

团 体 标 准

T/CACC XXXX—XXXX

车用芯片技术 射频前端芯片技术要求 及试验方法 第 1 部分：蜂窝移动通信

Automotive Chip Technology
Radio Frequency Front-end Chip Technical Requirements and Test Methods
Part 1: Cellular Mobile Communications

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2024.9）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

天津市汽车芯片标准检测创新联合会 发 布

目 次

前言 IV

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 可靠性要求 3

 5.1 总则 3

 5.2 加速环境应力测试要求 3

 5.3 加速寿命模拟测试要求 4

 5.4 封装组装整合测试要求 5

 5.5 晶圆可靠性测试要求 5

 5.6 电气特性确认测试要求 6

 5.7 缺陷筛选测试要求 7

 5.8 腔体封装完整性测试要求 7

6 制式功能要求 7

 6.1 2G 制式的功能要求 7

 6.2 3G 制式的功能要求 8

 6.3 4G 制式的功能要求 8

 6.4 5G 制式的功能要求 8

7 技术要求 8

 7.1 功率放大器技术要求 8

 7.2 低噪声放大器技术要求 8

 7.3 射频开关技术要求 8

 7.4 滤波器技术要求 8

8 实验方法 9

 8.1 功率放大器实验方法 9

 8.2 低噪声放大器试验方法 9

 8.3 射频开关试验方法 9

 8.4 滤波器试验方法 9

附录 A （规范性） PA 性能试验方法 10

附录 B （资料性） 稳定性性能试验方法 11

附录 C （资料性） 鲁棒性试验方法 12

附录 D （资料性） 散射参数（S 参数）试验方法 13

附录 E （资料性 ） 输入三阶交叉截止点（IIP3）试验方法..... 14

附录 F （资料性 ） 耐受功率试验方法..... 16

附录 G （资料性 ） 切换时间试验方法..... 17

参考文献..... 18

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由天津市汽车芯片标准检测创新联合会提出。

本文件由天津市汽车芯片标准检测创新联合会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

随着智能网联汽车的飞速发展，车内系统与外部通信的需求日益频繁，如导航、车联网应用、远程诊断、车辆追踪服务和车辆间协同等。而蜂窝通信模块则起到了桥梁的作用，负责信号的接收、发射、分析等。

射频前端芯片在蜂窝通信模块中扮演者非常关键的角色。它位于通信链路的前端，承担着接收、处理和发送射频信号的重要任务。通过精确的频率选择、信号放大和滤波功能，射频前端芯片能够有效地提高车辆通信系统的接收灵敏度和抗干扰能力，确保在复杂的通信环境中稳定传输数据和语音信息。此外，它还负责功率的管理与调控，以确保在不同的通信模式下能够提供稳定且高效的信号传输。总体而言，射频前端芯片不仅是车载通信系统的关键组成部分，更是保障车辆智能连接性和安全驾驶的重要技术支持。

射频前端芯片在车载通信系统中的应用与发展具有广阔的前景，同时在智能驾驶和车辆互联方面的应用也为汽车科技的发展带来了新的机遇。

团标的制定将涵盖技术要求、可靠性要求、电磁兼容要求、检验规则等方面，为射频前端芯片的设计和实验方法提供明确的指导。

车用芯片技术 射频前端芯片技术要求及试验方法

第 1 部分：蜂窝移动通信

1 范围

本文件规定汽车用射频前端芯片的可靠性要求、制式功能要求、技术要求，描述了相应的试验方法。
本文件适用于指导整车厂、零部件供应商、软件供应商、第三方测评机构等企业，开展汽车用射频前端芯片的研发测试和应用等。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.1-2001 《电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温》（Environmental testing for electric and electronic products—Part 2:—Test methods Tests A:Cold）

GB/T 4937.4-2012 《半导体器件 机械和气候试验方法 第4部分：强加速稳态湿热试验（HAST）》（Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 4: Damp heat, steady state, highly accelerated stress test (HAST)）

GB/T 4937.12-2018 《半导体器件 机械和气候试验方法 第12部分：扫频振动》（Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 12:Vibration,variable frequency）

GB/T 4937.19-2018 《半导体器件 机械和气候试验方法 第19部分：芯片剪切强度》（Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 19:Die shear strength）

GB/T 4937.21-2018 《半导体器件 机械和气候试验方法 第21部分：可焊性》（Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 21:Solderability）

GB/T 4937.22-2018 《半导体器件 机械和气候试验方法 第22部分：键合强度》（Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 22:Bond strength）

GB/T 4937.23-2023 《半导体器件 机械和气候试验方法 第23部分：高温工作寿命》（Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 23:High temperature operating life）

GB/T 4937.26-2023 《半导体器件 机械和气候试验方法 第26部分：静电放电(ESD)敏感度测试 人体模型(HBM)》（Semiconductor devices—Mechanical and climate test methods—Part 26:Electrostatic discharge(ESD)sensitivity testing—Human body model(HBM)）

GB/T 4937.30-2018 《半导体器件 机械和气候试验方法 第30部分：非密封表面安装器件在可靠性试验前的预处理》（Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 30:Preconditioning of non-hermetic surface mount devices prior to reliability testing）

YD/T 1214-2006 900/1800MHz TDMA数字蜂窝移动通信网通用分组无线业务(GPRS)设备技术要求：移动台

YD/T 1547-2019 WCDMA数字蜂窝移动通信网终端设备技术要求（第三阶段）

YD/T 2575-2016 TD-LTE数字蜂窝移动通信网 终端设备技术要求（第一阶段）

YD/T 2577-2013 LTE FDD数字蜂窝移动通信网 终端设备技术要求（第一阶段）

YD/T 3627-2019 5G数字蜂窝移动通信网 增强移动宽带终端设备技术要求（第一阶段）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

射频前端芯片 Radio Frequency Front-end Chip

将无线电信号转换成一定的无线电信号波形，并通过天线实现电磁波信号收发的一种电子元器件。

3.2

射频开关 Switch

用于控制射频信号通道转换的电子元器件。

3.3

射频滤波器 Filter

用于较大的衰减射频干扰信号的电子元器件。

3.4

稳定性 Stability

反映了器件的输入输出在不同的条件下所呈现出来的稳定性状态。

3.5

鲁棒性 Ruggedness

反映了器件的输出在不同的条件下所呈现出来的状态。

3.6

功率耐受 Power Handle

反映了器件的输入输出在不同的功率条件下所呈现出来的状态。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PC: 预处理 (Precondition Test)

THB: 温湿度偏压测试 (Temperature Humidity Bias Test)

HAST: 偏压高加速应力试验 (Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test)

AC: 高压蒸煮试验 (Auto Clave)

UHST: 无偏高加速应力试验 (Un-bias High accelerated temperature and humidity stress test)

TH: 无偏温湿度试验 (Temperature Humidity Test)

TC: 温度循环试验 (Temperature Cycling)

PTC: 功率温度循环试验 (Power Temperature Cycling)

HTSL: 高温贮存寿命试验 (High temperature storage life test)

LTSL: 低温贮存寿命试验 (Low temperature storage life test)

HTOL: 高温工作寿命试验 (High Temperature Operating Life)

ELFR: 早期失效率试验 (Early Life Failure Rate)

LTOL: 低温工作寿命 (Low Temperature Operating Life)

EDR: 非易失性存储器耐久性、数据保持性、工作寿命 (Event Data Recorder)

WBS: 键合金球剪切试验 (Wire Bond Shear)

WBP: 键合金球拉力试验 (Wire Bond Pull)

SD: 可焊性试验 (Solderability)

PD: 物理尺寸试验 (Physical Dimensions)

SBS: 锡球剪切 (Solder Ball Shear)

LI: 引脚完整性 (Line Integrity)
 EM: 电迁移 (Electro Migration)
 TDDB: 经时介质击穿 (Time Dependent Dielectric Breakdown)
 HCI: 热流子注入效应 (Hot Carrier Injection)
 NBTI: 负偏压温度不稳定性 (Negative Bias Temperature Instability)
 SM: 应力迁移 (Stress Migration)
 TEST: 应力测试前后功能/参数 (Stress Test)
 HBM: 电放电人体模型试验 (Human-Body Model)
 CDM: 静电放电充电装置模型试验 (Charged Device Model)
 LU: 高温门锁试验 (Latch Up)
 ED: 电分配 (Electricity Distribution)
 FG: 故障等级 (Fault Grade)
 CHAR: 特性描述 (Characteristics)
 SC: 短路特性描述 (Circuit Short)
 SER: 软误差率 (Soft Error Rate)
 LF: 无铅 (Lead-Free)
 PAT: 过程平均测试 (Process Average Test)
 SBA: 统计式良率分析 (Statistical Bin Analysis)
 MS: 机械冲击 (mechanical shock)
 VFV: 变频振动 (Variable frequency vibration)
 CA: 恒定加速度 (Constant Acceleration)
 GFL: 粗/细检漏测试 (Ground Fault Locator)
 DROP: 包装跌落 (Drop Test)
 LT: 封盖扭矩测试 (Lid Torque)
 DS: 芯片剪切试验 (Die Shear)
 IWV: 内部水汽含量测试 (Integrated Water Vapor)
 2G: 第二代通信技术 (Second Generation)
 3G: 第三代通信技术 (3rd Generation)
 4G: 第四代通信技术 (4th Generation)
 5G: 第五代通信技术 (5th Generation)
 PA: 功率放大器 (Power Amplifier)
 ACLR: 邻道功率泄露比 (Adjacent Channel Leakage Ratio)
 QAM: 正交调制 (Quadrature Amplitude Modulation)
 EVM: 矢量误差 (Error Vector Magnitude)
 VSWR: 电压驻波比 (Voltage Standing Wave Ratio)
 EVB: 评估板 (Evaluation Board)
 OIP3: 输出三阶交叉截止点 (Output Third Order Intercept Point)
 IIP3: 输入三阶交叉截止点 (Input Third Order Intercept Point)

5 可靠性要求

5.1 总则

以下为可靠性要求中应遵循的原则:

- “●” 为必须项;
- “-” 为可选项。

5.2 加速环境应力测试要求

加速环境应力测试应满足表1以下要求。

对于芯片功率大于1W或温升大于40°C或驱动感性负载的工况，在符合其中一种情况下应满足PTC要求，其他情况不涉及。PTC测试按照Grade等级，实验要求分组如下：

- Grade 0: 环境温度 -40°C to +150°C，1000个循环；
- Grade 1: 环境温度 -40°C to +125°C，1000个循环；
- Grade 2: 环境温度 -40°C to +105°C，1000个循环；
- Grade 3: 环境温度 -40°C to +85°C，1000个循环。

表 1 加速环境应力测试要求

测试分组	应力方式	简称	样品数	批数	接受标准	试验方法	必做项
测试组 A- 加速环境应力测试	预处理	PC	77/批	3	未出现失效情况	GB/T 4937.30	●
	有偏温湿度或有偏高加速 应力试验	THB 或 HAST	77/批	3	未出现失效情况	GB/T 4937.4	●
	高压蒸煮或无偏高加速应力试验或无偏温湿度试验	AC 或 UHST 或 TH	77/批	3	未出现失效情况	GB/T 4937.33	●
	温度循环	TC	77/批	3	未出现失效情况	IEC 60749-25	●
	功率温度循环	PTC	45/批	1	未出现失效情况	IEC 60749-34	—
	高温贮存寿命	HTSL	45/批	1	未出现失效情况	IEC 60749-6	●
	低温贮存寿命	LTSL	25/批	1	未出现失效情况	GB/T 2423.1	●

5.3 加速寿命模拟测试要求

加速寿命模拟测试应满足表2要求。

表 2 加速寿命模拟测试要求

测试分组	应力方式	简称	样品数	批数	接受标准	试验方法	必做项
测试组 B- 加速寿命模拟测试	高温工作寿命	HTOL	77/批	3	未出现失效情况	GB/T 4937.23	●
	早期寿命失效率	ELFR	800/批	3	未出现失效情况	AEC Q100-008	●
	低温工作寿命	LTOL	25/批	1	未出现失效情况	GB/T 2423.1	—

	非易失性存储器耐久性、数据保持性、工作寿命	EDR	77/批	3	未出现失效情况	AEC Q100-005	—
--	-----------------------	-----	------	---	---------	--------------	---

5.4 封装组装整合测试要求

- 封装组装整合测试应满足表3要求。
- BGA & Flip-Chip BGA封装类芯片应满足SBS要求，其他封装类芯片不涉及；
 - QFN封装应满足LI要求，其他封装类芯片不涉及。

表 3 封装组装整合测试要求

测试分组	应力方式	简称	样品数	批数	接受标准	试验方法	必做项
测试组 C-封装 组装完整性测试	引线键合剪切	WBS	最少 5 个器件中的 30 个邦线		Cpk>1.67	GB/T 4937.19	●
	引线键合拉力	WBP			Cpk>1.67 或温度循环 后未出现失效情况	GB/T 4937.22	●
	可焊性	SD	15	1	覆盖 95%以上引脚	GB/T 4937.21	●
	物理尺寸	PD	10	3	Cpk>1.67	JESD22-B100 和 B108, AEC Q003	●
	锡球剪切	SBS	最少 10 个器件中的 5 个锡球	3	Cpk>1.67	AEC Q100-010, AEC Q003	●
	引脚完整性	LI	5 个零件中的某 1 个的 10 个引脚	1	无引脚破损 或开裂	IEC 60749-3	●

5.5 晶圆可靠性测试要求

晶圆可靠性测试应满足表4要求。

表 4 晶圆可靠性测试要求

测试分组	应力方式	简称	样品数	批数	接受标准	试验方法	必做项
测试组 D- 晶圆可靠性测试	电迁移	EM	—	—	—	—	—
	经时介电击穿	TDDDB	—	—	—	—	—

	热流子注入效应	HCI	—	—	—	—	—
	负偏压温度不稳定性	NBTI	—	—	—	—	—
	应力迁移	SM	—	—	—	—	—

5.6 电气特性确认测试要求

电气特性确认测试应满足表5要求。

表5 电气特性确认测试要求

测试分组	应力方式	简称	样品数	批数	接受标准	试验方法	必做项
测试组 E- 电气特性验证测试	应力测试前后功能/参数	TEST	全部	全部	未出现失效情况	测试项目根据供 应者数据规格或 使用者说明	●
	静电放电人体模式	HBM	测试项目根 据供应者数 据规格或使 用者说明	1	未出现失 效情况 2KV HBM	GB/T 4937.26	●
	静电放电带电器件 模式	CDM	测试项目根 据供应者数 据规格或使 用者说明	1	未出现失 效情况 750V 边角 引脚, 500V 其它引脚	IEC 60749-28	●
	闩锁效应	LU	6/批	1	未出现失 效情况	IEC 60749-29 Ed2.0	●
	电分配	ED	30/批	3	Cpk>1.67	AEC Q100-009, AEC Q003	—
	故障等级	FG	—	—	见 AEC Q100-007	AEC Q100-007	—
	特性描述	CHAR	—	—	—	AEC Q003	—
	短路特性描述	SC	10/批	3	未出现失 效情况	AEC Q100-012	—
	软误差率 SER	SER	3/批	1	—	无加速 JESD89-1 或 加速 JESD89-2 或 JESD89-3	—

	无铅	LF	测试项目根据供应者数据规格或使用 者说明	AEC Q005	—
--	----	----	-------------------------	----------	---

5.7 缺陷筛选测试要求

缺陷筛选测试应满足表6要求。

表 6 缺陷筛选测试要求

测试分组	应力方式	简称	样品数	批数	接受标准	试验方法	必做项
测试组 F- 缺陷筛选测试	过程平均测试	PAT	—	—	—	AEC Q001	—
	统计式良率分析	SBA	—	—	—	AEC Q001	●

5.8 腔体封装完整性测试要求

腔体封装完整性测试应满足表7要求。

表 7 腔体封装完整性测试要求

测试分组	应力方式	简称	样品数	批数	接受标准	试验方法	必做项
测试组 G-腔体封 装完整性测试	机械冲击	MS	15/批	1	未出现失 效情况	IEC 60749-10	●
	变频振动	VFV	15/批	1	未出现失 效情况	GB/T 4937.12	●
	恒定加速度	CA	15/批	1	未出现失 效情况	IEC 60749-10	—
	粗/细检漏测试	GFL	15/批	1	未出现失 效情况	MIL-STD-883 Method 1014	—
	包装跌落	DROP	5/批	1	未出现失 效情况	—	—
	封盖扭矩测试	LT	5/批	1	未出现失 效情况	MIL-STD-883 Method 2024	—
	芯片剪切试验	DS	5/批	1	未出现失 效情况	GB/T 4937.19	—
	内部水汽含量测试	IWV	5/批	1	未出现失 效情况	IEC 60749-7	—

6 制式功能要求

在制式功能要求的评估过程中，应以通信终端整体考虑制式要求，应至少应满足4G制式，其他移动通信制式可由供需双方协商确定。

6.1 2G 制式的功能要求

全球移动通讯系统芯片（以下简称“芯片”）GSM制式的功能包含“GSM电路交互业务与功能”与“GPRS业务与功能”两部分。各层的功能描述，应符合YD/T 1214-2006中的要求。

6.2 3G 制式的功能要求

芯片3G制式的功能包含物理层功能，应符合YD/T 1547-2019中的要求。

6.3 4G 制式的功能要求

芯片4G制式的功能包含物理层功能，应符合YD/T 2575-2016中的要求。

6.4 5G 制式的功能要求

芯片5G制式的功能包含物理层功能，应符合YD/T 3627-2019中的要求。

7 技术要求

射频前端芯片根据功能可以分成发射和接收两部分，主要包括：射频信号增益和功率放大、射频频段切换、杂散信号抑制等重要性能指标。

射频前端芯片包括功率放大器，低噪声放大器，射频开关，滤波器等。由于不同类型的器件主要关注点不同，分解测试指标如下。

7.1 功率放大器技术要求

7.1.1 性能要求

性能测试反应的是在负载 50Ω 条件下的性能表现，至少应包括频段、输出功率，EVM、ACLR、PAE、工作电流、增益、谐波、TX Noise等指标，且应符合以下要求：

- EVM指标对于涉及到QAM256调制方式的，应小于2.5%；
- ACLR指标应在相应的功率等级(PC2, PC3)基础上增加至少3dB的裕量；
- 频段、输出功率、PAE、工作电流、增益、谐波、TX Noise指标可由供需双方协商确认；
- 极端温度环境下应回退功率进行测试，输出功率回退标准 $1\text{dB}\sim 1.5\text{dB}$ 。

7.1.2 稳定性要求

稳定性应满足以下要求：通过标准：杂散功率应低于 -36dBm 。

7.1.3 鲁棒性要求

鲁棒性应符合以下要求：通过标准：确保测试完毕后器件不烧毁且电性能不发生明显变化。

7.2 低噪声放大器技术要求

主要技术指标至少应包含在不同环境温度下的直流特征，散射参数（即S参数，包括：增益、回波损耗、反向隔离）、输入P1dB、噪声系数、输出三阶交叉截止点（IIP3）、切换时间等。

具体指标要求可由供需双方协商确定。

7.3 射频开关技术要求

主要技术指标要求包含在不同环境温度下的散射参数（即S参数，插入损耗、隔离、回波损耗）、耐受功率、谐波、切换时间、0.1dB压缩点。

具体指标要求可由供需双方协商确定。

7.4 滤波器技术要求

主要技术指标要求包含在不同环境温度下的散射参数（即S参数）测试以及耐受功率，其中S参数测试包括：插损、回波损耗、通带纹波、群延时、带宽、阻带抑制。

具体指标要求可由供需双方协商确定。

8 实验方法

8.1 功率放大器实验方法

功率放大器试验方法应符合7.1技术要求，按照以下方法进行验证：

- PA性能验证试验方法及典型连接见附录A；
- 稳定性验证试验方法及典型连接见附录B；
- 鲁棒性验证试验方法及典型连接见附录C。

8.2 低噪声放大器试验方法

低噪声放大器试验方法应符合7.2技术要求，按照以下方法进行验证：

- 增益、回波损耗、反向隔离等S参数相关指标测试试验方法见附录D；
- P1dB测试试验方法见附录D，此时的网络分析仪应工作在功率扫描模式，并在测试前进行功率校准；
- 噪声系数可选择冷源法和Y因子法，不做要求；
- IIP3试验方法见附录E；
- 切换时间试验方法见附录G。

8.3 射频开关试验方法

射频开关试验方法应符合7.3技术要求，按照以下方法进行验证：

- 插入损耗、隔离、回波损耗等S参数相关指标测试试验方法见附录D；
- Power Handle、谐波、P0.1dB测试试验方法见附录F；
- 切换时间，试验方法见附录G。

8.4 滤波器试验方法

滤波器试验方法应符合7.4技术要求，按照以下方法进行验证：

- S参数相关指标测试试验方法见附录D；
- Power Handle试验方法见附录F。

附录 A
(规范性)
PA 性能试验方法

A.1 采用图 A.1 中描述的性能测试典型连接，来对 PA 性能试验方法进行说明。



图 A.1 PA 性能测试典型连接示例

A.2 测试条件

温度：按照车规级芯片要求（AEC-Q100[18]温度等级）。

A.3 测试步骤

PA性能试验方法测试步骤如下：

- a) 系统校准，主要包括输入端插损，输出端插损；
- b) 连接被测件，并提供电源和控制信号；
- c) 矢量信号分析仪记录测试数据如输出功率，ACLR、EVM 等；
- d) 电源记录电流测试数据，注意时分信号需要考虑占空比的影响。

附录 B
(资料性)
稳定性性能试验方法

B.1 概述

稳定性测试反映的是PA输入、输出在不同的电压驻波比条件下所呈现出来的稳定性状态。

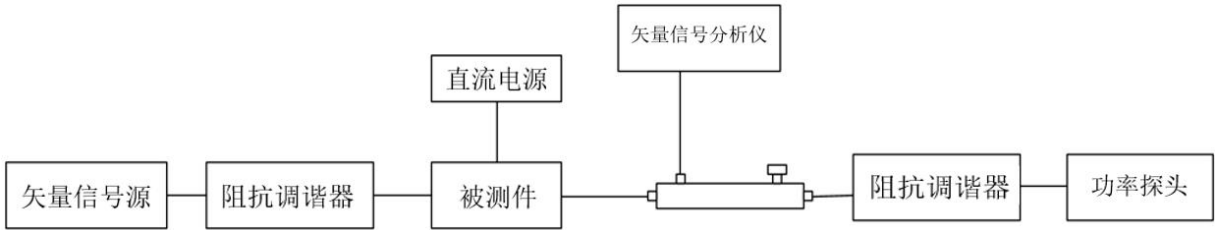


图 B.1 稳定性性能试验典型连接示例

B.2 测试条件

- 负载 VSWR：模组端口电压驻波比 = 6:1、天线端口电压驻波比 = 10:1；
- 负载相位：0 - 360°，步进 30°；
- 各相位停留时间：≥3s；
- VCC：典型工作电压；
- Temperature：按照车规级芯片要求（AEC-Q100 温度等级）。

B.3 测试步骤

稳定性性能试验方法测试步骤如下：

- 对应测试温度的负载 50Ω 条件下，确定在输出功率=额定功率情况下对应的输入功率 Pin；
- 输入信号采用实际工作所需调制波形；
- 将负载 VSWR 设定为目标值，输入刚才的 Pin 功率，并转动负载相位；
- 记录杂散测试结果。

附录 C
(资料性)
鲁棒性试验方法

C.1 概述

鲁棒性测试反映的是PA输出在不同的电压驻波比条件下所呈现出来的稳定性状态。

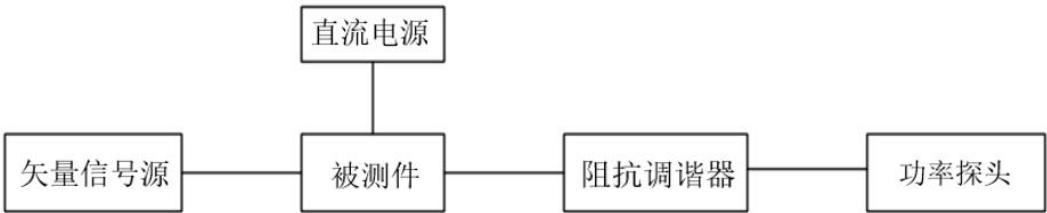


图 C.1 鲁棒性试验典型连接示例

C.2 测试条件

- 负载VSWR：模组端口电压驻波比=6:1、天线端口电压驻波比=10:1；
- 负载相位：0 - 360°，步进30°；
- 各相位停留时间≥3s；
- VCC：典型工作电压最大值+0.5V；
- 温度：按照车规级芯片要求（AEC-Q100温度等级）。

C.3 测试步骤

鲁棒性试验方法测试步骤如下：

- 对应测试温度的负载 50 Ω 条件下，确定在输出功率=额定功率+2 的情况下，对应的输入功率或输入功率=0 dBm(两者取最大)；
- 输入信号采用实际工作所需调制波形；
- 将负载 VSWR 设定为目标值，输入步骤 a 中确认的输入功率，并转动负载相位；
- 记录工作电流。

附录 D
(资料性)
散射参数 (S 参数) 试验方法

D.1 概述

采用图 D.1 中描述的散射参数 (S 参数) 测试典型连接, 来对散射参数 (S 参数) 试验方法进行说明。

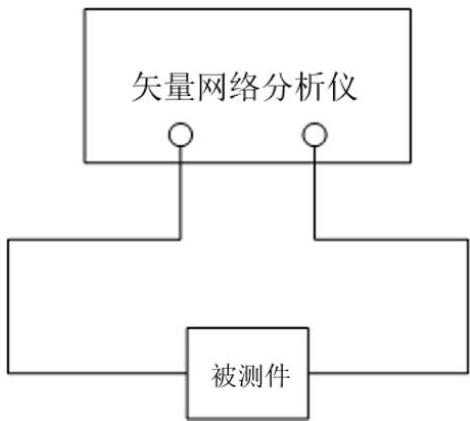


图 D.1 散射参数 (S 参数) 测试典型连接示例

D.2 测试步骤

散射参数试验方法测试步骤如下:

- a) 根据矢量网络分析仪的使用说明, 设置对应的测试模式、频率、功率、中频滤波器带宽;
- b) 对矢量网络分析仪进行校准;
- c) 提取 EVB 参数, 并得到相对应的 S 参数文件;
- d) 对矢量网络分析仪执行去嵌入操作;
- e) 将被测件连接至矢量网络分析仪;
- f) 读取矢量网络分析仪相应的结果。

附 录 E
(资料性)

输入三阶交叉截止点 (IIP3) 试验方法

E.1 概述

在射频和微波多载波通讯系统中，三阶交调截取点IIP3是一个衡量线性度或失真的重要指标。当放大器输入为双载频或多载频时，其输出会变得异常复杂，其中即会产生谐波分量，也会产生互调成分，也叫交调成分。在这些交调成分中，阶次越高的其值越小，因此测试者较为关心的是较低次的二阶和三阶交调。

二阶交调为：

$f_1 \pm f_2$ (E.1)

三阶交调为：

$2f_1 - f_2$ 或 $2f_2 - f_1$ (E.2)

f1：第一个输入载频频率

f2：第二个输入载频频率

三阶交调比较靠近载频，且在放大器1 dB增益压缩点以下，输入载频增加1dB，输出三阶交调增加3dB，而输出功率则只增加1dB，对于系统性能的影响很大。

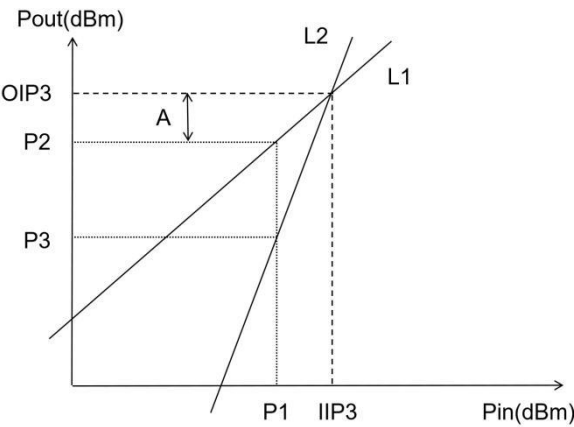


图 E.1 三阶交调截取点定义图

如图 E.1 所示，假设输入功 1 使放大器工作在线性工作区，对应的输出功率为 P2，那么：

$P_2 + A = OIP3$ (E.3)

又因为三阶交调信号输出功率的斜率是基频输出功率斜率的三倍，因此：

$A = (P_2 - P_3) / 2$ (E.4)

可得：

$OIP3 = (P_2 - P_3) / 2 + P_2$ (E.5)

$IIP3 = OIP3 - Gain$ (E.6)

P1：输入功率

P2：基频输出功率

P3: 三阶交调信号输出功率
A: 基频输出功率与输出三阶交调点功率差值
Gain: 增益
OIP3: 输出三阶交调点
IIP3: 输入三阶交调点

E.2 测试方法

采用图 E.2 中描述的三阶交调截取点测试典型连接，来对三阶交调截取点试验方法进行说明。

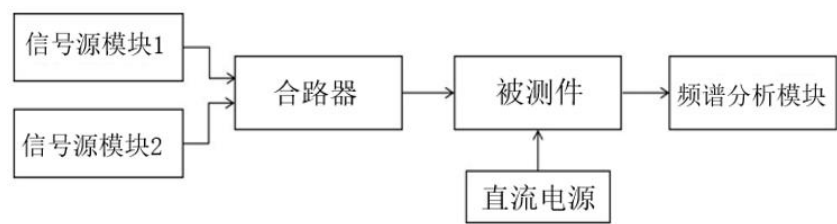


图 E.2 三阶交调截取点测试典型连接示例

E.3 测试步骤

- 输入三阶交叉截止点试验方法测试步骤如下：
- a) 给放大器输入两个频率不同功率相同的激励信号；
 - b) 利用频谱分析模块观察放大器的输出信号的频谱；
 - c) 测量输出信号中三阶交调的功率电平；
 - d) 观察三阶交调电平随输入两载频信号功率电平的变化情况。

附录 F
(资料性)
耐受功率试验方法

F.1 概述

采用图 F.1 中描述的耐受功率测试典型连接，来对耐受功率试验方法进行说明。

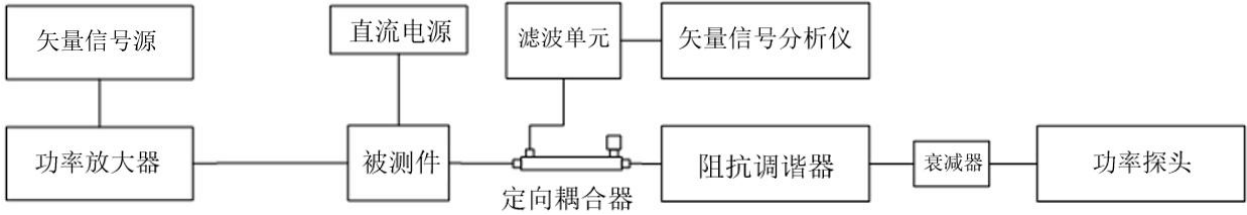


图 F.1 耐受功率测试典型连接示例

F.2 测试步骤

耐受功率试验方法测试步骤如下：

- a) 按图示连接仪表及被测件；
- b) 校准，修正被测件两端误差；
- c) 功率探头读取基波功率；
- d) 矢量信号分析仪读取不同频率下（nf0）的信号功率。

附录 G
(资料性)
切换时间试验方法

G.1 概述

采用图 G.1 中描述的切换时间测试典型连接，来对切换时间试验方法进行说明。

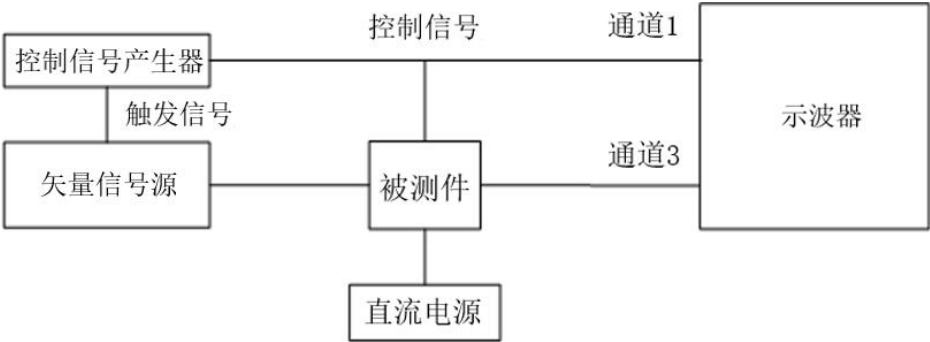


图 G.1 切换时间测试典型连接示

G.2 测试步骤

切换时间试验方法测试步骤如下：

- a) 设置矢量信号源的输出频率和幅度；
- b) 设置示波器的触发信号电压值；
- c) 设置控制信号产生器发出控制信号来改变被测件开关切换的状态，从示波器读出开启、关闭时间。

参 考 文 献

- [1] YD/T 1215-2006 900/1800MHz TDMA数字蜂窝移动通信网通用分组无线业务（GPRS）设备测试方法：移动台
- [2] YD/T 1548.1-2019 WCDMA 数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第三阶段）第1部分：基本功能、业务和性能测试
- [3] YD/T 1844-2009 WCDMA/GSM（GPRS）双模数字移动通信终端技术要求和测试方法（第三阶段）
- [4] YD/T 2218.1-2011 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第四阶段）第1部分：高速分组接入（HSPA）的基本功能、业务和性能测试
- [5] YD/T 2220-2011 WCDMA/GSM（GPRS）双模数字移动通信终端技术要求和测试方法（第四阶段）
- [6] YD/T 2576.2-2013 TD-LTE数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第2部分：无线射频测试
- [7] YD/T 2576.3-2013 TD-LTE数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第3部分：无线资源管理
- [8] YD/T 2576.4-2013 TD-LTE数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第4部分：协议一致性测试
- [9] YD/T 2578.2-2013 LTE FDD数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第2部分：无线射频测试
- [10] YD/T 2578.3-2013 LTE FDD数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第3部分：无线资源管理
- [11] YD/T 2578.4-2013 LTE FDD数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第4部分：协议一致性测试
- [12] YD/T 2595-2013 TD-LTE/LTE FDD/TD-SCDMA/WCDMA/GSM（GPRS）多模单待终端设备技术要求
- [13] YD/T 2684-2013 TD-LTE/LTE FDD/TD-SCDMA/WCDMA/GSM（GPRS）多模单待终端设备测试方法
- [14] YD/T 4002-2021 5G数字蜂窝移动通信网 增强移动宽带终端设备测试方法（第一阶段）
- [15] AEC - Q001 - Rev - D: Guidelines for Part Average Testing (provides guidelines for using statistical techniques and extended operating conditions to establish part test limits; this approach could be used to provide "Known Good Die.")
- [16] AEC - Q003 - Rev - A: Guidelines for Characterizing the Electrical Performance of Integrated Circuit Products
- [17] AEC - Q005 - Rev - A: Pb-Free Test Requirements (Contains a set of tests and defines the minimum requirements for qualification of lead free (Pb-free) metallurgy for components to be used in any automotive electronics application)
- [18] AEC - Q100-005 - Rev-D1: Non-Volatile Memory Program/Erase Endurance, Data Retention, and Operational Life Test
- [19] AEC - Q100-007 - Rev-B: Fault Simulation and Test Grading
- [20] AEC - Q100-008 - Rev-A: Early Life Failure Rate (ELFR)
- [21] AEC - Q100-009 - Rev-B: Electrical Distribution Assessment
- [22] AEC - Q100-010 - Rev-A: Solder Ball Shear Test
- [23] IEC 60749-3:2017 Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 3: External visual examination
- [24] IEC 60749-6:2017 Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 6: Storage at high temperature
- [25] IEC 60749-7:2011 Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 7: Internal moisture content measurement and the analysis of other residual gases
- [26] IEC 60749-10:2022 Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 10: Mechanical shock - device and subassembly

- [27] IEC 60749-25:2003 Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 25: Temperature cycling
- [28] IEC 60749-28:2022 Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – device level
- [29] IEC 60749-29:2011 Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 29: Latch-up test
- [30] IEC 60749-34:2010 Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 34: Power cycling
-