

如何为ATE应用创建具有拉电流和灌电流功能的双输出电压轨

Jhun Rennel Sanchez, 产品应用工程师
Anthony Serquiña, 高级应用开发工程师

摘要

本文详细介绍一种创建双输出电压轨的方法, 该方法能为设备电源(DPS)提供正负电压轨, 并且只需要一个双向电源。传统的设备电源供电方法使用两个双向(拉电流和灌电流能力)电源, 一个为正电压轨供电, 一个为负电压轨供电。这种配置不但笨重, 且成本高昂。

简介

DPS一般与自动测试设备(ATE)和其他测量设备搭配使用。ATE是一种电脑控制机械, 自动驱动传统的手动电子测试设备来评估功能、质量、性能和应力测试。这些ATE需要配套的DPS提供四象限电源运行能力。DPS是一种四象限电源, 可以提供正电压或负电压, 同时具备拉电流和灌电流能力。要使用DPS为更大电流的应用供电, 需要将多个DPS设备组合在一起, 以提高解决方案的电流容量。DPS可以提供拉电流和获取灌电流, 所以DPS的电源必须具备同样的功能。采用双输出电压轨设计旨在将所需的双向电源的数量减少至一个, 同时仍然为DPS提供正负双向电源。构建双向正电源非常简单, 可以使用市面上提供拉电流和灌电流的多种IC实现。问题在于根据受测设备(DUT)的要求, 负电源也需要具有拉电流和灌电流能力。一种解决方案是使用双向降压IC, 该IC可以配置用作反相降压-升压转换器。例如LTC3871, 这是一个双向降压或升压控制器, 可用于正电压轨和负电压轨。

使用降压IC设计反相降压-升压转换器

图1显示了降压转换器的简化原理示意图。该转换器获取正电压输入, 然后输出幅度更低正电压。图2显示了一个反相降压-升压转换器, 它获取正电压输出, 然后输出幅度更小或更大的负电压。如图3所示, 可以按照以下步骤, 将降压拓扑转换为反相降压-升压拓扑:

- ▶ 将降压转换器的正电压输出转换为系统地
- ▶ 将降压转换器的系统地转换为负电压输出节点
- ▶ 在降压转换器的 V_{in} 和正电压输出之间施加输入电压

图4显示了将降压IC转换为反相降压-升压配置的简化原理图。

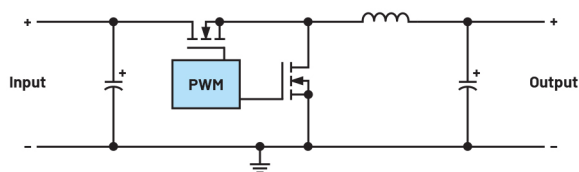


图1. 降压转换器。

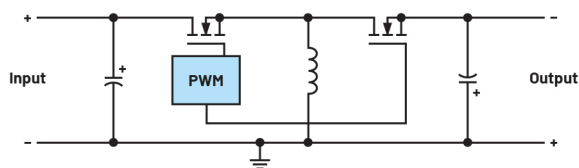


图2. 反相降压-升压转换器。

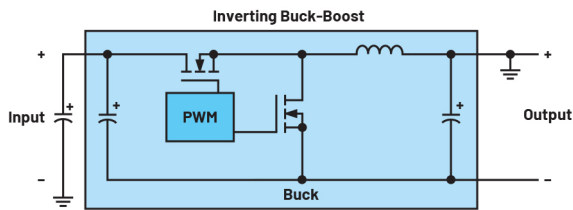


图3. 将降压转换器转换为反相降压-升压配置。

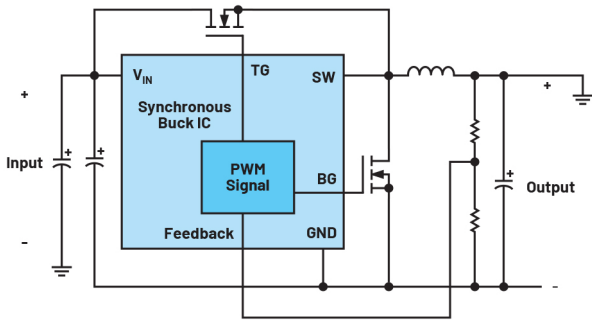


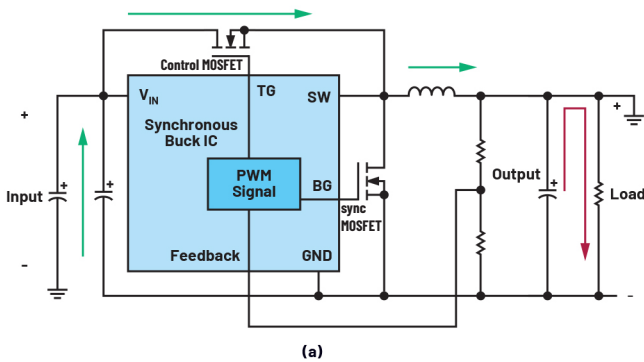
图4. 反相降压-升压拓扑中使用的降压IC。

转换降压IC的工作原理

拉电流

图5显示反相降压-升压转换器的波形，以及提供拉电流时的电流路径。图5a显示控制MOSFET导通时转换器中的电流流动。图5c显示控制MOSFET中的电流流动，其平均值为输入电流。在这段时间内，电感开始储存电能，使电流升高，输出电容为负载供电。在此期间，电感电压等于输入电压。

当control MOSFET关断后，sync MOSFET导通，图5b显示sync MOSFET中的电流流动。输出电流是sync MOSFET的平均电流，电感电压等于输出电压。当电感开始为负载和电容器供电时，其电流开始下降。每个开关周期都如此重复。



转换器反馈控制脉宽调制(PWM)，将输出电压调节至分压电阻设置的所需电平。公式1显示了输出电压与输入电压之间的关系。

$$D = \frac{|V_{OUT}|}{|V_{OUT}| + \eta \times V_{IN}} \quad (1)$$

其中

- V_{OUT} = 输出电压
- V_{IN} = 输入电压
- D = 占空比
- η = 系统效率

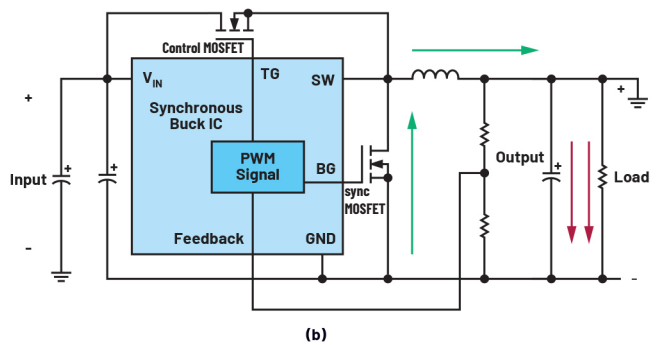
占空比大于50%时，输出电压大于输入电压，占空比小于50%时，输出电压小于输入电压。

灌电流

转换器开始获取灌电流时，电流从输出流向输入，如图6a和6b所示。图6c和6d分别显示了电流流经控制MOSFET和sync MOSFET的过程。由于转换器正在获取灌电流，所以负电流会流经MOSFET。测试结果部分显示了获取灌电流期间的负电感电流。

测试结果

图7显示用于测试设计的拉灌电流和灌拉电流能力的实际设置。图8显示了该设置的框图。双向直流电源用作 V_{POS} 的电源，处于CV模式。另一个直流电源连接至 V_{NEG} 的输出。此直流电源控制流入系统的电流。阻塞二极管与该直流电源串联，确保转换器提供拉电流时不会有电流流入转换器。电子负载用作初始负载，以表明系统能够从提供拉电流转换为获取灌电流，反之亦然。



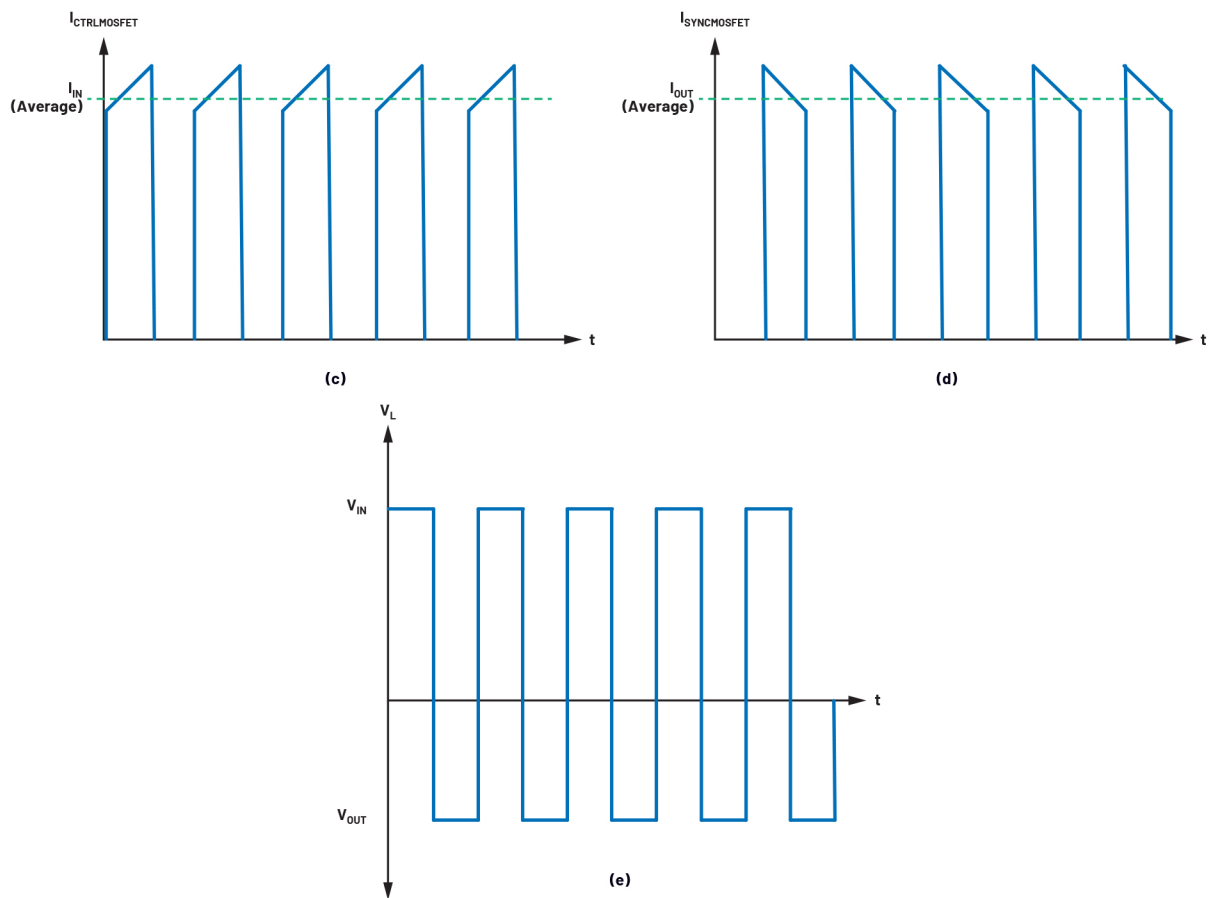


图5. (a)导通期间的电流流动, (b)关断期间的电流流动, (c)流经顶部/控制MOSFET的电流, (d)流经底部/sync MOSFET的电流, (e)电感电压。

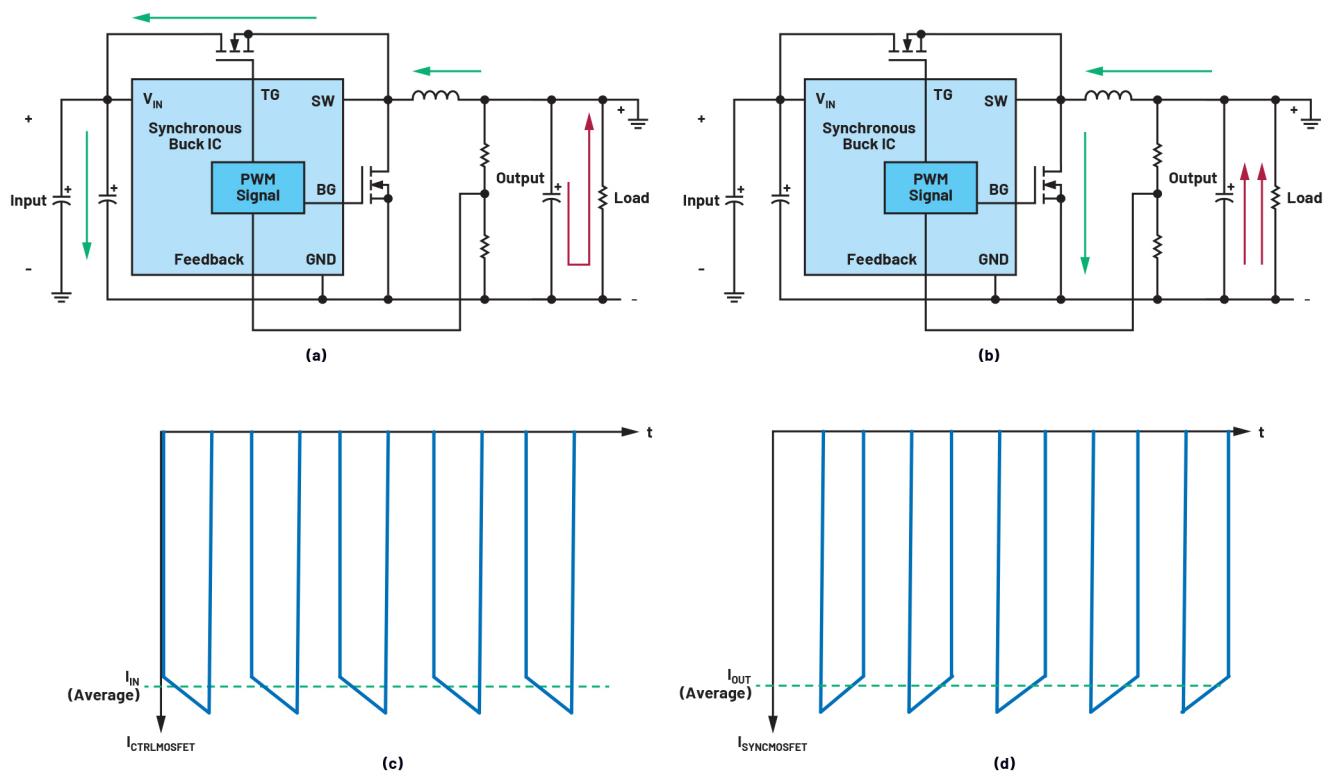


图6. (a)导通期间的电流流动, (b)关断期间的电流流动, (c)流经顶部/控制MOSFET的电流, (d)流经底部/sync MOSFET的电流。

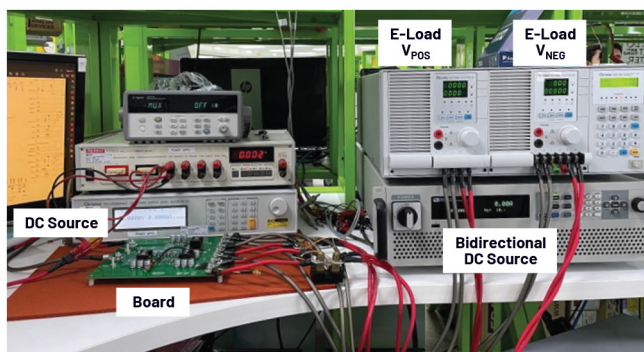


图7. 用于进行拉灌电流测试的电路板设置。

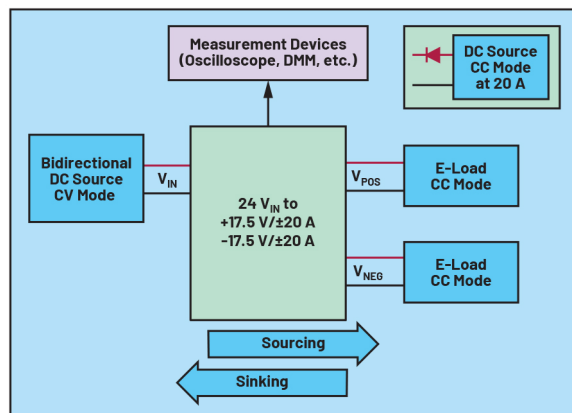


图8. 该测试板电路设置的框图。

捕捉到的波形如图9所示。直流电源开启后， V_{NEG} 电压轨开始获取灌电流。从电感电流波形可以看出，它从正电流转为负电流。在 V_{NEG} 获取灌电流时，系统在此条件下保持开环，拉灌电流由外部直流电源的CC模式控制。图10所示的 V_{POS} 也是如此。连接至其输出的直流电源开启后， V_{POS} 电压轨开始获取灌电流。

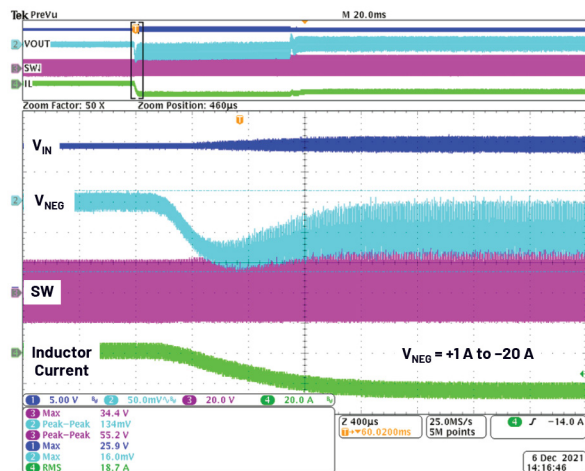


图9. V_{NEG} 拉电流向灌电流转变 (+1A至-20A)。

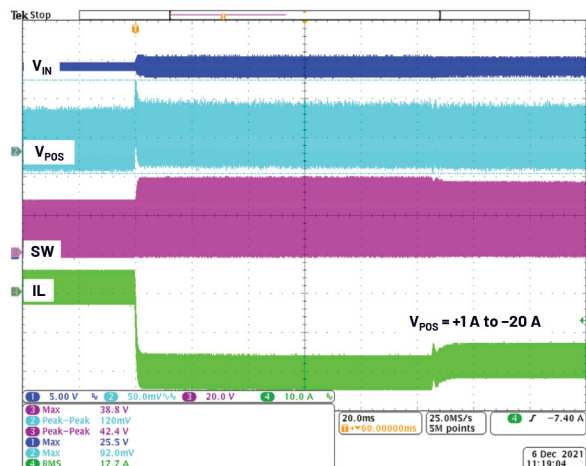


图10. V_{POS} 拉电流向灌电流转变 (+1A至-20A)。

捕捉到的波形如图11所示，展示了系统从拉电流向灌电流转变的行为。从电感电流可以看出，它从负电流转为正电流。这表明停止向 V_{NEG} 施加DC电压之后，电流重新转变为拉电流。图12所示的 V_{POS} 电源轨也是如此。

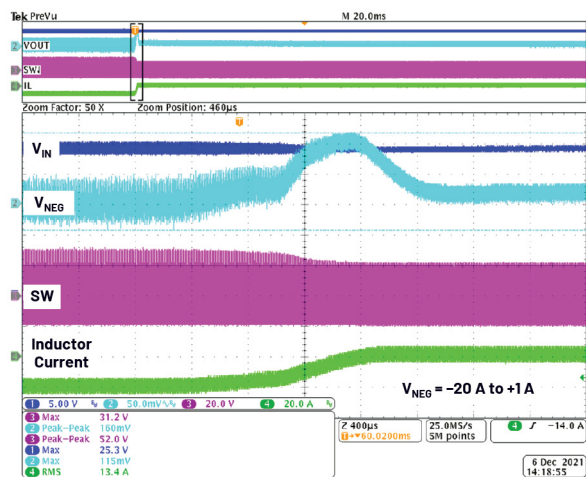


图11. V_{NEG} 灌电流向拉电流转变 (-20A至+1A)。

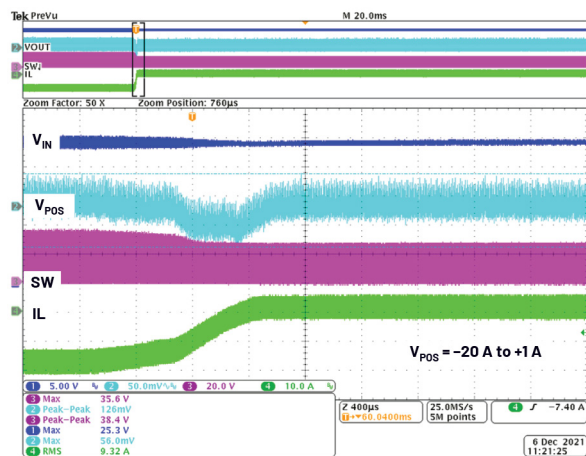


图12. V_{POS} 灌电流向拉电流转变 (-20A至+1A)。

结论

双输出电压轨能够进行 V_{POS} 和 V_{NEG} 双向供电，所以减少了所需的设备数量。因为灌入一个电源轨的电流可用于为另一个电源轨供电，使得主电源拉取的电流减少，所以其效率更高。该设计还有另一个优势，即在设计双向反相降压-升压转换器时，可供选择的IC会更多。



作者简介

Jhun Rennel Sanchez于2020年11月加入ADI公司。2018年，他毕业于布拉卡国立大学，获电子工程学士学位。此外，2020年获得马普阿大学电力电子学位。



作者简介

Anthony Serquina是ADI菲律宾公司的高级应用开发工程师。他毕业于菲律宾碧瑶市圣路易斯大学，获电子和通信工程学士学位。他在电力电子领域拥有超过14年的经验，包括电源管理IC开发以及AC-DC和DC-DC前端电源转换。他于2018年11月加入ADI公司，目前负责支持工业应用的电源管理需求。他曾在ADI信号链电源(SCP)硬件和软件平台的开发中发挥了重要作用。

参考资料

Matthew Kessler。 “AN-1083（版本A）：利用开关稳压器ADP2300和ADP2301设计反相降压-升压转换器。”（ADI公司，2010年）

Ricky Yang。 “AN-1168（版本0）：采用ADP2384/ADP2386同步降压DC-DC稳压器设计反相电源。”（ADI公司，2012年）

