

## 产品特性

全性能工作频率低至 0 Hz/dc

导通电阻: 2.9  $\Omega$  (最大值)

关断泄漏: 0.5 nA (最大值)

-3 dB 带宽

RF1、RF4 为 10.8 GHz (典型值)

RF2、RF3 为 13 GHz (典型值)

RF 性能特性

插入损耗: 0.45 dB (典型值, 2.5 GHz)

隔离度: 24 dB (典型值, 2.5 GHz)

IP3: 67 dBm (典型值)

RF 输入功率: 32 dBm (最大值)

驱动寿命: 10 亿周期 (最小值)

密封开关触点

开关导通时间: 75  $\mu$ s (最大值)

ESD HBM 额定值

5 kV (对于 RF1 至 RF4 和 RFC 引脚)

2.5 kV (对于所有其他引脚)

集成驱动器, 无需外部驱动器

电源电压: 3.0 V 至 3.6 V

CMOS/LVTTL 兼容

并行和 SPI 接口

独立控制开关

没有电源时, 开关处于开路状态

要求所有 RF 引脚上避免出现浮空节点 (参见“浮空节点”部分)

5 mm  $\times$  4 mm  $\times$  1.45 mm、24 引脚 LFCSP

工作温度范围: 0°C 至+85°C

## 应用

继电器替代方案

自动测试设备(ATE): RF、数字和混合信号

负载和探针板: RF、数字和混合信号

RF 测试仪表

可重复配置型滤波器和衰减器

高性能 RF 开关

## 概述

ADGM1004 是一款宽带、单刀四掷(SP4T)开关, 采用 ADI 公司的微型机电系统(MEMS)开关技术制造而成。利用该技术可实现小型、宽 RF 带宽、高线性、低插入损耗开关, 其工作频率范围为 0 Hz/dc 至 13 GHz, 是满足各种 RF 和精密设备开关需求的理想解决方案。

集成驱动器芯片产生高压, 通过静电驱动可由并行接口和串行外设接口(SPI)控制的开关。所有四个开关都可单独进行控制。

该器件采用 24 引脚、5 mm  $\times$  4 mm  $\times$  1.45 mm、引脚架构芯片级封装(LFCSP)。

为确保 ADGM1004 以最佳状态运行, 请严格遵循“关键运行要求”部分。

ADGM1004 的导通电阻( $R_{ON}$ )性能受到器件间差异、通道间差异、周期驱动、建立时间后开启、偏置电压和温度变化的影响。

请注意, 在整篇数据手册中, 多功能引脚 (如 IN1/SDI) 由整个引脚名称或引脚的单个功能表示, 例如 SDI 即表示仅与此功能相关。

## 目录

产品特性 .....	1
应用 .....	1
概述 .....	1
修订历史 .....	2
功能框图 .....	4
技术规格 .....	5
时序特性 .....	7
绝对最大额定值 .....	9
热阻 .....	9
ESD警告 .....	9
引脚配置和功能描述 .....	10
典型性能参数 .....	12
测试电路 .....	17
术语 .....	20
工作原理 .....	22
并行数字接口 .....	22
SPI数字接口 .....	23

## 修订历史

### 2019年11月—修订版C至修订版D

更改“产品特性”部分和“一般应用”部分 .....	1
移动“功能框图”部分 .....	4
更改图1 .....	4
更改“技术规格”部分和表1 .....	5
增加“时序特性”部分和表2；重新排序 .....	7
增加“时序图”部分、图2、图3和图4；重新排序 .....	8
更改“绝对最大额定值”部分和表3 .....	9
更改图5和表5 .....	10
更改“典型性能参数”部分 .....	12
更改“术语”部分 .....	20
更改“并行数字接口”部分和表6标题 .....	22
增加“SPI数字接口”部分、“可寻址模式”部分和图45 .....	23
增加“菊花链模式”部分、图46、图47和图48 .....	24
增加“硬件复位”部分和“内部错误状态”部分 .....	25
更改“内部振荡器馈通”部分和“内部振荡器馈通缓解措施”部分 .....	25
更改“典型工作电路”部分和图49 .....	26
删除“搬运指南”部分、“直流电压范围”部分和“关态电压限值”部分 .....	27
增加“关键运行要求”部分、“导通电阻漂移引起的系统误差考虑”部分、图52、表7、“浮空节点”部分、图53、图54、图55、图56和图57 .....	28

内部振荡器馈通 .....	25
内部振荡器馈通缓解措施 .....	25
低功耗模式 .....	25
典型工作电路 .....	26
应用信息 .....	27
可切换RF衰减器 .....	27
可重复配置RF滤波器 .....	27
关键运行要求 .....	28
导通电阻漂移引起的系统误差考虑 .....	28
浮空节点 .....	28
开关累计导通寿命 .....	29
搬运防范措施 .....	29
寄存器详解 .....	31
开关数据寄存器 .....	31
外形尺寸 .....	32
订购指南 .....	32

增加图58、图59、“开关累计导通寿命”部分、“搬运防范措施”部分和图61 .....	29
移动图60和“电气过载(EOS)防范措施”部分 .....	29
增加“机械冲击防范措施”部分和表8 .....	30
更改图62 .....	30
增加“寄存器详解”部分、“开关数据寄存器”部分和表9 .....	31
更改“订购指南” .....	32

### 2019年3月—修订版B至修订版C

更改“产品特性”部分和图1 .....	1
更改“技术规格”部分和表1 .....	3
更改表1的尾注1、尾注3和尾注6；重新排序 .....	4
更改表2 .....	5
更改表4 .....	6
更新“典型性能参数”部分格式 .....	7
更改图6至图8的标题 .....	7
增加图9至图12；重新排序 .....	8
删除图15 .....	9
增加图19和图20 .....	9
增加图24至图26 .....	10
增加图27至图30 .....	11

更改图32标题.....12

增加图33 .....12

删除图27至图29 .....12

更改图35 .....13

更改图37标题.....13

增加图39、图40和图42 .....14

更改“术语”部分.....15

更改“工作原理”部分 .....17

“内部振荡器/EXTD\_EN”部分更改为

“内部振荡器”部分 .....18

更改“内部振荡器”部分和“典型工作电路”部分 .....18

更换图44 .....18

增加“振荡器馈通缓解措施”部分和“低功耗模式”

部分 .....18

更改图50和图51 .....19

增加“关态电压限值”部分 .....22

**2018年3月—修订版A至修订版B**

更改“产品特性”部分 ..... 1

更改表1..... 3

为表1增加尾注5；重新排序..... 3

更改表2..... 5

增加图27、图28和图29；重新排序..... 12

更改“避免浮空节点”部分和图36..... 17

更新“外形尺寸” ..... 21

**2017年2月—修订版0至修订版A**

更改“产品特性”部分 ..... 1

更改表1的导通参数 ..... 3

更改表2..... 5

更改图13和图14..... 8

更新“外形尺寸” ..... 20

**2017年1月—修订版0：初始版**

功能框图

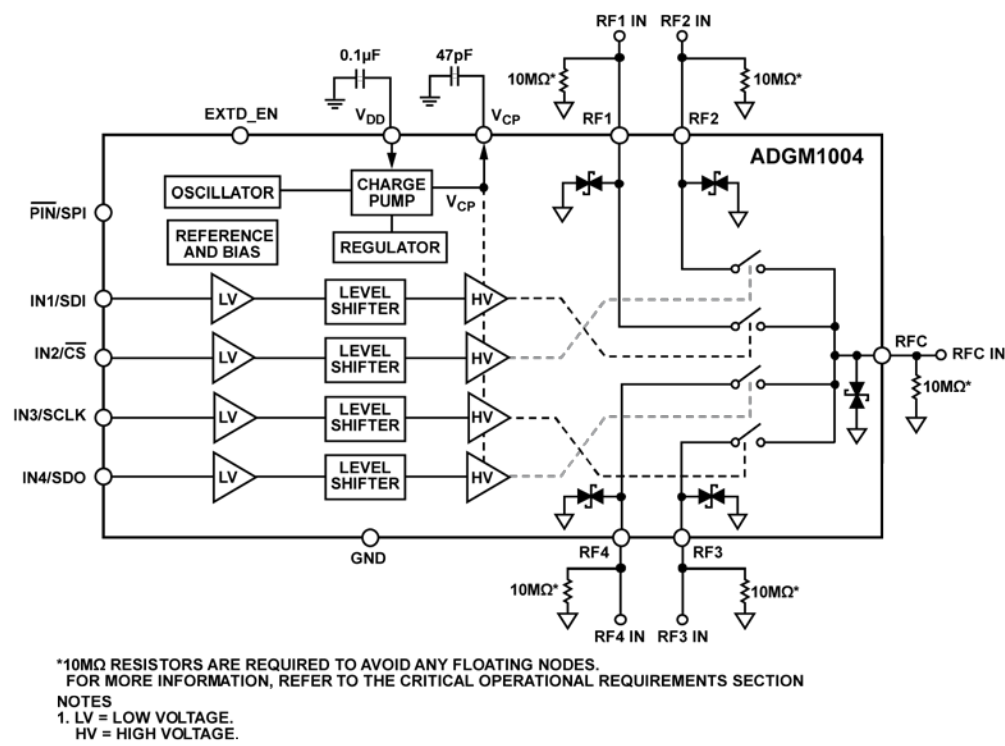


图1.

15173-001

## 技术规格

除非另有说明，电源电压( $V_{DD}$ ) = 3.0 V 至 3.6 V，GND = 0 V，所有规格均相对于  $T_A = 25^\circ\text{C}$  而言。典型规格是在  $T_A = 25^\circ\text{C}$  和  $V_{DD} = 3.3\text{ V}$  的条件下测得。

表1.

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释 <sup>1</sup>
导通电阻特性						更多信息参见图 6 至图 13
初始导通电阻						
属性						
导通电阻	$R_{ON}$			2.9	$\Omega$	漏源电流( $I_{DS}$ ) = 50 mA，0 V 输入偏置，初次驱动后 1 ms，最大值规格适用温度范围为 $0^\circ\text{C}$ 至 $85^\circ\text{C}$ 最大值测定温度范围为 $0^\circ\text{C}$ 至 $85^\circ\text{C}$
通道间导通电阻匹配	$\Delta R_{ON\ CH\_CH}$			1	$\Omega$	
导通电阻漂移						
随时间 <sup>2</sup>	$\Delta R_{ON\ TIME}$			-0.25	$\Omega$	初次驱动后 1 ms 至 100 ms 的 $R_{ON}$ 变化，最大值测定温度范围为 $0^\circ\text{C}$ 至 $85^\circ\text{C}$
随驱动次数 <sup>3</sup>	$\Delta R_{ON}$		0.5		$\Omega$	$10^9$ 次驱动，开关在 $25^\circ\text{C}$ 下驱动， $R_{ON}$ 在 $25^\circ\text{C}$ 下测量
				5	$\Omega$	$10^9$ 次驱动，开关在 $85^\circ\text{C}$ 下驱动， $R_{ON}$ 在 $25^\circ\text{C}$ 下测量，1 kHz 驱动频率，切换之间施加 220 mA 负载 <sup>4</sup>
可靠性						
持续导通寿命			7.2		年	$50^\circ\text{C}$ 时平均失效前时间 <sup>5</sup> ，更多信息参见图 60
驱动寿命		$10^9$			驱动次数	切换之间的负载为 220 mA，在 $85^\circ\text{C}$ 下测试，RF 功率 = 连续波(CW)，端接至 $50\Omega$ ，详细信息参见图 14
冷切换						
热切换						
10 dBm			$5.16 \times 10^9$		驱动次数	50%测试样本失效点(T50)
15 dBm			$3.21 \times 10^6$		驱动次数	50%测试样本失效点(T50)
20 dBm			$390 \times 10^3$		驱动次数	50%测试样本失效点(T50)
动态特性						
工作频率		0/dc		13	GHz	
-3 dB 带宽	BW					
RF1、RF4		9.5	10.8		GHz	RF1 至 RFC 和 RF4 至 RFC 通道
RF2、RF3		11.5	13		GHz	RF2 至 RFC 和 RF3 至 RFC 通道
插入损耗	IL		0.45	0.6	dB	2.5 GHz，RFC 至 RFx
			0.63	0.95	dB	6.0 GHz，RFC 至 RFx
隔离						
RFx 至 RFC		22	24		dB	2.5 GHz，RFx 至 RFC（所有通道断开）
		16	19		dB	6.0 GHz，RFx 至 RFC（所有通道断开）
RF1 至 RFC			27			6 GHz，RF2 至 RFC 接通，RF1 至 RFC 断开
RF2 至 RFC			26			6 GHz，RF1 至 RFC 接通，RF2 至 RFC 断开
串扰		27	30		dB	2.5 GHz，RFx 至 RFx
		22	24		dB	6.0 GHz，RFx 至 RFx
回波损耗	RL	14	17		dB	DC 至 6.0 GHz
三阶交调截取点	IP3		67		dBm	输入：900 MHz 和 901 MHz，输入功率 = 27 dBm
二阶交调截取点	IP2		95		dBm	输入：900 MHz 和 901 MHz，输入功率 = 27 dBm
二次谐波失真	HD2		-90		dBc	输入：5.4 MHz，输入功率 = 0 dBm
			-74		dBc	输入：150 MHz 和 800 MHz，输入功率 = 27 dBm

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释 <sup>1</sup>
三次谐波失真	HD3		-80		dBc	输入：150 MHz 和 800 MHz，输入功率 = 27 dBm
总谐波失真加噪声	THD + N		-102		dBc	负载电阻( $R_L$ ) = 300 $\Omega$ ， $f$ = 1 kHz， $R_{FX}$ = 2.5 V p-p
RF 输入功率				32	dBm	开关导通状态，50 $\Omega$ 端接，最大值规格测定温度为 25°C
DC 电压范围		-6		+6	V	开关接通直流电压工作范围，0°C 至 85°C
开关导通时间 <sup>6</sup>	$t_{ON}$	0		75	$\mu$ s	50% INx 至 90% (最终 IL 值的 0.05 dB) RFx，50 $\Omega$ 端接，0°C 至 85°C
开关断开时间 <sup>6</sup>	$t_{OFF}$	0		75	$\mu$ s	50% INx 至 10% (最终 IL 值的 0.05 dB) RFx，50 $\Omega$ 端接，0°C 至 85°C
驱动频率				5	kHz	所有开关同时切换，0°C 至 85°C
上电时间			0.75		ms	$C_{CP}$ = 47 pF，95% $V_{DD}$ 至 90% RFx，0°C 至 85°C
视频馈通			16		mV 峰值	RFx 引脚短接 1 M $\Omega$
内部振荡器频率		8	10	12	MHz	0°C 至 85°C
内部振荡器馈通 <sup>7</sup>			-123		dBm	频谱分析仪分辨率带宽( $R_{BW}$ ) = 200 Hz，一个开关处于导通状态，所有其他开关处于断开状态，短接 50 $\Omega$ <sup>8</sup>
				-146	dBm/Hz	
电容特性						1 MHz，包括 LFCSP 封装电容
导通开关通道电阻	$C_{RF ON}$		3		pF	
断开开关通道电阻	$C_{RF OFF}$		1.5		pF	
漏电流特性						最大值规格测定温度范围为 0°C 至 85°C
导通漏电流				5	nA	RFx (断开通道) = -6 V，RFC 至 RFx (导通通道) = -6 V
关断漏电流				0.5	nA	RFx = 6 V，RFC = -6 V
数字输入						最小值和最大值测定温度范围为 0°C 至 85°C
输入高电压	$V_{INH}$	2			V	
输入低电压	$V_{INL}$			0.8	V	
输入电流	$I_{INL}, I_{INH}$		0.025	1	$\mu$ A	输入电压( $V_{IN}$ ) = $V_{INL}$ 或 $V_{INH}$
数字输出						最小值和最大值测定温度范围为 0°C 至 85°C
输出低电压	$V_{OL}$			0.4	$V_{MAX}$	灌电流( $I_{SINK}$ ) = 1 mA
输出高电压	$V_{OH}$	$V_{DD} - 0.4$			$V_{MIN}$	拉电流( $I_{SOURCE}$ ) = 1 mA
电源要求						最小值和最大值测定温度范围为 0°C 至 85°C
电源电压	$V_{DD}$	3.0		3.6	V	
电源电流	$I_{DD}$			2.5	mA	数字输入 = 0 V 或 $V_{DD}$ ，SDO 在 SPI 模式下浮空
低功耗模式电流 <sup>9</sup>	$I_{DD EXT VCP}$			50	$\mu$ A	在低速功耗模式下，此值为 $I_{DD}$
外部驱动电压 <sup>10</sup>	$V_{CP EXT}$	79.2	80	80.8	V	
外部驱动电流	$I_{CP EXT VCP}$			20	$\mu$ A	

<sup>1</sup> RFx 为 RF1、RF2、RF3 和 RF4。INx 为 IN1、IN2、IN3 和 IN4。

<sup>2</sup> 全部时间内的最大  $R_{ON}$  为  $R_{ON}$  (最大值) +  $\Delta R_{ON TIME}$  (最大值) = 2.65  $\Omega$ 。

<sup>3</sup> 10 亿次驱动之后的最大  $R_{ON}$  为  $R_{ON}$  (最大值) +  $\Delta R_{ON}$  (最大值) = 7.9  $\Omega$ 。

<sup>4</sup> 对于 ADGM1004  $R_{ON}$  随驱动次数的漂移，最严酷的条件是在 85°C 下驱动开关并在 25°C 下测量  $R_{ON}$ 。

<sup>5</sup> 失效是指 50% 的样本批次失效。更多详细说明参见“开关累计导通寿命”部分。

<sup>6</sup> 开关建立时间为 75  $\mu$ s。请勿在 0  $\mu$ s 至 75  $\mu$ s 之间施加 RF 功率。

<sup>7</sup> 禁用内部振荡器以消除馈通。当内部振荡器和电荷泵电路被禁用时，必须利用 MEMS 开关驱动所需的外部电压源以 80 V dc ( $V_{CP EXT}$ ) 驱动  $V_{CP}$  引脚 (引脚 24)，如表 3 所示。

<sup>8</sup> 频谱分析仪设置如下： $R_{BW}$  = 200 Hz，视频带宽( $V_{BW}$ ) = 2 Hz，范围 = 100 kHz，输入衰减器 = 0 dB，检测器类型为峰值，最大保持关闭。测试基波馈通噪声或谐波 (以较高者为准)。

<sup>9</sup> 更多详细说明参见“低功耗模式”部分。

<sup>10</sup> 更多详细说明参见“内部振荡器馈通缓解措施”部分。

时序特性

除非另有说明，V<sub>DD</sub> = 3.0 V 至 3.6 V，GND = 0 V，所有规格均相对于 T<sub>MIN</sub> 至 T<sub>MAX</sub> = 0°C 至 +85°C 而言。

表2.

参数	描述	T <sub>MIN</sub> 时的限值	T <sub>MAX</sub> 时的限值	单位
t <sub>1</sub>	SCLK 周期	100		ns
t <sub>2</sub>	SCLK 高电平脉宽	45		ns
t <sub>3</sub>	SCLK 低电平脉宽	45		ns
t <sub>4</sub>	$\overline{CS}$ 下降沿到SCLK有效沿	25		ns
t <sub>5</sub>	数据建立时间	20		ns
t <sub>6</sub>	数据保持时间	20		ns
t <sub>7</sub>	SCLK有效沿到 $\overline{CS}$ 上升沿	25		ns
t <sub>8</sub>	$\overline{CS}$ 下降沿到SDO数据可用		20	ns
t <sub>9</sub> <sup>1</sup>	SCLK 下降沿到 SDO 数据可用		40	ns
t <sub>10</sub>	$\overline{CS}$ 上升沿到SDO返回高阻抗状态		25	ns
t <sub>11</sub>	$\overline{CS}$ SPI命令间的高电平时间	100		ns
t <sub>12</sub>	SCLK边沿抑制到 $\overline{CS}$ 下降沿	25		ns
t <sub>13</sub>	$\overline{CS}$ 上升沿到SCLK边沿抑制	25		ns

<sup>1</sup> 在 20 pF 负载下测量，t<sub>9</sub>确定了使用 SDO 引脚时的最大 SCLK 频率。

时序图

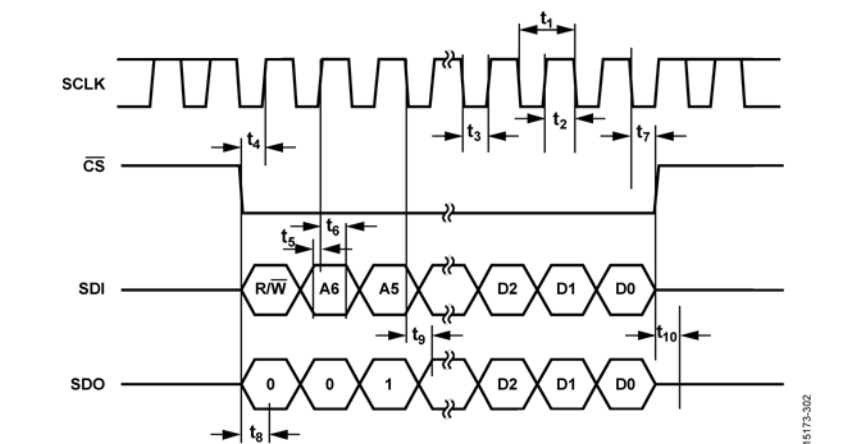


图2. 可寻址模式时序图

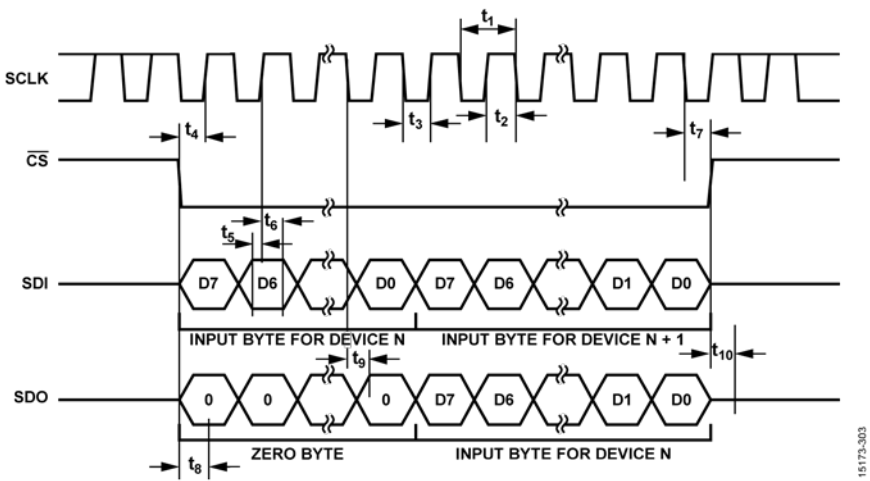


图3. 菊花链时序图

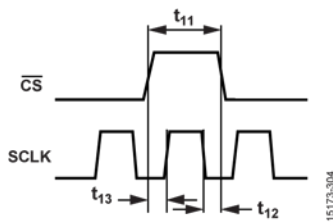


图4. SCLK/CS时序关系



绝对最大额定值

除非另有说明， $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。

表3.

参数	额定值
$V_{DD}$ 至 GND	-0.3 V 至 +6 V
数字输入 <sup>1</sup>	-0.3 V 至 $V_{DD} + 0.3\text{ V}$ 或 +30 mA (以最先出现者为准)
直流电压额定值 <sup>2</sup>	$\pm 7\text{ V}$
关态电压 <sup>3</sup>	20 V
RFx 至 AGND	$\pm 10\text{ V}$
RFC 至 AGND	$\pm 10\text{ V}$
RFx 至 RFC	20 V
电流额定值 <sup>2</sup>	250 mA
RF 功率额定值 <sup>4</sup>	33 dBm
温度	
工作范围	0°C 至 +85°C
存储范围	-65°C 至 +150°C
回流焊 (无铅)	
峰值	260 (+0/-5) °C
峰值时间	10 秒至 30 秒
静电放电(ESD)	
人体模型(HBM)	
RF1 至 RF4 和 RFC	5 kV
所有其他引脚	2.5 kV
场感应充电器件	
型号 <sup>5</sup>	
所有引脚	1.25 kV
D 组	
机械冲击 (0.5 ms 脉冲) <sup>6</sup>	1500 g
振动 (加速度为 50g)	20 Hz 至 2000 Hz
恒定加速度	30,000 g

<sup>1</sup> 内部二极管会箝位INx的过压。电流以给出的最大额定值为限。  
<sup>2</sup> 此额定值相对于处于接通位置且未施加任何射频信号的开关而言。  
<sup>3</sup> 此额定值相对于处于断开位置的开关而言。  
<sup>4</sup> 此额定值相对于处于接通位置且端接电阻为50  $\Omega$  的开关而言。当开关未端接时，额定值为27 dBm。  
<sup>5</sup> 在此额定值水平，通过实施行业标准ESD控制，可实现安全的自动搬运和装配流程。  
<sup>6</sup> 如果搬运期间有器件掉落，请勿使用掉落的器件。

注意，等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值，不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，器件能够正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

任何时候只能使用一个绝对最大额定值。

热阻

热性能与印刷电路板(PCB)设计和工作环境直接相关。必须慎重对待 PCB 散热设计。

$\theta_{JA}$  是自然对流下的结至环境热阻，在 1 立方英尺的密封外罩中测量。 $\theta_{JC}$  是结至外壳热阻。

表4. 热阻

封装类型	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	单位
CP-24-4 <sup>1</sup>	60	75	°C/W

<sup>1</sup> 仿真 $\theta_{JA}$ 值用封装的最大结温以及封装在工作条件下的总功耗估算。对于25°C下的热性能计算，每个开关可以使用113 mW的功耗。该值用1.8  $\Omega$ 的典型 $R_{ON}$ 值和250 mA的绝对最大额定电流计算。

ESD警告



**ESD (静电放电) 敏感器件。**  
带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量ESD时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的ESD防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

引脚配置和功能描述

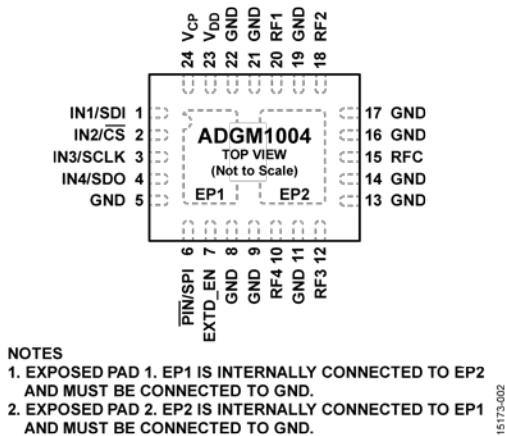


图5. 引脚配置

表5. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	IN1/SDI	并行逻辑数字控制输入 1。施加于此引脚的电压控制 RF1 到 RFC MEMS 开关的栅极。在 SPI 模式下，此引脚是串行数据输入引脚。在并行模式下，如果 IN1 引脚为低电平，则 RF1 至 RFC 开关断开。如果 IN1 引脚为高电平，则 RF1 至 RFC 开关闭合（导通）。在 SPI 模式下，此引脚用作串行数据输入(SDI)引脚。
2	IN2/ $\overline{\text{CS}}$	并行逻辑数字控制输入 2。施加于此引脚的电压控制 RF2 到 RFC MEMS 开关的栅极。在并行模式下，如果 IN2 引脚为低电平，则 RF2 至 RFC 开关断开。如果 IN2 引脚为高电平，则 RF2 至 RFC 开关闭合（导通）。在 SPI 模式下，此引脚是片选(CS)引脚。 $\overline{\text{CS}}$ 是低电平有效信号，用于选择与主器件进行通信的从器件。通常，主器件和各从器件之间有一个专用 $\overline{\text{CS}}$ 信号。 $\overline{\text{CS}}$ 引脚还用于同步和使能与从器件的帧通信。
3	IN3/SCLK	并行逻辑数字控制输入 3。施加于此引脚的电压控制 RF3 到 RFC MEMS 开关的栅极。在并行模式下，如果 IN3 引脚为低电平，则 RF3 至 RFC 开关断开。如果 IN3 引脚为高电平，则 RF3 至 RFC 开关闭合（导通）。在 SPI 模式下，此引脚用作串行时钟(SCLK)引脚，使得从器件与主器件同步。通常，SCLK 信号为串行总线上的所有从器件所共享。SCLK 信号始终由主器件驱动。
4	IN4/SDO	并行逻辑数字控制输入 4。施加于此引脚的电压控制 RF4 到 RFC MEMS 开关的栅极。在并行模式下，如果 IN4 引脚为低电平，则 RF4 至 RFC 开关断开。如果 IN4 引脚为高电平，则 RF4 至 RFC 开关闭合（导通）。在 SPI 模式下，此引脚用作串行数据输出(SDO)引脚。通常，SDO 引脚为串行总线上的所有从器件所共享。SDO 引脚一次仅由一个从器件驱动，否则为高阻抗。当 $\overline{\text{CS}}$ 引脚解除置位而变为高电平时，SDO 始终为高阻抗。
5, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 21, 22	GND	接地连接。
6	$\overline{\text{PIN/SPI}}$	并行或串行逻辑控制使能引脚。此引脚为高电平时，SPI 接口使能。当此引脚为低电平时，使能并行数字接口。
7	EXTD_EN	外部电压驱动使能。正常工作时，将 EXTD_EN 设为低电平，使能内置的 10 MHz 振荡器，从而使能内部驱动器 IC 升压电路。将 EXTD_EN 设为高电压会禁用内部 10 MHz 振荡器和驱动器升压电路。振荡器被禁用时，仍然可以通过逻辑接口引脚（IN1 至 IN4）或 SPI 接口控制开关，但必须用外部电压源以 80 V dc 驱动 $V_{\text{CP}}$ 引脚。在这种模式下，ADGM1004 仅消耗最大 50 $\mu$ A 电源电流。禁用内部振荡器可从开关中消除相关的 10 MHz 噪声馈通。
10	RF4	RF4 端口。该引脚可以是输入或输出。如果不使用，应将该引脚连接至 GND，或使用 50 电阻将该引脚端接至 GND。
12	RF3	RF3 端口。该引脚可以是输入或输出。如果不使用，应将该引脚连接至 GND，或使用 50 电阻将该引脚端接至 GND。
15	RFC	公共 RF 端口。该引脚可以是输入或输出。
18	RF2	RF2 端口。该引脚可以是输入或输出。如果不使用，应将该引脚连接至 GND，或使用 50 电阻将该引脚端接至 GND。
20	RF1	RF1 端口。该引脚可以是输入或输出。如果不使用，应将该引脚连接至 GND，或使用 50 电阻将该引脚端接至 GND。

引脚编号	引脚名称	描述
23	V <sub>DD</sub>	正电源输入。推荐的解耦电容至地值为 0.1 μF。关于此芯片的推荐输入电压，参见“技术规格”部分。
24	V <sub>CP</sub>	电荷泵电容引脚。推荐的分流电容至地值为 47 pF（100 V 额定电压）。若 EXT <sub>D</sub> _EN 引脚为高电平，则须将 80 V dc 驱动电压输入 V <sub>CP</sub> 以驱动开关。
	EP1	裸露焊盘 1。EP1 内部连接至 EP2，且必须连接至 GND。
	EP2	裸露焊盘 2。EP2 内部连接至 EP1，且必须连接至 GND。

## 典型性能参数

在图14中，T50表示50%的样本发生故障所需的周期数。

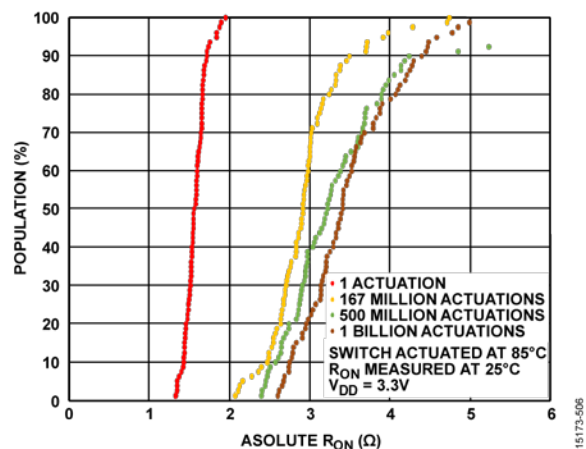


图6. 样本百分比与绝对 $R_{ON}$ 的关系，开关在85°C下驱动， $R_{ON}$ 在25°C下测量

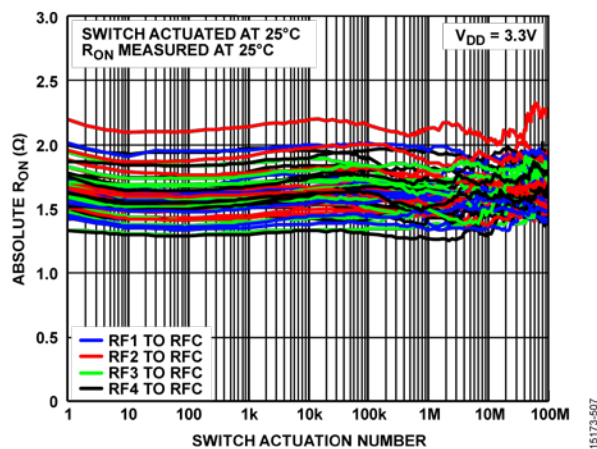


图7. 绝对 $R_{ON}$ 与开关驱动次数的关系，开关在25°C下驱动， $R_{ON}$ 在25°C下测量

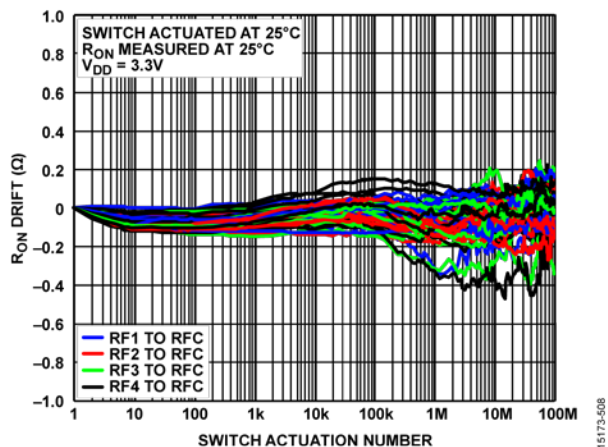


图8.  $R_{ON}$ 漂移与开关驱动次数的关系，在零点归一化，开关在25°C下驱动， $R_{ON}$ 在25°C下测量

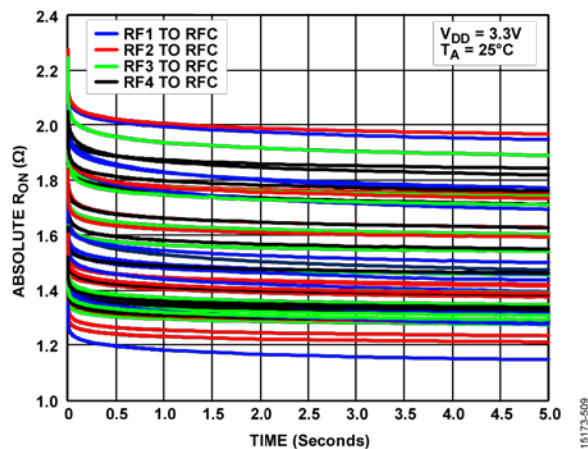


图9. 线性坐标系上绝对 $R_{ON}$ 与时间（1 ms至5 s）的关系

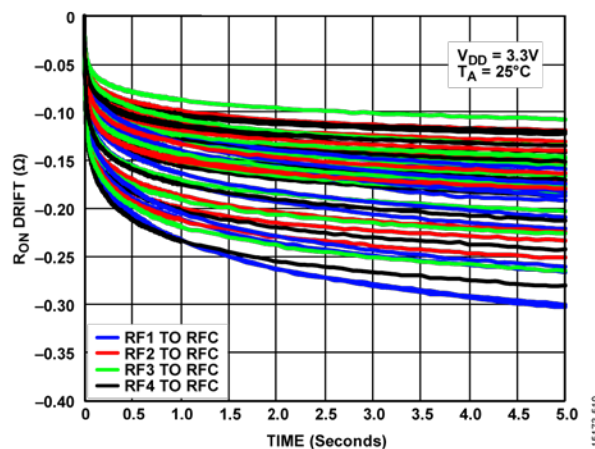


图10. 线性坐标系上 $R_{ON}$ 漂移与时间（1 ms至5 s）的关系，在零点归一化

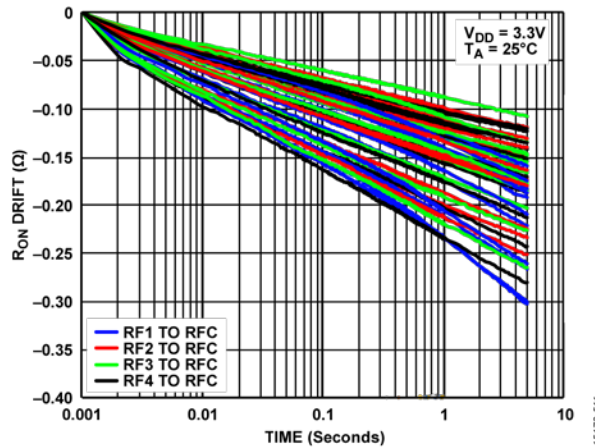


图11. 对数坐标系上 $R_{ON}$ 漂移与时间（1 ms至5 s）的关系，在零点归一化

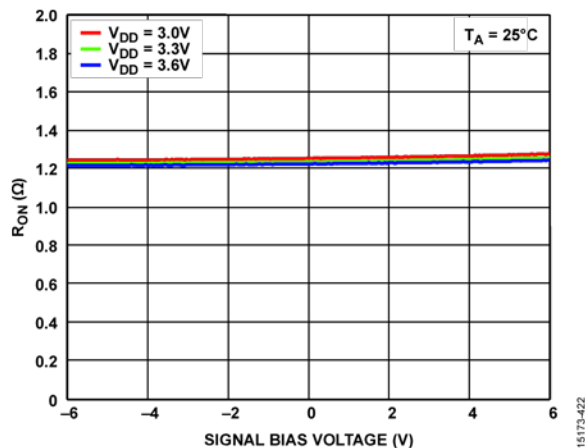


图12. 不同电源电压下 $R_{ON}$ 与信号偏置电压的关系  
(开关导通后 5 秒时测量, RF1至RFC导通)

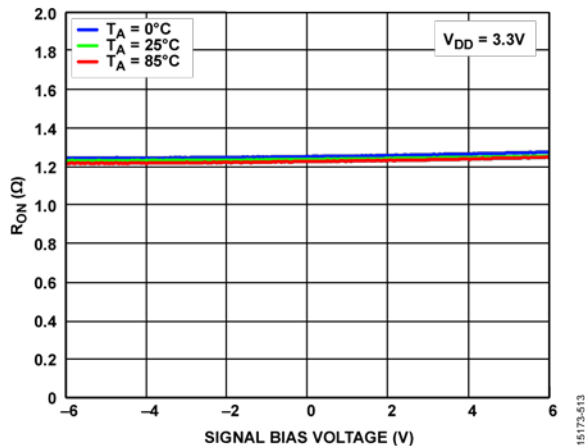


图13. 不同温度下 $R_{ON}$ 与信号偏置电压的关系  
(开关导通后 5 秒时测量, RF1至RFC导通)

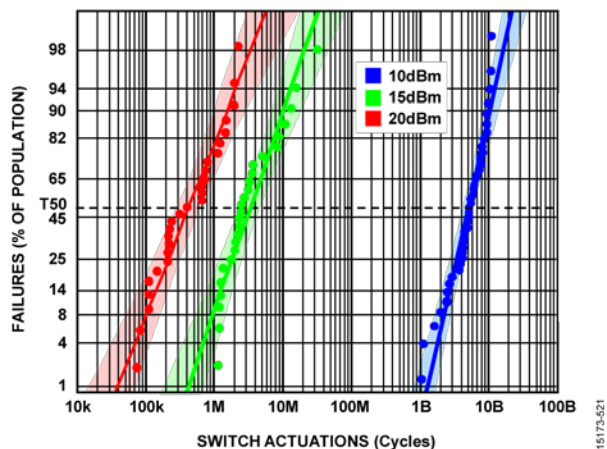


图14. 具有95%置信区间(CI)的热切换概率对数正态分布  
(RF功率 = CW, 端接50Ω,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ )

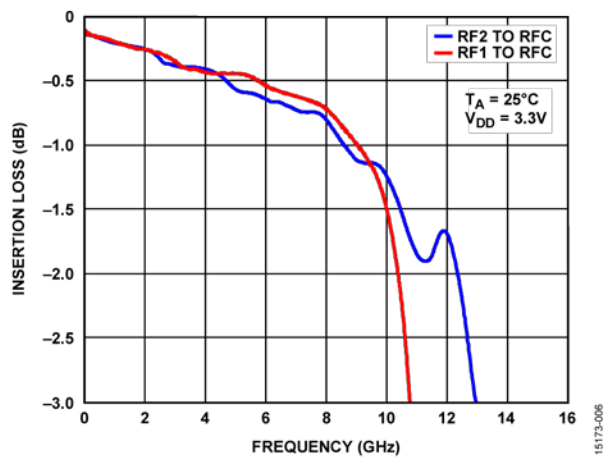


图15. 插入损耗与频率的关系, 线性坐标系( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ )

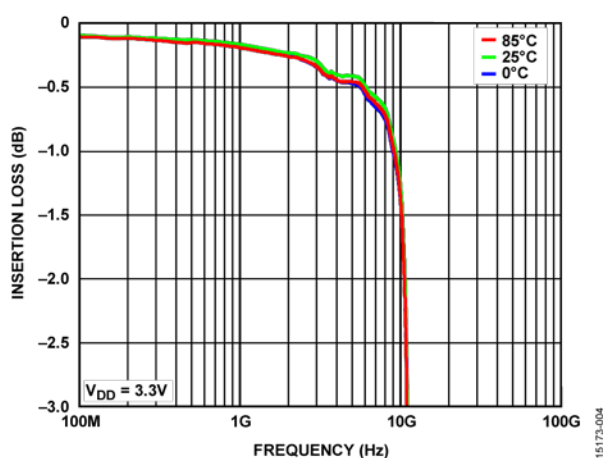


图16. 不同温度下插入损耗与频率的关系  
( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ , RF1至RFC)

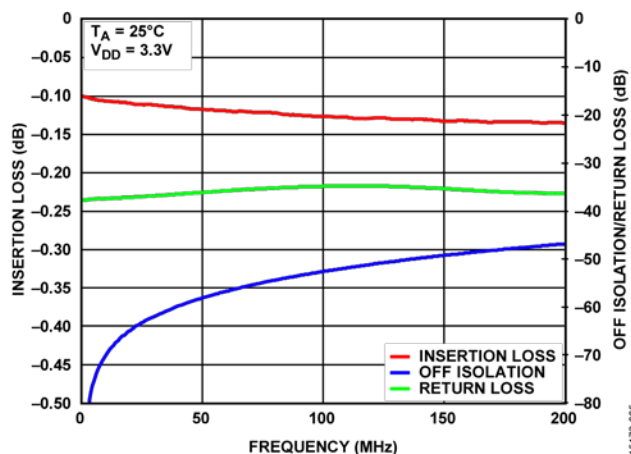
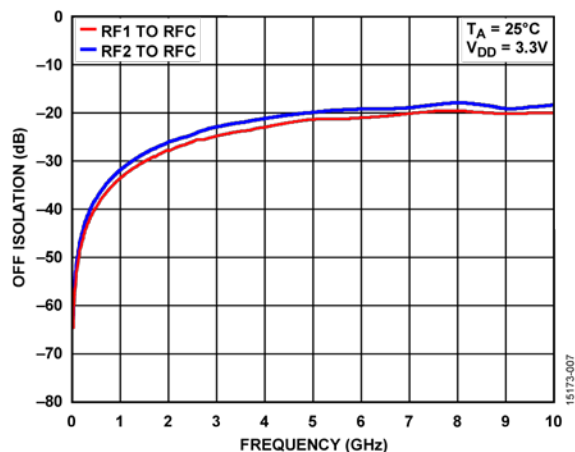
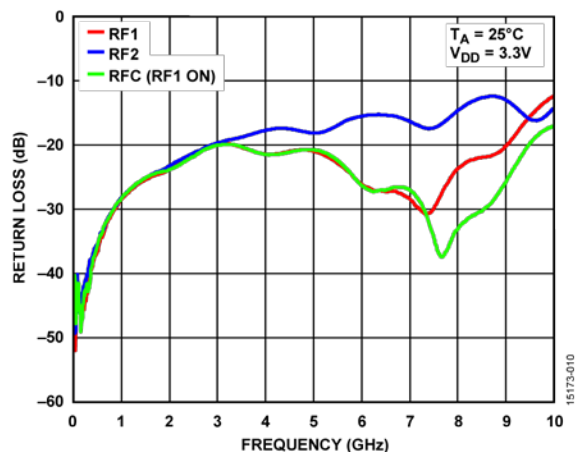
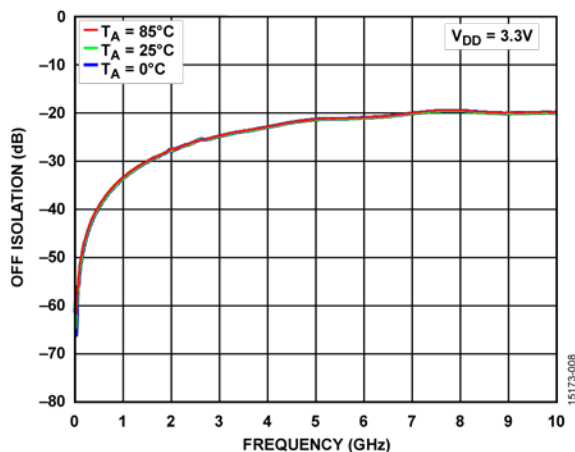
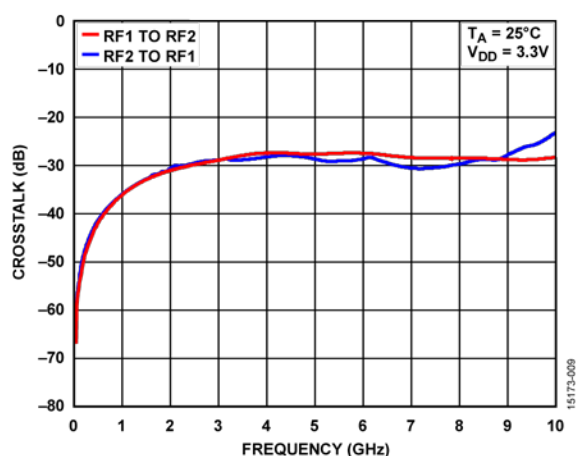
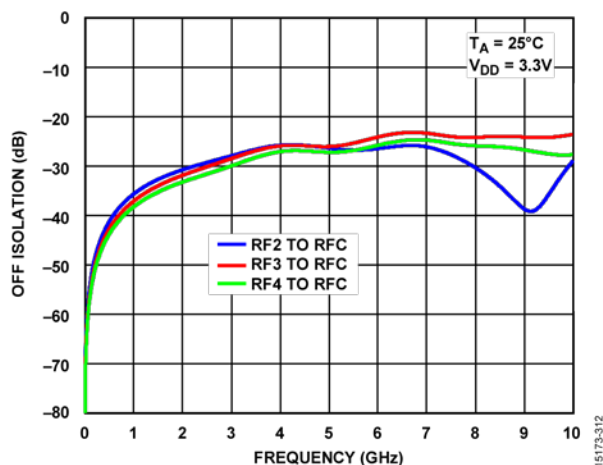
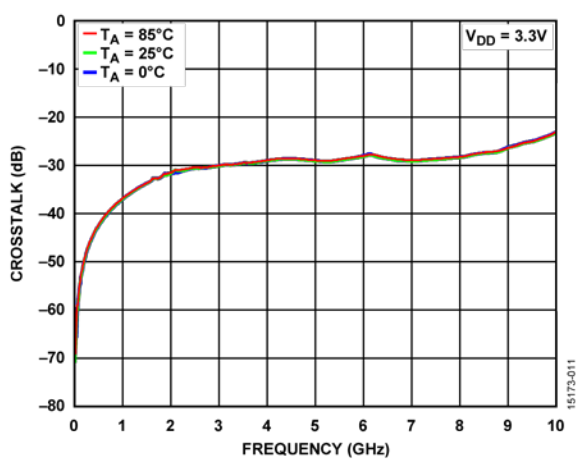


图17. 插入损耗和关断隔离/回波损耗与频率的关系  
( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ , RF1至RFC)

图18. 关断隔离与频率的关系, 所有通道断开( $V_{DD} = 3.3$  V)图21. 回波损耗与频率的关系( $V_{DD} = 3.3$  V)图19. 不同温度下关断隔离与频率的关系, 所有通道断开  
( $V_{DD} = 3.3$  V, RF1至RFC)图22. 串扰与频率的关系( $V_{DD} = 3.3$  V)图20. 关断隔离与频率的关系, RF1至RFC导通( $V_{DD} = 3.3$  V)图23. 不同温度下串扰与频率的关系 ( $V_{DD} = 3.3$  V, RF2至RF1)



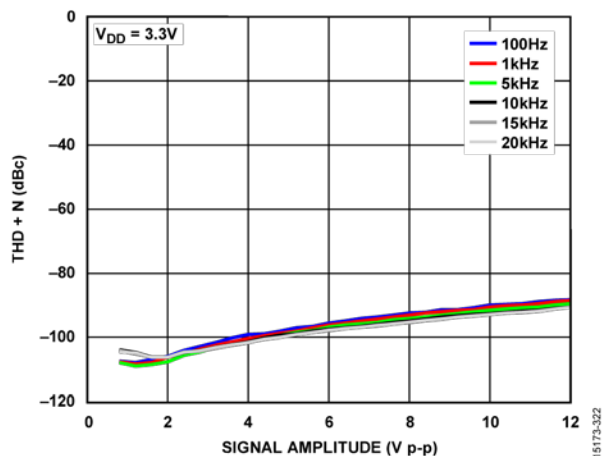


图24. THD + N与信号幅度的关系 ( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ ,  $R_{LOAD} = 300\Omega$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 信号源阻抗 =  $20\Omega$ )

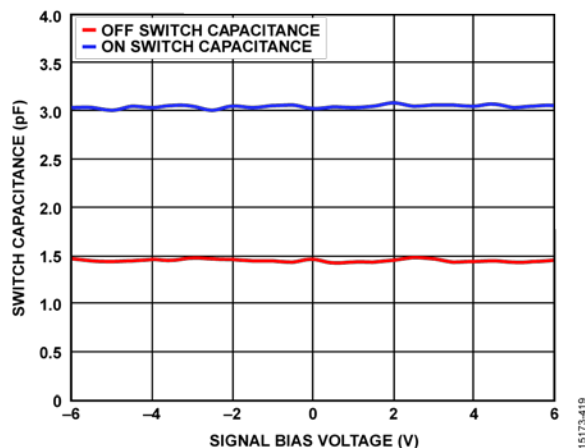


图27. 开关电容与信号偏置电压的关系

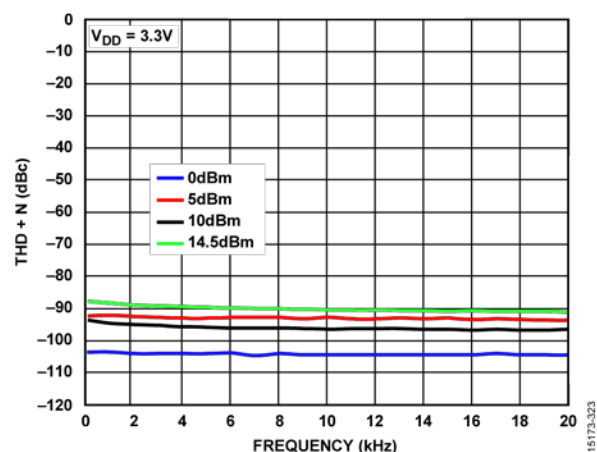


图25. THD + N与频率的关系 ( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ ,  $R_{LOAD} = 300\Omega$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 信号源阻抗 =  $20\Omega$ )

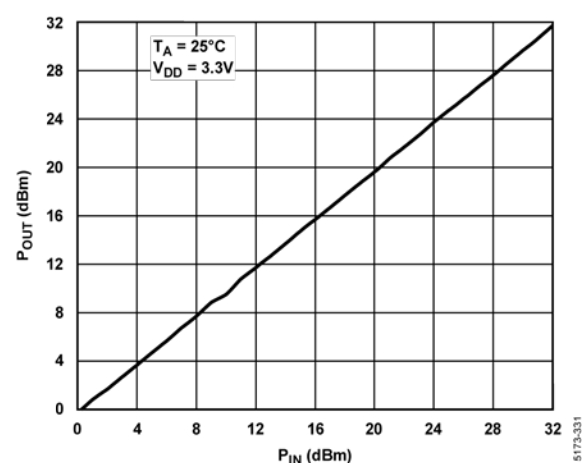


图28. 输出功率( $P_{OUT}$ )与输入功率( $P_{IN}$ )的关系 ( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ , 信号频率 =  $4\text{ GHz}$ )

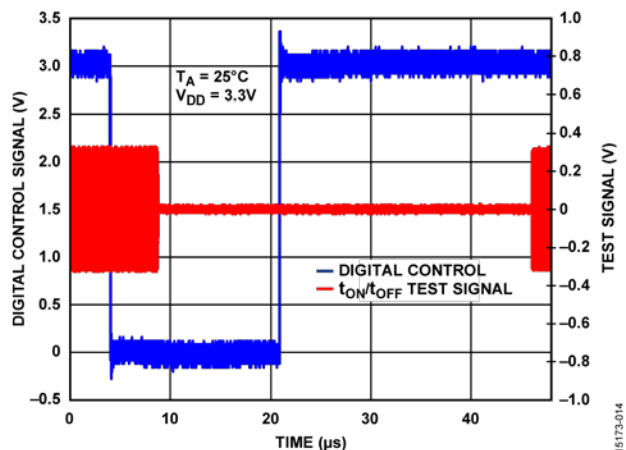


图26. 数字控制信号和测试信号与时间的关系( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ )

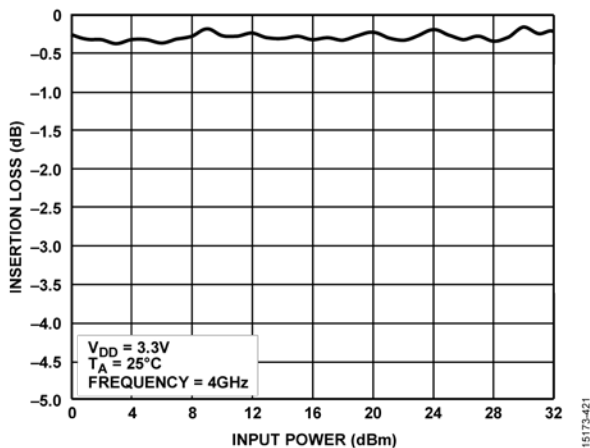


图29. 插入损耗与输入功率的关系

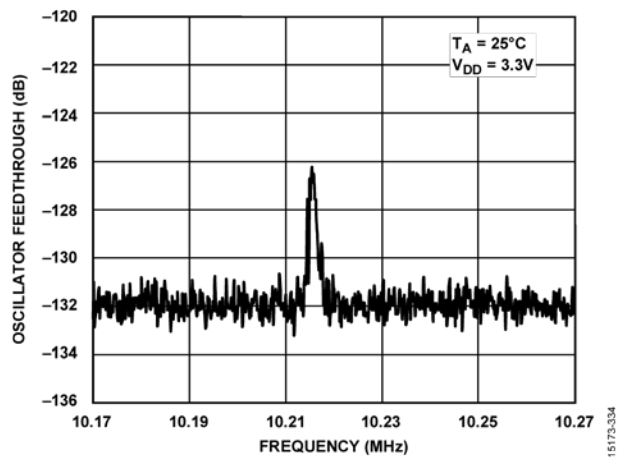


图30. 振荡器馈通与频率的关系，在10.2 MHz时放大( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ )

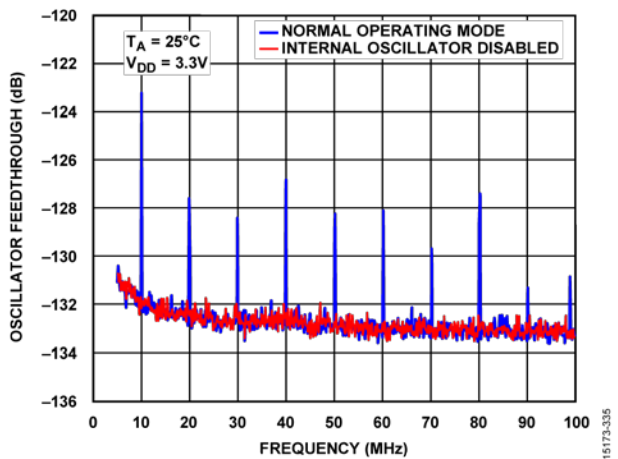


图31. 振荡器馈通与频率的关系，宽带宽( $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ )



## 测试电路

图 32 至图 43 所示的测试电路适用于所有通道。为清晰起见，省去了其他引脚； $V_S$  是源极电压。

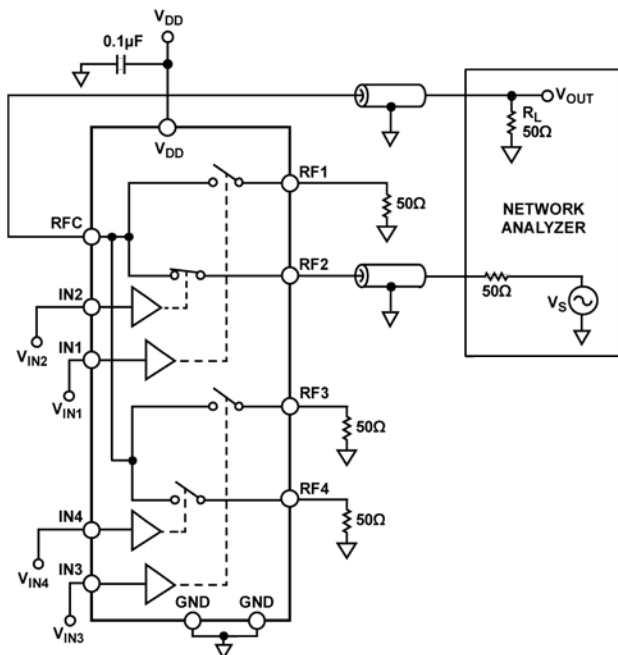


图 32. 插入损耗和回波损耗

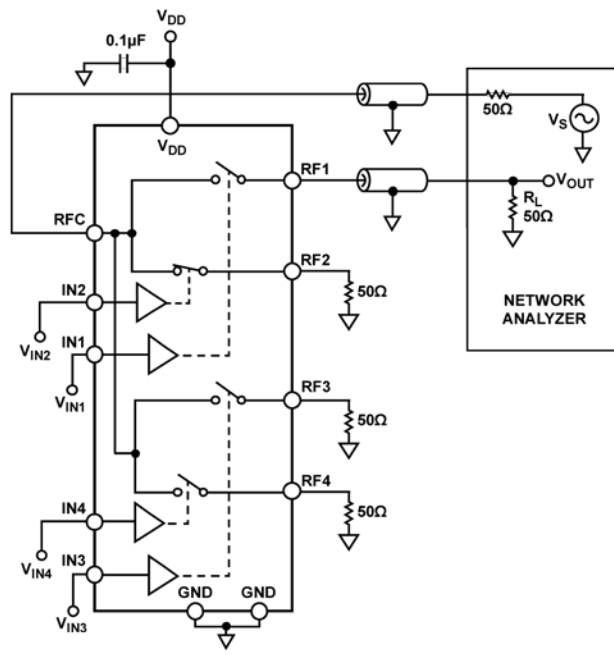


图 34. 隔离（RF2 至 RFC 接通，RF1 至 RFC 断开）

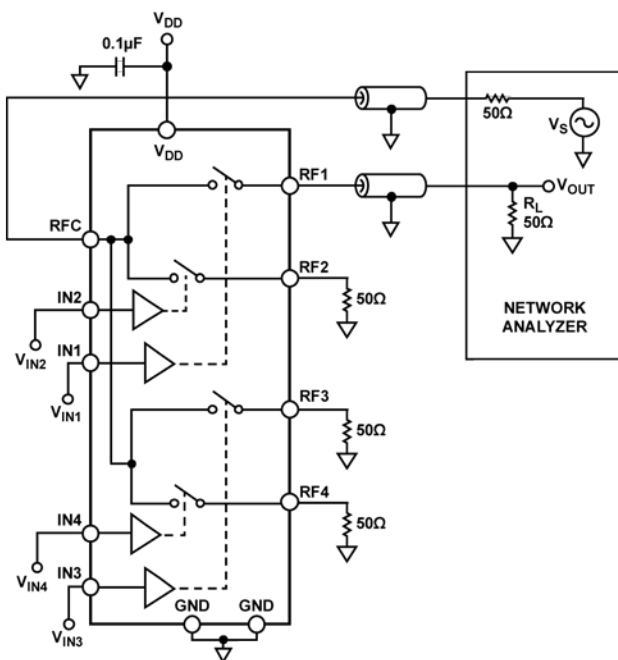


图 33. 隔离（所有通道断开）

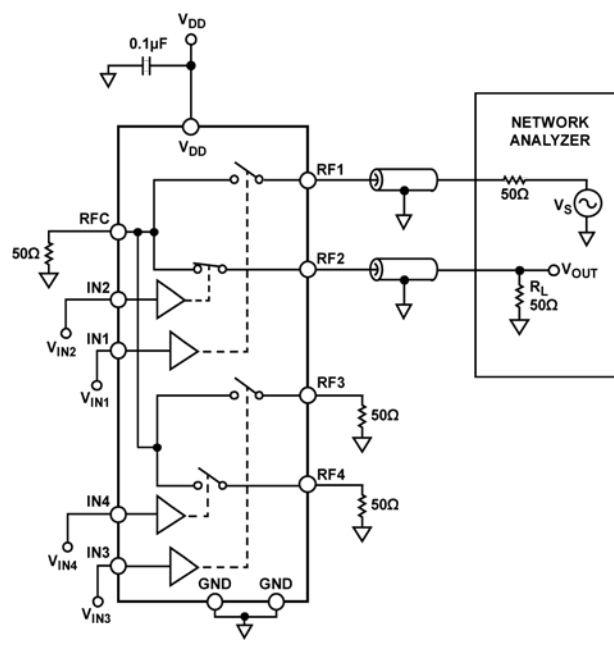


图 35. 串扰

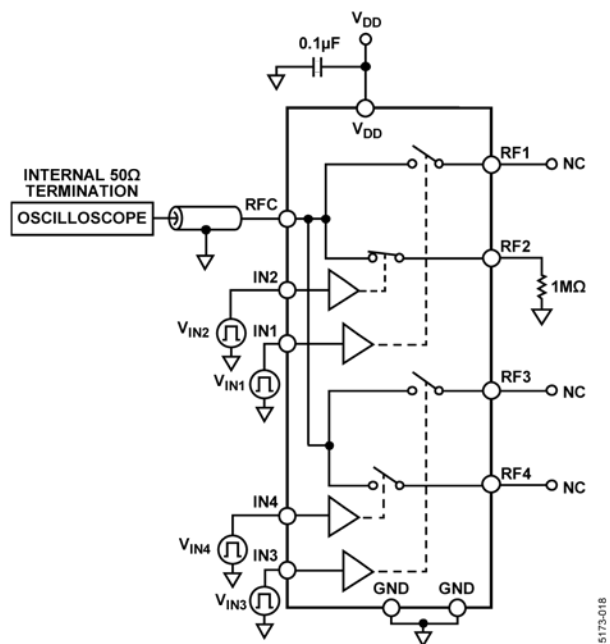


图 36. 视频馈通

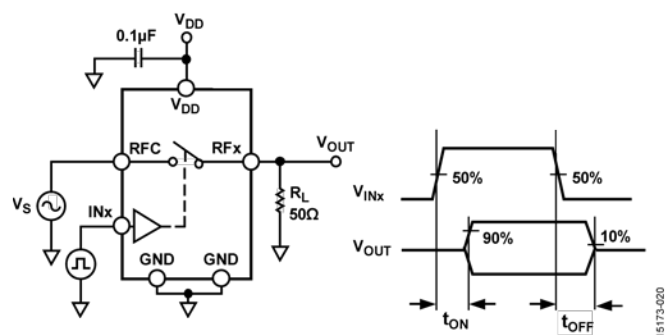
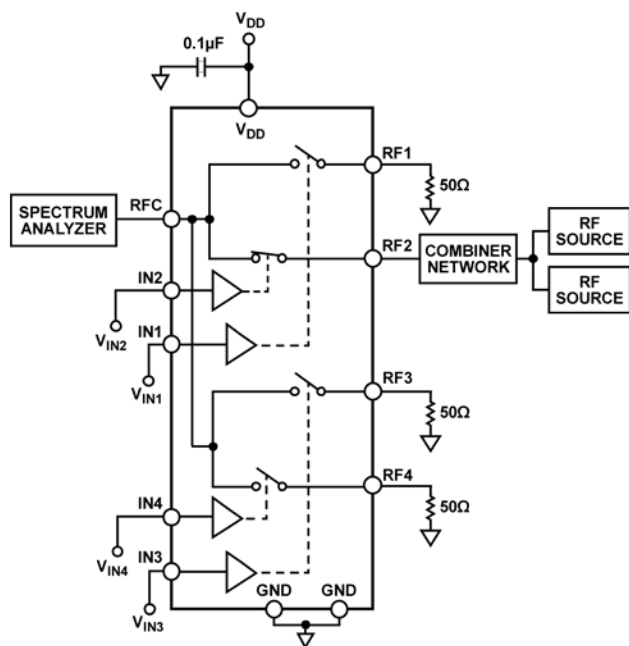
图 38. 开关时序,  $t_{ON}$  和  $t_{OFF}$  (所有 RFx 引脚连接到 50 Ω 端接电阻)

图 37. IP2、IP3

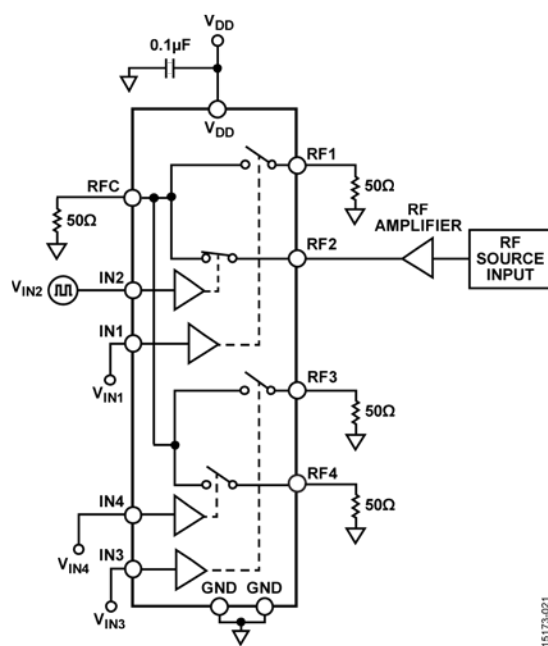


图 39. 热切换评估设置, 2 GHz RF 源, 50% 占空比, 5 kHz 切换驱动速率

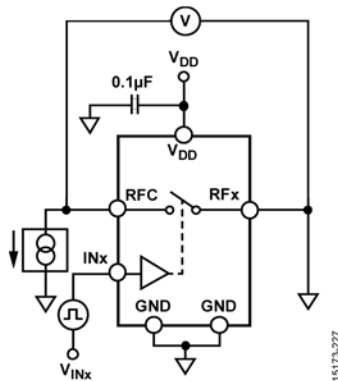


图 40. 导通电阻

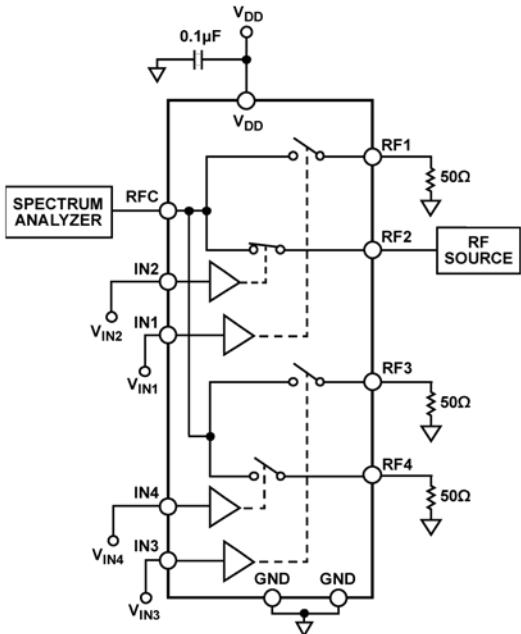


图 42. 二次和三次谐波, RF 功率

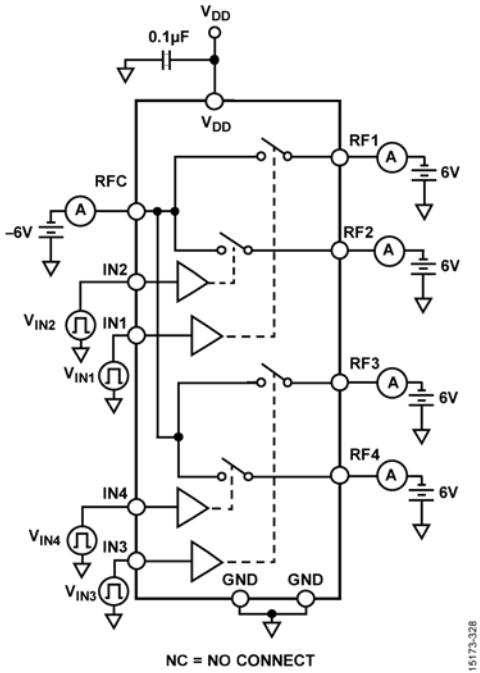


图 41. 关断漏电流

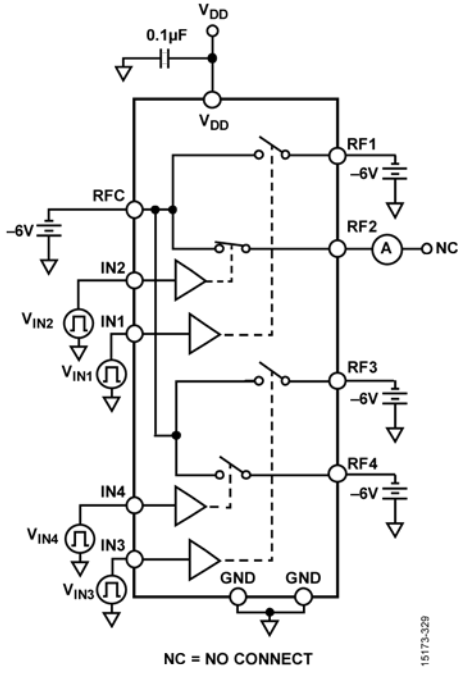


图 43. 导通漏电流

## 术语

### 插入损耗

插入损耗是在开关处于导通状态时，开关输入端口与输出端口之间的信号衰减量。插入损耗以分贝为单位，应该尽量小以提高功率传输。

下面是一个基于图 32 所示设置的插入损耗计算示例：

$$\text{插入损耗(dB)} = -20\log_{10}|S_{RF2RFC}|$$

其中  $S_{RF2RFC}$  为 RF2 处于接通位置时从 RF2 到 RFC 测得的传输系数。所有不使用的开关均处于断开位置，并端接一个纯阻性 50  $\Omega$  负载。

### 隔离

隔离是在开关处于断开状态时，开关输入端口与输出端口之间的信号衰减量。隔离以分贝为单位，应该尽可能大。

下面是一个基于图 33 所示设置的隔离计算示例：

$$\text{隔离(dB)} = -20\log_{10}|S_{RFCRF1}|$$

其中  $S_{RFCRF1}$  为 RF1 处于断开位置时从 RFC 到 RF1 测得的传输系数。所有不使用的开关均处于断开位置，并端接一个纯阻性 50  $\Omega$  负载。

### 串扰

串扰衡量寄生电容引起的从一个通道耦合到另一个通道的无用信号。

下面是一个基于图 35 所示设置的串扰计算示例：

$$\text{串扰(dB)} = -20\log_{10}|S_{RF1RF2}|$$

其中  $S_{RF1RF2}$  为 RF1 处于断开位置且 RF2 处于接通位置时从 RF1 到 RF2 测得的传输系数。所有不使用的开关均处于断开位置，并端接一个纯阻性 50  $\Omega$  负载。

### 回波损耗

回波损耗指反射系数的幅度（以分贝为单位），以及反射信号相对于入射信号的大小。

下面是一个基于图 32 所示设置的回波损耗计算示例：

$$\text{回波损耗(dB)} = -20\log_{10}|S_{11}|$$

其中  $S_{11}$  为被测端口的反射系数。

### 三阶交调截取点(IP3)

IP3 是双音测试的基波  $P_{OUT}$  对  $P_{IN}$  外推直线与三阶交调产物外推直线的交点。IP3 是表征开关线性度的质量因数。

### 二阶交调截取点(IP2)

IP2 是双音测试的基波  $P_{OUT}$  对  $P_{IN}$  外推直线与二阶交调产物外推直线的交点。IP2 是表征开关线性度的质量因数。

### 二次失真谐波(HD2)

HD2 是二次失真谐波的幅度。对于一个基波频率为  $f$  的信号，二次失真谐波的频率为  $2f$ 。此测量为单音测试，以载波信号为基准来表示(dBc)。

### 三次失真谐波(HD3)

HD3 是三次失真谐波的幅度。对于一个基波频率为  $f$  的信号，三次失真谐波的频率为  $3f$ 。此测量为单音测试，以载波信号为基准来表示(dBc)。

### 开关导通时间( $t_{ON}$ )

$t_{ON}$  指开关接通所需的时间。 $t_{ON}$  的测量范围是从控制信号(INx)的 50%到导通电平的 90%。在此测试期间，不通过开关施加任何功率（冷切换）。开关端接 50  $\Omega$  负载。

### 开关断开时间( $t_{OFF}$ )

$t_{OFF}$  指开关断开所需的时间。 $t_{OFF}$  的测量范围是从控制信号(INx)的 50%到导通电平的 10%。在此测试期间，不通过开关施加任何功率（冷切换）。开关端接 50  $\Omega$  负载。

### 驱动频率

驱动频率是指 ADGM1004 能以多快的速度进行开关操作。驱动频率取决于建立时间和开关接通/断开时间。

### 上电时间

上电时间衡量器件上电并在  $V_{DD}$  达到 95%之后开始越过 RF 输入信号的 90%所需的时间。

### 视频馈通

视频馈通衡量控制电压从高电平变为低电平或从低电平变为高电平且没有 RF 信号时开关 RFx 端口上存在的杂散信号。

### 内部振荡器频率

内部振荡器频率是驱动 ADGM1004 栅极控制芯片的片上振荡器的值。

### 内部振荡器馈通

内部振荡器馈通是指馈通至 RFx 和 RFC 引脚的内部振荡器信号量。此信号表现为开关 RFx 和 RFC 引脚上的噪声杂散，其频率等于振荡器的工作频率及其谐波频率。

**导通电阻( $R_{ON}$ )**

$R_{ON}$  是开关处于闭合/导通状态时于 RFX 和 RFC 封装引脚之间测得的电阻。用 4 线模式测量电阻以消除线缆或 PCB 的串联电阻。

**导通电阻漂移**

导通电阻漂移是开关  $R_{ON}$  在表 1 规定的标准范围内的变化。

**持续导通寿命**

持续导通寿命参数衡量开关能保持多长时间的连续导通状态。如果开关长期处于导通位置，此参数会影响器件的关断机制。

**驱动寿命**

驱动寿命是指在  $R_{ON}$  不超过额定限值且不发生断开故障(FTO)或闭合故障(FTC)的情况下，开关能够连续完成开-闭-开循环的次数。

**冷切换**

在冷切换工作模式下，当开关闭合时，源极和漏极之间无压差；当开关断开时，无电流从源极流向漏极。若使用冷切换，所有开关的寿命都会更长。

**热切换**

在热切换工作模式下，当开关闭合时，源极和漏极之间存在压差；当开关断开时，有电流从 RFX 流向 RFC。热切换会缩短开关寿命，具体情况取决于源极和漏极间开路电压的幅度。

**输入高电压( $V_{INH}$ )**

$V_{INH}$  表示逻辑 1 的最小输入电压。

**输入低电压( $V_{INL}$ )**

$V_{INL}$  表示逻辑 0 的最大输入电压。

**输入电流 ( $I_{INL}$ 、 $I_{INH}$ )**

$I_{INL}$  和  $I_{INH}$  表示数字输入的最低和最高输入电流。

**低功耗模式电流( $I_{DD\ EXT\ VCP}$ )**

$I_{DD\ EXT\ VCP}$  是当将 EXTD\_EN 引脚设置为高电平以禁用内部振荡器和电荷泵电路时，栅极驱动器电路使用的电源电流流量。

**外部驱动电流( $I_{CP\ EXT\ VCP}$ )**

$I_{CP\ EXT\ VCP}$  是当将 EXTD\_EN 引脚设置为高电平以关闭内部振荡器和电荷泵电路时，ADGM1004 从外部 80 V 电源消耗的电流流量。

工作原理

ADGM1004 是一款宽带 SP4T 开关，采用 ADI 公司的 MEMS 开关技术制造而成。此技术支持实现高要求 RF 应用所需的高功率、低损耗、低失真 GHz 开关。

MEMS 开关同时实现了高频 RF 性能和 0 Hz/dc 精密性能。加上卓越的可靠性和微型可表贴尺寸，这些优势使 MEMS 开关成为能满足所有 RF 和精密信号仪器仪表需求的理想开关解决方案。

图 44 为该开关的带尺寸的横截面图。该开关是一种三端子配置的静电驱动悬臂梁式开关。其在功能上类似于场效应晶体管 (FET)。端子可以用作源极、栅极和漏极。

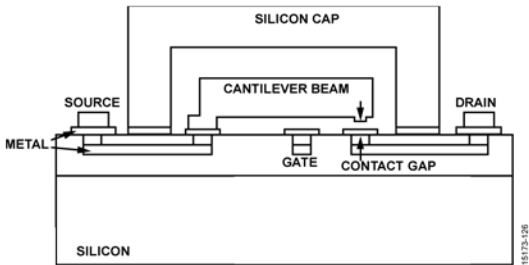


图 44. MEMS 开关设计的横截面，图中所示为悬臂开关梁  
(不成比例)

将一个直流驱动电压作用于栅极和源极之间（开关梁）时，就会产生静电力，把梁吸向基板。单独的板载驱动器 IC 生成用于驱动的 80 V 偏置电压。

当栅极和源极之间的偏置电压超过开关阈值电压( $V_{TH}$ )时，梁上的触点便接触漏极，源极和漏极之间的电路闭合，开关接通。移除偏置电压后，即栅极上为 0 V 时，悬臂梁像弹簧一样产生足够大的恢复力，使源极和漏极之间的连接断开，从而电路开路，开关关断。

覆盖开关芯片的硅盖如图 44 所示。硅盖将开关密封起来，结果提高了可靠性。

开关触点不会因为干切换或低功率切换而寿命缩短。

并行数字接口

ADGM1004 通过一个并行数字接口进行控制。通过此接口施加的标准互补金属氧化物半导体(CMOS)/低压晶体管对晶体管逻辑(LVTTL)信号控制所有 ADGM1004 开关通道的驱动或释放。施加的栅极信号经升压后提供驱动 MEMS 开关所需的电压。

在 4 线SP4T模式下，将 $\overline{\text{PIN}}/\text{SPI}$ 引脚设置为低电平可使能并行数字接口。在并行模式下，引脚 1 至引脚 4 (IN1 至IN4) 控制 ADGM1004 的开关功能。将逻辑 1 施加于这些引脚中的一个时，相应开关的栅极便被激活，该开关接通。相反，将逻辑 0 施加于上述任一引脚时，相应的开关断开。注意，一次可将多个RFx 输入连接到RFC。ADGM1004 真值表请参见表 6。

表6. 并行数字接口模式下的真值表

IN1	IN2	IN3	IN4	RF1 至 RFC	RF2 至 RFC	RF3 至 RFC	RF4 至 RFC
0	0	0	0	关	关	关	关
0	0	0	1	关	关	关	开
0	0	1	0	关	关	开	关
0	0	1	1	关	关	开	开
0	1	0	0	关	开	关	关
0	1	0	1	关	开	关	开
0	1	1	0	关	开	开	关
0	1	1	1	关	开	开	开
1	0	0	0	开	关	关	关
1	0	0	1	开	关	关	开
1	0	1	0	开	关	开	关
1	0	1	1	开	关	开	开
1	1	0	0	开	开	关	关
1	1	0	1	开	开	关	开
1	1	1	0	开	开	开	关
1	1	1	1	开	开	开	开

SPI 数字接口

当 $\overline{\text{PIN}}$ /SPI引脚为高电平时，ADGM1004 可以通过数字SPI进行控制。该SPI接口与SPI模式 0（时钟极性(CPOL) = 0，时钟相位(CPHA) = 0）和模式 3（CPOL = 1，CPHA = 1）兼容，并且其SCLK频率高达 10 MHz。当SPI处于活动状态时，默认模式是可寻址的，器件寄存器由与 $\overline{\text{CS}}$ 引脚状态绑定的 16 位SPI命令访问。ADGM1004 也可以在菊花链模式下工作。

ADGM1004 的SPI接口引脚为 $\overline{\text{CS}}$ 、SCLK、SDI和SDO。使用SPI时， $\overline{\text{CS}}$ 引脚应保持低电平。数据在SCLK的上升沿从SDI引脚读入，在SCLK的下降沿从SDO引脚输出。SDO引脚具有推挽输出驱动器架构。因此，ADGM1004 不需要上拉电阻。SPI工作模式有两种：可寻址模式和菊花链模式。

可寻址模式

可寻址模式是ADGM1004 上电时的默认模式。可寻址模式下的单SPI帧受 $\overline{\text{CS}}$ 下降沿和后续 $\overline{\text{CS}}$ 上升沿限制。帧由 16 个SCLK周期组成。图 45 给出了可寻址模式的时序图。第一个SDI信号位指示SPI命令是读命令还是写命令。随后七位用于确定目标寄存器地址。剩下八位用于将数据提供给寻址寄存器。读命令期间会忽略SDO的前八位，因为在这些时钟周期中，SDO引脚会输出寻址寄存器中包含的数据。

SPI 命令的目标寄存器地址在第八个 SCLK 上升沿上确定。SPI 读操作期间，此寄存器中的数据在 SDO 引脚上传播出去，顺序为从第 9 个 SCLK 下降沿到第 16 个 SCLK 下降沿。SPI 写操作期间，第 16 个 SCLK 上升沿上发生寄存器写操作。执行任意 SPI 命令期间，SDO 引脚在前八个 SCLK 下降沿上发送出八个对齐位。SDO 引脚观察到的对齐位为 0x25。

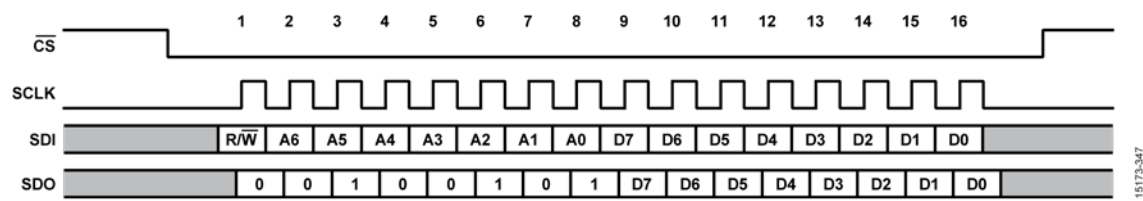


图 45. 可寻址模式时序图



菊花链模式

在菊花链配置中可连接多个ADGM1004 器件。所有器件共用相同的CS和SCLK线，一个器件的SDO引脚与下一个器件的SDI引脚相连，形成移位寄存器。在菊花链模式下，同一器件的SDO信号是SDI信号的 8 周期延迟版本（见图 47）。

在可寻址模式下，ADGM1004 只能通过发送 16 位 SPI 命令 0x2500 来进入菊花链模式。图 47 为该命令的一个示例。当 ADGM1004 收到此命令时,由于 SDO 引脚上的对齐位为 0x25，因此器件的 SDO 引脚发出相同的命令。此命令可让多个以菊花链形式连接的器件在单 SPI 帧中进入菊花链模式。退出菊花链模式需要硬件复位。

有关典型菊花链SPI帧的时序图，请参见图 48。当CS引脚变为高电平时，器件 1 将SWITCH\_DATA寄存器写入命令 0 的位 [7:0]，器件 2 向开关写入命令 1 的位 [7:0]，以此类推。SPI模块利用通过SDI引脚收到的后八位更新开关。进入菊花链模式后，SDO引脚发出的前八位为 0x00。当CS变为高电平时，内部移位寄存器的数值不会归 0。

数据在SCLK上升沿通过SDI引脚读入，在SCLK下降沿通过SDO引脚输出。在CS引脚变为高电平前，预期的SCLK周期数必须为 8 的倍数。如果不是这样，SPI接口就会将收到的后八位发送给SWITCH\_DATA寄存器。

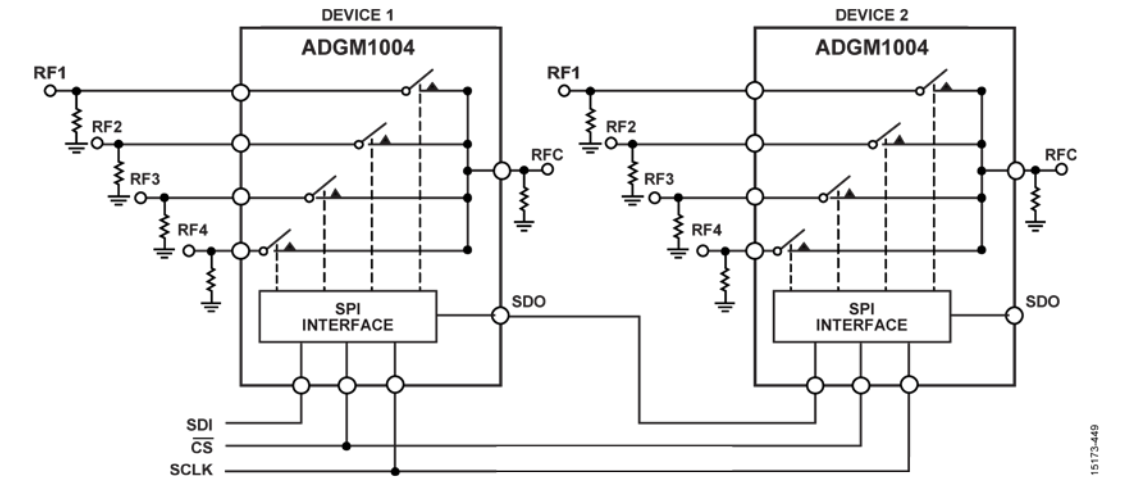


图 46. 两个 SPI 控制的 ADGM1004 开关连接成菊花链配置

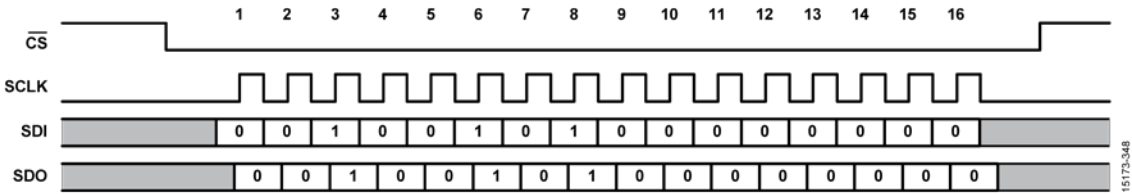


图 47. 用于进入菊花链模式的 SPI 命令

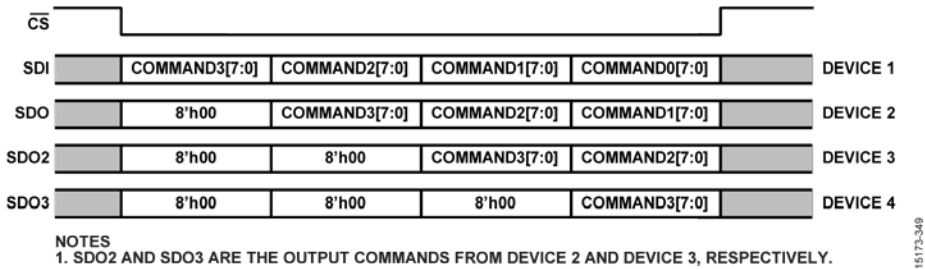


图 48. 三个 ADGM1004 开关以菊花链模式连接时的 SPI 帧示例



### 硬件复位

ADGM1004 的数字部分在  $V_{DD}$  上电期间会经历初始化阶段。若要对器件进行硬件复位，请断电在重启  $V_{DD}$  输入。在加电或硬件复位之后，从加电或复位时间起应等待至少 10  $\mu$ s，然后才能发出 SPI 命令。确保  $V_{DD}$  在 10  $\mu$ s 的初始化阶段不退出，因为  $V_{DD}$  退出可能导致 ADGM1004 无法正常工作。

### 内部错误状态

当在器件中检测到内部错误时，SWITCH\_DATA 寄存器（寄存器 0x20）的 INTERNAL\_ERROR 位（位[7:6]）会设置内部错误标志，如表 9 所示。内部错误是由上电时器件配置错误引起的。

### 内部振荡器馈通

ADGM1004 有一个内部振荡器，其标称工作频率为 10 MHz。该振荡器驱动电荷泵电路，进而为各个开关栅极电极提供驱动电压。虽然此振荡器的功耗很低，但 10 MHz 信号会耦合到开关，成为开关通道上的噪声杂散。此馈通噪声杂散的幅度参见表 1，当一个开关接通时，其典型值为 -123 dBm 或 -146 dBm/Hz。当所有 4 个开关同时接通时，馈通噪声上升至 -120 dBm。 $V_{DD}$  电平和温度变化会影响噪声杂散的频率。整个温度和电源电压范围内的最大和最小频率范围见表 1。

### 内部振荡器馈通缓解措施

正常运行时，驱动器 IC 提供 80 V 驱动电压。将 EXTD\_EN 引脚设置为低电平会使能内置 10 MHz 振荡器。此设置使电荷泵电路能够产生 MEMS 开关驱动所需的 80V 电压。内部振荡器是一个噪声源，噪声会耦合到 RF 端口。此馈通噪声杂散的幅度参见表 1，当一个开关接通时，其典型值为 -123 dBm 或 -146 dBm/Hz。为了消除内部振荡器的馈通，可将 EXTD\_EN 引脚设置为高电平以禁用内部振荡器和电荷泵电路。当内部振荡器和电荷泵电路被禁用时，必须利用 MEMS 开关驱动所需的外部电压源以 80 V dc ( $V_{CP\_EXT}$ ) 驱动  $V_{CP}$  引脚，如表 5 所示。开关仍可通过数字逻辑接口引脚进行控制。

### 低功耗模式

将 EXTD\_EN 引脚设置为高电平会关闭内部振荡器。ADGM1004 进入低功耗静态状态，仅消耗最大 50 $\mu$ A 的电源电流。

## 典型工作电路

图 49 显示了 ADGM1004 的典型工作电路, [EVAL-ADGM1004SDZ](#) 评估板中使用的就是这样的电路。 $V_{CP}$  引脚上需要一个 47 pF (100 V 额定电压) 的外部电容( $C_{CP}$ )。该电容是 80 V dc 栅极驱动电压的保持电容。

在图 49 所示电路中,  $V_{DD}$  连接至 3.3 V。EP1 在内部连接至 EP2。一般地, 在 PCB 上用一个大 GND 焊盘使 EP1 和 EP2 短路。在图 49 中, ADGM1004 被配置为将内部振荡器用作驱动器 IC 控

制电路的参考时钟。也可以将 EXT\_D\_EN 引脚设为高电平, 并将 80 V dc 直接施加至  $V_{CP}$  引脚, 以禁用内部振荡器并消除所有振荡器馈通。然后就可以如正常情况一样通过逻辑控制接口 (IN1 至 IN4) 控制开关。

为避免出现浮空节点, 所有 RFx 引脚 (RF1 至 RF4 和 RFC) 上都应将一个 10 M $\Omega$  并联电阻连接到 GND, 如图 49 所示。更多信息参见“浮空节点”部分。

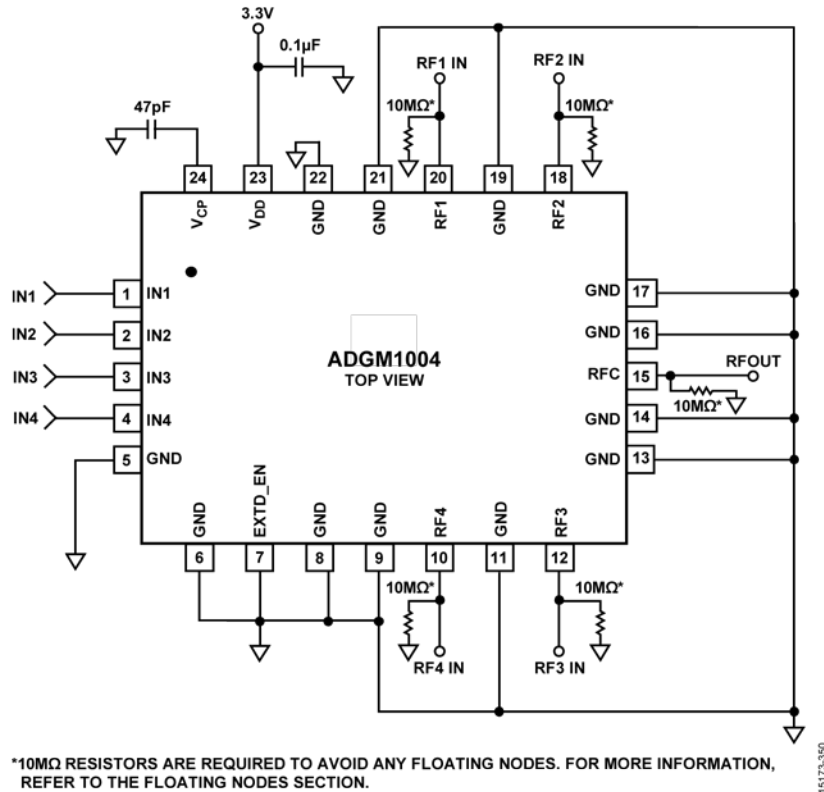


图 49. 典型工作电路

## 应用信息

### 可切换 RF 衰减器

RF 衰减器网络常用于 RF 仪器仪表设备,例如矢量网络分析仪、频谱分析仪和信号发生器。通过衰减器路由 RF 信号可以让设备接受更高功率信号,从而提高仪器的动态范围。在矢量网络分析仪、频谱分析仪、信号发生器之类的 RF 衰减应用中,在信号通过网络后维持信号带宽至关重要。信号的降级会降低设备性能。因此,用于路由的开关的 RF 特性是衰减器网络的重要组成部分。

ADGM1004 MEMS 开关具有很低且平坦的插入损耗、宽 RF 带宽和高可靠性,适合用作可切换的 RF 衰减器。ADGM1004 作为 SP4T 开关,还能带来额外的灵活性。图 50 显示了一个衰减器网络配置示例,其使用两个 ADGM1004 开关和三个不同的衰减器。开关的第四通道用于图 50 中的非衰减路由。

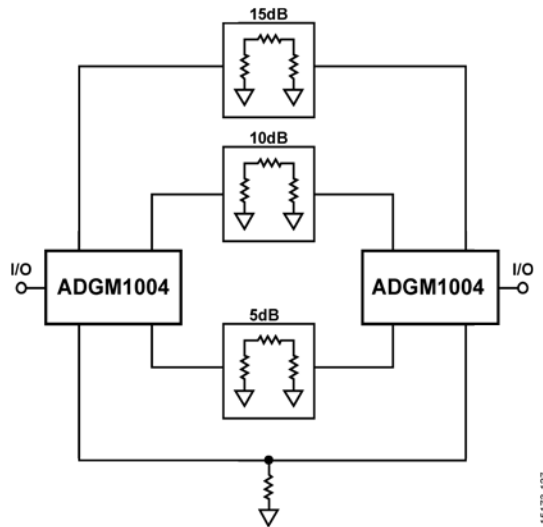


图 50. 采用两个 ADGM1004 MEMS 开关的切换式 RF 衰减器

### 可重复配置 RF 滤波器

可重复配置的 RF 滤波器对很多 RF 前端应用非常有利。它能节省更多空间。随着应用的空间越来越受限,经济好用的可重复配置 RF 滤波器无疑要比多个频率相关的滤波器更受青睐。

为了开启集总元件（电容和电感），需要 ADGM1004 很低且平坦的插入损耗、宽 RF 带宽、低寄生效应、低电容和高线性度，因此该 MEMS 开关非常适合可重复配置滤波器应用。

在无线通信或移动无线电等应用中，频段和/或模式的数量不断增加。利用可重复配置 RF 滤波器，相同元件可以支持更多频段和/或更多模式。

图 51 所示为一个可重复配置带通滤波器示例。所示拓扑是一个一般化的两部分、感性耦合、单端带通滤波器，标称中心频率为 400 Mhz（超高频(UHF)波段）。MEMS 开关与各分流电感串联。

开关的作用是将分流电感包括或排除于电路中。更改分流电感值会影响滤波器的带宽和中心频率。使用 15 nH 到 30 nH 的电感值会显著改变带宽和中心频率，使滤波器可动态配置以工作在超高频(UHF)波段或甚高频(VHF)波段，同时保留输入和输出端口的 50  $\Omega$  匹配。该 MEMS 开关具有低  $R_{ON}$  值和宽带宽，因而是此类应用的理想之选。低  $R_{ON}$  可降低串联电阻对分流电感质量因数的不利影响。大带宽支持实现更高频率的带通滤波器。

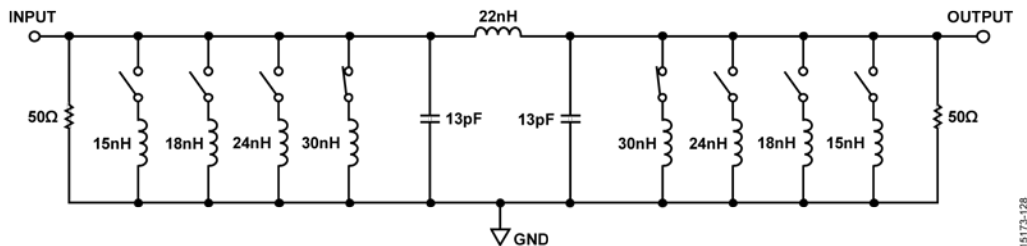


图 51. 利用两个 ADGM1004 MEMS 开关实现的可重复配置带通滤波器

关键运行要求

导通电阻漂移引起的系统误差考虑

ADGM1004 的  $R_{ON}$  性能受到器件间差异、通道间差异、周期驱动、开启后建立时间、偏置电压和温度变化的影响（参见图 6 至图 13）。

在  $50\Omega$  系统中，开关驱动导致的导通电阻漂移( $\Delta R_{ON}$ )会引入系统误差。图 52 显示了一个  $50\Omega$  系统中 ADGM1004 与负载的连接，其中  $R_S$  为源阻抗。使用下式计算 ADGM1004 导通电阻漂移引起的系统误差：

系统误差(%) =  $\Delta R/R_{LOAD}$

其中：

$\Delta R$  为 ADGM1004 的导通电阻漂移。

$R_{LOAD}$  为负载阻抗。

ADGM1004 的导通电阻漂移也会影响插入损耗，使用该器件时必须考虑这一点。使用下式计算导通电阻对插入损耗的影响：

插入损耗 =  $10\log(1 + (\Delta R/R_{LOAD}))$

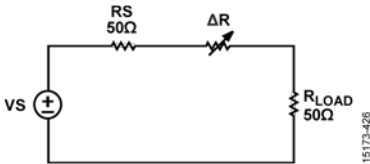


图 52. ADGM1004 与负载连接的  $50\Omega$  系统示意

表7. ADGM1004  $R_{ON}$  漂移引起的系统误差和插入损耗误差

导通电阻漂移	系统误差(%)	插入损耗误差(dB)
4.75	9.5	0.39
5	10	0.41

浮空节点

ADGM1004 没有接地的内部阻抗，如果节点浮空，开关端子上可能产生电荷，导致开关行为不可靠。为解决这个问题，应为所有开关节点提供一条放电路径。图 53 至图 56 以具体示例展示了使用开关时需要避免出现浮空节点的几种情况。应避免的情况包括：

- $RFx$  引脚保持开路（参见图 53）。
- 将一个串联电容直接连到开关（参见图 54）。
- 将两个开关的  $RFx$  引脚直接连在一起，或将  $RFC$  引脚连接到  $RFx$  引脚（参见图 55 和图 56）。

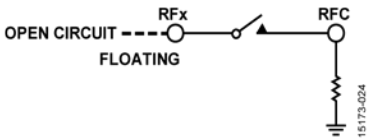


图 53.  $RFx$  引脚保持开路

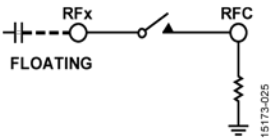


图 54. 串联电容直接连到 MEMS 开关

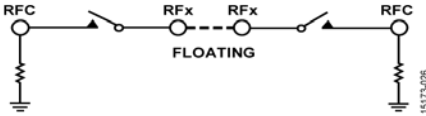


图 55. 两个 MEMS 开关的  $RFx$  引脚直接相连

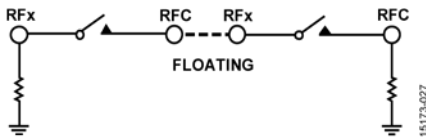


图 56.  $RFC$  连接至  $RFx$

应为开关节点提供一条放电路径，以避免出现浮空节点。在典型应用中，将  $50\Omega$  端接电阻连接到开关可提供此路径。用具有足够阻抗( $<10M\Omega$ )的器件驱动开关节点可提供放电路径。如果应用电路中没有放电路径，应在 MEMS 开关的源极  $RFx$  引脚上增加一个  $10\text{ M}\Omega$  分流电阻或电感以提供放电路径。请注意，分流电阻会引起漏电流。图 57 显示了一个提供放电路径的配置示例。

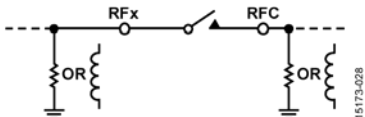


图 57. 提供放电路径的开关配置

图 58 和图 59 显示了典型级联开关使用案例及相应的减轻浮空节点风险的方案。

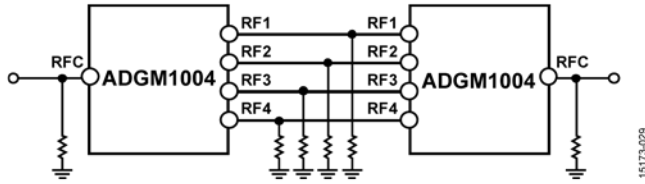


图 58. 两个 ADGM1004 器件连接成路径选择配置，利用 10 MΩ 分流电阻减轻浮空节点风险

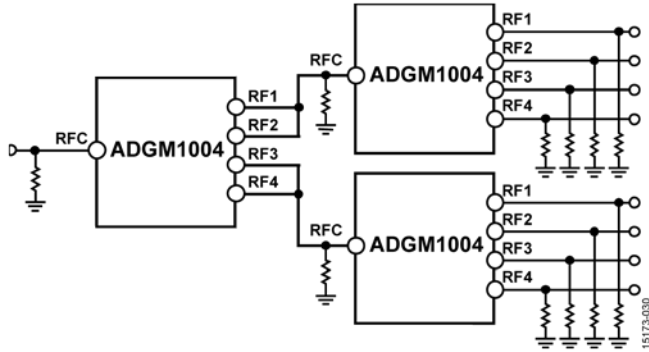


图 59. 三个 ADGM1004 器件连接成扇出配置，利用 10 MΩ 分流电阻减轻浮空节点风险

避免将分流电容直接连到开关。电容可以储存电荷，当开关断开或闭合时，如果没有其他放电路径，电荷可能引发热切换事件。此类事件会影响开关的使用寿命。

## 开关累计导通寿命

由于机械性能降级效应，开关长时间处于导通状态会影响其寿命。此类效应可能导致开关无法断开。图 60 显示了 50°C 时的故障率，平均无故障时间为 7.2 年（2628 天），即此时有 50% 的样本发生故障。

温度高于 50°C 会进一步缩短开关寿命。开关累计导通寿命规格也与占空比有关。如果用户以小于 50% 的占空比操作 MEMS 开关，则 MEMS 开关的寿命将会延长。

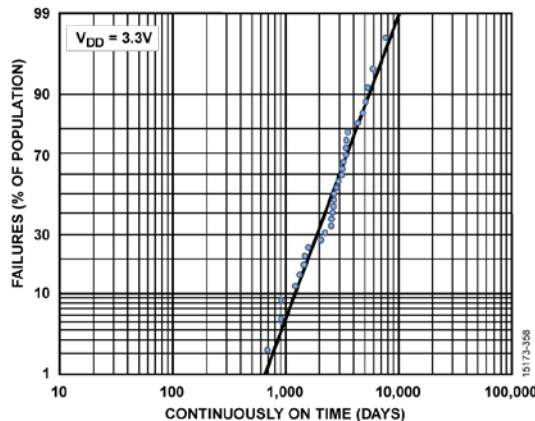


图 60. 开关累计导通寿命，测量条件为 50°C、 $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ ，样本含 31 个器件

## 搬运防范措施

### 电气过载(EOS)防范措施

ADGM1004 易受 EOS 影响。因此，应采取下列防范措施：

- ADGM1004 是 ESD 敏感器件。确保采取所有常规处理预防措施，包括仅在静电耗散表面上工作，戴腕带或其他 ESD 控制装置，将未使用器件存放在导电泡沫中。
- 避免在自动调整量程模式下运行测量仪表（例如数字万用表(DMM)）。某些仪表在切换量程时会产生很大的瞬变顺从电压。
- 对于电阻测量，应使用最高可行的 DMM 范围设置（最低分辨率），以使顺从电压最小，尤其是在切换过程中。
- 直连开关之前，应让同轴电缆放电。请注意，同轴电缆若直连开关，可能会存储电荷并引起 EOS。
- 避免较大端接电容直接连到开关，如图 61 所示。分流电容可以储存电荷，当开关断开或闭合时，电荷可能引发热切换事件，影响开关寿命。

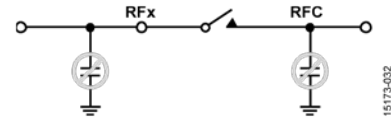


图 61. 避免将大电容直接连接到 MEMS 开关

机械冲击防范措施

ADGM1004 通过了广泛的机械冲击鉴定测试，如表 8 所示。这些测试验证器件遭受普通机械冲击时的鲁棒性。

表8. 机械认证摘要

参数	认证
机械冲击	通电(PMS) IEC 60068-2-27
随机跌落	AEC-Q100 测试 G5, 从 0.6 m 高处掉落 5 次
振动测试	MIL-STD-883, M2007.3, 条件 B, 20 Hz 至 2000 Hz, 50 g
D 组, Sub 4, MIL-STD-883, M5005	机械冲击, 1500 g, 0.5 ms; 振动 50 g 正弦扫描, 20 Hz 至 2000 Hz; 加速度 30,000 g

如果 ADGM1004 掉落，请勿使用。在器件搬运和制造过程中，确保机械冲击最小。

图 62 显示了器件处理不当的一些例子，为了消除机械冲击和 ESD 风险，应避免这样做。

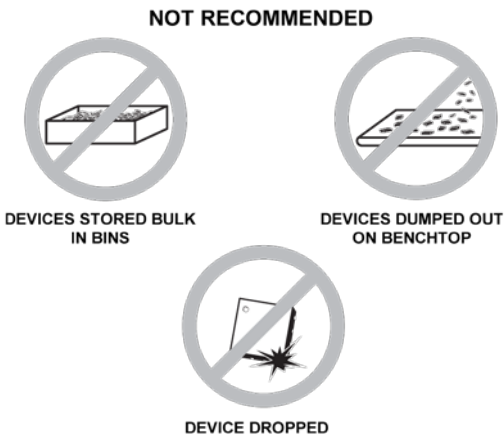


图 62. 搬运期间应避免的情况

15173-033

寄存器详解

开关数据寄存器

地址：0x20；复位：0x00；名称：SWITCH\_DATA

开关数据寄存器用于控制 ADGM1004 四个开关的状态。

表9. SWITCH\_DATA的位功能描述

位	位名称	描述	复位	访问类型
[7:6]	INTERNAL_ERROR	内部错误检测。这些位确定是否发生了内部错误。 00：未检测到错误。 01：检测到错误。 10：检测到错误。 11：检测到错误。	0x0	R
[5:4]	RESERVED	保留。这些位保留。这些位置 0。	0x0	R
3	SW4_EN	开关 4 的使能位。 0：开关 4 断开。 1：开关 4 闭合。	0x0	R/W
2	SW3_EN	开关 3 的使能位。 0：开关 3 断开。 1：开关 3 闭合。	0x0	R/W
1	SW2_EN	开关 2 的使能位。 0：开关 2 断开。 1：开关 2 闭合。	0x0	R/W
0	SW1_EN	开关 1 的使能位。 0：开关 1 断开。 1：开关 1 闭合。	0x0	R/W

外形尺寸

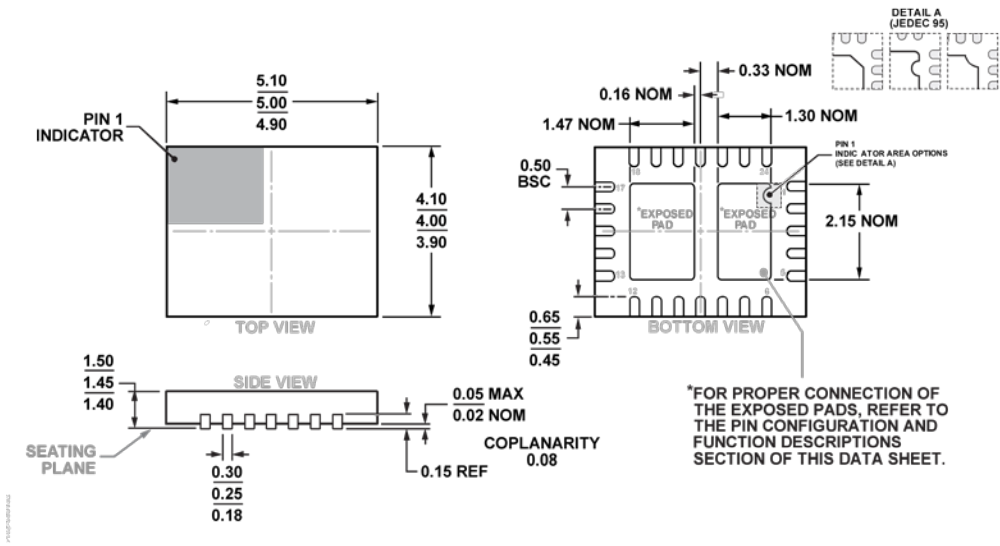


图63. 24引脚引线框芯片级封装[LFCSP]  
5 mm × 4 mm本体, 1.45 mm封装高度  
(CP-24-4)  
尺寸单位: mm

订购指南

型号 <sup>1</sup>	温度范围	封装描述	封装选项
ADGM1004JCPZ-R2	0°C至85°C	24引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-24-4
ADGM1004JCPZ-RL7	0°C至85°C	24引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-24-4
EVAL-ADGM1004SDZ		评估板	

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的兼容器件。

