**[圣邦杯](http://univ.ciciec.com/nd.jsp?id=550" \l "_jcp=1)**

**一、杯赛题目：基于COT架构的DC-DC buck Converter设计**

**二、参赛组别：A组、B组**

**三、赛题背景**

DC-DC buck Converter电源芯片因具有全负载范围良好效率且兼有小巧的体积，是当下高端电子系统中最为常见的芯片，如服务器、基站、PC主板、手机等都会应用多颗不同用途的DC-DC芯片。当芯片工作于中等和重负载时，PWM控制状态表现出高效率、低输出电压纹波和噪声，是理想的电源选择。而芯片工作于轻负载和空载时，PFM控制状态和休眠状态又能极大的降低供电消耗，延长供电电源或电池的待机时间。集成了开关管和较高工作频率的DC-DC芯片减小了外围器件的数量和体积，为集成度要求高的设备如手机提供了友好的解决方案。而目前电源设计师们仍然在向更低功耗、更高效率、更小体积、更快的瞬态响应、更稳定的工作状态等目标努力。

DC-DC转换器自诞生以来先后发展出多种基本架构，如电压模式(VM-Voltage Mode)、峰值电流模式(PCM-Peak Current Mode)、迟滞控制模式(Hysteretic Control Mode)、恒定开启时间模式(COT-Constant on-time Mode)、恒定关闭时间模式(CFT-Constant off-time Mode)等。由于这些基本架构各有优缺点，近年来设计师们又将它们做了融合发展，设计出瞬态响应更快的自适应恒定开启时间模式(ACOT-Adaptive Constant on-time Mode)。

**四、赛题任务：**

设计一款基于自适应恒定开启时间（Adaptive Constant on-time）架构的buck型DC-DC Converter芯片电路，完成描述的特性和基本设计指标，期待有余力者完成进阶指标。推荐采用0.18μm BCD工艺。

**电路方案应具有以下特性：**

1. 采用NMOS+NMOS的同步整流驱动方式。

2. 可通过外部“MODE”PIN脚设置工作模式： Force PWM模式或者PWM/PFM自适应模式。

3. 其中PWM/PFM自适应模式是指系统处于轻载工作条件下工作于PFM、中等负载或者重负载工作于PWM模式，在极轻载时设计节能模式PSM（Power Save Mode），以降低芯片自身功耗。随负载变化能够在PFM与PWM之间平滑过渡。

4. 尽可能地保证在不同工作条件（输入电压/输出电压/负载）下的频率稳定性（工作在PWM模式时）。

5. 内置软启动功能，预偏置（Pre-bias）启动功能，输出短路/过载保护功能，过温保护功能。

6. 芯片应采用内置环路补偿方式，外围器件以最精简为优，推荐采用0.24μH电感，22μF Low ESR陶瓷电容，4.7μF输入电容，合理取值的输出反馈分压电阻。设计者也可以酌情增加能够明显提高芯片稳定性、效率、瞬态响应的无源器件，并说明其功能和效果。

本题目设置了基本设计指标和进阶设计指标，参赛者应完成基本设计指标，如能实现进阶设计指标(不限数量)则可获得加分。

组委会专家以架构相符度、指标完成数量和质量、提交内容质量、答辩质量等作为评分标准。参赛者也可以增加未提及的特色功能和指标，如受到专家认可则能获得酌情加分。

**五、基本设计指标**

1. 输入电压(VIN)：2.5V~5.5V

2. 工作温度：-40℃~125℃

3. 输出电压：0.8V~4V，由外部分压电阻网络设置

4. 最大持续输出电流：3A

5. 工作频率（VIN=3.3V，VOUT=0.9V/1.5A）：4MHz，其他条件尽量保证频率变化小

6. 静态电流(no switching Iq)：≤40μA

7. FB反馈电压：0.6V

8. 短路/过载保护

9. 最小开启时间：40ns

10. 内置软启动时间：300μs

11. 功率管阻抗：可以在效率和尺寸之间折衷确定，以VIN=3.3V，VOUT=0.9V/1.5A附近效率达到最优

12. 稳定性：在全输入、输出电压范围内，轻重负载应当工作稳定，瞬态响应稳定

**以下指标以输入电压3.3V，输出电压0.9V作为工作条件**

1. 输出电压纹波：输出电流3A时，纹波电压< 5mV；输出电流1mA时，纹波电压< 20mV

2. 输出电压精度：PWM工作时<1%, PFM/PSM工作时<2%

3. 负载调整率：<0.01%/A，使芯片工作于PWM的输出电流范围内评价

4. 线性调整率：<0.04%/V，输入电压2.5V~5.5V，使芯片工作于PWM的输出电流范围内评价

5. 效率：

i. 输出电流1mA>85%，

ii. 输出电流3A时，效率>75%

iii. 最佳效率>90%(IOUT=1.5A)

6. 瞬态响应(Force PWM模式)：

i. 负载电流0A至3A跳变，电流变化率为1A/μs，undershoot电压< 50mV

ii. 负载电流3A至0A跳变，电流变化率为-1A/μs，overshoot电压< 60mV

仿真说明：模块电路指标仿真条件应覆盖工艺角TT/FF/SS、温度点-40℃/25℃/125℃组合，输入电压2.5V/3.3V/5.5V。整体电路指标仿真数据可以从模块电路指标仿真数据中借鉴参考的可以参考并作说明，不能参考的应当实际仿真。

**六、进阶设计指标(各项分值占比相同)**

1. 静态电流(no switching Iq)：<10μA，应用低功耗设计思路和技术

2. 实现上管自举电容内置方案，并且支持100%占空比开启功能，相应输出电压范围支持 0.8V~ VIN

3. 软起动功能变更为固定斜率的启动方式，10mV/μs

4. 从短路/过载状态恢复时，输出电压恢复状态平滑、不发生overshoot

**七、提交内容**

**1. 初赛阶段**

1) 说明文档、图表

i. 文档1：整体方案框图及功能说明，电路运行逻辑说明，需要充分体现架构设计原理、关键点计算说明等设计者认为需要表达的信息，包含必要的图表

ii. 文档2：整体指标规划说明，整体电路设计指标与仿真数据对照表

iii. 文档3：模块功能和指标规划说明，模块设计指标与仿真数据对照表

iv. 文档4：进阶或特色功能说明，可实现的设计方案，包含必要的图表

v. 对参赛作品的后续改进和其他要点的说明文档（可选）

2) 提供小信号模型以及环路分析、补偿网络的说明报告文档，可获得加分。

3) 整体电路仿真报告，体现输入电压3.3V、输出电压0.9V、TT/25℃、SS/-40℃、FF/125℃为工作条件的仿真电路和波形图集

i. 负载电流3A/2A/1A时PWM状态

ii. 负载电流1uA/1mA时PFM状态

iii. 因负载逐渐变化引起的PWM与PFM的双向过渡状态，负载变化率±1mA/μs

iv. 负载瞬态响应状态，仿真条件参考基本指标瞬态响应

v. 输入电压3V到5V双向瞬态变化状态，电压变化率±1V/μs

vi. 输出端短路/过载发生和恢复状态，短路至0V，过载至0.6V

vii. 其他能够体现进阶和特色功能仿真

仿真波形信号应包括且不限于输入电压、输出电压、电感输入端电流和电压、PFM标志、短路/过载标志。

4) 能够体现说明进阶、特色功能的仿真图集，所选波形信号应能充分展示设计成果。

5) 包含原理图及仿真电路的电路库、仿真模型文件。

**2. 分赛区决赛阶段**

1) 设计报告（PPT格式）：包含整体方案原理说明、整体及各模块电路说明、功能和指标的完成情况说明，进阶和特色功能介绍。

2) 按照评委对初赛作品提出的改进意见，更新并提交所有文档和补充数据材料。

3) 完善后原理图及仿真电路的电路库、仿真模型文件。

**3. 总决赛阶段**

1) 按照评委意见完善后的设计报告最终版（PPT格式）。

2) 按照评委对分赛区决赛作品提出的改进意见，更新并提交所有文档最终版。

3) 最终的原理图及仿真电路的电路库、仿真模型文件。

**八、评分标准**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **大项** | **内容** | **分值** | **评分要求** |
| 设计质量  （70分） | 架构规划 | 16分 | 1.赛题任务描述的架构符合程度(5分)  2.整体电路的功能特性符合程度(6分)  3.小信号分析或系统分析(5分) |
| 指标质量 | 20分 | 1.基本指标的完成度和质量(8分)  （1~5共2分，其余每项1分）  2.整体指标仿真的综合评价(12分)  （每项2分） |
| 电路质量 | 16分 | 1.模块电路的设计与仿真质量(10分)  （模块电路设计合理度、仿真条件覆盖度）  2.整体电路的设计与仿真质量(6分)  （整体电路运行流畅度、仿真条件覆盖度） |
| 创新质量 | 18分 | 1.进阶指标的设计思路与完成质量(12分)  （每项3分）  2.独创功能的设计思路与质量(4分)  （开放评分）  3.对目前系统的后续改进思路(2分)  （开放评分） |
| 文档与答辩  （30分） | 文档质量 | 20分 | 1.所要求的设计文档描述完整、条理清晰(7分)  2.仿真图集、参数表完整、条件清晰(7分)  3.设计报告(PPT)对赛题完成汇报完整清晰(6分) |
| 答辩和演示 | 10分 | 1.展示演说质量(7分)  2.解答释疑质量(3分) |

**九、注意事项：**

1. 参加企业命题杯赛的作品，杯赛出题企业有权在同等条件下优先购买参加本企业杯赛及单项奖获奖团队作品的知识产权。

2. 大赛组委会和杯赛企业对参赛作品提交的材料拥有使用权和展示权。

3. 参赛项目可以参考现有公开发表的文献和论文内容，但应当在技术论文和答辩PPT中注明来源，且不能将参考的内容作为自己作品的创新部分。