

Circuits from the Lab™
Reference Circuits

Circuit from the Lab™ 实验室电路是经过测试的电路设计, 用于解决常见的设计挑战, 方便设计人员轻松快捷地实现系统集成。有关更多信息和技术支持, 请访问:
www.analog.com/zh/CN0190。

连接/参考器件

ADP1872	同步降压控制器	ADP121	150 mA 线性调节器
ADP1864	降压控制器	ADP1613	升压 PWM 开关转换器
ADP2114	双通道、同步降压调节器	ADM1066	集成余量功能的超级时序控制器
ADP2300	异步降压调节器	ADM1178	热插拔控制器和数字电源监控器
ADP2301	异步降压调节器	ADCMP670	内置基准电压源的双通道比较器
ADP2108	600 mA、3 MHz 降压转换器	ADM1170	1.6 V 至 16.5 V 热插拔控制器
ADP1741	2 A、低压差线性调节器	ADCMP350	内置基准电压源的比较器
ADP151	超低噪声、200 mA 线性调节器	AD628	高共模差动放大器

具有 6 V 至 14 V 输入且性能鲁棒的多电压、高效率、25 W 通用电源模块

评估和设计支持

电路评估板

CN-0190 电路评估板 (EVAL-CN0190-EB1Z)

设计和集成文件

[原理图](#)、[布局文件](#)、[物料清单](#)

电路功能与优势

采用各种 FPGA、CPU、DSP 和模拟电路组合的现代复杂系统通常需要多个电压轨。为了提供高可靠性和稳定性, 电源系统不仅要提供多个电压轨, 而且必须包含合适的时序控制和必要的保护电路。

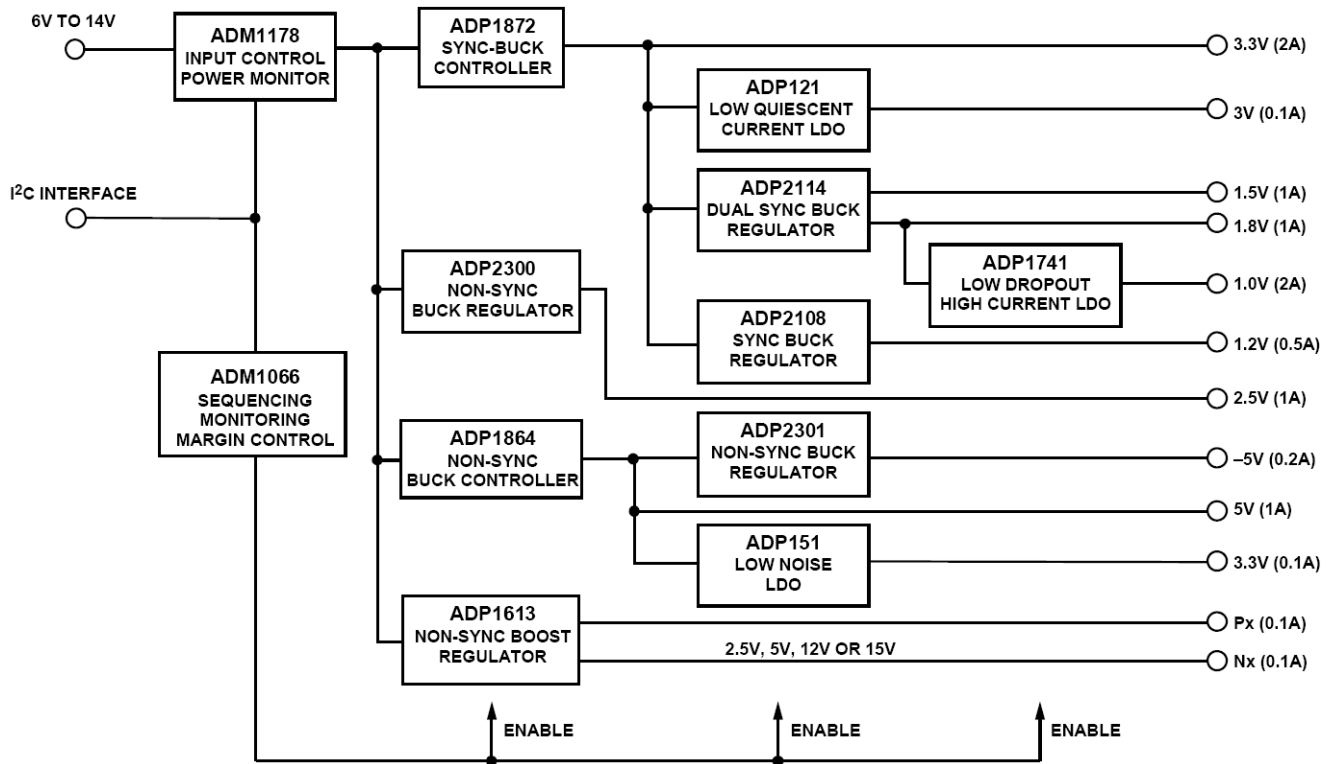


图 1. 通用电源模块的功能框图

Rev.0

Circuits from the Lab™ circuits from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com/zh
Fax: 781.461.3113 ©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

图 1 所示模块是多电压电源系统的一种参考解决方案。该设计可以轻松根据客户需求进行调整，并且可以提供大多数常见的系统电压。该电路采用开关调节器和线性调节器的最佳组合，可在输出满载时提供约 78% 的总体效率。满载情况下，输出功率约为 25 W。

电路描述

该电路的功能框图如图 1 所示。各部分的完整原理图，请参阅 [CN0190 设计支持包](#)。此模块不仅可以提供数字和模拟电路所需的大多数典型供电轨，而且还展示了一种实现过压、欠

压和过流检测和保护的简单方式。另外，此模式演示了如何实现时序和电源余量微调控制。

该电路设计非常灵活，并具有 6 V 至 14 V 的宽输入电压范围。这一切之所以成为可能，是因为各供电轨第一级中采用的高效开关控制器和调节器具有相应的宽输入范围。[ADM1178](#) 模块为输入电源提供过压和过流检测与保护，并为整个系统提供热插拔控制。[ADM1066](#) 提供一种单芯片解决方案，不仅可实现所有 12 个供电轨的电源监控与时序控制，而且还可以实现 3.3V(2A) 供电轨的余量微调控制。

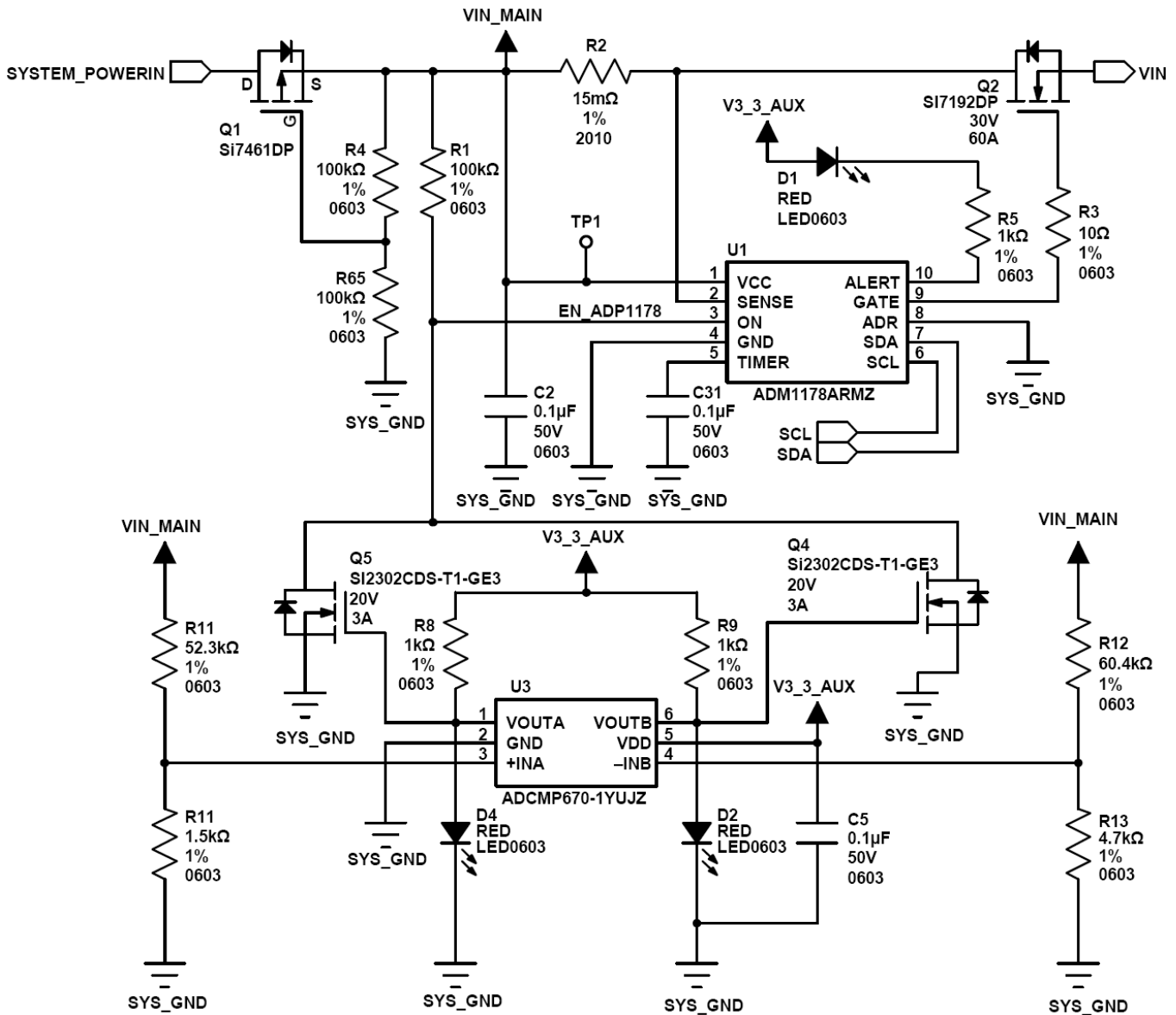


图 2. 模块输入保护电路

输入保护电路描述

图 2 所示电路为模块提供输入保护，详情将在下文介绍。

输入电压极性反转保护

输入电压反相保护由 P 沟道 MOSFET (Q1) 提供。在采用正输入电压的正常工作模式下，当 SYSTEM_POWERIN 和 SYS_GND 之间的电压为正值且大于栅极-源极阈值电压时，Q1 (SI7461DP) 接通。如果输入电压为负值（极性反转的故障条件），Q1 将断开以防止主电路损坏，其功能类似于二极管。

由于输入电流较高（高达 6.67 A），而且 MOSFET 的低导通电阻可以最大程度地降低功耗，因此 P 沟道 MOSFET 要明显优于二极管。例如，当 V_{GS} 等于 -4.5 V 时，SI7461DP 的导通电阻约为 0.02 Ω 。电流为 6.67 A 时，功耗仅为 0.9 W。而相同电流下，正向压降为 0.6 V 的二极管功耗约为 4 W。SI7461DP 的最大 V_{GS} 为 ± 20 ，可覆盖模块 6 V 至 14 V 的输入范围。注意，Q1 的栅极偏置电压由分压器 R4-R5 的输出提供，使得 Q1 可以承受输入电压变化。

过流检测与保护

设计采用热插拔控制器/数字电源监控器 ADM1178 来检测输入电流，从而测量 15 m Ω 电流检测电阻 R2 上出现的压降。通过调制 N 沟道 MOSFET (Q2) 的栅极电压，ADM1178 内部 FET 驱动控制器可以调节最大负载电流。当检测电阻上的电压超过 100 mV 时，栅极驱动电压限制流过 Q2 的电流，从而保护下游电路。

过压和欠压检测与保护

ADCMP670-1 是一款双通道、低功耗、高精度比较器，内置 400 mV 基准电压源。两个比较器和外部 MOSFET (Q4 和 Q5) 均配置为窗口比较器。低电压阈值和高电压阈值 (5.54 V 和 14.35 V) 分别由分压器 R10-R11 和 R12-R13 设定。如果输入电压在高侧位于窗口之外，VOUTA 变为高电平，同时 Q5 接通，而 AD1178 的 ON 引脚被拉低，从而关断 Q2。类似地，如果输入电压在低侧位于窗口之外，VOUTA 变为高电平，同时 Q4 接通，而 AD1178 的 ON 引脚被拉低，从而关断 Q2。

过流、欠压和过压计算总结

$$\text{过流阈值} = 100 \text{ mV} \div 15 \text{ m}\Omega = 6.67 \text{ A}$$

$$\text{电流检测电阻的功率} = 100 \text{ mV} \times 6.67 \text{ A} = 0.667 \text{ W} \text{ (采用 } 0.75 \text{ W 电阻)}$$

$$\text{高电压阈值} = 0.4 \text{ V}(\text{R10} + \text{R11})/\text{R11} = 14.35 \text{ V}$$

$$\text{低电压阈值} = 0.4 \text{ V}(\text{R12} + \text{R13})/\text{R11} = 5.54 \text{ V}$$

IC 保护技术

此外还有与各电源 IC 关联的几种保护功能。当输入电压低于上电期间供电轨以可预测方式工作所需的最低电压时，欠压闭锁 (UVLO) 可以禁用所有输入和 IC 的输出。热关断 (TSD) 可以防止 IC 因高工作结温而发生损坏。过流保护 (OCP) 还可以在输出端发生短路时保护 IC。详情参见各电源 IC 的数据手册。

通用电源模块中的供电轨描述

此模块提供 12 个供电轨，具体如表 1 所示。以下四个供电轨基于同步降压拓扑结构：3.3V(2A)、1.5V(1A)、1.8V(1A) 和 1.2V(0.5A)。以下两个供电轨基于异步降压拓扑结构：5.0V(1A) 和 2.5V(1A)。-5 V 供电轨由 +5.0V(1A) 供电轨采用反相降压/升压拓扑结构产生。正负模拟供电轨 {Px,Nx}(0.1A) 由 Sepic-Cuk 拓扑结构产生。最后三个供电轨由 LDO 提供。每个供电轨都具有独立的上电 LED 指示灯。表 1 列出了各个供电轨的电压、最大电流能力、电源 IC 重要特性和典型应用。

表 1. 通用电源模块的供电轨一览

输出电压	电流	电源IC	电源IC概述	典型应用
3.3 V	2 A	ADP1872	ADP1872是一款多功能电流模式同步降压型控制器，采用恒定导通时间、伪固定频率及可编程电流检测增益、电流控制方案，具备出色的瞬态响应、最佳稳定性和限流保护特性。	通用数字电路、I/O电压
5.0 V	1 A	ADP1864	ADP1864是一款紧凑型、价格低廉、恒定频率、电流模式、降压DC/DC控制器。该器件驱动P沟道MOSFET，后者可以采用高达14 V的输入电压和5 A的负载电流工作，并能够以±1.25%的精度将输出电压调低至0.8 V。该器件以100%占空比工作，可提供低压差性能。	
1.5 V	1 A	ADP2114	ADP2114是一款多功能、双通道、同步降压开关调节器，可满足各种客户负载点要求。两个PWM通道既可配置为分别提供2 A和2 A（或3 A/1 A）电流的两路独立输出，也可配置为提供4 A电流的单路交错式输出。为降低输入纹波电流和输入电容，两个PWM通道的相位偏移180°。	MCU、DSP或FPGA的内核电压
1.8 V	1 A			
2.5 V	1 A	ADP2300	ADP2300是一款紧凑型、恒定频率、电流模式、降压型DC/DC调节器，集成功率MOSFET，采用3.0 V至20 V输入电压工作，适合各种应用。	
1.2 V	0.5 A	ADP2108	ADP2108是一款高效率、低静态电流、降压型DC/DC转换器。整个解决方案仅需三个小型外部元件。它采用专有高速电流模式、恒频PWM控制方案，具有出色的稳定性和瞬态响应。以100%占空比工作，可提供低压差性能。	
1.0 V	2 A	ADP1741	ADP1741是一款低压差(LDO) CMOS线性调节器，工作电压范围为1.6 V至3.6 V，能够提供高达2A的输出电流。	
Px	0.1 A	ADP1613	ADP1613是一款升压DC/DC开关转换器，集成电源开关，能够提供高达20 V的输出电压。	
Nx	0.1 A			
3.3 V	0,15 A	ADP151	ADP151是一款超低噪声(9 μV)、低压差线性调节器，采用2.2 V至5.5 V电源供电，最大输出电流为200 mA。	模拟或混合信号系统，如ADC、DAC、放大器、模拟多路复用器
3 V	0.1 A	ADP121	ADP121是一款低静态电流、低压差线性调节器，采用2.3 V至5.5 V电源供电，最大输出电流为150 mA。	
-5 V	0.2 A	ADP2301	ADP2301是一款紧凑型、恒定频率、电流模式、降压型DC/DC调节器，集成功率MOSFET，采用3.0 V至20 V输入电压工作，适合各种应用。	

低压差线性调节器(LDO)一般要比开关电源更易使用，并且噪声更低，瞬变响应特性更佳。不过，当输出电压远远低于输入电压时，其效率很低，这就限制了其电流输出能力。

开关电源具有高效率和高电流输出，因此通常是电源系统第一级的最佳选择。通过合理设计控制环路并采用良好的PCB

布局技术，可以最大程度地减少开关电源造成的噪声。如果设计时注意一些，开关电源通常可用于给以下电路笔记中所述的高性能模拟电路供电：[CN-0135](#)、[CN-0137](#)、[CN-0141](#)和[CN-0193](#)。

表 2. ADIsimPower 的开关转换器设计参数输入

V _{OUT}	V _{IN(MIN)}	V _{IN(MAX)}	I _{OUT(MAX)}	I _{RIPPLE}	V _{RIPPLE}	I _{STEP}	V _{STEP}
3.3V(2A)	6 V	14 V	4 A	33% I _{OUT(MAX)}	1% V _{OUT}	80% I _{OUT(MAX)}	5% V _{OUT}
5.0V(1A)	6 V	14 V	2 A	33% I _{OUT(MAX)}	1% V _{OUT}	75% I _{OUT(MAX)}	5% V _{OUT}
2.5V(1A)	6 V	14 V	1 A	33% I _{OUT(MAX)}	1% V _{OUT}	80% I _{OUT(MAX)}	5% V _{OUT}
{Px,Nx}(0.1A)	6 V	14 V	0.1 A	33% I _{OUT(MAX)}	1% V _{OUT}	70% I _{OUT(MAX)}	5% V _{OUT}
1.8V(1A)	3.2 V	3.4 V	3 A	33% I _{OUT(MAX)}	1% V _{OUT}	90% I _{OUT(MAX)}	5% V _{OUT}
1.5V(1A)	3.2 V	3.4 V	1 A	33% I _{OUT(MAX)}	1% V _{OUT}	90% I _{OUT(MAX)}	5% V _{OUT}
1.2V(0.5A)	3.2 V	3.4 V	0.5 A	33% I _{OUT(MAX)}	1% V _{OUT}	90% I _{OUT(MAX)}	3% V _{OUT}

使用 ADIsimPower 设计单个开关电源

ADIsimPower 是一款交互式设计工具，不仅可简化电源 IC 选择过程，而且还可提供构建最佳线性或 DC/DC 转换器所需的信息。该工具可执行所有繁琐计算，并可提供最终原理图、推荐物料清单和预测性能。推荐元件均来自大型器件数据库，其中器件均具有已知的电气特性。用户只需向该程序提供系统级输入，如表 2 中所示的最小输入电压、最大输入电压、输出电压、输出电流、输出电流纹波、输出电压纹波和瞬态响应等。

在这款基于开关控制器和调节器的电源模块中，所有供电轨都是采用 ADIsimPower 来设计的，不过 -5V(0.2A) 供电轨除外，后者采用基于反相降压/升压拓扑结构的 ADP2301。

若要了解有关 ADIsimPower 的详细信息，请参见“ADIsimPower^M提供稳定可靠的可定制 DC/DC 转换器设计”一文和 www.analog.com/ADIsimPower

设计示例 1: 采用 ADP1872 的 3.3V(2A) 供电轨

图 3 所示为由 ADP1872 控制的同步降压拓扑结构的电路原理图。此电路可以分为三个部分。A 部分产生 ADP1872 的偏置电压，B 部分是使能控制，而 C 是供电轨的开关调节器部分。

ADP1872 可以在 2.75 V 至 5.5 V 的宽偏置电压范围内工作。在此电路中，偏置电压由 4.7 V 齐纳二极管和 NPN 缓冲晶体管一起提供，如图 3 的 A 部分所示。所选齐纳二极管 (DDZ9687) 在 50 μA 电流时具有 4.7 V 的齐纳电压。ADP1872 可以接受高达 20 V 的输入电压。

ADP1872 的引脚 2 (COMP/EN) 不仅连接到内部的精密使能电路，而且还连接到内部误差放大器 (控制整体环路特性) 的输出端。N 沟道 MOSFET (Q9) 用于将 ADP1872 的使能控制接地，从而禁用该器件。当 Q9 关断时，ADP1872 使能，而环路特性由 C11、C12 和 R16 网络控制。Q8 用作反相器，这样 B 部分输入端的正逻辑信号 (EN_3.3V) 可以使能 ADP1872。

图 3 中 C 部分所示是使用 ADIsimPower 生成的设计，其采用表 2 中的输入。

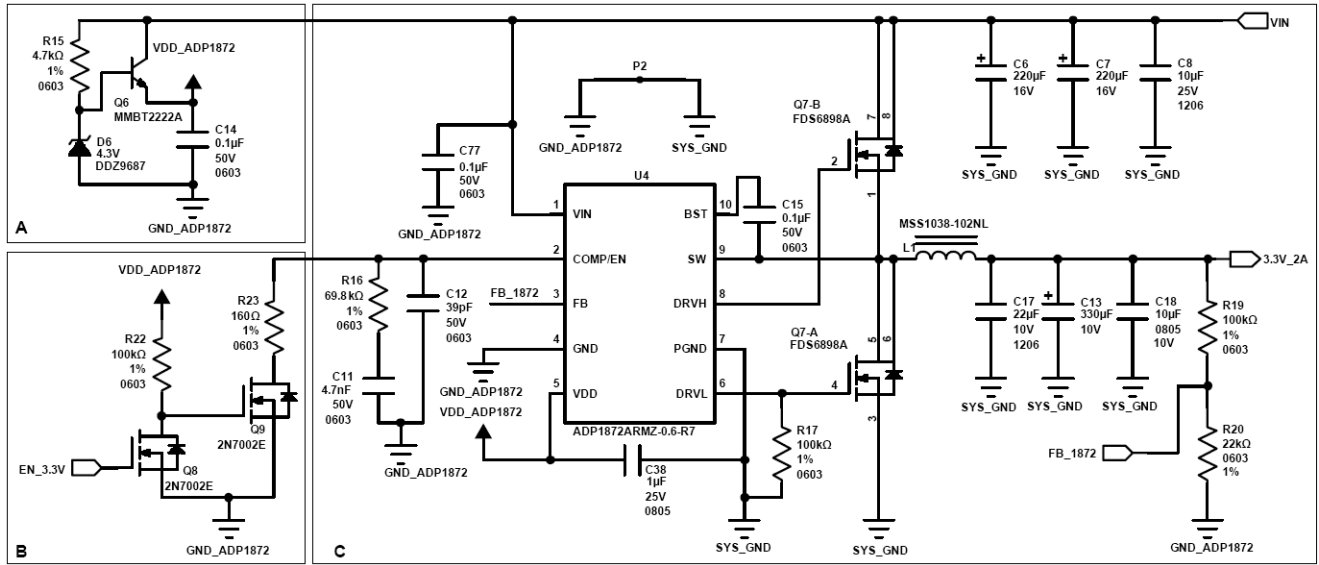


图3. 设计示例1：由基于同步降压拓扑结构的ADP1872生成的3.3V (2A) 供电轨

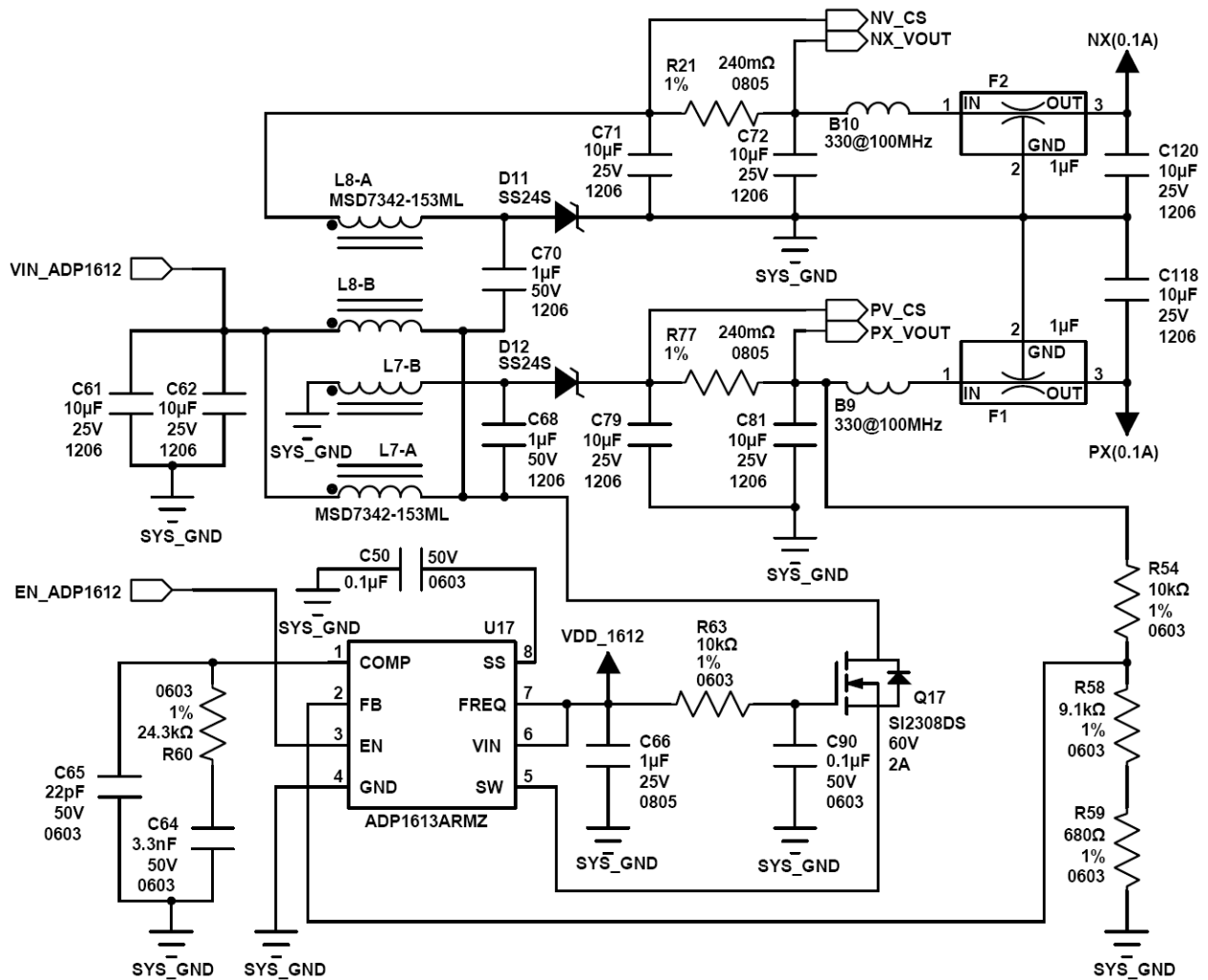


图4. 设计示例2：基于ADP1613控制的Sepsic-Cuk拓扑结构电路的模拟{Px,Nx}(0.1A) 供电轨

设计示例 2：具有输出过流检测与保护的 正负模拟供电轨 {Px,Nx}(0.1A)

正负模拟供电轨 {Px,Nx}(0.1A)均采用基于Sepic-Cuk拓扑结构的升压控制器ADP1613设计。通过更改反馈路径中的电阻值，可以将输出设置为四种不同的对称输出电压。电压可以设置为 {+2.5V,-2.5V}、{+5V,-5V}、{+12V,-12V} 和 {+15V,-15V}。在图 4 所示电路中，所有元件都是基于ADIsimPower来选择。输出电容增加到 10 μ F，从而进一步减少模拟电源的输出纹波。另外使用一个外部LC滤波器（采用一个氧化铁磁珠和一个 3T电容）来进行噪声抑制。R76 和 R77 是添加用于过流检测的 240 m Ω 分流电阻，不会显著影响控制环路的特性。

过流检测电路如图 5 所示。ADM1170是一款具有软启动特性的热插拔控制器，在此电路中用于对正输出供电轨进行过流检测。内部过流检测电路可以接受 1.6 V至 16.5 V范围内的电压，包括 2.5 V至 15 V的 {Px,Nx}输出范围。当SENSE+和 SENSE-之间的电压大于 50 mV(典型值)时，选通引脚接地，关断ADP1613。通过 240 m Ω 的分流电阻R76，过流阈值设置为 208 mA(典型值)。

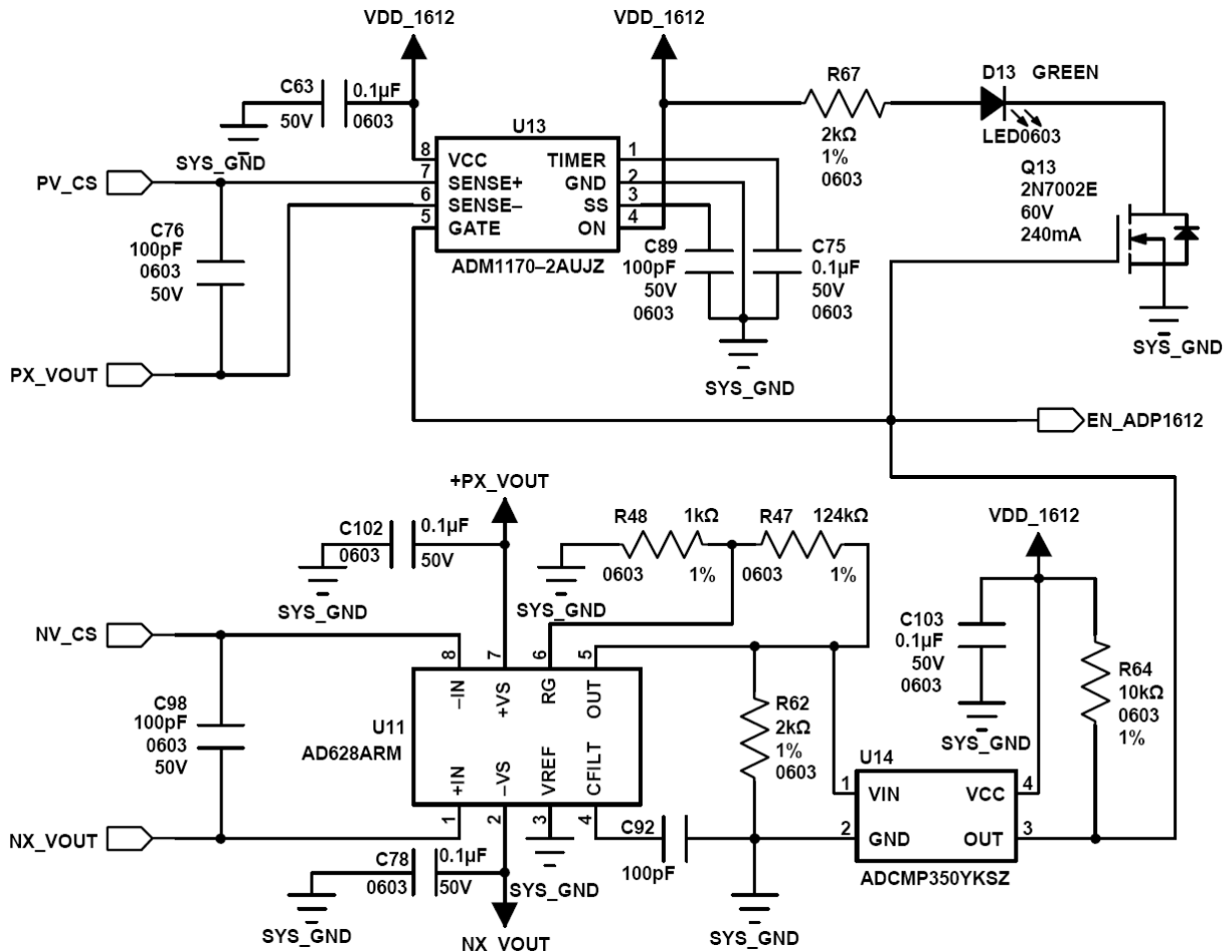


图 5. {Px,Nx}(0.1A) 供电轨的过流检测电路

09576-05

负供电轨的过流检测电路采用高共模电压、可编程增益差动放大器AD628和内置 0.6 V基准电压源的比较器ADCMP350。

AD628是一款二级放大器，第一级是一个具有 0.1 固定增益的差动放大器，第二级的增益(G)可以通过外部电阻编程。过流阈值和分流电阻与正供电轨上使用的数值相同。第二级放大器的增益为 $G = 125$ ，通过公式 1 计算求解G:

$$I_{THRESHOLD} \times R_{SHUNT} \times (G \times 0.1) = 0.6 \text{ V} \quad (1)$$

其中， $I_{THRESHOLD} = 208 \text{ mA}$ ，而 $R_{SHUNT} = 240 \text{ m}\Omega$ 。

AD628由{Px,Nx}供电轨供电，而两个供电轨在模块初始上电期间需要一定时间来完成建立。在此期间，AD628可能会因未定义电源电平而出现工作异常。为此，可以使用 2 k Ω 电阻 R62，在{Px,Nx}供电轨达到其最终值之前拉低AD628的输出，从而防止电路进入闩锁状况。

设计示例 3: 采用ADP2301控制的反相降压/升压拓扑结构得到-5V(0.2A)

ADP2301是异步降压调节器。在图 6 所示电路中，该器件在反相降压/升压拓扑结构中用于产生负电压。ADIsimPower中并不直接支持此电路，应用笔记AN-1083“利用开关调节器ADP2300和ADP2301设计反相降压/升压转换器”中对该电路做了详细介绍。在此拓扑结构中，ADP2301的VIN引脚和GND引脚分别连接到供电轨的输入端和输出端。其他负电压可以通过改变反馈电阻的值来产生。不过， $|VIN| + |VOUT|$ 必须小于ADP2301的最大输入电压 20 V，这点非常重要。

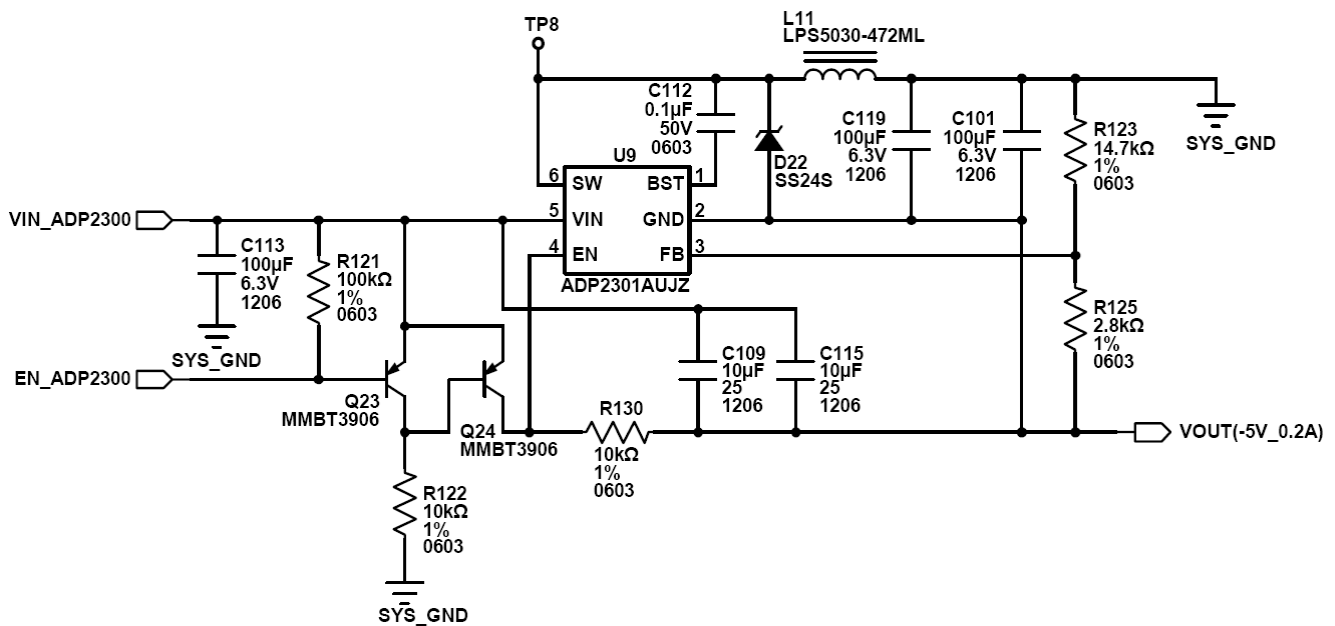


图 6. 设计示例 3: 由 ADP2301 控制的 -5V 反相降压/升压拓扑结构

电源监控、时序控制和余量微调控制

电压监控

ADM1066 Super Sequencer[®] 超级时序控制器是一款可配置器件，可针对多电源系统的电源监控和时序控制提供一种单芯片解决方案，其电路如图 7 所示。系统输入电源连接到 ADM1066 的 VH。除 -5V(0.2A) 之外的所有供电轨经过电阻分压器衰减后，直接连接到 VPx、VXx 和 AUXx。有关如何监控高电压或负输入的详细信息，请参见 AN-780 和 AN-782。

ADM1066 具有多达 10 个电源故障检测器(SFD)。输入可以配置用于检测欠压故障（输入电压降至预设值以下）、过压故障（输入电压升到预设值以上）或超出窗口故障（输入电压位于预设值范围之外）。该模块中的所有电源均采用超出窗口故障标准加以监控。各窗口的阈值设置为 $V_{OUT} + 5\%$ 和 $V_{OUT} - 5\%$ 。各电源的参数如表 3 所列。

ADM1066 的 10 个 PDO 输出控制所有 12 个供电轨。5.0V(1A)、-5V(0.2A) 和 {Px,Nx}(0.1A) 共享一个 PDO 引脚。所有其他供电轨均由单个 PDO 引脚控制。

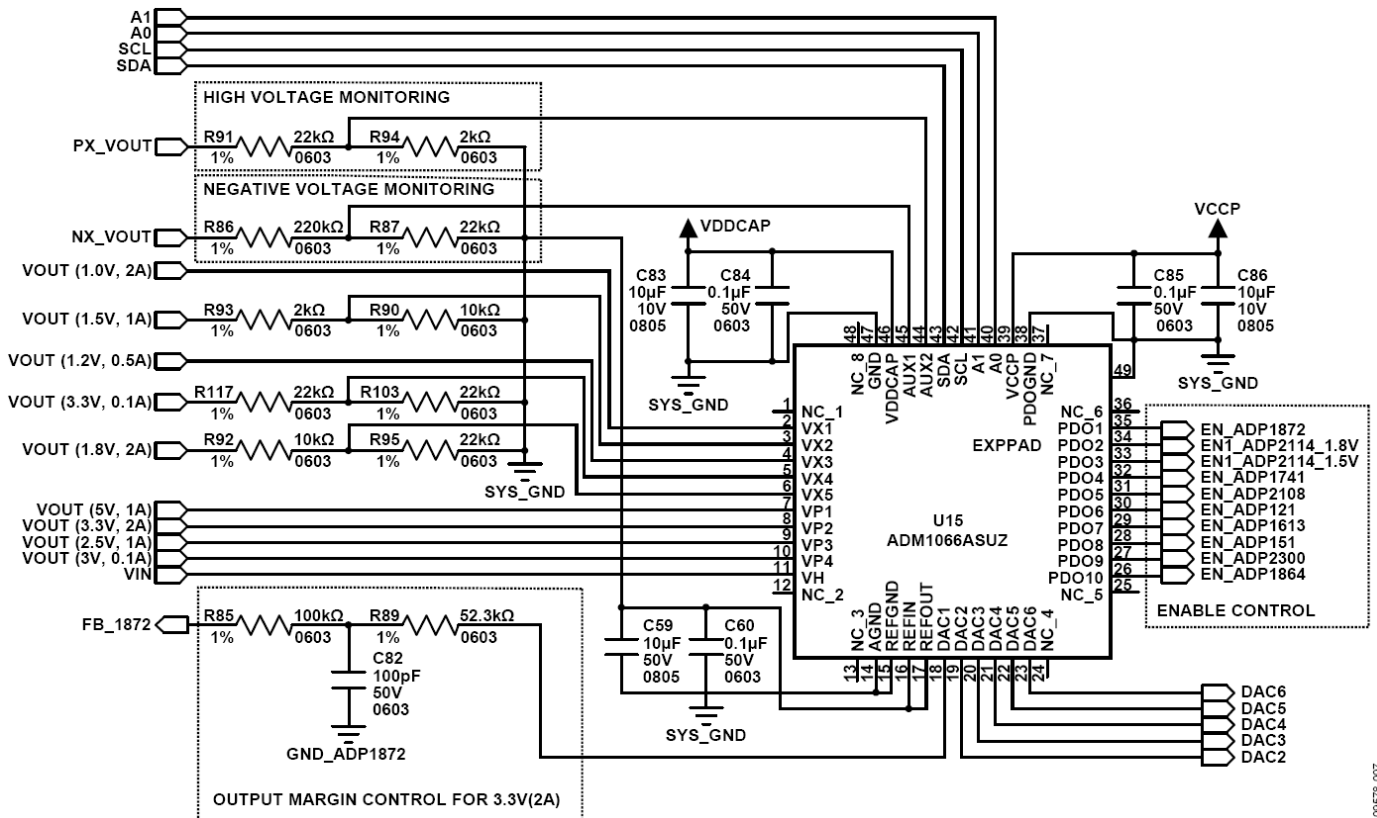


图 7. 利用 ADM1066 实现电源时序控制、电压监控和电压余量微调控制

表 3. 输出电压供电轨的过压和欠压阈值

	Power Rail	VMAX (V)	VMIN (V)	Resistor Divider	Overshoot Threshold (V)	Undervoltage Threshold (V)
VX1	1.0V_2A	1.05	0.95	1	1.05	0.95
VX2	1.5V_1A	1.575	1.425	5/6	1.31	1.19
VX3	1.2V_0.5A	1.26	1.14	1	1.26	1.14
VX4	3.3V_0.1A	3.465	3.135	5/16	1.08	0.98
VX5	1.8V_1A	1.89	1.71	11/16	1.30	1.18
VP1	5.0V_1A	5.25	4.75	1	5.25	4.75
VP2	3.3V_2A	3.465	3.135	1	3.465	3.135
VP3	2.5V_1A	2.625	2.375	1	2.625	2.375
VP4	3.0V_0.1A	3.15	2.85	1	3.15	2.85
VH	VIN	14.20	5.70	1	14.20	5.70
AUX1	Nx_0.1A	-2.375	-15.75	1/11	1.65	0.43
AUX2	Px_0.1A	15.57	2.375	1/12	1.30	0.22

时序控制策略

根据输出供电轨，电源路径最多可分为三级，如图 1 所示。3.3V(2A)、2.5V(1A)、5V(1A)和 {Px,Nx}(0.1A)供电轨由输入电压直接转换，并且仅流过一级。3V(0.1)、1.5V(1A)、1.8V(1A)、1.2V(0.5A)、-5V(0.2A)和 3.3V(0.1A)供电轨流过二级。1.0V(2A)供电轨流过三级。

时序和控制策略如下：

- 按顺序开启第 1 级、第 2 级和第 3 级，然后检查各供电轨上的电压。
- 如果一些供电轨在启动时发生故障，则关闭同一级的所有供电轨，并返回来检查上一级中的供电轨。如果上一级中的供电轨全部正常，则再次开启这一级的所有供电轨。

- 在所有供电轨成功开启之后，监控这些供电轨。如果任何供电轨发生故障，则关闭这三级中的所有供电轨，然后返回到第一步并开启第 1 级的供电轨。

4.0.6 版ADM106x配置工具生成的状态机如图 8 所示。另请参见应用笔记AN-0975“利用Graphviz自动生成ADM1062 至ADM1069 的状态图”

状态图中使用的术语定义如下：

- PSetUp: 检查电源输入电压
- TOnStx: 开启第 x 级(x = 1, 2, 3)
- TOffStx: 关闭第 x 级(x = 1, 2, 3)
- MoStx: 监控第 x 级(x = 1, 2, 3)
- MoAll: 监控这三级中的所有供电轨
- 注意：二进制字格式为(PDO10, PDO9, PDO8, PDO7, PDO6, PDO5, PDO4, PDO3, PDO2, PDO1)



图 8. 电源监控与时序控制策略状态机图

3.3V(2A)电压轨的余量微调控制

ADM1066利用 6 个DAC来实现闭环余量微调系统,以便通过更改反馈节点,或利用DAC输出更改DC/DC转换器的基准电压来实现电源调整。DAC1 通过R85、C82 和R89 连接到 3.3V(2A)供电轨上的ADP1872反馈级。电容C82 用于对PCB走线噪声去耦。R89 和R85 的总电阻设置为 152.3 kΩ,因此允许在VOUT_3.3(2A) - 0.2 V至VOUT_3.3V(2A) + 0.2 V的范围内连续调整 3.3V(2A)的输出。

开关电源和整个电源模块的测量效率

测量效率与各开关电源负载电流的函数关系如图 9 所示。电源模块的总体效率如图 10 所示,其中输入电压为 10 V且输出端满载。表 4 总结了输入电压为 6 V、10 V 和 14 V 时的模块效率。

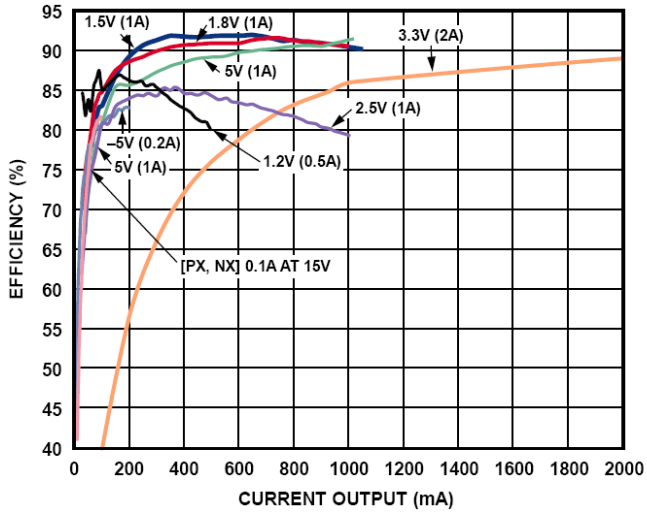


图9. 开关电源的效率与输出电流之间的关系

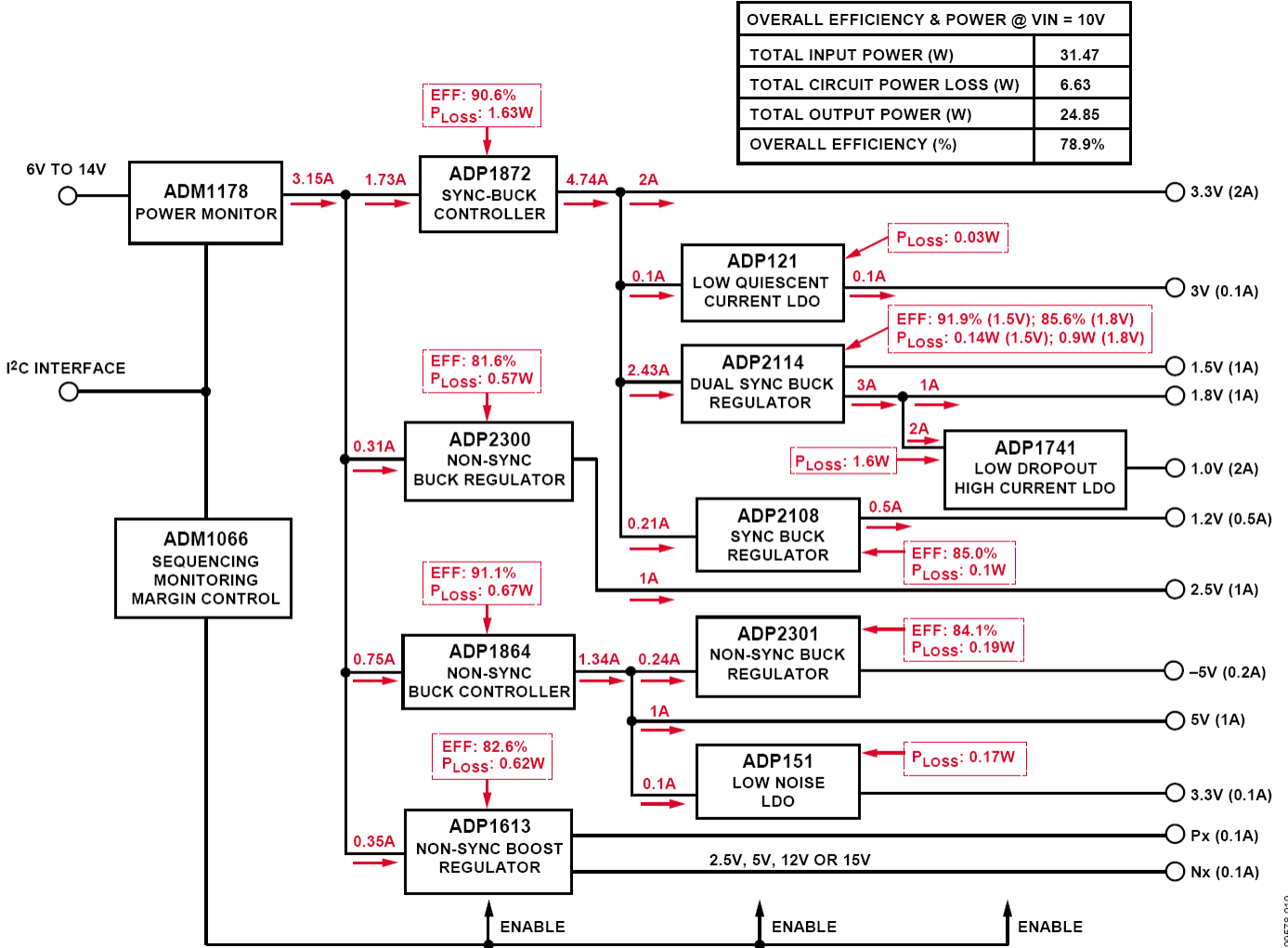


图10. 10V 输入时满载模块的总体效率

表 4. 不同输入电压下的满载电源模块效率

	V _{IN} = 6 V	V _{IN} = 10 V	V _{IN} = 14 V
Total Input Power (W)	30.79	31.47	32.24
Total Circuit Power Loss (W)	5.96	6.63	7.39
Total Output Power (W)	24.83	24.85	24.86
Overall Efficiency (%)	80.6	78.9	77.1

测量输出电压纹波

纹波在所有开关模块输出端上测得。对于 1.5V(1A)、ADP2114 开关电源输出，典型结果如图 11 所示。纹波结果如表 5 所示。

表 5. 开关调节器纹波和瞬态响应总结

Power Rail	V _{IN}	V _{RIPPLE (P-P)}	I _{STEP}	V _{STEP}
3.3V(2A)	10 V	26.4 mV (0.8%)	3.2 A*	170 mV (5.2%)
5.0V(1A)	10 V	43.6 mV (0.9%)	1.5 A*	130 mV (2.6%)
2.5V(1A)	10 V	8.2 mV (0.3%)	0.8 A	80 mV (3.2%)
1.8V(1A)	3.3 V	7.6 mV (0.4%)	2.7 A*	50 mV (2.8%)
1.5V(1A)	3.3 V	8.6 mV (0.6%)	0.9 A	39 mV (2.6%)
1.2V(0.5A)	3.3 V	11.4 mV (0.9%)	0.45 A	26 mV (2.2%)

*这些输出还驱动模块中的其他调节器。

纹波测量高度依赖于电路布局、示波器带宽设置、探头带宽和探头连接到输出端的方式。图 11 所示测量结果是使用 500 MHz、10 倍无源探头 P6139A，通过 Tektronix TDS3034B 300 MHz 示波器获得的。示波器和探头组合的全带宽为 300 MHz。示波器具有多种内部带宽设置，可使用内部滤波器来减少有效带宽。图 11 所示数据采用全 300 MHz 带宽测得。

欲了解有关电源噪声和纹波测量的详细信息，请参见1998年 ADI公司“电源和散热管理硬件设计技术”的第 8 章

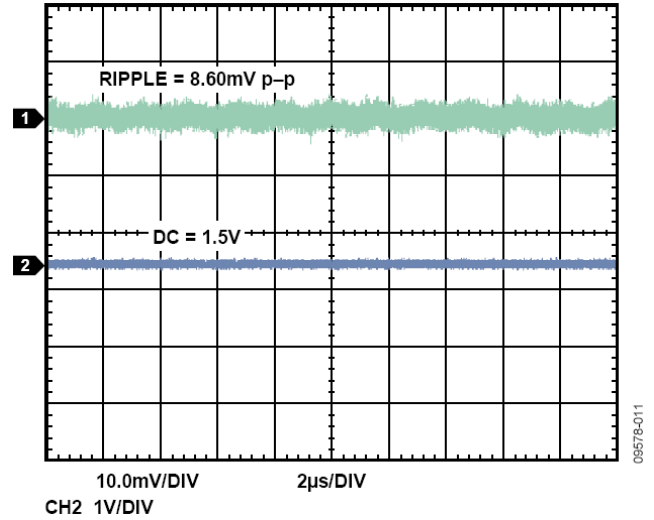


图 11. 1.5V(1A)，输出电流为 0.5A 时的 ADP2114 输出纹波 (Tektronix TDS3034B 示波器、P6139A 探头、示波器带宽设置为 300 MHz)

测量瞬态响应

FPGA、DSP 以及其他数字 IC 通常会在电源上引入瞬态电流负载。在这些条件下，电源电压必须保持在规范范围内，这点非常重要。对于基于 ADP2114 的 1.8V(1A) 输出，典型瞬态响应如图 12 所示。表 5 总结了开关电源的瞬态响应测量结果。注意，对于 3.3V(2A)、5V(1A) 和 1.8V(1A) 供电轨，阶跃电流要高于单个供电轨输出电流，因为这些供电轨驱动多个级。

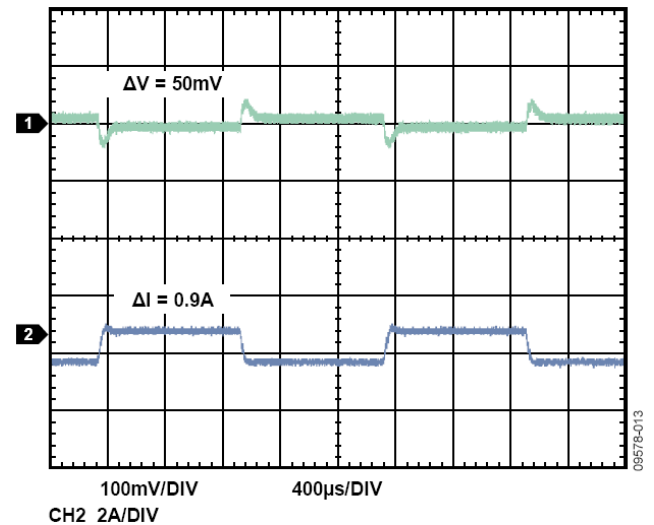


图 12. 1.8V(1A)，ADP2114 输出瞬态响应 (Tektronix TDS3034B 示波器、P6139A 探头、示波器带宽设置为 20 MHz)

常见变化

ADM1275是一种单芯片解决方案，可为系统提供热插拔控制以及过流、欠压和过压检测与保护。ADM1870具有内部偏置调节器，可为内部电路供电，从而可减少外部元件数量。ADP1871和ADP1873是ADM1870和ADP1872的省电模式(PSM)版本，也可用于轻负载条件下需要高效率的应用。ADP2116是一款可配置的3 A/3 A或3 A/2 A双路输出负载组合或合并为6 A单路输出负载，并且与ADP2114引脚兼容。具有大电流输出能力的负供电轨可以由基于Cuk拓扑结构的ADP1621产生。

电路评估与测试

使用直流电源上电后，只需使用6 V至14 V范围内的任意电压即可评估此电源模块。测试任意供电轨的输出能力时，务必确保直流电源能够满足相关要求。ADM1066将在图8所示的预载监控和控制策略下开启所有供电轨。您也可以设计自己的控制策略并通过I²C总线连接器JP1下载到ADM1066，以便利用ADM106x超级时序控制器评估板软件，针对自己的应用实现电源监控和时序控制。详情参见ADM1066数据手册、AN-698和AN-0975

EVAL-CN0190-EB1Z 评估板的照片如图13所示。

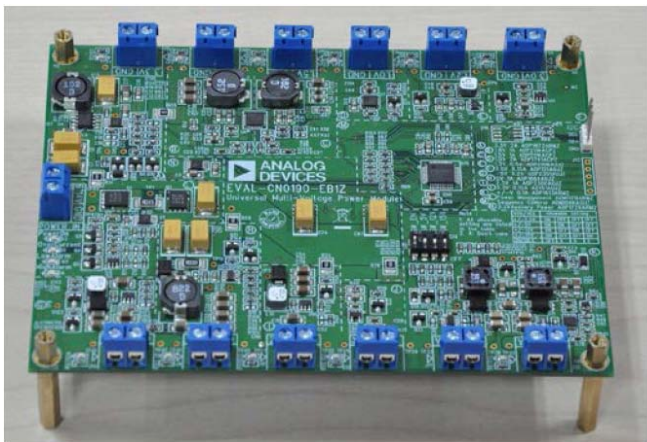


图13. EVAL-CN0190-EB1Z 通用电源照片

设备要求 (可以用同等设备代替)

- Tektronix TDS3034B 4 通道 300 MHz 彩色数字荧光示波器
- Tektronix P6139A、500 MHz、8 pF、10 MΩ、10 倍无源探头
- Agilent N3302A、150 W、0 A 至 30 A、0 V 至 60 V 电子负载模块与 N3300A 相结合
- Agilent E3631A、0 V 至 6 V、5 A；0 V 至±25 V、1 A、三路输出直流电源
- Agilent 3458A、8.5 位数字万用表
- Fluke 15B 数字万用表
- USB-SMBUS-CABLE Z (USB 转 I2C 接口电视棒) 或 CABLE-SMBUS-3PINZ (并行端口转 I2C 接口电缆)
- 配有 USB 接口的 PC (Windows 2000 或 Windows XP)

设置与测试

测量供电轨效率的框图如图14所示。使用10 V直流电源给EVAL-CN0190-EB1Z上电后，将电子负载Agilent N3302A设置为在恒流模式下工作。将Agilent 3440A设置为电流表，并将Fluke 15B设置为电压表。功率输出可以通过将V_{OUT}与I_{OUT}相乘而计算得出。V_{IN}和I_{IN}可以直接从Agilent E3631A直流电源的显示窗口读取。效率可以通过公式2计算得出：

$$\text{Efficiency} = P_{\text{OUT}}/P_{\text{IN}} = (V_{\text{OUT}} \times I_{\text{OUT}}) \div (V_{\text{IN}} \times I_{\text{IN}}) \quad (2)$$

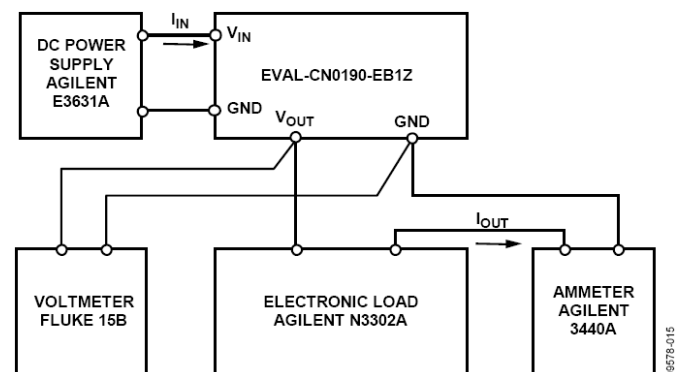


图14. 用于测量效率的测试设置

纹波和瞬态响应利用图 15 所示的电路来测量。示波器的通道 A 监控该模块的输出电压。通道 B 监控 0.1 Ω 电流检测电阻上的电压，该电压与负载电流成比例。使用预设幅度和频率将电子负载设置为“开关”模式。然后便可使用示波器捕获输出动态电压和电流。

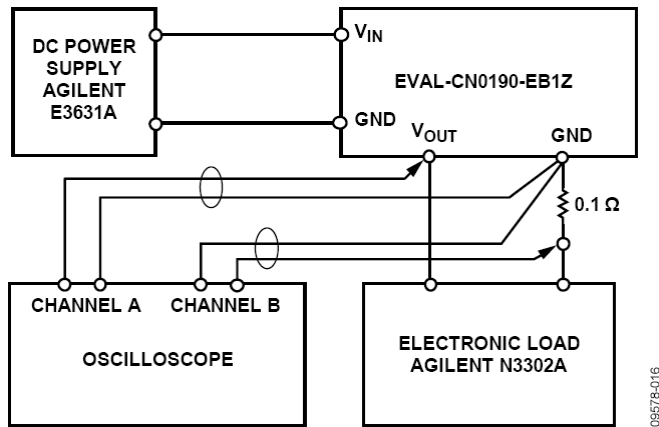


图 15. 用于测量纹波和瞬态响应的测试设置

进一步阅读

CN-0190 Design Support Package:

<http://www.analog.com/CN0190-DesignSupport>

ADIsimPower™ Design Tool, Analog Devices:

<http://www.analog.com/adisimpower>

MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND,"* Analog Devices.

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques,* Analog Devices.

CN-0135 Circuit Note, *Powering the AD9272 Octal Ultrasound ADC/LNA/VGA/AAF with the ADP5020 Switching Regulator PMU for Increased Efficiency,* Analog Devices.

CN-0137 Circuit Note, *Powering the AD9268 Dual Channel, 16-bit, 125 MSPS Analog-to-Digital Converter with the ADP2114 Synchronous Step-Down DC-to-DC Regulator for Increased Efficiency,* Analog Devices.

CN-0141 Circuit Note, *Powering the AD9788 800 MSPS TxDAC Digital-to-Analog Converter Using the ADP2105 Synchronous Step-Down DC-to-DC Regulator for Increased Efficiency,* Analog Devices.

CN-0193 Circuit Note, *High Voltage (30 V) DAC Powered from a Low Voltage (3 V) Supply Generates Tuning Signals for Antennas and Filters,* Analog Devices.

Kessler, Matthew. Application Note AN-1083, *Designing an Inverting Buck Boost Using the ADP2300 and ADP2301 Switching Regulators,* Analog Devices.

Kessler, Matthew. Application Note AN-1075, *Synchronous Inverse SEPIC Using the ADP1870/ADP1872 Provides High Efficiency for Noninverting Buck/Boost Applications,* Analog Devices.

Bradley, Michael. Application Note AN-0975, *Automatic Generation of State Diagrams for the ADM1062 to ADM1069 Using Graphviz,* Analog Devices.

Canty, Peter and Michael Bradley, Application Note AN-698, *Configuration Registers of the ADM1062/ADM1063/ADM1064/ADM1065/ADM1066/ADM1067/ADM1166,* Analog Devices.

Moloney, Alan. Application Note AN-780, *Monitoring Negative Voltages with the ADM1062 to ADM1069 Super Sequencers,* Analog Devices.

Moloney, Alan. Application Note AN-782, *Monitoring High Voltages with the ADM1062–ADM1069 Super Sequencers,* Analog Devices.

Del Mastro, Enrico. Application Note AN-897, *ADC Readback Code,* Analog Devices.

Practical Design Techniques for Power and Thermal Management, Analog Devices, 1998.

数据手册和评估板

CN-0190 Circuit Evaluation Board (EVAL-CN0190-EB1Z)

ADP1872 Data Sheet

ADP1864 Data Sheet

ADP2114 Data Sheet

ADP2300 Data Sheet

ADP2301 Data Sheet

ADP2108 Data Sheet

ADP1741 Data Sheet

ADP151 Data Sheet

ADP121 Data Sheet

ADP1613 Data Sheet

ADM1066 Data Sheet

ADM1178 Data Sheet

ADCMP670 Data Sheet

ADM1170 Data Sheet

ADCMP350 Data Sheet

AD628 Data Sheet

修订历史

7/11—Revision 0: Initial Version

(Continued from first page) Circuits from the Lab circuits are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab circuits in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab circuits. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab circuits at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN09578sc-0-8/11(0)

www.analog.com