

聚合物电容器在 DC/DC 转换器中的应用

黄玉明, 陈由雄

(福建国光新型电子元件与材料技术研究院, 福建 福州 350015)

摘要: DC/DC转换器要有低电压、大电流和低纹波电压输出, 才能满足目前电子产品低电压、大电流和高性能的要求。本文分别采用普通钽电解电容器, 低等效串联电阻钽电解电容器和聚合物固体片式铝电解电容器 (PA-Cap) 作为DC/DC转换器的输出电容器, 系统的比较了电容器的容量 (C), 等效串联电阻 (ESR) 和等效串联电感 (ESL) 等参数对输出纹波电压的影响。研究表明对输出纹波电压影响最大的参数为电容器的ESR。PA-Cap具有极低等效串联电阻及允许大纹波电流的特点, 在DC/DC转换器中使用PA-Cap作为输出电容是一个较好的选择。

关键词: DC/DC转换器; 固体电解电容器; 纹波电压; 等效串联电阻; 开关电源

Application of Polymer Capacitors for DC/DC converters

Huang Yuming, Chen Youxiong

(Fujian Guoguang Academy of New Electronics Components & Material Technique, Fuzhou 350015, China)

Abstract: In order to meet the performance requirements of electronic products, the output of DC/DC converters should have low voltage, high current and low ripple voltage. In the studies, tantalum electrolytic capacitors, low equivalent series resistance tantalum electrolytic capacitors and polymer aluminum electrolytic capacitor (PA-Cap) were used as the out capacitors of the DC/DC converters, respectively. The effects of capacitance, equivalent series resistance and equivalent series inductance on the performance of the converters were systematically studied. The results show that the ESR was the most important parameter of capacitor effecting outputting ripple voltage. PA-Cap is characterized with very low ESR, which makes it a good choice to apply PA-Cap in DC/DC converters.

Key Words: DC/DC converters; Solid electrolyte capacitors; Ripple voltage; equivalent series resistance; Switch power supply

由于电子产品的工作电压不断降低, 这就要求DC/DC转换器具有低电压、大电流输出。目前在DC/DC转换器中, 通常使用钽电解电容器作为滤波电容。采用新型的固体片式铝电解电容器PA-Cap与钽电解电容器相比, 在滤除纹波方面, 可以获得优于钽电解电容器的电气指标。

PA-Cap是“聚合物固体片式铝电解电容器”的英文缩写^[1]。PA-Cap采用高纯铝箔作为阳极, 在铝箔表面生成的三氧化二铝 (Al_2O_3) 作为电介质, 采用固态的高导电聚合物作为阴极, 使用叠层结构。PA-Cap具有尺寸小(7.3mm×4.3mm)、极低等效串联电阻及允许大纹波电流的特点。PA-Cap出现失效时不会爆炸、燃烧, 比一般的钽电解电容器安全。

纹波电压是输出电压随开关频率的变化量, 是电流中交流成分产生的。如果将电容器的特性参数等效

为电容量 C 、等效串联电阻 ESR 和等效串联电感 ESL 的串联^[2]，如图 1。

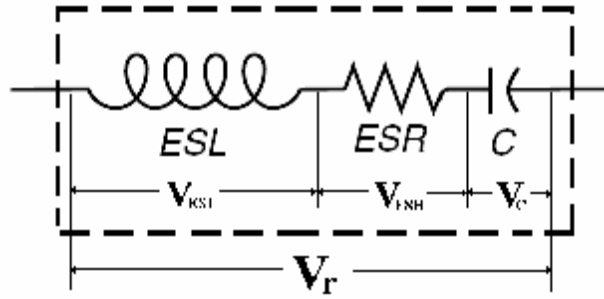


图 1 电容器特性参数等效图

Fig.1 The module of capacitors

则滤波电路中纹波电压可表示为：

$$V_r = V_C + V_{ESR} + V_{ESL}$$

其中 V_C 是由容抗 X_C 产生的纹波电压， V_{ESR} 是由等效串联电阻 ESR 产生的纹波电压， V_{ESL} 是由等效串联电感 ESL 产生的纹波电压。

本文通过实验，确定 PA-Cap 在 DC/DC 转换器中的应用时，PA-Cap 影响 DC/DC 转换器输出纹波的主要参数是等效串联电阻 ESR 。在 DC/DC 转换器中，可以优先选用 PA-Cap 作输出电容。

1 实验

根据 DC/DC 转换器生产商提供的评估板资料和典型应用电路，设计出 PA-Cap 作为滤波电容在 CS51411DEMO/D 开关电源评估板线路中的应用^[3, 4]，实验的线路原理图如图 2。

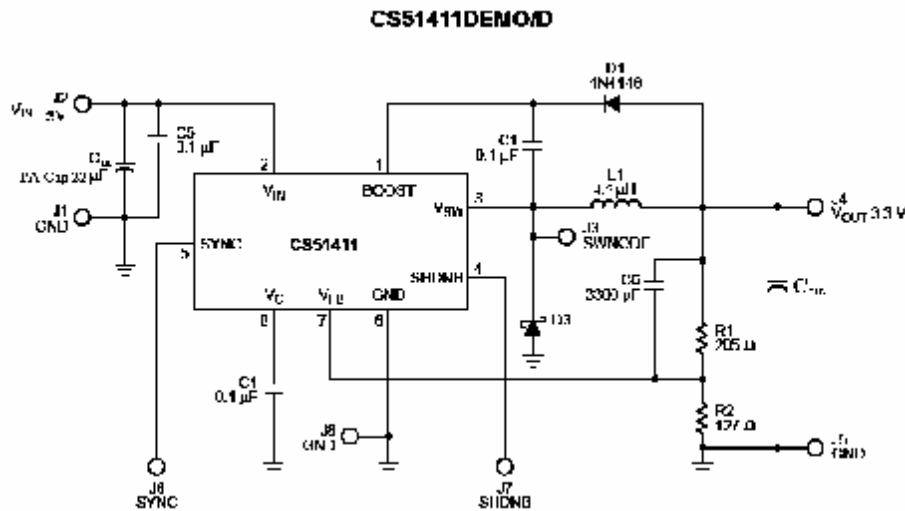


图 2 CS51411DEMO/D 实验线路原理图

Fig.2 The scheme of CS51411DEMO/D

开关频率 f_{sw} 为 260kHz，输入为 5V、0.31A，输出为 3.3V、0.60A， C_{in} 为 PA-Cap 6.3V22μF。在 C_{out} 位置接上不同的电容器，用示波器测量接上不同电容器时，电路的输出纹波电压。 C_{out} 位置接上的电容器有普通钽电解电容器 10V/470μF、普通钽电解电容器 10V/220μF、低 ESR 钽电解电容器 16V/470μF 和 PA-Cap 4V/56μF。实验仪器：Agilent 4284A LCR 测试仪，TDS1002 示波器，实验环境：26℃、58%RH。

2 结果与讨论

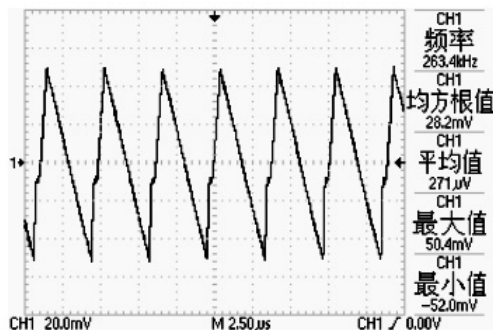
在 C_{out} 位置接不同电容器时，电容器参数与输出纹波电压如表 1。

表 1 电容器参数及 CS51411DEMO/D 中输出纹波
Tab.1 Capacitors characteristics and output ripple voltage of CS51411DEMO/D

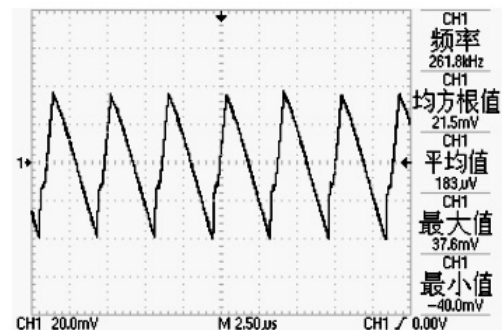
类型	规格	容量(μF) 100Hz	损耗(%) 100Hz	ESR($\text{m}\Omega$) (100kHz)	ESR($\text{m}\Omega$) (260kHz*)	输出纹波电压 $\Delta V_I(\text{mV})$
普通钽	10V/470 μF	451.8	9.4	152	136	28.2
	10V/220 μF	214.3	3.8	112	95	21.5
低 ESR 钽	16V/220 μF	226.1	3.1	56	47	9.53
PA-Cap	4V/56 μF	54.4	2.0	40	35	6.97

* 测量仪器在 260kHz 无测量点，使用 250kHz 测量值

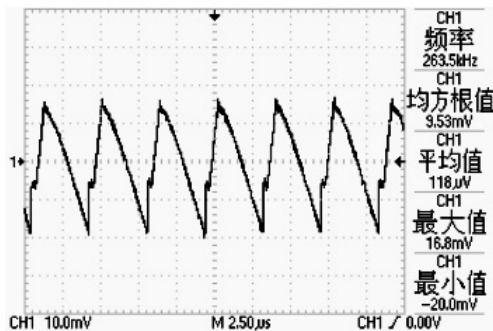
C_{out} 接不同电容器时，输出纹波波形如图 3 所示。



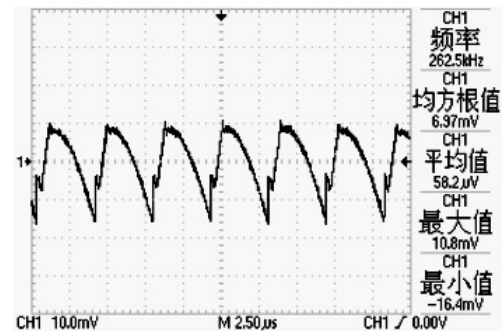
(A) C_{out} 为普通钽 10V/470 μF 输出波形



(B) C_{out} 为普通钽 10V/220 μF 输出波形



(C) C_{out} 为低 ESR 钽 16V/220 μF 输出波形



(D) C_{out} 为 PA-Cap 4V/56 μF 输出波形

图 3 C_{out} 接不同电容器输出纹波波形图

Fig.3 The output ripple voltage

对于钽电解电容器和 PA-Cap，都具有较大的容量，其容抗 X_C 均较小；另由于钽电解电容器和 PA-Cap 为片式结构，其等效串联电感 ESL 均较小；所以对于钽电解电容器和 PA-Cap，最主要影响 DC/DC 转换器输出的纹波电压是 ESR 上产生的纹波电压， $V_r = V_C + V_{ESR} + V_{ESL} \approx V_{ESR} = \text{ESR} * \Delta I$ 。

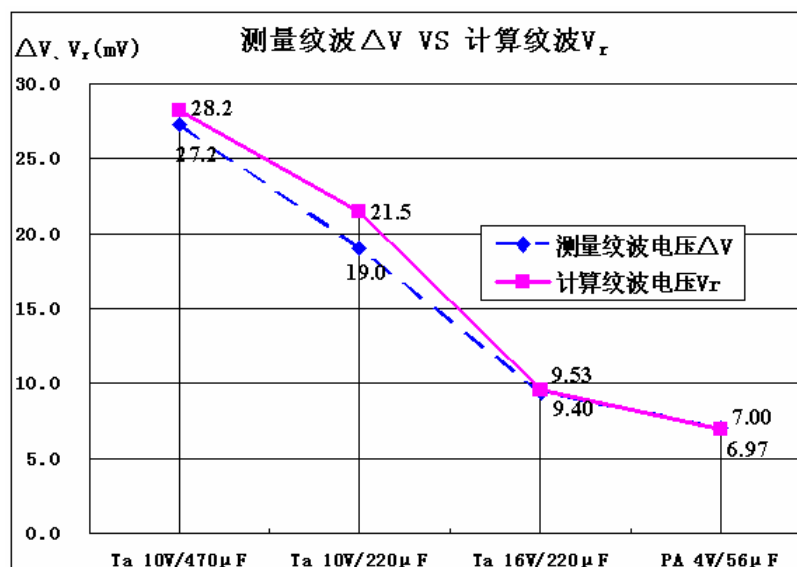
把测量的纹波电压与计算的纹波电压($V_r \approx V_{ESR} = \text{ESR} * \Delta I$)进行对比(输出纹波电流 ΔI 为 0.2A)，对比结果如表 2 所示，对比图如图 4 所示。

表 2 ESR 值与纹波电压对比

Tab.2 The ESR value and the ripple voltage

参数				应用实例 1	
类型	规格	ESR(mΩ) (100kHz)	ESR(mΩ) (260kHz*)	测量纹波电压 ΔV (mV)	计算纹波电压 V_r (mV)
普通钽	10V/470μF	152	136	28.2	27.2
	10V/220μF	112	95	21.5	19.0
低 ESR 钽	16V/220μF	56	47	9.53	9.40
PA-Cap	4V/56μF	40	35	6.97	7.00

* 测量仪器在 260kHz 无测量点, 使用 250kHz 测量值

图4 测量纹波电压 ΔV 与计算纹波电压 V_r 对比图Fig.4 The testing value (ΔV) and calculating value (V_r) of output ripple voltage

从表 2 和图 4 中可看出, 按 $V_r \approx V_{ESR} = ESR * \Delta I$ 计算的纹波电压 V_r 与测量的纹波电压 ΔV 接近。说明对于钽电解电容器和 PA-Cap, 主要影响 DC/DC 转换器输出纹波电压是电容器的 ESR 值。

3 结论

DC/DC 转换器的输出电容使用钽电容或 PA-Cap, 影响输出的纹波电压是等效串联电阻 ESR 上产生的纹波电压。PA-Cap 具有极低等效串联电阻及允许大纹波电流的特点, DC/DC 转换器中使用 PA-Cap 作为输出电容是一个较好选择。

参考文献:

- [1] PA-Cap 聚合物固体片式铝电解电容器 2006 年产品手册
- [2] 陈国光, 曹婉真. 电解电容器(修订本). 西安交通大学出版社, 1993 年.
- [3] <http://www.onsemi.com> CS51411DEMO/D
- [4] <http://www.onsemi.com> CS51411, CS51412, CS51413, CS51414

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>