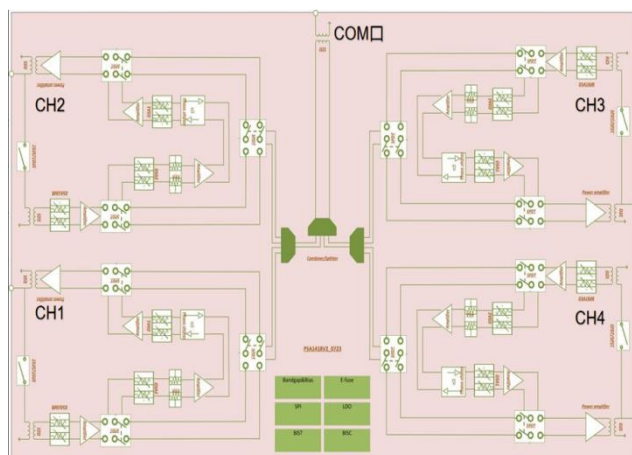


产品介绍

YCC31-1418SC1 是一款 Ku 波段四通道多功能芯片。3.3V 电源供电，工作频率范围 14GHz~18GHz，芯片内部集成低噪声放大器、驱动放大器、开关、6 位数控衰减器、6 位数控移相器、功分器、波束控制等模块，每个通道的收发链路均可提供最大 31.5dB 的衰减范围，步进 0.5dB，以及 360°的移相范围，步进 5.625°。芯片裸片尺寸约为 5mm×6.2mm。

应用领域

- 雷达
- 通信系统



YCC31-1418SC1 功能框图

关键技术指标

- 工作电源电压：3.3V
- 工作频率范围：14GHz-18GHz
- 6位衰减控制位，步进0.5dB
- 6位移相控制位，步进5.625°
- 接收增益：4dB@16GHz（射频端口到 COM 端口）
- 发射线性增益：14dB@16GHz（COM 端口到射频端口）
- 接收带内增益平坦度：<1.5dB
- 发射带内增益平坦度：<3dB
- 端口驻波比 VSWR：1.8
- 接收噪声系数 NF：<12dB（不衰减）
- 接收输入 P-1dB：1dBm
- 发射输出 P-1dB：14dBm
- RMS 相移误差：<3°
- 移相时幅度一致性：<±1dB
- 衰减精度：<0.3dB+4% A_i
- RMS 衰减误差：<0.3dB
- 衰减附加相移：<±10°
- 收发切换时间：<100ns
- 单通道工作电流：65mA/85mA/135mA/1mA @接收/静态发射/1dB 发射/负载
- 裸芯尺寸：5mm×6.2mm
- 工艺：SiGe

性能指标
基本电性能

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
频率范围		14		18	GHz
接收线性增益	射频端口到 COM 端口		4		dB
发射线性增益	COM 端口到射频端口		14		dB
端口驻波比			1.8		—
接收噪声系数	不衰减			12	dB
接收输入 P-1dB			1		dBm
发射输出 P-1dB			14		dBm
RMS 相移误差				3	Deg
移相幅度一致性		-1		1	dB
RMS 衰减误差				0.3	dB
衰减附加相移		-10		10	Deg
收发切换时间				100	ns
单通道接收电流			65		mA
单通道静态发射电流			85		mA
单通道 1dB 发射电流			135		mA
单通道负载态电流			1		mA

参数	符号	条件	最小值	最大值	单位
输入高电平电压	VIH	VCC = 2.7 V to 3.6 V,	1.7	—	V
输入低电平电压	VIL	VCC = 2.7 V to 3.6 V,	—	0.8	V
输入高电平电流	I _{IH}	VCC = 2.7 V to 3.6 V,	-500	500	uA
输入低电平电流	I _{IL}	VCC = 2.7 V to 3.6 V,	-500	500	uA
输出高电平电压	VOH	VCC = 2.7 V to 3.6 V, IOH = -100 uA	VCC-0.2	VCC	V
输出高电平电压	VOH	VCC = 2.7 V IOH = -8mA	2.4	VCC	V
输出低电平电压	VOL	VCC = 2.7 V to 3.6 V, IOL = 100 uA	0	0.2	V
输出低电平电压	VOL	VCC = 2.7 V, IOL = 8mA	0	0.4	V

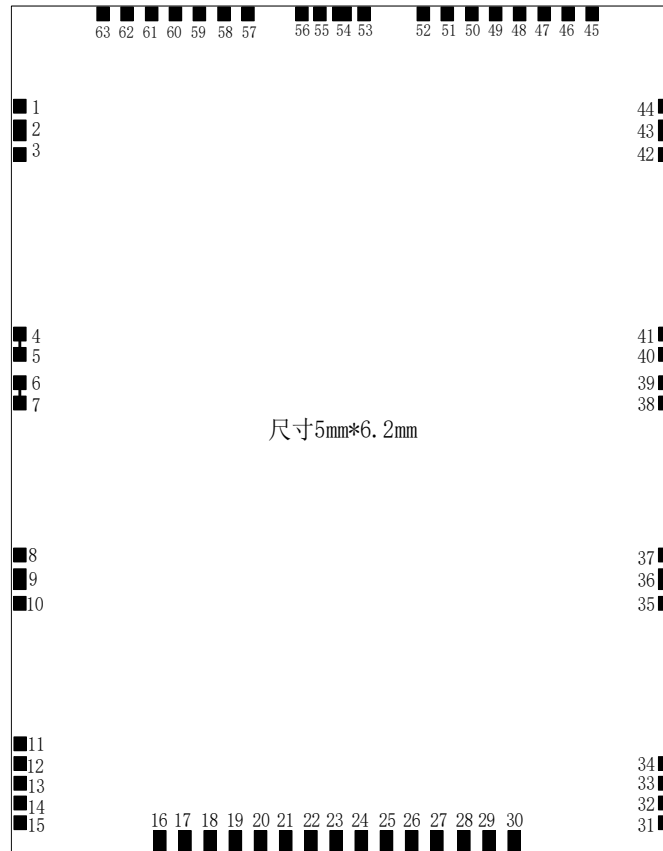
使用限制参数

最大电源电压	+3.6V
最大射频输入功率	+15dBm
贮存温度	-65°C~+150°C
工作温度	-55°C~+125°C

ESD保护

YCC31-1418SC1防静电等级(人体模式HBM)至少为Class 2: $\geq 2000V$ 。当拿取时, 要采取合适的ESD保护措施, 以免造成性能下降或功能失效。

管脚配置



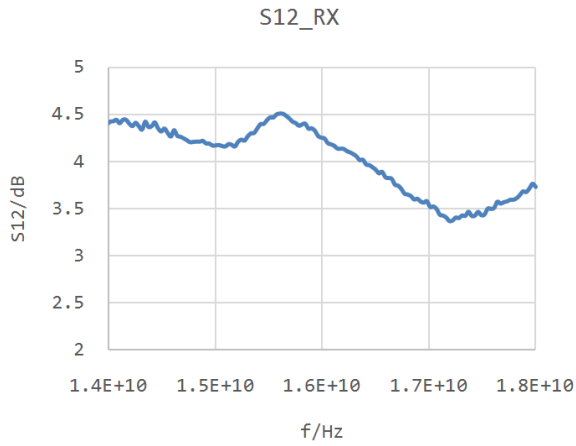
焊盘序号	焊盘名称	焊盘大小 um	焊盘中心坐标 (x,y) um	管脚功能
1	GND	80*80	95.6,5196	通道 2 信号端的地
2	RF_CH2	80*120	95.6,5045	通道 2 信号端
3	GND	80*80	95.6,4893	通道 2 信号端的地
4	AVCC33_CH2	80*80	95.6,3825	通道 2 的电源, 3.3V
5	AVCC33_CH2	80*80	95.6,3675	通道 2 的电源, 3.3V
6	AVCC33_CH1	80*80	95.6,3425	通道 1 的电源, 3.3V
7	AVCC33_CH1	80*80	95.6,3275	通道 1 的电源, 3.3V
8	GND	80*80	95.6,2206	通道 1 信号端的地
9	RF_CH1	80*120	95.6,2056	通道 1 信号端

10	GND	80*80	95.6,1904	通道 1 信号端的地
11	EN_LDO_DIG	80*80	95.6,891	数字 LDO 的控制信号，默认悬空
12	TX2	80*80	95.6,746	数字控制输出信号，上电后 0V
13	RX2	80*80	95.6,596	数字控制输出信号，上电后 3.3V
14	RX1	80*80	95.6,446	数字控制输出信号，上电后 3.3V
15	TX1	80*80	95.6,296	数字控制输出信号，上电后 0V
16	SPI_SEL	70*100	1400,78.5	调试模式选择信号，弱下拉，默认悬空
17	DIN	70*100	1550,78.5	串行数据输入，弱下拉
18	DOUT	70*100	1700,78.5	串行数据输出，弱上拉
19	OE	70*100	1850,78.5	输出使能，弱下拉
20	CLK	70*100	2000,78.5	数字时钟信号，弱下拉
21	DEN	70*100	2150,78.5	二级锁存信号，弱上拉
22	FIN	70*100	2300,78.5	功能寄存器输入，弱下拉
23	DVDD33	70*100	2450,78.5	数字供电电源，3.3V
24	DGND	70*100	2600,78.5	数字地，可悬空
25	FEN	70*100	2750,78.5	功能寄存器使能，弱上拉
26	SET	70*100	2900,78.5	数字复位信号，弱下拉
27	TR1	70*100	3050,78.5	接收开关控制，弱下拉
28	TR2	70*100	3200,78.5	发射开关控制，弱下拉
29	EN	70*100	3350,78.5	波控使能控制，弱下拉
30	DVDD12	70*100	3500,78.5	波控电路内部 1.2V 电源，建议外部接 0.1uF 稳压电容，防止电磁干扰
31	TX4	80*80	4904,296	数字控制输出信号，上电后 0V
32	RX4	80*80	4904,446	数字控制输出信号，上电后 3.3V
33	RX3	80*80	4904,596	数字控制输出信号，上电后 3.3V
34	TX3	80*80	4904,746	数字控制输出信号，上电后 0V
35	GND	80*80	4904,1904	通道 4 信号端的地
36	RF_CH4	80*120	4904,2056	通道 4 信号端
37	GND	80*80	4904,2206	通道 4 信号端的地

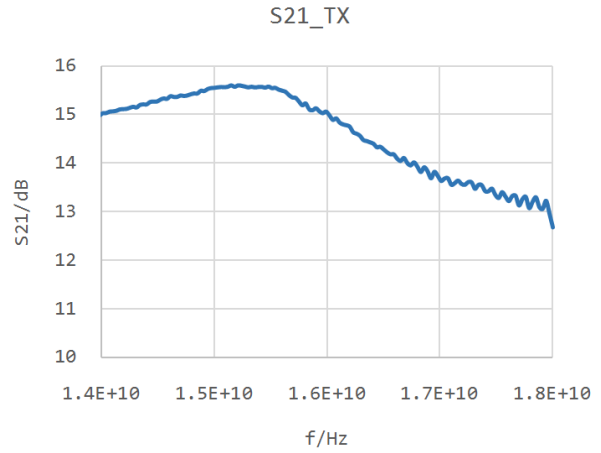
38	AVCC33_CH4	80*80	4904,3275	通道 4 的电源, 3.3V
39	AVCC33_CH4	80*80	4904,3425	通道 4 的电源, 3.3V
40	AVCC33_CH3	80*80	4904,3675	通道 3 的电源, 3.3V
41	AVCC33_CH3	80*80	4904,3825	通道 3 的电源, 3.3V
42	GND	80*80	4904,4893	通道 3 信号端的地
43	RF_CH3	80*120	4904,5045	通道 3 信号端
44	GND	80*80	4904,5196	通道 3 信号端的地
45	PAD_LDO_BACKUP	80*80	4237,6103	调试信号, 默认悬空
46	PAD_DSA12_REG<2>	80*80	4087,6103	调试信号, 默认悬空
47	PAD_DSA12_REG<1>	80*80	3937,6103	调试信号, 默认悬空
48	PAD_DSA12_REG<0>	80*80	3787,6103	调试信号, 默认悬空
49	PAD_DSA_LOGIC<0>	80*80	3637,6103	调试信号, 默认悬空
50	PAD_DSA_LOGIC<1>	80*80	3487,6103	调试信号, 默认悬空
51	PAD_TCVVA<1>	80*80	3337,6103	调试信号, 默认悬空
52	PAD_TCVVA<0>	80*80	3187,6103	调试信号, 默认悬空
53	GND	80*80	2651,6103	公共端口地信号
54	RF_COM	120*80	2500,6103	公共端口信号
55	GND	80*80	2349,6103	公共端口地信号
56	GND	80*80	2190,6103	公共端口地信号, 默认悬空
57	PAD_DSA_LOGIC<2>	80*80	1824,6103	调试信号, 默认悬空
58	PAD_DSA_LOGIC<3>	80*80	1674,6103	调试信号, 默认悬空
59	PAD_DSA_LOGIC<4>	80*80	1524,6103	调试信号, 默认悬空
60	PAD_PS_REG<0>	80*80	1374,6103	调试信号, 默认悬空
61	PAD_PS_REG<1>	80*80	1224,6103	调试信号, 默认悬空
62	PAD_PS_REG<2>	80*80	1074,6103	调试信号, 默认悬空
63	PAD_SW_TRXAMP_LTHR_H	80*80	924,6103	调试信号, 默认悬空

典型测试曲线（如无特殊说明，测试条件为电源电压 3.3V，常温环境）

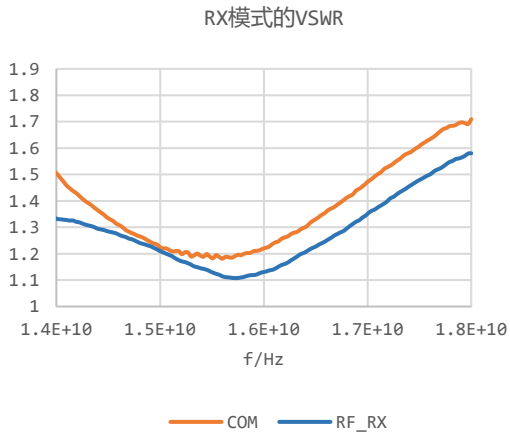
收发增益与端口驻波



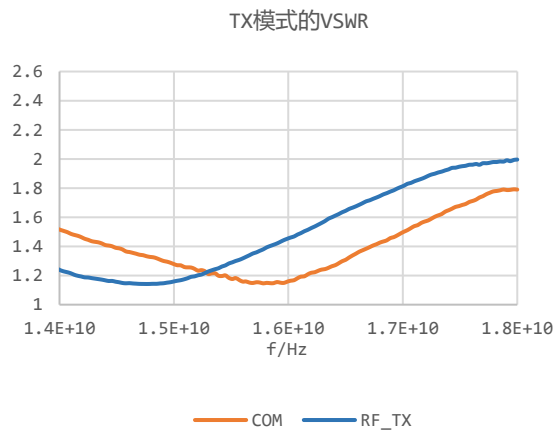
接收增益 (RF_CHn 到 RF_COM)



发射增益 (RF_COM 到 RF_CHn)

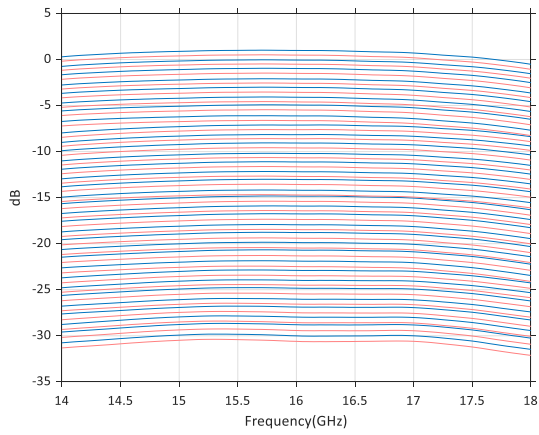


接收端口驻波比

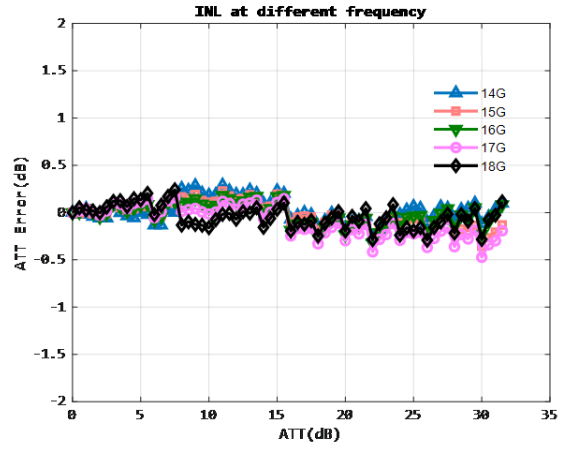


发射端口驻波比

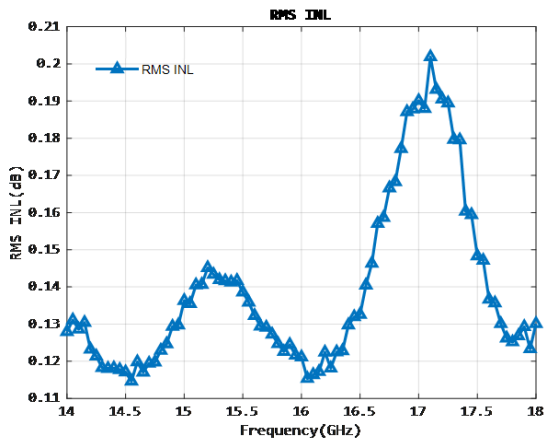
接收衰减性能



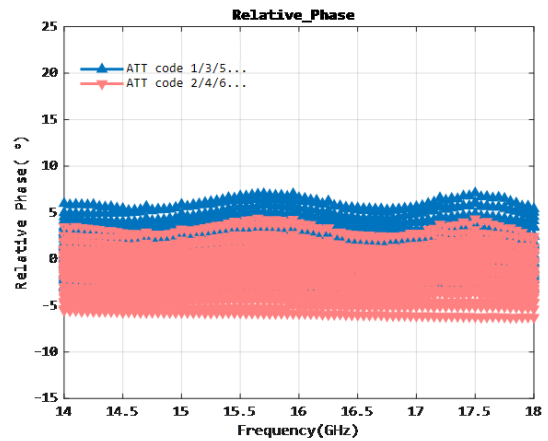
接收增益 64 态衰减曲线 vs 频率



接收模式衰减误差 vs 衰减值

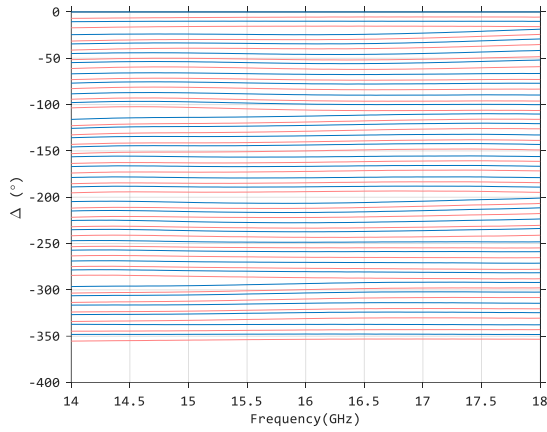


接收模式 RMS 衰减误差 vs 频率

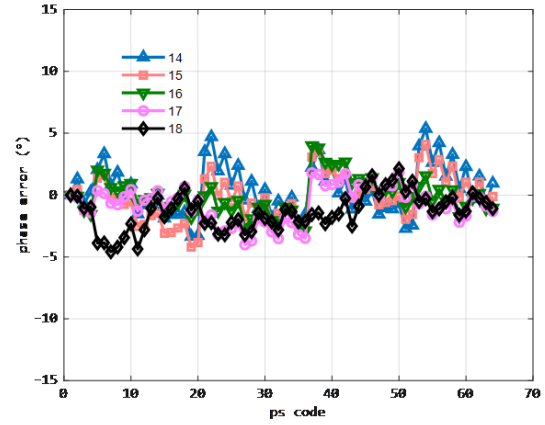


接收模式 64 态衰减时附加相移 vs 频率

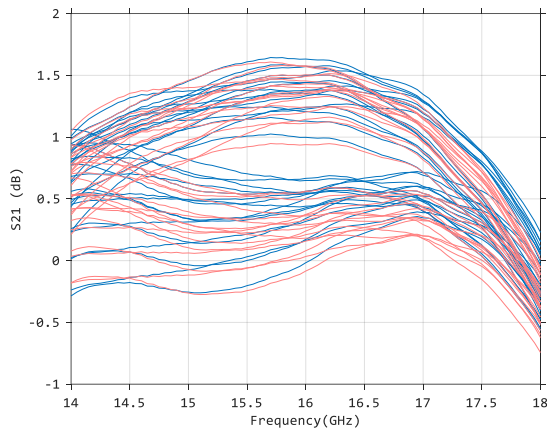
接收移相性能



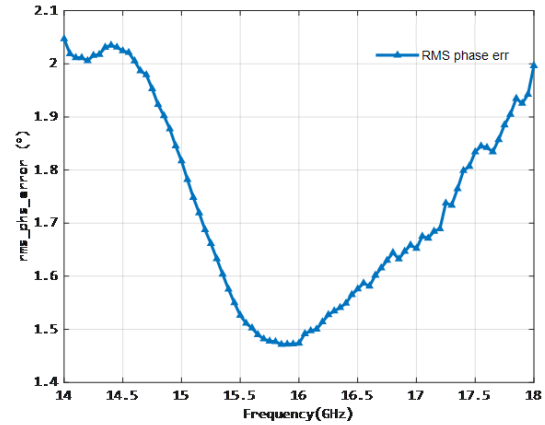
接收模式 64 态相对移相曲线 vs 频率



接收模式移相误差 vs 移相值

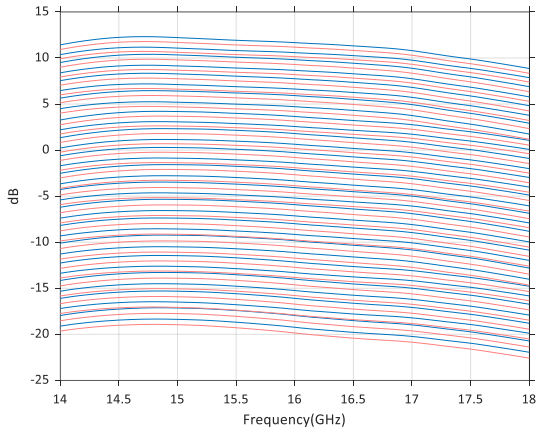


接收模式 64 态移相时增益曲线 vs 频率

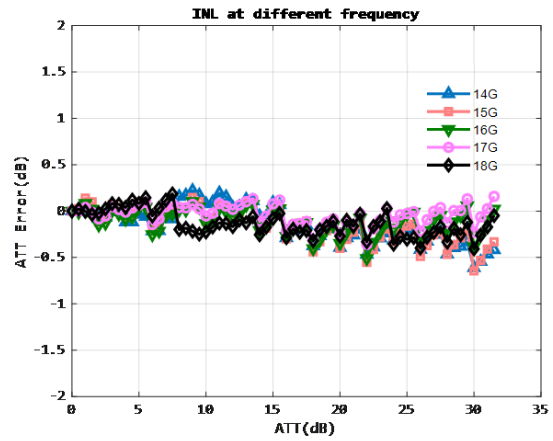


接收模式 RMS 移相误差 vs 频率

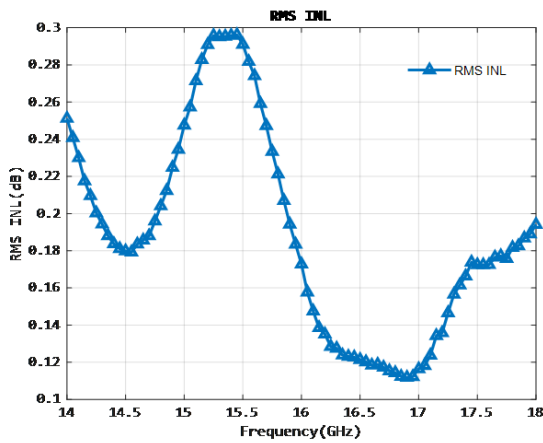
发射衰减性能



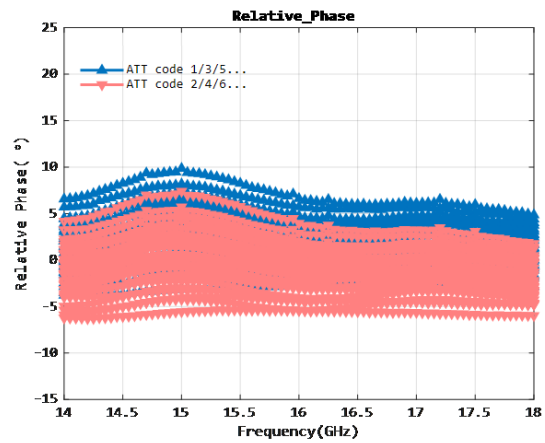
发射增益 64 态衰减曲线 vs 频率



发射模式衰减误差 vs 衰减值

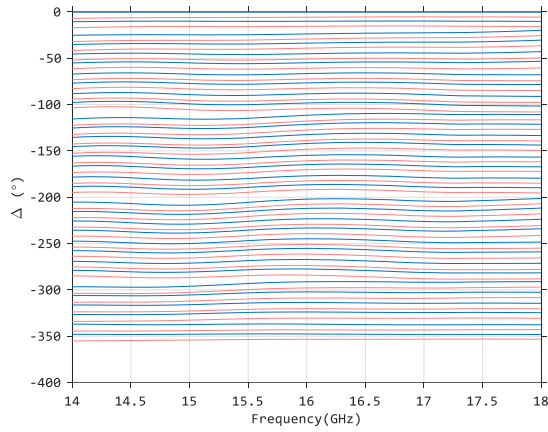


发射模式 RMS 衰减误差 vs 频率

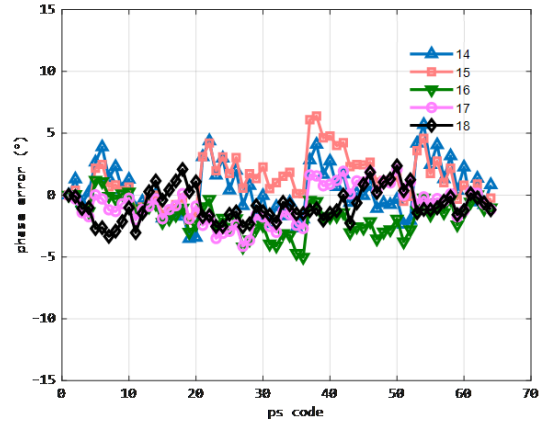


发射模式 64 态衰减时附加相移 vs 频率

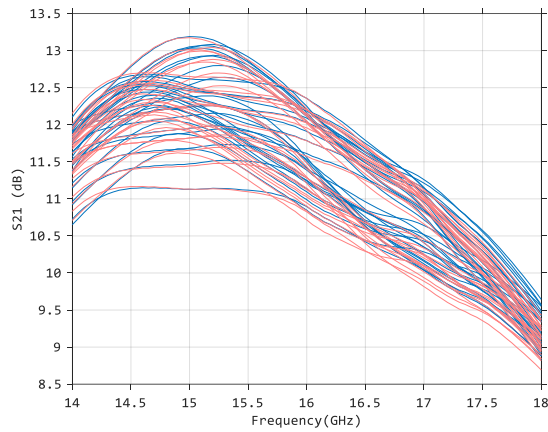
发射移相性能



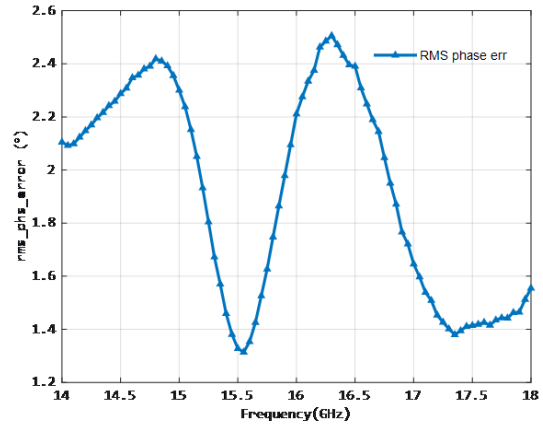
发射模式 64 态相对移相曲线 vs 频率



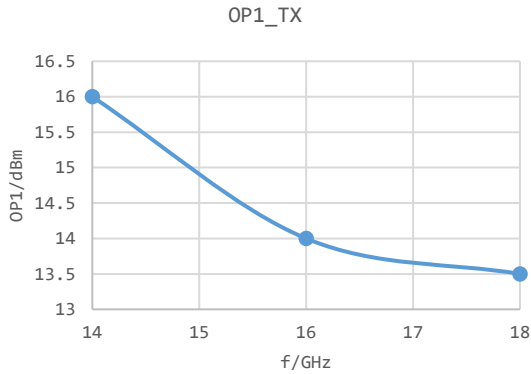
发射模式移相误差 vs 移相值



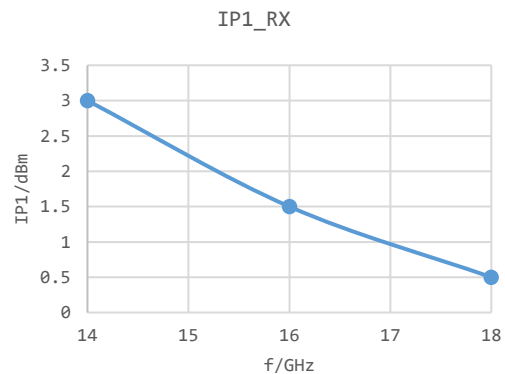
发射模式 64 态移相时增益曲线 vs 频率



发射模式 RMS 移相误差 vs 频率



发射输出 1dB 功率 vs 频率

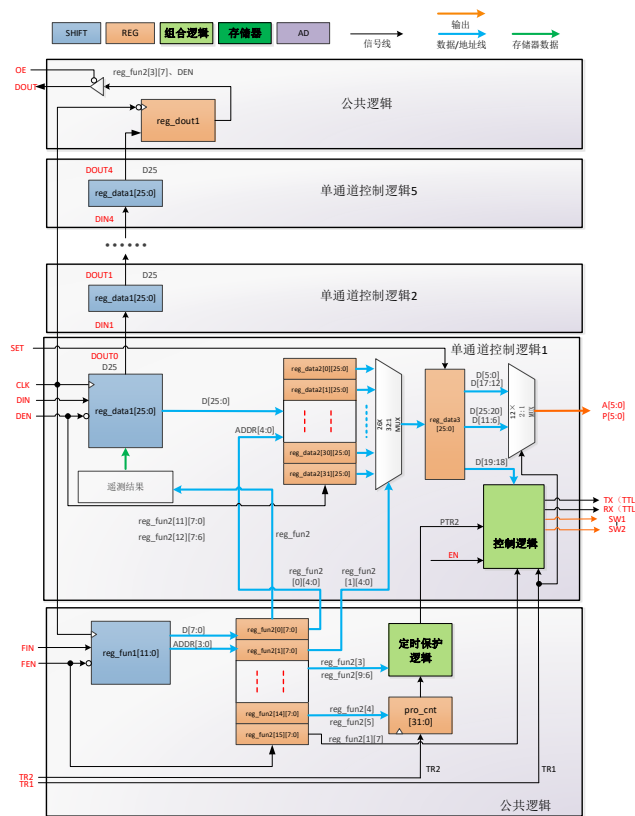


接收输入 1dB 功率 vs 频率

注：以上测试曲线中，收发增益和驻波为裸片在片测试结果。移相衰减的测试为评估板上的测试结果，未去除评估板上的损耗。

数字波控功能

数字波控电路整体框图



波控系统框图

功能寄存器 (reg_fun1, reg_fun2)

串行数据输入：FEN 为低，CLK 上升沿，数据从 FIN 端口依次写入 reg_fun1[0], reg_fun1 中原有数据依次从 reg_fun1[0]移往 reg_fun1[11]，reg_fun1 复位值为全 1。

功能寄存器选择锁存：根据 reg_fun1[11:8]确定的地址，在 FEN 上升沿将 reg_fun1[7:0]数据写入 reg_fun2 寄存器指定位置。

reg_fun2 寄存器 编号	reg_fun2 寄存器定 义	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	说明	默认值
reg_fun2[0]	初始输入波位 31				reg2_addr_w[4:0]						8'hff
reg_fun2[1]	初始输出波位 31				reg2_addr_r[4:0]						8'hff
reg_fun2[2]	自检数据为移位寄 存器自身	bit_addr[7:0]									8'hff
reg_fun2[3]	控制保护功能选择	bit_en			pro_en[4:0]					DOUT 输出使能 控制 脉宽保护有效	8'hff
reg_fun2[4]	累加数	pro_add[7:0]								保护占空比	8'h9
reg_fun2[5]	递减数	pro_dec[7:0]								$\frac{pro_dec}{pro_add + pro_dec}$	8'h1
reg_fun2[6]	定时保护门限	pro_threshold[7:0]								保护脉宽 $\frac{pro_threshold}{pro_add \times f_{clk}}$	8'h50
reg_fun2[7]		pro_threshold[15:8]									8'h0
reg_fun2[8]		pro_threshold[23:16]									8'h0
reg_fun2[9]		pro_threshold[31:24]									8'h0
reg_fun2[15:10]	-	-								未使用	-

二级、三级数据寄存器（5组，其中一组作为备用）

数据选择输入：在 den 上升沿，将串行数据寄存器(reg_data1)中的数据写入功能寄存器 reg_fun2[0][4:0]选定的二级数据寄存器(reg_data2)，reg_data2 的复位值为全 1。

数据选择寄存：当且仅当在 SET 上升沿，将二级数据寄存器（reg_data2）进行 32:1mux 输出，根据功能寄存器 reg_fun2[1][4:0]选定的一组数据写入三级数据寄存器（reg_data3）；reg_data3 复位值为全 1。

reg_data3[25:0]中数据定义																									
D25	D24	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
AT5	AT4	AT3	AT2	AT1	AT0	MCT	MCR	AR5	AR4	AR3	AR2	AR1	AR0	PT5	PT4	PT3	PT2	PT1	PT0	PR5	PR4	PR3	PR2	PR1	PR0

状态控制输出说明

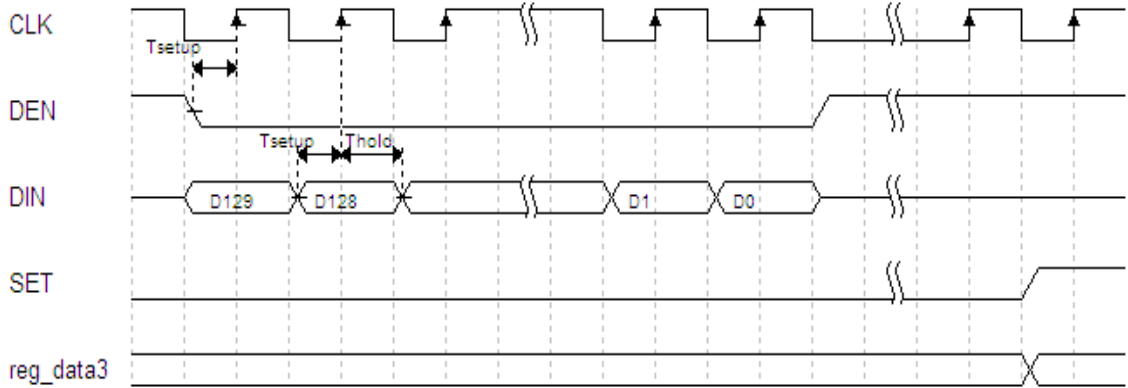
收发状态控制，五个通道采用相同的逻辑控制输入，由各个通道的收发状态控制位分别输出相应通道的状态。

根据外部输入的 tr1、en 和内部配置的 mct、mcr 信号，以及脉冲保护输出 ptr2。需要关闭脉宽保护时，FIN 串行输入 12'h380，使得 PTR2=TR2。

输入					输出		对应通道状态
EN	TR1	PTR2	MCT	MCR	RX	TX	
0	0	0	x	0	0	0	接收态
0	1	0	x	0	1	0	过渡态
0	1	1	0	x	1	1	发射态
其它组合					1	0	负载态

移相及衰减控制

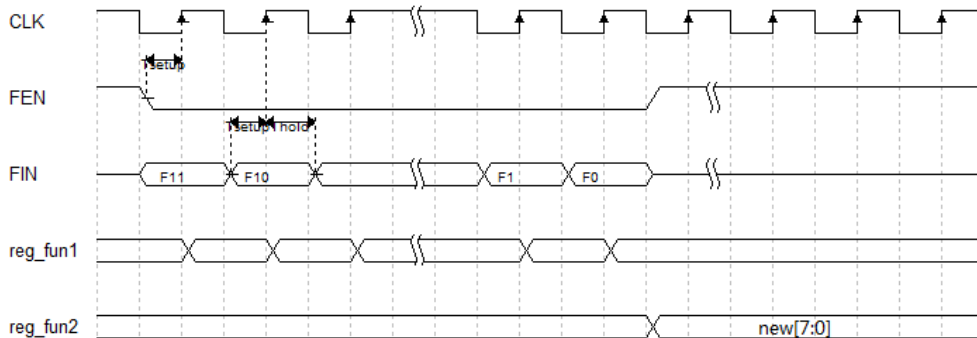
输入	输出		状态
TR1	P[5:0]	A[5:0]	
1	PT[5:0]	AT[5:0]	发射态
0	PR[5:0]	AR[5:0]	接收态

波控时序图
1、数据输入时序


波控数据输入时序图

DEN 为低时，时钟上升沿采样 DIN，内部将其串转并到 reg_data1[25:0]，在 DEN 的上升沿将 reg_data1 存入二级数据存储区，存的地址由功能寄存器 reg_fun2[0] 决定，默认为地址 31。在 DEN 拉高后至少 3 个周期后拉高 SET 信号，在 SET 上升沿将二级数据存储区的某一地址的数据更新到 reg_data3，该地址由 reg_fun2[1] 决定，默认为地址 31。

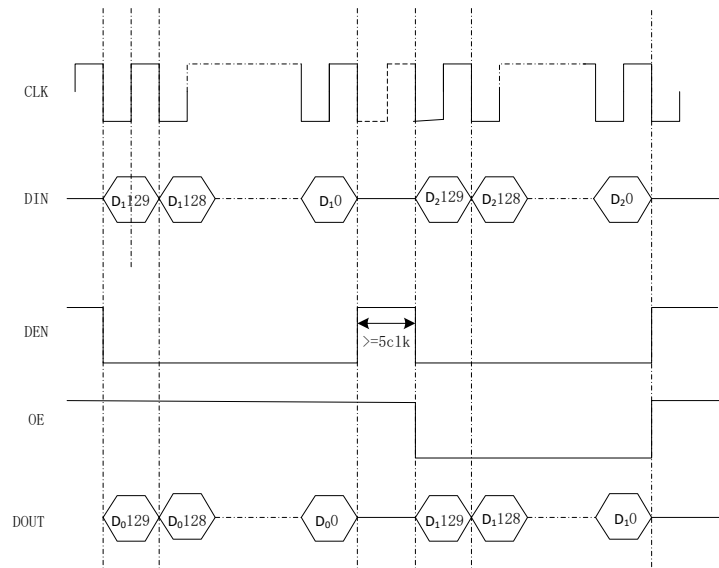
每个通道的数据为 26bit，5 个通道共 130bit，通道 5 在高位，先输入，通道 1 在低位，后输入。

2、功能寄存器输入时序


波控功能寄存器输入时序图

FEN 为低时，时钟上升沿采样 FIN，内部将其串转并到 reg_fun1[11:0]，在 FEN 的上升沿将 reg_fun1[7:0] 存入二级功能寄存器 reg_fun2，存的地址由 reg_fun1[11:8] 决定。

3、连续输入输出



波控连续输入输出时序图

连续输入时，将 OE 拉低，DOUT 将依次输出上一次输入的 130bit 数据，可用于芯片级联场景。

4、脉宽保护配置

例如需要 30us 的门限，占空比为 20%，系统时钟为 5MHz(200ns)。

(1) 配置占空比 $((dec)/(add+dec))$ ，此时 $add=8,dec=2$

相关寄存器 $reg_fun2[5](dec, 默认值 8'h01)$ 、 $reg_fun2[4](add, 默认值 8'h09)$ 。拉低 FEN，FIN 串行输入 12'h502，拉低 FEN，FIN 串行输入 12'h408。

(2) 保护门限 $=(threshold/(add*fs))$ ，保护门限为 30us， $add=2,fs=5MHz$

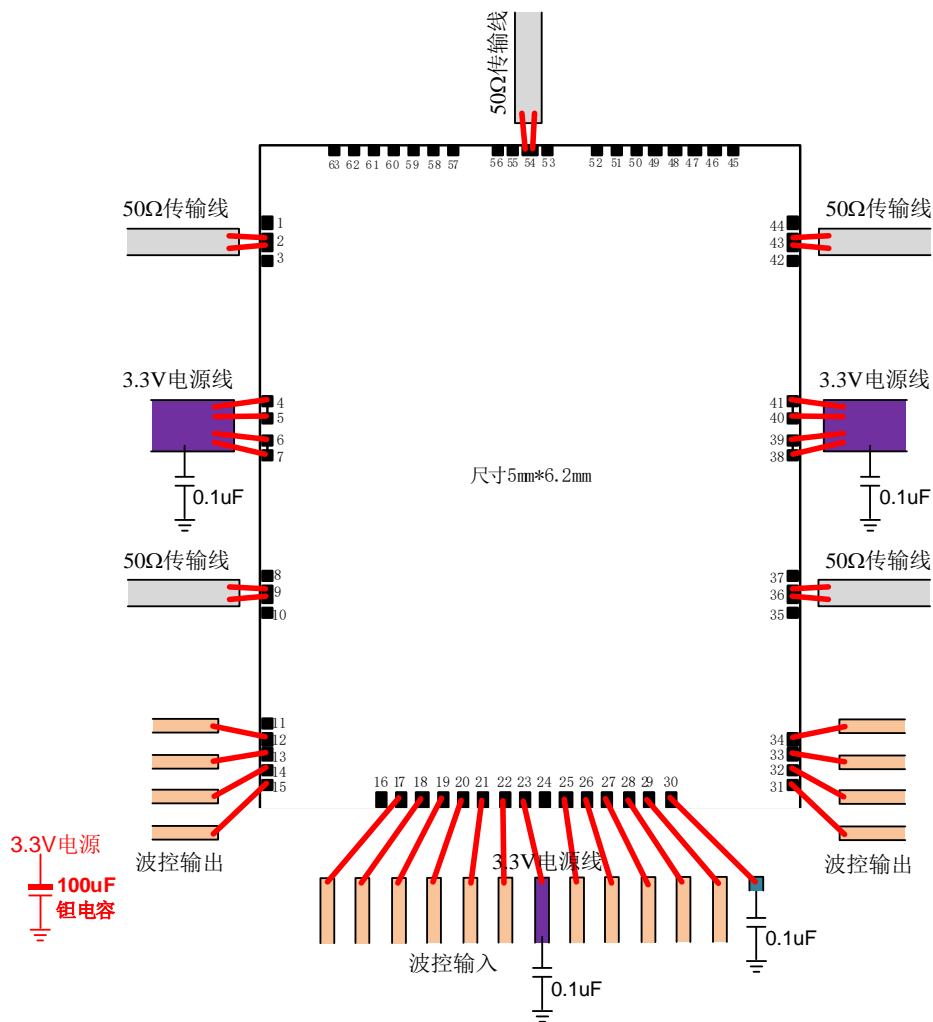
计算得出 $threshold\{reg_fun2[9]、reg_fun2[8]、reg_fun2[7]、reg_fun2[6]\}$ ，应该配置为 32'h00000004b0。配置 $reg_fun2[7]$ 寄存器，拉低 FEN，FIN 串行输入 12'h704；配置 $reg_fun2[6]$ 拉低 FEN，FIN 串行输入 12'h6b0。

应用电路

YCC31-1418SC1 芯片的应用装配图如下图所示，芯片背面金属是整个芯片直流和交流信号的地端以及芯片主要的散热输出端，应用时需要与板上地平面有充分理想的连接以及充分良好的散热。各通道的射频端口和公共端口需要键合两根金丝到板上 50 欧姆传输线，金丝长度尽可能短（小于 300um），射频端口无需隔直。

本芯片的电源电压为 3.3V，应用时靠近芯片的电源焊盘处放置 0.1uF 贴片电容到地，此外，本四通道芯片需要至少 100uF 的钽电容滤波，用来降低脉冲切换时芯片端电源电压的波动。芯片工作时，需先给电源端口 VDD33 上电，再给波控 I/O 口控制信号。

芯片下测的端口为波控信号的输入和输出端口，直接打线接出即可。



建议装配图