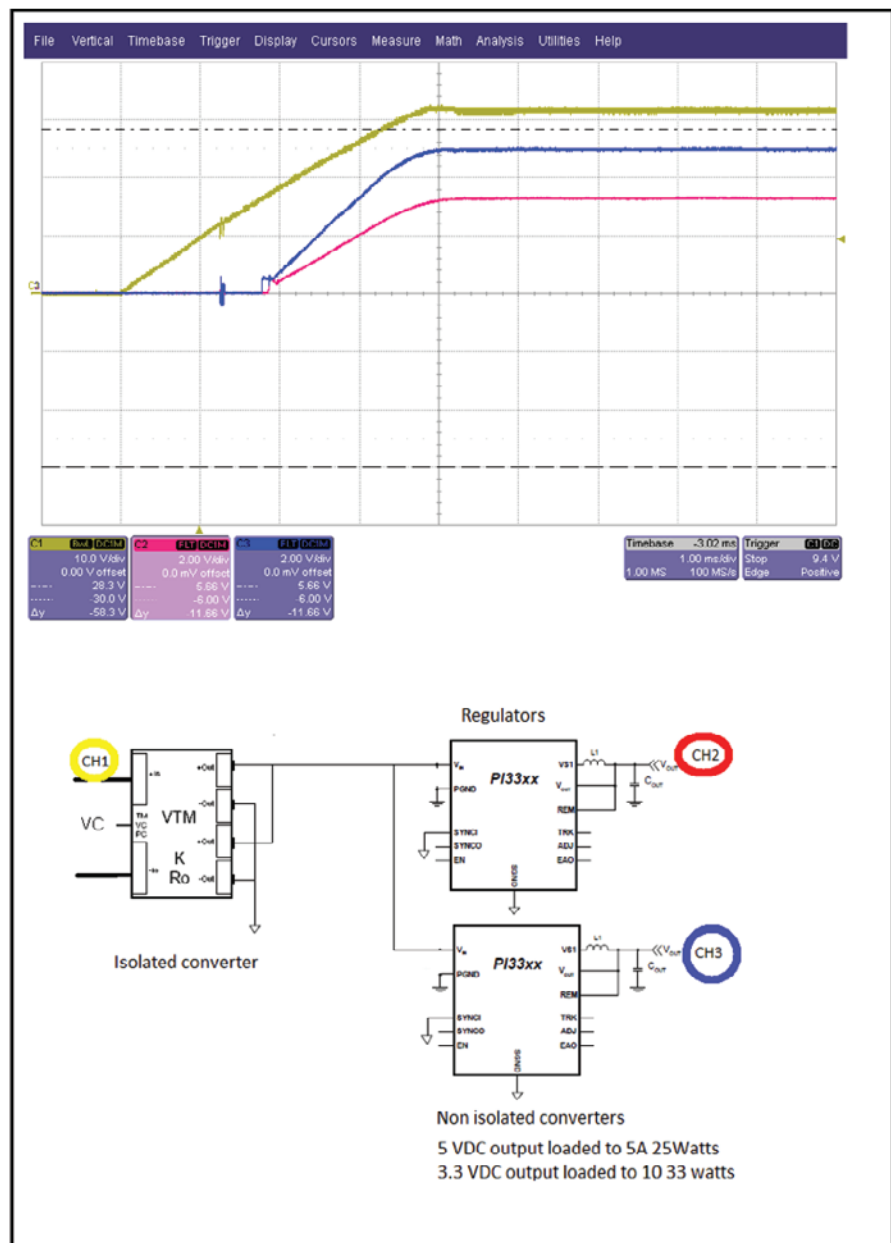
如果电源输出电容过大造成输出限流，也会在需要快速启动的应用中造成延迟。过流可能导致电源关闭并重启，也可能造成输出电压下降，这两种情况都会显著延长整个启动时间。在许多应用中，电源输出端既有自身的输出电容，又有负载电容，这些电容在启动时都由电源充电。若把这一点纳入考虑范围内的话，最好尽量使用最小的输出电容。为输出电容充电的输出电流可通过以下公式计算： $I = C * dV/dt$ ，其中 I 是电源输出电流， C 是输出电容， dV/dt 是电源输出电压的上升速度。如果负载在上升时间处于工作状态，电源需提供的电流 I 就会进一步增加。无论何种情况， I 都不应该超过电源的输出电流最大值。如果电流确实超过限值，那么可能需要并联一个电源来增加输出电流额定值。

电源的输出电容可降低输出纹波，同时使其在运行过程中保持稳定。电源的开关频率越高，所需的电容值就越小；比如 500kHz 至 1MHz 的高开关频率，将允许我们使用低电感和电容值的同时，还能保证输出纹波低至 30mV。

在设计图 1 所示启动时间小于 10ms 的电源系统时，有几个组件必须被唤醒并保持在功率、电压及电流额定范围内。上电后，滤波器控制器必须唤醒并开始控制滤波器的输出电压，同时让电流保持在其最大值以下，并让后级非隔离电源保持在其最大输入 dV/dt 范围内。当后级电源达到其欠压开启电压时，其电源内部控制器必须唤醒并有效控制其输出电压，为输出电容充电，有时还要同时为负载供电。

上述这些时间加在一起，总时间必须小于 10ms。图 3 是使用一个 Vicor VTM 和两个后级 Vicor PI33xx 非隔离电源组成的、启动时间不足 10ms 的电源系统的启动波形。该系统配备一个隔离固定比例电源和两个非隔离电源。隔离电源有助于系统在输入和输出之间提供独立的接地。两个非隔离电源分别接 25W 和 33W 的负载，而从上电开始算起的启动时间测定为 4ms 左右。该系统极具扩展性，只需以并联方式添加电源组件或使用更高功率的电源组件即可。此外，以并联方式添加组件还可实现冗余工作。

图 3
为不足 10ms 的
启动时间配置的
电源系统



结论

设计快速启动电源时，会遇到一些独特的挑战；比如对电容的设计和配置，是就完美实现这样一个电源系统的重要环节。如今越来越多的应用需要频繁快速启动，使用传统电源无法实现，因为其高输入和输出电容容值会带来风险，比如瞬态电压和电流尖峰，我们在设计时需要仔细斟酌。

在使用正确电源组件的情况下，我们可以设计出可靠的启动时间小于 10ms 的隔离式电源系统。效率高、体积小的电源组件最适合各种便携、空中或地面应用。Vicor的响应速度快、高效、小巧的电源组件可帮助我们设计出可靠的快速启动电源。

联系我们: <http://www.vicorpower.cn/zh-cn/contact-us>

Vicor Corporation

电话: 400 101 5482

www.vicorpower.cn

电子邮件

客服: vicorchina@vicorpower.com

技术支持: chinaapps@vicorpower.com

©2018 Vicor 公司， 版权所有。Vicor名称是Vicor公司的注册商标。其他商标、产品名称、徽标和品牌均为其各自所有者的财产。