Plusetech MDCCT | DDR3-1866 | eMMC 5.1 | Hi3751平台 | 系统级验证

Hi3751V570/V352 平台

DDR3 + eMMC 系统级兼容性测试方案

结合海思平台原生测试与Plusetech 多重动态交错比对技术
覆盖存储器全链路：DDR3内存 + eMMC系统存储

版本	日期	编制
V2.0	2026-08-21	Plusetech 朴思科技（深圳）有限公司

目录

01	**方案概述**	测试对象、范围与目标总览
02	**平台存储架构与分区映射**	Hi3751V570/V352 存储系统架构解析
03	**Part A: DDR3-1866 测试方案**	关键时序参数与海思原生测试工具链
04	**Part B: eMMC 5.1 测试方案**	标准接口、基础功能与电性验证
05	**性能、分区与寿命测试**	eMMC 性能验证、分区专项与可靠性评估
06	**Part C: 系统级联合验证**	启动链、多媒体压力、低功耗与老化测试
07	**Plusetech MDCCT eMMC增强技术**	动态压力、Intra-Die/Inter-Die分析与平台适配
08	**判定标准与分级体系**	完整判定标准表与分级规则

1 一、方案概述

测试对象、范围与目标总览

1.1 测试对象

主控平台：海思 Hi3751V570 / Hi3751V352 智能电视SoC

平台	存储配置	容量上限	应用场景
Hi3751V570	DDR3/4/LPDDR4/4X + eMMC	最大4GB+128GB	4K@60Hz智能电视
Hi3751V352	DDR3/DDR4 + eMMC	最大2GB+32GB	FHD@60Hz智能电视
DDR3	4Gb x16 (512MB/颗)	1866Mbps速率 / 1~2GB系统内存	系统运行内存
eMMC	8GB~128GB / eMMC 5.0/5.1标准	HS200/HS400模式	系统持久存储

1.2 测试范围与目标

Part A: DDR3内存测试

- 功能正确性与电气特性合规性
- 动态压力测试（DVS+温度拉偏）
- MDCCT Intra-Die/Inter-Die比对
- Speed Bin性能分级

Part B: eMMC存储测试

- 基础功能与电性参数验证
- BOOT/UDA/RPMB分区专项检测
- P/E寿命与数据保持测试
- 性能等级与健康度分级

Part C: 系统级联合验证

- 完整启动链验证（BootROM→U-Boot→Kernel→System）
- 4K视频解码+GPU渲染+UI动画并发压力测试
- 待机唤醒100次与低功耗模式验证
- DDR+eMMC并发Burn-in 1-2小时老化测试

2 二、平台存储架构与分区映射

Hi3751V570/V352 存储系统架构解析

2.1 Hi3751V570/V352 存储架构



- **DDR3内存：**系统运行内存，存放Kernel、应用进程、帧缓冲(FrameBuffer)、GPU纹理数据、视频解码缓冲
- **eMMC存储：**系统持久存储，存放Bootloader(fastboot)、启动参数(bootargs)、内核(boot)、系统(system/vendor)、用户数据(userdata)

2.2 eMMC典型分区映射（Hi3751V352 Android 9.0）

分区类型	分区名称	大小	文件系统	测试重点
BOOT相关	fastboot	1M	none	启动代码完整性
	bootargs	1M	none	启动参数一致性
	slaveboot	2M	none	从设备启动镜像
	boot	40M	none	Kernel镜像CRC校验
系统分区	system	2000M	ext4	全空间读写一致性
	vendor	300M	ext4	厂商定制分区验证
	recovery	40M	none	恢复模式镜像
数据分区	userdata	剩余全部	ext4	用户数据可靠性
	cache	100M	ext4	缓存分区擦写
	log	60M	ext4	日志分区循环写入
功能分区	logo	40M	none	开机Logo完整性
	panelparam	8M	none	屏参数据
安全分区	securestore/RPMB	10M/4M	ext4/none	安全密钥/设备指纹

3 三、Part A: DDR3-1866 测试方案

关键时序参数与海思原生测试工具链

3.1 关键时序参数

> 核心频率：933 MHz | 数据速率：1866 Mbps | 等效标准：DDR3-1866（PC3-14900）

参数	符号	标称值	说明
时钟周期	tCK	1.07 ns	933MHz核心时钟
CAS延迟	CL	13	列地址选通延迟
RAS到CAS延迟	tRCD	13.5 ns	行激活到列读写
行预充电时间	tRP	13.5 ns	预充电命令周期
行激活时间	tRAS	35 ns	行激活最小周期
行周期时间	tRC	48.5 ns	同一行两次激活间隔
写恢复时间	tWR	15 ns	写入到预充电间隔
刷新周期(4Gb)	tRFC	260 ns	刷新命令周期
平均刷新间隔	tREFI	7.8 μs	7.8μs @ ≤85°C
突发长度	BL	8	固定Burst Length 8

3.2 海思平台原生测试工具

U-Boot DDR Training测试

- **功能**：上电初始化阶段的DDR参数自动校准与基础功能验证
- **测试项**：Write Leveling（写均衡）/ Read DQS Gate（读门控）/ Read/Write Bit Deskew（位去偏斜）
- **判定标准**：Training结果Pass，各参数窗口≥10%为合格，窗口≥15%为优良
- **Plusetech 多重动态交错比对增强**：多温度点（-20°C~+95°C）重复Training，验证参数温度稳定性与漂移趋势

Linux memtester工具

- **功能**：用户态内存压力测试，覆盖地址线、数据线与存储单元
- **测试Pattern**：随机值 / 补码 / 全0 / 全1 / 走步(Walking 1/0) / 块移动等
- **判定标准**：指定循环次数（建议≥10轮全空间）内0 bit error
- **Plusetech MDCCT增强**：结合DVS动态电压拉偏，在VDD/VDDQ ±5%范围内执行memtester，验证电压裕量

海思DDR Stress测试脚本

- **功能**：内核态高速读写压力与带宽测试，模拟真实多媒体应用场景
- **测试项**：顺序读写带宽 / 随机读写IOPS / 持续压力循环 / 高温老化
- **判定标准**：带宽达到理论值85%以上且无数据错误
- **Plusetech MDCCT增强**：960工位并行测试，Inter-Die差异化分析识别性能离群芯片

3.3 Plusetech 多重动态交错比对增强 融合增强（DDR3）

动态压力环境控制

- **DVS动态电压拉偏：**VDD/VDDQ标称1.35V，扫描范围1.28V~1.42V（±5%），步进20mV
- **温度拉偏：**商用级0°C~+70°C / 工业级-20°C~+85°C，步进10°C
- **静态拉偏：**固定高温/低温/高压/低压条件下执行标准测试
- **阶跃式拉偏：**测试过程中按阶梯逐步改变电压或温度，观察参数漂移趋势
- **动态随机拉偏：**随机分布模型扰动电压温度，模拟真实电视工况（开关机、待机唤醒、高负载解码）

芯片内交错比对（Intra-Die）

- **Bank间性能比对：**DDR3 4Gb x16含8个Bank，对比各Bank访问延迟、刷新特性与数据保持能力
- **地址空间自比对：**识别局部Weak Cell、工艺偏差与地址线弱连接
- **时序裕量分布：**建立芯片内部Training参数基准分布，标记偏离区域

跨芯片差异化分析（Inter-Die）

- **960工位并行比对：**数据偏差分析、性能指标离群检测、健康度分级评估
- **SPC统计过程控制：**建立批次内芯片性能基准分布，自动标记偏离±3σ的异常芯片
- **Speed Bin智能分选：**DDR3-1866 / DDR3-1600 / DDR3-1333 三级分选，超越Pass/Fail二元判定

4.1 eMMC测试标准与接口

> 标准：JEDEC JESD84-B51 (eMMC 5.1) / 海思Hi3751平台eMMC驱动规范
> 总线模式：HS200 (200MHz, SDR) / HS400 (200MHz, DDR, 400Mbps) | 数据位宽：8-bit | 命令队列：支持CMDQ (eMMC 5.1)

4.2 基础功能与电性测试

测试大类	测试项目	测试目的与技术要点
电性参数	DC Parametric Test	测量VCC/VCCQ工作电压、工作电流ICC、待机电流ISB、漏电流IL、输入/输出电平，验证电气特性符合JEDEC规格
电源完整性	Power Integrity Test	验证电源噪声容限、电压波动下工作稳定性，测量VCC/VCCQ在不同负载条件下的纹波与跌落
芯片品质	Quality Screening	外观检查(Visual Inspection)、X-Ray检测(封装内部缺陷)、封装完整性验证(Delamination、Crack检测)
容量验证	Capacity & ID Verification	验证实际容量、Device ID、JEDEC ID与晶圆版本信息一致性，检测"扩容"或"混料"问题
坏块扫描	Initial Bad Block Scan	扫描并标记出厂坏块(FBB)，验证坏块表(BBT)准确性与完整性

5 五、性能、分区与寿命测试

eMMC 性能验证、分区专项与可靠性评估

4.3 性能与接口测试

测试大类	测试项目	测试目的与技术要点
速度测试	总线速率验证	验证HS200/HS400速率模式下的传输速率，确保接口速率符合eMMC 5.1标准规格
	接口时序测试	验证Setup/Hold时间、Clock Duty Cycle、Data Strobe对齐等时序参数，确保接口时序合规性
性能测试	顺序读写速度	使用大粒度数据块(1MB)测试连续读写吞吐量(MB/s)，评估视频录制、大文件传输场景性能
	随机IOPS测试	使用4KB小块数据测试随机读写IOPS与延迟分布，评估数据库、操作系统随机访问场景性能
	属性/特性测试	验证各项可配置属性与特性寄存器(Extended CSD、Configuration Register等)，确保功能配置完整性

4.4 分区专项测试（海思平台适配）

分区	测试项目	测试目的	海思平台关联
BOOT区	Boot Partition Test	验证BOOT区读写保护、分区锁定、启动代码完整性	fastboot/bootargs/boot镜像存放区，系统启动第一道关卡
RPMB区	Replay Protected Memory Block Test	验证写保护认证机制、密钥烧录功能与数据完整性	安全密钥、设备指纹、DRM数据存储
UDA区	User Data Area Test	验证UDA全空间读写、擦除与数据保持能力	system/vendor/userdata分区，用户数据主要存储区域
通用分区	General Purpose Partition Test	验证GPP分区管理、访问控制与读写功能	系统恢复分区、厂商定制分区
全设备	Low-Level Format Test	执行Erase All Blocks，验证格式化后全空间读写一致性，检测隐藏坏块	OTA升级前格式化、恢复出厂设置
全设备	Bad Block Function Test	验证坏块管理机制(BBT维护、坏块替换、重映射)	新增坏块检测与处理能力，保障长期可靠性

4.5 寿命与可靠性测试

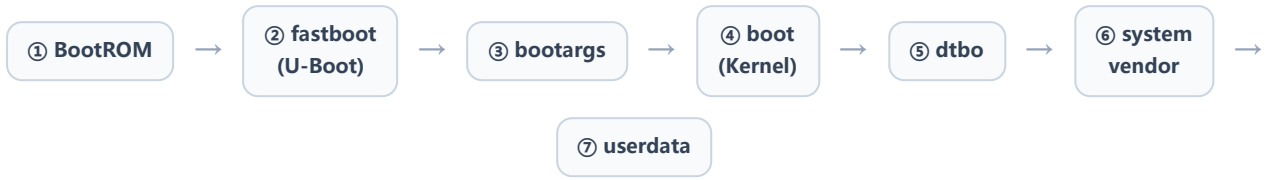
测试大类	测试项目	测试目的与技术要点
寿命与可靠性	P/E寿命测试	执行全量编程/擦除循环，监测坏块增长与误码率(BER)变化曲线，评估芯片耐久寿命。TLC典型1,000-3,000 cycles；MLC 3,000-10,000 cycles
	数据保持测试	85°C/125°C烘烤后验证数据完整性，评估电荷泄漏导致的数据丢失风险。JEDEC标准：25°C条件下数据保持能力≥6年
稳定性与应力	读干扰测试	验证频繁读取操作对相邻Cell的干扰效应(Read Disturb)与纠错能力。3D NAND层数增加，读干扰效应更为显著
	HTOL高温工作寿命	在85°C/125°C下持续运行，评估长期工作稳定性。HTOL是JESD47标准规定的可靠性测试项目
稳定性与应力	温度循环测试	在-40°C至125°C间进行数十次循环，验证封装与芯片热机械可靠性，检测焊球疲劳、封装开裂等缺陷
兼容性	主控兼容性验证	在海思Hi3751V570/V352平台下验证eMMC的识别、初始化与读写稳定性

测试大类	测试项目	测试目的与技术要点
器件分析	Device Characterization	全面测绘电性参数分布(IVT分布、Program/Erase时间分布、读取电流分布等)，建立器件特性数据库

6 六、Part C: 系统级联合验证

启动链、多媒体压力、低功耗与老化测试

5.1 海思平台启动链验证



- **完整启动链验证**：从BootROM上电到userdata挂载，每个阶段记录日志与耗时
- **判定标准**：100%成功启动，无卡死/重启/异常日志，总启动时间<30秒
- **Plusetech 多重动态交错测试增强**：多温度点（-20°C~+95°C）重复启动验证，确保极端温度下启动可靠性

5.2 多媒体并发压力测试

- **4K视频解码 + GPU渲染 + UI动画并发**：验证DDR带宽与eMMC读取协同稳定性
- **连续播放4K@60fps视频1小时**：验证DDR+eMMC在持续高负载下的协同工作能力
- **多应用快速切换**：视频/游戏/浏览器快速切换，验证内存管理与存储I/O响应
- **判定标准**：1小时无卡顿、花屏、重启，帧率波动<5%

5.3 待机唤醒与低功耗测试

- **待机唤醒100次**：验证DDR Self-Refresh数据完整性与eMMC待机状态稳定性
- **低功耗模式**：验证DDR掉电自刷新(PDDS)与eMMC Sleep模式功耗合规性
- **快速唤醒**：从待机到亮屏<2秒，验证存储器初始化速度与分区挂载效率
- **判定标准**：100次唤醒无数据丢失、无启动失败、唤醒时间<2秒

5.4 老化Burn-in测试

- **测试条件**：高温(+95°C)持续运行1小时，DDR memtester与eMMC读写循环并发执行
- **DDR侧**：持续运行memtester全Pattern，监测bit error与性能衰减
- **eMMC侧**：持续执行UDA全量读写+擦除循环，监测坏块增长与BER变化
- **判定标准**：0 error且DDR带宽衰减<3%、eMMC读写速度衰减<5%

7 七、Plusetech MDCCT eMMC增强技术

动态压力、Intra-Die/Inter-Die分析与平台适配

6.1 动态压力环境控制（eMMC适配）

- **VCC/VCCQ电压拉偏**：VCC 2.7V~3.6V / VCCQ 1.7V~1.95V 全范围扫描
- **温度拉偏**：-20°C~+95°C（商业级）/ -40°C~+105°C（工业级扩展）
- **动态随机拉偏**：模拟电视开关机、待机唤醒、高负载解码、OTA升级等真实工况
- **三级压力策略**：静态拉偏 → 阶跃式拉偏 → 动态随机拉偏

6.2 eMMC芯片内交错比对（Intra-Die）

- **分区性能比对**：BOOT/UDA/RPMB各区域读写速度、延迟、误码率差异分析
- **块级自比对**：识别eMMC内部性能劣化块与工艺偏差区域
- **擦写均衡分析**：验证Wear Leveling算法有效性，识别过度擦写区域
- **时序裕量分布**：建立eMMC内部各Block性能基准分布

6.3 eMMC跨芯片差异化分析（Inter-Die）

- **960工位并行比对**：顺序/随机读写速度、IOPS、延迟分布三维比对
- **SPC统计控制**：建立批次性能基准，标记速度偏低/延迟偏高/坏块异常芯片
- **健康度分级**：A级(优良) / B级(合格) / C级(观察) / D级(隔离)
- **性能等级分选**：HS400-A级 / HS400-B级 / HS200 / 降级使用

6.4 海思平台专属适配

- **分区表一致性验证**：对比烧录分区表(Hi3751V350-slaveboot-emmc.xml)与实际eMMC分区映射
- **启动镜像完整性**：CRC校验fastboot/boot/kernel镜像，确保启动链数据无误
- **OTA升级模拟**：验证eMMC在系统升级过程中的大量擦写可靠性
- **blkdevparts验证**：验证bootargs中blkdevparts参数与XML分区表一致性

8 八、判定标准与分级体系

完整判定标准表与分级规则

7.1 完整判定标准表

测试域	测试阶段	测试项目	Pass标准	Fail标准	分级/备注
DDR3	初始化	DDR Training	全参数窗口≥10%	任一参数Fail	窗口<15%标记观察
	基础功能	March/Pattern	0 bit error	≥1 bit error	A级:全通过 B级:复测通过
	动态压力	DVS拉偏	±5%电压0 error	标称电压error	Speed Bin:1866/1600/1333
	动态压力	温度拉偏	-20°~95°C 0 error	常温error	Grade:商用/工业/车规
	MDCCT	Inter-Die比对	偏差<3σ	偏差≥3σ	健康度A/B/C/D
eMMC	基础功能	容量/ID/坏块	容量一致/BBT完整	扩容/混料/BBT异常	品质A/B/C/D
	性能测试	顺序/随机读写	≥标称值90%	<标称值70%	性能等级A/B/C
	接口验证	HS200/HS400	速率合规无时序错	速率不达标/时序错	模式:HS400/HS200
	分区测试	BOOT/UDA/RPMB	全分区读写OK	任一分区Fail	分区健康度A/B/C/D
	寿命测试	P/E/DataRetention	达标P/E cycles	提前失效/数据丢失	寿命等级A/B/C/D
系统级	启动验证	完整启动链	100%启动成功	启动失败/卡死	完全兼容/有限/不兼容
	多媒体压力	4K+GPU+UI并发	1小时无异常	卡顿/花屏/重启	稳定性:高/中/低
	老化Burn-in	DDR+eMMC并发72h	0 error衰减<3%	error或衰减≥5%	可靠性:高/中/低