

第九届集创赛芯海杯赛题描述调整说明：

通过芯海杯企业专家评估，并通报大赛组委会审批，
将对赛题部分要求进行调整，以便团队更好的准备作品，具
体调整内容见后文，为方便查阅使用修订模式进行呈现。官网
赛题已同期修改，请参赛团队悉知。

芯海杯

一、杯赛题目：旋转变压器励磁电流控制系统

二、参赛组别：A 组、B 组

三、赛题任务：

设计一款芯片（Figure1-1 蓝色框部分）可以生成正弦脉冲宽度调制波（单极性、双极性皆可），驱动 H 桥，进而在旋转变压器励磁线圈（抽象成 RL 负载， $R=10\Omega$, $L=100\mu H$ ）中产生正弦波励磁电流。H 桥低侧 Shunt 电阻($R_{shunt}=20m\Omega$)将电流信号(0~1A)转换成电压信号（0~20mV），通过 ADC 采集，以实现控制励磁电流峰值。

各赛程阶段任务划分参考：

初赛阶段，聚焦 SOC 设计，要求全部电路，在仿真环境中进行验证；

分赛区决赛阶段，聚焦进阶指标，在仿真环境中进行验证；

全国总决赛阶段，搭建实物进行板级验证。如不能流片验证,可使用 FPGA（包含关键功能数字控制代码）+外围器件（包括 H 桥, 电机, ADC 等）来验证。（H 桥驱动推荐型号: MPQ6528, MOS 管推荐型号: AO3400; 运算放大器推荐型号: TLV272, ADC 芯片推荐型号: AD7356）

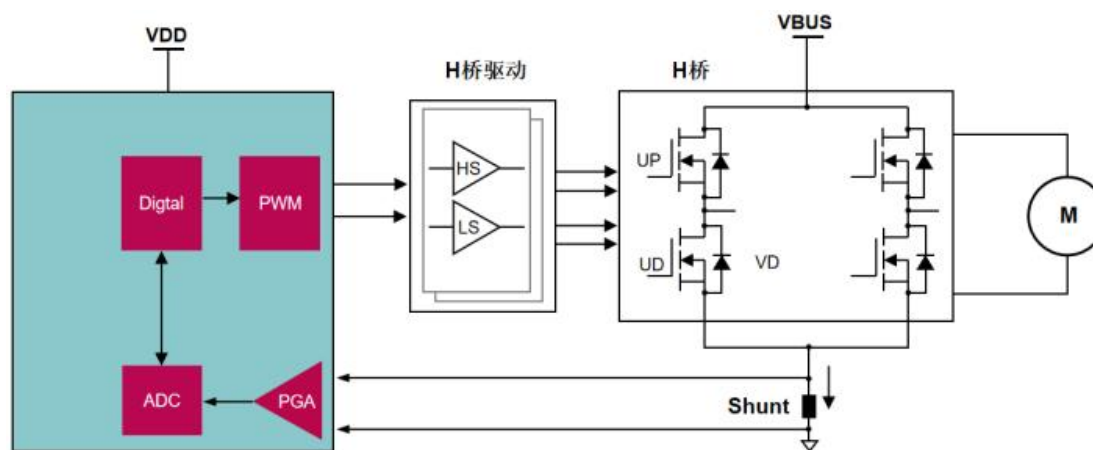


Figure 1-1 系统控制框图

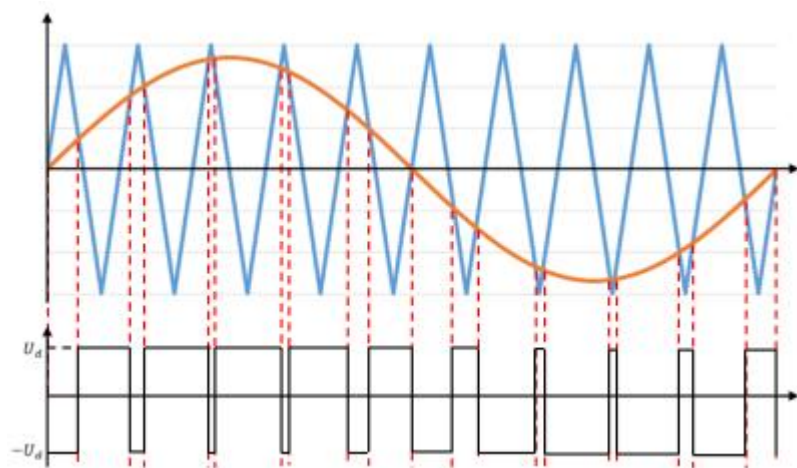


Figure 1-2 双极性 SPWM

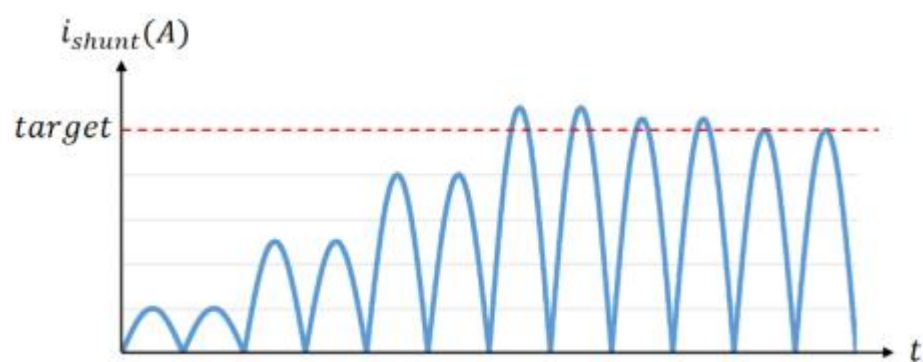


Figure 1-3 励磁电流控制示意

四、设计指标：

1. 系统供电 $V_{DD}=3.3V\pm 10\%$ ， $V_{BUS}=12V$ （理想值）

2. 系统时钟不超过 100MHz (参考时钟可采用晶振时钟电路, 使用外部晶振)

删除[Xie]: 芯片内部产生

3. SPWM 的载波推荐使用 320kHz 的三角波, 调制波为 10kHz 的正弦波 (即 1 个正弦波由 32 个三角波组成), 调制比 ≤ 1 (调制比=调制信号的峰值与载波信号的峰值之比) 该部分必须由芯片产生

4. SPWM 波的占空比误差不超过 $\pm 0.5\%$ (eg. 占空比理想值为 57.5%, 那么实际输出的占空比不低于 57%, 且不高于 58%)

5. SPWM 波的频率误差不超过 $\pm 8\%$ (SVPWM 波的频率和系统时钟精度有关, 比如系统时钟频率 96MHz, 频率偏差 $\pm 5\%$, 那么 320kHz SPWM 波的频率偏差也是 $\pm 5\%$)

6. 在每个 SPWM 载波的周期点触发 ADC 采样, ADC 吞吐率不低于 1Msps (每个载波周期执行一次 ADC 采样, 即 $1/320\text{kHz}=3.125\mu\text{s}$ 采集一次), ADC 参考电压可以由外部提供。

7. 电流信号可以采用 PGA 或者 OPAMP 进行放大处理, 增益不高于 20 倍 (ADC 差分输入范围为 $\pm V_{\text{REF}}$, 等效到 PGA 输入范围为 $\pm V_{\text{REF}}/\text{GAIN}$)

8. 每个正弦周期（100us）调整一次调制比，使得励磁电流的峰值
稳定控制在 400mA，误差±3%以内

9. 系统可以在-40~85℃ 环温条件下稳定工作

10. CMOS 工艺：≤0.18 μm

五、附加题或进阶指标：

1. 仿真条件 VDD=3.3V±10%，-40~85℃ 环温：SPWM 波的频
率误差不超过±3.5% （考评载波 320kHz 频率精度）

2. 仿真条件 VDD=3.3V±10%，-40~85℃ 环温：励磁电流峰峰值
计算误差: <±1%(考评系统精度：包括 PGA,ADC，时钟等误差影响)

六、杯赛阶段及提交内容：

1. 中期汇报

中期报告，请以大赛通知为准；

2. 初赛和企业技术评分：

删除[Xie]:
设置格式[Xie]: 标题 3, 段落间距段前: 5 磅, 段后: 40 磅,
行距: 最小值 21 磅

技术文档和设计数据，包括：

(1) 详细设计方案——设计报告包含完整的系统设计方案、系统指标分解过程，子电路详细结构设计，前仿真报告以及版图设计（DRC/LVS 验证）和后仿真报告；

(2) 系统 Matlab 建模文件(如果有建模相关工作，则必选)；

(3) 仿真验证文件：仿真报告包含仿真结果截图等以及详细仿真数据（包含 PVT）（包含数字代码验证报告，以及数模混放结果）；

(4) 版图设计；

3. 分赛区决赛提交内容

(1) 汇报 PPT：项目介绍、关键技术介绍、性能指标

(2) 技术文档和设计数据：同上

4. 总决赛提交内容

（1）汇报 PPT：项目介绍、关键技术介绍、性能指标

（2）技术文档和设计数据：同上

七、评分标准：

大项	内容	分值	评分要求
性能指标 (60分)	1.系统指标	40分	1.在成本较低的方案下满足系统指标要求。(极限 PVT,至少 VDD=3.6V; T=-40℃、Process=SS、VDD=3V; T=27℃)
	2.系统建模	10分	1. Matlab 建模，如果设计中建模不是必须的，则将分数移
	3.设计完整性	10分	1.完整的系统电路图
			2.完整的系统设计方案、仿真分析报告
优化指标 (15分)	1.优化目标	15分	1.创新性：系统或电路架构是否有创新；
			2.版图设计（DRC/LVS 验证）和后仿真报告
文档与现场表现	1.现场答辩和演示	15分	1.答辩和问答表现；

(25分)			2. 现场演示效果；
	2.文档质量	10分	1. 汇报 PPT 重点突出、条理清晰
			2. 设计方案原理分析合理、逻辑清晰
			3. 仿真验证报告内容详细充分
附加题 (20分)	进阶指标	20分	满足附加题条件指标要求。(极限 PVT, 至少覆盖以下 3 种 T=-40℃、Process=SS、VDD=3V; T=27℃、Process=

八、参考资料：

1. 基于 C2000 的调光玻璃逆变控制器设计

(<https://www.ti.com.cn/cn/lit/an/zhca971/zhca971.pdf?ts=1736164519808>)

[2. Hybrid ADCs, Smart Sensors for the IoT, and Sub-1V & Advanced Node Analog Circuit Design, Pieter Harpe, Kofi A.A.Makinwa, Andrea Baschirotto.](#)

[3. High-Resolution and High-Speed Integrated CMOS AD Converters for Low-Power Applications, Weitao Li, Fule Li, Zhihua Wang.](#)

九、其他注意事项：

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。