HTOOL STB R2

信号完整性测试板

Signal Integrity Test Board R2

产 品 说 明 书

版本 V1.0 | 2026 年 4 月

目录

1. 产品概述
2. 包装清单
3. 技术规格
4. 功能模块详解（4.1–4.3）
5. 注意事项

一、产品概述

HTOOL STB R2（HTOOL Signal Integrity Test Board R2，信号完整性测试板第二版）是一款面向高频硬件工程师、射频工程师、SI/PI 仿真工程师以及高校电子实验室的信号完整性测试板，聚焦于**差分信号完整性**、**过孔换层效应**和**滤波特性**的研究与验证。

本板可完全独立使用——如果您手头已有 VNA 校准件或使用仪器自带校准功能，开箱即可进行差分对混合模式 S 参数提取、参考层切换的阻抗不连续性分析、以及带通滤波器的频域响应验证。

核心功能一览

☑	功能	说明
☑	**差分对带状线**	100Ω 差分阻抗，边缘耦合结构——差分信号完整性核心

☑	**层切换带状线**	过孔换层结构——研究过孔阻抗不连续性
☑	**数字带通滤波器**	频域特性验证——评估滤波器设计与 PCB 工艺影响

💡 **推荐组合**：HTOOL STB R1 + R2 配合使用，可覆盖 SI 测试板的**全部功能。**
HTOOL STB R1 提供校准件和基准传输线，HTOOL STB R2 提供差异化和高级结构。

二、包装清单

序号	物品	数量	备注
1	HTOOL STB R2 主板	1 块	已焊接 SMA 连接器
2	防静电真空包装袋	1 个	银色屏蔽袋
3	干燥剂	1 包	—

三、技术规格

项目	参数
产品型号	HTOOL STB R2

PCB 层数	4 层
PCB 材质	FR-4（TG ≥ 150℃）
PCB 板厚	1.6 mm
表面处理	ENIG（沉金）
端口特性阻抗	50Ω 单端 / 100Ω 差分（受控阻抗设计）
连接器	SMA 母座，边缘安装，镀金触点
板卡尺寸	约 50mm × 50mm

四、功能模块详解

4.1 差分对带状线（Differential Pair）

项目	说明
板载丝印	DIFF PAIR / COUPLER
结构	100Ω 差分阻抗的边缘耦合差分对

SMA 端口	4 个（P+ / P- — 端口 1±；N+ / N- — 端口 2±）
推荐测量	4 端口 VNA 直接测量；或 2 端口 VNA 分次测量+后处理

混合模式 S 参数（Mixed-Mode S-Parameters）：

参数	含义	期望值
Sdd11	差模回波损耗	< -15dB
Sdd21	差模插入损耗	平滑衰减，无谐振
Scc11	共模回波损耗	通常较差（共模阻抗不匹配）
Scd21 / Sdc21	模式转换（差→共 / 共→差）	< -20dB（越小越好）

4.2 参考层切换带状线（Layer-Change Stripline）

项目	说明
板载丝印	LAYER CHANGE
结构	带状线通过过孔切换参考层

SMA 端口	4 个

两种回流路径，地过孔直接连接各层 GND，电容提供 AC 耦合路径。

当高速信号通过**过孔（Via）**切换参考层时，产生阻抗不连续性，引发信号反射和额外损耗。

测量方法：① S11——与 STB R1 单端带状线基准对比，应观察到更大的回波损耗；② S21——观察过孔带来的额外衰减；③ **TDR 分析**（推荐）——通过 IFFT 变换观察过孔处的阻抗跳变位置和幅度。

4.3 数字带通滤波器（Digital Bandpass Filter）

项目	**说明**
板载丝印	BANDPASS
结构	基于微带/带状线的分布式带通滤波器
SMA 端口	2 个

测量	**方法**	**期望**
S21（传输）	宽带扫频	通带 S21≈0dB，阻带明显衰减
S11（回损）	宽带扫频	通带 S11<-10dB（匹配），阻带 S11≈0dB（全反射）

板上丝印标注的 3.5–4 GHz 为原参考设计叠构下的设计目标值；因本批 PCB 的板厂叠层结构与原设计存在差异，实际滤波通带偏移至 3–3.6 GHz，具体频响以实测 S 参数为准。

应用：验证滤波器设计、评估 PCB 制程公差对频域响应的影响、对比仿真与实测。

五、注意事项

5.1 静电防护（ESD）

- 操作前触摸接地金属放电，建议佩戴防静电手环
- 勿用手触摸 SMA 中心针

5.2 SMA 操作规范

操作	☑ 正确	✕ 错误
旋入	对准螺纹，手指轻旋	强行拧入
紧固	扭矩扳手 0.8~1.1 N·m	扳手暴力拧死
拔出	完全松开后轴向拔出	斜向/晃动拔出

5.3 差分对测量特别提醒

- 2 端口 VNA 测差分对时，**所有未使用的 SMA 端口必须接 50Ω 终端负载**
- 4 端口 VNA 使用前需做完整的 4 端口校准
- 差分测量对电缆相位一致性要求高，尽量使用相位匹配电缆对

5.4 存储与保养

- 不使用时放入防静电袋密封保存，加干燥剂

- 存放于常温干燥环境，避免 SMA 连接器氧化