

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	矽力杰半导体技术（杭州）有限公司	
实践单位地点	杭州市滨江区西兴街道联惠街6号矽力杰大厦15楼	
实践岗位名称	应用工程师	
专业实践训练时间	分段进行	2021年03月01日开始 至 2021年09月01日结束
		专业实践训练累计 184 天（单位考核前），其中项目研究天数 93 天（单位考核前）
<p>（1）基本概况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>矽力杰半导体技术（杭州）有限公司是一家模拟半导体研发公司，产品有直流转换芯片，交直流转换芯片，电源管理芯片，LED照明芯片，电池管理系统芯片，光感，马达驱动，音频功放，电源模块，保护开关，静电保护，电表计量芯片及信号链芯片解决方案。本人是一名应用工程师，从事于DC-DC Buck IC的研发。本次实践的内容是研究不同Buck控制策略的优劣，优化Buck IC的工作性能。</p>		
<p>（2）项目研究概述（含项目名称、项目来源、项目经费、主要研究目标和技术难点等）</p> <p>本次实践研究的题目是：基于纹波控制的高性能Buck IC研发。项目来源于实践单位，项目经费1万元。主要研究目标是：(1). 提升Buck变换器的动态响应能力，(2). 扩展有效占空比到100%。技术难点在于：(1). 控制架构的建模分析，如何建立一个精确的模型，是核心也是难点。(2). 仿真宏模型的搭建。在通过软件仿真设计的控制结构时，为了尽可能地接近实际情况，需要考虑更多的寄生参数以搭建更准确的模型。(3). 芯片CMOS电路的设计以及流片验证。</p>		

(3) 项目开展情况(含项目研究内容、研究方案及技术路线, 研究团队分工、本人承担任务及完成情况, 存在问题与改进建议等, 不少于 500 字。)

研究内容:

(1) 查阅文献, 了解各类 Buck 变换器控制方式的工作原理和实现方法, 并分析现有各种控制方案所具有的优缺点, 最终给出新型控制方案。

(2) 对新型控制方案进行建模分析, 分析其环路工作特性。

(3) 对新型控制方案进行软件宏模型搭建, 仿真各种工作性能, 包括动态性能、幅频和相频特性、有效占空比等。本论文将采用软件 LT Spice 和 Simplis 分别进行时域和频率建模分析。

(4) 对新型控制方案的主要电路搭建 CMOS 电路结构, 仿真理论模型和实际电路之间的差异, 并提出优化策略。

(5) 完成芯片设计并安排流片。

(6) 最后使用该新型控制方案的芯片进行实物验证。

方案及技术路线:

(1). 纹波控制架构的纹波产生方式有两种, 一是采用有源电路方案, 采样电感电流纹波, 转化为电压信号, 然后叠加到比较器反相端。二是采用无源电路方案, 取样 SW 端的占空比信号, 用 RC 滤波结构得到想要的三角纹波, 叠加到比较器反相端。方案一的实际实现电路繁琐, 且影响芯片面积, 增加设计和制造成本。因此, 本研究采用第二种技术方案。

(2). 有效占空比的扩展。占空比的扩展方法有多种不同的实现方法, 根据不同的判断逻辑, 可以设计出不同的占空比扩展电路。但在工程应用领域, 越简易的结构, 其实用性越好, 而结构越复杂, 设计环节的研发成本就越高, 而且在实际比较恶劣的应用环境下越容易出问题。因此, 需要设计一个结构简单的占空比扩展电路来实现所需要的功能。

团队分工及完成情况:

本人负责完成研究内容的(1)、(2)、(3)、(6)以及(4)的部分内容, 由芯片设计者完成(4)剩下的部分以及(5)。目前该项目已完成设计研究, 研究结果符合预期, 芯片已经投片量产。

二、专业实践训练收获

(一) 围绕考核评价指标体系，举例说明以下收获（不少于 800 字）

本次专业实践，我学到了很多理论知识，包括环路控制方面的内容、模拟 CMOS 集成电路设计的内容、仿真软件 Simplis 和 LT spice 的使用。对于 Buck 电路的控制架构有了更深入的了解，以前关于环路参数的调节、动态相应的优化只是很表面很机械地停留在变化输出电容、前馈电容、以及电感等关键参数上，而通过对 Buck 电路的建模分析，让我更深入地了解了环路稳定性与传递函数中零极点的对应关系，从而让我在后面调节参数的时候更有意识地结合理论，前瞻性地指导环路优化，不再是机械性地调整参数，再测试验证参数。这次专业实践，也让我有意识地去主动学习了解芯片设计者设计的 CMOS 电路，每一个电源管理芯片的最终方案，都是体现在芯片设计上的，所以除了搭建理论模型，实际的 CMOS 电路也是至关重要的，它直接决定着最后设计的芯片能不能用。所以，我也主动去学习并掌握了一些最基本的模拟集成电路知识，这些知识包括基本单极放大器结构、电流镜、带隙基准、运算放大器、负反馈等知识。同时，我经常跟我们公司搞芯片设计的同事交流学习芯片设计思路、方法、经验等，对于本次实践的项目，我查看了芯片的内部电路，详细了解了每个 CMOS 电路模块的工作原理和设计思路，像芯片内部的这些电路都属于公司机密，必须是公司里和这个项目有关的员工才有权查看，而我作为一名应用工程师全程参与该项目的研发，得以有幸了解芯片设计的整个流程，学到一些有关芯片设计的相关知识。以前看到芯片内部的电路都感觉太复杂了，无法看懂每个电路的原理和功能，经过这次的学习，我已经能看懂基本的电路模块了，让我的芯片方面的知识储备有了很大的提升。在工程领域，软件是解决问题的好帮手，一般往往可以从仿真模拟中，为实际问题的解决提供思路和方向。在电源设计领域，有两款强大的仿真软件 LT Spice 和 Simplis 不得不提。LT Spice 一般用于搭建模型，仿真电路的工作逻辑，它强大的实时仿真能力以及精确的模型可以为电路设计方向提供指导。Simplis 是一款强大的环路分析软件，它尤其在电源拓扑的环路仿真中，有无可比拟的优势，因此，它一般在环路仿真上。通过这次实践，我学会了使用 LT Spice 和 Simplis，通过它们，我可以很方便地实时验证我的一些设计猜想。

通过本次专业实践，我详细了解了一个项目完整的开发流程。对于此次高性能 Buck 研发的专业实践，我具体落实到了一个具体的芯片项目。在这个项目中，我前期参与设计方案的提出，理论模型的验证，以及芯片设计的跟进；中期参与芯片流片后的功能验证以及 issue debug，商讨改版方案；后期参与项目量产，投放市场，以及后续客户的技术支持。参与整个项目的研发让我详细了解到了一个企业项目的运行机制，以及如何把控项目进度，如何和各不同部门的人沟通协作，推进项目。当然还有最重要的 issue debug 能力的提升。一般来说，一款芯片的第一版往往会有各种问题，这就需要去测试找到问题，并分析问题产生的原因，和芯片设计者一起讨论如何解决该问题，这是我们应用工程师的本职工作，也非常锻炼个人的工程思维和解决问题

的能力。通过本次实践，让我的各方面能力都有了明显提升。

（二）取得成效

DC-DC 降压型(Buck)芯片，作为电源管理芯片的一种，因其高效率、小体积、多应用场景而被广泛应用于消费电子、工业电子、汽车电子等市场。同步降压型变换器采用通态电阻极低的专用功率 MOSFET，来取代整流二极管从而降低整流损耗，因其优异的效率转化能力，同步降压变换器是目前应用中最为广泛的一种变换器。在同步降压变换器的诸多应用场景中，研究如何使同步降压变换器芯片效率变得更高、工作频率更高以减小电感尺寸、动态响应更快、工作更稳定、有效占空比高等，一直是一个热门的课题。从效率上，我们希望整个变换器的效率尽可能高，如此一来，整体消耗的能量将得到很大的优化，并且散热问题也会得到改善；从体积上，我们希望芯片的体积尽可能小，从而为复杂的板级系统腾出有效的空间；从稳定性和功能上，我们则会对更全面的功能提出更高的要求。

在上述提到的一些性能要求中，动态响应性能和有效占空比显得尤为重要。动态响应是指负载从一种状态短时间内改变为另一种状态时，其输出电压对这种改变的响应能力，在动态调整过程中，输出电压变化越小，即跌落或过冲越少，该系统的动态响应能力越好，该性能是目前专家学者们的研究方向。另外，对于 Buck 产品的实际应用中，市场希望同一款能够适应不同输入输出条件，这就要求 Buck 变换器能有更高的有效占空比。甚至在一些恶劣的工作条件下，比如说当供电电源电压偏低而不足以维持原有占空比的输出时，那么 Buck 变换器的占空比需要极大地扩展来维持这种恶劣的工况。在此背景下，各种不同的控制策略被提出来并被应用到实际的产品中。为了提高系统的稳定性和动态响应能力，近些年来国内外专家学者提出了许多不同的控制方式，对于电源管理芯片同步降压型变换器，目前市场上主流的控制方式有：电压模式控制(Voltage Mode Control, VMC)、峰值电流模式控制(Peak Current Mode Control, PCMC)、恒导通电流模式控制(Constant On-time Current Mode Control, COT-On CMC)、恒关断电流模式控制(Constant Off-time Current Mode Control, COT-Off CMC)、纹波控制 Ripple Based Control(RBC)等。电流型脉宽调制(PWM)控制和基于波纹的控制(RBC)被广泛应用于 Buck 变换器，以实现快速瞬态响应。其中纹波控制 RBC 省略了积分环节，直接用纹波信号和参考电压作比较的方法大大简化了环路的补偿，提高了整个环路的带宽，提升了环路动态响应能力。正是基于其简明的控制结构、良好的动态性能性能、以及无需额外的环路补偿，RBC 结构被广泛应

用于各种 18V 以内的 buck 产品中。对于 RBC 结构，目前还需要研究优化以下两个方面：

- (1). 改变 Ripple 的产生方式，进一步提高环路带宽，优化动态性能；
- (2). 提高有效占空比到 100%。

本次专业实践，提出并实现一种新型纹波控制的 Buck 变换器，该变换器的环路带宽高于 RBC 结构，动态性能优于 RBC 结构，并且将有效占空比扩展到 100%。

本次实践研究的项目最终达到以上两点要求，动态性能比传统 RBC 结构有了显著提升，有效占空比也提升到 100%。基于该项目芯片的优异性能，目前被广泛用于消费类电子和汽车电子领域中，取得了巨大的经济效益。

本次专业实践项目与硕士论文选题高度相关，该项目的设计方案将用于毕业论文的撰写，而该项目设计的芯片的相关测试数据将成为硕士论文中实验数据的来源。

3. 在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】

成果名称	类别[含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	学校排名/总参与单位数
------	--	---------------	----------------	----------	-------------

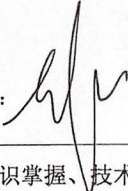

本人承诺

在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守学术道德、遵循学术规范。

签字： 

2022年6月7日

三、考核评价

<p>校外合作 导师(或现 场导师) 评价</p>	<p>重点对研究生项目研究开展情况、职业素养、行业知识掌握、环境和岗位适应能力、工程实践能力、团队协作能力，以及通过技术创新、成果转化、解决工程实际问题等取得的经济和社会效益等方面的评价：</p> <p>该生已经具有扎实的电力电子专业基础，开关电源业务熟练，英语基础较好，可以熟练阅读和撰写专业文献。在工作中，该同学与同事之间相处融洽，对项目的各个方面都有较深的研究和实践，具备一定的科研能力，能够独立思考和分析解决遇到的专业问题。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字： 2022年 6月 7日</p>
<p>校内导师 评价</p>	<p>重点对研究生科学素质、基础及专业知识掌握、技术应用创新能力、取得的研究成果、项目研究与学位论文撰写的相关程度等方面的评价：</p> <p>该生在研究生学习阶段，认真学习，刻苦钻研。具备理论基础扎实和实践能力。会通过大量的文献查阅学习和理论研究，已经具备了一定的独立科研能力。英语方面也具有较强的科技文献阅读和翻译能力。在专业课程上的学习，根据自身研究方向，也有针对性地认真研读了有关核心课程。</p> <p>校内导师签字： 2022年 6月 2日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间: 2021年 3月 1日 实际实践结束时间: 2021年 9月 1日 专业实践训练累计天数: _____ 其中项目研究天数: 93 实践单位过程考核结果: <input checked="" type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 审核签字并盖公章: _____ 2022年 6月 7日</p>
<p>最终考核 结果审核 备案</p>	<p>考核总成绩 (由现场答辩考核成绩 90% 和实践单位过程考核成绩 10% 组成): 是否重修: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 教学管理部 (或相关分院) 审核签字 (公章): _____ 年 月 日</p>

四、相关支撑材料

在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】证明材料原件扫描件，具体提交要求如下：

1. 产品与样机扫描件包含企业证明材料（含产品与样机功能及创新性介绍、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。

2. 授权专利扫描件包含专利证书授权页；未授权专利扫描件包含专利受理书扫描件和专利申请书扫描件。

3. 著作扫描件包含封面、封底和版权页。

4. 软件著作权扫描件包含著作权证书和登记申请表。

5. 论文扫描件包含封面、封底、目录和论文全文（含收录证明）。

6. 标准扫描件包含封面、版权页、发布公告、前言和目次。

7. 获奖扫描件包含显示单位和个人排名的获奖证书。

8. 成果转化扫描件包含企业证明材料（含成果技术说明、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。