

HL7721 SAS Expander 系统测试报告

文档版本：1.02

发布日期：2025-03-03

Copyright:

Copyright © 2024 Hualan Microelectronique Co., Ltd.

All rights reserved. No part of the materials may be reproduced in any form or by any means without prior written consent of **HUALAN MICROELECTRONIQUE CORPORATION LIMITED**.

Disclaimer:

ALL MATERIALS ARE PROVIDED "AS IS" WITHOUT EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY OF ANY KIND. NO LICENSE OR RIGHT IS GRANTED UNDER ANY PATENT OR TRADEMARK OF HUALAN MICROELECTRONIQUE CORPORATION LIMITED. HUALAN MICROELECTRONIQUE CORPORATION LIMITED HEREBY DISCLAIMS ALL WARRANTIES AND CONDITIONS IN REGARD TO MATERIALS, INCLUDING ALL WARRANTIES, IMPLIED OR EXPRESS, OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF INTELLECTUAL PROPERTY, INCLUDING, WITHOUT LIMITATION. IN NO EVENT SHALL HUALAN MICROELECTRONIQUE CORPORATION LIMITED BE LIABLE FOR ANY DAMAGES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES RESULTING FROM LOSS OF INFORMATION OR PROFITS. PLEASE BE ADVISED THAT THE MATERIALS MAY CONTAIN ERRORS OR OMMISIONS. HUALAN MICROELECTRONIQUE CORPORATION LIMITE. MAY MAKE CHANGES TO THE MATERIALS OR TO THE PRODUCTS DESCRIBED THEREIN AT ANY TIME WITHOUT NOTICE.

OFFICE:

Hangzhou Hualan Microelectronique Co., Ltd.

HualanWei building, 333 YangShi Road, Xiaoshan District, Hangzhou, China.

修订记录

版本	日期	修改描述
V1.00	2024-6-8	第一次正式发布。
V1.01	2024-6-24	更新性能测试结果。
V1.02	2025-3-3	补充性能-时延单位 (us) ； 增加系统测试操作系统列表。

目录

1. 概述	7
1.1. 测试内容	7
1.2. 主要结论	7
2. 测试环境	7
2.1. 测试对象	7
2.2. 测试组网	7
3. 功能测试	9
3.1. 端口连接	9
3.1.1. 测试目的	9
3.1.2. 测试方法	9
3.1.3. 测试结果	9
3.1.4. 测试结论	9
3.2. 速率协商	9
3.2.1. 测试目的	9
3.2.2. 测试方法	9
3.2.3. 测试结果	10
3.2.4. 测试结论	10
3.3. 分区	10
3.3.1. 测试目的	10
3.3.2. 测试方法	10
3.3.3. 测试结果	10
3.3.4. 测试结论	11
3.4. EPOW	11
3.4.1. 测试目的	11
3.4.2. 测试方法	11
3.4.3. 测试结果	11
3.4.4. 测试结论	11
3.5. Spin-up	12
3.5.1. 测试目的	12
3.5.2. 测试方法	12
3.5.3. 测试结果	12
3.5.4. 测试结论	12
3.6. SAS 地址配置	13
3.6.1. 测试目的	13
3.6.2. 测试方法	13
3.6.3. 测试结果	13
3.6.4. 测试结论	14
4. 性能测试	15
4.1. 一级传输性能测试	15
4.1.1. 测试目的	15
4.1.2. 测试方法	15
4.1.3. 测试结果	15

4.1.4. 测试结论	15
4.2. 二级级联传输性能测试	15
4.2.1. 测试目的	15
4.2.2. 测试方法	15
4.2.3. 测试结果	16
4.2.4. 测试结论	16
4.3. 一级时延性能测试	16
4.3.1. 测试目的	16
4.3.2. 测试方法	16
4.3.3. 测试结果	16
4.3.4. 测试结论	16
4.4. 二级级联时延性能测试	16
4.4.1. 测试目的	16
4.4.2. 测试方法	17
4.4.3. 测试结果	17
4.4.4. 测试结论	17
4.5. 工作功耗测试	17
4.5.1. 测试目的	17
4.5.2. 测试方法	17
4.5.3. 测试结果	17
4.5.4. 测试结论	18
5. 兼容性测试	18
5.1. RAID 卡兼容性测试	18
5.1.1. 测试目的	18
5.1.2. 测试方法	18
5.1.3. 测试结果	18
5.1.4. 测试结论	18
5.2. HBA 卡兼容性测试	18
5.2.1. 测试目的	18
5.2.2. 测试方法	18
5.2.3. 测试结果	19
5.2.4. 测试结论	19
5.3. SAS Expander 兼容性测试	19
5.3.1. 测试目的	19
5.3.2. 测试方法	19
5.3.3. 测试结果	19
5.3.4. 测试结论	19
5.4. 硬盘兼容性测试	20
5.4.1. 测试目的	20
5.4.2. 测试方法	20
5.4.3. 测试结果	21
5.4.4. 测试结论	22
6. 可靠性测试	22
6.1. 存储控制卡热插拔测试	22
6.1.1. 测试目的	22

6.1.2. 测试方法	22
6.1.3. 测试结果	22
6.1.4. 测试结论	22
6.2. 级联扩展卡热插拔测试	23
6.2.1. 测试目的	23
6.2.2. 测试方法	23
6.2.3. 测试结果	23
6.2.4. 测试结论	23
6.3. 硬盘热插拔测试	23
6.3.1. 测试目的	23
6.3.2. 测试方法	23
6.3.3. 测试结果	24
6.3.4. 测试结论	24
6.4. 长期工作稳定性测试	24
6.4.1. 测试目的	24
6.4.2. 测试方法	24
6.4.3. 测试结果	24
6.4.4. 测试结论	24
7. 环境测试	24
7.1. 高低温环境测试	24
7.1.1. 测试目的	24
7.1.2. 测试方法	24
7.1.3. 测试结果	25
7.1.4. 测试结论	25
8. 附录	26
8.1. 操作系统兼容性列表	26
8.2. CPU 兼容性列表	26

1. 概述

对 HL7721 SAS Expander（下文简称 HL7721）进行系统测试确保产品具有与标称一致的功能和性能，具有良好的兼容性和可靠性等。

1.1. 测试内容

HL7721 系统测试主要针对芯片功能、性能、兼容性、可靠性及环境等测试。

1.2. 主要结论

HL7721 系统测试完成了芯片功能、性能、兼容性、可靠性及环境等测试，符合设计规格、性能良好，且配套管理软件使用良好。

2. 测试环境

2.1. 测试对象

HL7721 测试对象（DUT）是 HL7721 EVB 板。

DUT	型号名称
EVB 板	HL7721 EVB 板

表 1 系统测试 DUT 列表

2.2. 测试组网

1. 串行级联



图 1 扩展卡一级级联测试场景

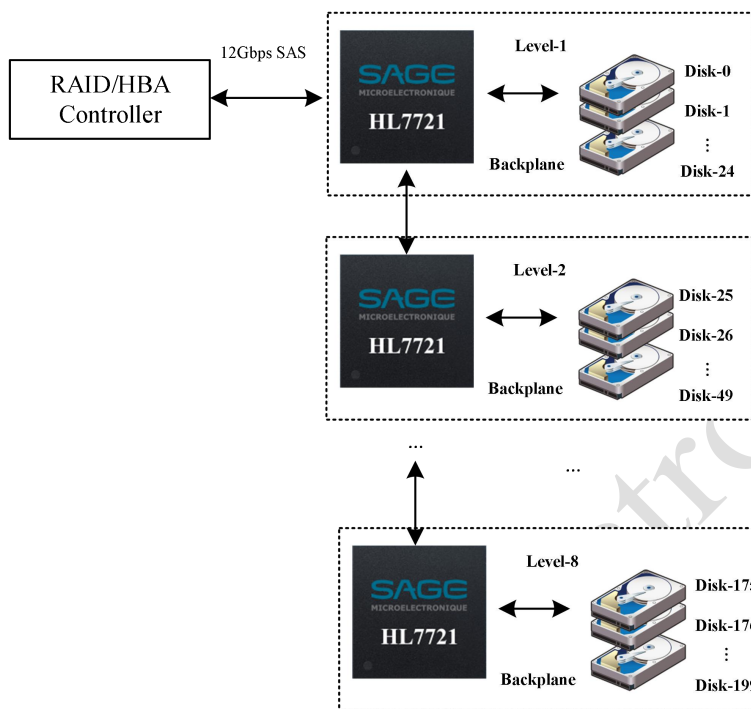


图 2 串行级联测试场景

2. 并行级联

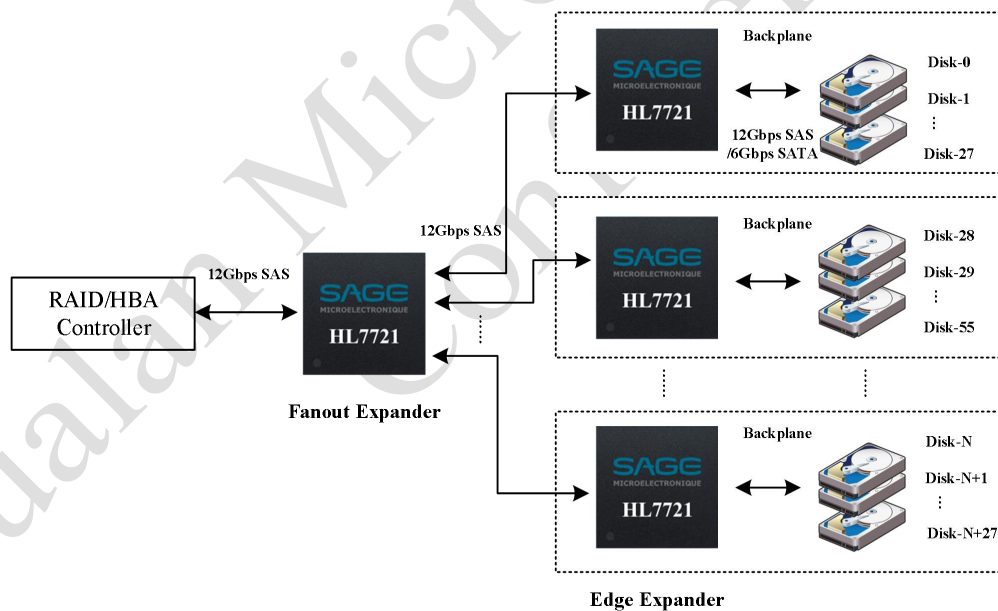


图 3 并行级联测试场景

3. 功能测试

3.1. 端口连接

3.1.1. 测试目的

确认 HL7721 支持 36 PHY 连接，及支持 SAS/SATA 连接。

3.1.2. 测试方法

- (1) 组建一级级联测试环境，HBA×4+DUT+DISK*32。
- (2) 满配 32 块 SAS SSD，确认系统下正常识别全部硬盘信息。
- (3) 依次更改硬盘为 SAS HDD、SATA SSD、SATA HDD，重复步骤（2）。

3.1.3. 测试结果

DISK#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SAS SSD	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SAS HDD	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SATA SSD	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SATA HDD	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
DISK#	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
SAS SSD	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SAS HDD	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SATA SSD	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SATA HDD	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

表 2 端口连接功能测试结果

3.1.4. 测试结论

- HL7721 支持 36 PHY 连接。
- HL7721 支持 SAS/SATA 连接。

3.2. 速率协商

3.2.1. 测试目的

确认 HL7721 支持速率协商功能。

3.2.2. 测试方法

- (1) 组建一级级联测试环境，连接硬盘。
- (2) 设置 HL7721 上行速率为 12G，确认硬盘速率协商成功。
- (3) 遍历 SATA（6G/3G）、SAS（24G/12G/6G）硬盘规格，重复步骤（2）。
- (4) 更改 HL7721 上行速率为 6G、3G，重复步骤（2）、（3）。
- (5) 更改为二级级联测试环境，重复步骤（2）~（4）。

3.2.3. 测试结果

上行速率	一级级联					二级级联					测试结果
	SATA		SAS			SATA		SAS			
	6G	3G	24G	12G	6G	6G	3G	24G	12G	6G	
12G	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	通过
6G	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	通过
3G	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	通过

表 3 速率协商功能测试结果

3.2.4. 测试结论

- HL7721 支持硬盘（SAS/SATA）速率协商功能。

3.3. 分区

3.3.1. 测试目的

确认 HL7721 支持分区（Zoning）功能。

3.3.2. 测试方法

- (1) 连接好设备，通过 phyinfo.txt（按 ZONE PHY INFORMATION, SPL-3）文件划分/规划 SAS zone 分区。
- HBA 连接 PHY16、17，属于 zone G8 组
- 硬盘连接 PHY0-3，属于 zone G9 组
- 硬盘连接 PHY8-9，属于 zone G10 组
- (2) 通过 zpt.txt（按 ZONE PERMISSION TABLE, SPL-3）文件规定 SAS Zone 分区访问规则：G8 允许访问 G9、G8 禁止访问 G10。
- (3) 通过带内命令配置、开启 zone 功能，激活 zone 分区表和访问许可表。

注：上述 PHY#为逻辑 PHY，共 36 个、编号为 0~35。

3.3.3. 测试结果

激活 Zone 功能后，PHY0-3 属于 G9、允许被 HBA 访问，PHY8、PHY9 属于 G10 禁止被 HBA 访问。

```

root@sage-CS5280H:/home/sage/Desktop/zyf/09-zone/fpga-v2-config/zpt# smp_discover_list /dev/bsg/expander-57\220 -vv
Discover list request:
 40 20 ff 06 00 00 00 00 00 28 00 01 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
Report general request: 40 00 00 00 00 00 00 00 00
phy 0:T:attached:[5002538b71904372:00 t(SSP)] 3 Gbps ZG:9
phy 1:T:attached:[5002538b71434c02:00 t(SSP)] 3 Gbps ZG:9
phy 2:T:attached:[5002538b71904362:00 t(SSP)] 3 Gbps ZG:9
phy 3:T:attached:[5002538b7151bf92:00 t(SSP)] 3 Gbps ZG:9
phy 4:T:attached:[500605b00e754a40:07 i(SSP+STP+SMP)] 3 Gbps ZG:8
phy 5:T:attached:[500605b00e754a40:05 i(SSP+STP+SMP)] 3 Gbps ZG:8
phy 6:D:attached:[0000000000000000:00] ZG:0
phy 7:D:attached:[0000000000000000:00] ZG:0
phy 8: inaccessible (phy vacant)
phy 9: inaccessible (phy vacant)
phy 10:D:attached:[0000000000000000:00] ZG:0
phy 11:D:attached:[0000000000000000:00] ZG:0
phy 12:T:attached:[500605b00e7547e0:00 i(SSP+STP+SMP)] 3 Gbps ZG:0
  
```

图 4 Zone 功能开启并激活成功

3.3.4. 测试结论

- HL7721 支持分区功能，可以通过分区功能配置连接到 EVB 板的设备之间的访问权限。

3.4. EPOW

3.4.1. 测试目的

确认 HL7721 支持 EPOW（Early Power Off Warning），且支持上升沿和下降沿触发。

3.4.2. 测试方法

- (1) 组建一级级联测试环境；将分析仪置于 EVB 板和硬盘之间；AC_GOOD_L（GPIO56）默认为高电平。
- (2) 设置 EPOW 功能使能、触发边沿选择，以及触发 EPOW 功能的 PHY#。
- (3) 运行 FIO，手动将 AC_GOOD_L 拉为低电平，下降沿触发 EPOW。
- (4) 观察 FIO 在触发 EPOW 时的变化以及分析仪是否抓到 NOTIFY POWER FAILURE EXPECTED 原语。
- (5) 更改触发方式为上升沿触发，运行 FIO，手动将 AC_GOOD_L 拉为低电平、释放（变为高电平），上升沿触发 EPOW；重复步骤（4）。

3.4.3. 测试结果

EPOW 触发时，分析仪可以 trigger 到 NOTIFY POWER FAILURE EXPECTED 原语。

T2	Link	12 G	Target	RD	Relative Time	Duration			
10.089.687.134 (s)	145932		CLOSE NORMAL (x3)	→→→	28 (ms)	9 (ms)			
T2	Link	12 G	Initiator	RD	Relative Time	Duration			
10.089.694.375 (s)	145933		NOTIFY ENABLE SPINUP	→→→	7.240 (us)	3 (ms)			
T2	Link	12 G	Initiator	RD	Relative Time	Duration			
10.089.756.375 (s)	145934		NOTIFY POWER FAILURE EXPECTED (x3)	→→→	62 (us)	9 (ms)			
T2	Link	Address Frame Type	Protocol	Initiator Port (H)	Connection Rate	Features (H)	Initiator Connection Tag (H)	Destination SAS Address (H)	Source SAS Address (H)
10.089.758.931 (s)	145935	0x1: Open	0x1: SSP	0	0x1B: 12.0 Gbps	0	0019	50005B01179612	5000CCA09B001209
Source Zone Group (H)	Pathway Blocked Count (H)	Arbitration Wait Time (H)	More Compatible Features (H)	CRC (H)	Link Data (H)	Relative Time	Duration		
00	00	0000	00000000	BC7B7B7B		2.556 (us)	40 (ms)		
T2	Link	Initiator	RD	Relative Time	Duration				

图 5 分析仪 Trigger NOTIFY POWER FAILURE EXPECTED 原语

FIO 速度会在触发 EPOW 时骤降，然后迅速恢复正常速度。

Edit	View	Search	Terminal	Help
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=282MiB/s, w=272MiB/s]	[r=1993, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=269MiB/s, w=270MiB/s]	[r=1971, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=271MiB/s, w=269MiB/s]	[r=1976, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=280MiB/s, w=270MiB/s]	[r=2058, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=285MiB/s, w=266MiB/s]	[r=1992, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=261MiB/s, w=274MiB/s]	[r=1856, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=72.5MiB/s, w=71.2MiB/s]	[r=566, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=15.3MiB/s, w=15.7MiB/s]	[r=116, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=266MiB/s, w=271MiB/s]	[r=1947, w=26	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=258MiB/s, w=270MiB/s]	[r=1871, w=19	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=273MiB/s, w=267MiB/s]	[r=1950, w=19	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=267MiB/s, w=272MiB/s]	[r=1931, w=19	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=264MiB/s, w=270MiB/s]	[r=1881, w=18	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=277MiB/s, w=269MiB/s]	[r=2066, w=19	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=254MiB/s, w=266MiB/s]	[r=1869, w=19	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=272MiB/s, w=268MiB/s]	[r=1887, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=295MiB/s, w=268MiB/s]	[r=2097, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=278MiB/s, w=272MiB/s]	[r=1943, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=260MiB/s, w=267MiB/s]	[r=1886, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=279MiB/s, w=272MiB/s]	[r=2010, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=259MiB/s, w=269MiB/s]	[r=1961, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=263MiB/s, w=269MiB/s]	[r=1854, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=159MiB/s, w=164MiB/s]	[r=1136, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=0KiB/s, w=0KiB/s]	[r=0, w=0 IOPS	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=197MiB/s, w=186MiB/s]	[r=1480, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=271MiB/s, w=269MiB/s]	[r=1982, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=264MiB/s, w=267MiB/s]	[r=1965, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=256MiB/s, w=273MiB/s]	[r=1877, w=1	
1 (f=1):	[M(1)][0.0%]	[r=288MiB/s, w=267MiB/s]	[r=1989, w=1	

图 6 EPOW 触发后 FIO 速率变化

3.4.4. 测试结论

- HL7721 支持 EPOW 功能。
- HL7721 支持上升沿和下降沿两种方式触发 EPOW 功能。

3.5. Spin-up

3.5.1. 测试目的

验证 HL7721 支持硬盘错峰启动（Spin-up）功能。

3.5.2. 测试方法

- (1) 按一级级联组建测试，满配硬盘。
- (2) 系统上电，查看 Spin-up 打印，查看系统认盘顺序。

3.5.3. 测试结果

测试配置每 4 个盘间隔 1s 启动，盘按照预期启动，且在系统上认盘正常。

```
16:54:12] [Recv]: default sas phyid:04 phy_spinup01
16:54:12] [Recv]: default sas phyid:05 phy_spinup01
16:54:12] [Recv]: default sas phyid:06 phy_spinup01
16:54:12] [Recv]: default sas phyid:07 phy_spinup01
16:54:13] [Recv]: default sas phyid:0C phy_spinup01
16:54:13] [Recv]: default sas phyid:0D phy_spinup01
16:54:13] [Recv]: default sas phyid:0E phy_spinup01
16:54:13] [Recv]: default sas phyid:0F phy_spinup01
16:54:14] [Recv]: default sas phyid:10 phy_spinup01
16:54:14] [Recv]: default sas phyid:11 phy_spinup01
16:54:14] [Recv]: default sas phyid:12 phy_spinup01
16:54:14] [Recv]: default sas phyid:13 phy_spinup01
16:54:15] [Recv]: default sata phyid:14 phy_spinup01
16:54:15] [Recv]: default sata phyid:15 phy_spinup01
16:54:15] [Recv]: default sata phyid:16 phy_spinup01
16:54:15] [Recv]: sata 14 online
16:54:15] [Recv]: sata 15 online
16:54:15] [Recv]: sata 16 online
16:54:15] [Recv]: sata 17 online
16:54:15] [Recv]: default sata phyid:17 phy_spinup01
16:54:16] [Recv]: default sas phyid:18 phy_spinup01
16:54:16] [Recv]: default sas phyid:19 phy_spinup01
16:54:16] [Recv]: default sas phyid:1A phy_spinup01
16:54:16] [Recv]: default sas phyid:1B phy_spinup01
16:54:17] [Recv]: default sas phyid:1C phy_spinup01
16:54:17] [Recv]: default sas phyid:1D phy_spinup01
16:54:17] [Recv]: default sas phyid:1E phy_spinup01
16:54:17] [Recv]: default sas phyid:1F phy_spinup01
16:54:18] [Recv]: default sas phyid:20 phy_spinup01
16:54:18] [Recv]: default sas phyid:21 phy_spinup01
16:54:18] [Recv]: default sas phyid:22 phy_spinup01
16:54:18] [Recv]: default sas phyid:23 phy_spinup01
```

图 7 Spin-up 功能测试

3.5.4. 测试结论

- HL7721 支持 Spin-up 功能。

3.6. SAS 地址配置

3.6.1. 测试目的

确认 HL7721 支持 PHY 更改地址，且在工作中不会发生变化。

3.6.2. 测试方法

- (1) 按一级级联方式组建测试环境，串口连接 Snowyowl 工具，确认成功连接且正常读取信息。
- (2) 点击 Init String Editor—Read Part Info 读取信息；展开 device_address_config，修改 sas_base_addr 地址；修改完成后点击 Write Part Info 写入地址。
- (3) 读取信息，确认 SAS 地址成功修改。
- (4) 设置 HL7721 速率，确认 SAS 地址未发生变化。

3.6.3. 测试结果

- (1) 更改 SAS 地址为 0x5101010080520100，提示成功。

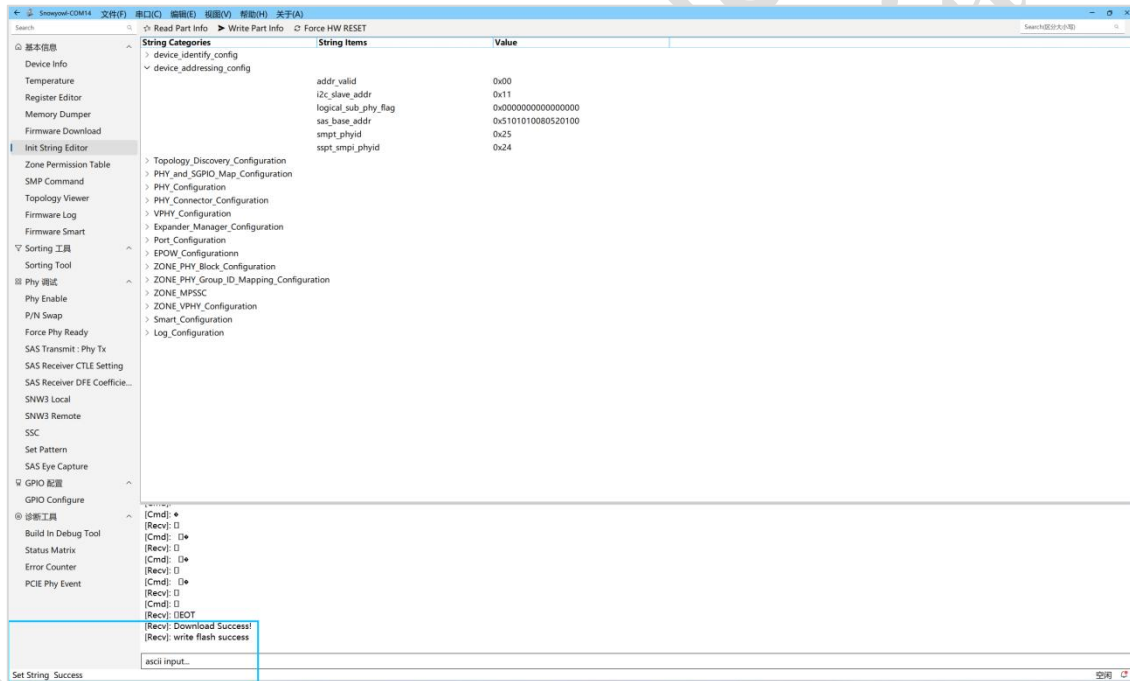


图 8 配置 SAS 地址提示成功

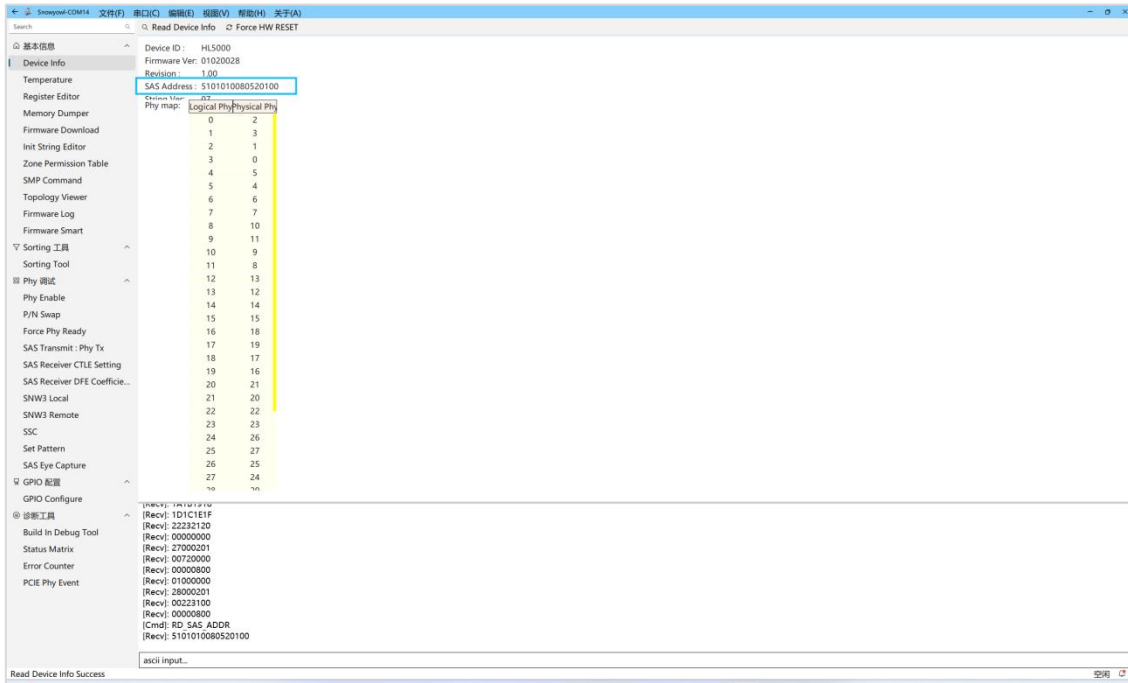


图 9 配置 SAS 地址后读取确认成功

(2) 修改 HL7721 端口速率、运行 IO 业务，查询并确认 SAS 地址不变。

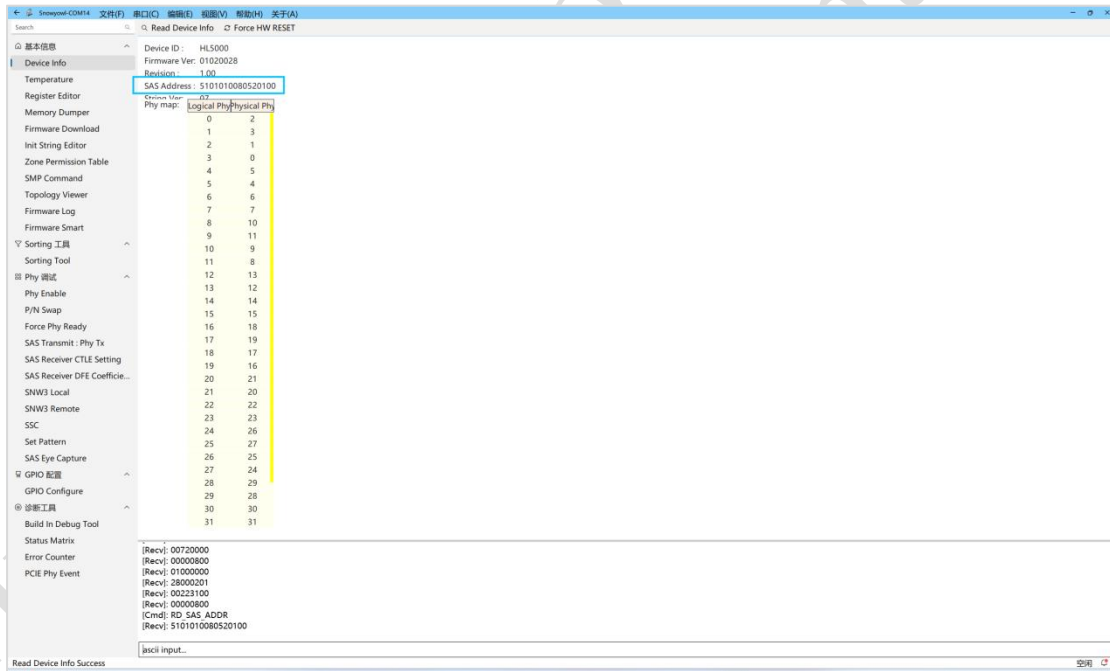


图 3 业务过程中地址保持不变

3.6.4. 测试结论

- HL7721 支持修改 SAS 地址，且在工作过程中保持不变。

4. 性能测试

4.1. 一级传输性能测试

4.1.1. 测试目的

评估 HL7721 挂载硬盘的工作性能表现。

4.1.2. 测试方法

- (1) DUT 连接存储控制卡（LSI 9400-8i, ×8），DUT 挂载同型号硬盘 20pcs（SATA SSD: SAMSUNG MZ7LH480HAHQ; SAS SSD: KIOXIA KPM61RUG1T92）。
- (2) 使用性能测试工具 FIO 遍历所有硬盘，记录硬盘在各业务模型下的传输带宽。

注：随机读写：Block Size 为 8K，IODEPTH 为 32；顺序读写：Block Size 为 256K，IODEPTH 为 16。

4.1.3. 测试结果

Mem	Topology	一级					
	Disk	SAS SSD			SATA SSD		
	DUT	EVB 板		竞品	EVB 板		竞品
	Mode	SEM OFF	SEM ON	OFF	SEM OFF	SEM ON	OFF
Transaction	RR (KIOPS)	896.3	902.4	852.7	367.5	614.3	339.6
	RW (KIOPS)	754.1	736.1	750.4	325.9	535.1	290.0
	SR (MiB/s)	7144	7138	7145	4208	6411	4129
	SW (MiB/s)	6887	6824	6908	3723	6095	3444

表 4 一级级联传输性能测试结果

4.1.4. 测试结论

- HL7721 开启 SEM 后，SATA SSD 读写性能有较大提升、约 50%以上，SAS SSD 影响不大。
- 关闭 SEM 情况下，HL7721 总体读写性能略优于竞品。

4.2. 二级级联传输性能测试

4.2.1. 测试目的

评估 HL7721 级联模式下挂载硬盘的工作性能表现。

4.2.2. 测试方法

- (1) 一张扩展卡连接存储控制卡（LSI 9400-8i, ×8）不接盘，另一张扩展卡（DUT）与第一张扩展卡级联（×8），DUT 扩展卡挂载同型号硬盘 20pcs（SATA SSD: SAMSUNG MZ7LH480HAHQ; SAS SSD: KIOXIA KPM61RUG1T92）。
- (2) 使用性能测试工具 FIO 遍历所有硬盘，记录硬盘在各业务模型下的传输带宽。

注：随机读写：Block Size 为 8K，IODEPTH 为 32；顺序读写：Block Size 为 256K，IODEPTH 为 16。

4.2.3. 测试结果

Mem	Topology	二级					
	Disk	SAS SSD			SATA SSD		
	DUT	EVB 板		竞品	EVB 板		竞品
	Mode	SEM OFF	SEM ON	OFF	SEM OFF	SEM ON	OFF
Transaction	RR (KIOPS)	826.6	901.8	760.9	324.1	522.7	280.0
	RW (KIOPS)	707.5	791.5	570.1	272.6	412.0	228.4
	SR (MiB/s)	7141	7139	7140	4086	6398	3948
	SW (MiB/s)	6925	6839	6745	3536	5572	3136

表 5 二级级联传输性能测试结果

4.2.4. 测试结论

硬盘读写性能方面，

- HL7721 开启 SEM 后，SATA SSD 读写性能有较大提升、约 50%以上，SAS SSD 影响不大。
- 关闭 SEM 情况下，HL7721 总体读写性能略优于竞品。

4.3. 一级时延性能测试

4.3.1. 测试目的

评估 HL7721 时延性能表现。

4.3.2. 测试方法

- (1) DUT 连接存储控制卡（LSI 9400-8i，×8），DUT 挂载同型号硬盘 20 个（SATA SSD：SAMSUNG MZ7LH480HAHQ；SAS SSD：KIOXIA KPM61RUG1T92）。
- (2) 使用性能测试工具 FIO 遍历所有硬盘，记录硬盘在各业务模型下的时延性能。

4.3.3. 测试结果

Mem	Topology	一级					
	Disk	SAS SSD			SATA SSD		
	DUT	EVB 板		竞品	EVB 板		竞品
	Mode	SEM OFF	SEM ON	OFF	SEM OFF	SEM ON	OFF
Latency	RR (us)	76.23	98.63	75.40	111.99	116.80	112.47
	RW (us)	34.30	47.17	36.07	60.87	50.23	70.98

表 6 一级级联随机读写时延性能测试结果

4.3.4. 测试结论

- 时延性能方面，HL7721 较竞品总体上较优。

4.4. 二级级联时延性能测试

4.4.1. 测试目的

评估 HL7721 在级联模式下的时延性能表现。

4.4.2. 测试方法

- (1) 一张扩展卡连接存储控制卡（×8）不接盘，另一张扩展卡（DUT）与第一张扩展卡级联（×8），DUT 扩展卡挂载同型号硬盘 20 个（SATA SSD: SAMSUNG MZ7LH480HAHQ; SAS SSD: KIOXIA KPM61RUG1T92）。
- (2) 使用性能测试工具 FIO 遍历所有硬盘，记录硬盘在各业务模型下的时延性能。

4.4.3. 测试结果

Mem	Topology	二级					
	Disk	SAS SSD			SATA SSD		
	DUT	EVB 板		竞品	EVB 板		竞品
	Mode	SEM OFF	SEM ON	OFF	SEM OFF	SEM ON	OFF
Latency	RR(us)	77.76	98.66	76.87	113.80	116.13	116.55
	RW(us)	40.11	50.00	40.94	77.60	55.86	96.70

表 7 二级级联随机读写时延性能测试结果（单位：us）

4.4.4. 测试结论

- 时延性能方面，HL7721 较竞品总体上较优。

4.5. 工作功耗测试

4.5.1. 测试目的

评估 HL7721 EVB 板在不同工作状态下的整体功耗表现。

4.5.2. 测试方法

- (1) 高精度电流表串联 DUT，记录以下不同工作状态下的电流数值：
 - DUT 上行口连接 HBA 卡（×4），DUT 上电接 1/4/12/24/28 盘，读写操作 5 分钟。
 - DUT 上行口连接 HBA 卡（×8），DUT 上电接 1/4/12/24/28 盘，读写操作 5 分钟。

4.5.3. 测试结果

上行接口	下行接口	操作	EVB 板		竞品		功耗 VS
			电流 (mA)	功耗 (W)	电流 (mA)	功耗 (W)	
HBA×4	DISK*1	读写五分钟	636	7.632	531	6.372	19.78%
	DISK*4	读写五分钟	663	7.956	630	7.56	5.29%
	DISK*12	读写五分钟	720	8.64	848	10.176	-15.13%
	DISK*24	读写五分钟	807	9.684	1310	15.72	-38.42%
	DISK*28	读写五分钟	836	10.032	1330	15.96	-37.16%
HBA×8	DISK*1	读写五分钟	677	8.124	616	7.392	9.88%
	DISK*4	读写五分钟	699	8.388	710	8.52	-1.53%
	DISK*12	读写五分钟	763	9.156	957	11.484	-20.21%
	DISK*24	读写五分钟	849	10.188	1440	17.28	-41.03%
	DISK*28	读写五分钟	874	10.488	1560	18.72	-43.96%

表 8 工作功耗测试结果

4.5.4. 测试结论

HL7721 固件版本在未启用节能特性（未连接设备时自动关闭 PHY）情况下，

- 在硬盘数量大于 12 时，EVB 板功耗优于竞品。

5. 兼容性测试

5.1. RAID 卡兼容性测试

5.1.1. 测试目的

确认 HL7721 与市场常见 RAID 卡型号的可连接性。

5.1.2. 测试方法

- (1) 测试平台安装 RAID 卡，上电确认 RAID 卡可正常识别。
- (2) 按直连方式（一级级联）搭建测试环境，确认 EVB 板、硬盘可正式识别。
- (3) 确认 EVB 板支持硬盘读写、RESET 等基本功能操作。
- (4) 按二级级联方式搭建测试环境，重复步骤（2）、（3）。
- (5) 更换 RAID 卡，重复步骤（1）~（4）。

5.1.3. 测试结果

测试环境	测试项	LSI 9361-8i	LSI 9540-8i	LSI 9560-8i	LSI 9670W-16i	PMC 8204	Inspire Raid PM8222
一级级联	扩展卡识别	P	P	P	P	P	P
	硬盘识别	P	P	P	P	P	P
	上行端口插拔	P	P	P	P	P	P
	硬盘读写	P	P	P	P	P	P
二级级联	扩展卡识别	P	P	P	P	P	P
	硬盘识别	P	P	P	P	P	P
	上行端口插拔	P	P	P	P	P	P
	级联端口插拔	P	P	P	P	P	P
	硬盘读写	P	P	P	P	P	P

表 9 RAID 卡兼容性测试结果

注：插拔次数为 10 次，硬盘读写时间为 5 分钟。

5.1.4. 测试结论

- HL7721 兼容以上 RAID 卡型号。

5.2. HBA 卡兼容性测试

5.2.1. 测试目的

确认 HL7721 与市场常见 HBA 卡型号的可连接性。

5.2.2. 测试方法

- (1) 测试平台安装 HBA 卡，上电确认 HBA 卡可正常识别。
- (2) 按直连方式（一级级联）搭建测试环境，确认 EVB 板、硬盘可正式识别。
- (3) 确认 EVB 板支持硬盘读写、RESET 等基本功能操作。

(4) 按二级级联方式搭建测试环境，重复步骤（2）、（3）。

(5) 更换 HBA 卡，重复步骤（1）~（4）。

5.2.3. 测试结果

测试环境	测试项目	LSI 9211-8i	LSI 9300-8i	LSI 9305-8i	LSI 9311-8i	LSI 9400-8i	LSI 9500-8i
一级级联	扩展卡识别	P	P	P	P	P	P
	硬盘识别	P	P	P	P	P	P
	上行端口插拔	P	P	P	P	P	P
	硬盘读写	P	P	P	P	P	P
	硬盘读写+RESET	P	P	P	P	P	P
二级级联	扩展卡识别	P	P	P	P	P	P
	硬盘识别	P	P	P	P	P	P
	上行端口插拔	P	P	P	P	P	P
	级联端口插拔	P	P	P	P	P	P
	硬盘读写	P	P	P	P	P	P
	硬盘读写+RESET	P	P	P	P	P	P

表 10 HBA 卡兼容性测试结果

注：插拔次数为 10 次，硬盘读写时间为 5 分钟。

5.2.4. 测试结论

- HL7721 兼容以上 HBA 卡型号。

5.3. SAS Expander 兼容性测试

5.3.1. 测试目的

确认 HL7721 与市场常见 SAS 扩展卡的可连接性（级联）。

5.3.2. 测试方法

- (1) 测试平台安装 HBA 卡及第三方扩展卡，上电确认 HBA 卡、扩展卡可正常识别。
- (2) 按 HBA+HL7721+竞品+HL7721 方式组建测试环境，确认板卡、硬盘可正常识别。
- (3) 插拔级联线缆，确认板卡、硬盘可正常识别。
- (4) 确认硬盘读写、RESET 等操作可正常完成。
- (5) 更改测试环境，重复步骤（2）~（4）。

5.3.3. 测试结果

测试项目	竞品 +HL7721 +竞品	竞品+ 竞品+ HL7721	竞品 +HL7721*3	竞品 +HL7721*5	竞品 +HL7721*7	HL7721 +竞品 +HL7721	HL7721*2 +竞品	HL7721*2 +竞品 +HL7721	HL7721*2 +竞品 +HL7721*2	HL7721*3 +竞品	HL7721*3 +竞品 +HL7721	HL7721*7 +竞品 +HL7721	HL7721*8 +竞品
板卡识别	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
硬盘识别	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
硬盘读写	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
硬盘读写+RESET	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
插拔第一级上行端口	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
插拔第二级级联端口	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
插拔任意一级级联端口	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

表 11 SAS Expander 兼容性测试结果

注：插拔次数为 10 次，硬盘读写时间为 5 分钟。

5.3.4. 测试结论

- HL7721 兼容竞品级联。

5.4. 硬盘兼容性测试

5.4.1. 测试目的

确认 HL7721 与市场常见硬盘型号的可连接性。

5.4.2. 测试方法

- (1) 测试平台安装 HBA 卡、EVB 板，确认板卡可正常识别。
- (2) 关闭 SEM 功能。
- (3) 插入硬盘，确认硬盘可正常识别，确认协商速率与硬盘标称一致。
- (4) 插拔硬盘，重复步骤（2）。
- (5) 确认系统下支持分区及 FIO 操作。
- (6) 开启 SEM 功能，重复（3）~（5）。
- (7) 更换硬盘型号，重复步骤（2）~（5）。

5.4.3. 测试结果

接口	类型	厂商	型号	容量	速率	SEM OFF				SEM ON			
						硬盘识别	硬盘插拔	分区	FIO	硬盘识别	硬盘插拔	分区	FIO
SAS	SSD	SEAGATE	ST1800MM0129	1.8T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		HGST	SXHLLL	800G	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		HGST	HUSMM3240ASS201	400G	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	AL15SEB060N	600G	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	AL15SEB12EQ	1.2T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	AL15SEB18EQ	1.8T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	WUSTR1596ASS204	960G	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		KIOXIA	KPM61RUG1T92	1.92T	24Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		DELL	KPM6XRUG1T92	1.92T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		DELL	ST600MM0238	600G	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
	HDD	Samsung	MZ-ILG3T80	3.84T	24Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Samsung	MZILT960HBHQ	960G	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST6000NM020B	6T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST14000NM002G	14T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST8000NM001A	8T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST14000NM002G	14T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST10000NM0188	10T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST1000MM0023	1T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST4000NM003A	4T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST33000650SS	3T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	WUH721816AL5204	16T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	WUS721010AL5204	10T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	HUS728T8TAL5204	8T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	HUS726T4TAL5204	4T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG03SCA100	1T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG08SCA16TE	16T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG08SDA800E	8T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG08SDA600E	6T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG07SCA14TE	14T	12Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
SATA	SSD	SAGE	TC810	256G	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SAGE	TE820	960G	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Samsung	S45PNC0TA05267	480G	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		INTEL	BTYI3171000Q480BGN	480G	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
	HDD	SEAGATE	W2AYLTBW	500G	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST16000NM001G	16T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST14000NM001G	14T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST10000NM001G	10T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST8000NM000A	8T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		SEAGATE	ST12000NM001G	12T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	WCC2EUJ08801	500G	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	HUS728T8TALE6L4	8T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	WUS721010ALE6L4	10T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	WUH721414ALE6L4	14T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	WUH721818ALE6L4	18T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		Western Digital	HUS726T6TALE6L4	6T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG08ACA16TE	16T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG07ACA14TE	14T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG06ACA10TE	10T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MG07ACA12TE	12T	6Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		TOSHIBA	MK1655GSX	160G	3Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		HITACHI	HTS543225L9A300	300G	3Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		HITACHI	HTS545016B9A300	160G	3Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		FUJITSU	MHZ2160BH	160G	3Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P
		FUJITSU	MJA2250BH	250G	3Gbps	P	P	P	P	P	P	P	P

表 12 硬盘兼容性测试结果

5.4.4. 测试结论

- HL7721 兼容以上测试硬盘型号，可纳入 HL7721 产品硬盘兼容性列表。

6. 可靠性测试

6.1. 存储控制卡热插拔测试

6.1.1. 测试目的

评估 HL7721 在正常工作过程中遇控制卡（HBA）与扩展卡间线缆插拔异常操作前后的系统状态。

6.1.2. 测试方法

- (1) 按一级级联方式搭建测试环境：HBA（×4）+EVB 板+硬盘（SAS SSD、SAS HDD、SATA SSD 和 SATA HDD 各一），确认系统工作正常。
- (2) 连接 HBA 和 EVB 板间线缆，确认系统可正常识别 HBA、EVB 板及硬盘，以及各硬盘协商速率正常。
注：EVB 板有两个端口为 8644、默认为上行口，EVB 板剩余七个端口为 8643、默认为下行口
- (3) 拔除 HBA 和 EVB 板间线缆，确认系统可正常识别 HBA，无 EVB 板及相关硬盘信息。
- (4) 重复步骤（2）、（3）10 次。
- (5) 更换遍历 EVB 板所有端口，重复步骤（2）~（4）。
- (6) 更换上行口连接线缆长度（1m、3m、5m），重复步骤（2）~（4）。

6.1.3. 测试结果

接口类型	线缆长度 (m)	硬盘识别	速率协商	测试结果
SFF-8643	1	P	P	通过
	1	P	P	通过
	1	P	P	通过
	1	P	P	通过
	1	P	P	通过
	1	P	P	通过
	1	P	P	通过
SFF-8644	1	P	P	通过
	3	P	P	通过
	5	P	P	通过

表 13 存储控制卡热插拔测试结果

注：SFF-8643 对应端口为 1、3、4、5、7、8；SFF-8644 对应端口为 0、2。

6.1.4. 测试结论

- 存储控制热插拔测试覆盖 EVB 板所有端口（×4），热插拔 10 次，系统均可维持正常工作、正常识别硬盘，且速率协商一致。
- HL7721 支持存储控制和扩展卡之间线缆热插拔操作。

6.2. 级联扩展卡热插拔测试

6.2.1. 测试目的

评估 HL7721 在正常工作过程中遇控制卡（HBA）与扩展卡间线缆插拔异常操作前后的系统状态。

6.2.2. 测试方法

- (1) 按二级级联方式搭建测试环境：HBA（×4）+EVB 板 1+EVB 板 2，EVB 板 2 连接硬盘（SAS SSD、SAS HDD、SATA SSD 和 SATA HDD 各一），确认系统工作正常。
- (2) 连接 EVB 板 1、2 间线缆，确认系统可正常识别 HBA、EVB 板（1、2）及硬盘，以及各硬盘协商速率正常。
- (3) 拔除 EVB 板 1、2 间线缆，确认系统可正常识别 HBA 和 EVB 板 1，没有 EVB 板 2 和硬盘信息。
- (4) 重复步骤（2）、（3）10 次。
- (5) 随机更改 EVB 板 1、2 端口，重复步骤（2）~（4）。
- (6) 更换上行口连接线缆长度（1m、3m、5m、7m），重复步骤（2）~（4）。

6.2.3. 测试结果

接口类型	线缆长度 (m)	PHY#	硬盘识别	速率协商	测试结果
SFF-8643	1	4	P	P	通过
	1	4	P	P	通过
	3	4	P	P	通过
	5	4	P	P	通过

表 14 级联扩展卡热插拔测试结果

6.2.4. 测试结论

- 扩展卡级联热插拔测试覆盖 EVB 板端口（×4），热插拔 10 次，系统均可维持正常工作、正常识别硬盘，且速率协商一致。
- HL7721 支持级联扩展卡间线缆热插拔操作。

6.3. 硬盘热插拔测试

6.3.1. 测试目的

评估 HL7721 在正常工作过程中遇插拔硬盘异常操作前后的系统状态。

6.3.2. 测试方法

- (1) 按一级级联方式搭建测试环境，确认系统工作正常。
- (2) 插入硬盘，确认硬盘是否正常识别，以及协商速率是否与规格一致。
- (3) 拔除硬盘，确认系统中是否正常剔除硬盘信息。
- (4) 重复步骤（2）~（3）30 次。
- (5) 更换硬盘，重复步骤（2）~（4）。

6.3.3. 测试结果

硬盘类型	硬盘型号	速率	硬盘识别	协商速率	测试结果	备注
SAS SSD	SAMSUNG PM1643A	12Gbps	P	P	通过	30次
SAS HDD	SEAGATE ST4000NM001B	12Gbps	P	P	通过	30次
SATA SSD	Intel S4520	6Gbps	P	P	通过	30次
SATA HDD	SEAGATE ST16000NM001G	6Gbps	P	P	通过	30次
SATA HDD	SEAGATE ST16000NM000J	6Gbps	P	P	通过	30次
SATA HDD	Western Digital WD5003ABYX	3Gbps	P	P	通过	30次

表 15 硬盘热插拔测试结果

6.3.4. 测试结论

- 硬盘热插拔测试覆盖 SAS SSD、SAS HDD、SATA SSD 和 SATA HDD 等常见硬盘型号，热插拔次数 30 次，系统均可正常识别硬盘，且速率协商一致。
- HL7721 支持 SAS SSD、SAS HDD、SATA SSD 和 SATA HDD 硬盘类型进行热插拔操作。

6.4. 长期工作稳定性测试

6.4.1. 测试目的

确认 HL7721 长期工作的稳定状态。

6.4.2. 测试方法

- (1) 按常见的三级和四级拓扑方式搭建测试环境，上电确认系统工作正常，开启 LOG 信息收集功能。
- (2) 开启 IO 读写业务，不定期查看系统运行状态。
- (3) 运行周期结束后，汇总并查看 LOG 信息是否有异常信息。

6.4.3. 测试结果

测试线	1#	7#
平台型号	Intel Xeon Silver 4310	Intel Xeon Silver 4310
级联数	3	4
硬盘类型	SAS/SATA	SATA
硬盘数量	40	40
IO+SEM OFF ; 7*24小时	P	P
IO+SEM ON ; 7*24小时	P	P

图 4 长期工作稳定性测试结果

6.4.4. 测试结论

- 测试专线测试 EVB 板长稳状态，并完成多轮次测试，EVB 板长期工作稳定。

7. 环境测试

7.1. 高低温环境测试

7.1.1. 测试目的

评估 HL7721 EVB 板在高低温环境中的工作性能表现。

7.1.2. 测试方法

- (1) 按一级级联方式搭建测试环境，HBA (×4) + HL7721 EVB 板 + DISK (SAS SSD*12)，HL7721 EVB

板置入高低温箱；上电确认系统正常识别 HBA、EVB 板及硬盘。

- (2) 常温（25℃）下运行 FIO 脚本，记录性能数据。
- (3) 设置高低温箱为低温（0℃），待到达指定温度后、等待 30 分钟；运行 FIO 脚本，记录性能数据。
- (4) 设置高低温箱为高温（70℃），待到达指定温度后、等待 30 分钟；运行 FIO 脚本，记录性能数据。
- (5) 更换 EVB 板，重复（1）~（4）。

7.1.3. 测试结果

DUT	DUT#1			DUT#2		
Temperature	0°C	25°C	70°C	0°C	25°C	70°C
RR (KIOPS)	478	478	478	478	478	478
RW (KIOPS)	186	185	186	187	187	190
SR (MB/s)	4,268	4,268	4,268	4,269	4,270	4,271
SW (MB/s)	2,700	2,688	2,697	2,688	2,688	2,700

表 16 高低温环境测试结果

7.1.4. 测试结论

- 各温度条件下，各 DUT 连接的硬盘性能（RR、RW、SR、SW）表现数据基本一致，DUT 之间亦基本一致。
- DUT 连接的硬盘在各温度条件下，其性能数据稳定、且基本一致。
- HL7721 EVB 板在标称温度条件下可正常工作。

8. 附录

8.1. 操作系统兼容性列表

HL7721 系统测试涉及的操作系统如下表所示。

序号	操 作 系 统
1	Ubuntu 16.04.1 LTS
2	Ubuntu 20.04.1 LTS
3	openEuler 22.03
4	Linux 4.19.90-21.1.ky10.mips64e(mips64)
5	Linux version 4.19.90-21.6.ky10.aarch64
6	Linux version 4.19.91-24.8.el8.ks8.11.*86_64
7	CentOS Linux release 7.9.2009
8	CentOS Linux release 8.5.2111
9	Red Hat Enterprise Linux Server release 8.2
10	Loongnix-Server Linux release 8.4.0
11	Loongnix-Server Linux release 8.4.1
12	linux 4.19.90-21.1.ky10.mips64el(mips64)
13	linux 4.19.90-25.10.v2101.ky10.aarch64
14	银河麒麟操作系统 V10 4.19.90 gcc 7.3.0
15	银河麒麟操作系统 V10 国防版
16	UOS V20 64 位
17	BigCloud Enterprise Linux release 8.2.2107

表 17 操作系统兼容性列表

8.2. CPU 兼容性列表

HL7721 系统测试涉及的 CPU 如下表所示。

序号	CPU
1	Intel Xeon Gold 5318Y
2	Intel Xeon Gold 6338
3	Intel Xeon Silver 4310
4	海光 7285
5	飞腾 FT-2500/128
6	飞腾 FT-2000+/64
7	龙芯 3B4000
8	龙芯 3C5000
9	鲲鹏 920
10	申威 SW3231

表 18 CPU 兼容性列表