

60 V和100 V、低 I_Q 升压/SEPIC/反相转换器，适用于紧凑、高效率、低EMI电源

作者：Joey Yurgelon、Jesus Rosales和Mark Marosek

共享



汽车和工业市场需要低发热运行、适应狭小空间且满足低EMI标准的电源。开关稳压器LT8362、LT8364和LT8361满足升压、SEPIC或反相拓扑中的这些要求。每个器件均支持2.8 V至60 V的宽输入范围，适合工业或汽车环境，具有低 I_Q 模式 (Burst Mode®) 能力，并提供可选SSFM以降低EMI。这些器件内置稳定可靠的60 V/2 A、60 V/4 A和100 V/2 A功率开关 (在高达2 MHz的频率下高效工作)，可在狭小空间中提供高功率，同时满足严格的散热和EMI要求。

汽车输入瞬态和预升压

随着当今汽车中电子器件含量的急剧提高，电源数量成倍增加，其中很多需要将宽范围电池电压直接转换为可用的稳压输出。LT836x系列所有器件的最小输入电压为2.8 V，可在冷启动或启停场合中运行；最大输入电压能力达60 V，可处理电源切断等高输入电压瞬变。

如此宽的输入电压范围使LT836x系列非常适合汽车预升压应用。在电池输入电压可能降到降压输出电压以下的应用中，汽车降压调节器需要预升压级。LT8361、LT8362和LT8364在低电池电量期间可提供必要的升压，而在正常电池电压下或电源切断期间可关闭，功耗极低。

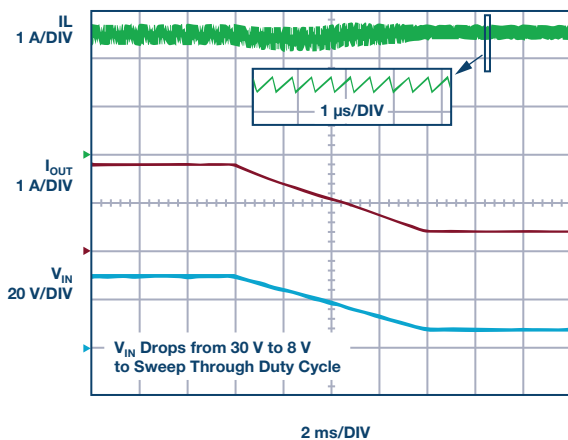


图1. 在峰值开关电流达到限值时，LT836x转换器提供正常工作所需的全斜率补偿，而峰值开关电流限值不会随着占空比而直流降低。

稳定可靠的功率开关

任何开关稳压器都有一项关键要求，那就是在整个输入电压范围内为给定应用提供足够的功率，同时保证可靠运行。这些功率开关稳定可靠，提供60 V/2 A (LT8362)、60 V/4 A (LT8364) 和100 V/2 A (LT8361) 的电压/峰值电流，支持广泛的应用。除扩展SEPIC和反相转换器的输入电压范围外，LT836x系列的高功率开关电压额定值还能扩展输出电压能力。

功率输送最大化：平坦的限流值与占空比

为使整个输入电压范围内的功率输送最大化，LT836x系列的功率开关在整个占空比范围内保持峰值开关限流值不变。宣传的开关电流是多少，用户就能获得多少电流，不打折扣。这与有些转换器在高占空比下峰值开关电流限值可能下降30%或更多相比，是一个显著的优势。

电流模式DC-DC转换器通常对峰值开关电流限值进行斜率补偿，以避免在达到峰值开关电流限值时出现次谐波振荡。缺点是当占空比提高时 (随着输入电压降低)，峰值开关电流限值会减小。在峰值开关电流达到限值时，LT836x系列提供正常工作所需的全斜率补偿，而峰值开关限流值不会随着占空比而直流降低。

2 MHz工作频率：AM频段以上的紧凑型电源

为了满足对紧凑型电源的需求，DC-DC转换器使用高开关频率以最大程度地缩减器件尺寸和成本。此外，汽车应用要求在AM频段以上运行，频率推高至2 MHz。

传统上，高开关频率会导致开关损耗增加，占空比范围受限。LT836x系列采用快速功率开关驱动器以使开关损耗最小，并具有很短的最小导通和关断时间，即使在2 MHz时也能支持宽转换范围。例如，很多应用传统上以400 kHz运行以使效率最高，而LT836x系列能实现更低的损耗和更高的占空比范围。涉及的每种拓扑 (升压、SEPIC和反相) 的热性能如图2所示。

突发工作模式：轻负载时效率高

轻负载时的高效率是汽车环境中的一个关键特性，这对延长电池寿命至关重要。利用可选突发工作模式（可使用SYNC/MODE引脚选择），LT836x系列在轻负载下提供高效率（参见表2）。在较低开关频率时，突发工作模式使用均匀间隔的单开关脉冲以降低开关损耗，同时使输出电压纹波最小。在深度休眠模式下或在预升压应用中的直通模式下，LT836x系列从输入引脚汲取的电流低至9 μ A。

SSFM模式：三种拓扑均符合CISPR 25 Class 5的标准

利用展频（SSFM）模式以及电路板布局时的适当滤波，LT836x系列能够满足CISPR 25 Class 5标准。

在EMI敏感环境中，设计人员传统上是避免使用开关稳压器。开关稳压器的大电容和麻烦的热环路提升了PCB布局对实现良好EMI性能和小尺寸解决方案的重要性，给电路板设计和制造带来负担。LT8362、LT8364和LT8361的工厂演示电路包括必要的输入/输出滤波器及示范性PCB布局，当选择SSFM模式时满足CISPR 25 Class 5标准（经过测试）（参见表2）。EMI考虑中基本上不涉及到转换器，应用开发时间和成本得以减少。图4显示了升压解决方案的EMI测试结果。

两全其美：突发工作模式和SSFM

直到最近，选择SSFM模式以降低EMI还意味着必须在轻负载时使用效率较低的跳脉冲模式，但LT836x系列不需要这种权衡。只需在SYNC/MODE引脚与地之间添加一个100k Ω 电阻（参见表2），LT836x系列便可在负载变轻时从SSFM模式无缝转换为突发工作模式。其结果是在所有负载下都能实现低EMI和高效率。

封装、引脚兼容性和温度等级

对于喜欢有引脚封装的客户，每个器件都提供引脚兼容的16（12）引脚MSE TSSOP，移除四个引脚是为了符合HV引脚间距要求。如需更小尺寸的解决方案，LT8362和LT8364也提供DFN封装。LT8362（3 mm \times 3 mm）10引脚DFN与LT8364引脚兼容，可将前者放置在（4 mm \times 3 mm）LT8364 12引脚DFN PCB空间上（参见图6）。所有封装均有耐热增强型裸露接地焊盘，并提供E、I和H温度等级。

升压/SEPIC/反相：用于正或负输出的FBX引脚

单个FBX引脚即可提供正输出电压和负输出电压，所有拓扑结构皆可实现。反相应用与升压或SEPIC一样可获得，节省设计时间和精力。

升压转换器

有些应用要求输出电压高于输入电压，LT836x系列具有2.8 V至60 V输入能力和功率开关额定值范围，因而是许多升压转换器应用的理想选择。对于大转换比设计，以断续导通模式（DCM）工作可能是最佳解决方案；连续导通模式（CCM）可以提供更高的输出功率。

图7中的转换器为LT8364低 I_o 、低EMI、2 MHz、24 V升压转换器，采用SSFM，符合CISPR 25 Class 5辐射和传导EMI标准（图4）。输入电压为12 V时，该应用可轻松达到94%的峰值效率。

SEPIC转换器

汽车和工业应用的输入电压可能高于或低于所需的输出电压。对于需要给输入升压和降压的DC-DC转换器应用，SEPIC拓扑常常是解决方案。SEPIC支持需要断开输出的应用，以确保在关断期间无输出电压，且能容忍输出短路故障，因为输入到输出之间没有直流通路。开关额定值为60 V/100 V，最小导通和关断时间很短，支持宽输入电压范围。LT836x系列提供可选BIAS引脚，其可用作INTV_{CC}稳压器的第二输入电源以提高效率。

图8中的SEPIC转换器使用LT8361来展示额定值100 V开关的多功能性。开关电压额定值必须大于最大输入和输出电压之和。输入为48 V，输出为24 V，该开关可轻松处理所需的72 V电压。当输入大于输出时，BIAS引脚连接到V_{OUT}时可提高效率。采用SSFM工作模式时，该应用符合CISPR 25 Class 5辐射和传导EMI标准（图9）。12 V输入时的峰值效率为88%。

反相转换器

负电源在当今电子产品中很常用。但是，许多应用只有正输入电压可用。配置为反相拓扑时，LT836x系列可以从高于或低于负输出电压幅度的正输入电压进行调节。与SEPIC拓扑一样，60 V/100 V的高开关额定值及很短的最小导通和关断时间支持宽输入电压范围。

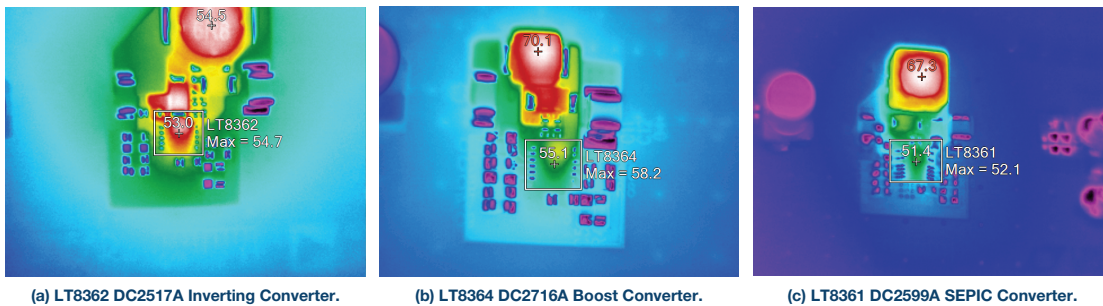
工作在2 MHz时，LT8362提供了一种从正输入电源产生负电压的简便方法，如图10所示——使用SSFM的低 I_o 、低EMI、2 MHz、-12 V反相转换器。利用稳定可靠的60 V开关，该应用可在高达42 V（|V_{OUT}| + V_{IN} 60 V）的输入下工作。V_{IN}为12 V时，峰值效率可达85%。采用SSFM工作模式时，该应用符合CISPR 25 Class 5辐射和传导EMI标准（图11）。

结论

为满足汽车和工业市场对紧凑、高效率、低EMI电源的需求，LT836x系列提供稳定可靠的LT8362（60 V/2 A）、LT8364（60 V/4 A）和LT8361（100 V/2 A）开关稳压器，并且支持升压、SEPIC和反相拓扑。低 I_o 突发工作模式，占空比范围内平坦的开关电流限值，2 MHz工作频率下的低开关损耗，以及2.8 V至60 V的宽输入范围，使这些器件显著优于同类器件。

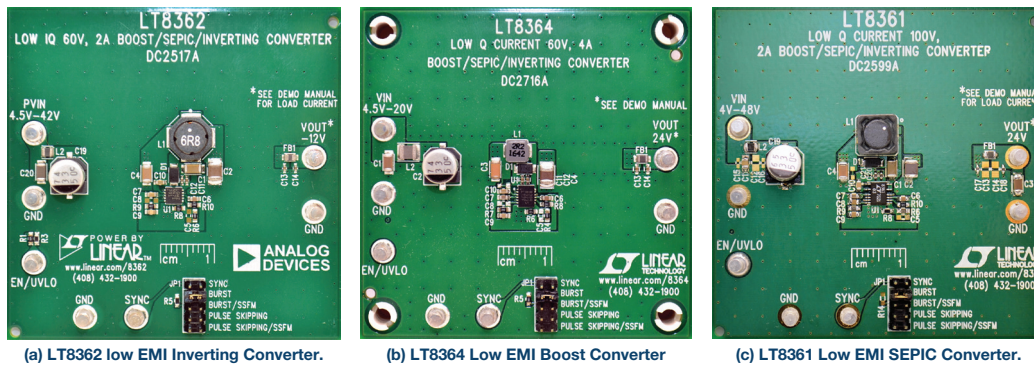
通过适当的演示板布局和滤波器设计并使用SSFM模式，可实现低EMI性能以满足CISPR 25 Class 5 EMI标准。

所有器件都有16（12）MSE引脚兼容性，LT8362（3 mm \times 3 mm DFN（10））和LT8364（4 mm \times 3 mm DFN（12））尺寸兼容，因而设计开发得以简化。LT836x系列的所有器件均提供E、I和H温度等级。



(a) LT362 DC2517A Inverting Converter. (b) LT364 DC2716A Boost Converter. (c) LT361 DC2599A SEPIC Converter.

图2. LT362 Cuk反相、LT364升压和LT361 SEPIC设计方案的热性能。



(a) LT362 low EMI Inverting Converter. (b) LT364 Low EMI Boost Converter (c) LT361 Low EMI SEPIC Converter.

图3. 紧凑型低EMI转换器解决方案。

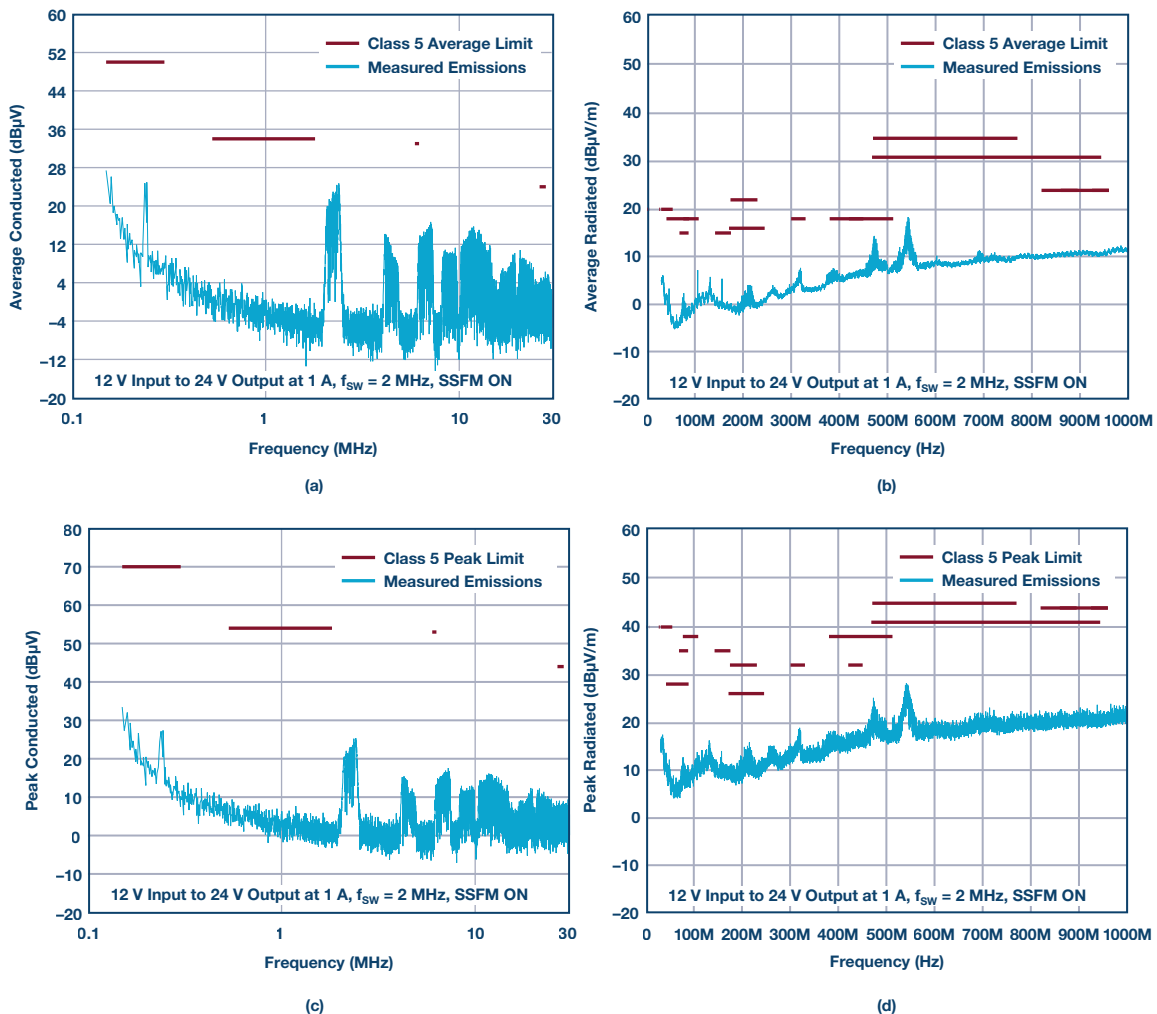


图4. LT364升压解决方案的EMI测试结果。

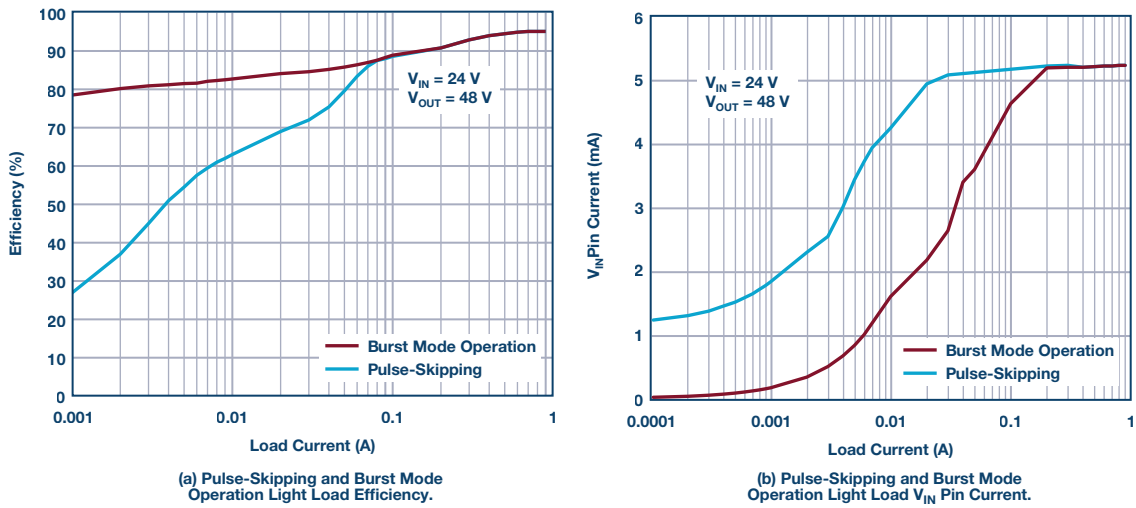


图5. LT8362升压解决方案的跳脉冲与突发工作模式的关系(24 V输入、48 V输出)。

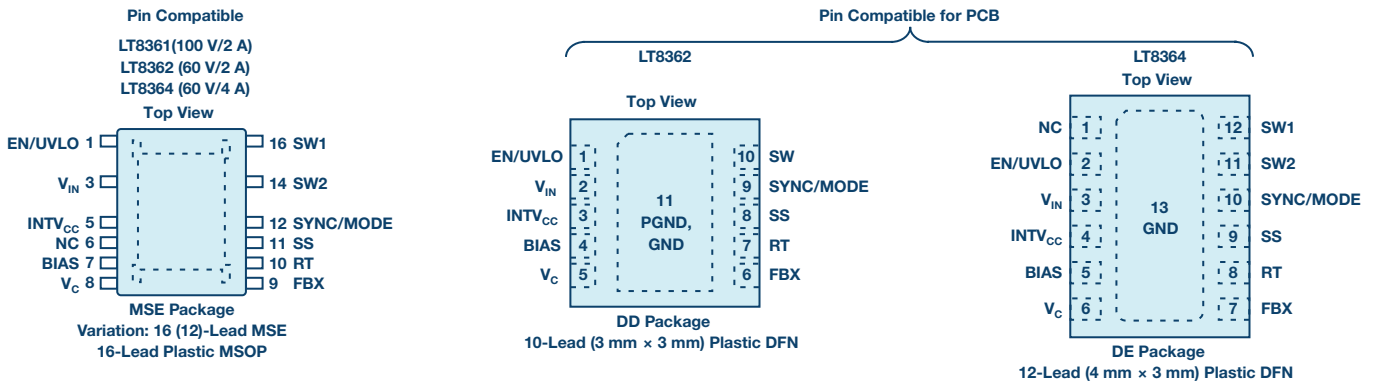


图6. LT8361、LT8362和LT8364封装的引脚兼容性。

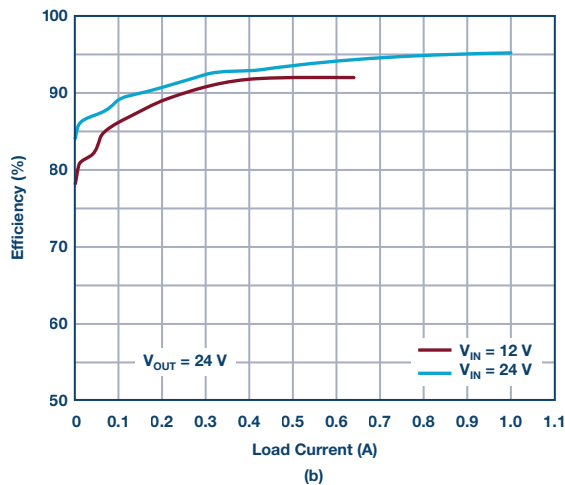
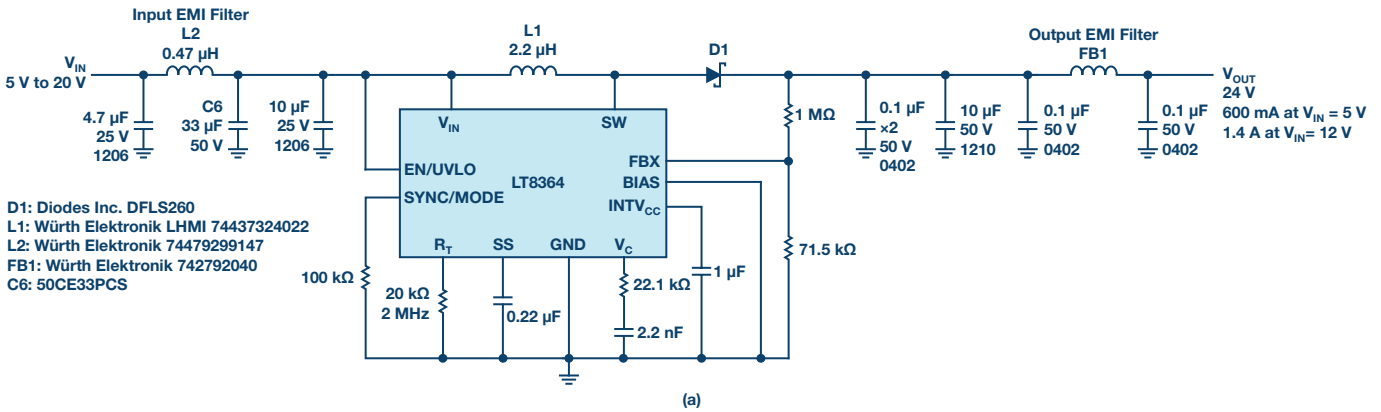


图7. LT8364、2 MHz、24 V输出升压转换器符合CISPR 25 Class 5 EMI标准(见图4)。

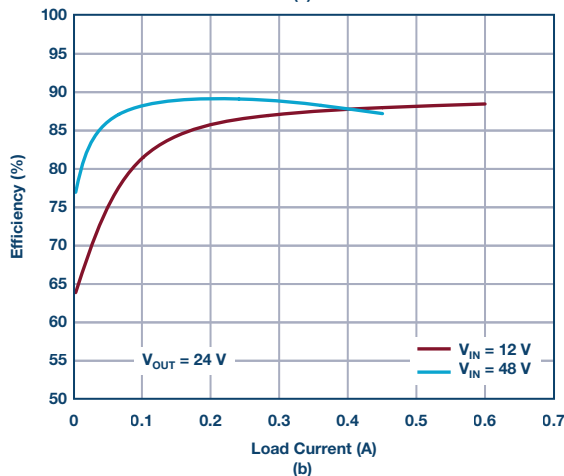
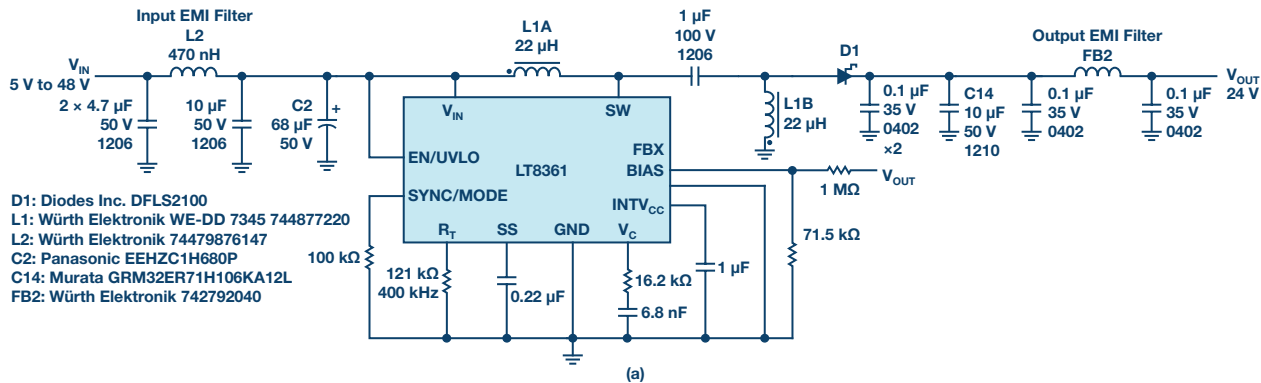


图8. LT8361、400 kHz、24 V输出SEPIC转换器符合CISPR 25 Class 5 EMI标准。

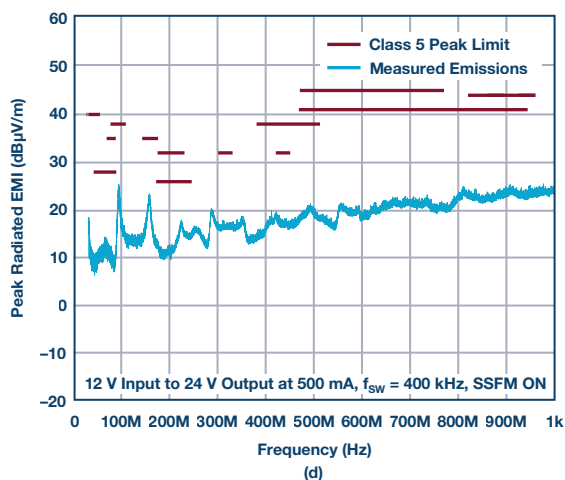
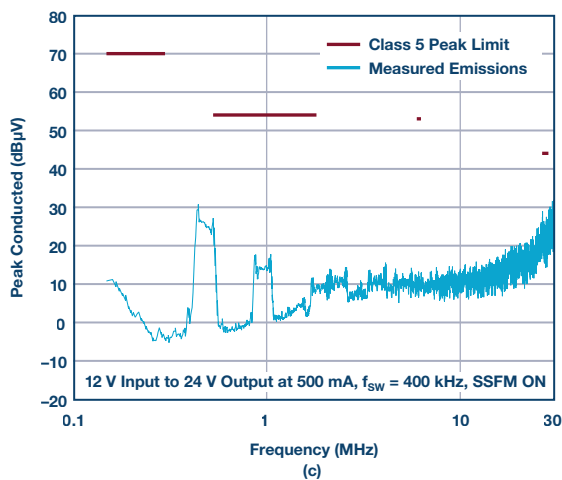
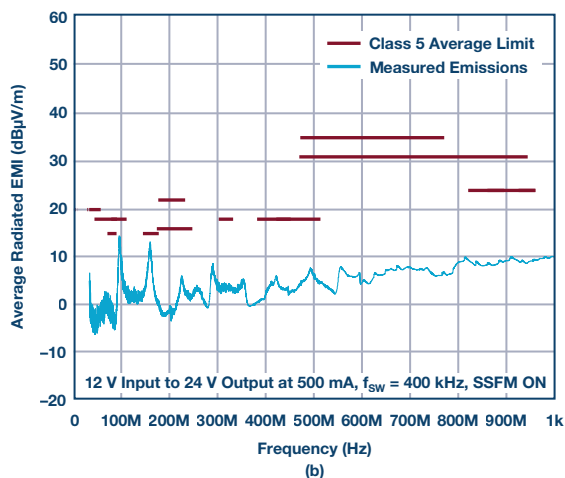
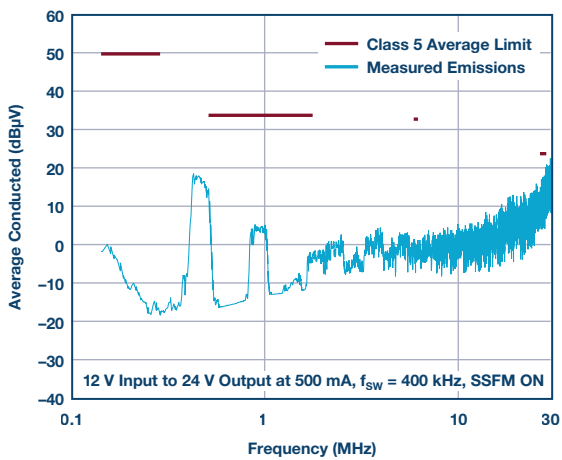


图9. LT8361 SEPIC解决方案的EMI测试结果。

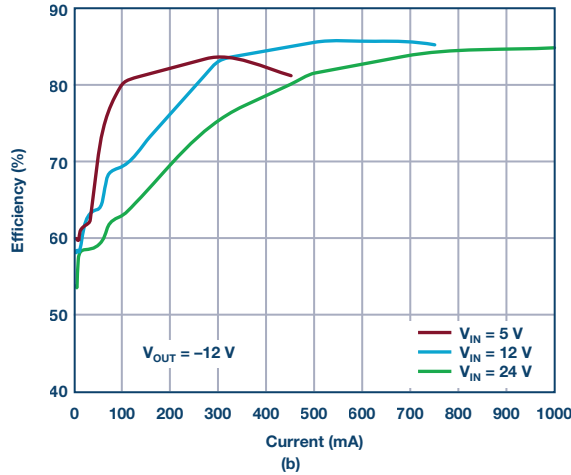
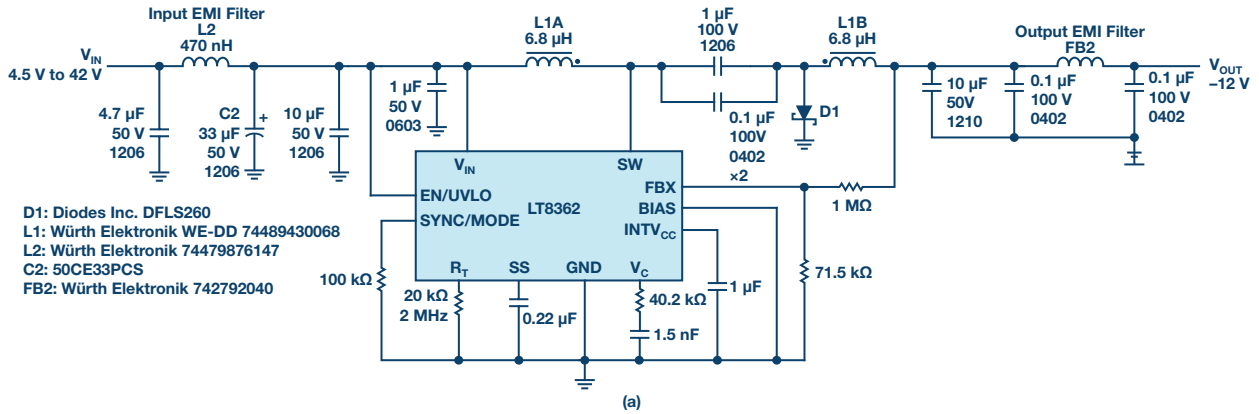


图10. LT8362、2 MHz、-12 V输出反相转换器符合CISPR 25 Class 5 EMI标准。

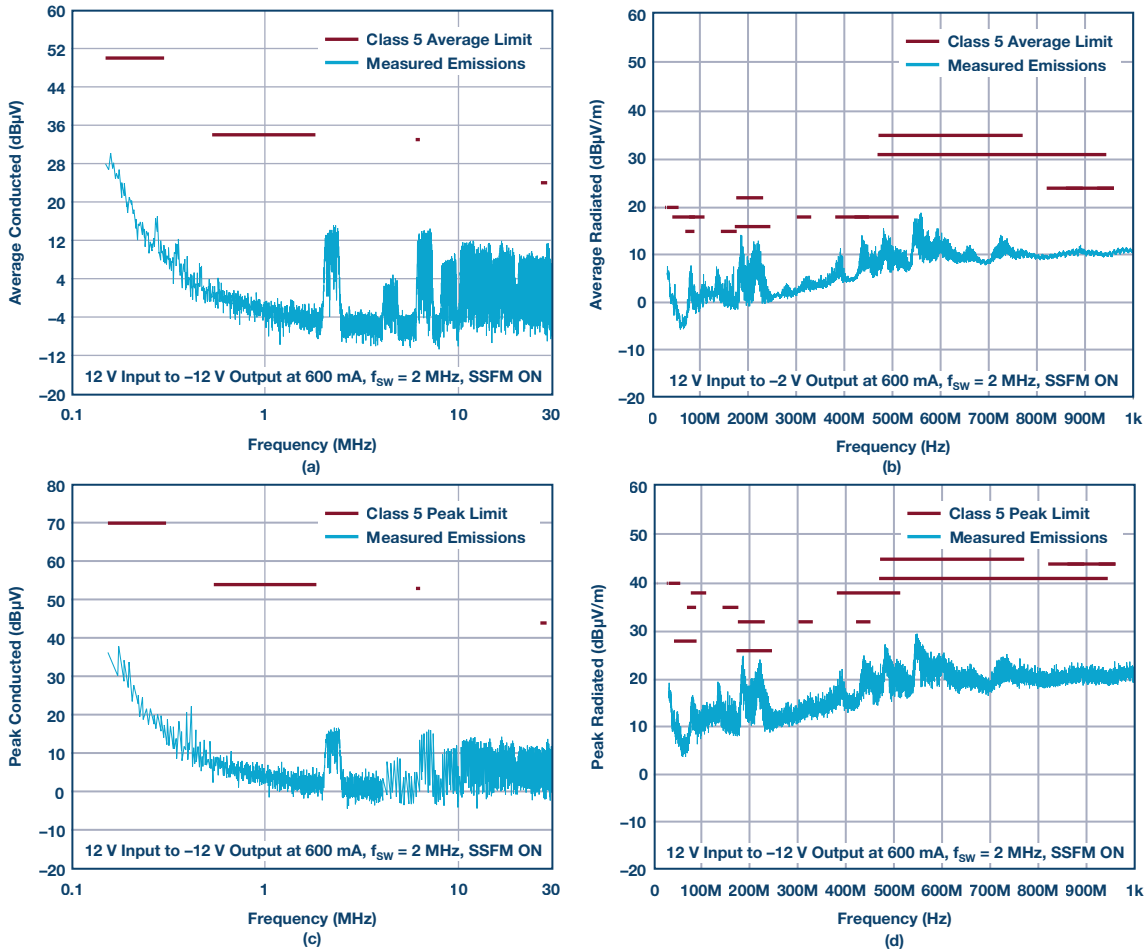


图11. LT8362反相解决方案的EMI测试结果。

表1. 低 I_o 升压/SEPIC/反相转换器；本文中描述的器件以高亮显示。

	LT8362	LT8364	LT8361	LT8330	LT8331	LT8335
突发模式 I_o	9 μ A	9 μ A	9 μ A	6 μ A	6 μ A	6 μ A
输入电压范围	2.8 V至60 V	2.8 V至60 V	2.8 V至60 V	3 V至40 V	2.8 V至60 V	3 V至25 V
可编程/固定开关频率	300 kHz至2 MHz	300 kHz至2 MHz	300 kHz至2 MHz	2 MHz	100 kHz至500 kHz	2 MHz
扩展频谱频率调制用于实现低EMI	是	是	是			
功率开关电压/电流	60 V/2 A	60 V/4 A	100 V/2 A	60 V/1 A	140 V/0.5 A	28 V/2 A
封装	3 mm \times 3 mm DFN, 16(12) 引脚MSE	4 mm \times 3 mm DFN, 16(12) 引脚MSE	16(12) 引脚MSE	3 mm \times 2 mm DFN, TSOT- 23	16(12) 引脚MSE	3 mm \times 2 mm DFN
温度等级	E、I、H	E、I、H	E、I、H	E、I、H	E、I、H	E、I、H

表2. LT836x系列支持的工作模式。

SYNC/MODE引脚输入	支持的工作模式
(1) GND或<0.14 V	突发工作模式
(2) 外部时钟	跳脉冲/同步
(3) 100 k Ω 电阻接GND	突发/SSFM
(4) 浮空（引脚断开）	跳脉冲
(5) INTV _{CC} 或 > 1.7 V	跳脉冲/SSFM
温度等级	E、I、H

Joey Yurgelon [joey.yurgelon@analog.com]是ADI公司位于加利福尼亚州米尔皮塔斯的Power by Linear部门的模拟IC设计工程师。他的兴趣包括电源管理IC遥测和单片升压/SEPIC/反相转换器，重点关注用于汽车激光雷达的高压APD偏置解决方案。Joey毕业于拉斯维加斯内华达大学，获电气工程学士学位。2016年加入凌力尔特公司（现为ADI的一部分），此前他曾效力于私营和公共部门。



Joey Yurgelon

Jesus Rosales [jesus.rosales@analog.com]是ADI公司位于加利福尼亚州米尔皮塔斯的应用部门的应用工程师。1995年加入凌力尔特公司（现为ADI的一部分），担任助理工程师；2001年晋升为应用工程师。此后他一直为升压/反相/SEPIC系列单片转换器和一些离线隔离应用控制器提供技术支持。他于1982年毕业于Bay Valley技术学院，获电子学副学士学位。



Jesus Rosales

Mark Marosek [mark.marosek@analog.com]是ADI公司位于加利福尼亚州米尔皮塔斯的Power by Linear部门的设计工程经理。他的兴趣包括单片升压/反相/SEPIC转换器和多串LED驱动器，主要关注汽车和工业应用。他的团队目前重点关注用于汽车激光雷达的高压APD偏置解决方案和激光二极管电源。Mark毕业于苏格兰爱丁堡大学，获电气与电子工程学士学位和硕士学位。1988年至1998年间，他在National Semiconductor工作，曾为汽车业一级供应商设计定制电源IC。1998年加入凌力尔特公司（现为ADI公司的一部分），担任高级电源IC设计师。



Mark Marosek