

用于低功率应用的高能效 AC-DC 开关稳压器方案

High-efficient AC-DC Switching Regulator Plan for Low-power Applications

安森美半导体
ON Semiconductor

摘要: 介绍基于安森美半导体涵盖 2 W ~ 25 W 功率范围的一系列高能效 AC-DC 开关稳压器应用方案。

关键词: 低功率应用 开关稳压器 AC-DC

Abstract: This paper introduces a series of high-efficient AC-DC switching regulator plans based on ON Semiconductor's power range from 2W to 25W.

Key words: Low-power applications, Switching regulator, AC-DC

[中图分类号] TN86 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2015) 06-0051-04

1 引言

近年来, 世界各国政府为了因应全球气候变暖, 纷纷制定更严格的高能效法规与标准, 提升电源能效, 降低能耗, 以期减轻对环境的压力。安森美半导体身为全球领先的半导体供应商, 积极推动高能效创新, 提供宽系列的高能效电源产品及方案, 涵盖从高集成度功率因数控制器、AC-DC 控制器、DC-DC 控制器, 到分立 MOSFET、整流器、IGBT 等, 以及智能功率模块 (IPM) 和功率集成模块 (PIM) 等, 用于计算机、消费类电器 (电视机、DVD、机顶盒、游戏机等)、白家电、电信、工业及 LED 照明等重点应用, 符合或超越各种能效规范。

本文重点围绕市场上的低功率应用, 如消费类电器 / 白家电辅助电源、待机隔离电源、电表 / 智能电表电源、辅助电源、调制解调器 / 路由器 AC-DC 适配器、低功率 LED 照明、工业设备控制等, 介绍安森美半导体涵盖 2 W ~ 25 W 功率范围的高能效 AC-DC 开关稳压器方案。

安森美半导体提供一系列高能效固定频率脉宽调制 (PWM) 电流模式开关稳压器, 包括: NCP1010 及 NCP1011, 用于 0W ~ 5W 应用; NCP1012、NCP1013、NCP1014 和 NCP1015, 用于 5W ~ 10W 应用; NCP1027 及 NCP1028, 用于 5W ~ 15W 应用; NCP1070、NCP1071、NCP1072、NCP1075、NCP1076 及 NCP1077, 用于 3W ~ 15W 应用; NCP1124、NCP1126 及 NCP1129, 用于 10W ~ 30W 应用; NCP1136, 用于 15W ~ 20W 应用。

其中, NCP107x、NCP112x 及 NCP1136 是新的开关稳压器产品, 也是本文探讨重点。这些产品中, NCP107x 集成了 700 V 高压 MOSFET 开关, NCP112x 集成了强固的 650 V 高压 MOSFET, 而 NCP1136 集成了 800 V 高压 MOSFET。

2 NCP107x 系列 700 V 单片集成开关稳压器

NCP107x 系列单片开关稳压器, 采用 PDIP-7 或 SOT-223 封装, 与 NCP101x 系列引脚对引脚兼容。NCP107x 系列采用电流模式 65/100/130 kHz 固定频率工作, 用于 3 W ~ 15 W 功率的应用, 如平板电视辅助电源、白家电、电表等。

该系列器件支持频率反走及跳周期模式, 提升电源轻载能效; 还具有内置高压启动功能, 支持动态自供电 (DSS), 提供无损耗的启动序列。其它特性包括: 短路保护、1 ms 软启动、频率抖动、 V_{cc} 引脚过压保护等; NCP1070 和 NCP1071 集成了导通




功率范围	2 ~ 5 W	5 ~ 20 W	10 ~ 25 W
目标应用			

图 1 市场上常见的低功率 AC-DC 开关稳压器应用

阻抗为 $22\ \Omega$ 的 MOSFET, 峰值电流分别 250 mA 和 350 mA; NCP1072 和 NCP1075 的 MOSFET 导通阻抗为 $11\ \Omega$, 峰值电流分别为 250 mA 和 450 mA; NCP1076 和 NCP1077 的 MOSFET 导通阻抗为 $4.3\ \Omega$, 峰值电流分别为 650 mA 和 800 mA。

基于 NCP107x 开发了一系列参考设计。图 2 显示的是基于 NCP1072/5 的 5W ~ 10 W 参考设计, 针对智能电表、电表及白家电应用。该参考设计提供较高能效, 同时提供低空载待机能耗, 演示板还提供低成本感测电路选择。

器件	应用	输入电压	输出功率	拓扑结构	I/O隔离
NCP1075, NCP431	智能电表, 电表, 白家电	85至300 Vac	5至10 W	反激	隔离(3 kV)
NCP1072, NCP431	智能电表, 电表, 白家电	85至300 Vac	5至10 W	反激	隔离(3 kV)



图 2 用于智能电表、电表及白家电等应用的 NCP1072/5 5W ~ 10 W 参考设计

基于 NCP1075 的双路输出 8 W 参考设计 (见图 3), 提供优异的能效水平及互稳压性能, 用于白家电及工业设备应用。

器件	应用	输入电压	输出功率	拓扑结构	I/O隔离
NCP1075, NST45011	白家电, 工业设备	180至270 Vac	额定8 W	非隔离反激	不跟交流主电源隔离

	输出1	输出2
输出电压	5.0 Vdc $\pm 2\%$	8.5 Vdc $\pm 5\%$
纹波	200 mV p/p	200 mV p/p
额定电流	1 A	200 mA
最大电流	1.25 A	300 mA
最小电流	1%	1%

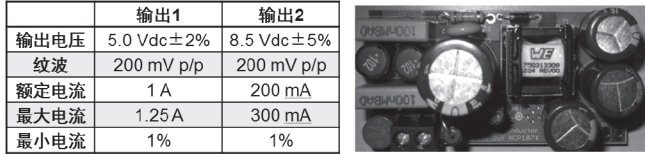
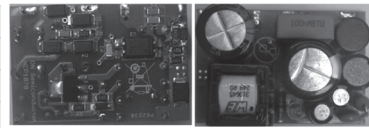


图 3 用于白家电、工业设备等应用的 NCP1075 8 W 双路输出参考设计

基于 NCP1070/1 的参考设计 (见图 4) 典型输出电压为 5 V, 输出电流 1 A, 提供 80% 的能效, 适合低功率 AC-DC 适配器及消费电子应用。

器件	应用	输入电压	输出功率	拓扑结构	I/O隔离
NCP1070	AC-DC适配器, 消费电子	85至300 Vac	2至5 W	反激	隔离(3 kV)

特性	典型值	最大值	单位
输出电压	5		V
输出电流	1		A
能效	80		%
输出电压纹波		150	mV pk-pk



新的小尺寸演示板

设计注释: DN05048/D www.onsemi.cn

图 4 用于低功率 AC-DC 适配器、消费电子等应用 NCP1075 2W ~ 5 W 参考设计

基于 NCP1076/7 的 20 W 参考设计 (见图 5) 典型能效达 80%, 适合白家电及工业等应用。

器件	应用	输入电压	输出功率	拓扑结构	I/O隔离
NCP1077	白家电, 工业	85至300 Vac	20 W	反激	隔离(3 kV)

特性	典型值	最大值	单位
输出电压	12		V
输出电流	2		A
能效	80		%
输出电压纹波		150	mV pk-pk

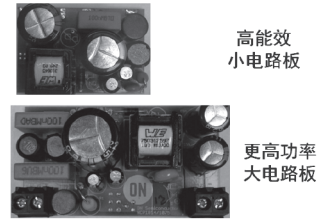


图 5 基于 NCP1076/7 的 20 W 参考设计

基于 NCP1075 的 12 W 参考设计 (见图 6), 采用抽头 (tapped) 电感来隔离交流信号, 提高 MOSFET 工作的占空比, 提高系统能效及电路性能。该参考设计适合白家电、电表及工业设备等应用。

器件	应用	输入电压	输出功率	拓扑结构	I/O隔离
NCP1075	白家电, 电表, 工业设备	90 ~ 267 Vac	12 W	抽头电感降压	N/A

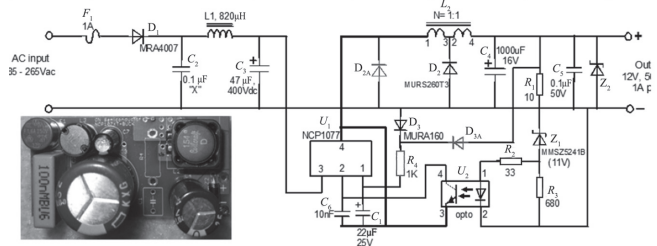


图 6 基于 NCP1075 的 12 W 抽头电感降压参考设计

为了配合采用极高交流主电源电压供电的低功率应用, 还提供基于 NCP1075、带预稳压器的 15 W 参考设计 (见图 7)。该设计采用专利的电路应用, 支持在 2 相 (而非相位和中性点) 之间供电, 而没有相应双输入大电容及相应高电源电压的缺点, 帮助降低 BOM 成本。

PCB	器件	输入电压	输出电压	输出功率	拓扑结构	I/O隔离
NCP1075 带预稳压器	NCP1075	85~457Vac	5V	额定15 W	反激	是

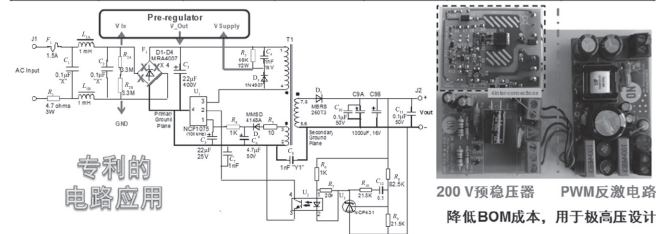


图 7 基于 NCP1075 开关稳压器和 200 V 预稳压器的极宽电压范围 15 W 参考设计

3 NCP112x 系列 650 V 单片开关稳压器

NCP112x 系列峰值电流模式单片开关稳压器, 内置 650 V 额定雪崩能量 MOSFET, 采用 65 kHz 或 100 kHz 开关频率工作, 采用 PDIP-7 封装, 适合平板电视辅助电源、白家电、电表等应用。

该系列产品中, NCP1124 和 NCP1126 分别集成导通阻抗为 $9\ \Omega$ 和 $6\ \Omega$ 的 MOSFET, 能够提供达 $15\ \text{W}$ 输出功率; NCP1129 集成 $2\ \Omega$ MOSFET, 能提供达 $25\ \text{W}$ 输出功率。该系列器件在轻载条件下, 频率能够反走至 $26\ \text{kHz}$ 及采用跳周期模式工作, 帮助提升轻载能效。NCP112x 支持正常及频率反走条件下的频率抖动, 改善电磁干扰 (EMI) 性能。其它特性包括内置 $4\ \text{ms}$ 软启动、可调节限流及低空载待机能耗 ($<100\ \text{mW}$) 等。

基于 NCP1126 开发了 $20\ \text{W}$ 参考设计 (见图 8)。该参考设计提供 $5\ \text{V}$ 输出电压及最大 $5\ \text{A}$ 输出电流, 采用外部补偿来优化输出负载, 待机能耗极低。

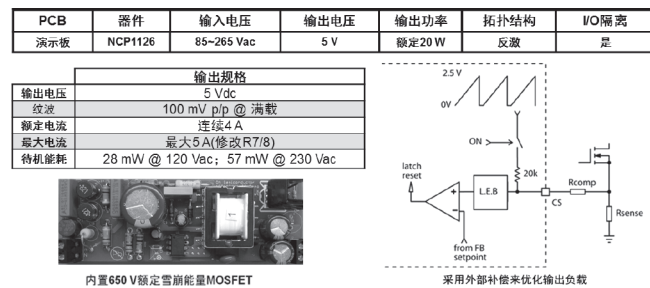


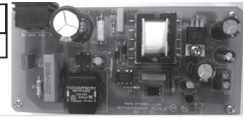
图 8 基于 NCP1126 的 $20\ \text{W}$ 参考设计提供极低待机能耗

基于 NCP1129 的 $20\ \text{W}$ 参考设计 (见图 9) 提供 $12\ \text{V}$ 输出电压及连续 $1.6\ \text{A}$ 电流, 同样提供高能效和极低待机能耗, 适合白家电、电表、智能电表等应用。

4 NCP1136 800 V 单片开关稳压器

NCP1136 单片集成开关稳压器与 NCP112x 系列引脚对引脚兼容, 其特性与 NCP112x 类似, 均采用 PDIP-7 封装, 集成

器件	输入电压	输出电压	输出功率	拓扑结构	I/O隔离
NCP1129	85~265 Vac	12 V	额定20 W	反激	是



输出规格	
输出电压	12 Vdc
纹波	100 mV p/p @ 满载
额定电流	连续1.6 A
最大电流	最大2 A(修改R7/8)
待机能耗	28 mW @ 120 Vac 57 mW @ 230 Vac

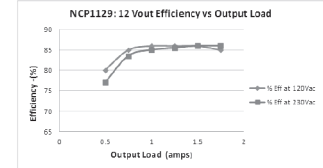


图 9 基于 NCP1129 的 $20\ \text{W}$ 参考设计适合白家电、电表 / 智能电表等应用

额定雪崩能量 MOSFET, 同时具有轻载时频率反走、跳周期、快速软启动、可调节限流及低空载待机能耗等特性, 适合平板电视辅助电源、白家电、消费电子及电表等应用。不同的是, NCP1136 集成的是 $3.7\ \Omega$ 导通阻抗、 $800\ \text{V}$ MOSFET。基于 NCP1136 的 $20\ \text{W}$ 参考设计在宽负载范围条件下提供高能效, 并提供低待机能耗 (见图 10)。

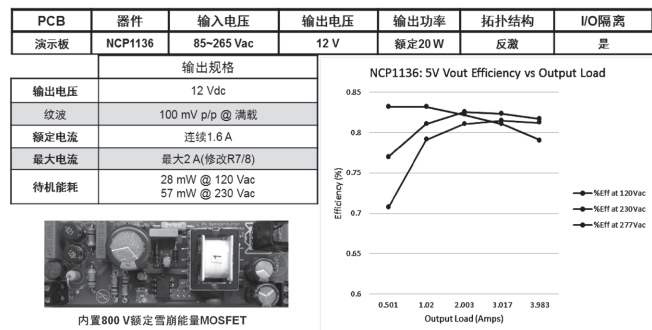


图 10 基于 NCP1136 的 $20\ \text{W}$ 参考设计适合平板电视辅助电源、白家电、消费电子及电表等应用

表 1 低功率开关稳压器特性及典型应用

器件型号	简介	输出功率	应用	特性	样品	上市日期
NCP1075	$11\ \Omega$, 700V 单片开关稳压器峰值电流 $450\ \text{mA}$	$10\ \text{W}$	适配器, 机顶盒, ATX 电源, 白家电	待机能耗低于 $50\ \text{mW}$, 不引脚对引脚兼容	提供	已发布
NCP1070/1	$22\ \Omega$, 700V 单片开关稳压器峰值电流 $350\ \text{mA}$	$6\ \text{W}$	适配器, 机顶盒, ATX 电源, 白家电	待机能耗低于 $50\ \text{mW}$, 不引脚对引脚兼容	提供	2013 年 Q4
NCP1076/7	$4\ \Omega$, 700V 单片开关稳压器峰值电流 $800\ \text{mA}$	$15\ \text{W}$	适配器, 机顶盒, ATX 电源, 白家电	待机能耗低于 $50\ \text{mW}$, 不引脚对引脚兼容	提供	2013 年 Q4
NCP1124	NCP1251+ 内置 $9\ \Omega$, $650\ \text{V}$ 高压 MOSFET	$10\ \text{W}$	适配器, 电视, 机顶盒	待机能耗低于 $100\ \text{mW}$, 高性价比	提供	2013 年 12 月 2014 年 Q1
NCP1126	NCP1251+ 内置 $6\ \Omega$, $650\ \text{V}$ 高压 MOSFET	$15\ \text{W}$	适配器, 电视, 机顶盒	待机能耗低于 $100\ \text{mW}$, 高性价比	提供	2014 年 Q1
NCP1129	NCP1251+ 内置 $2\ \Omega$, $650\ \text{V}$ 高压 MOSFET	$25\ \text{W}$	适配器, 电视, 机顶盒	待机能耗低于 $100\ \text{mW}$, 高性价比	提供	2014 年 Q1
NCP1136	NCP1251+ 内置 $4\ \Omega$, $800\ \text{V}$ 高压 MOSFET	$15\ \text{W}$	电表, 白家电	待机能耗低于 $100\ \text{mW}$, 高压要求	提供	2013 年 Q4 2014 年 Q1
027	$5.6\ \Omega$, $700\ \text{V}$ 单片开关稳压器	$15\ \text{W}$	白家电, ATX 电源, 电视	含输入欠压 (BO) 检测要求的宽输入电压应用	提供	已发布

5 结语

安森美半导体为市场上的低功率应用提供宽系列的 AC-DC 开关稳压器产品，用于白家电、消费电子、电表 / 智能电表、工业控制等多种应用。还基于这些产品开发了一系

列参考设计，不仅在典型负载范围下提供高能效，还提升轻载能效，降低空载待机能耗。设计人员利用这些产品及参考设计，能够更快地开发高能效的低功率电源应用，并在市场上占据更有利位置。

表 2 低功率开关稳压器参考设计

器件型号	输出功率	V_{in}	V_{out}	I_{out}	设计文档
NCP1012	3.6W	90-270Vac	12V	300mA	DN06013/D
NCP1070	5W	90-270Vac	+5V	1A	DN05048/D
NCP1014	8W	90-275Vac	+12V/-12V	600/250mA	DN06034/D
NCP1075	10W	85-300Vac	12V	1A	DN05018/D
NCP1014	10W	90-270Vac	5V/14V	700/500mA	DN06020/D
NCP1014	10W	90-270Vac	5V/12V	1A/500mA	DN06005/D
NCP1028	10W	90-265Vac	12V	800mA	DN06069/D
NCP1027	10W(峰值 12W)	90-270Vac	24V/5V	500/500mA	DN06012/D
NCP1027	16W	90-265Vac	12V	1.3A	TND330
NCP1027	16W	90-264Vac	12V	1.5A	DN06021/D
NCP1129	20W	90-270Vac	+5V/+12V	4 或 2A	DN05043/D

(上接第 57 页)

铝电解电容器的实际负极板有效面积将明显变小，电容量将开始明显降低；同时，伴随着 ESR 的明显升高。当电容量的减小、ESR 的上升达到一定程度时，铝电解电容器将失去应用意义。这标志着铝电解电容器寿命终了。

根据应用环境和成本的折中考虑，不同规格的铝电解电容器有着不同的寿命。

4.3 铝电解电容器的额定温度与寿命的额定参数

综上所述，铝电解电容器的额定温度是该铝电解电容器允许工作和存储的最高温度，根据工作环境温度要求通常可分为 85℃、105℃、125℃、140℃和 150℃ 5 个温度等级。并且在各温度等级下的寿命小时数，如 1000h、2000h、3000h、4000h、5000h、8000h、10000h 等，甚至更高。

5 等效串联电阻

电解电容器的等效串联电阻 (ESR) 如图 2 所示。其中，电解液的电阻是铝电解电容器等效串联电阻 (ESR) 的主要部分。低等效串联电阻 (ESR) 的铝电解电容器实际上是采用了低电阻率电解液。

ESR 的测量是在 25℃ 环境下、用有效值 1V 的最大交流信号电压和无正向偏置电压的 120Hz 电源供电，对铝电解电容器的等效串联电路的电阻测量。

对于一般应用的铝电解电容器，多数生产厂商不给出 ESR 数据，对于开关电源用的低 ESR 铝电解电容器或容量比较大的插脚式铝电解电容器，则给出这个数据。

多数铝电解电容器生产厂商不给出 ESR 数据的主要原因是：相对于其它介质的电容器，铝电解电容器的 ESR 显得太大。如 1μF/16V 的普通铝电解电容器，其 ESR 一般在 20Ω 左右；

100μF 的铝电解电容器，其 ESR 也是在 (1.5~2)Ω 之间，这样的数据写在数据手册里肯定会影响应用者的应用铝电解电容器的信心。因此，在某种以上说，应用铝电解电容器是一种无奈的选择，会影响铝电解电容器的应用。

在开关电源的应用中时常会发现，采用普通的铝电解电容器时，对输出电压纹波和尖峰抑制效果很差。其主要原因，就是常规的铝电解电容器 ESR “太大”。在高频应用时，对于交流回路就是电阻。因此，要获得比较好的高频滤波效果，应尽可能的降低滤波电容器的 ESR，即低 ESR 铝电解电容器。低 ESR 铝电解电容器的 ESR，一般可以比普通铝电解电容器低一个数量级、甚至更多。为了获得低 ESR 的铝电解电容器，采用的是低电阻率电解液。如果还需要降低等效串联电感，则在铝电解电容器的绕制工艺和电极引出上采用低寄生电感的措施。

(未完待续)

作者简介

陈永真，1956 年生，1982 年 1 月毕业于大连工学院工业自动化专业。辽宁工业大学教授、电力电子与电力传动硕士生导师，中国电源学会常务理事、编辑工作委员会主任、专家委员会副主席、学术工作委员会委员，中国电工技术学会电力电子学会名誉理事。承担国家“863”计划电动汽车重大专项“解放牌混合动力城市客车用超级电容器”，出版专著 10 部。主要研究课题：高效率功率变换；新型电力电子器件应用；电力电子电容器应用；超级电容器应用；电池的电源管理。