

你这轮的问题可以分成 6 块：(A) RSSI / Vpp / SNR 的区别与判别逻辑、(B) “FM 下扫台能扫到 AM/CW” 的原因、(C) AM 解调的几条实现路线（从最简到更稳）、(D) 是否需要额外 LNA、信号如何走线、(E) 有没有“一颗芯片式”的 AM 解调模块、(F) AGC 到  $1V \pm 0.1V$  的可行性。我把每块讲清，并给出可落地的连接图。

## A. RSSI / Vpp / SNR 分别是什么？怎么用来判 FM / AM / CW？

- **RSSI**：射频强度指示（功率），看的是**载波强不强**，跟是不是有调制、调什么制式**无关**。所以 AM/FM/CW 只要同频、场强大，RSSI 都会高。（[维基百科](#)）
- **Vpp（包络/音频幅度）**：这是**解调后**在音频端看到的峰峰值。不同解调器得到的 Vpp 代表的是**调制信息**（AM 的包络、FM 的基带）。
- **SNR**：音频信噪比。Si47xx 在 FM 模式能直接回报 SNR / VALID 等状态字节，用来判断“这个频点 FM 解调是不是像样”。（[skyworksinc.com](#)）

关键点：**RSSI ≠ Vpp**。RSSI 在“射频端”，Vpp 在“音频端”。

一键判别的实用流程（建议阈值，赛前用 tinySA 标定一遍）：

1. **FM 方式扫台**（100 kHz 步进），拿到若干 RSSI 高的候选频点。
2. 对每个候选频点：
  - 2.1 **在 FM 模式**读取 SNR 与音频 Vpp：
    - $SNR \geq 25\text{ dB}$  且 Vpp 高  $\Rightarrow$  **FM**（成立就直接输出 FM 音频）。
  - 2.2 **切换到 AM 解调链**（外接包络或同步检波），测 **Vpp\_AM**：
    - SNR\_FM 低、而 Vpp\_AM 中-高  $\Rightarrow$  **AM**。
    - SNR\_FM 低、Vpp\_AM  $\approx 0 \Rightarrow$  **CW（或几乎未调制）**。
3. 选定体制后，进入 **AGC 闭环**把输出锁到  $1V \pm 0.1V_{pp}$ 。

## B. “FM 扫台会把 AM/CW 也扫进来”的意思

Si47xx 的 **seek** 判定首先依赖 **RSSI/VALID**（“这有个强载波/像频道”），而不是“它是 FM/AM 吗”。因此**强 AM 或 CW** 在该频点也会被认为“有台”，进入候选集合；但一旦你在该点**尝试 FM 解调**，就会发现 **SNR\_FM 很低、音频失真/能量低**，这时再切换到 AM 检波看 Vpp\_AM，就能把它们分出来。这就是上面流程第 2 步的意义。Si47xx 的编程指南里也专门说，命令会回 **RSSI、SNR、VALID** 等状态做质量判断。（[skyworksinc.com](#)）

## C. “RC 包络能不能用？有没有更稳的做法？”

### C-1. 最简：二极管 + RC（包络检波）

- 原理：检波二极管把 88–108 MHz 的高频整流，RC 低通留下 300 Hz–3.4 kHz 包络。
- 选型&参数：**BAT54（肖特基）** 或 1N4148； $R \approx 4.7\text{ k}\Omega$ ， $C \approx 22\text{--}33\text{ nF}$  ( $f_{-3\text{ dB}} \approx 1\text{ kHz}$ )，就能覆盖语音带宽。做法正确时可以满足“无明显失真”的竞赛要求。（[ee-diary](#)）
- 注意：检波输出阻抗较高，后面要**缓冲**（见 C-3）。

## C-2. 更稳的“集成包络”

- 用**专用 RF 包络/对数检波器**，对  $-85\ldots-60\text{ dBm}$  的小信号更友好、带宽余量大、对飞线更不敏感：
  - **LT5534** (50 MHz–3 GHz, 60 dB 动态范围)，直接出 DC 包络，后面再 AC 耦合成音频。(模拟芯片官网)
  - **ADL5513** (1 MHz–4 GHz, 对数检波, 响应快)，也常见于现成模块。(模拟芯片官网)
- 这些芯片在国内电商/现货模块上都**较好买**（常见“LT5534 检波模块”“ADL5513 功率检波模块”关键词）。

## C-3. 缓冲与切换（为什么提 74HC4053 / 射随）

- **缓冲**：无论二极管还是检波芯片，输出都不适合直接拖  $8\ \Omega$  负载；加一个**射随或单电源运放**把阻抗降下来，失真会明显小。
- **切换**：用 **74HC4053** 把“FM 解调音频 (Si47xx) / AM 检波音频/静音”三路切到同一后级功放，便于 MCU 全自动体制切换。

## C-4. 同步/乘法检波（更“教科书式”的 AM）

- 用 **SA612/NE602** (500 MHz 信号、200 MHz 本振可用)，把载波与本振相乘得到基带（相当于同步检波）。需要给它一个 88–108 MHz 的本振；本振偏差会带来失真，但对语音宽带要求不高时可接受。(NXP半导体, AllDatasheet)
- 优点：对弱 AM（接近  $-85\text{ dBm}$ ）更稳；缺点：要加 LO (VCO/小晶振/锁相)，硬件复杂度高于 C-2。

**推荐取舍**：若时间紧、要抗飞线与失配风险，**优先 C-2 (LT5534/ADL5513 模块)**；其余保持简洁：缓冲 + 4053 切换即可。

## D. 要不要再加 LNA？信号怎么走？

竞赛输入范围  $-85\ldots-60\text{ dBm}$ 。Si4732 的 FM 前端自带 LNA/AGC，**FM 路不需要再加 LNA**。AM 路若用 **二极管 RC**，在  $-85\text{ dBm}$  处确实偏勉强；若改用 **LT5534/ADL5513**，就**不必额外 LNA**。真的担心裕量，可以加**可旁路的前置 LNA (+15 dB)**，但要考虑在  $-60\text{ dBm}$  端不会把 FM 前端推饱和（用继电器/开关在 AM 需要时才插入）。

**推荐走线/方框图：**

```

SMA(50Ω) — 50Ω分路 —┬─ 路A: Si4732 (FM解调) —> Audio_A
                      │
                      └─ 路B: AM检波(二选一)
                          [简易]二极管+RC+缓冲
                          [稳妥]LT5534/ADL5513模块+缓冲 —> Audio_B
Audio_A / Audio_B — 74HC4053(受MCU控制) —> PAM8403(8Ω) —> 1 Vpp 目标
  
```

**是否“经过”Si4732？** AM 体制时**不走 Si4732 的解调**，而是**RF 在分路处直接进 AM 检波器**；Si4732 仍用于扫台/读 RSSI/SNR 与体制判定。

## E. 有没有“一颗芯片式”的 AM 解调模块（国内好买）？

有两类，都常见有成品小板：

- **RF 包络检波模块**：基于 **LT5534** (50 MHz–3 GHz) 或 **ADL5513** (1 MHz–4 GHz)，直出包络（后面简单去直流即可得到音频）。指标、带宽、动态范围都远胜“裸二极管 RC”。([模拟芯片官网](#), [模拟芯片官网](#))
- **同步检波/乘法检波模块**：基于 **SA612/NE602**。你还需要一个 88–108 MHz 的本振（可以用小 VCO/压控+分频），整体更复杂。([NXP半导体](#), [AllDatasheet](#))

**考虑赛程与搭棚风险**：优先买 **LT5534 (或 ADL5513)** 小模块做 AM 路，一根同轴把 RF 分出来接过去，几乎“即插即用”。

---

## F. $1\text{ V} \pm 0.1\text{ Vpp}$ 的 AGC 还坚持“只靠 63 级音量”吗？

你担心得对：**1 dB/级** 的数字音量，电压步进  $\approx +12\%$ ，确实比  $\pm 10\%$  的目标还“粗”。但这不是死局：

- 方案 1（硬件细调）：在 Si4732 后加 **数字电位器/可编程衰减器**（如 256 级），做“**粗调 (1 dB) + 细调 (0.4 dB)**”。
  - 方案 2（纯软件抖动）：在 50 ms 控制周期里，在 **N 与 N+1 两档间按占空比切换**，等效得到“亚 1 dB”的平均增益（常用于音频/电源数字控制，听感无拍频）。
  - 无论哪种，PAM8403 的**固定电压增益 24 dB**是常规值，足够；它本身不提供细颗粒度增益，调节仍放在前级实现。([DigiKey](#), [AllDatasheet](#))
- 

## 最后，再回答两句你提到的“芯片到底能不能 AM”的根因

**Si4732 的频段**：FM 64–108 MHz；AM 520–1710 kHz（另有 LW/SW）。也就是说，它的 AM 解调并不覆盖 88–108 MHz，所以我们才需要 AM 外挂检波链路。这在多个官方/渠道版 datasheet 上都写得很清楚。  
([pdf.ic37.com](#), [Mouser](#))

---

### 你可以直接照着干的最小改动版方案

- **FM 路**：保持 Si4732（扫台、解调、读 SNR）。
- **AM 路**：买 **LT5534 (或 ADL5513)** 模块 → 模块输出经缓冲 → 进 74HC4053。
- **分路**：SMA 后用  $50\ \Omega$  电阻三分器/微型功分器分成 Si4732 和 AM 模块两路。
- **体制判别**：按“FM-SNR 高即 FM；否则看 AM-Vpp；两者皆低即 CW”那套阈值法。
- **AGC**：保留 Si4732 63 级作“粗调”，再加“细调”（数字电位器或抖动法），就能稳到  $1\text{ V} \pm 0.1\text{ Vpp}$ 。

需要的话，我可以把**阈值判别伪代码 + 4053 控制时序 + AGC 抖动实现**写成 80 行以内的示例给你。届时也可以把你 tinySA 的幅度-阈值标定脚本一起补上。