

## 一文学会 USB 2.0 协议一致性分析

Copyright © 2019 Siglent Technologies, All Rights Reserved

访问 [www.siglent.com](http://www.siglent.com) 获得更多鼎阳仪器信息

联系鼎阳: [market@siglent.com](mailto:market@siglent.com) 或 拨打免费电话 400-878-0807

## 一、关于 USB2.0 协议一致性分析

### 1、USB2.0 概念

USB2.0 ( Universal Serial Bus2.0, 通用串行总线 ) 是一种采用 4 线系统的高速数据传输技术。它的传输速度很快, 最高可达 480 Mb/s, 理论速率可达 60 MB/s, 因传输速率高, 支持热插拔、易于扩展、供电简单、兼容性好等因素广泛应用于计算机相关领域。



### 2、USB2.0 组成

根据上文所述, USB2.0 采用了 4 线系统, 而这四线分别是: D+、D-差分信号线, VBUS 和 GND 地线。



而 USB2.0 的版本也分为低速 (LS), 全速 (FS), 高速 (HS) 三种, 高速能向下兼容低速、全速, 低速和全速也能向上兼容高速, 但无法实现高速传输能力, 会自动以低速一方的速率进行数据传输。

USB版本	传输速率 (bit)	理论速率 (Byte)	上升时间	应用
低速 (LS)	1.5 Mb/s	0.1875 MB/s	75 ns - 300 ns	键盘、鼠标
全速 (FS)	12 Mb/s	1.5 MB/s	4 ns -20 ns	电话、音频设备
高速 (HS)	480 Mb/s	60 MB/s	500 ps	数码相机、移动硬盘

### 3、USB2.0 系统组成

USB2.0 系统由主机（Host）、集线器（Hub）和功能设备（Device）组成。

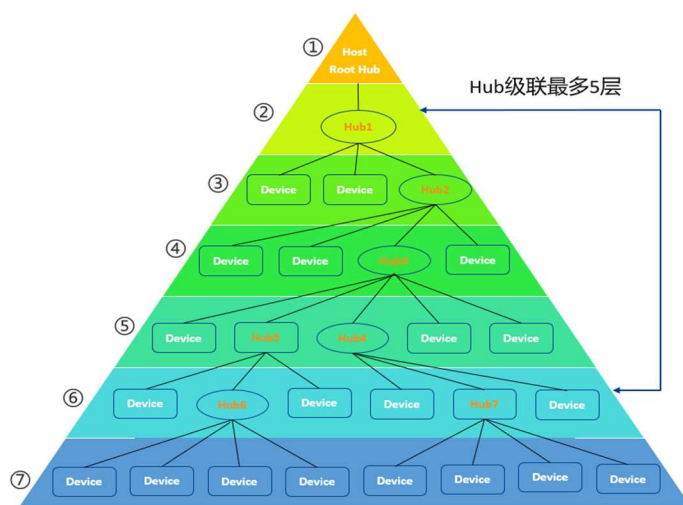
- 主机 Host :提供 USB 接口及接口管理能力的硬件、软件及固件的复合体，可以是 PC，也可以是 OTG 设备。USB 主机发送给 USB 设备的数据传输称为下行通信，USB 设备发送给 USB 主机的数据传输称为上行通信。
- 集线器 Hub :提供更多连接点和低成本、低复杂度的 USB 接口拓展方法，共享带宽。集线器既可以用来连接主机，也能连接设备，连接主机的端口叫上行端口，连接设备的端口叫下行端口。可以检测每个下行端口的连接和移除，可以让每个端口工作在不同速度等级。
- 功能设备 Device:为系统提供具体功能，如 ISDN 的连接，数字的游戏杆或扬声器。

#### 下行通信



#### 上行通信

USB 系统整体呈分层星状拓扑结构，有且仅有一个 USB 主机控制器，主机端提供 USB 根集线器，可外接 USB 外设与集线器，且 Hub 拓扑关系最大深度为 7。由此可以得到，总线理论上最高可允许连接 27 个设备，即 127 个用户设备+1 个主机设备，并允许控制传输、批量传输、同步传输、中端传输等 4 种传输模式。



## 二、USB2.0 一致性测试意义

为了解决各设备之间的物理层和协议层的兼容性和分歧,USB-IF (负责 USB 协议标准化的组织)制定了一个统一的标准化的衡量方法来评估各设备的信号质量,这个方法就是 USB2.0 一致性测试。USB2.0 产品必须通过这个测试才能保证设备间的互操作性,这是包含 USB 接口的设备生产商保障产品质量和可靠性的必要步骤。

使用 USB2.0 一致性分析软件能够省略麻烦耗时的手动示波器设置、光标放置及与 USB2.0 规范比较测试结果的过程,帮助工程师们快速得到结果,提高操作效率。

### 1、测试准备

#### 夹具

- ★ USB2.0 电气一致性测试夹具,引导设备和集线器进入相关测试状态,并提供测试点。

#### 仪器

- ★ 示波器: 带宽 > 2 GHz, USB2.0 协议一致性分析
- ★ 信号源: 仅用于高速触发器灵敏度
- ★ 计算机: 安装 USBHSET, 用于高速主机测试

#### 线缆

- ★ SMA 线缆: 用于高速信号质量、无驱动电平测试
- ★ 集线器: 经过认证的自供电高速集线器
- ★ 5 米长 Type-A 转 Type-B 的 USB 线缆
- ★ 1 米长 Type-A 转 Type-B 的 USB 线缆

#### 探头

- ★ 差分探头: 2 GHz 以上, 用于高速测试
- ★ 单端探头: 2 GHz 以上, 用于高速/全速/低速测试
- ★ 低带宽探头: 500 MHz 以下, 用于全速/低速测试
- ★ 电流探头: 仅用于上行端口的浪涌电流测试

### 2、鼎阳具有



#### FX-USB2

信号板 (USBTF\_SQ), 负载板 (USBTF\_R),  
2\*SMA线缆, 2\*BNC-SMA转接头,  
2\*短的Type-A转Type-B线缆,  
2\*1米Type-A转Type-B线缆



### 差分探头SAP5000D

探头带宽 5 GHz, SAPBus接口



### SDS7000A

4 GHz带宽, 20 GSa/s采样率,  
1 Gpts/ch存储深度,  
具有USB2.0一致性分析选件



### 单端探头SAP2500

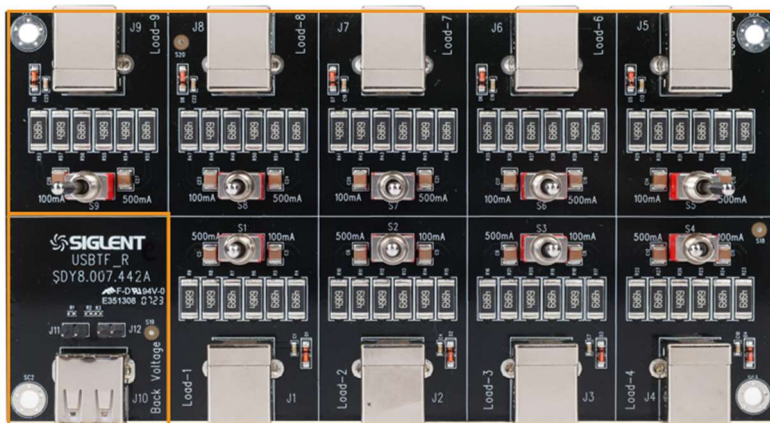
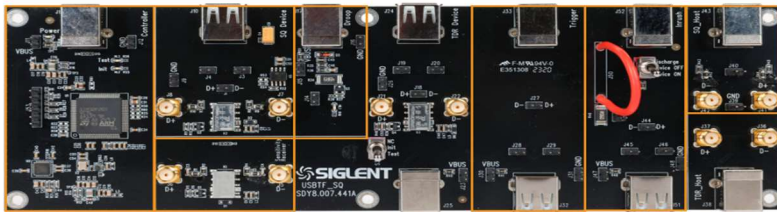
探头带宽 2.5 GHz, SAPBus接口



### 电流探头CP4000/CP6000系列

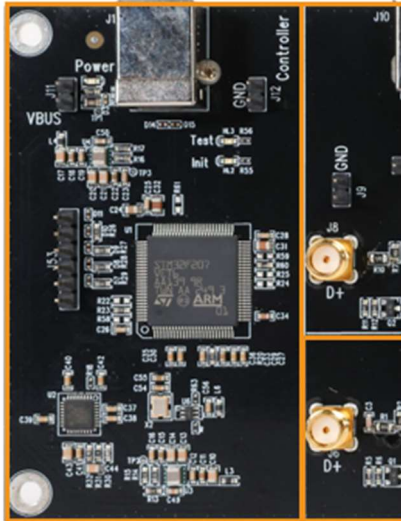
详情查看官网《探头数据手册》

## 3、USB2.0 协议一致性测试夹具一览



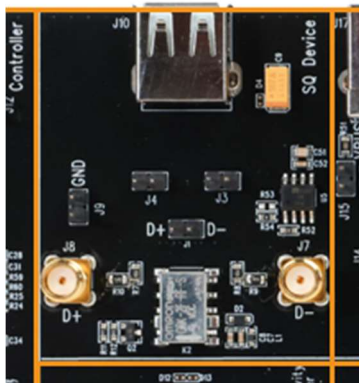
- Controller

在设备与集线器测试中，控制设备或集线器进入测试模式、复位、挂起等状态，同时是整个夹具的供电端口。



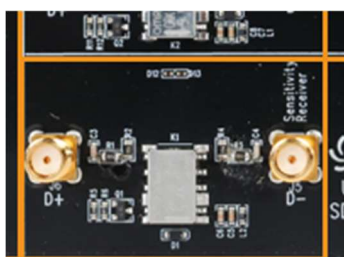
- SQ Device

上行端口的高速信号质量、包参数、挂起、复位、无驱动 J/K 电压测试模块。



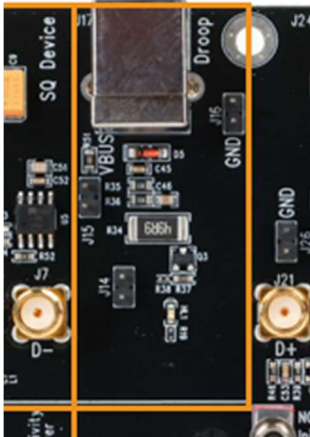
- Sensitivity Receiver

上行端口触发机灵敏度测试中，外部信号输入点。



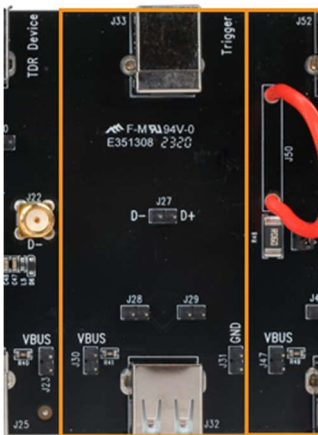
- Droop

为下行端口 VBus 瞬态跌落提供 100mA 动态负载。



- Trigger

为下行端口包参数、挂起、复位、中继、全速、低速、VBus 跌落提供测试点。



- Inrush

上行端口浪涌电流测试模块，并且辅助 Trigger 模块完成全速、低速测试



- BackVoltage

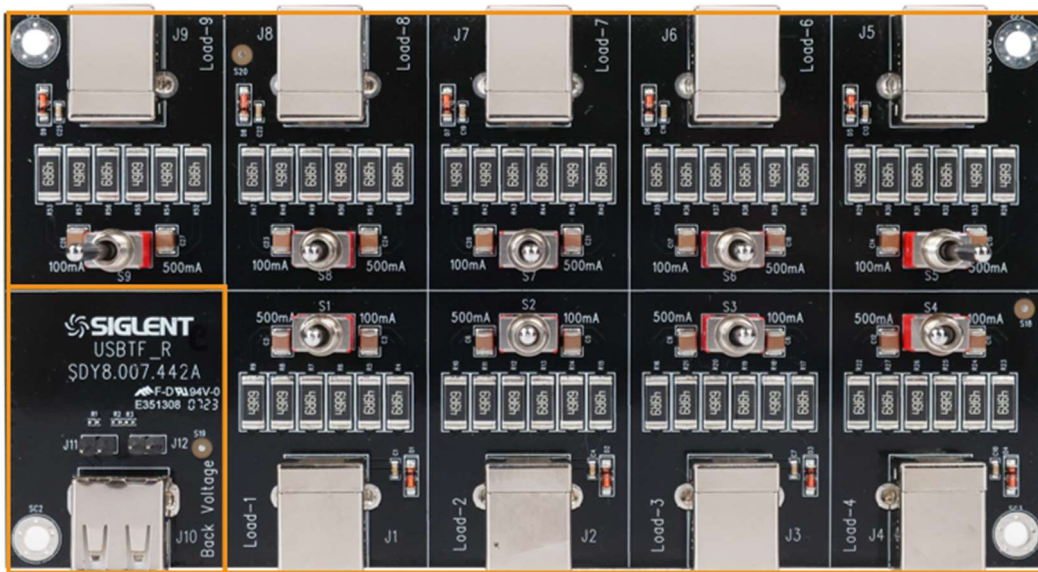
用于上行端口的背板电压测试



- 9 个 100mA/500mA 负载

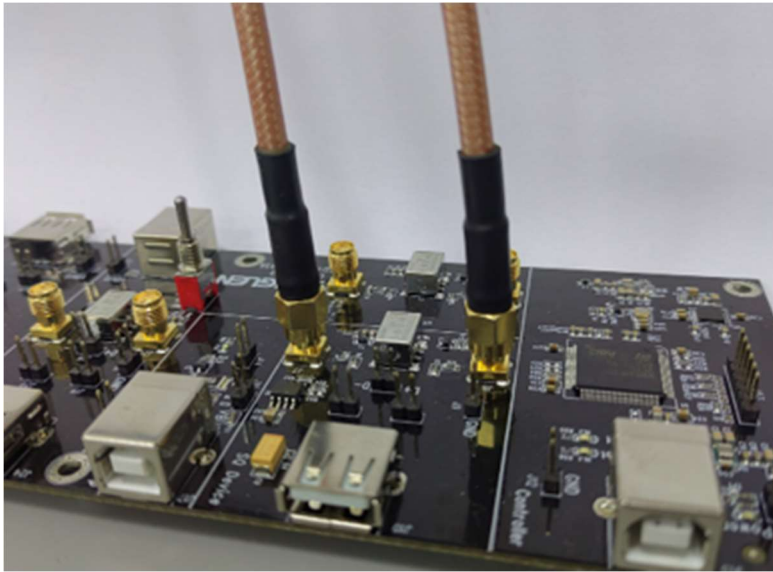
9 个由扭子开关控制的 100mA/500mA 负载

用于 VBus 跌落和 VBus 瞬态跌落测试

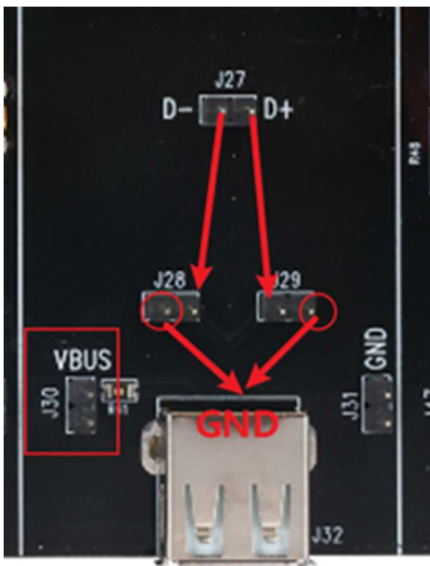




#### 4、测试位点



**SMA 接口：**信号板上的 SMA 接口，其通过阻抗匹配网络与 D+、D-相连，外部再通过 SMA 线缆与示波器相连，完成信号质量的测试。



**测试探针：**分别置于 D+、D-、VBus 中。

J27 连接 D+、D-，为差分探头提供测试点，J28 连接 D-的同时，预留了一个 GND 接地点，方便单端探头的连接 ØJ30 连接了 VBus，方便测量其电压

### 三、USB2.0 协议一致性分析选件操作

#### 1、打开功能

SDS7000A 提供 USB 2.0 一致性测试功能，如果您需要使用相关功能，您可以点击顶部菜单分析 → 一致性测试 → 协议类型选择 USB2.0 → 点击 ON，即可打开一致性测试功能。一致性分析功能可以分为

三大部分：测试项配置、结果查看、报告生成设置。



## 2、设置功能

- 提供配置的“调出”、“上一次”、“保存”三个功能；
- 在“DUT 类型”中选择待测设备的类型，其中集线器还需要区分“下行”、“上行”；
- 在“速率选择”中选择待测设备的速率。



## 3、选择测试项

在菜单中选择相应的测试项。主机、设备和集线器都可以选择不同的项目进行测量。



**主机：**高速下行信号质量、高速下行包参数、高速下行啁啾时序测试、高速下行挂起和恢复、高速下行无驱动时的电平值、全速下行信号质量、低速下行信号质量、VBus 跌落、VBus 瞬态跌落

**设备：**高速上行信号质量、高速上行包参数、高速上行啁啾时序测试、高速上行挂起和恢复、从高速进行重置、从挂起进行重置、高速上行无驱动时的电平值、高速上行接收器灵敏度、全速上行信号质量、低速上行信号质量、背板电压、浪涌电流

**远端设备：**带线缆、**近端设备：**不带线缆

**集线器：**高速信号质量、高速包参数、高速啁啾时序测试、高速挂起和恢复、上行端口从高速进行重置、上行端口从挂起进行重置、高速无驱动时的电平值、高速中继上行、高速中继下行、高速上行接收器灵敏度、全速信号质量、低速信号质量、VBus 跌落、VBus 瞬态跌落、浪涌电路、背板电压

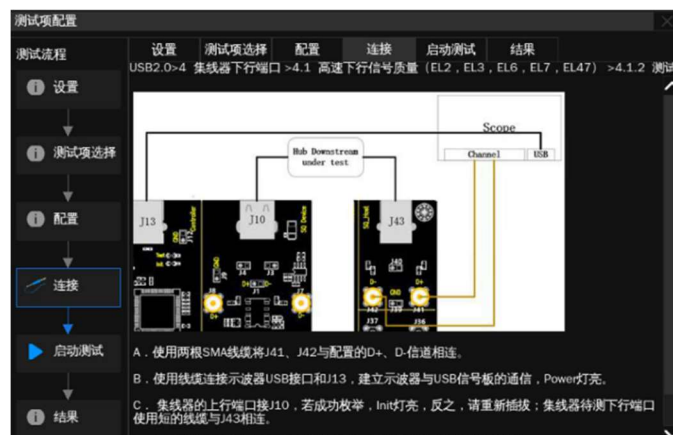
#### 4、配置信息

进入配置栏目后，前面选择的测试项目在本栏目会高亮提示，点击即可对相应的测试项进行配置，设置好示波器测量的信道。



#### 5、连接线缆

本栏目显示测试接线图与测试步骤，若一次性选择了多个测试项目，只会显示第一个待测项的信息。



若一轮测试中选择了多个测试项目，进行到下一个项目时会有**弹窗提示**该项目的接线方式，支持中途返回“配置”栏目修改该测试项的信源，修改后点击弹窗中的“启动测试”即可继续测试。

## 6、启动测试

本栏目中可以设置测试失败时是否继续测试，以及点击右下角的启动测试即可开始本轮测试。



## 7、结果查看

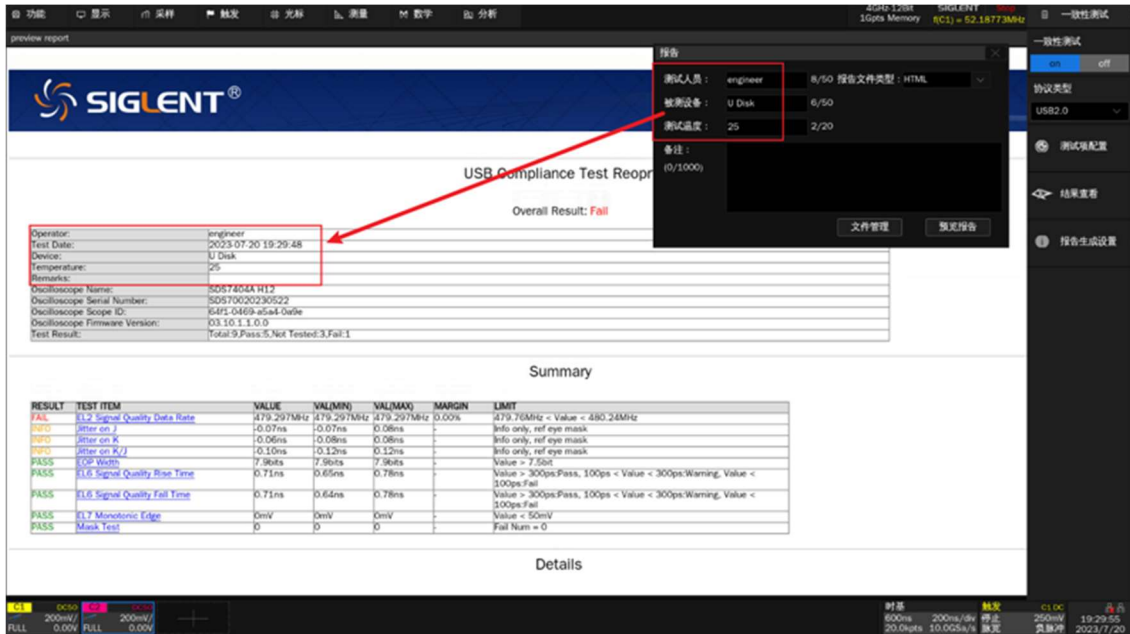
点击“结果查看”，查看对应的测试结果。上半部分是测试项目，提供各个项目的测试结果，测量值，官方要求的门限值参考，下半部分是对应的细节图，在上半部分点击感兴趣的项目，下半部分即可显示对应的细节，点击图片可以查看图片细节。



## 8、报告生成

点击“报告生成设置”，填入有关的测试信息，选择报告类型；“预览报告”可以提前查看生成报告的效果；“文件管理”中选择保存的路径，点击“保存”即可保存测试结果。

注意：使用电脑查看报告时，需图片文件与html 在同一级目录下。



The screenshot displays the Siglent software interface for report generation. A settings dialog box is open, showing the following configuration:

- 测试人员 (Operator): engineer
- 测试设备 (Device): U Disk
- 测试温度 (Temperature): 25
- 报告文件类型 (Report File Type): HTML

The main report content is as follows:

**USB Compliance Test Report**

Overall Result: Fail

Operator: engineer  
 Test Date: 2023 07 20 19:29:48  
 Device: U Disk  
 Temperature: 25  
 Remarks:

Oscilloscope Name: SD074054 H12  
 Oscilloscope Serial Number: SD070000230522  
 Oscilloscope Scope ID: 04E10469-ab04-0a9e  
 Oscilloscope Firmware Version: 03.10.1.1.0.0  
 Test Result: Total:9,Pass:5,Not Tested:3,Fail:1

**Summary**

RESULT	TEST ITEM	VALUE	VAL(MIN)	VAL(MAX)	MARGIN	LIMIT
FAIL	F1.2 Signal Quality Data Rate	479.297MHz	479.297MHz	479.297MHz	0.00%	479.76MHz < Value < 480.24MHz
INFO	Jitter on J	±0.07ns	-0.07ns	0.08ns	-	Info only, ref eye mask
INFO	Jitter on K	±0.06ns	-0.06ns	0.08ns	-	Info only, ref eye mask
INFO	Jitter on R/J	±0.10ns	-0.12ns	0.12ns	-	Info only, ref eye mask
PASS	JOP Width	7.96ns	7.96ns	7.96ns	-	Value > 7.50ns
PASS	F1.6 Signal Quality Rise Time	0.71ns	0.65ns	0.78ns	-	Value > 300ps,Pass, 100ps < Value < 300ps;Warning, Value < 100ps;Fail
PASS	F1.6 Signal Quality Fall Time	0.71ns	0.64ns	0.78ns	-	Value > 300ps,Pass, 100ps < Value < 300ps;Warning, Value < 100ps;Fail
PASS	F1.7 Monotonic Edge	0mV	0mV	0mV	-	Value < 50mV
PASS	Mask Test	0	0	0	-	Fail Num = 0

**Details**

## 关于鼎阳硬件智库

鼎阳硬件设计与测试智库（简称鼎阳硬件智库）由深圳市鼎阳科技有限公司领衔创办，是中国第一家“智力众筹”模式的硬件智库。

鼎阳硬件智库顺势顺势，倡导“连接-分享-协作-创造”的理念，高举志愿者服务的大旗，相信互联网是“爱”的大本营，相信人们都有发自内心分享的愿望。

鼎阳硬件智库选择硬件领域最普遍的七类问题：电源，时钟，DDR，低速总线，高速总线，EMC，测试测量进行聚焦。寻找“最针尖”的问题进行研讨，针对“最针尖”的问题组织专家答疑，将硬件大师积累的宝贵知识和经验变成公众财富，惠及更多硬件人。鼎阳硬件智库的运作载体包括“线上”的微信公众号分享，微信群，网站，网络社区论坛，博客，邮件群等多种互联网工具和“线下”的专家论坛和专家把脉。“线上”的分享坚持原创，坚持干货，保持专注和深耕。“线下”专家论坛邀请硬件相关的一线实战派专家分享“最干货”的硬件设计与测试知识与经验，面对面相互研讨；“线下”的专家把脉，通过大数据连接，促使具体问题和最熟悉这个具体问题的专家“精准匹配”，远程问诊和现场解决问题相结合。

鼎阳硬件智库，群策群力，连接所有硬件人。

有硬件问题，找鼎阳硬件智库。



扫码关注鼎阳硬件智库，为您提供更多硬件干货