

HPM系列MCU高精度ADC

之ADC评估套件使用指南

目录

1. PSG简介	4
2. PSG硬件架构	4
3. PSG板卡设置	7
4. PSG上位机设置	9
5. ADC Workspace	12
5.1. 采样参数与操作	12
5.2. 分析模式与测试示例	13
6. ADC评估板固件	16
7. MCP 自动化测试	17
7.1. 启用与客户端连接	17
7.2. 可用工具与参数单位	18
7.3. 典型测试操作	19
7.4. 数据检查与使用注意事项	20
8. 首次使用流程	22
9. 常见问题	22
10. 总结	23

版本信息

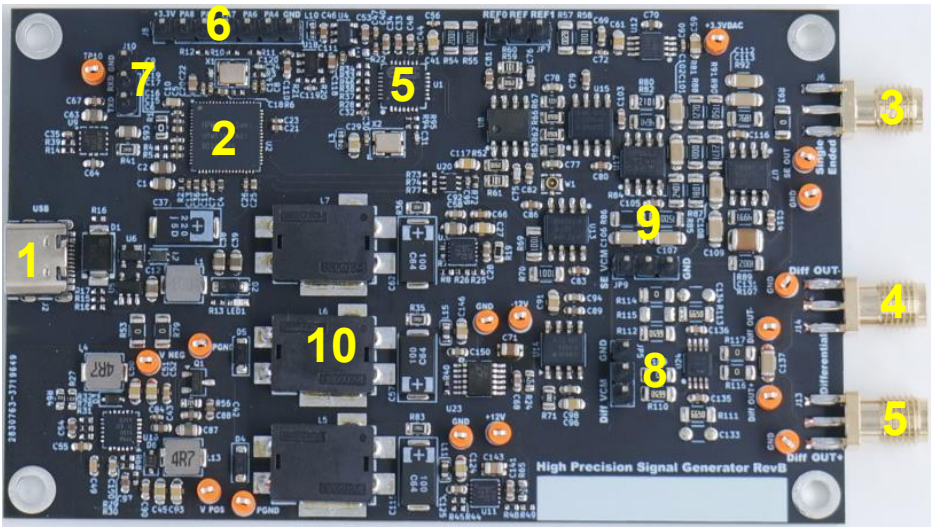
表1. 版本信息

日期	描述
2026-9-10	初版

1. PSG简介

PSG（Precision Signal Generator）是先楫半导体为HPM系列MCU高精度ADC评估套件配套推出的高精度信号发生器，用于向ADC评估板提供测试信号。PSG支持生成低噪声直流信号和固定频率为2 kHz的正弦波信号，并提供差分与单端两种输出模式。

通过USB接口将PSG连接至运行HPM ADC Evaluation Studio的计算机后，即可在上位机软件中设置信号类型。板卡实物如图所示：



主要接口及器件如下：

标识号	接口/器件	标识号	器件
1	USB接口，用于连接PC上位机	2	HPM5151INB1,主控MCU
3	单端SMA接口，用于输出单端信号	4	差分信号正，用于输出差分信号
5	差分信号负，用于输出差分信号	6	JTAG接口，用于更新烧录MCU程序
7	UART接口，可用于输出调试信息	8	差分共模选择接口，用于差分共模电压设置
9	单端共模选择接口，用于单端共模电压设置	10	电源滤波器

2. PSG硬件架构

PSG板卡硬件架构如图所示：

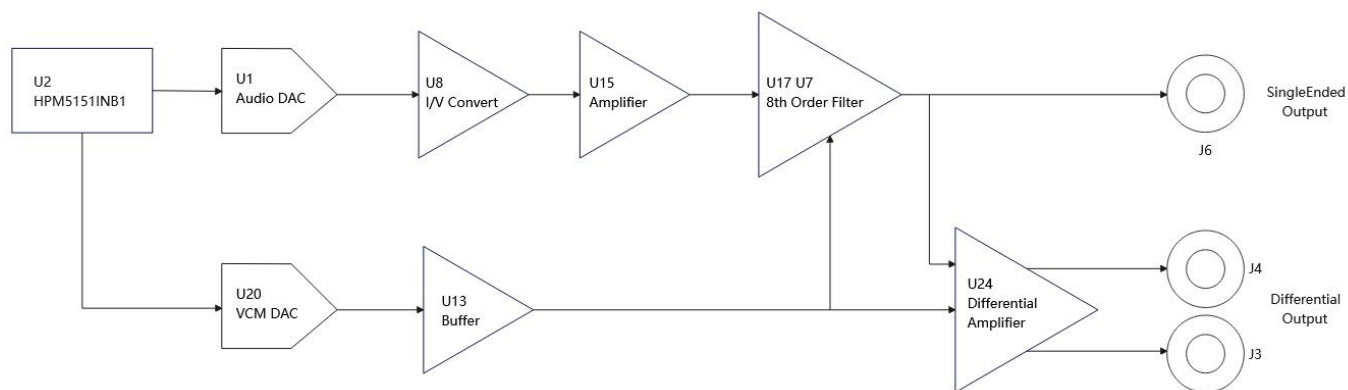


图1 系统框图

单端正弦信号通路：主控芯片HPM5151INB1（U2）通过I²S接口驱动音频DAC ES9018K2M（U1）。U1的输出信号经I/V（电流—电压）转换后，送入增益为1.65的运算放大器U15，再经八阶带通滤波器滤波，最终通过SMA接口J6输出单端正弦信号。

单端直流偏置信号：U2通过SPI接口控制16位DAC U20生成直流信号。该信号经U13缓冲后，送至单端输出电路的偏置输入端，用于设置单端输出信号的直流偏置电压。

差分正弦信号通路：上述单端正弦信号同时送入差分放大器U24，转换为差分信号后，分别通过SMA接口J4和J3输出。

差分直流偏置信号：U13缓冲后的直流信号同时送至U24的共模电压输入端，用于设置差分输出信号的共模电压。

PSG板卡供电拓扑如图所示：

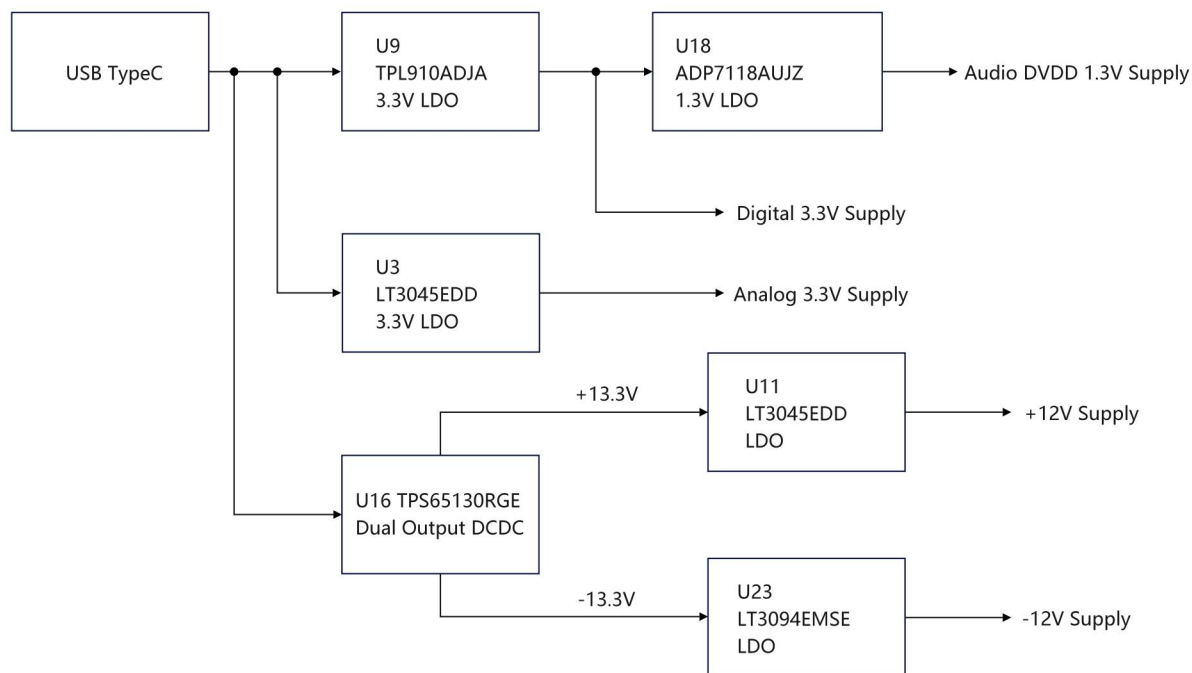


图2 系统电源拓扑

系统外部供电由USB Type-C接口提供，通过多路稳压电路分别为数字和模拟电路提供所需电压：

1. **数字电源：**输入电源经U9（TPL910ADJA）稳压生成3.3 V，为数字电路供电；再经U18（ADP7118AUJZ）降压生成1.3 V，为音频DAC的DVDD供电。
2. **模拟电源：**输入电源经独立的低噪声LDO U3（LT3045EDD）生成3.3 V，为模拟电路供电，减小数字电源噪声对模拟电路的影响。
3. **正负电源：**U16（TPS65130RGE）将输入电源转换为+13.3 V和-13.3 V，再分别经U11（LT3045EDD）和U23（LT3094EMSE）稳压，生成低噪声的+12 V和-12 V，为运算放大器等模拟器件供电。

3. PSG板卡设置

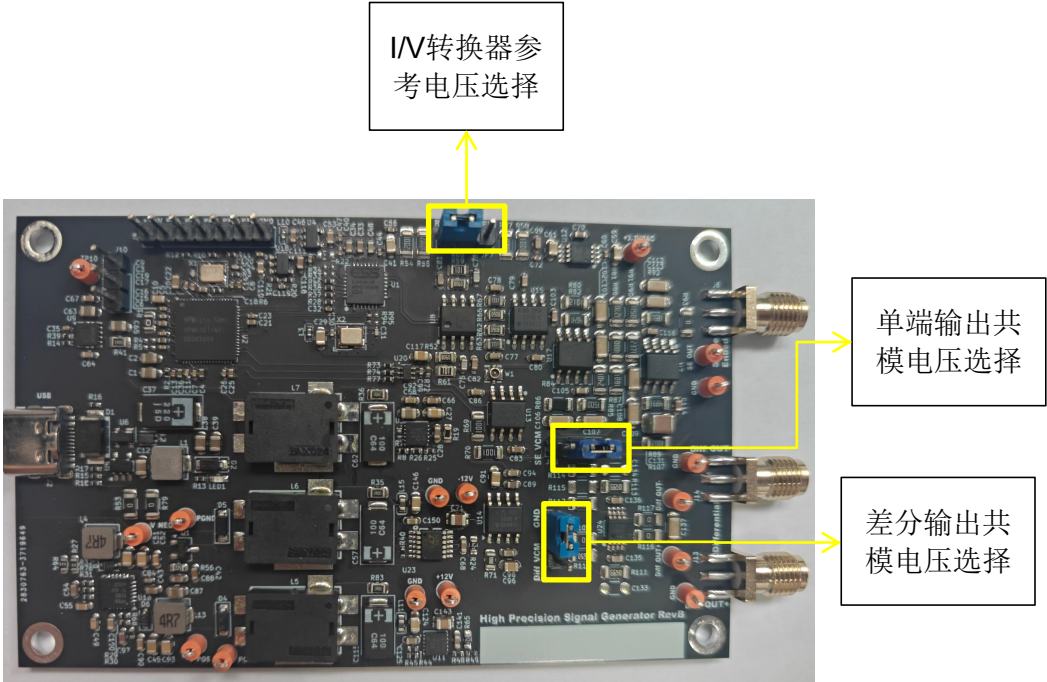


图3 PSG设置跳线

如图所示，用户可通过跳线帽对PSG板卡进行设置，具体如下：

I/V转换器参考电压选择：

跳线位号	跳线选择	功能描述	说明
JP7	REF0	选择REF为LDO分压	3.3 V LDO输出经两个2 k Ω 电阻等比分压，得到约1.65 V的I/V参考电压。默认选择REF0，无特殊需求可保持不变。
	REF1	选择REF为基准源分压	REF5030的3.0 V输出经820 Ω 上臂电阻与1 k Ω 下臂电阻分压，得到约1.648 V。

JP7用于设置I/V转换电路的直流工作点，与JP9、JP5控制的最终输出共模电压不同。更改跳线前请断电，每组跳线仅选择一个位置，避免参考源直接并联。

单端输出共模电压设置：

跳线位号	跳线选择	功能描述	说明
JP9	SE_VCM	选择单端共模电压为上位机设置	正弦波输出：通过上位机设置直流偏置。例如，设置为1.65 V时，正弦波以1.65 V为中心上下变化。 直流输出：通过上位机设置输出电压。例如，设置为1.65 V时，输出直流电压为1.65 V。

跳线位号	跳线选择	功能描述	说明
	GND	选择单端共模电压为0V	正弦波输出：直流偏置固定为0 V，正弦波以0 V为中心上下变化。 直流输出：输出电压固定为0 V，无法通过上位机调整。

差分输出共模电压设置：

跳线位号	跳线选择	功能描述	说明
JP5	DIFF_VCM	选择差分共模电压为上位机设置	正弦波输出：通过上位机设置两路输出的共模电压。例如，设置为1.65 V时，差分正端（OUT+）和负端（OUT-）均以1.65 V为中心，等幅反相变化。 直流输出：通过上位机设置两路输出的对地电压。例如，设置为1.65 V时，OUT+和OUT-均输出1.65 V，两端之间的差分电压为0 V。
	GND	选择差分共模电压为0V	正弦波输出：OUT+和OUT-均以0 V为中心，等幅反相变化。 直流输出：OUT+和OUT-的对地电压均固定为0 V，无法通过上位机调整。

注意事项：连接ADC采样板前，请确认共模电压及信号幅度设置正确，确保各输出端的电压始终处于ADC采样板允许的输入范围内。对于不支持负电压输入的采样板，禁止输入含负电压的信号，例如以0 V为中心的正弦波。即使共模电压为正，信号幅度过大仍可能产生负电压或超过输入上限。

4. PSG上位机设置

通过USB将PSG连接至计算机后，在HPM ADC Evaluation Studio的Signal Source页面选择对应设备。左侧显示设备连接状态，右侧提供波形预览及输出参数设置。

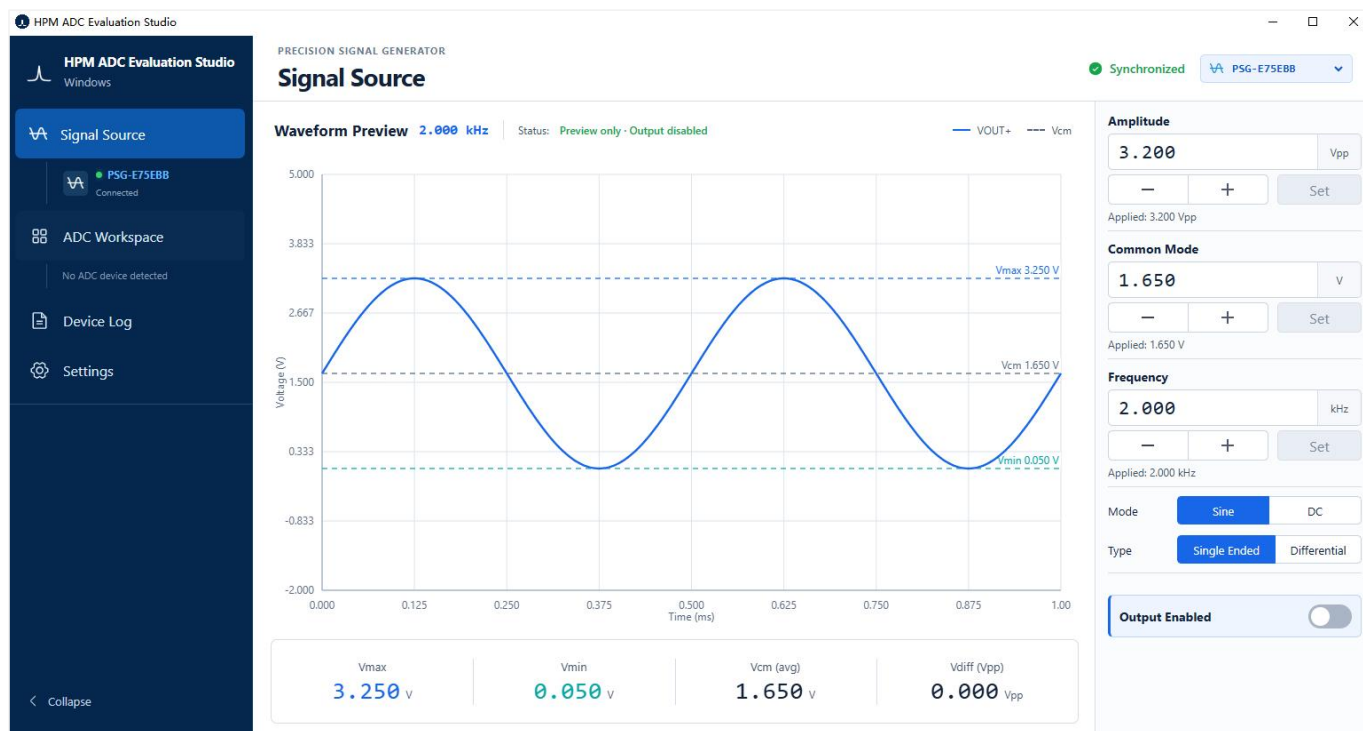


图4 HPM ADC Evaluation Studio单端正弦波设置

设置区域包含Amplitude、Common Mode、Frequency、Mode、Type及Output Enable。Waveform Preview为根据设定参数生成的预览波形，不是端口实测结果；“Preview only · Output disabled”表示当前输出未使能。

Amplitude（峰峰值）：仅在正弦波模式下有效。单端模式表示单端输出对地电压的峰峰值；差分模式表示OUT+与OUT-相减所得差分电压的峰峰值，不是每一路对地电压的峰峰值。

Common Mode（共模电压）：正弦波模式下，用于设置单端信号的直流偏置或差分两路输出的共模电压；直流模式下，用于设置单端输出电压，或差分两路相同的对地电压。差分直流模式下OUT+与OUT-电压相同，两端差分电压为0 V。只有JP9选择SE_VCM或JP5选择DIFF_VCM时，对应通路的Common Mode设置才生效。

按图4配置单端正弦波，设置Amplitude为3.2 Vpp、Common Mode为1.65 V，并保持Frequency为2 kHz。图中输出尚未使能；开启Output Enable后，单端输出电压预计在约0.05~3.25 V之间变化。该范围由设定值计算，接入ADC前仍需实测确认。

Frequency（频率）：用于设置正弦波频率，默认值为2 kHz。当前板卡的正弦波通路按2 kHz设计；由于八阶带通滤波器的通带限制，设置其他频率可能导致输出幅度衰减，因此应保持2 kHz设置。

Mode（波形类型）：选择Sine输出正弦波，选择DC输出直流信号。直流模式下，Amplitude和Frequency不参与直流输出电压的设置。



图5 HPM ADC Evaluation Studio单端直流设置

按图5配置单端DC模式，将Common Mode设置为1.65 V。确认JP9处于SE_VCM位置后开启输出使能，单端端口输出约1.65 V直流电压。

Type（输出类型）：用于选择Single Ended（单端）或Differential（差分）模式。使用与所选模式对应的输出端口，并确认ADC采样模式及接线一致。

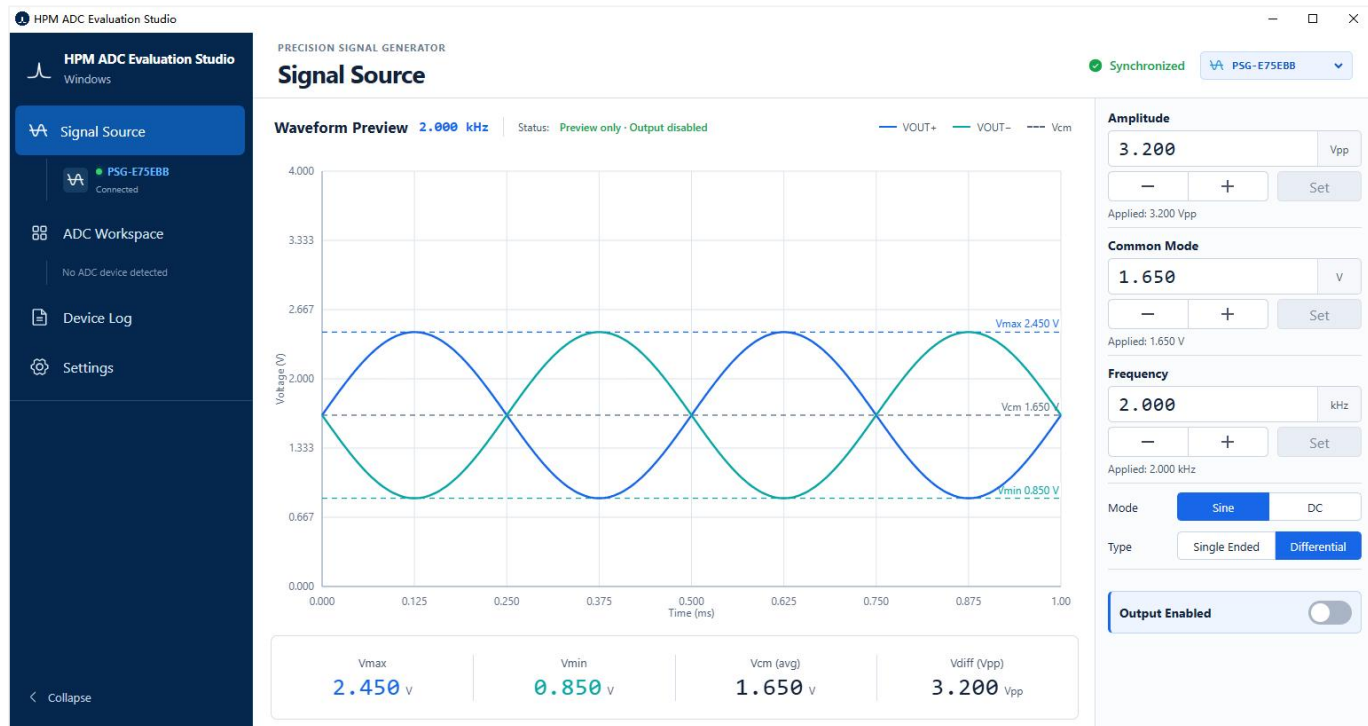


图6 HPM ADC Evaluation Studio差分正弦波设置

按图6配置差分正弦波，设置Amplitude为3.2 Vpp、Common Mode为1.65 V。开启输出后，OUT+和OUT-等幅反相变化，每一路对地峰峰值约为1.6 V，电压范围约为0.85~2.45 V；两路相减得到的差分电压峰峰值为3.2 V。

Output Enable（输出使能）：开启后，所选端口输出设定信号。更换信号接线或切换输出模式前应先关闭输出。关闭输出时输出电压为0V，关闭输出不等于端口已电气隔离，不能据此认定端口为高阻态或允许外部电压反向注入。

5. ADC Workspace

通过USB连接待测ADC板卡后，在ADC Workspace的Board列表中选择对应设备，如图7所示。本章截图以HPM5151QFN68ADCEVKRevC为例，不同板卡支持的通道和采样参数可能不同。

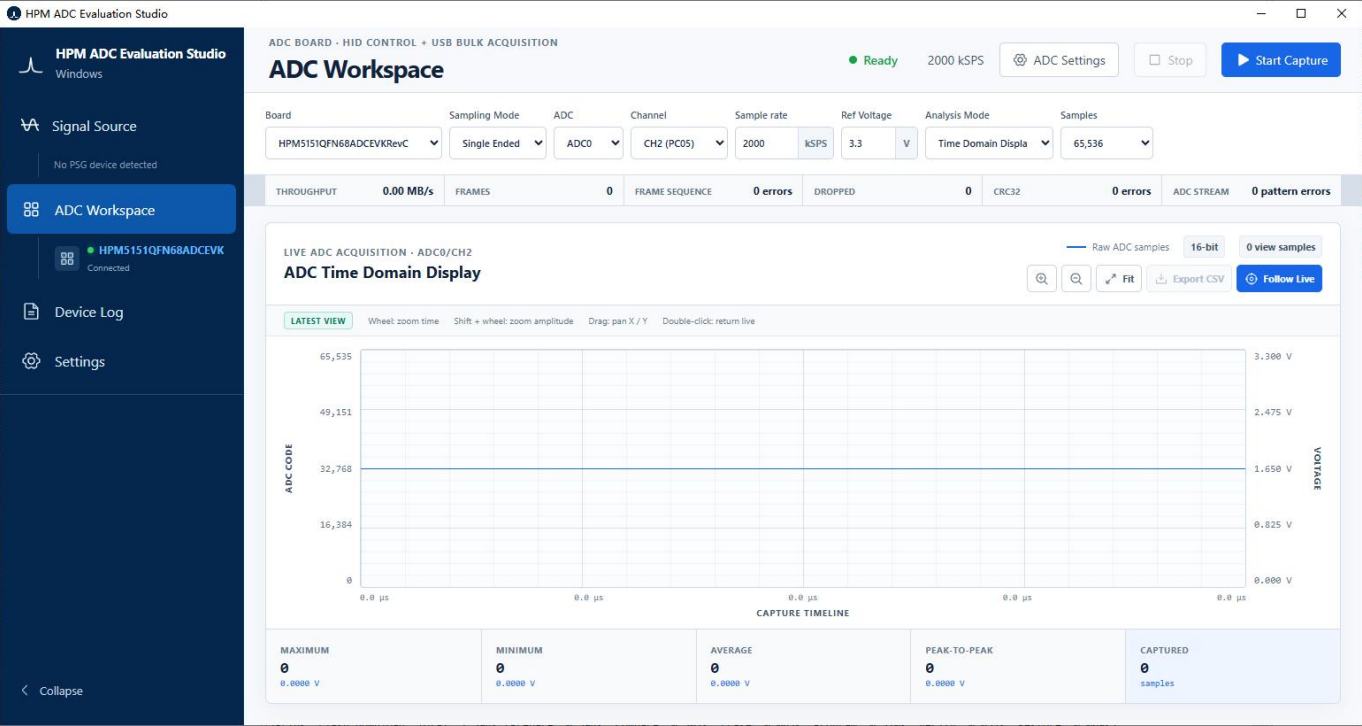


图7 HPM ADC Evaluation Studio ADC Workspace

5.1.采样参数与操作

参数或操作	说明
Board	选择已连接的待测ADC板卡，确认板卡名称及硬件版本。
Sampling Mode	选择单端或差分采样模式，与实际输入通路和接线保持一致。
ADC与Channel	选择ADC实例及输入通道。差分通道的正、负引脚应以目标板卡定义为准。
Sample Rate	设置采样率，界面单位为kSPS。例如2000 kSPS表示每秒采集200万个样本；可用范围取决于ADC支持的最大采样率。
Ref Voltage	填写与待测ADC实际参考电压一致的数值。不得将修改界面数值视为硬件参考电压已经改变；更改实际参考源后，应同步核对此设置。ADC EVK板卡默认为3.3V。
Analysis Mode	选择时域、频谱、直方图或线性度分析。
Samples	设置本次采样点数。点数越多，采集、传输和计算耗时通常越长，应根据测试目的选择。

参数或操作	说明
Start Capture与Stop	Start Capture用于开始采集；需要中止时使用Stop。采集结束后检查完成状态及数据完整性。
Export CSV	在时域页面中导出已采集的数据。建议同时记录板卡、通道、采样率、参考电压、信号设置及软件和固件版本。
Export Screenshot	将当前分析界面的波形图及下方统计或性能指标一并导出为 PNG 图片，便于保存测试结果、对比分析及编写报告。

采集完成后应检查Dropped、CRC32及Frame Sequence等状态。出现丢帧、校验错误或序号异常时，先排查USB连接和采样配置，再重新采集，不宜直接使用异常数据评价ADC性能。

5.2.分析模式与测试示例

ADC Workspace支持4种模式，分别为Time Domain Display，Spectral Analysis，Histogram Analysis，Linearity Analysis。

Time Domain Display（时域显示）：获取指定数量的ADC采样数据，在波形区域绘制时域波形，并支持CSV导出。图8展示了65,536个正弦波采样点的显示示例。

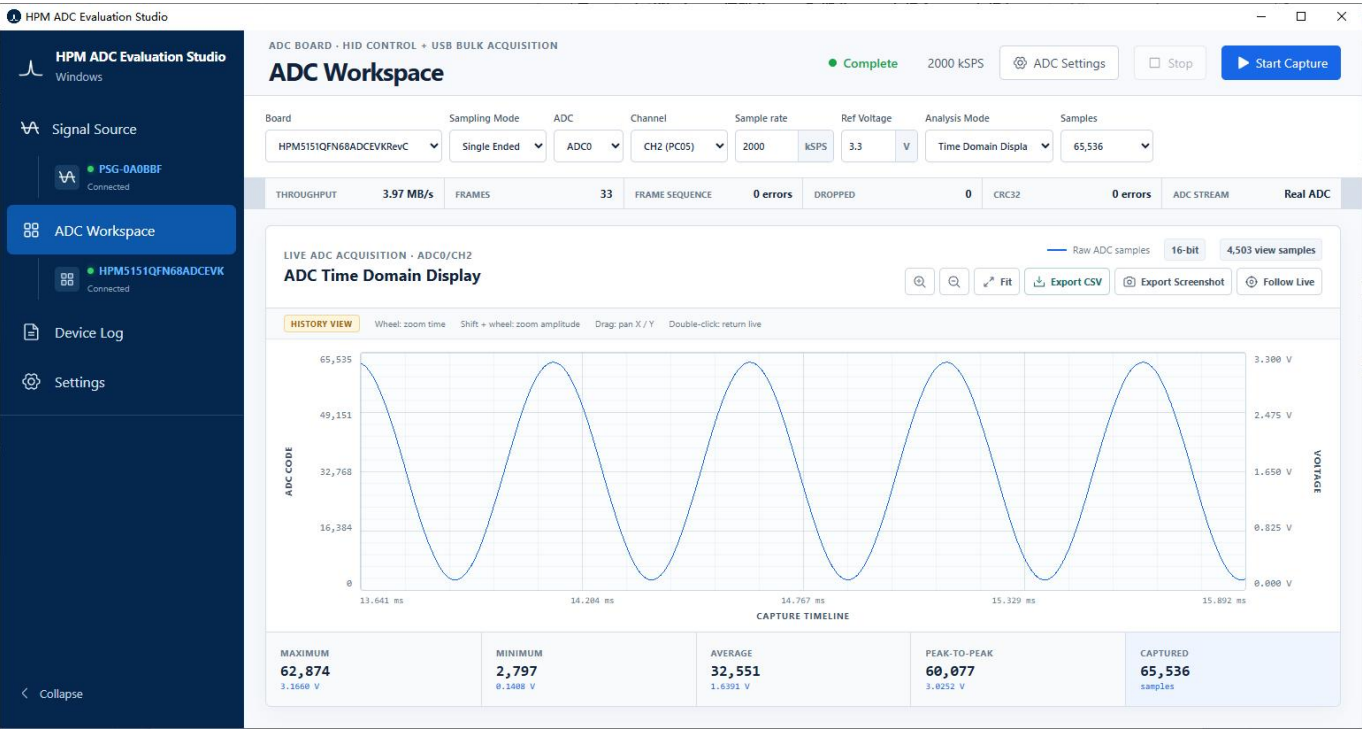


图8 Time Domain Display

Spectral Analysis（频谱分析）：对ADC采样数据进行频谱分析，并计算SNR、SINAD、THD、SFDR和ENOB等动态性能指标。图9展示了HPM5151QFN68ADCEVKRevC在单端ADC0/CH2、2000 kSPS、65,536点条件下的示例结果；基波约2 kHz。

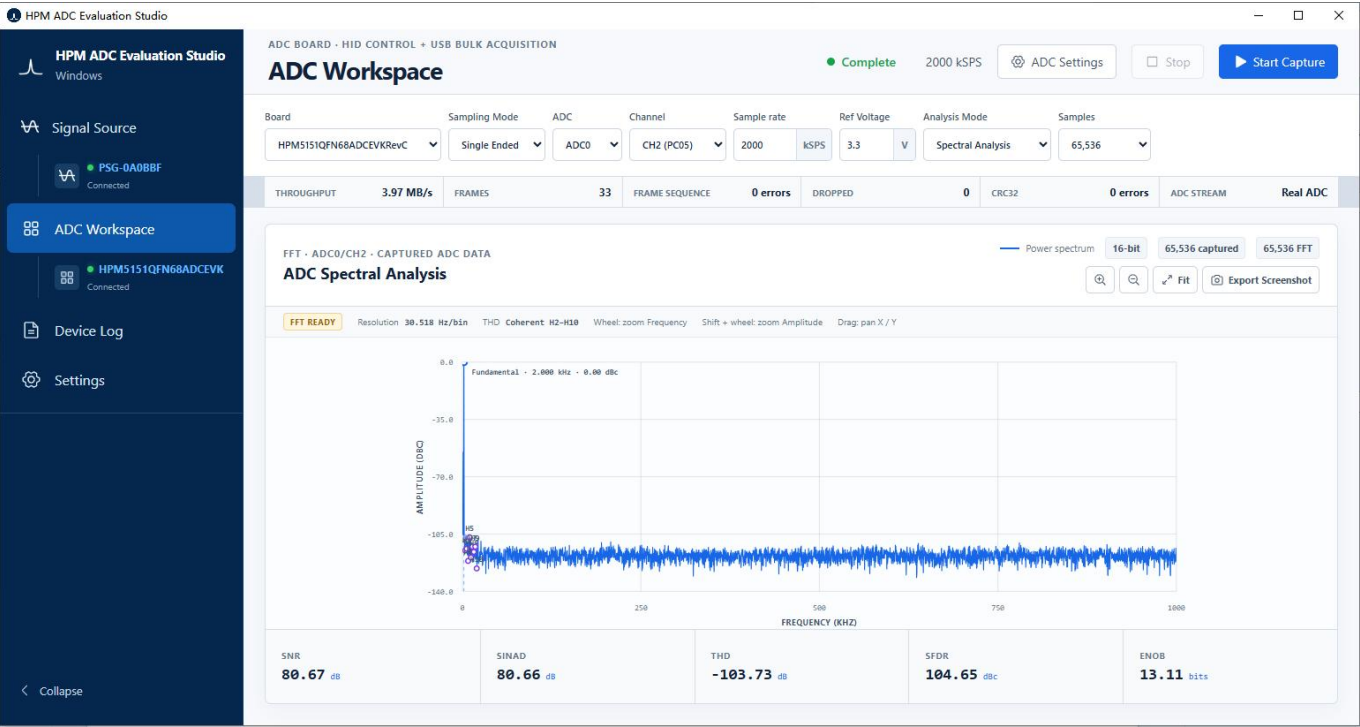


图9 Spectral Analysis

Histogram Analysis（直方图分析）：统计ADC码值分布并绘制直方图，同时计算最小值、最大值、平均值、标准差（ σ ）及码值跨度（Code Spread）。图10展示了HPM5151QFN68ADCEVKRevC在2000 kSPS、65,536点条件下的示例结果；图中的Code Spread为最大码值与最小码值之差。用于评价静态码值噪声时，应输入稳定直流信号。

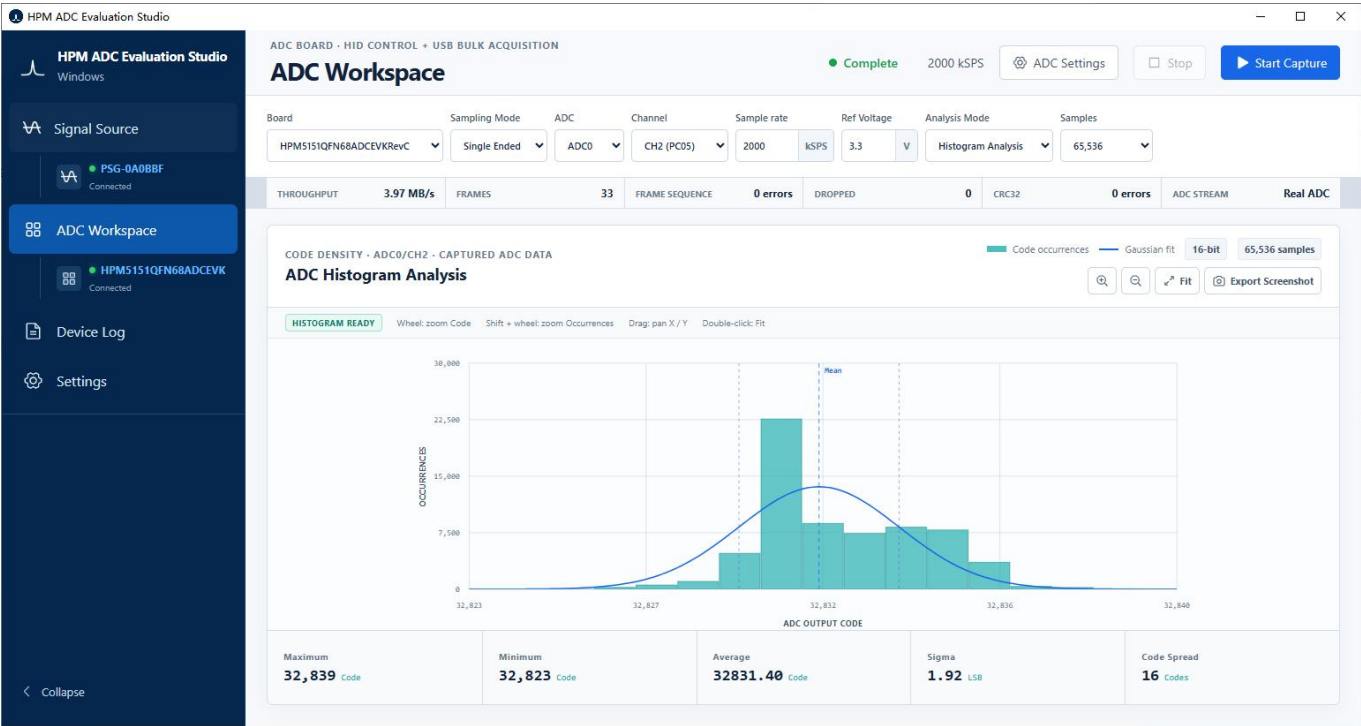


图10 Histogram Analysis

Linearity Analysis（线性度分析）：评估ADC的线性度，计算差分非线性（DNL）和积分非线性（INL）。为提高统计结果的可靠性，建议在条件允许的情况下选用较大的采样点数。具体测试方法及注意事项请参考《[HPM系列MCU高精度ADC之误差分析与测试指南](#)》，下图为对HPM5151QFN68ADCEVK RevC进行ADC采样数据的INL和DNL数据分析的结果。

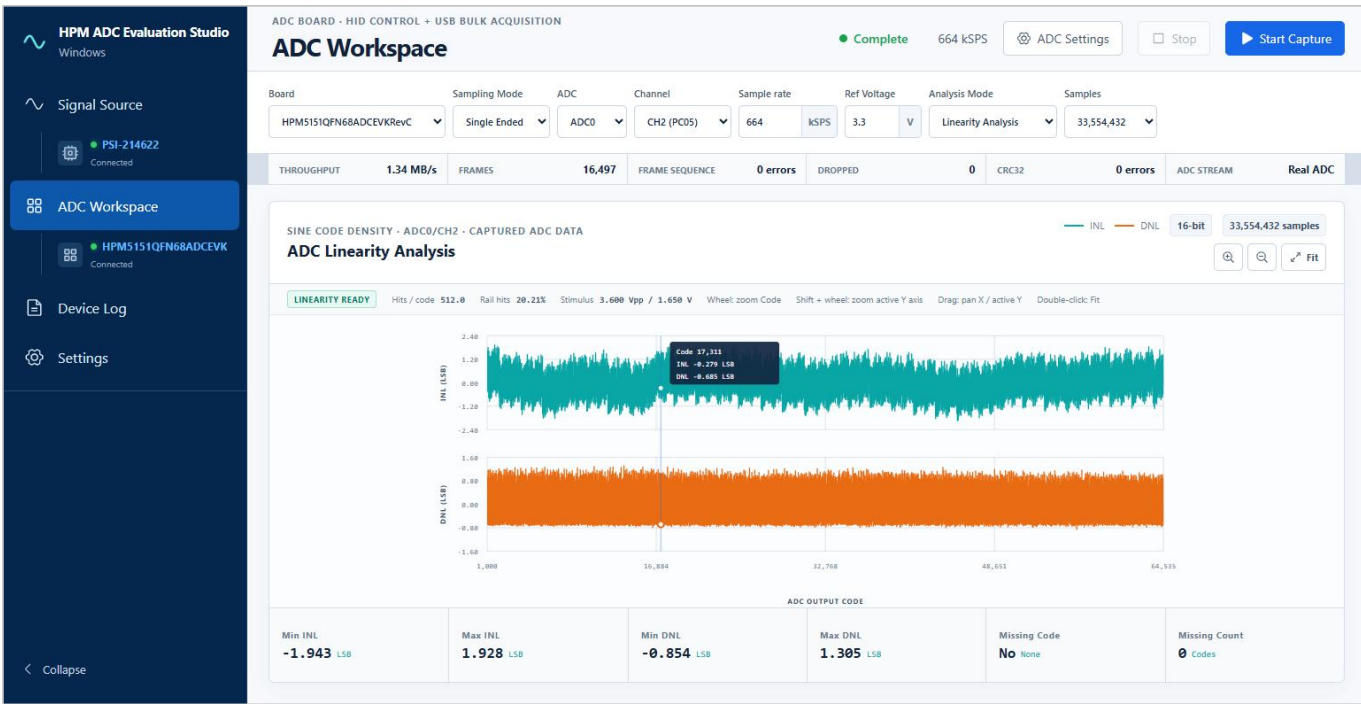


图11 Linearity Analysis

图11为线性度分析界面示例。单端端口的信号幅度设置为3.600 V_{pp}，共模电压设置为1.650 V，对应输入电压范围为-0.15~3.45 V。因此，进行线性度测试时，输入信号的电压范围应略微超出ADC测试量程，以覆盖完整量程。

6. ADC评估板固件

ADC评估板的固件及源码可通过HPM ADC Evaluation Studio获取。如图12所示，在Settings → Board Firmware中选择或输入目标MCU型号，查看可用版本，并通过Download Firmware或Download Source下载对应文件。确认目标板卡、MCU型号和适配SDK版本后，按该板卡的烧录说明更新固件，再重新连接上位机进行采集。

注意：此处提供的是待测ADC板卡的固件及源码，不是PSG信号发生器的固件。

除配套ADC评估板外，该固件也可适配搭载受支持MCU的其他板卡，例如HPM5151系列EVK。使用前，请确认板卡的时钟、通信接口及ADC引脚配置与固件一致；如有差异，需修改源码并重新编译后再烧录。

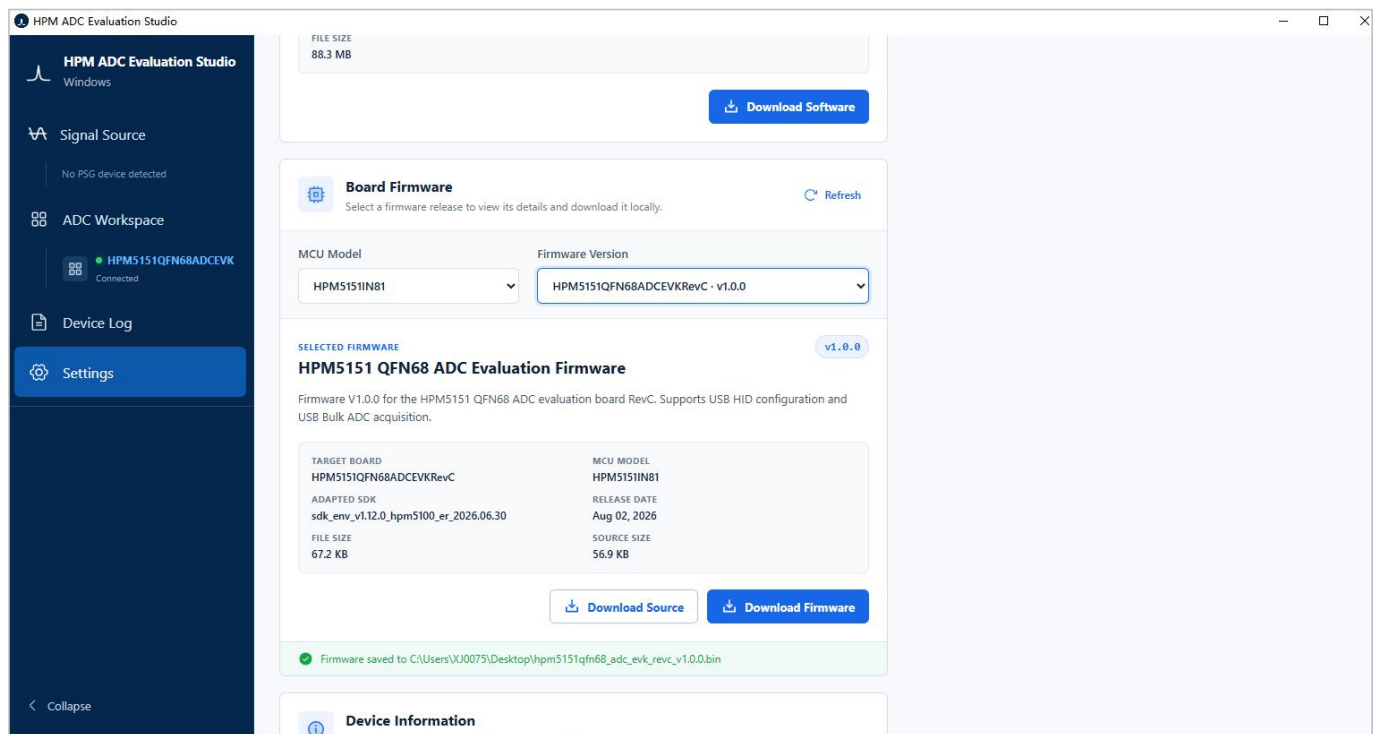


图12 ADC评估板固件获取

7. MCP 自动化测试

HPM ADC Evaluation Studio 提供 MCP（Model Context Protocol，模型上下文协议）接口。配置完成后，客户可以用自然语言让 AI Agent 设置信号源、启动 ADC 采样、计算性能指标并导出数据，适合重复测试和多电压点扫描。AI 负责组织测试步骤，实际设备控制和分析由上位机执行。

AI 客户端通过本机 MCP 服务连接桌面上位机；上位机再通过已有 USB HID 控制接口和 Bulk 数据接口与板卡通信。

7.1. 启用与客户端连接

1. 启动 HPM ADC Evaluation Studio 上位机，连接 PSG 和 ADC 评估板，确认设备已被识别。

2. 进入 Settings → AI Agent · MCP，检查端口（默认 18765），点击 Enable MCP。首次使用默认关闭；启用状态和端口会保存，下次启动时恢复。

3. 点击 Show connection config，将连接配置填入支持 Streamable HTTP 的 AI 客户端。默认地址为 `http://127.0.0.1:18765/mcp`；必须同时配置 Bearer 令牌。以下仅为通用示例，具体配置入口和外层字段以客户端要求为准。

```
{
  "mcpServers": {
    "hpm-adc-studio": {
      "type": "http",
      "url": "http://127.0.0.1:18765/mcp",
      "headers": {
        "Authorization": "Bearer <从上位机复制的令牌>"
      }
    }
  }
}
```

例如，在 ChatGPT 中打开设置 -> 插件 -> MCP，添加 MCP 服务器，填写 MCP 服务器如图所示：

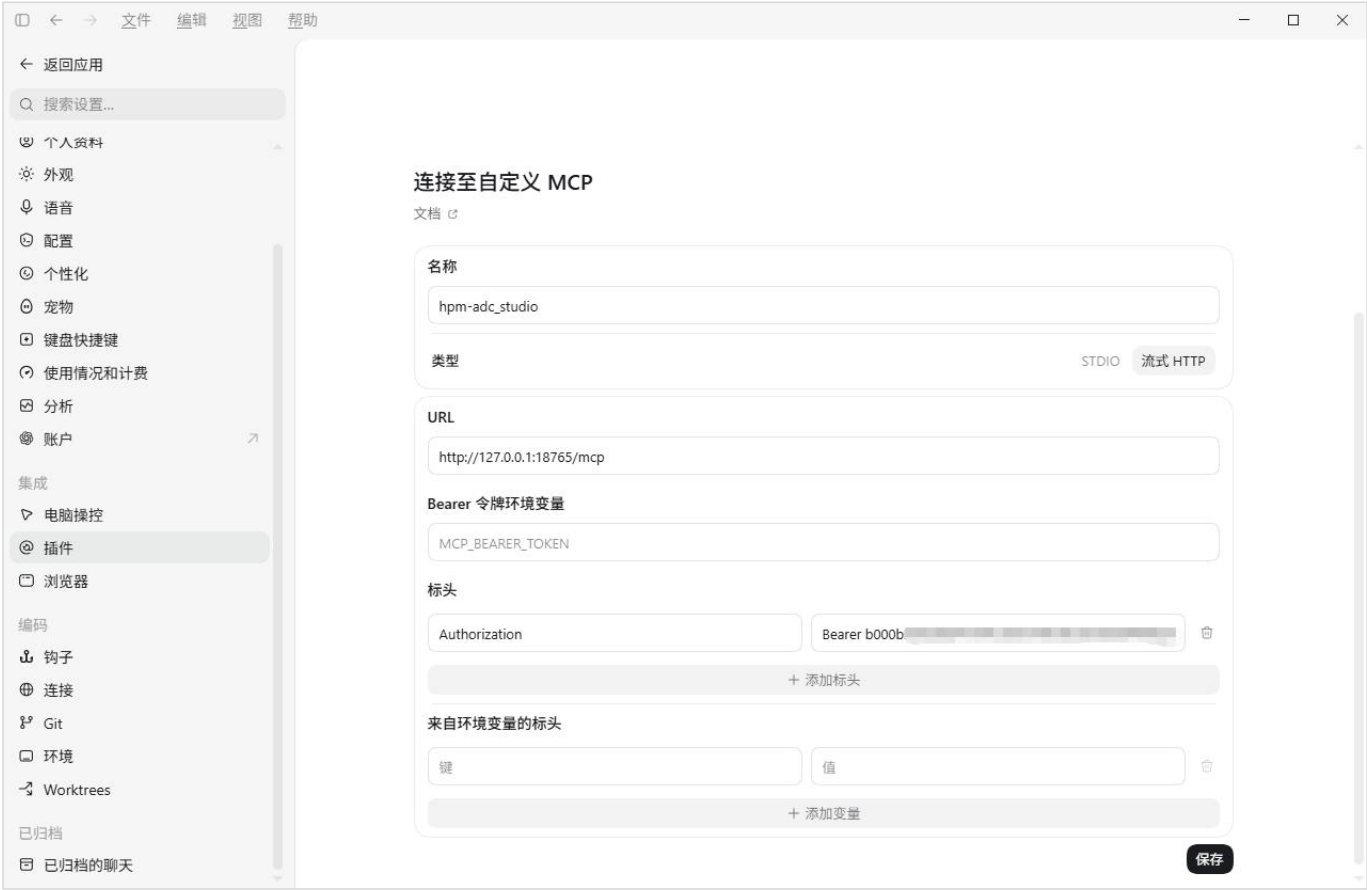


图13 ChatGPT MCP服务器配置示例

4. 让 AI 查询上位机状态和设备列表，确认可发现 MCP 工具及目标板卡。多个同类设备连接时，先指定目标设备。连接地址和令牌配置一次即可，不必在每条测试指令中重复填写。

服务只监听本机回环地址，AI 客户端或其本地运行器须能访问这台电脑；纯云端 Agent 不能直接访问本机 127.0.0.1。令牌相当于控制权限，请勿放入公开文档、截图或代码仓库。

7.2.可用工具与参数单位

AI 客户端通过 MCP 获取工具名称及参数定义，再按测试要求调用。常规操作可直接使用自然语言，无需客户逐条手写接口请求。当前提供以下工具。

工具名称	功能说明
studio_get_status	查询设备列表、连接状态、板卡能力、当前配置和任务状态。
device_connect	按设备类别及 deviceId 选择 PSG 或 ADC 板卡。
psg_configure	设置幅值、共模、频率、波形模式和单端或差分类型。

工具名称	功能说明
psg_set_output	显式开启或关闭 PSG 物理输出。
adc_get_config	从 MCU 读取当前 ADC 采样配置。
adc_validate_config	调用 MCU 校验目标配置，但不应用。
adc_set_config	校验并应用 ADC 采样配置。
adc_capture_start	启动指定采样点数的任务，返回采样任务 ID。
adc_capture_status	查询采样进度、完成状态及传输完整性。
adc_capture_stop	取消采样；已接收数据保留，并标记为取消或无效。
adc_read_samples	分页读取原始 ADC 码值，每次最多 4096 点。
adc_analyze	启动 spectral、histogram、linearity 或 export_csv 任务。
adc_analysis_status	查询分析结果或导出路径；可返回绘图数据。
adc_export_screenshot	将波形图及相关统计或性能指标导出为 PNG 测试图片，保存至指定目录并返回文件路径。

参数单位：amplitudeVpp 为 Vpp，commonModeV 为 V；frequencyHz 和 sampleRateHz 均为 Hz，referenceVoltageUv 为 μV 。例如 2 kHz 填 2000，2 MSPS 填 2000000，3.3 V 参考电压填 3300000。不要把界面中的 kHz 或 kSPS 数字直接传入 Hz 字段。

ADC 实例、通道和 IO 映射应从当前连接板卡的 Board Descriptor 获取，不应跨板卡固定套用。差分配对、时钟分频、分辨率、采样保持周期及最大采样率由板卡能力和 MCU 校验决定。

7.3.典型测试操作

执行以下示例前，应连接 PSG 输出与目标 ADC 输入并共地，确认跳线设置正确，且全过程电压均在 ADC 输入允许范围内。示例中的 PC02 对应 ADC0.CH5，实际使用时须核对目标板卡描述符。

示例一 单端直流输出

可向 AI 输入：“将 PSG 设为单端 DC，输出电压 1.0 V，并使能输出。读取设置确认结果。”

对应调用为 psg_configure（mode="dc"、outputType="single"、commonModeV=1.0），再调用 psg_set_output（enabled=true）。单端 DC 模式下，共模电压就是输出直流设定值；差分 DC 模式下，两路均为设定共模，理想差分电压为 0 V。

示例二 正弦波采样和频谱分析

可向 AI 输入：“将 PSG 设为单端 2 kHz 正弦波，3.2 Vpp，共模 1.65 V，开启输出并等待稳定；ADC0.CH2（PC05）以 2 MSPS 采集 65536 点，检查数据完整性，计算 SNR、SINAD、THD、SFDR，并显示测试图片。”

该信号的理想电压范围为 0.05~3.25 V。AI 首先查询设备能力，配置 PSG 和 ADC，开启信号输出并等待稳定后启动采样。取得 `captureId` 后，轮询采样状态，确认状态为 `completed`、`dataValid=true`，且实际采样点数符合要求；随后提交 `spectral` 分析任务，取得 `analysisId` 并轮询至分析完成，读取各项指标。最后调用 `adc_export_screenshot`，导出包含频谱图及分析指标的测试图片并显示。

示例三 多电压点直流扫描

可向 AI 输入：“使用单端 DC，从 0.5 V 到 3.0 V，每次增加 0.5 V；每次设置后等待 1 s，ADC0.CH5（PC02）以 2 MSPS 采集 1024 点。逐次检查采样完整性，每个电压点各导出一份 CSV 到桌面，以电压命名。完成后关闭 PSG 输出。”

本例共测试 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 V 六个设定点。每一步须按“设定电压 → 等待稳定 → 采样 → 校验 → 导出”的顺序执行，确认文件保存完成后再开始下一步。1 s 是示例等待时间，可根据外部滤波器和电路稳定时间调整。

CSV 默认保存在系统 Documents（文档）目录下的 HPM ADC Evaluation Studio/MCP Captures。导出完成后，`adc_analysis_status` 返回实际 `filePath`。若要求保存到桌面，AI 还需要本地文件访问权限，将已导出的文件复制到桌面；MCP 导出接口本身不接收任意目标路径。

7.4.数据检查与使用注意事项

采样完整性：必须检查 `completed`、`dataValid`、实际采样点数及质量信息。缺点、CRC 错误、帧序号错误或 ADC `overflow/error` 均会使数据无效。默认不允许分析无效数据；`allowInvalid=true` 仅用于故障诊断，不能据此给出有效性结论。

任务与缓存：一次只能运行一个采样任务；采样期间不要在界面切换设备或修改冲突配置。MCP 使用独立后台采样缓存，不能以主界面是否更新曲线判断其是否完成。当前仅保留最近一次 MCP 采样及最近一次分析；开始下一次采样前，先导出需要保留的数据。

结果获取：`spectral` 返回 SNR、SINAD、THD、SFDR 等频谱指标；`histogram` 返回最大值、最小值、平均值、Sigma 和 Code Spread；`linearity` 返回 INL、DNL 与丢码等结果。计算复用上位机算法，不由 AI 根据对话估算。`includePlot=true` 可返回绘图数据；显示用降采样点数不等于原始采样总数。

线性度测试：必须提供 ADC 输入端的 `stimulusPeakVoltage`（峰值，不是 Vpp）和 `stimulusDcVoltage`，并满足当前码密度算法的过量程激励要求。应同时检查 `validStimulus`、`reliable` 和 `qualityReason`。算法要求过量程不等于允许超过 IO 绝对最大额定值，外部电路必须保证输入安全。

输出状态：`psg_configure` 配置期间会暂时关闭输出，成功后恢复之前的启用状态；如果原来关闭，设置参数不会自动使能。需要输出时应明确调用 `psg_set_output`。实际使能沿用板卡共模建立和等待后输出正弦波的时序。

电气安全：单端正弦波应先核对 $V_{min} = \text{共模} - V_{pp}/2$ 、 $V_{max} = \text{共模} + V_{pp}/2$ 。MCP 不知道探头和线缆的实际连接，参数校验通过也不代表外部 ADC 输入安全。测试结束后应明确关闭输出；点击 **Stop MCP** 只取消 MCP 任务，不会主动关闭 PSG 输出。

连接失败：检查是否启动桌面上位机、MCP 是否启用、端口是否一致、令牌是否正确，以及客户端是否支持 **Streamable HTTP**。收到 **BUSY** 时先等待或停止当前任务；设备掉线或数据无效时先排查连接和采样链路，不要直接继续性能分析。

仅支持 **stdio** 的客户端，可使用源码工程 `scripts/mcp-stdio.mjs` 桥接，需要 **Node.js** 和已安装的工程依赖。设置环境变量 `HPM_STUDIO_MCP_URL` 为服务地址，`HPM_STUDIO_MCP_TOKEN` 为令牌本身（不含 **Bearer** 前缀）；桌面上位机仍须保持运行。

8. 首次使用流程

1. 准备设备：准备PSG、待测ADC板卡、支持数据传输的USB线和匹配的信号连接线；安装HPM ADC Evaluation Studio，HPM ADC Evaluation Studio 可以在先辑官网下载（www.hpmmicro.com）。确认待测板卡已烧录兼容固件。
2. 设置跳线：断电后检查JP7。需要由上位机设置输出偏置时，单端模式下将JP9置于SE_VCM，同时将JP5置于GND；差分模式下将JP5置于DIFF_VCM，同时将JP9置于GND。正弦波输出时若选择GND位置，务必确认目标板卡允许对应的双极性输入。
3. 连接USB：分别将PSG和ADC板卡连接至计算机。在Signal Source与ADC Workspace中确认对应设备已识别，并使PSG保持输出关闭状态。
4. 检查信号：选择Mode和Type，正弦波频率保持2 kHz，从较小幅度开始设置Amplitude与Common Mode。暂不接入ADC，开启输出后用示波器核对正弦波的上下限，用万用表核对直流输出。确认安全后关闭输出，再连接ADC输入。
5. 连接采样输入：单端模式下单端输出端口J6通过射频线连接至目标ADC单端输入；差分模式下Diff_OUT+端口J14、Diff_OUT-端口J13分别连接至ADC差分正、负输入。
6. 开始评估：在ADC Workspace中选择板卡、采样模式、ADC实例、通道、采样率、参考电压和采样点数。开启PSG输出，点击Start Capture执行采样与分析；测试结束后关闭输出，再拆除信号连接。

9. 常见问题

现象	检查与处理
设备未识别	确认USB线支持数据传输、板卡已正常供电；重新连接并检查设备列表。ADC板卡还需确认所烧录固件与MCU及板卡配置兼容。确认USB连接ADC板卡的接口为USB接口。
有预览波形但无实际输出	检查Output Enable是否开启、所选设备与Type是否正确，以及信号线是否连接至对应端口。预览波形不代表实际测量值。
Common Mode设置不生效	检查单端JP9是否位于SE_VCM，或差分JP5是否位于DIFF_VCM。跳线选择GND时，对应共模电压固定为0 V。
差分直流电压测量为0 V	两路差分直流输出均为所设共模电压，因此两端相减为0 V。需要确认共模电压时，应分别测量OUT+和OUT-对地电压。
输出幅度偏小或失真	确认频率为2 kHz，区分每端对地幅值与差分幅值，检查负载及测量仪器端接设置。未经驱动能力确认，不要按50 Ω 负载直接接入。
采样丢帧或CRC错误	检查USB线缆、接口及连接稳定性，核对采样配置；必要时降低采样率重试。错误未消除前，不使用该批数据评价ADC性能。

10. 总结

HPM高精度ADC评估套件通过PSG信号发生器、ADC评估板及HPM ADC Evaluation Studio上位机软件，提供从测试信号生成、数据采集到性能分析的完整评估流程。PSG支持低噪声直流信号和2 kHz正弦波输出，并提供单端、差分输出模式及共模电压设置，可满足不同ADC输入配置的测试需求。

借助上位机软件，用户可进行时域显示、频谱分析、直方图分析和线性度分析，评估ADC的动态性能、码值分布及非线性误差。通过下载并适配对应MCU的固件，还可将评估功能扩展至其他兼容板卡。

上位机同时提供MCP（模型上下文协议）接口，支持AI客户端通过自然语言指令完成设备查询、信号源设置、ADC采样配置、数据采集及性能分析，并导出原始数据和测试截图。借助该接口，用户可开展重复测量、参数扫描及自动化测试，减少手动操作，提高评估效率。使用时需完成MCP连接与令牌认证，并确认采样和分析任务实际完成后再读取结果。

使用前，应确认跳线、输出幅度、共模电压及ADC采样参数设置正确，确保输入信号处于目标板卡允许的电压范围内。评估结果应结合信号源性能、板卡配置及具体测试条件进行分析，以便开展性能对比和设计优化。