

# 使用LVFR输出整流器 提升电源适配器能效

要经济实惠的去遵从交流-直流(AC-DC)转换器的能效规范甚具挑战性。然而,使用NTST20100SG和NTST30100SG新的低正向压降( $V_F$ )整流器(LVFR)技术,就可以提升电源能效,而不需要变更电路设计或调整电路板布线。跟进行简单的性能折衷或是改变裸片尺寸不一样,这种基于沟槽的新的LVFR肖特基技术改善整流器的正向压降而不会对器件泄漏电流、可靠性、开关性能或击穿电压构成负面影响。

事实上, LVFR整流器与常规肖特基整流器相比,在相同的额定电压和额定电流时,提供更快的开关时间、更佳的温度稳定性和更高的雪崩能量能力。最重要的是,业界领先的低正向压降降低了正向导电能损耗(图1)。更佳的性能转化为更高能效的电源转换。

## 输出整流的挑战

包括低成本反激电路、笔记本适配器和某些ATX电源等使用次级端输出整流的电源在输出整流器部分会遭受大量的功率

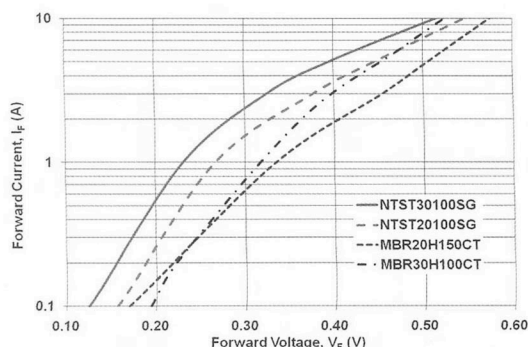


图1: 正向压降比较(125°C时在两种器件的两个二极管引脚并联测得的典型数据)

Fionn Sheerin/Kevin Keller

损耗。这些损耗通常主要源自整流器在工作周期的导电部分期间的正向压降。我们可以在次级端使用同步MOSFET来降低这种功

率损耗,但却会导致系统成本和复杂度大幅升高。同样地,我们也可使用更大电流的输出整流器,但电路会遭受额外的开关和泄漏损耗,而且系统成本也会上升。LVFR器件使用先进的沟槽技术,提供更低正向压降而不会损及其它性能参数。NTST30100SG在5 A、125 °C条件下的正向压降仅为390 mV,远低于传统30 A、100 V平面型肖特基整流器MBR30H100CT在相同测试条件下450 mV的典型正向压降。

这种性能提升可以增加系统总能效而不会改变拓扑结构或控制电路。使用低正向压降沟槽整流器可以提高系统能效,而不

■表1: NCP1380EVB能效和待机能耗测量结果

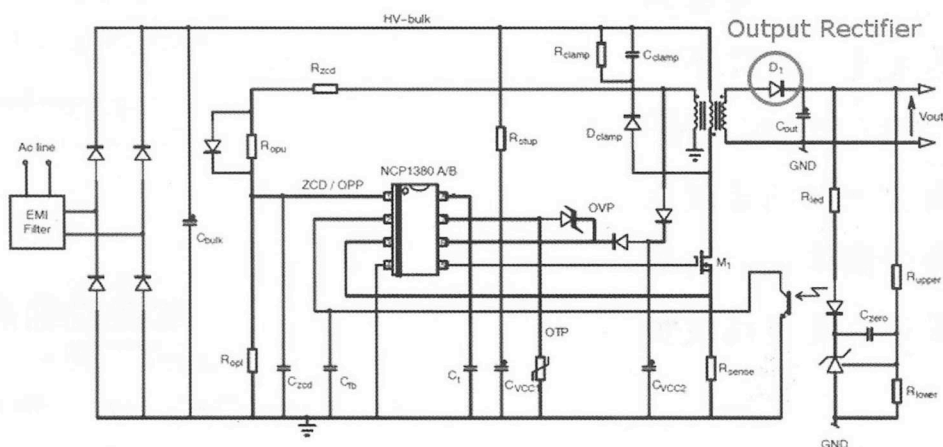
器件型号	230 V、50 Hz 时的能效	115 V、60 Hz 时的能效	230 V、50 Hz 时的待机能耗	115 V、60 Hz 时的待机能耗
MBR20H150CT	87.8 %	88.8 %	151 mW	78 mW
NTST20100SG	88.3 %	89.4 %	151 mW	77 mW
NTST30100SG	88.7 %	89.7 %	150 mW	74 mW

会对系统的稳定性或噪音等级构成影响。

## 电源能效提升测量结果

在安森美半导体的NCP1380EVB参考电路(图2)中使用新的LVFR器件时,高线路电压和低线路电压条件下的电源能效都提升了约0.85%,并没有改变电路的待机能耗(表1)。安森美半导体的NCP1380准谐振转换器驱动标准反激AC-DC开关电源电路,使用谷底锁定功能来调节开关频率,并拓展至在轻载条件下也提供高性能,同时也在次级端使用整流器用于输出整流。采用传统肖特基整流器(MBR20H150CT)时,这设计已经超过“能源之星”EPA2.0标准的87%强制性能效目标,但采用NTST20100SG整流器时,电路能效在高线路电压工作时提

升约0.5%,  
达至88.3%,  
在低线路电压工作时提升至  
89.4%。转用  
NTST30100SG  
整流器时,能效进一步提升  
约0.4%,在高线路电压工  
作期间能效



■图2: NCP1380EVB电路(D<sub>1</sub>是输出整流器)

达约88.7%,低线电路电压工作期间能效达约

89.7%(见图3及图4)。

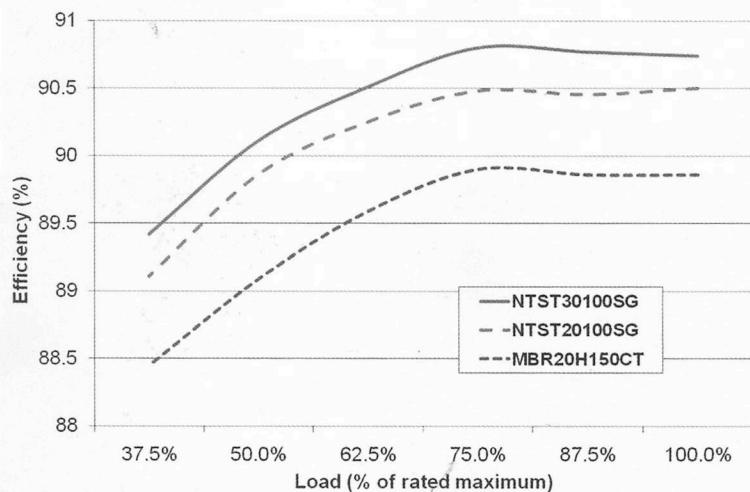


图3: NCP1380EVB (60 W, 20 V)低线路电压工作时的能效

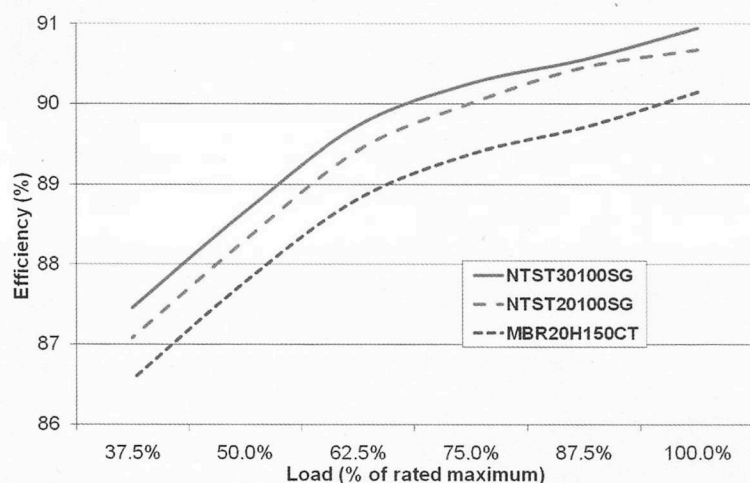


图4: NCP1380EVB (60 W, 20 V)高线路电压工作时的能效

## 输出整流器的功率损耗

输出整流器的功率损耗可以分为三个部分: 正向导电损耗、反向恢复开关损耗 和反向偏置损耗。在笔记本、上网本及其它便携电子产品使用的适配器等典型低输出电压反激拓扑结构中, 正向导电损耗占输出整流器总功率损耗的主要部分, 也是影响系统总能效的一项重

要因素。这可以轻易地在输出整流器工作期间

观测到的波形中得到印证(见图5至图8, 须注意测得的电压是整流器和输出电容相对于次级端地电平的差分电压, 而测得的电流是通过整流器阴极的电流)。

在周期开始时, 反激电路中的开关开路, 驱动正向电流流向整流器。任何通过整流器的正向导通电流都会给输出电容充电, 故在开关期间及之后整流器电流波形上观测到的振铃不会成为系统总功率损耗的构成部分(一般来说, 这类电路中正向导通开关特性并不会构成什么重大影响)。在这部分工作周期期间, 整流器将导电, 为输出电容充电, 功率损耗将是整流器瞬态电流-电压乘积的时均值(time average)。电容充电时, 整流器两端的电压差将下降, 流过整流器的电流也会下降, 故相应的整流器功率损耗也下降。就NCP1380EVB电路而言, 满载、低线路电压工作期间近似于锯齿电流波形, 从10 A电流开始, 大约只经历10  $\mu$ s的时间将线性降低至零。电流10 A与零之间的正向

电压降将决定相应的功率耗散。NTST30100SG在10 A、125  $^{\circ}$ C时的典型正向压降约为0.5 V, 在1 A、125  $^{\circ}$ C时约为0.22 V。使用这脉冲期间的平均正向压降和平均电流(5 A和0.36 V)来计算近似的平均功率损耗的话, 就可以得出这部分工作周期的平均功率损耗为1.8 W, 而完整工作周期期间的平均功率损耗约为1 W。

在周期的中间，控制器将驱动MOSFET切换(switch)为关闭(off)状态，使整流器反向偏置。在过渡期间，整流器电流减小，过冲反向偏置泄漏电平，然后逐渐达至稳定的泄漏电流电平。反向恢复电荷丢失，功率损耗相当于瞬态电流-电压乘积之和。然而，必须注意的是，在切换之前的正向电流电平极低。在这个工作点，输出电容被充电，触发控制器的切换操作。由于电容被充电，通过整流器的正向电流接近零。整流器开关损耗在很大程度上取决于切换之前的正向电流，而由于正向电流如此小，开关损耗极小。事实上，示波器测量结果中并不是一直都会有反向电流尖峰。与功率损耗的其它组成部分相比，低频电源的整流器反向恢复开关损耗有些时候可以忽略不计。

最后，在电路将整流器切换为反向偏置后，反向偏置泄漏电流回流至整流器。这电流从输出电容吸收电荷，功率损耗是反向偏置电压和泄漏电流的乘积。就NCP1380EVB电路而言，相应的反向偏置电压为50 V，持续时间为8  $\mu$ s。NTST30100SG在125  $^{\circ}$ C、50 V条件下的典型泄漏电流约为10 mA。这样就可以计算出整流器工作的关闭部分期间功率损耗为50 mW，而整个工作周期的平均功率损耗为22 mW。

就此电路而言，整流器的正向功率损耗远高于反向泄漏功率损耗(满载低线路电压工作条件下分别为1 W: 22 mW)。在反激电源中，这种特性很常见。整流器中的正向功率损耗在系统总功率损耗中占很大部分，而改善输出整

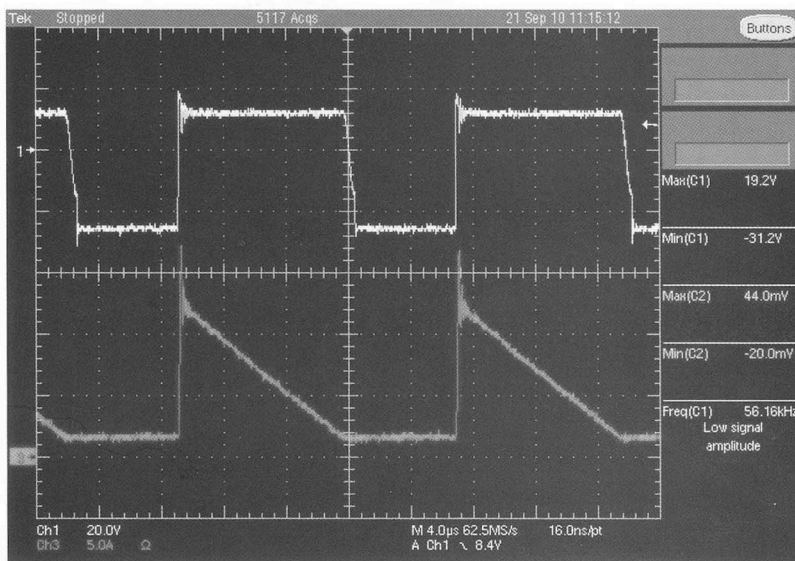


图5: NCP1380EVB电路中NTST30100SG整流器的阳极电压和电流(低线路电压、满载条件)

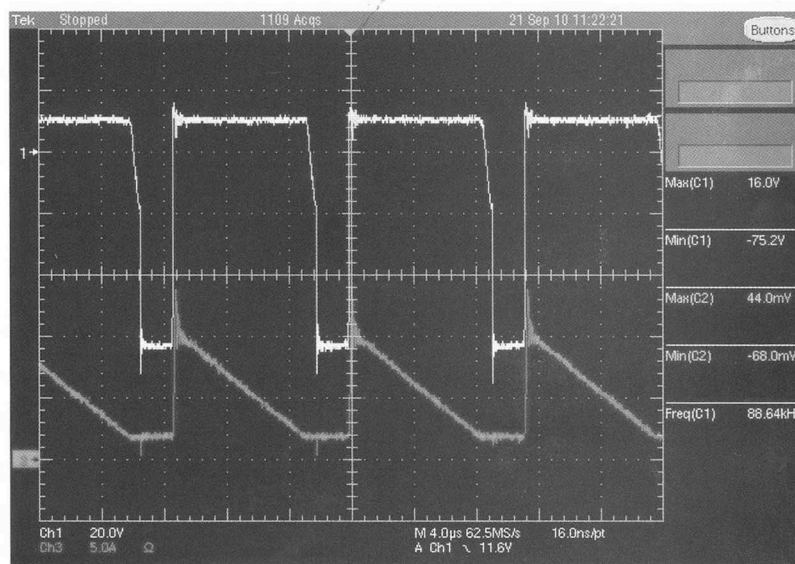


图6: NCP1380EVB电路中NTST30100SG整流器的阳极电压和电流(高线路电压、满载条件)

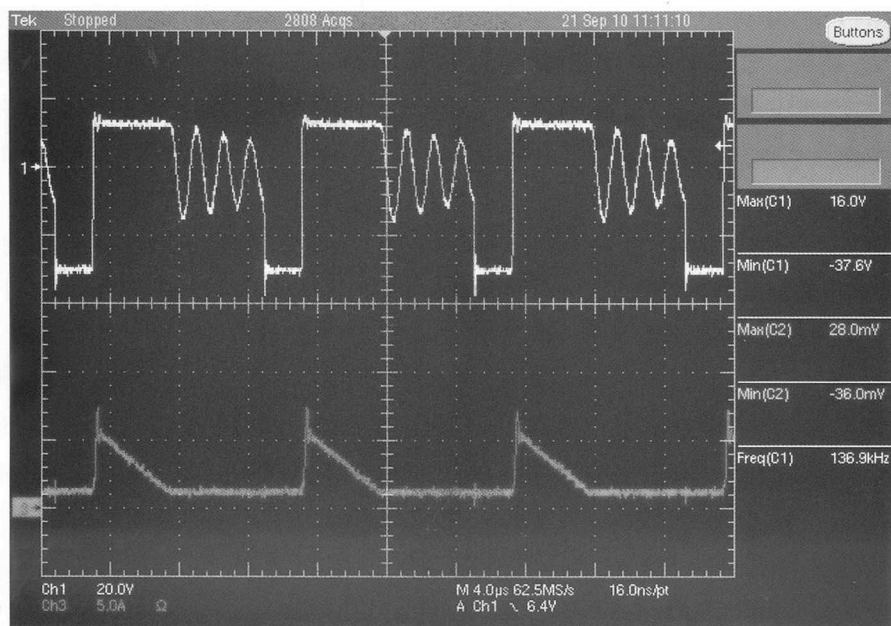


图 7: NCP1380EVB电路中NTST30100SG整流器的阳极电压和电流(低线路电压、25%负载条件)

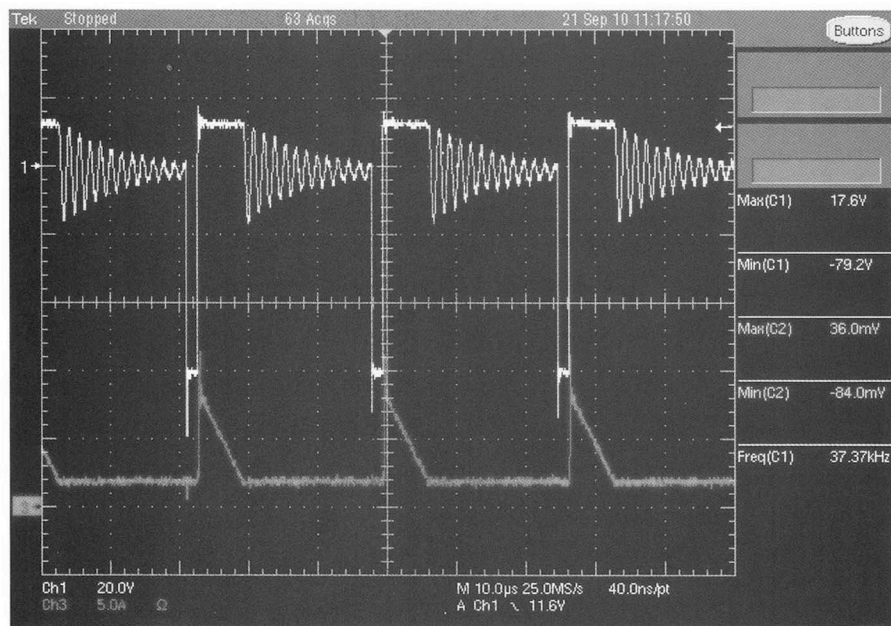


图8: NCP1380EVB电路中NTST30100SG整流器的阳极电压和电流(高线路电压、25%负载条件)

流器的正向电压可以使电路总能效大为不同。这就是NTST30100SG和NTST20100SG中使用的沟槽肖特基结构的基础优势:正向压降比平

面型肖特基器件更低。在轻载条件下整流器的正向功率损耗在系统总功率损耗中所占的比例减小,因为通过整流器的平均正向电流减小,但平均电源能效仍然大幅提升。能效达87%的65 W电源在AC-DC转换段的功率损耗为14.7 W;其中输出整流器的正向导电功率损耗为1 W,相当于能量转换阶段(低线路电压、满载条件下)总功率损耗

的7%。降低输出整流器的正向压降可以大幅改善电源总体性能,且不会额外增加电路的复杂性。

## LVFR整流器的其它优势

LVFR整流器与前一代整流器相比,除了正向压降更低外,还提供其它几项性能优势。与传统平面型肖特基器件相比,沟槽肖特基整流器可以承受高得多的雪崩电流而

不会损坏。NTST30100SG在10 mH未钳位电感型开关(unclamped inductive switching, UIS)测试中通常能够承受300 mJ的雪崩能量。此外,泄漏电流与温度的相关性也比典型肖特基整流器



小,提升了器件的稳定性(NTST30100SG的额定工作温度可高达150°C)。最后,与当今业界某些新的基于MOSFET的整流器不同,集成在沟槽结构中的大多数载流子肖特基功能维持了传统肖特基整流器具有的快速开关时间优势。NTST30100SG的典型反向恢复开关时间( $t_{rr}$ )仅为23 ns,比传统30 A、100 V平面型肖特基整流器的25 ns  $t_{rr}$ 指标略快(见图9),配合高频工作,而没有过高的开关损耗。

## LVFR整流器在AC-DC转换器之外的其它应用

这个产品系列最先推出的产品都经过了专门的调节,提供了最优的AC-DC转换器输出整流器性能,这些应用中的主要优势是降低正向压降。然而,这种先进的沟槽技术与传统肖特基或竞争性的基于MOSFET的整流器相比,提供基本上更好的性能折衷,而次要优势则包括更佳的高温

度稳定性及更强的雪崩存续能力。这些优势可以运用在众多低压应用中。这个器件系列后续的新产品包括额定电压和电流各不相同的TO-220FP封装器件,非常适合用于液晶电视电源模块。

NTST30100SG(采用无铅TO-220封装的30 A、100 V单阳极器件)现已接受订购。其它系列器件,包括NTST20100SG,双阳极器件,用TO-220FP、12PAK、D2PAK封装的器件,其它额定电流值的器件,以及额定电压高达200 V的器件,正在积极开发阶段。

(本文作者任职于安森美半导体)

## 参考数据和前瞻性声明:

NTST30100SG、MBR20H150CT、MBR30H100CTG和NCP1380现已量产。本文包含的数据仅供参考;确切器件规范参见相应器件的数据表。NTST20100SG预计在2010年内推出。与NTST20100SG相关的所有信息和器件性能规范均可能变更或

取消,恕不另行通知。

## 参考资料:

1、Conseil, Stephanie:  
“Designing a Quasi-Resonant Adaptor Driven by the NCP1380.” ON Semiconductor Application Note AND8431/D, Revision 1.

2、Conseil, Stephanie:  
“Performances of a Quasi-Resonant Adaptor Driven by the NCP1380.” ON Semiconductor Evaluation Board Manual NCP1380EVB/D, Revision 1.

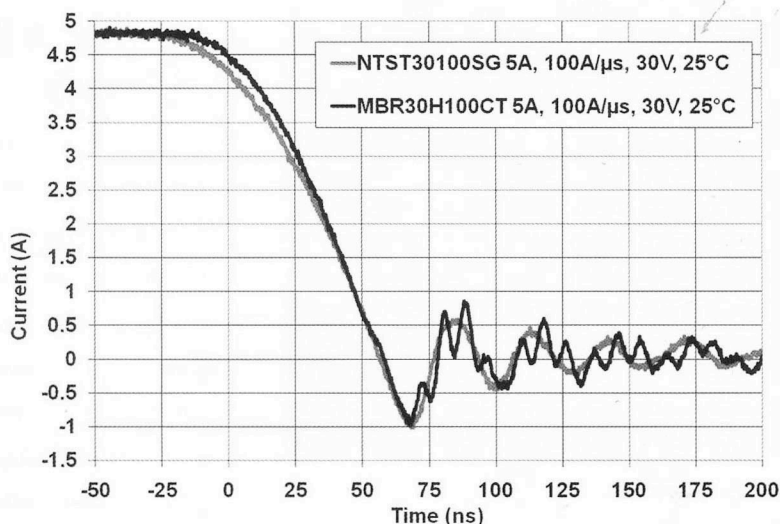


图9: NTST30100SG和MBR30H100CT的开关波形  
(25°C时测得的典型性能)