

HRTOS 性能测试分析报告

1. 测试概述

1.1 测试目的

为了评估 HRTOS 在 8051 平台上的实时性能，对系统启动速度、任务调度效率、中断响应能力、时间管理精度以及事件通信性能进行了测试。

本次测试采用逻辑分析仪对 GPIO 波形进行采集，通过硬件信号变化精确测量系统运行时间。

1.2 测试平台

项目	参数
操作系统	HRTOS V3.32
MCU	STC12C5A60S2
主频	11.0592MHz
测试工具	逻辑分析仪
编译环境	Keil C51
工作模式	12T 模式

2. 测试结果汇总

测试项目	测试结果
上电启动时间 (Power On → hrtos_main)	346.6493 ms
内核启动延迟 (hrtos_main → 首任务运行)	11.094458 ms
普通任务切换时间	398.708 μs
高速任务切换时间	294.292 μs
高速任务切换优化效果	约 26.2%
系统 Tick 周期	约 10.000 ms
毫秒延时精度 (os_delay_ms(1))	1.0005 ms
定时器中断响应时间	12.208 μs
事件唤醒延迟	835.458 μs
阻塞切换至任务唤醒运行总耗时	1.289708 ms

3. 启动性能分析

3.1 系统启动时间

测试结果：

Power On → hrtos_main

346.6493 ms

该时间包含：

- MCU 上电复位过程
- C51 运行环境初始化
- 全局变量初始化
- 系统基础初始化流程

该指标反映完整系统启动速度。

3.2 内核启动延迟

测试结果：

hrtos_main → 第一个任务运行

11.094458 ms

该阶段主要包括：

- 任务创建
- 调度器初始化
- 第一次任务选择
- 上下文恢复
- 第一个任务执行

测试结果表明，HRTOS 内核启动流程较为轻量，可以快速进入任务运行状态。

4. 任务调度性能分析

4.1 普通任务切换

测试结果：

Task Switch:

398.708 μ s

该指标包含:

- 当前任务上下文保存
- 调度器运行
- 目标任务选择
- 新任务上下文恢复

对于 11.0592MHz 8051 平台, 该切换时间体现了 HRTOS 在有限资源 MCU 上的调度效率。

4.2 高速任务切换

测试结果:

Fast Task Switch:

294.292 μ s

相比普通任务:

398.708 μ s - 294.292 μ s

=104.416 μ s

性能提升:

约 26.2%

高速任务通过使用独立寄存器组减少上下文保存和恢复开销, 有效降低任务切换时间。

该结果验证了 HRTOS 高速任务机制在实际运行中的优化效果。

5. 时间管理性能分析

5.1 系统 Tick 测试

时间节拍配置:

HRTOS 配置项 OS_TIME_T0 调整为 9162, 对应 11.0592MHz 晶振环境下的 10ms 系统时间片设计。

实际逻辑分析仪测试结果：第一个周期约 10.0025ms，后续周期约 9.998ms，误差保持在微秒级范围。

测试结果：

`os_delay(1)`

约 10.000 ms

该结果对应系统基础时间节拍。

测试表明：

- 系统时钟运行稳定
 - 延时机制工作正常
 - 调度时间基准准确
-

5.2 毫秒级延时精度

测试接口：

`os_delay_ms(1)`

测试结果：

实际时间：

1.0005 ms

误差：

0.0005 ms

≈0.05%

测试结果表明，HRTOS 毫秒级延时接口具有较高精度，可以满足普通实时控制场景需求。

6. 中断响应性能分析

测试方式：

使用 Timer1 中断，通过 GPIO 翻转记录中断响应时间。

测试结果：

Interrupt Latency:

12.208 μ s

该指标反映：

- 硬件中断响应
- CPU 中断入口效率
- ISR 执行响应速度

测试结果表明，HRTOS 可以保持较低的中断响应延迟，适合实时控制应用。

7. 事件通信性能分析

7.1 事件唤醒延迟

测试结果：

Event Wakeup Latency:

835.458 μ s

该过程包括：

- 事件发送
- 等待任务状态转换
- 调度处理
- 目标任务恢复运行

该指标体现了 HRTOS IPC 机制的响应速度。

7.2 阻塞任务恢复时间

测试结果：

Block → Wakeup → Run:

1.289708 ms

该指标完整模拟实际应用流程：

任务阻塞等待

↓

事件产生

↓

任务唤醒

↓

重新获得 CPU 运行

测试结果证明 HRTOS 的阻塞、唤醒以及调度链路运行稳定。

8. 性能特点总结

根据测试结果，HRTOS 在 STC12C5A60S2 平台表现如下：

8.1 轻量化

系统能够在 8051 有限资源环境下运行，同时提供：

- 多任务调度
 - 高优先级任务
 - IPC 通信
 - 中断支持
 - 精确延时
-

8.2 高实时性

测试数据显示：

- 中断响应：12.208 μ s
- 高速任务切换：294.292 μ s

能够满足多数 8 位 MCU 控制应用需求。

8.3 高效调度优化

高速任务采用独立寄存器组优化，相比普通任务切换：

性能提升约 26.2%

体现了针对 8051 架构的优化设计。

8.4 稳定可靠

通过逻辑分析仪进行硬件级测试，所有关键性能指标均获得实际波形验证。

9. 结论

本次测试验证了 HRTOS 在 STC12C5A60S2 平台上的实时性能。

测试结果表明：

- 系统启动流程稳定；
- 调度切换效率良好；
- 高速任务优化有效；
- 中断响应快速；
- 时间管理精确；
- 事件通信响应稳定。

HRTOS 能够在资源受限的 8051 平台上提供轻量、高效、实时的操作系统支持，适用于工业控制、嵌入式设备以及小型实时应用场景。