

频谱仪/接收机

9GHz 小型化接收机探头

SAE-90

产品手册（预览）

R1P0 2021-9-23

- 100kHz (9kHz 可用) 至 9.0 GHz 接收机、频谱仪与 IQ 数据记录
- 超外差式数字接收机架构
- 典型镜像抑制 >90dB、典型中频抑制 >95dB、14 段预选滤波器
- 80MHz 分析带宽，1.2 THz/s 频谱扫描速度，内置 FPGA 信号处理
- 轻至 188 克（内核模块），小至 118x60x15mm，功耗 6-10.5W，USB3.0/2.0 Type-C 接口
- 支持 ARM 与 x86 处理器，支持 linux 与 windows 操作系统



HAROGIC

小型化 接收机/频谱仪

SAE-90

简介

SAE-90 是一款基于超外差式数字中频架构的接收机/频谱仪模块，配备 USB3.0 接口与高速 FPGA 信号处理，在尤为紧凑的尺寸下提供了良好的性能。面向接收机、频谱监测、射频测试等应用进行了设计优化。支持频谱全景扫描、IQ 记录、功率检波、实时频谱分析四种工作模式。体积、重量、功耗针对现场及嵌入式应用优化。提供动态链接库与范例，可快速二次开发。

SAE-90 为接收机、频谱监测、便捷射频测试提供了尤为灵活的解决方案。在不足手机大的紧凑空间内，以不足 200g 的重量，实现了完整的外差式接收机与频谱仪系统。模块内置一个高集成度的超外差式接收机射频前端，同时具备了基于 FPGA 的后端数字处理系统以加速相关数字信号处理。基于 FPGA 的数字信号处理有效降低了设备对后端处理器的性能要求。即使在性能受限的低功耗 x86 或 ARM 处理器平台上，仍然可以部署 SAE-90 设备，并实现良好的工作效能。SAE-90 提供了对 linux 操作系统与 window 操作系统的支持。

产品概要

- 100kHz (9kHz 可用) 至 9GHz 接收机/频谱仪
- 超外差二次模拟变频接收机结构
- 重量轻至 188g (内核)，尺寸小至 118x60x15mm
- 功耗用户可控，峰值功耗 10.5W，可低至 6W
- FPGA 信号处理，内置 DDC 通道，低后处理计算需求
- 分析带宽：80 MHz (IQ 信号记录)
- 扫频速率：高达 1.2 THz/s (RBW \geq 300kHz)
- 硬件实现的典型镜像抑制达到 90dB
- 硬件实现的典型中频抑制达到 95dB
- DANL 低至 -161dBm/Hz, 30MHz 至 9GHz
- 相位噪声低至 -105dBm/Hz@10kHz 2.5GHz 载波
- 支持模拟中频输出 (250MHz, 限 50MHz-9GHz 频段)
- 动态链接库与 SASudio 应用软件
- 支持 ARM 与 x86 处理器
- 支持 linux 与 windows 操作系统

摘要

接收机架构：超外差式实时频谱分析仪/接收机

采用二次模拟变频与一次数字变频的超外差架构，避免了零中频架构的直流漂移及 IQ 不平衡产生的近端镜像。无需执行动态 IQ 校准即可获得额定性能。

扫描速度：Blackman-Nuttall 窗 (B-Nuttall)

扫速	RBW
1.36 THz/s	1MHz
910.0 GHz/s	100kHz
147.0 GHz/s	30kHz
17.9 GHz/s	10kHz
8.3 GHz/s	1kHz

幅度准确度

100kHz 至 6GHz	6GHz 至 9GHz	窗型
+/- 1.75dB	+/- 2dB	Flat-Top 窗
+/- 1.75dB	+/- 2dB	B-Nuttall 窗

显示平均噪声电平 (DANL):

频率范围	参考电 -20dBm	参考电 -40dBm
100kHz-50MHz	≤ -150.2 dBm/Hz	≤ -154.3 dBm/Hz
50MHz-700MHz	≤ -153.5 dBm/Hz	≤ -169.4 dBm/Hz
700MHz-2.7GHz	≤ -153.2 dBm/Hz	≤ -168.8 dBm/Hz
2.7GHz-4.5GHz	≤ -155.2 dBm/Hz	≤ -167.2 dBm/Hz
4.5GHz-8.5GHz	≤ -153.4 dBm/Hz	≤ -164.7 dBm/Hz
8.5kHz-9GHz	≤ -150.1 dBm/Hz	≤ -162.1 dBm/Hz

剩余响应：(优化算法关闭)

频率范围	参考电 = -20dBm	参考电 = -40dBm
100kHz-50MHz	< -120dBm	< -128dBm
50MHz-9GHz	< -105dBm	< -116dBm

本振泄漏:

100kHz-5GHz ≤ TBD

5GHz-9GHz ≤ TBD

预选滤波器：50MHz 至 9GHz，14 段

混频杂散

频率范围	混频杂散 (dBc)		镜像抑制 (dBc)	
	优化关	优化开	优化关	优化开
50MHz-3GHz	≤ -65	≤ -90	≤ -90	≤ -95
3GHz-6GHz	≤ -65	≤ -90	≤ -90	≤ -95
6GHz-9GHz	≤ -65	≤ -90	≤ -90	≤ -95

中频抑制：> 90dBc，典型值 95dBc

定位与时间同步

无内置 GPSDO，可外置

提供外部触发输入、参考时钟输入、串口接口

相位噪声：1GHz 中心频率

频偏	dBc/Hz
1kHz	-99.5
10kHz	-106.6
100kHz	-105.5
1MHz	-129.5

FPGA 信号处理

由 FPGA 实现数字下变频、抽取滤波、FFT 分析 (RBW ≥ 5kHz) 及相关内容、功率检波 (零扫宽) 及相关内容。

工作温度

标准等级：内核温度 0°C ~ 80°C / 环境温度 0°C ~ 50°C

扩展等级：内核温度 -20°C ~ 80°C / 环境温度 -20°C ~ 50°C

工业等级：内核温度 -40°C ~ 80°C / 环境温度 -40°C ~ 50°C

尺寸重量

内核模块：118x60x15mm，≤ 188g

含机壳：131x69x29mm ≤ 365g

功耗

6-10.5W，视不同工况

数据接口：Type-C USB3.0 (250MB/s) 或 USB2.0 (40MB/s)

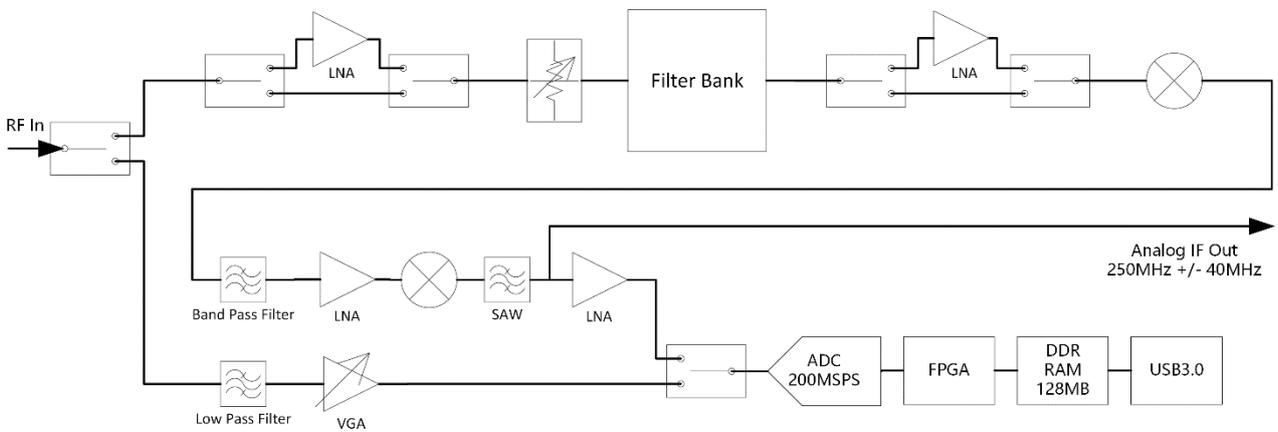
其他接口：

模拟中频输出，参考时钟输入、触发输入，触发输出，GPIO，串口

系统结构

射频及基带硬件框图

SAE-90 分为直接采样通道与变频通道两个信号硬件通路，直接采样通道用于处理低频信号，包含前置的抗混叠低通滤波与可变增益放大器。变频通道采用 2 次模拟变频加 1 次数字变频的方式实现，输入预调电路包括多级可旁路低噪声放大器、可调衰减器，提供了超过 60dB 的输入级增益调节范围，内置 14 段的预选滤波器可提供良好的干扰抑制、镜像抑制及中频抑制，SAE-90 物理实现的镜像抑制，在大部分频段优于 90dB、中频抑制优于 95dB。变频通道经过二次变频后信号被转换成中频信号，在经过高选择性滤波器之后信号由后端基带子系统进行采样及后端数字信号处理，中频模拟信号同时也可输出至对外的中频输出接口。



技术指标

SAE-90 技术指标* (典型值) (标准频谱分析模式)						
频率						
频率范围	100kHz (9kHz 可用) ~9GHz					
参考频率	内部或外部, 程控切换					
	10 MHz 内部时基频率准确度 +/- 1 ppm					
	10 MHz 内部时基老化<1 ppm/年, 温漂<1 ppm/°C					
频谱纯度						
单边带相位噪声	dBc/Hz					
载波频率	30MHz	500MHz	1GHz	3GHz	6GHz	9GHz
1 kHz	-114.7	-99.5	-99.5	-95.6	-88.4	-85.2
10 kHz	-132.7	-106.8	-106.6	-108.4	-106.1	-101.9
100 kHz	-134.5	-107.4	-105.5	-107.3	-105.2	-101.8
1 MHz	-136.7	-128.8	-128.4	-129.5	-124.5	-120.2
10MHz	-137.8	-129.7	-129.5	-132.2	-131.4	-131.2
剩余响应 RBW = 1kHz 正峰值检波	频率范围	R.L.=0 dBm		R.L.=-20 dBm		R.L.=-40 dBm
	9kHz-1.0GHz	< -90 dBm		< -108 dBm		< -115 dBm
	1.0GHz-2.0GHz	< -94 dBm		< -105 dBm		< -123 dBm
	2.0GHz-7.0GHz	< -100 dBm		< -105 dBm		< -120 dBm
	7.0GHz-9.0GHz	< -92 dBm		< -105 dBm		< -116 dBm
镜频抑制	典型值 >90dBc (优化算法关闭) 典型值 >95dBc (优化算法开启)					
中频抑制	典型值 >95dBc					
固定点频杂散	100MHz、300MHz、500MHz、1500MHz、1600MHz 最大强度<-85dBfs					
频谱纯度-输入相关杂散						
本振杂散	<-70dBc (优化算法关闭) (偏离中心频率+/- N*100MHz, N = 1,3,5...) <-95dBc (优化算法开启)					
输入相关杂散	<-65dBc (优化算法关闭)					
中频信号处理						
最大瞬时带宽	80 MHz					
ADC 抗混叠	>65dBc					
数字 IQ 数据	200MSPS, 16bit (含数字信号处理) (ADC 原生位宽 14bit 或 12bit)					
存储深度	模块内置缓存 125MBytes (抽取倍数=1, 记录带宽 = 80MHz)					
	流盘至外部硬盘时仅取决于硬盘容量 (抽取倍数≥2, 记录带宽 = 80MHz/抽取倍数)					
抽取倍数	1,2,4,8,16,32,40,48,64,80,100,128...504000,800000 超过 40 个档位					
模拟中频输出	250MHz +/-40MHz					
幅度						
最大毁损输入功率 (连续波)	23dBm		30 MHz-9GHz 且 参考电平 ≥0dBm (接收机低增益状态)			
	10dBm		100kHz-30MHz 或参考电平 < 0dBm (接收机高增益状态)			
最大直流电压	+/-12 VDC					
显示范围	DANL-23 dBm					
绝对电平精度	+/- 1.75 dB (100kHz-6GHz); +/- 2.0 dB (6GHz-9GHz);					
中频带内平坦度	+/- 1.75 dB (40MHz 模拟中频带宽档位); +/- 2.0 dB (80MHz 模拟中频带宽档位)					
参考电平 (R.L.)	-50dBm-23dBm (80MHz 模拟中频带宽档位)					
	-65dBm-23dBm (80MHz 模拟中频带宽档位)					

显示平均噪声电平 (DANL) RBW = 10kHz RMS 检波	频率范围	R.L.=-20 dBm (IFGainGrade = 2)	R.L.=-40 dBm (IFGainGrade = 2)	R.L.=-60 dBm (IFGainGrade = 3)
	9kHz-100kHz	TBD	TBD	TBD
	100kHz-50MHz	≤ -150.2 dBm/Hz	≤ -157.2 dBm/Hz	≤ -154.3 dBm/Hz
	50MHz-700MHz	≤ -153.5 dBm/Hz	≤ -167.8 dBm/Hz	≤ -169.4 dBm/Hz
	700MHz-2.7GHz	≤ -153.2 dBm/Hz	≤ -167.7 dBm/Hz	≤ -168.8 dBm/Hz
	2.7GHz-4.5GHz	≤ -155.2 dBm/Hz	≤ -166.8 dBm/Hz	≤ -167.2 dBm/Hz
	4.5GHz-8.5GHz	≤ -153.4 dBm/Hz	≤ -164.1 dBm/Hz	≤ -164.7 dBm/Hz
8.5GHz-9GHz	≤ -150.1 dBm/Hz	≤ -161.2 dBm/Hz	≤ -162.1 dBm/Hz	
标准 FFT 频谱分析设置				
FFT 窗型	Flat-top 窗, Blackman-Nuttall 窗 (B-Nuttall 窗)			
扫描时间控制	支持			
分辨率带宽	1Hz-10 MHz			
视频带宽设置	提供 VBW 至 RBW 比例的档位设置			
扫描时间控制	支持, 提供最大功率检出、平均功率检出 及 最大值保持检出			
迹线检波方式	正态, 抽样, 正峰值, 负峰值, 均方根值			
迹线输出点数设置	系统自动匹配最接近目标值的可设置迹线点数			
频谱扫描速度	1360 GHz/s	RBW=1 MHz, Blackman-Nuttall 窗, 功耗控制关闭		
	910 GHz/s	RBW=100 kHz, Blackman-Nuttall 窗, 功耗控制关闭		
	137 GHz/s	RBW=25 kHz, Blackman-Nuttall 窗, 功耗控制关闭		
通用规格				
输入输出	电源	Type-C (1), 供电专用口		
	通信接口	Type-C (2), USB3.0 (USB2.0 可用但带宽受限)		
	射频输入端口	SMA (F), 输入阻抗 50 Ω		
	10 MHz 参考时钟输入	MMCX (F)(1), 幅度 ≥ 1.5Vpp, 输入阻抗 330 Ω		
	模拟中频输	MMCX (F)(2), 最大输出功率 -25dBm, 输出阻抗 50 Ω		
	触发、GPIO、串口	专用扩展口, 需配合扩展 IO 板使用 (选件)		
功耗	峰值功耗 10.5W, 功耗可调节范围 6W-10.5W			
工作温度 (设备内核温度)	0-80°C			
	-20-80°C (选件) (不含外壳)			
存储温度 (环境温度)	-40-85°C (选件) (不含外壳)			
尺寸 (深*宽*高) 与重量	118x60x16mm, ≤ 188 g (不含保护壳及结构配件) 131x69x29mm ≤ 365 g (包含保护壳及结构配件)			
包装附件	闪存盘*1, USB 3.0 数据线*2, 电源适配器*1			

*指标典型值适用于以下条件: (1) 开机预热 10 min (2) 环境温度 25°C (内核温度 50°C) (3) 杂散优化算法关闭 (4) 80MHz 模拟中频与 IFGainGrade = 2

射频输入预调

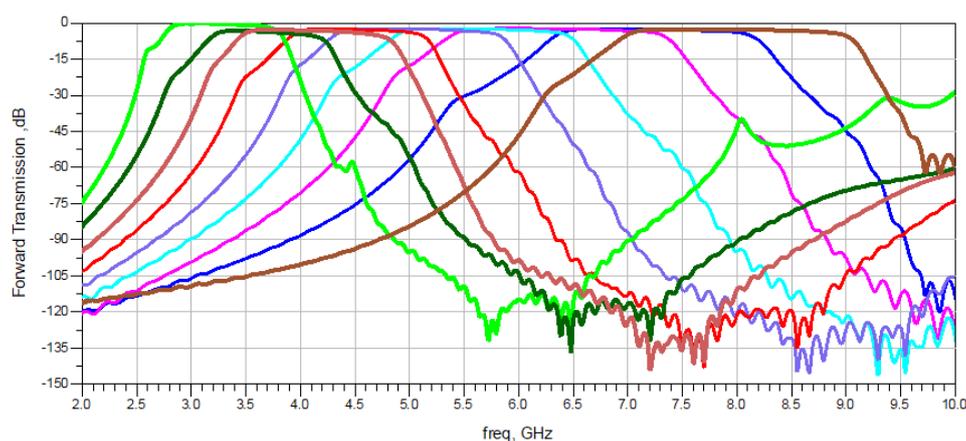
SAE-90 使用了下图所示的射频输入预调结构，包括 1) 可旁路前置低噪声放大器 2) 可调衰减器 3) 14 段预选滤波器 4) 可旁路后置低噪声放大器。



SAE-90 共设置了 13 段变频通道预选滤波器与 1 段直接采样通道抗混叠滤波器，各频段频率范围如下表所示：

序号	频率范围	序号	频率范围
1	0.009-60MHz LPF	8	3760-4400 MHz BPF
2	30-1000 MHz LPF	9	4250-4840 MHz BPF
3	900-2200 MHz BPF	10	4690-5480 MHz BPF
4	2200-2850 MHz BPF	11	5330-6030 MHz BPF
5	2750-3400 MHz BPF	12	5880-6850 MHz BPF
6	3040-3600 MHz BPF	13	6700-7550 MHz BPF
7	3420-3910 MHz BPF	14	7400-9000 MHz BPF

部分预选滤波器归一化频率响应如下图所示：



典型指标

扫描速度

RBW	扫描速度 x86	扫描速度 ARM	RBW	扫描速度 x86	扫描速度 ARM
10 MHz	1043 GHz/s	1030GHz/s	10 kHz	17.9 GHz/s	18.3 GHz/s
5 MHz	1360 GHz/s	1330GHz/s	5 kHz	43.0 GHz/s	5.6 GHz/s
2 MHz	1360 GHz/s	1330GHz/s	2 kHz	16.6 GHz/s	1.45 GHz/s
1 MHz	1360 GHz/s	1330GHz/s	1 kHz	8.3 GHz/s	740 MHz/s
500 kHz	1288 GHz/s	1250GHz/s	500 Hz	2.7 GHz/s	340 MHz/s
250 kHz	1288 GHz/s	1250GHz/s	100 Hz	245 MHz	83 MHz/s
100 kHz	910 GHz/s	920GHz/s	50 Hz	61.2 MHz	40 MHz/s
50 kHz	389 GHz/s	380GHz/s	10 Hz	2.44 MHz	2.4 MHz/s
25 kHz	137 GHz/s	140GHz/s	1 Hz	24.4 kHz	24.6 kHz/s

Nuttall 窗, PowerBalance =0, 50MHz-9GHz 扫描, 80MHz 中频带宽
 X86 架构处理器: intel i7 9700H
 ARM 架构处理器: Rockchip RK3399

功耗

参考电平	RBW	标准频谱分析模式, 电源接口供电功率 (W) + USB 总线供电功率 (W)			
		PowerBalance = 0	PowerBalance = 50	PowerBalance = 200	PowerBalance = 1000
0dBm	300kHz	6.20 + 2.20	5.38 + 2.05	4.55 + 1.90	4.02 + 1.75
	25kHz	6.40 + 2.50	6.00 + 2.50	5.20 + 2.12	4.20 + 1.90
	1kHz	6.30 + 3.00	6.30 + 3.00	6.30 + 3.00	5.90 + 2.90
-40dBm	300kHz	7.26 + 2.20	6.0 + 2.05	4.92 + 1.90	4.30 + 1.75
	25kHz	7.30 + 2.20	6.80 + 2.05	5.60 + 1.90	4.60 + 1.75
	1kHz	7.10 + 3.00	7.10 + 3.00	7.05 + 3.00	6.60 + 2.90

50MHz-9GHz 标准频谱分析, Nuttall 窗, 杂散优化算法关闭

参考电平	频率	IQ 记录模式, 电源接口供电功率 (W) + USB 总线供电功率 (W)
0dBm	1GHz	TBD
	3GHz	TBD
	6GHz	TBD
	9GHz	TBD
-40dBm	1GHz	7.10 + 2.20
	3GHz	7.10 + 2.20
	6GHz	7.00 + 2.20
	9GHz	6.95 + 2.20

欢迎访问 **HAROGIC®**官方网站 www.harogic.com 以了解更多内容

服务信箱: supports@harogic.com

服务电话: 025-8330-5049

SAE-90 Product Brochure

HAROGIC® 版权所有

