

Lokesh Ghulyani

摘要

可编程逻辑控制器 (PLC) 等工业设备需要大容量电容器来存储能量，以便在设备关闭之前留出时间来对关键信息进行备份。对于 DIN 电源，负载的输出电容是未知的，电源设计人员必须针对宽输出电容范围进行设计。本应用手册介绍了如何使用 TPS2663 和 TPS1663 器件为大型未知电容器供电。

内容

1 引言.....	2
2 启动时以恒定浪涌电流和输出压摆率为容性负载供电.....	3
3 启动时在电源开关中以恒定功耗为容性负载供电.....	5
4 启动时通过热调节为容性负载供电.....	7
5 结论.....	9
6 参考文献.....	9
7 修订历史记录.....	10

插图清单

图 1-1. PLC CPU 的方框图.....	2
图 1-2. DIN 电源方框图.....	2
图 2-1. TPS26600 以恒定浪涌电流为电容器充电的应用电路.....	3
图 2-2. $C_{OUT} = 1\text{mF}$ 、 $I_{INRUSH} = 115\text{mA}$ 时的功耗.....	3
图 2-3. 采用恒定浪涌电流时的启动中断.....	5
图 3-1. TPS2471x 在电源开关中以恒定功耗启动的应用电路.....	5
图 3-2. 在电源开关中以恒定功耗实现干净启动.....	6
图 3-3. 在电源开关中以恒定功耗启动时发生的中断.....	7
图 4-1. TPS2663x 应用电路.....	7
图 4-2. 通过在 $C_{OUT} = 4.7\text{mF}$ 下进行热调节实现干净启动.....	8
图 4-3. 在 C_{OUT} 为 20mF 时实现干净启动.....	9

表格清单

表 2-1. 负载电容耗散的功率.....	4
表 4-1. 充电时间和电容与温度之间的关系.....	9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

可编程逻辑控制器 (PLC) 广泛用于工业自动化。PLC 从传感器收集数据，使用 CPU 分析这些数据，并通过执行器控制工业过程。PLC CPU 需要储能，以便在断电的情况下对存储的关键信息进行备份。储能由电池或大电容器提供。由于成本较低，大电容器比电池更适用于储能。图 1-1 提供了 PLC CPU 的方框图。

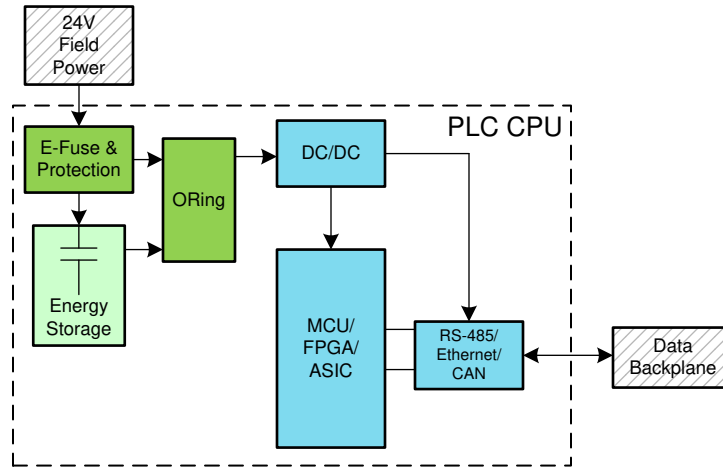


图 1-1. PLC CPU 的方框图

24V 现场电源是 PLC CPU 的主要电源。具有集成 MOSFET 和保护功能的 eFUSE 器件可用于 PLC CPU 的电源输入端，以保护其免受现场电源总线上的浪涌和故障的影响。储能电容器用于在现场电源总线发生电源故障时为直流/直流转换器供电。一个电容值通常大于 1mF 的电容器用于在故障期间为 PLC CPU 供电。该电容器在启动过程中会消耗大量电流，并会导致 eFUSE 因过载或过度散热而关闭。另一个需要大电容的类似储能应用是电机和伺服驱动器。TI 设计方案 [适用于伺服驱动器且具有紧凑结构和较高效率的 24V 输入辅助电源参考设计](#) 提供了伺服驱动器电源的完整设计过程和测试结果。

在 PLC 系统中，有一条 24V 电源总线为 PLC 系统中的模块供电。该电源总线由 DIN 电源供电。该电源总线上连接的模块的数量随 PLC 系统的架构而变化。展示在 DIN 电源面前的输出电容是未知的。通常，小于 250W 的 DIN 电源专为 10mF 的最大容性负载而设计。图 1-2 提供了 DIN 电源的方框图。

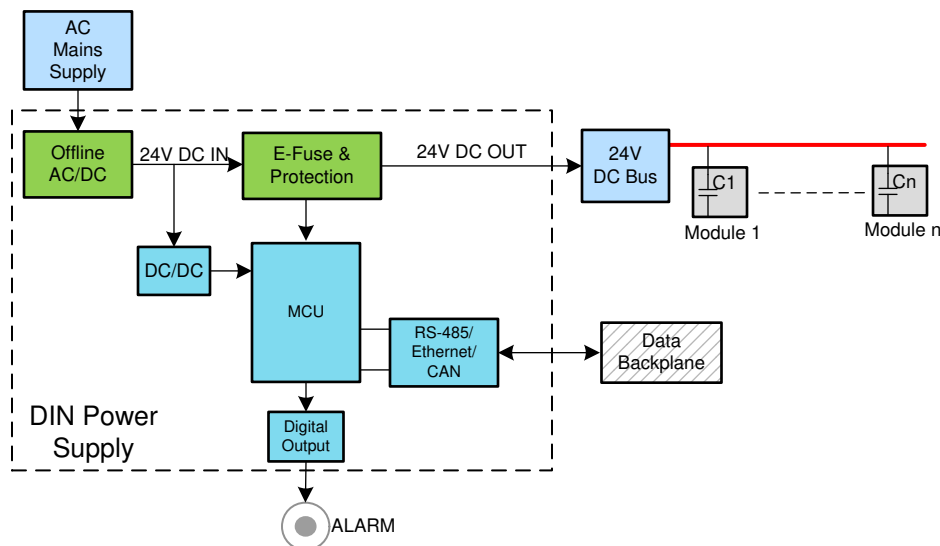


图 1-2. DIN 电源方框图

2 启动时以恒定浪涌电流和输出压摆率为容性负载供电

电容器在启动时从电源吸收大量电流，这会导致电源因过载而跳闸。为了限制进入电容器的浪涌电流，可使用电源开关在电容器启动时对其进行恒流充电。使用浪涌电流为电容器充电时，输出电压会随时间线性增加。例如，TPS2660 器件在 dVdT 引脚上有一个电容器，用于控制输出压摆率并限制输出电容器的浪涌电流。图 2-1 提供了使用 TPS2660 以恒定浪涌电流为电容器充电的应用电路。

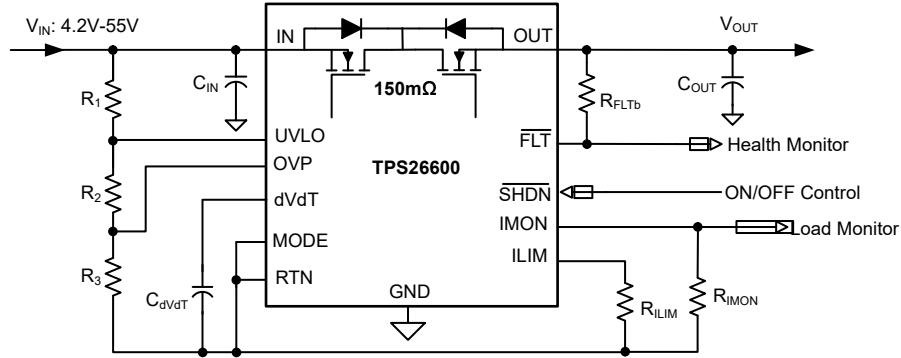


图 2-1. TPS2660 以恒定浪涌电流为电容器充电的应用电路

上电时，输出电容的电压为零，功耗为 $(V_{IN} \times I_{INRUSH})$ 。随着为电容器充电，功率器件两端的电压降和功耗降低。为将输出电容器充电至 V_{IN} 电压，在启动期间，电源开关消耗的平均功率为 $(0.5 \times V_{IN} \times I_{INRUSH})$ 。图 2-2 提供了 C_{OUT} 为 1mF、 I_{INRUSH} 为 115mA 的功耗。

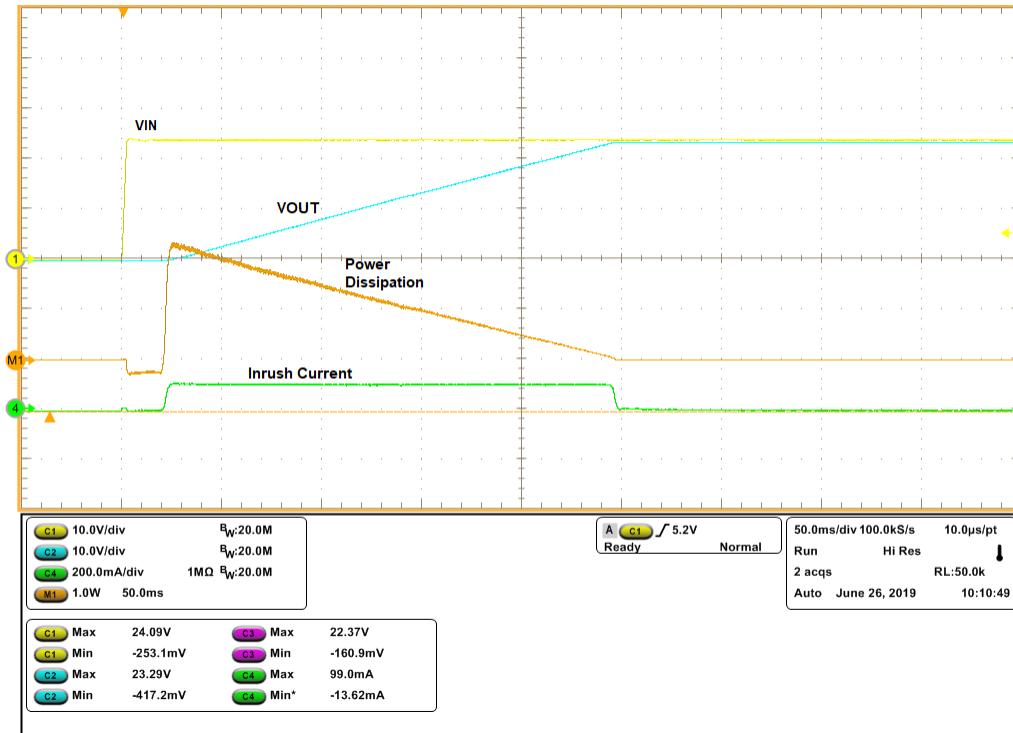


图 2-2. $C_{OUT} = 1\text{mF}$ 、 $I_{INRUSH} = 115\text{mA}$ 时的功耗

对于较低的电压和较低的输出电容，可以以恒定的浪涌电流和恒定的输出压摆率对电容器进行充电。但随着输出电容和输入电压的增加，上电时电源开关的功耗也会增加，并可能导致热关断和启动中断。表 2-1 提供了启动时间为 209ms、恒定输出压摆率为 115V/s 时耗散的功率。

表 2-1. 负载电容耗散的功率

V_{IN}	I_{INRUSH}	C_{OUT}	耗散的平均功率
24V	115mA	1mF	1.38W
24V	250mA	2.2mF	3W
24V	540mA	4.7mF	6.5W
24V	1725mA	15mF	20.7W

随着更高电压下功耗的增加以及输出电容的增加，电源开关进入热关断状态并导致启动中断。图 2-3 显示了在输出电容为 15mF 且 V_{IN} 为 24V 时电源开关的热关断而导致的启动中断。

若要使用 TPS2660x 器件进行设计并实现干净启动，请参阅 [TPS26600 设计计算器](#)。

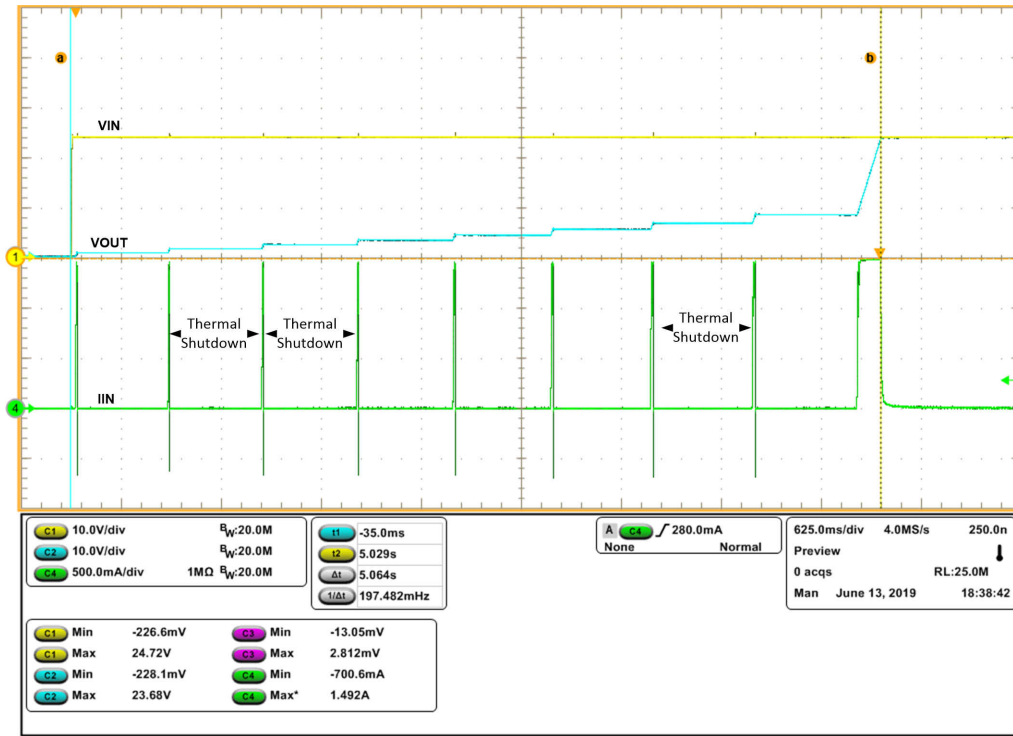


图 2-3. 采用恒定浪涌电流时的启动中断

3 启动时在电源开关中以恒定功耗为容性负载供电

像 TPS2471x 这样的热插拔控制器可以在电源开关中以恒定的功耗为输出电容器充电。如图 3-1 所示，电阻 R_{PROG} 会设置电源开关 M1 的功耗限值，电容 C_T 会设置功率限制和过流故障的最长时间。

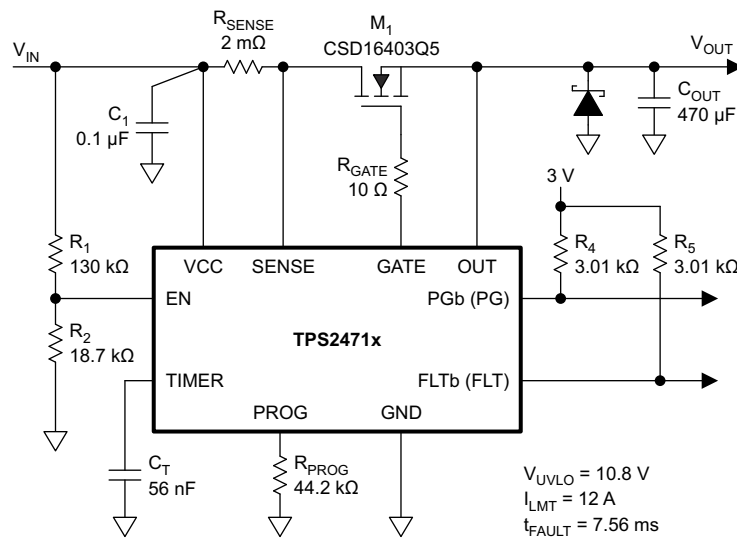


图 3-1. TPS2471x 在电源开关中以恒定功耗启动的应用电路

图 3-2 显示了电容为 1mF 且 V_{IN} 为 12V 时的启动。浪涌电流最初处于最低值，但随着输出电容器充电时功率关上压降的减小而增加。这些器件可以提供具有更高输出电容和更高输入电压的干净启动，但它们需要外部

MOSFET 来处理启动期间的功耗。如果使用外部 MOSFET，则需要增加电路板面积，这导致了解决方案尺寸增大。

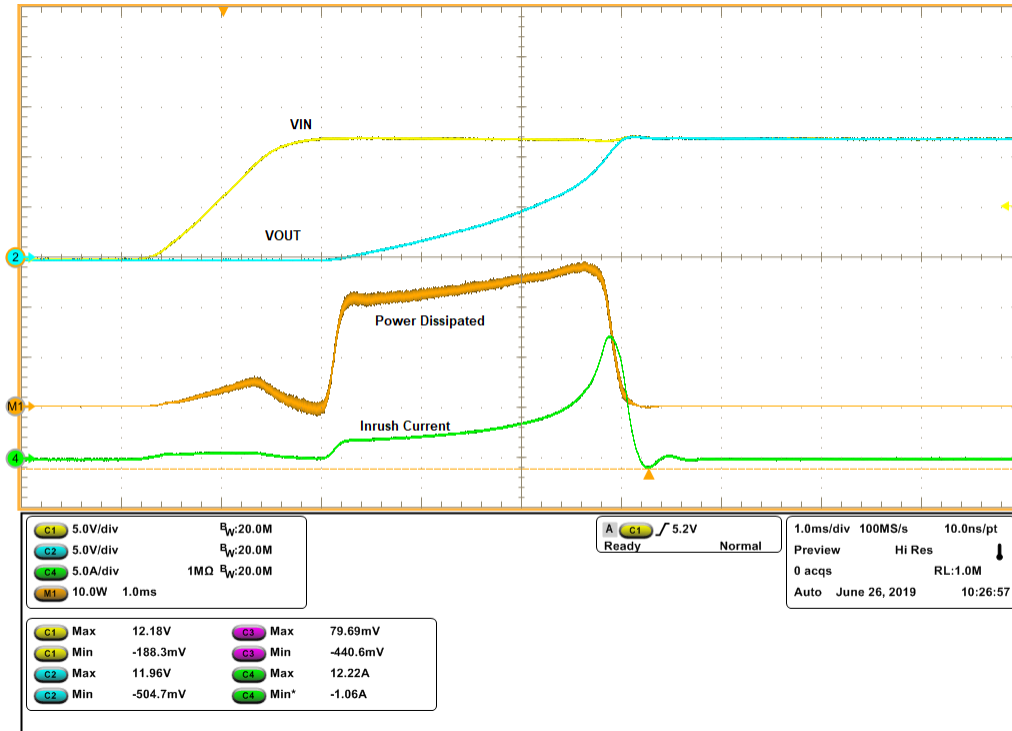


图 3-2. 在电源开关中以恒定功耗实现干净启动

随着输入电压和负载电容的增加，电源开关中的功耗可能会超出电源开关的 SOA 限值，并会导致启动中断。图 3-3 显示了 TPS24710 器件在 V_{IN} 为 15V 且 C_{OUT} 为 2.2mF 时的启动中断。该器件尝试在 8ms 内为负载电容充电，输出电压最高可达 7.5V。

若使用 TPS24710 器件进行设计，请参阅 [TPS24710 设计计算器](#)。

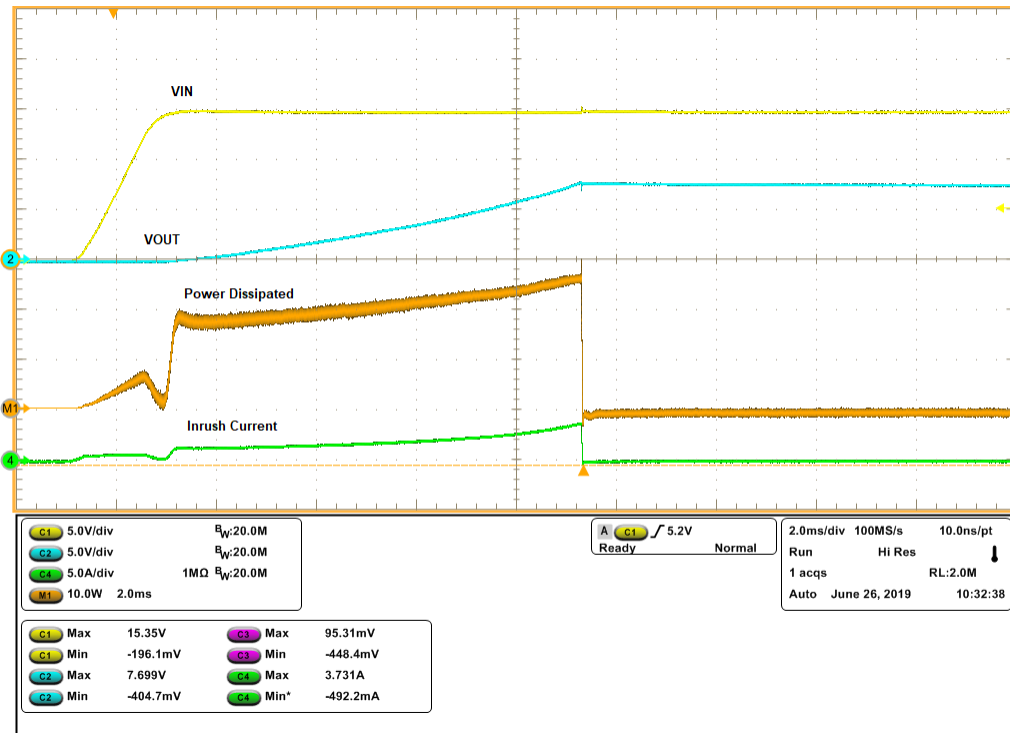


图 3-3. 在电源开关中以恒定功耗启动时发生的中断

4 启动时通过热调节为容性负载供电

为了无中断地为大容量负载供电，需要在启动时进行热调节，以防止电源开关关闭。通过启动时进行热调节，电源开关将结温调节至低于热关断温度，并做到在存在大容量负载的情况下干净启动。TPS2663 和 TPS1663 器件在启动时具有热调节功能，可在存在大容量负载时实现干净启动。图 4-1 显示了带有 TPS2663x 器件的应用电路。

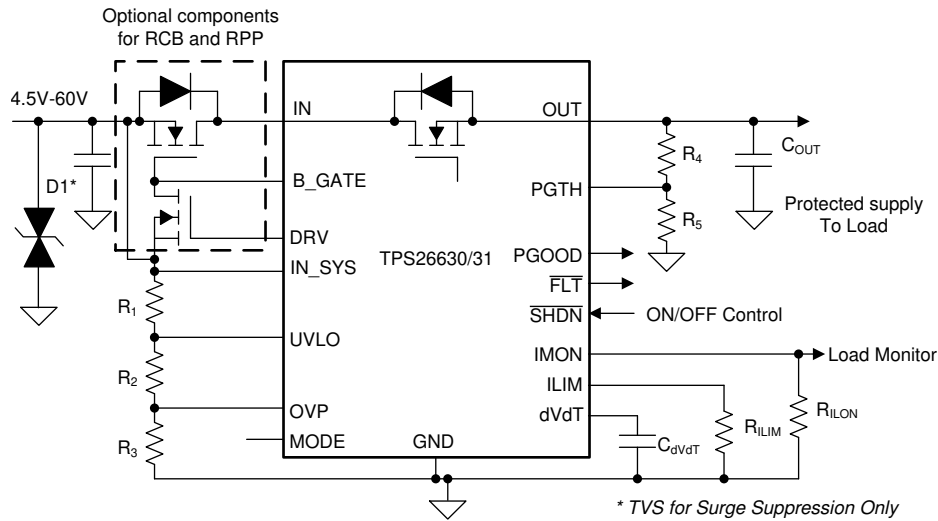


图 4-1. TPS2663x 应用电路

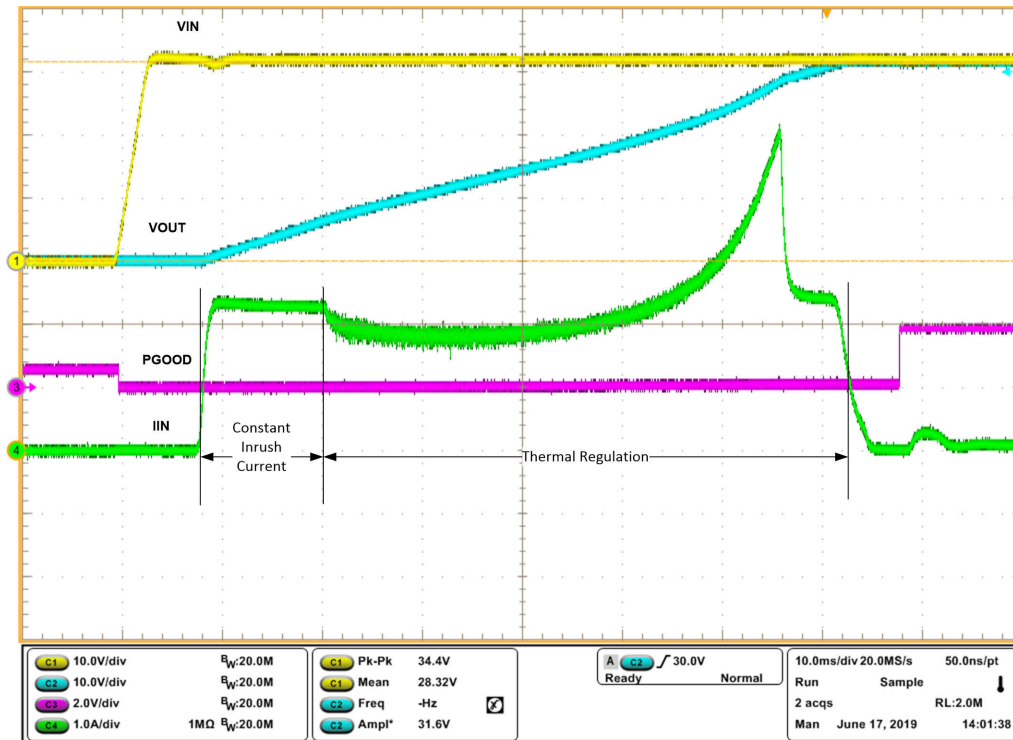


图 4-2. 通过在 $C_{OUT} = 4.7\text{mF}$ 下进行热调节实现干净启动

图 4-2 显示了在存在 4.7mF 容性负载和 $32\text{V } V_{IN}$ 的情况下实现的干净启动。器件以恒定浪涌电流启动，然后进入热调节状态以防止热关断，并在 65ms 内上电。若不进行热调节，启动时间甚至会以几分钟的数量级增加，以便为大容性负载充电。在容性负载未知的情况下，很难选择适当的浪涌电流值和压摆率来为输出电容器充电。通过热调节，设计人员无需选择适当的浪涌电流值和输出压摆率即可实现快速可靠的启动。

容性负载越大，电源开关的升温速度就越快，并且热调节启动得越早。图 4-3 说明了在存在 20mF 容性负载和 $32\text{V } V_{IN}$ 情况下实现的干净启动。

若要使用 TPS2663 和 TPS1663 器件进行设计，请参阅 [TPS2663 设计计算器](#)。

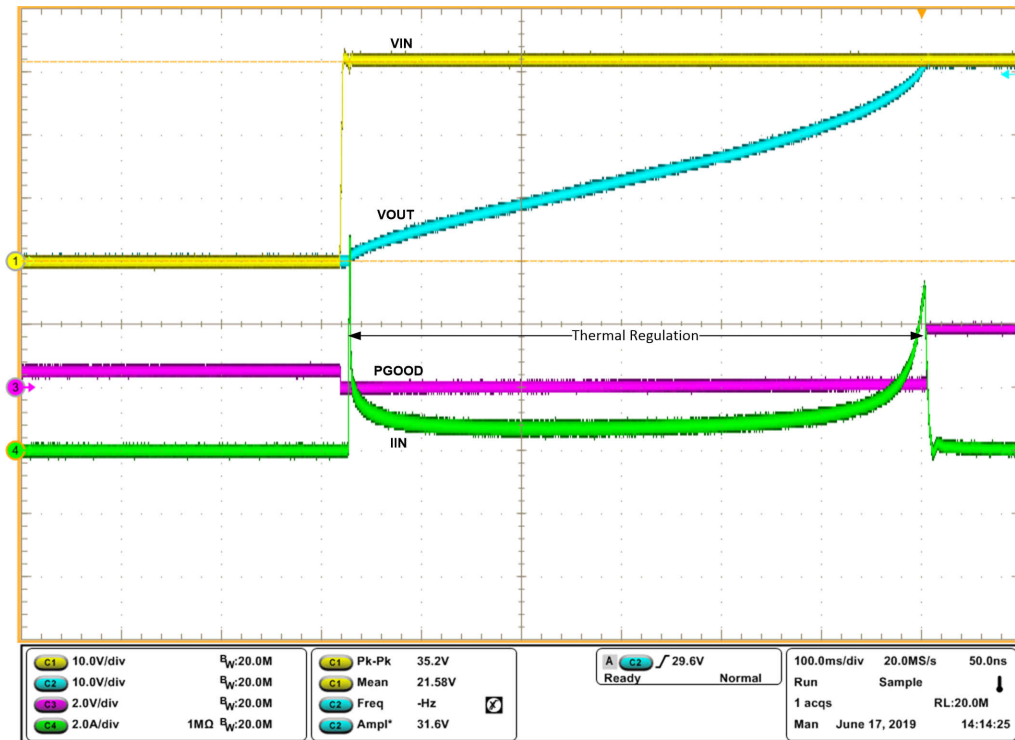


图 4-3. 在 C_{OUT} 为 20mF 时实现干净启动

表 4-1 列出了 TPS2663 和 TPS1663 器件在不同容性负载和环境温度下的充电时间。

表 4-1. 充电时间和电容与温度之间的关系

		温度			
VIN		- 40°C	0°C	25°C	105°C
4.5V	充电时间	20.5ms	19.9ms	20.9ms	21ms
	电容值	32mF	32mF	32mF	32mF
18V	充电时间	287.9ms	312.2ms	408ms	1390ms
	电容值	32mF	32mF	32mF	32mF
32 V	充电时间	1625ms	1757ms	2144ms	2622ms
	电容值	32mF	32mF	32mF	16mF

5 结论

通过恒定浪涌电流为大容性负载供电可能会因热关断而导致启动中断，而在电源开关中以恒定功耗为大容性负载供电则需要外部 MOSFET 来承受启动期间的功耗。具有集成的热调节和 MOSFET 的 TPS2663 和 TPS1663 器件提供了一种经过优化的解决方案，可实现在存在大型且未知容性负载时快速可靠启动。

6 参考文献

- 德州仪器 (TI), [适用于伺服驱动器且具有紧凑结构和较高效率的 24V 输入辅助电源参考设计](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS2663 设计计算器](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS26600 设计计算器](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS24710 设计计算器](#)

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (May 2019) to Revision A (February 2022)	Page
• 将标题从在存在大型且未知容性负载时保持启动的可靠性更新为在存在大型且未知容性负载时保持启动的可靠性	1

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