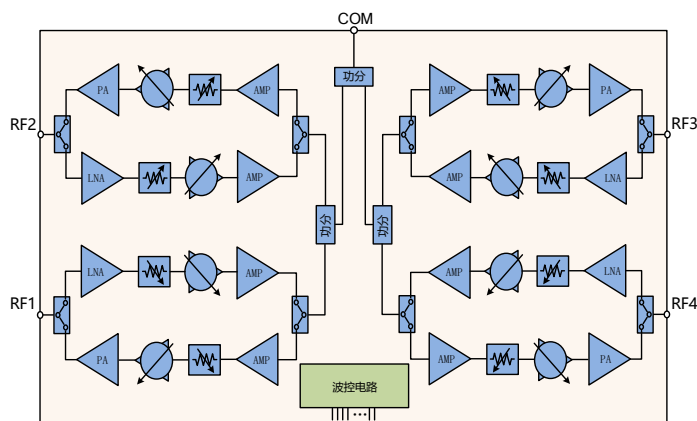


### 产品介绍

YCC59-3238CQ1是一款Ka波段四通道多功能芯片。3.3V电源供电，工作频率范围32GHz~38GHz，芯片内部集成低噪声放大器，功率放大器，射频前端开关，6位数控衰减器，6位数控移相器，功分器，波束控制等模块，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5.6°。YCC59-3238CQ1还内部集成8位ADC电路，适用于温度检测，功率检测等应用。YCC59-3238CQ1采用晶圆级WLCSP封装，封装尺寸5.555mm×5.855mm。

### 应用领域

- 雷达
- 通信



YCC59-3238CQ1芯片模块示意图

### 关键技术指标

- 工作电源电压：3.3V
- 工作频率范围：32GHz~38GHz
- 6位衰减控制位，步进0.5dB
- 6位移相控制位，步进5.6°
- 接收增益：23dB@35GHz  
(RFn 端口到 COM 端口)
- 发射线性增益：26dB@35GHz  
(COM 端口到 RFn 端口)
- 收发带内增益平坦度：2dB
- 接收噪声系数 NF：6dB
- 接收输入 P-1dB：-30dBm
- 发射输出 Psat：21dBm
- RMS 相移误差：<4°
- 移相时幅度一致性：<±1dB
- RMS 衰减误差：<2dB
- 衰减附加相移：<±15°
- 收发切换时间：<150ns
- 单通道工作电流：65mA/150(360)mA/25mA  
@接收/静态 (21dBm 饱和) 发射/负载
- 芯片封装与尺寸：WLCSP 5.555mm×5.855mm
- 工艺：SiGe BiCMOS

**电气特性**
**基本电性能**

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
频率范围		32		38	GHz
接收线性增益	RfN 端口到 COM 端口		23		dB
发射线性增益	COM 端口到 RfN 端口		25		dB
带内增益平坦度				3	dB
端口驻波比				2	—
接收噪声系数			5.7		dB
接收输入 P-1dB			-30		dBm
发射输出 P-1dB			20		dBm
发射输出 Psat	1us 脉宽, 10%发射占空比		21		dBm
RMS 相移误差				4	Deg
移相幅度一致性		-1		1	dB
RMS 衰减误差 (接收)				1.4	dB
衰减附加相移		-15		15	Deg
收发切换时间				150	ns
单通道接收电流			65		mA
单通道静态发射电流	COM 口不激励		150		mA
单通道饱和发射电流	COM 口输入-1dBm		360		mA
单通道负载态电流			25		mA

**数字端口电参数**

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	IIH	VCC = 2.7 V to 3.6 V,	-500	500	uA
输入低电平电流	IIL	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 = -4mA	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= 4mA	0	0.4	V

## 极限参数

最大电源电压	3.6V
最大射频输入功率	TBD
存储温度	-65~150°C
使用温度	-55~125°C

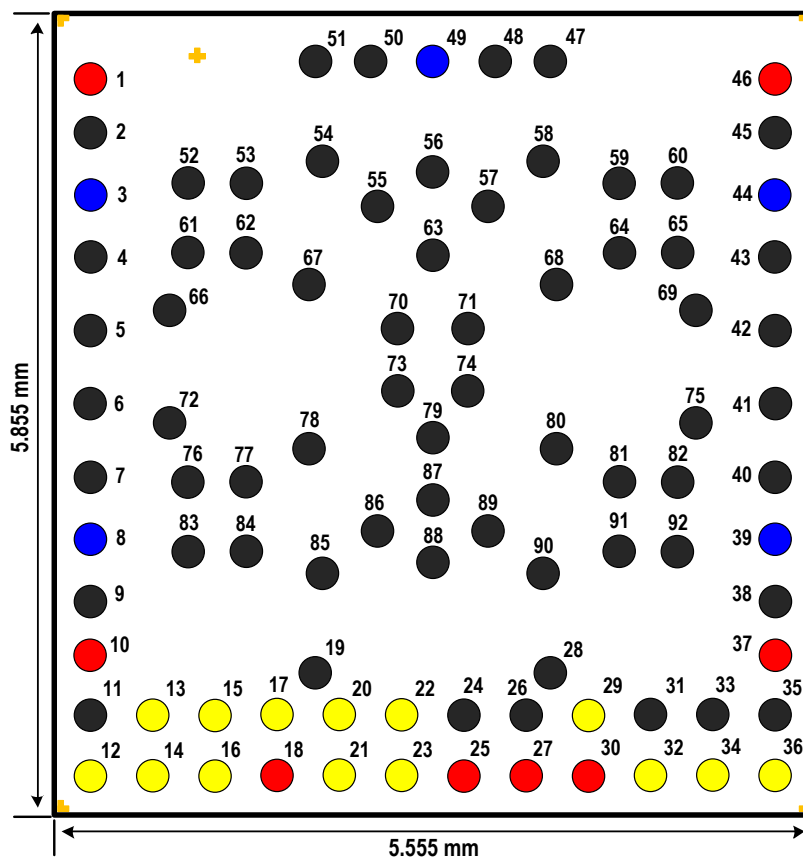
**注意:** 对以上所列的最大极限值, 如果器件工作在超过此极限值的环境中, 很可能对器件造成永久性破坏。

在实际运用中, 最好不要使器件工作在此极限值或超过此极限值的环境中。

## ESD 保护

YCC59-3238CQ1 防静电等级(人体模式 HBM)至少为 Class 1B:  $\geq 500V$ ,  $< 1000V$ 。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



芯片焊盘功能信息表（背面正视图左下角为坐标原点）

焊盘序号	焊盘名称	X 轴坐标 (um)	Y 轴坐标 (um)	备注
1	VDD33_L2	330	5380.87	通道二 3.3V 电源
2	GND	330	4993.37	通道二射频端口旁地焊盘
3	RF2	330	4543.37	通道二射频端口
4	GND	330	4093.37	通道二射频端口旁地焊盘
5	GND	330	3563.37	地
6	GND	330	3033.37	地
7	GND	330	2503.37	地
8	RF1	330	2053.37	通道一射频端口
9	GND	330	1603.37	通道一射频端口旁地焊盘
10	VDD33_L1	330	1215.87	通道一 3.3V 电源
11	GND	330	780.87	数字电路地
12	EN	330	345.87	输入，波控使能，弱下拉，为低时波控有效
13	TR1	780	780.87	输入，波控输入控制信号，弱下拉，产生接收控制信号
14	TR2	780	345.87	输入，波控输入控制信号，弱下拉，产生脉冲发射控制信号
15	DIN	1230	780.87	串行信号输入，弱上拉
16	DEN	1230	345.87	输入，串行数据使能，弱上拉，为低时输入有效
17	CLK	1680	780.87	时钟输入，弱下拉，推荐 1~20MHz
18	VDD33_DIG	1680	345.87	波控电路 3.3V 电源
19	GND	1955	1088.09	
20	OE	2130	780.87	输入，波控输出使能，弱下拉，为低时输出有效
21	DOUT	2130	345.87	串行数据输出，弱上拉
22	FIN	2580	780.87	功能寄存器串行输入，弱上拉
23	FEN	2580	345.87	输入，功能寄存器使能，弱上拉，为低时 FIN 输入有效
24	GND	3030	780.87	
25	VDD33_DIG	3030	345.87	波控电路 3.3V 电源
26	GND	3480	780.87	
27	VDD33_DIG	3480	345.87	波控电路 3.3V 电源
26	GND	3655	1088.09	
29	VDD12	3930	780.87	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
30	VDD33_DIG	3930	345.87	波控电路 3.3V 电源
31	GND	4380	780.87	
32	NC	4380	345.87	
33	GND	4830	780.87	
34	ADC_IN<0>	4830	345.87	输入，内部 ADC 的模拟输入信号 1 端口，不用时接 3.3V 电源
35	GND	5280	780.87	
36	ADC_IN<1>	5280	345.87	输入，内部 ADC 的模拟输入信号 2 端口，不用时接 3.3V 电源

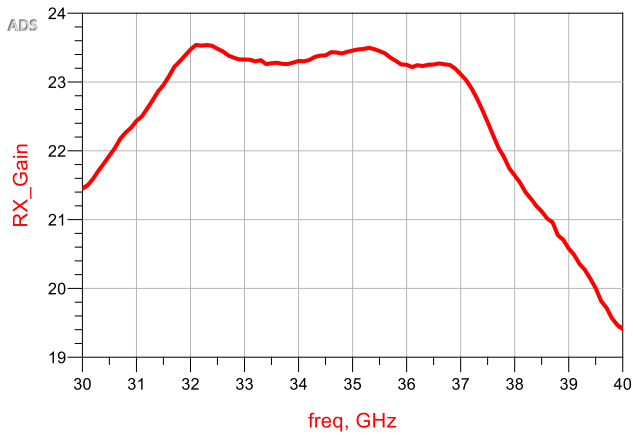
37	VDD33_L4	5280	1215.87	通道四 3.3V 电源
38	GND	5280	1603.37	通道四射频端口旁地焊盘
39	RF4	5280	2053.37	通道四射频端口
40	GND	5280	2503.37	通道四射频端口旁地焊盘
41	GND	5280	3033.37	地
42	GND	5280	3563.37	地
43	GND	5280	4093.37	地
44	RF3	5280	4543.37	通道三射频端口
45	GND	5280	4993.37	通道三射频端口旁地焊盘
46	VDD33_L3	5280	5380.87	通道三 3.3V 电源
47	GND	3655	5508.65	地
48	GND	3255	5508.65	地
49	COM	2805	5508.65	公共端口
50	GND	2355	5508.65	地
51	GND	1955	5508.65	地
52	GND	1035	4628.37	地
53	GND	1455	4628.37	地
54	GND	2005	4788.37	地
55	GND	2405	4463.37	地
56	GND	2805	4708.37	地
57	GND	3205	4463.37	地
58	GND	3605	4788.37	地
59	GND	4155	4628.37	地
60	GND	4575	4628.37	地
61	GND	1035	4128.37	地
62	GND	1455	4128.37	地
63	GND	2805	4108.37	地
64	GND	4155	4128.37	地
65	GND	4575	4128.37	地
66	GND	900	3708.37	地
67	GND	1910	3895.87	地
68	GND	3700	3895.87	地
69	GND	4710	3708.37	地
70	GND	2550	3575.87	地
71	GND	3060	3575.87	地
72	GND	900	2898.37	地
73	GND	2550	3125.87	地
74	GND	3060	3125.87	地
75	GND	4710	2898.37	地
76	GND	1035	2468.37	地
77	GND	1455	2468.37	地
78	GND	1910	2710.87	地

79	GND	2805	2788.37	地
80	GND	3700	2710.87	地
81	GND	4155	2468.37	地
82	GND	4575	2468.37	地
83	GND	1035	1968.37	地
84	GND	1455	1968.37	地
85	GND	2005	1808.37	地
86	GND	2405	2113.37	地
87	GND	2805	2338.37	地
88	GND	2805	1888.37	地
89	GND	3205	2113.37	地
90	GND	3605	1808.37	地
91	GND	4155	1968.37	地
92	GND	4575	1968.37	地

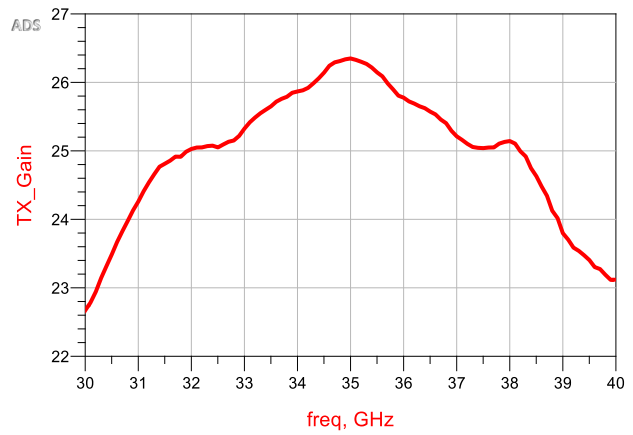
典型测试曲线（如无特殊说明，测试条件为电源电压 3.3V，常温环境）

小信号 S 参数

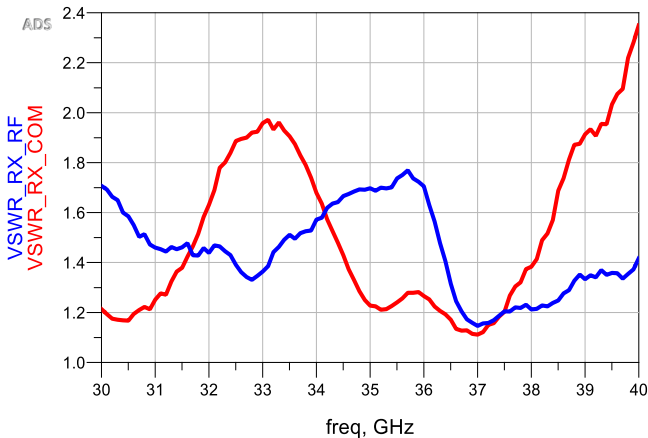
接收增益（RFn 到 COM，其他通道负载态）



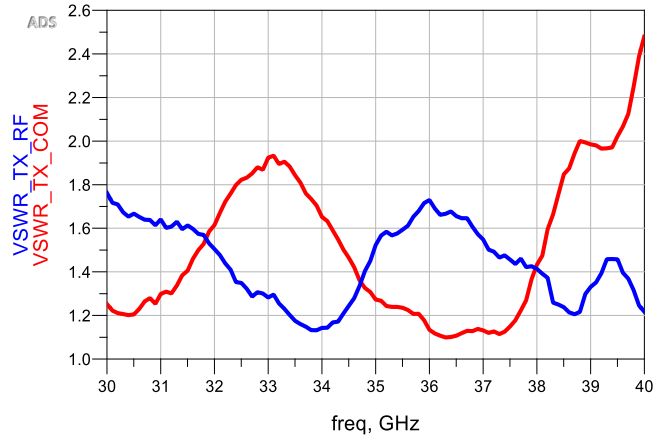
发射增益（COM 到 RFn，其他通道负载态）



接收端口驻波比

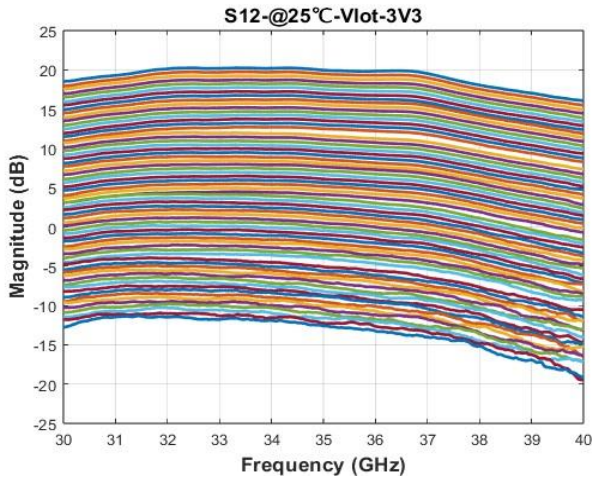


发射端口驻波比

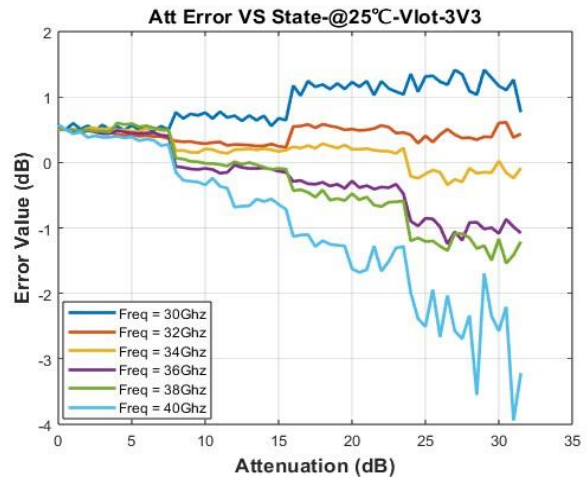


接收衰减性能

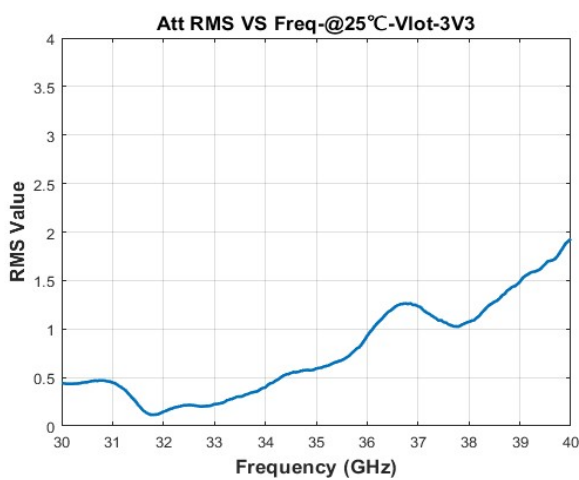
接收增益 64 态衰减曲线 vs 频率



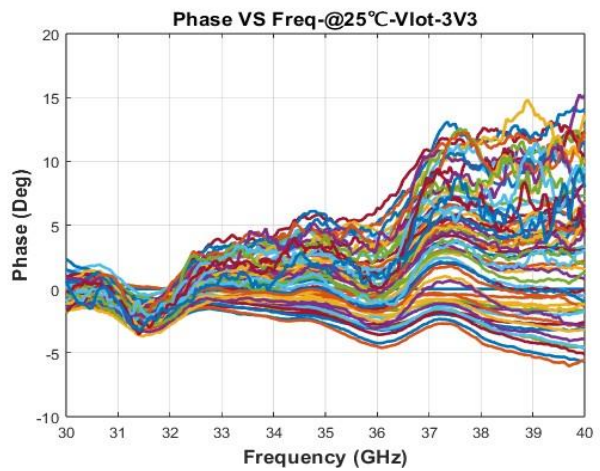
接收模式衰减误差 vs 衰减值



接收模式 RMS 衰减误差 vs 频率



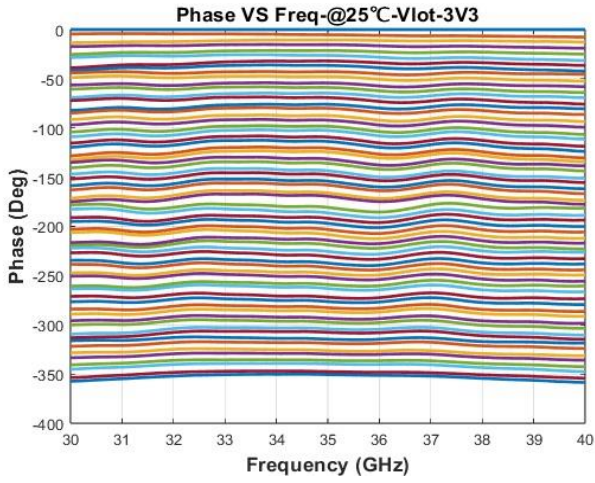
接收模式 64 态衰减时附加相移 vs 频率



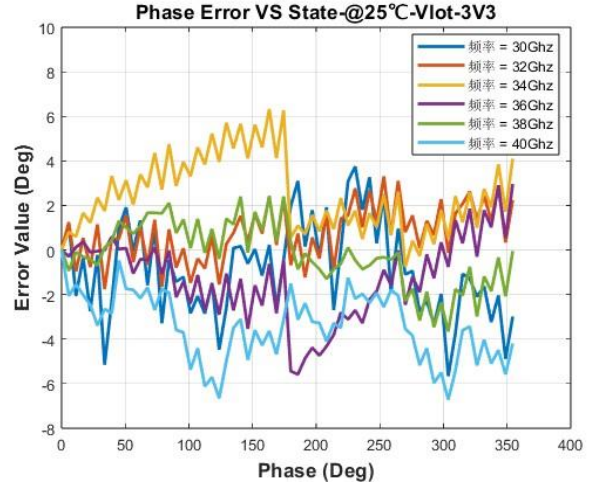


接收移相性能

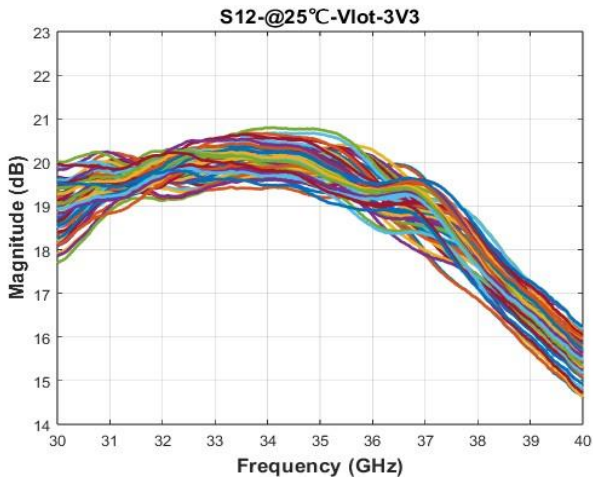
接收模式 64 态相对移相曲线 vs 频率



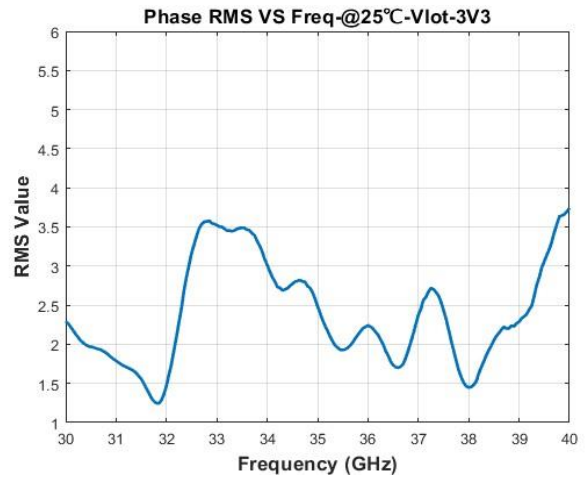
接收模式移相误差 vs 移相值



接收模式 64 态移相时增益曲线 vs 频率



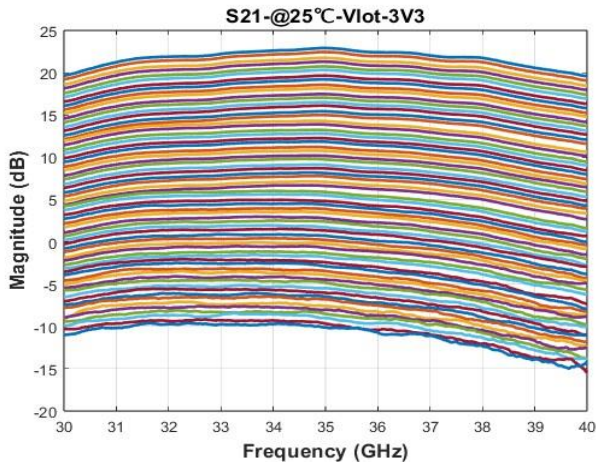
接收模式 RMS 移相误差 vs 频率



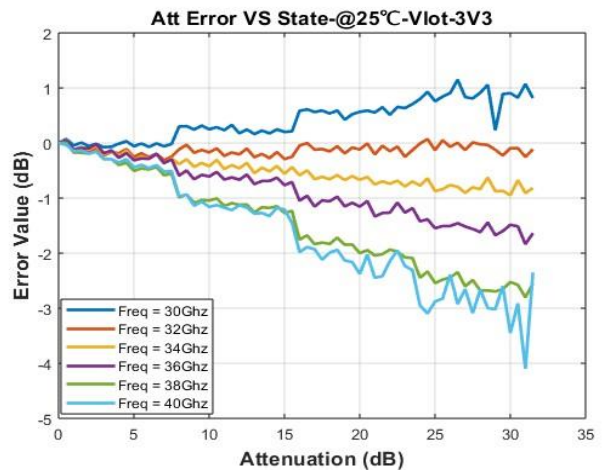


发射衰减性能

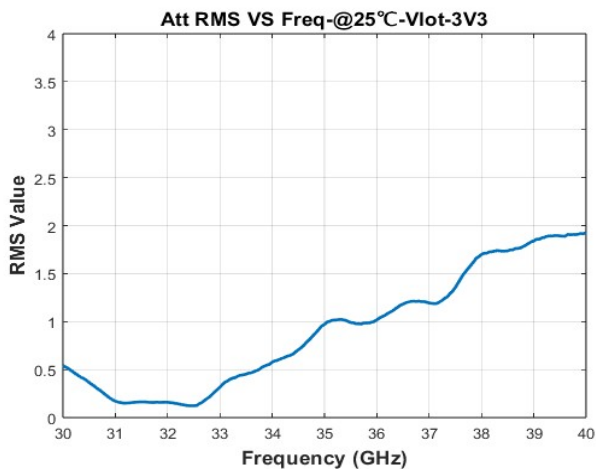
发射增益 64 态衰减曲线 vs 频率



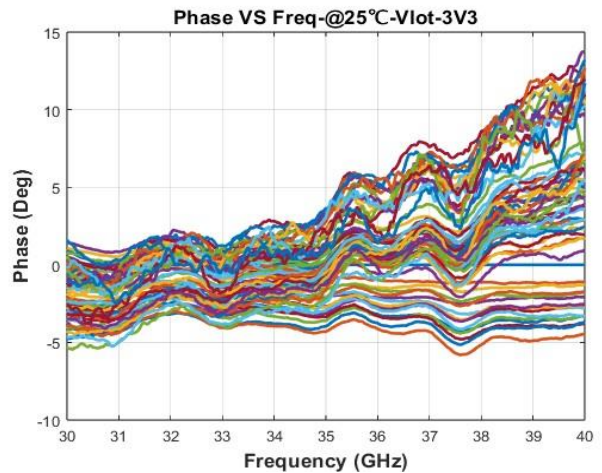
发射模式衰减误差 vs 衰减量



发射模式 RMS 衰减误差 vs 频率

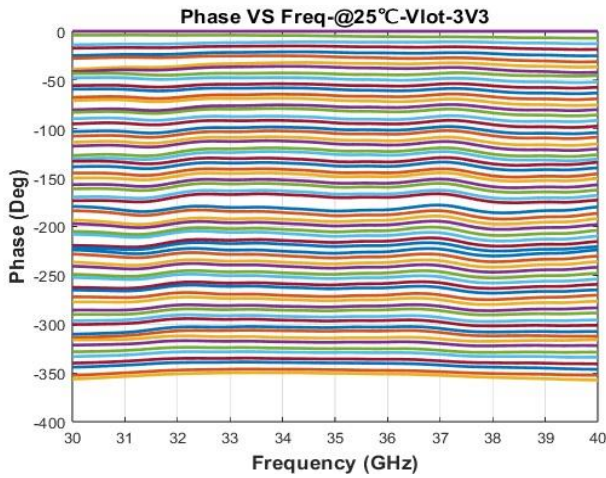


发射模式 64 态衰减时附加相移 vs 频率

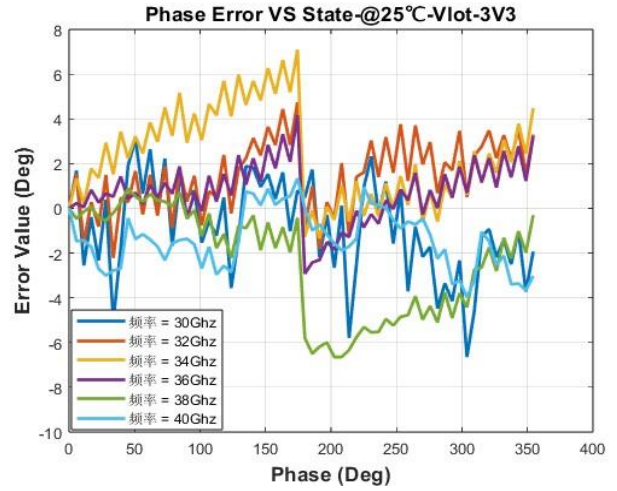


发射移相性能

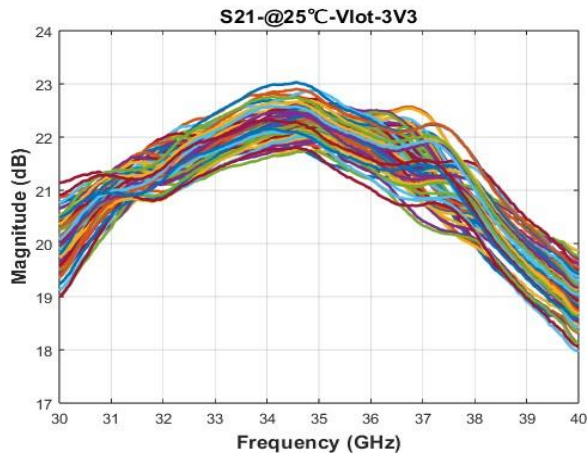
发射模式 64 态相对移相曲线 vs 频率



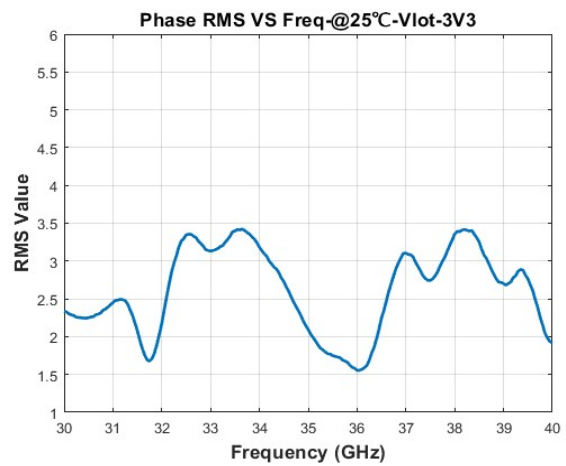
发射模式移相误差 vs 移相值



发射模式 64 态移相时增益曲线 vs 频率

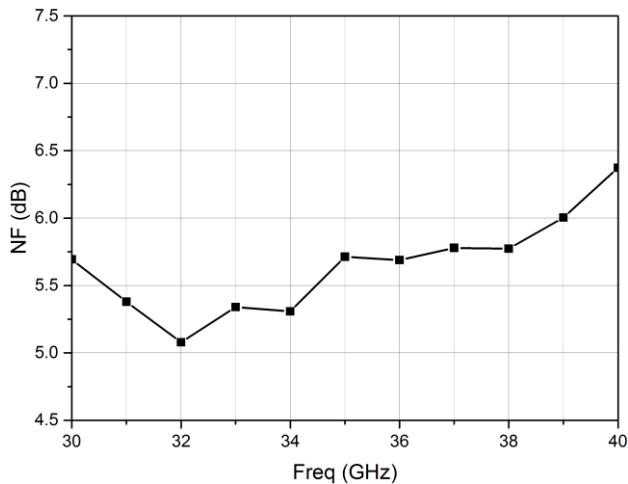


发射模式 RMS 移相误差 vs 频率

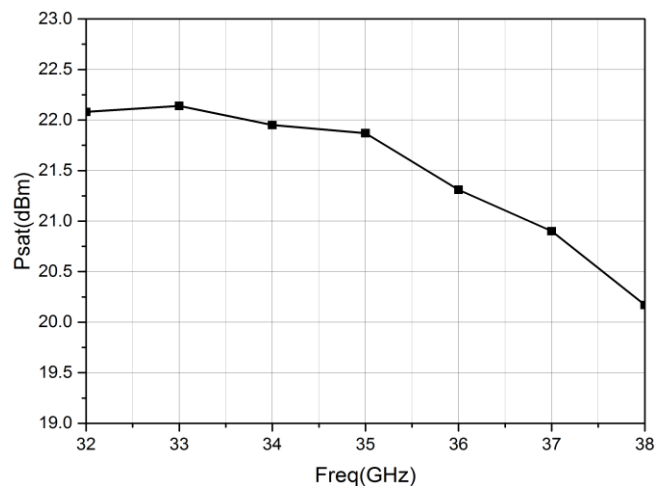


接收噪声与发射功率性能

接收噪声系数

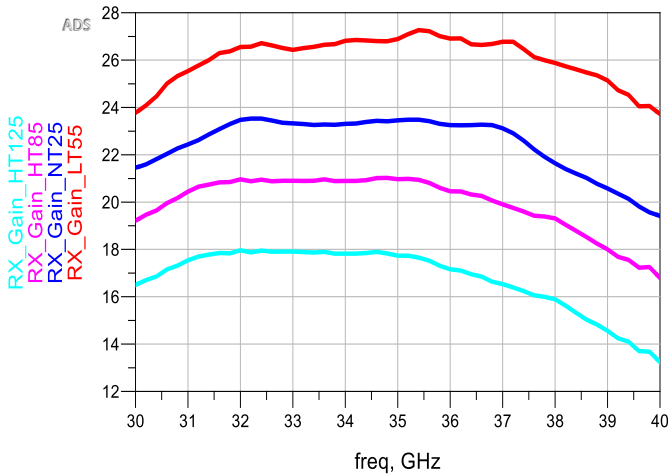


发射饱和输出功率（四通道全开脉冲态）

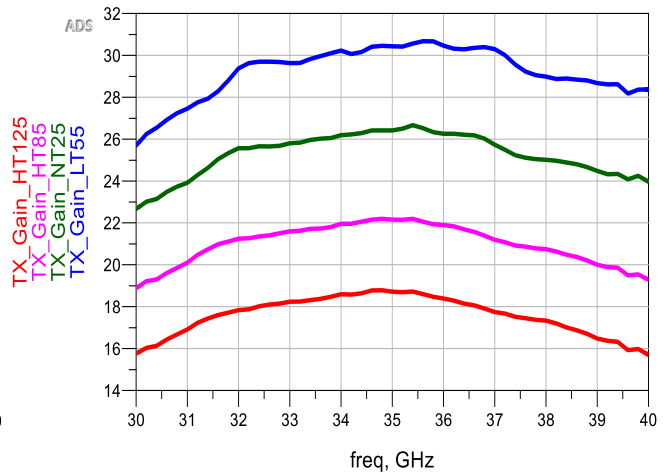


### 高低温增益性能

接收增益高低温 (-55°C~125°C)



发射增益高低温 (-55°C~125°C)



### 数字波控功能

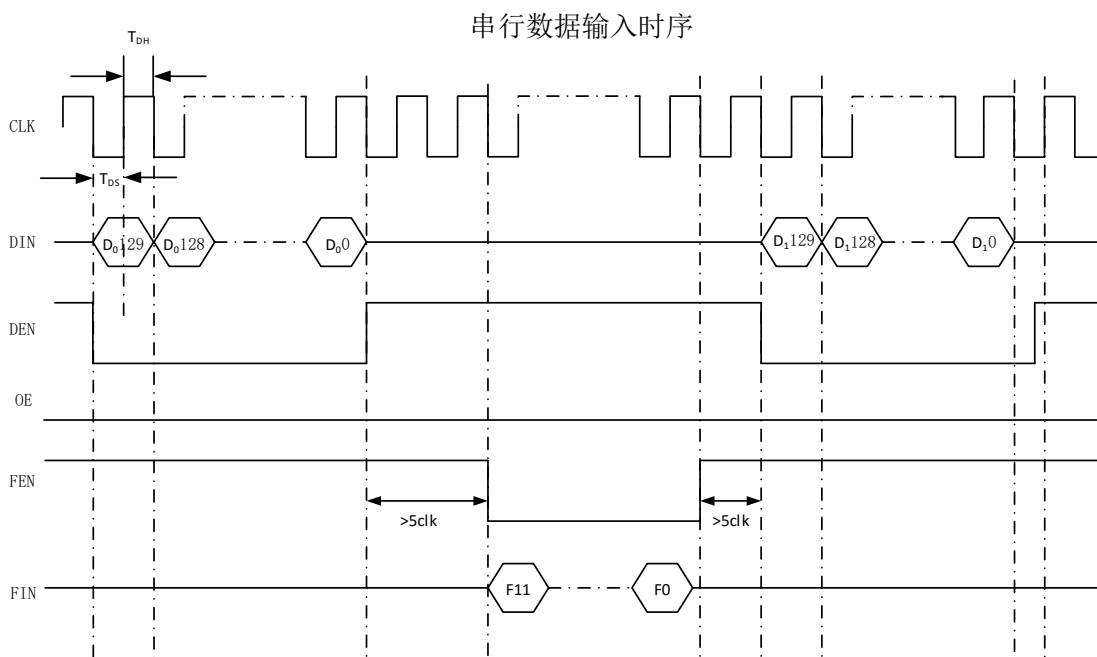
#### 开关控制输出

五个通道采用相同的逻辑控制输入（第五通道为备用），由各个通道的收发状态控制位分别输出相应通道的状态。开关控制逻辑如表 4 所列，其中输入信号 EN, TR1, TR2 来自波控输入端口，MCT、MCR 来自串行数据输入。上电后，MCT=MCR 的默认值为 1，芯片默认处于负载态，在进行收发状态切换时需要对其 MCT、MCR 进行相应的配置。此外，上电后需先要通过 FIN 输入 12'h380 配置功能寄存器以保证收发状态的正常切换。

通道 1~5 开关控制输出逻辑

输入					对应通道状态
EN	TR1	TR2	MCT	MCR	
0	0	0	x	0	接收态
0	1	0	x	0	发射态
0	1	x	0	x	发射态
其它组合					负载态

### 串行数据寄存器输入时序



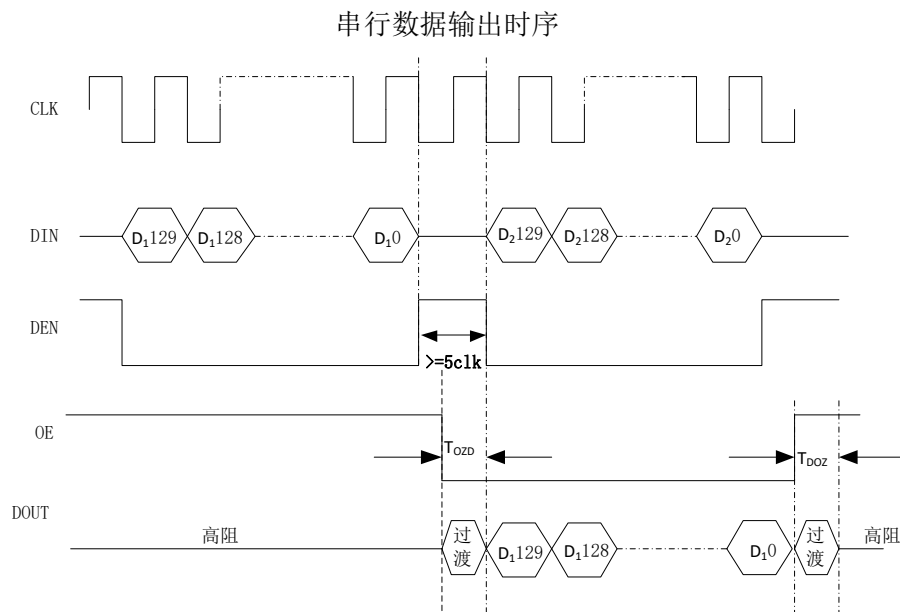
DEN 为低时，时钟上升沿采样 DIN，数据从 DIN 端口写入。每次写完 130 位数据之后，FIN 都需要串行输入 12'h11f。需要注意的是，芯片上电复位之后，首先 DIN 串行输入 130 比特，{5{26'h15D5A5A}}指令码进行内部解锁，之后才能正常写入 130 位用户数据。

130 位数据定义如表 5 所列，其中 AT、AR 分别为发射、接收衰减值，PT、PR 分别为发射、接收移相值。

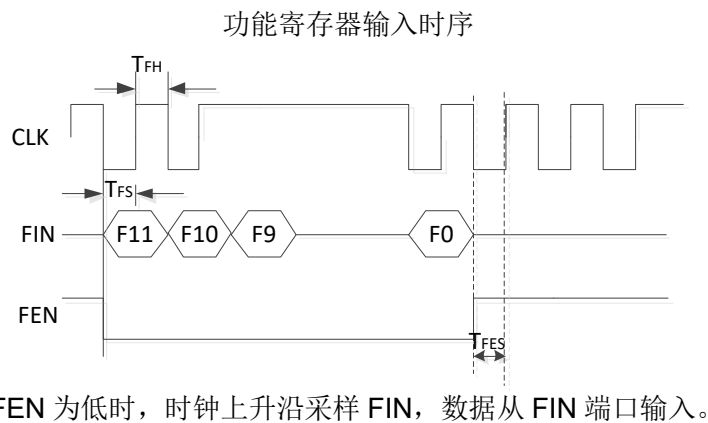
输入 130 位数据定义

第一通道					
D[25:20]	D19	D18	D[17:12]	D[11:6]	D[5:0]
AT1[5:0]	MCT1	MCR1	AR1[5:0]	PT1[5:0]	PR1[5:0]
第二通道					
D[51:46]	D45	D44	D[43:38]	D[37:32]	D[31:26]
AT2[5:0]	MCT2	MCR2	AR2[5:0]	PT2[5:0]	PR2[5:0]
第三通道					
D[77:72]	D71	D70	D[69:64]	D[63:58]	D[57:52]
AT3[5:0]	MCT3	MCR3	AR3[5:0]	PT3[5:0]	PR3[5:0]
第四通道					
D[103:98]	D97	D96	D[95:90]	D[89:84]	D[83:78]
AT4[5:0]	MCT4	MCR4	AR4[5:0]	PT4[5:0]	PR4[5:0]
第五通道					
D[129:124]	D123	D122	D[121:116]	D[115:110]	D[109:104]
AT5[5:0]	MCT5	MCR5	AR5[5:0]	PT5[5:0]	PR5[5:0]

### 串行数据寄存器输出时序

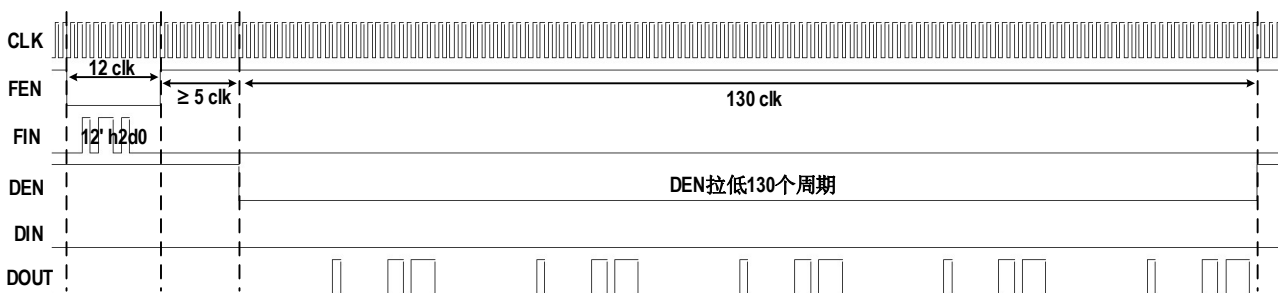


### 功能寄存器输入时序



### ADC 功能说明与时序

#### ADC 数据读取时序



芯片集成 ADC 功能，ADC\_IN<0>，ADC\_IN<1>两个引脚输入模拟信号，通过读取 DOUT 数据，可获得 ADC\_IN<0>，ADC\_IN<1>输入对应的两个 8 位数字信号。

首先，FEN 拉低 12 个 CLK 周期，期间 FIN 串行输入 12'h2d0 信号，至少 5 个 CLK 周期后，DEN 拉低 130 个 CLK 周期，此时 DOUT 将串行输出 130 位数据，数据格式为{5{5'd0,ad\_data1, 5'd0,ad\_data0}}，其中低 8 位 D7: D0 为 ADC\_IN<0>对应的 ADC 值，而 D20: D13 对应的是 ADC\_IN<1>对应的 ADC 值。

ADC 电路实际测试的输入输出对应关系如下表所列。

输入模拟电压值与 ADC 输出的对应关系

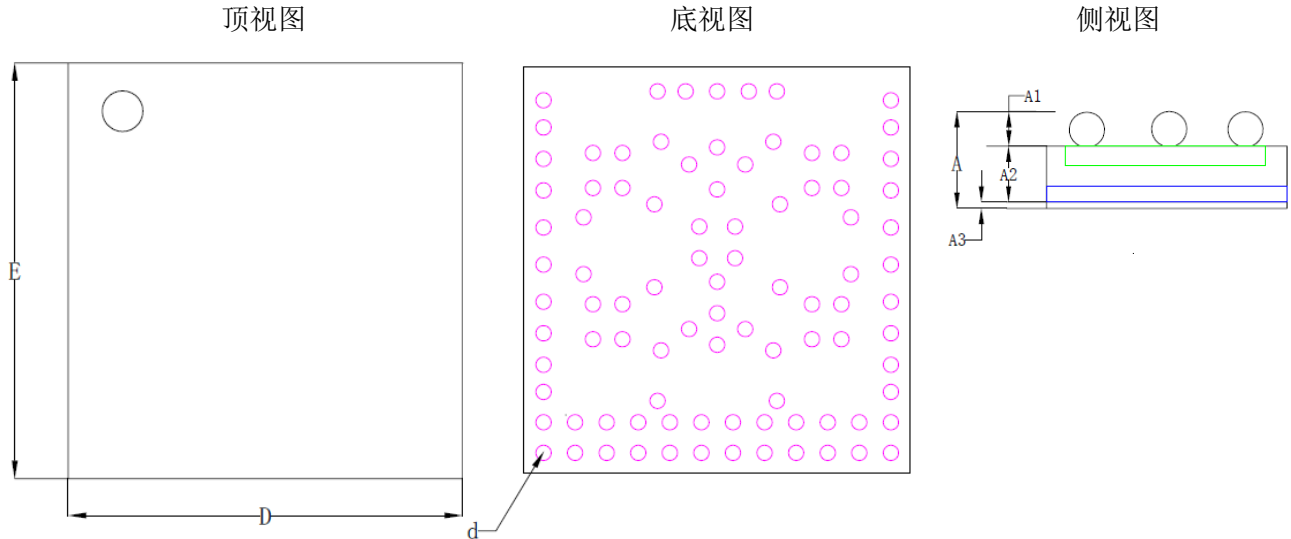
ADC 模拟输入电压 (V)	8 位数字输出 (16 进制)	数字输出对应的理论模拟值
0.01	2	0.03
0.1	7	0.09
0.2	0f	0.19
0.3	16	0.28
0.4	1e	0.39
0.5	29	0.53
0.6	2e	0.59
0.7	36	0.70
0.8	3e	0.80
0.9	44	0.88
1	4b	0.97
1.1	52	1.06
1.2	58	1.13
1.3	62	1.26
1.4	6b	1.38
1.5	71	1.46
1.6	7b	1.59
1.7	82	1.68
1.8	88	1.75
1.9	8f	1.84
2	99	1.97
2.1	a1	2.08
2.2	a7	2.15
2.3	ae	2.24
2.4	b6	2.35
2.5	be	2.45
2.6	c5	2.54
2.7	cd	2.64
2.8	d4	2.73
2.9	db	2.82
3	e4	2.94
3.1	eb	3.03



3.2	f3	3.13
3.3	fa	3.22

## 封装方案

芯片采用 WLCSP 晶圆级封装，尺寸为 5.555mm×5.855mm，封装相关详细尺寸信息如下图和下表所示。

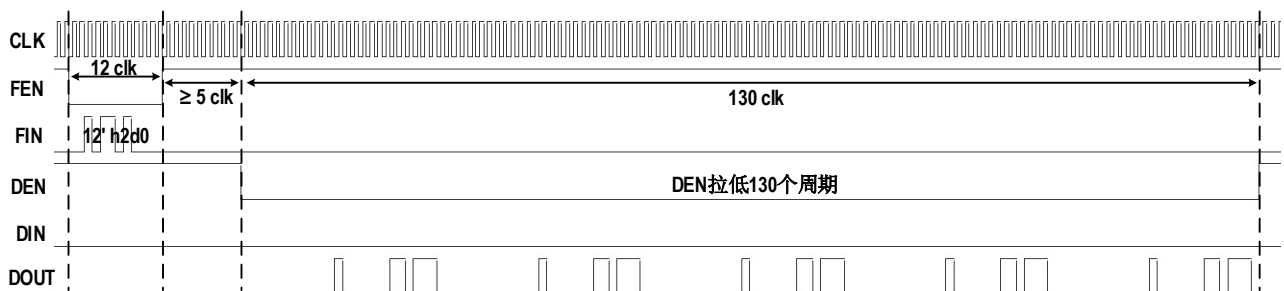


YCC59-3238CQ1 封装示意图

封装详细尺寸信息

尺寸标号	标称值	公差
A	0.800	±0.038
A1	0.166	±0.020
A2	0.594	±0.013
A3	0.040	±0.005
D	5.555	±0.025
E	5.855	±0.025
d	0.239	±0.020

## 典型应用和装配示意图



此图为 YCC59-3238CQ1 芯片典型的应用电路和装配示意图

各通道的射频端口和公共端口需要 50 欧姆传输线引出，无需片外隔直，注意应用板上不同通道间以及 RF 与 COM 间的走线需要良好的板上隔离度。

所有 GND 引脚均需要与下方的地平面良好接触。

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。

