

“中国电子杯”第三届高校ICT产教融合创新大赛

赛题一

一、赛题名称

高压高精度电流传感放大器芯片设计

二、命题单位

上海贝岭股份有限公司

三、所需知识背景

基本要求：

- 1、系统掌握模拟集成电路设计核心知识，熟悉运算放大器设计、电流检测基本原理、高压共模抑制等技术，了解高压 BCD 工艺特性与器件选型基本原则。
- 2、掌握主流模拟集成电路 EDA 工具，能独立完成原理图绘制与基础特性仿真验证。
- 3、具备技术问题分析与方案设计能力，掌握规范的技术设计报告撰写能力，具备良好的团队协作与沟通能力。

面向专业：

主要面向电子科学与技术、集成电路设计与集成系统、微电子学与固体电子学、电子信息（集成电路工程方向）专业，同时欢迎电气工程（电机控制方向）、电子工程等相关专业组队参赛。

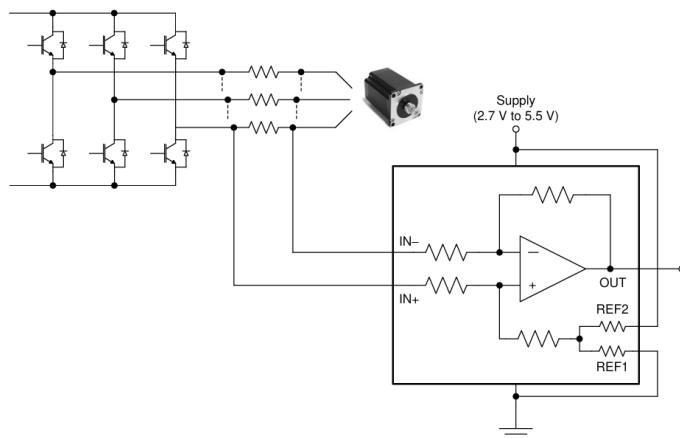
四、赛题背景

新能源汽车、工业自动化等领域快速发展，高压高精度电流检测成为电力电子系统核心需求，本赛题聚焦行业技术难点，旨在探索创新设计方法，考察学生综合设计能力，发现培养优秀模拟芯片人才，推动产业链协同发展。

五、赛题描述

注：请结合赛题目标和对参赛队伍的考察要求，对赛题任务进行详细描述。

1.电机控制等应用需要高精度电流传感放大器，该放大器用于将sense电阻上的小信号电压进行高精度放大并输出。



2.指标要求：

增益：200V/V；

带宽：100KHz（200 倍增益）；

增益误差（ $50\text{mV} \leq V_{\text{out}} \leq V_{\text{S}} - 0.2\text{V}$ ）： $\leq 0.2\%$ ；

增益温漂： $\leq 3\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ；

失调电压： $\leq 30\mu\text{V}$ ；

失调电压温漂： $\leq 0.5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ；

共模抑制比： $\geq 120\text{dB}@DC$ 且 $\geq 80\text{dB}@50\text{KHz}$ ；

噪声性能：50 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$

输出负载：1nF

输入差分电压范围： $\pm 10\text{mV}$ (@ $V_{\text{REF}}=2.5\text{V}$)

输入共模电压范围：-4V~80V;

芯片电源电压：2.7V~5.5V;

静态电流： $\leq 5\text{mA}$;

六、评价指标

竞赛预期成果：输出电路设计报告，调研主流解决方案并阐述芯片的设计难点、电路设计细节、仿真结果、版图考虑等。

一、初赛阶段（总分 100 分）

（一）作品提交要求

1. **技术报告：**提交 Doc 版本及 PDF 版本各 1 份（ ≤ 80 页），建议封面或目录后的第 1-2 页（不要多）项目为重要内容预览页，包含作品重要核心亮点。该报告基本结构包括方案调研与需求分析（技术背景梳理、同类方案对标以及设计指标拆解等）、电路系统架构设计（架构选型、模块划分、关键电路设计、接口规范描述）、版图规划、仿真验证与性能分析（层级验证：单元电路级验证、模块级联合验证、系统级整体验证，编写对应测试激励与验证用例进行验证）。
2. **技术数据：**提交 ZIP 格式原始文件包，包含完整原理图工程文件、所有仿真结果文件（含波形截图与数据表格）等。
3. **汇报 PPT：**电子文档（ ≤ 30 页），包括项目背景、主要工作与创

新点、架构分析及设计实现、仿真验证，项目总结等。

注意：为确保比赛公平公正，相关文档中不能出现队伍单位、指导老师等识别信息。

(二) 评分标准（总分 100 分）

大项	子项	分值	评分标准
技术难点 (15 分)	技术难点剖析	15 分	准确梳理低失调低温漂、高精度增益匹配、宽共模输入范围、低噪声性能、高压共模抑制等核心技术难点，并且给出详细的分析与论证，对后续架构选取与电路设计形成指导。
性能指标 (50 分)	核心电路指标	8 分	输入失调电压
		4 分	输入失调电压温漂
		4 分	增益与增益误差
		2 分	增益温漂
		8 分	共模抑制比
		8 分	输入共模电压范围
		4 分	输入差分电压范围
		6 分	带宽与瞬态响应
		3 分	输入参考噪声
		3 分	静态功耗
仿真验证 (25 分)	仿真维度覆盖	25 分	必须至少完成以下 8 类核心仿真，覆盖： 1. 直流工作点仿真（偏置、静态电流） 2. 直流传输特性仿真（增益、误差、差分范围）

			3. 温度扫描仿真（至少 - 40℃/27℃ /125℃三点） 4. 共模电压扫描仿真（共模范围、CMRR） 5. 交流小信号仿真（带宽、幅频特性） 6. 噪声仿真（输入参考噪声） 7. 瞬态仿真（动态响应、带载稳定性） 8. ESD 仿真
技术文档 汇报材料 (10 分)	报告结构完整性	4 分	至少包含技术难点分析拆解、系统架构设计、模块电路详解、版图考虑、仿真验证分析、项目总结六大部分。
	图表与数据规范性	3 分	电路图、仿真波形图、参数统计表编号规范，数据标注准确，单位统一。
	汇报 PPT 质量	3 分	页数≤30 页，涵盖项目背景、核心设计、仿真结果等关键内容，逻辑清晰，内容完整规范。

二、决赛阶段（总分 100 分+附加分 20 分）

（一）作品提交要求

1. 优化后的最终版, 提交 Doc 版本及 PDF 版本各 1 份(≤80 页), 建议封面或目录后的第 1-2 页（不要多）项目为重要内容预览页，包含作品重要核心亮点。该报告基本结构包括方案调研与需求分析(技术背景梳理、同类方案对标以及设计指标拆解等)、电路系统架构设计（架构选型、模块划分、关键电路设计、接口规范描述）、版图规划与物理实现、前后仿真验证与性能优化分析（层级验证：单元电路级验证、模块级联合验证、系统级

整体验证，编写对应测试激励与验证用例进行验证)。

- 2. **技术数据：**提交优化后 ZIP 格式原始文件包，包含完整原理图工程文件、版图工程文件、所有前后仿真结果数据（含波形截图与数据表格）等。
- 3. **答辩 PPT：**电子文档（≤30 页），包括项目背景、主要工作与创新点、架构分析及设计实现、仿真验证，项目总结等。

注意：为确保比赛公平公正，相关文档及视频中不能出现队伍单位、指导老师等识别信息。

(二) 评分标准（总分 100 分+附加分 20 分）

大项	子项	分值	评分标准
性能指标 (50 分)	核心电路指标	8 分	输入失调电压
		4 分	输入失调电压温漂
		4 分	增益与增益误差
		2 分	增益温漂
		8 分	共模抑制比
		8 分	输入共模电压范围
		4 分	输入差分电压范围
		6 分	带宽与瞬态响应
		3 分	输入参考噪声
		3 分	静态功耗
版图设计 (15 分)	布局与高压隔离	6 分	高低压器件分区布局，布局紧凑，芯片面积小，高压信号路径设计隔离环 / 隔离带，符合高压 BCD 工艺耐压

			规则等。
	匹配与寄生优化	5 分	输入差分对、增益电阻等关键器件采用共质心 / 交叉耦合匹配设计，关键信号路径长度与寄生参数优化。
	版图物理验证	4 分	通过 DRC、LVS、ANA 物理验证
仿真验证 (20 分)	仿真维度覆盖	20 分	必须至少完成以下 7 类核心仿真，并且给出前后仿真详细对比与分析，并且给出前后指标误差分析论证，覆盖： 1. 直流工作点仿真（偏置、静态电流） 2. 直流传输特性仿真（增益、误差、差分范围） 3. 温度扫描仿真（至少 -40℃/27℃/125℃三点） 4. 共模电压扫描仿真（共模范围、CMRR） 5. 交流小信号仿真（带宽、幅频特性） 6. 噪声仿真（输入参考噪声） 7. 瞬态仿真（动态响应、带载稳定性） 7. 瞬态仿真（动态响应、带载稳定性） 8. ESD 仿真
汇报材料 现场答辩 (15 分)	报告结构完整性	3 分	至少包含技术难点分析拆解、系统架构设计、模块电路详解、版图设计、仿真验证分析、项目总结六大部分。
	图表与数据规范性	2 分	电路图、仿真波形图、参数统计表编号规范，数据标注准确，单位统一。
	汇报 PPT 与现场答辩	10 分	1、页数≤30 页，涵盖项目背景、核心设计、版图设计、仿真结果等关键

			内容，逻辑清晰，内容完整规范。 2、准确回答评委提问，体现扎实的设计功底。
--	--	--	--

附加分（共 20 分，可叠加，最高计入 20 分）

超出赛题基本要求的额外设计，根据完成度加分：

- 1、在增益为 50/100/200 倍的条件下，整个设计（前端+后端）皆达到上述技术指标（8 分）
- 2、实现片上失调电压/增益误差校准功能，校准后失调 $\leq 10\mu\text{V}$ ，增益误差 $\leq 0.05\%$ （8 分）
- 3、静态电流降至 3mA 以内，且核心指标保持达标（4 分）

八、参赛平台

EDA 设计平台：Cadence Virtuoso 等主流模拟集成电路设计平台

工艺平台：基于 SMIC 0.18 μm BCDA 高压工艺平台进行设计（请参赛团队自行准备）

九、参考资料

无