



0 Hz/DC ~ 13 GHz、2.5 kV HBM ESD SP4T、ドライバ内蔵 MEMS スイッチ

データシート

ADGM1004

特長

0 Hz/dc まで正常に動作

オン抵抗:1.8 Ω (代表値)

オフ・リーク:0.5 nA (最大値)

帯域幅:-3 dB

RF2、RF3 では 13 GHz (代表値)

RF1、RF4 では 10.8 GHz (代表値)

RF 性能特性

挿入損失:2.5 GHz で 0.45 dB (代表値)

絶縁:2.5 GHz で 24 dB (代表値)

IIP3:67 dBm (代表値)

無線周波数 (RF) 電力:32 dBm (最大値)

作動寿命:10 億サイクル (最小値)

ハーメチック・シール・スイッチ接触

切替え時間:30 μs (代表値)

静電放電 (ESD) 人体モデル (HBM) 定格

RF1 ~ RF4 および RFC ピンで 5 kV

その他のすべてのピンで 2.5 kV

ドライバが内蔵されているため、外付けドライバが不要

電源電圧:3.1 V ~ 3.3 V

CMOS/LVTTL 互換

パラレル・インターフェース

5 mm × 4 mm × 1.45 mm、24 ピン LFCSP パッケージ

アプリケーション

リレーの代替

自動試験装置 (ATE) :RF/デジタル/ミックスド・シグナル

負荷/プローブ・ボード:RF/デジタル/ミックスド・シグナル

無線周波数 (RF) テスト計測器

再構成可能なフィルタ/減衰器

高性能 RF 切替え

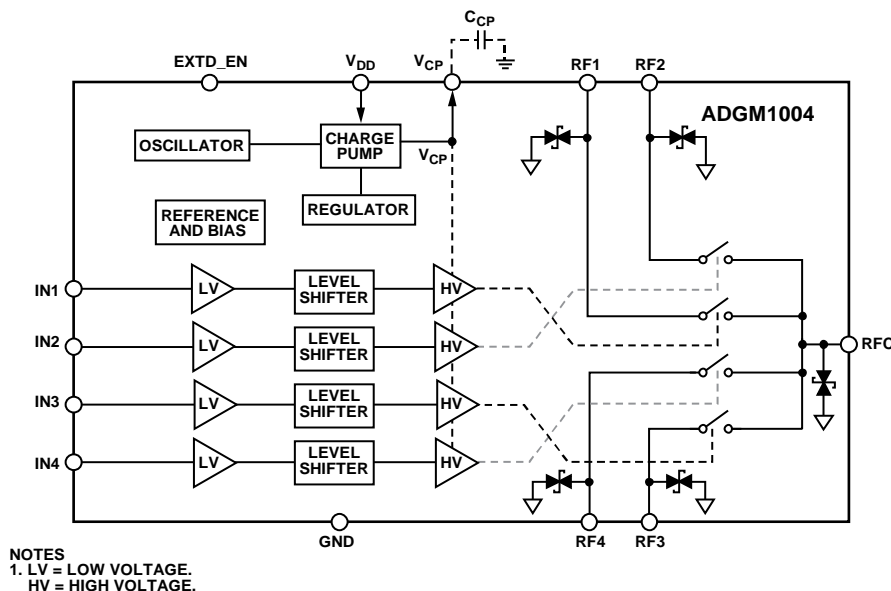
概要

ADGM1004 は、アナログ・デバイス MEMS (microelectro-mechanical system) スイッチ技術を使用して製造された、広帯域、単極四投 (SP4T) スイッチです。この技術により、フォーム・ファクタが小さく、RF 帯域幅が広く、挿入損失が少なく、最低 0 Hz/dc の周波数で動作するスイッチが実現します。このスイッチは、幅広い RF と高精度装置の切替えが必要な場合に理想的なソリューションになっています。

内蔵された制御チップでは、相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) / 低電圧トランジスタ・トランジスタ・ロジック (LVTTL) 互換のパラレル・インターフェースによって、スイッチを静電動作するのに必要な高電圧が生成されます。4つのスイッチは独立して制御できます。

デバイスは、24 ピン、5 mm × 4 mm × 1.45 mm リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ (LFCSP) を採用しています。

機能ブロック図



アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

Rev. 0

©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

アナログ・デバイセズ株式会社

本 社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル
電話 03 (5402) 8200
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー
電話 06 (6350) 6868

目次

| | | | |
|---------------------|----|-------------------------|----|
| 特長..... | 1 | 内部発振器/EXTD_EN..... | 16 |
| アプリケーション..... | 1 | 代表的な動作回路..... | 16 |
| 概要..... | 1 | アプリケーション情報..... | 17 |
| 機能ブロック図..... | 1 | フロート・ノードの防止..... | 17 |
| 改訂履歴..... | 2 | 連続オン寿命..... | 18 |
| 仕様..... | 4 | 推奨アプリケーション回路..... | 19 |
| 絶対最大定格..... | 6 | 切替え可能な RF 減衰器..... | 19 |
| 熱抵抗..... | 6 | 再構成可能な RF フィルタ..... | 19 |
| ESD に関する注意事項..... | 6 | 取り扱いのガイドライン..... | 20 |
| ピン配置およびピン機能の説明..... | 7 | 電氣的過負荷 (EOS) の注意事項..... | 20 |
| 代表的な性能特性..... | 8 | DC 電圧範囲..... | 20 |
| 試験回路..... | 11 | 機械的衝撃に関する注意事項..... | 20 |
| 用語の定義..... | 13 | 外形寸法..... | 21 |
| 動作原理..... | 15 | オーダー・ガイド..... | 21 |
| デジタル・インターフェース..... | 15 | | |

改訂履歴

1/2017-Revision 0: Initial Version

仕様

特に指定のない限り、 $V_{DD} = 3.1\text{ V} \sim 3.3\text{ V}$ 、 $GND = 0\text{ V}$ 、すべての仕様で $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 1.

| Parameter | Symbol | Min | Typ ¹ | Max | Unit | Test Conditions/Comments ² |
|---|--------------------------|------|------------------|------|----------|---|
| DYNAMIC CHARACTERISTICS | | | | | | |
| -3 dB Bandwidth | BW | | | | | |
| RF1, RF4 | | 9.5 | 10.8 | | GHz | RF1 to RFC and RF4 to RFC channels |
| RF2, RF3 | | 11.5 | 13 | | GHz | RF2 to RFC and RF3 to RFC channels |
| Insertion Loss ³ | IL | | 0.45 | 0.6 | dB | At 2.5 GHz; RFC to RFx |
| | | | 0.63 | 0.95 | dB | At 6.0 GHz; RFC to RFx |
| Isolation ³ | I _{SO} | 22 | 24 | | dB | At 2.5 GHz; RFC to RFx |
| | | 16 | 19 | | dB | At 6.0 GHz; RFC to RFx |
| Crosstalk ³ | C _{TK} | 27 | 30 | | dB | At 2.5 GHz; RFx to RFx |
| | | 22 | 24 | | dB | At 6.0 GHz; RFx to RFx |
| Return Loss ³ | RL | 14 | 17 | | dB | DC to 6.0 GHz |
| Third-Order Intermodulation Intercept ³ | IIP3 | | 67 | | dBm | Input: 900 MHz and 901 MHz; input power = 27 dBm |
| Second-Order Intermodulation Intercept ³ | IIP2 | | 95 | | dBm | Input: 900 MHz and 901 MHz; input power = 27 dBm |
| Second Harmonic ³ | HD2 | | -90 | | dBc | Input: 5.4 MHz; input power = 0 dBm |
| | | | -74 | | dBc | Input: 150 MHz and 800 MHz; input power = 27 dBm |
| Third Harmonic ³ | HD3 | | -80 | | dBc | Input: 150 MHz and 800 MHz; input power = 27 dBm |
| Total Harmonic Distortion ³ | THD + N | | -102 | | dBc | R _L = 300 Ω , f = 1 kHz, RFx = 2.5 V p-p |
| Maximum RF Power ³ | | | | 32 | dBm | Switch in the on state and terminated into 50 Ω , 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C |
| DC Voltage Range | | -6 | | +6 | V | On switch dc voltage operation range, 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C |
| On Switching Time | t _{ON} | | 30 | 75 | μ s | 50% INx to 90% RFx, 50 Ω termination, 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C |
| Off Switching Time | t _{OFF} | | 5 | 30 | μ s | 50% INx to 10% RFx, 50 Ω termination, 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C |
| Settling Time | | | | | | |
| Rising Edge | | | 40 | | μ s | 50% INx to 0.05 dB final IL value, 50 Ω termination |
| Falling Edge | | | 10 | | μ s | 50% INx to 0.05 dB final IL value, 50 Ω termination |
| Actuation Frequency ³ | | | | 5 | kHz | All switches toggled simultaneously; 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C |
| Power-Up Time | | | 0.55 | | ms | C _{CP} = 47 pF; 95% V _{DD} to 90% RFx; 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C |
| Video Feedthrough ³ | | | 16 | | mV peak | 1 M Ω termination |
| Internal Oscillator Frequency | | 6 | | 16 | MHz | 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C |
| Internal Oscillator Feedthrough ^{3, 4} | | | -115 | | dBm | Spectrum analyzer resolution bandwidth (RBW) = 200 Hz; one switch in on state, all others off with 50 Ω terminations |
| SWITCH PROPERTIES | | | | | | |
| On Resistance | R _{ON} | | 1.8 | 3.5 | Ω | I _{DS} ⁵ = 50 mA, 0 V bias, 1 ms, maximum specification from 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C |
| On Resistance Variation Over Actuations | Δ R _{ON} | | 1.4 | | Ω | 10 ³ actuations; from 0 $^{\circ}$ C to 85 $^{\circ}$ C; 1 kHz cycling frequency; 220 mA load between toggles |

| Parameter | Symbol | Min | Typ ¹ | Max | Unit | Test Conditions/Comments ² |
|---------------------------------------|-------------------------|--------|------------------|-------|---------------|---|
| Between Channels | $\Delta R_{ON\ CH_CH}$ | | 0.25 | 1 | Ω | Maximum value tested from 0°C to 85°C |
| Over Time | $\Delta R_{ON\ TIME}$ | | -0.11 | -0.32 | Ω | R_{ON} change from 1 ms to 100 ms after actuation; maximum value tested from 0°C to 85°C |
| On Resistance Repeatability | $\Delta R_{ON\ REP}$ | | 0.01 | | Ω | 1 on/off/on actuation cycle |
| On Resistance Input Voltage Bias | $\Delta R_{ON\ VBIAS}$ | | 0.17 | | Ω | $I_{DS} = 50\text{ mA}$, from -6 V to +6 V input bias |
| RF Port | | | | | | |
| On Capacitance ³ | $C_{RF\ ON}$ | | 3 | | pF | At 1 MHz |
| Off Capacitance ³ | $C_{RF\ OFF}$ | | 1.5 | | pF | At 1 MHz |
| On Leakage | | | | 5 | nA | RFx (off channels) = 6 V; RFC/RFx (on channel) = -6 V; maximum specification from 0°C to 85°C |
| Off Leakage | | | | 0.5 | nA | RFx = 6 V; RFC = -6 V; maximum specification from 0°C to 85°C |
| Continuously On Lifetime ³ | | | 7.2 | | Years | Median time before failure ⁶ at 50°C |
| Actuation Lifetime ³ | | 10^9 | | | Cycles | Cold switched; load between toggling is 220 mA; tested at 85°C |
| DIGITAL INPUTS | | | | | | |
| Input High Voltage | V_{INH} | 2 | | | V | Minimum and maximum over 0°C to 85°C |
| Input Low Voltage | V_{INL} | | | 0.8 | V | |
| Input Current | I_{INL}/I_{INH} | | 0.025 | 1 | μA | $V_{IN} = V_{INL}$ or V_{INH} |
| POWER REQUIREMENTS | | | | | | |
| Voltage | V_{DD} | 3.1 | | 3.3 | V | Minimum and maximum over 0°C to 85°C |
| Current | I_{DD} | | 3 | 4 | mA | $V_{DD} = 3.3\text{ V}$; digital inputs = 0 V or V_{DD} |

¹ 代表的な仕様は、25 °C、 $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ でテストされています。

² RFx は RF1、RF2、RF3、RF4 です。INx は IN1、IN2、IN3、IN4 です。

³ 設計上の性能は確保していますが、出荷テストの対象外です。

⁴ 内部発振器をディスエーブルにしてフィードスルーを除去します。

⁵ I_{DS} は、ドレイン・ソース電流です。

⁶ この値は、サンプル・ロットの 50 % が不合格になるまでの中間時間を示します。

絶対最大定格

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表 2.

| Parameter | Rating |
|---|---|
| V_{DD} to GND | -0.3 V to +6 V |
| Digital Inputs ¹ | -0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V or 30 mA (whichever occurs first) |
| DC Voltage Rating ² | ± 10 V |
| Current Rating ² | 250 mA |
| RF Power Rating ³ | 33 dBm |
| Operating Temperature Range | 0°C to $+85^\circ\text{C}$ |
| Storage Temperature Range | -65°C to $+150^\circ\text{C}$ |
| Reflow Soldering (Pb-Free) | |
| Peak Temperature | 260 (+0/-5) $^\circ\text{C}$ |
| Time at Peak Temperature | 10 sec to 30 sec |
| ESD | |
| Human Body Model | |
| RF1 to RF4 and RFC Pins | 5 kV |
| All Other Pins | 2.5 kV |
| Field Induced Charged Device Model ⁴ | |
| All Pins | 500 V |
| Group D | |
| Mechanical Shock ⁵ | 1500 g with 0.5 ms pulse |
| Vibration | 20 Hz to 2000 Hz acceleration at 50 g |
| Constant Acceleration | 30,000 g |

¹ 内部ダイオードによる IN_x でのクランプ過電圧。電流は、仕様規定された最大定格に制限してください。

² この定格は、無線周波信号が適用されないオン位置のスイッチを基準にしています。

³ この定格は、オン位置で $50\ \Omega$ に終端処理されるスイッチを基準にしています。終端処理されていない場合の定格は 27 dBm です。

⁴ 安全自動化処理とアセンブリ・プロセスは、業界標準 ESD 制御を実装することで、この定格レベルで実現します。

⁵ 取り扱い中に落下したデバイスは使用しないでください。

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を引き起こす場合があります。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。製品を長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、製品の信頼性に影響を与えることがあります。

同時に複数の絶対最大定格を適用することはできません。

熱抵抗

熱性能は、プリント回路基板 (PCB) の設計と動作環境に直接関連しています。PCB の熱設計には、細心の注意を払う必要があります。

θ_{JA} は、1 立方フィートの密封容器内で測定される、自然対流下でのジャンクション温度と周囲温度間の熱抵抗です。

θ_{JC} は、ジャンクション温度とケース温度間の熱抵抗です。

表 3. 熱抵抗

| Package Type | θ_{JA} | θ_{JC} | Unit |
|----------------------|---------------|---------------|---------------------------|
| CP-24-4 ¹ | 60 | 75 | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |

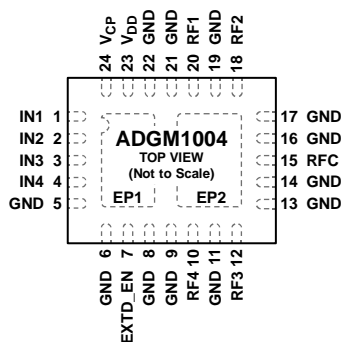
¹ シミュレートされた θ_{JA} の値は、動作条件でのパッケージの最大ジャンクション温度とパッケージの合計消費電力に基づいて評価されています。25 $^\circ\text{C}$ での熱性能を計算するため、各スイッチで 113 mW の消費電力を使用できます。この値は、 R_{ON} の代表値 1.8 Ω と絶対最大定格 250 mA から計算されています。

ESD に関する注意事項



ESD (静電放電) の影響を受けやすいデバイスです。電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

ピン配置およびピン機能の説明



- NOTES
1. EXPOSED PAD 1. EP1 IS INTERNALLY CONNECTED TO EP2 AND MUST BE CONNECTED TO GND.
 2. EXPOSED PAD 2. EP2 IS INTERNALLY CONNECTED TO EP1 AND MUST BE CONNECTED TO GND.

15173-002

図 2. ピン配置

表 4. ピン機能の説明

| ピン番号 | 記号 | 説明 |
|---------------------------------|-----------------|---|
| 1 | IN1 | デジタル制御入力 1。このピンに印加される電圧は、MEMS スイッチのゲート RF1 ~ RFC を制御します。IN1 がロー・レベルの場合、RF1 ~ RFC はオープン（オフ）になります。IN1 がハイ・レベルの場合は、RF1 を RFC に接続します（オン）。 |
| 2 | IN2 | デジタル制御入力 2。このピンに印加される電圧は、MEMS スイッチのゲート RF2 ~ RFC を制御します。IN2 がロー・レベルの場合、RF2 ~ RFC はオープン（オフ）になります。IN2 がハイ・レベルの場合は、RF2 を RFC に接続します（オン）。 |
| 3 | IN3 | デジタル制御入力 3。このピンに印加される電圧は、MEMS スイッチのゲート RF3 ~ RFC を制御します。IN3 がロー・レベルの場合、RF3 ~ RFC はオープン（オフ）です。IN3 がハイ・レベルの場合は、RF3 を RFC に接続します（オン）。 |
| 4 | IN4 | デジタル制御入力 4。このピンに印加される電圧は、MEMS スイッチのゲート RF4 ~ RFC を制御します。IN4 がロー・レベルの場合、RF4 ~ RFC はオープン（オフ）です。IN4 がハイ・レベルの場合は、RF4 を RFC に接続します（オン）。 |
| 5、6、8、9、11、13、14、16、17、19、21、22 | GND | グラウンド接続。 |
| 7 | EXTD_EN | 外部電圧ドライブのイネーブル。通常動作では、EXTD_EN をロー・レベルに設定し、内蔵の 11.5 MHz 発振器をイネーブルにして、内部ドライバ IC の電圧昇圧回路をイネーブルにします。EXTD_EN をハイ・レベルに設定すると、内部 11.5 MHz 発振器とドライバ昇圧回路がディスエーブルになります。内部発振器をディスエーブルにすると、関連付けられたスイッチへの 11.5 MHz ノイズのフィードスルーが除去されます。発振器をディスエーブルにしても、ロジック・インターフェース・ピン（IN1 ~ IN4）からスイッチを制御できますが、V _{CP} ピンを外部電圧電源から 80 V dc で起動する必要があります。 |
| 10 | RF4 | RF4 ポート。このピンは、入力または出力に設定できます。不要な場合は、このピンを GND に接続する必要があります。 |
| 12 | RF3 | RF3 ポート。このピンは、入力または出力に設定できます。不要な場合は、このピンを GND に接続する必要があります。 |
| 15 | RFC | 共通の RF ポートこのピンは、入力または出力に設定できます。 |
| 18 | RF2 | RF2 ポート。このピンは、入力または出力に設定できます。不要な場合は、このピンを GND に接続する必要があります。 |
| 20 | RF1 | RF1 ポート。このピンは、入力または出力に設定できます。不要な場合は、このピンを GND に接続する必要があります。 |
| 23 | V _{DD} | 正電源入力。このチップで推奨される入力電圧については、仕様のセクションを参照してください。次に、この電圧を内部で昇圧させ、MEMS スイッチをオンにするのに必要な電圧を生成します。 |
| 24 | V _{CP} | チャージ・ポンプ・コンデンサ端子。グラウンドとシャント・コンデンサの間で推奨される容量は 47 pF です。ピン 7 がハイ・レベルの場合、80 V dc の電圧を V _{CP} に入力してスイッチを駆動する必要があります。 |
| | EP1 | エクスポーズド・パッド 1。EP1 は内部で EP2 に接続されますが、GND にも接続する必要があります。 |
| | EP2 | エクスポーズド・パッド 2。EP2 は内部で EP1 に接続されますが、GND にも接続する必要があります。 |

代表的な性能特性

図 12、図 13、および図 14 では、T50 は母集団の 50% が不合格になるサイクル数を示します。

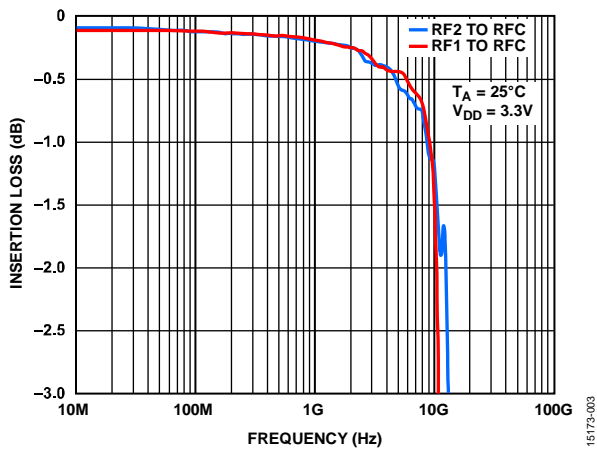


図 3. 挿入損失の周波数特性 ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$)

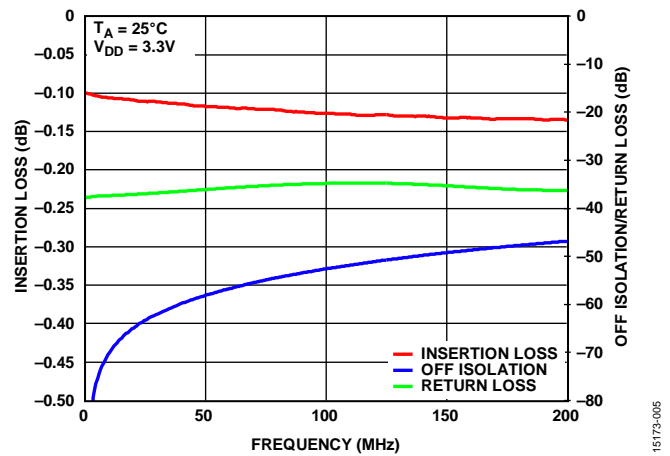


図 6. 低周波の挿入損失とオフ・アイソレーション/リターン損失の周波数特性 ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 、RF1 ~ RFC)

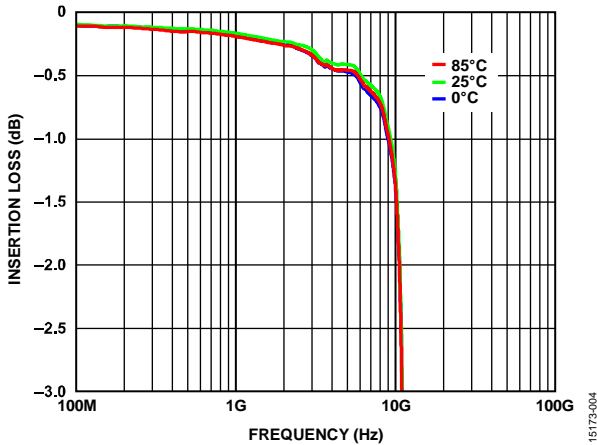


図 4. 多様な温度に対する挿入損失の周波数特性 ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 、RF1 ~ RFC)

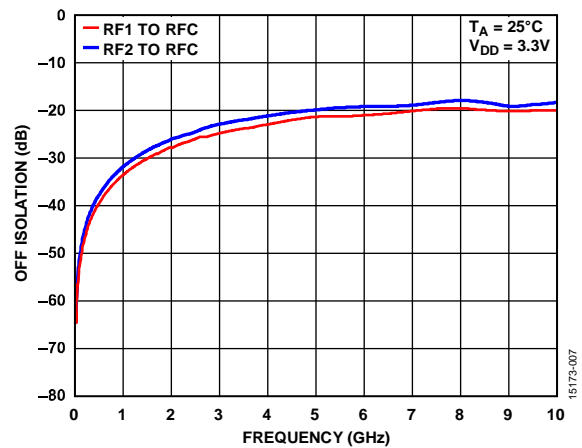


図 7. オフ・アイソレーションの周波数特性 ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$)

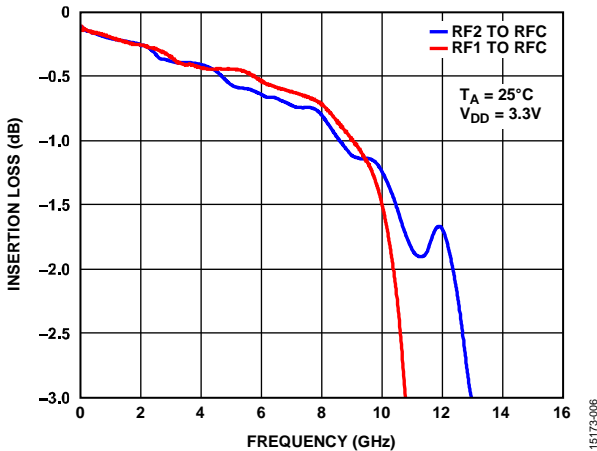


図 5. 挿入損失の周波数線形スケール特性 ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$)

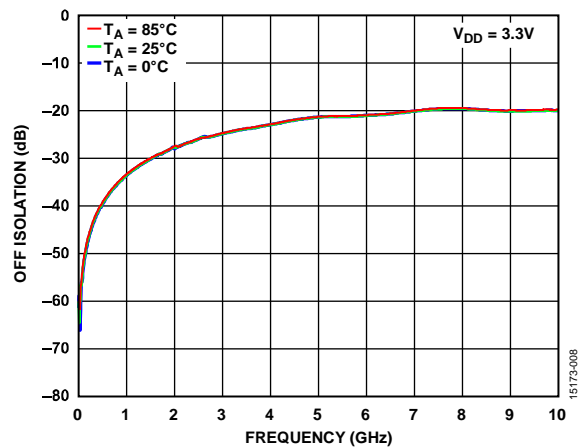


図 8. 多様な温度に対するオフ・アイソレーションの周波数特性 ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 、RF1 ~ RFC)

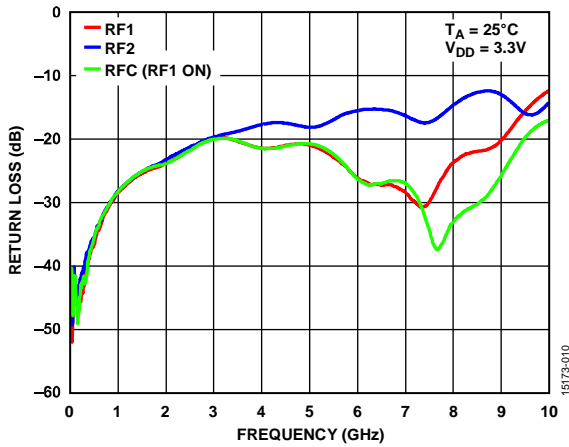


図 9. リターン損失の周波数特性 ($V_{DD} = 3.3 V$)

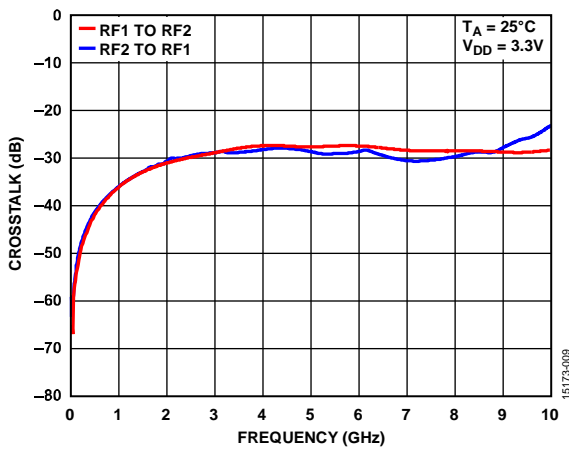


図 10. クロストークの周波数特性 ($V_{DD} = 3.3 V$)

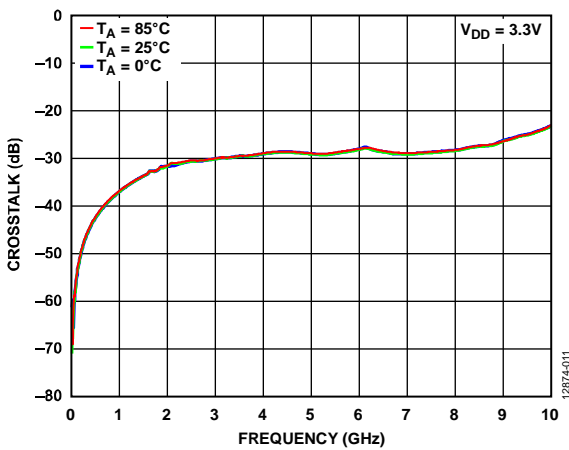


図 11. 多様な温度に対するクロストークの周波数特性 ($V_{DD} = 3.3 V$, RF2 ~ RF1)

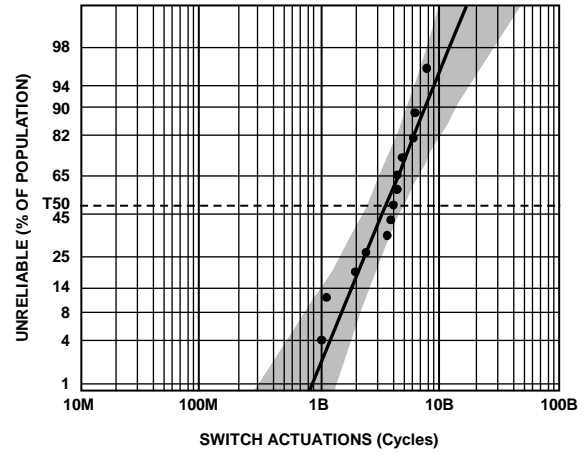


図 12. 10 dBm の連続波 (CW) ホット・スイッチングでの通常故障率 (対数)、50 Ω で終端処理、 $T_A = 25^\circ C$ 、 $V_{DD} = 3.3 V$ 、信頼区間 (CI) は 95 %

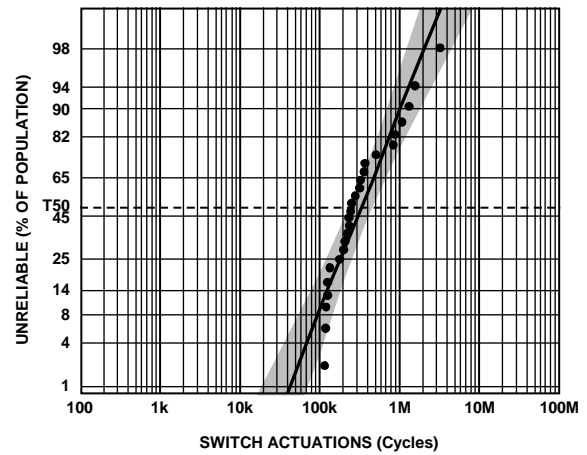


図 13. 15 dBm の CW ホット・スイッチングでの通常故障率 (対数)、50 Ω で終端処理、 $T_A = 25^\circ C$ 、 $V_{DD} = 3.3 V$ 、信頼区間 (CI) は 95 %

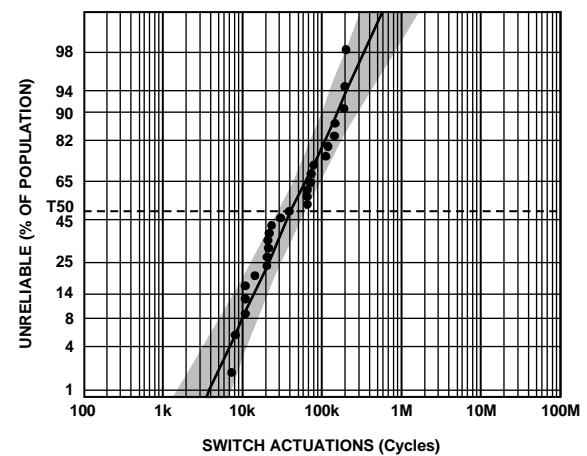


図 14. 20 dBm の連続波 (CW) ホット・スイッチングでの通常故障率 (対数)、50 Ω で終端処理、 $T_A = 25^\circ C$ 、 $V_{DD} = 3.3 V$ 、信頼区間 (CI) は 95 %

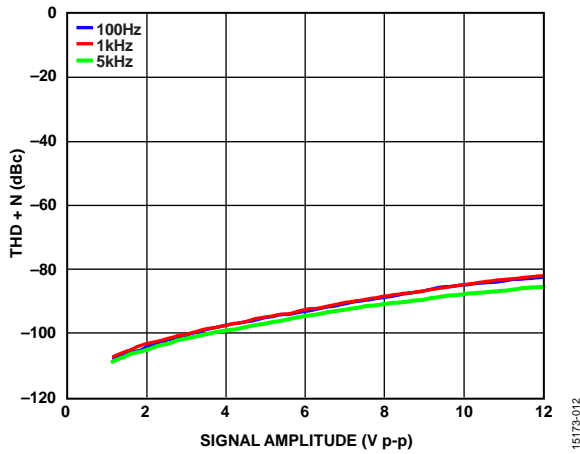


図 15. 全高調波歪み + ノイズ (THD + N) と信号振幅の関係 ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$, $R_{LOAD} = 300\ \Omega$, $T_A = 25\ \text{°C}$)

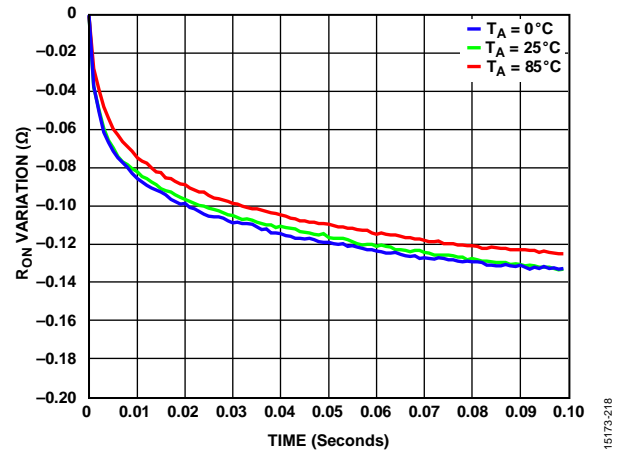


図 17. 多様な温度に対する R_{ON} 変動の時間特性 (1 ms ~ 100 ms) ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$, RF2 ~ RFC)

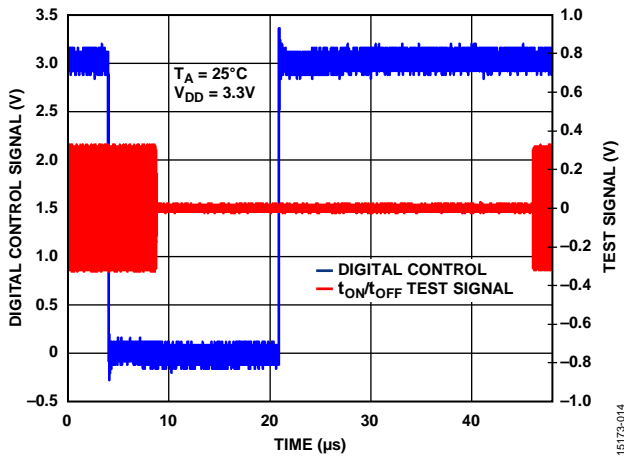


図 16. デジタル制御信号およびテスト信号の時間特性 ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$)

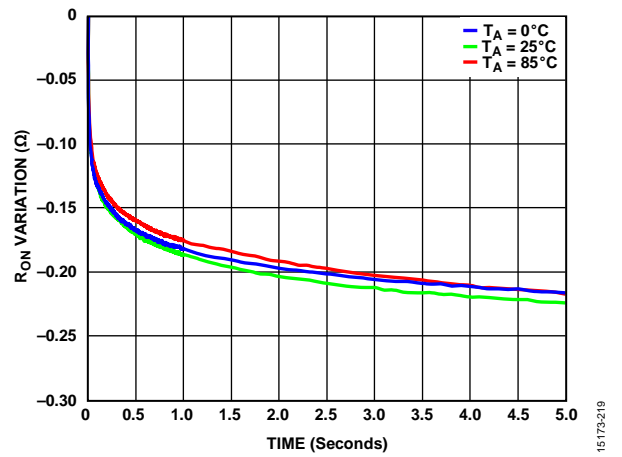


図 18. 多様な温度に対する R_{ON} 変化の時間特性 (1 ms ~ 5 sec) ($V_{DD} = 3.3\text{ V}$, RF2 ~ RFC)

試験回路

すべてのチャンネルに該当する試験回路とその他のピンはわかりやすいように省略しています。

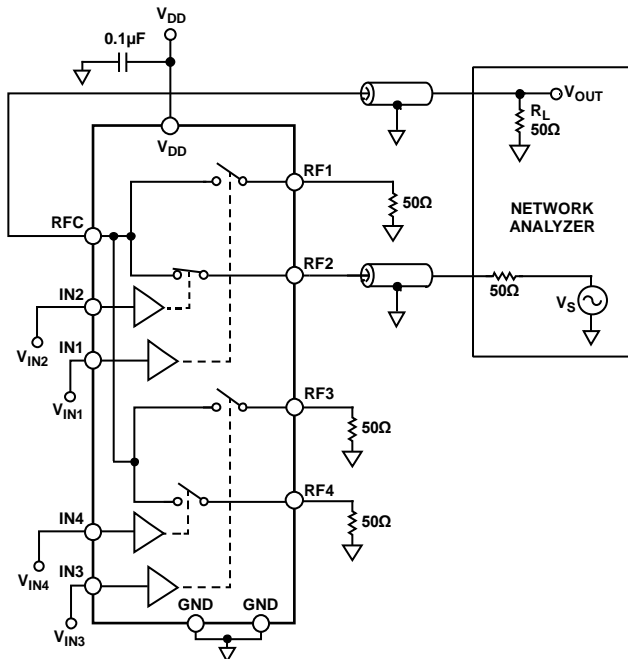


図 19. 挿入損失/リターン損失

15173-015

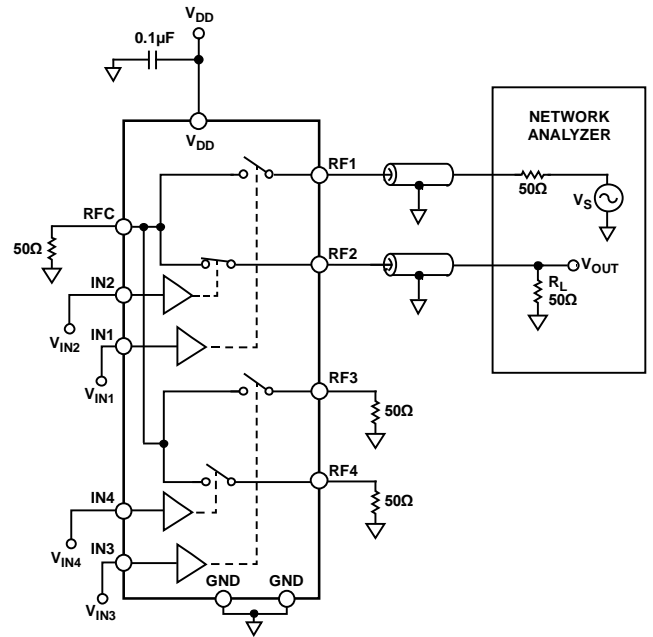


図 21. クロストーク

15173-017

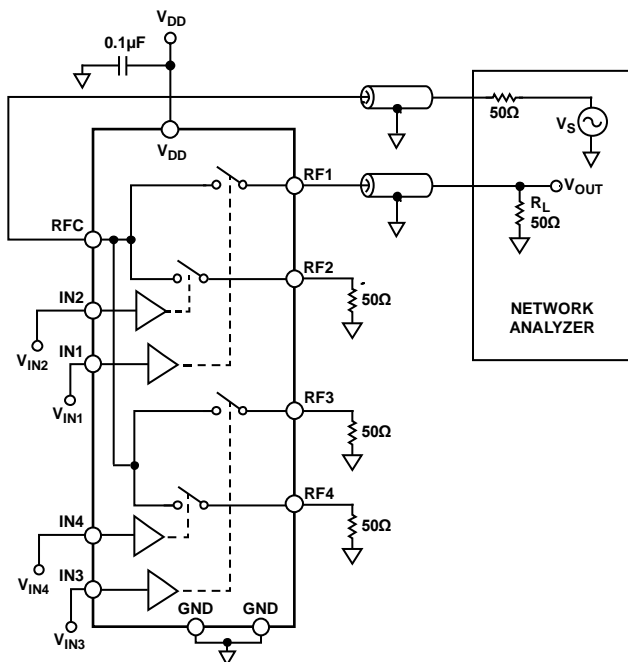


図 20. 絶縁

15173-016

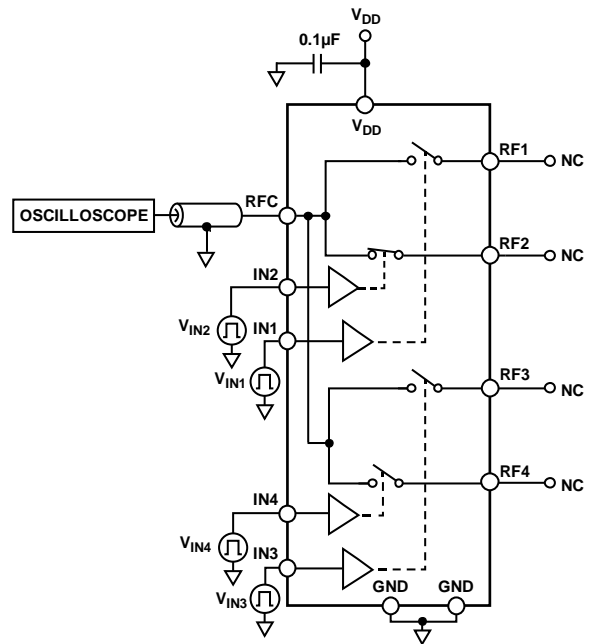


図 22. ビデオ・フィードスルー

15173-018

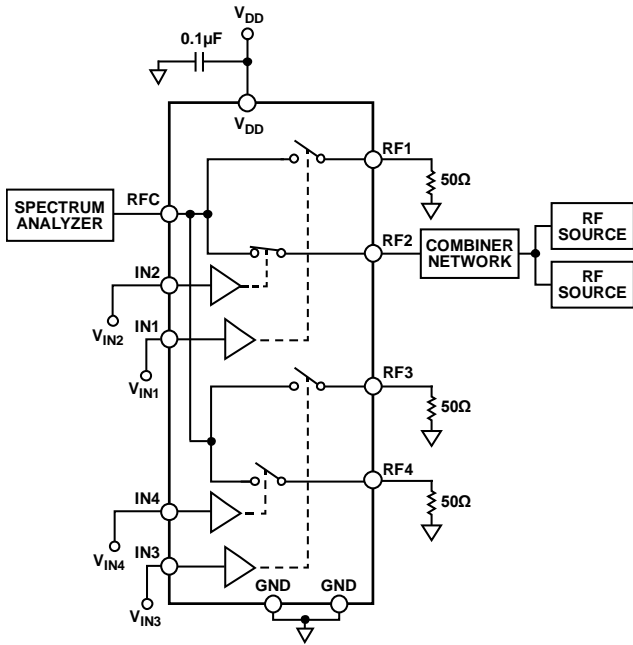


図 23. IIP2 と IIP3

15173-019

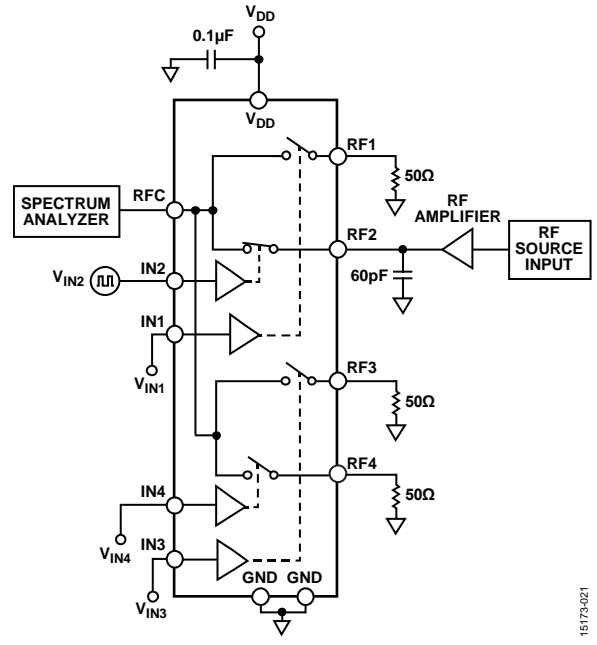


図 25. ホット・スイッチの評価セットアップ、2 GHz の RF ソース、50% のデューティ・サイクル、5 kHz の切替え作動速度

15173-021

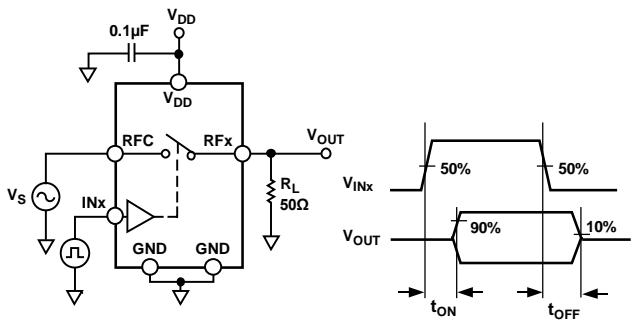


図 24. スイッチング時間、 t_{ON} および t_{OFF}

15173-020

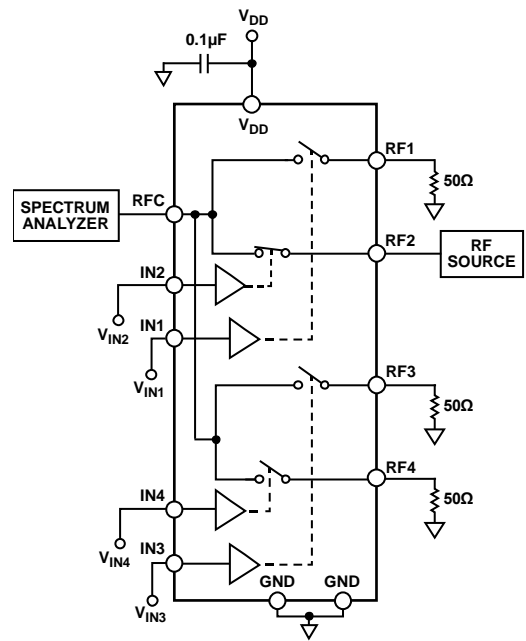


図 26. 2 次および 3 次の高調波、RF 電力

15173-022

用語の定義

挿入損失 (IL)

ILは、スイッチがオン状態の場合に入力ポートと出力ポートの間で発生する信号の減衰量です。この値はデシベルで表されます。電力伝送を最大にするには、挿入損失を可能な限り小さくしてください。

図 19 のセットアップに基づいた挿入損失の計算例は、次のようになります。

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

S_{RF2RFC} は、RF2 をオンにして RF2 ~ RFC で計測される伝送係数です。未使用のスイッチはすべてオフにして、50 Ω の抵抗性負荷で終端処理されます。

アイソレーション (I_{SO})

I_{SO} は、スイッチがオフ状態の場合に入力ポートと出力ポート間で発生する信号の減衰量です。この値はデシベルで表されます。アイソレーションは可能な限り大きくしてください。

図 20 のセットアップに基づいたアイソレーションの計算例は、次のようになります。

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

S_{RF1RF2} は、RF1 をオフにして RFC ~ RF1 で計測される伝送係数です。未使用のスイッチはすべてオフにして、50 Ω の抵抗性負荷で終端処理されます。

クロストーク (C_{TK})

C_{TK} は、寄生容量に起因する、あるチャンネルから別のチャンネルに混入する不要な信号の大きさです。

図 21 のセットアップに基づいたクロストークの計算例は、次のようになります。

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

S_{RF1RF2} は、RF1 をオフ、RF2 をオンにして RF1 ~ RF2 で計測される伝送係数です。未使用のスイッチはすべてオフにして、50 Ω の抵抗性負荷で終端処理されます。

リターン損失 (RL)

RL は反射係数の大きさで、単位はデシベルです。これは、入射信号に対する反射信号の量に相当します。

図 19 のセットアップに基づいたリターン損失の計算例は、次のようになります。

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

S_{11} は、テスト対象のポートの反射係数です。

3 次相互変調インターセプト (IIP3)

IIP3 は、基本波の P_{OUT} 対 P_{IN} の外挿直線とツー・トーン・テストの 3 次相互変調積の外挿直線の交点です。IIP3 は、スイッチの直線性を評価するための指数です。

2 次相互変調インターセプト (IIP2)

IIP2 は、基本波の P_{OUT} 対 P_{IN} の外挿直線とツー・トーン・テストの 2 次相互変調積の外挿直線の交点です。IIP2 は、スイッチの直線性を評価するための指数です。

2 次高調波 (HD2)

HD2 は 2 次高調波の振幅です。ここで、基本周波数が f の信号では、2 次高調波の周波数は 2 f になります。この計測値は、シングルトーン・テストで、キャリア信号に対するリファレンスとして表現されます (dBc)。

3 次高調波 (HD3)

HD3 は 3 次高調波の振幅です。ここで、基本周波数が f の信号では、3 次高調波の周波数は 3 f になります。この計測値は、シングルトーン・テストで、キャリア信号に対するリファレンスとして表現されます (dBc)。

オン切替え時間 (t_{ON})

t_{ON} は、スイッチがオンになるまでにかかる時間です。制御信号 (IN_X) の 50 % からオン・レベルの 90 % までの時間として計測されます。このテスト中は、スイッチに電力はかかりません (コールド・スイッチ)。スイッチは、50 Ω の負荷に終端処理されています。

オフ切替え時間 (t_{OFF})

t_{OFF} は、スイッチがオフになるまでにかかる時間です。制御信号 (IN_X) の 50 % からオン・レベルの 10 % までの時間として計測されます。このテスト中は、スイッチに電力はかかりません (コールド・スイッチ)。スイッチは、50 Ω の負荷に終端処理されています。

セトリング時間、立上がりエッジ

セトリング・タイムの立上がりエッジは、RF 信号の電力が最終的な定常状態値の 0.05 dB 以内にセトリングするまでにかかる時間です。スイッチは、50 Ω の負荷に終端処理されています。

セトリング時間、立下がりエッジ

セトリング時間の立下がりエッジは、RF 信号の電力が最終的な定常状態値の 0.05 dB 以内にセトリングするまでにかかる時間です。スイッチは、50 Ω の負荷に終端処理されています。

作動周波数

作動周波数は、ADGM1004 のオン/オフを切り替える速度です。作動周波数は、セトリング時間とオン/オフ切替え時間の両方によって決定されます。

パワーアップ時間

パワーアップ時間とは、デバイスがパワーアップし、VDD が 95 % に到達してから RF 入力信号の 90 % を通過するまでに必要な時間の計測値です。

ビデオ・フィードスルー

ビデオ・フィードスルーとは、RF 信号のない環境で制御信号がハイ・レベルからロー・レベルに切り替わるとき、またはロー・レベルからハイ・レベルに切り替わるときに、スイッチの R_{fx} ポートで計測されるスプリアス信号です。

内部発振器の周波数

内部発振器の周波数は、ADGM1004 のゲート制御チップを駆動するオンボード発振器の値です。

内部発振器のフィードスルー

内部発振器のフィードスルーとは、スイッチの R_{Fx} ピンおよび RFC ピンを通過する内部発振器の信号量です。この信号は、発振器の動作周波数 (高調波) で、スイッチの R_{Fx} ピンおよび RFC ピンのノイズ・スプリアスとして現れます。

オン抵抗 (R_{ON})

R_{ON} は、パッケージ・ピン間で計測されるクローズ/オン状態のスイッチの抵抗値です。4 線式モードで抵抗を計測するので、ケーブルまたは PCB の直列抵抗が相殺されます。

オン抵抗の変動

オン抵抗の変動は、表 1. で指定された条件でのスイッチのオン抵抗の変動です。

連続オン寿命

連続オン寿命パラメータでは、継続的にスイッチがオン状態にある時間が計測されます。長時間にわたりスイッチをオン状態で放置すると、デバイスのターン・オフ (停止) 機構に影響を与えます。

作動寿命

作動寿命とは、抵抗値が指定された制限を超えず、オープン失敗 (FTO) またはクローズ失敗 (FTC) が発生せずに完了する、オープン/クローズ/オープンの連続サイクル数です。

コールド・スイッチング

スイッチがクローズの場合にコールド・スイッチングを実行すると、ソースとドレインの間で電圧差が発生しません。一方、スイッチがオープンの場合にコールド・スイッチングを実行すると、ソースからドレインに電流が流れません。コールド・スイッチを利用すると、スイッチの寿命が長くなります。

ホット・スイッチング

スイッチがクローズの場合にホット・スイッチングを実行すると、ソースとドレイン間で電圧差が発生します。一方、スイッチがオープンの場合にホット・スイッチングを実行すると、RFX から RFC に電流が流れます。ホット・スイッチを利用する場合、ソースと

ドレイン間のオープン・サーキット電圧の大きさによってはスイッチの寿命が短くなります。

入力高電圧 (VINH)

ロジック 1 の最小入力電圧。

入力低電圧 (VINL)

ロジック 0 の最大入力電圧。

動作原理

ADGM1004 は、アナログ・デバイセズの MEMS スイッチ技術を使用して製造された、広帯域 SP4T スイッチです。この技術により、RF アプリケーションの需要に対応する高電力、低損失、低歪みのギガヘルツ・スイッチが実現します。

クラス最高レベルの高周波 RF 性能と 0 Hz/dc の高精度性能を同時に発揮することが MEMS スイッチの長所です。信頼性が高く、表面実装可能な小規模フォーム・ファクタとこの長所を組み合わせることで、すべての RF と高精度信号計測器のニーズに適合する最適なソリューションが実現します。

図 27 に、スイッチの寸法と断面図を示します。このスイッチは、3 端子構成で静電作動するカンチレバー・ビームです。機能的には、電界効果トランジスタ (FET) と似ています。端子をソース、ゲート、ドレインとして使用できます。

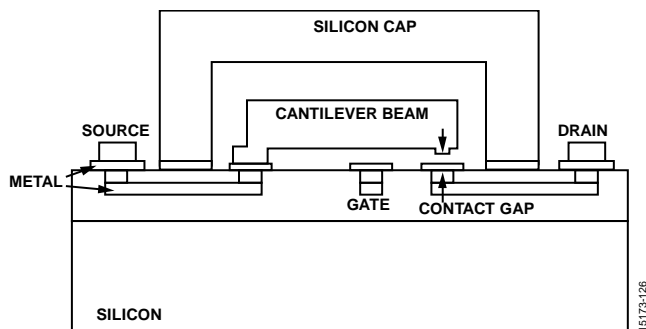


図 27. カンチレバー・スイッチを含む MEMS スイッチ設計の断面図 (実寸ではありません)

ゲート電極とソース (スイッチ・ビーム) の間に DC 作動電圧を加えると、静電力が発生して、基板方向にビームを引きつけます。個別のオンボード・チャージ・ポンプ IC は、バイアス電圧を生成します。作動には 80 V が使用されます。

ゲートとソース間のバイアス電圧がスイッチのしきい値電圧 V_{TH} を超えると、スイッチがドレインに接触し、ソースとドレイン間の回路が閉じて、スイッチがオンになります。バイアス電圧を取り除いて、ゲート電極が 0 V になると、このスイッチはソースとドレイン間の接続を開くスプリングとして動作します。この結果、回路が開放され、スイッチがオフになります。

図 27 に、スイッチのダイを覆うシリコン・キャップを示します。このキャップは、ハーメチック・シールでスイッチを密封するので、信頼性が向上します。スイッチの接触部では、ドライ切替えや低消費電力の切替えによる寿命劣化の問題は発生しません。

デジタル・インターフェース

ADGM1004 は、パラレル・インターフェース経由で制御されず。このインターフェースから印加される CMOS/LVTTL 信号は、ADGM1004 のすべてのスイッチ・チャンネルの作動または解除を制御します。印加されたゲート信号は昇圧され、MEMS スイッチを作動するのに必要な電圧が供給されます。

ピン 1 ~ ピン 4 (IN1 ~ IN4) は、ADGM1004 の切替え機能を制御します。これらのピンのいずれかにロジック 1 を適用すると、対応するスイッチのゲートが作動し、スイッチがオンになります。逆に、これらのピンのいずれかにロジック 0 を適用すると、スイッチがオフになります。RFC には一度に複数の Rfx 入力を接続できます。ADGM1004 の真理表を表 5 に示します。

表 5. 真理値表

| IN1 | IN2 | IN3 | IN4 | RF1 to RFC | RF2 to RFC | RF3 to RFC | RF4 to RFC |
|-----|-----|-----|-----|------------|------------|------------|------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | Off | Off | Off | Off |
| 0 | 0 | 0 | 1 | Off | Off | Off | On |
| 0 | 0 | 1 | 0 | Off | Off | On | Off |
| 0 | 0 | 1 | 1 | Off | Off | On | On |
| 0 | 1 | 0 | 0 | Off | On | Off | Off |
| 0 | 1 | 0 | 1 | Off | On | Off | On |
| 0 | 1 | 1 | 0 | Off | On | On | Off |
| 0 | 1 | 1 | 1 | Off | On | On | On |
| 1 | 0 | 0 | 0 | On | Off | Off | Off |
| 1 | 0 | 0 | 1 | On | Off | Off | On |
| 1 | 0 | 1 | 0 | On | Off | On | Off |
| 1 | 0 | 1 | 1 | On | Off | On | On |
| 1 | 1 | 0 | 0 | On | On | Off | Off |
| 1 | 1 | 0 | 1 | On | On | Off | On |
| 1 | 1 | 1 | 0 | On | On | On | Off |
| 1 | 1 | 1 | 1 | On | On | On | On |

内部発振器／EXTD_EN

ADGM1004 は、公称 11.5 MHz で動作する内部発振器を搭載しています。この発振器は、各スイッチ・ゲート電極に作動電圧を供給するチャージ・ポンプ回路を駆動します。この発振器の消費電力は非常に低いですが、11.5 MHz の信号がスイッチに結合されるので、スイッチ・チャンネルでのノイズ・スプリアスを考慮する必要があります。このフィードスルー・ノイズ・スプリアスの大きさは、表 1 で仕様規定されています。1つのスイッチがオンになった場合、通常は -115 dBm になります。4つのスイッチが同時にオンになった場合、フィードスルーは -94 dBm まで上昇します。V_{DD} レベルと温度の変動は、ノイズ・スプリアスの周波数に影響します。温度および電圧電源の全範囲にわたる周波数の最大値と最小値については、表 1 を参照してください。

EXTD_EN ピンをハイ・レベルに設定すると、内部発振器とドライバ昇圧回路がディスエーブルになります。ドライバ昇圧回路をディスエーブルにして、外部 80 V dc を V_{CP} ピンに印加すると、表 4 に示すように、デジタル・インターフェースからスイッチを駆動できます。昇圧回路をディスエーブルにして、外部 80 V dc ソースで駆動すると、一部のアプリケーションで問題になる発振器のフィードスルーを完全に除去できます。

代表的な動作回路

図 28 に、EVAL-ADGM1004EBZ 評価用ボードで使用される ADGM1004 の代表的な動作回路を示します。V_{CP} ピンでは、47 pF の外部コンデンサが必要になります。このコンデンサは、80 V dc ゲート駆動電圧の保持コンデンサです。デバイスには 80 V dc を生成するのに必要な昇圧回路が組み込まれているので、必要な外付け部品を削減でき、デバイスを使用するのに必要な基板スペースを節約できます。

図 28 に示す回路では、V_{DD} に 3.3 V が供給されます。EP1 は内部で EP2 に接続されます。通常、PCB 上で大きな GND を使用して、EP1 と EP2 を互いに短絡します。図 28 に、内部発振器をドライバ IC 制御回路へのリファレンス・クロックとして使用するよう構成した ADGM1004 を示します。代わりに、ピン 7 をハイ・レベルに設定して、80 V dc を直接ピン 24 に印加することで、内部発振器をディスエーブルにし、発振器のフィードスルーをすべて除去できます。これで、ピン 1 ～ ピン 4 のロジック制御インターフェースからスイッチを制御できます。

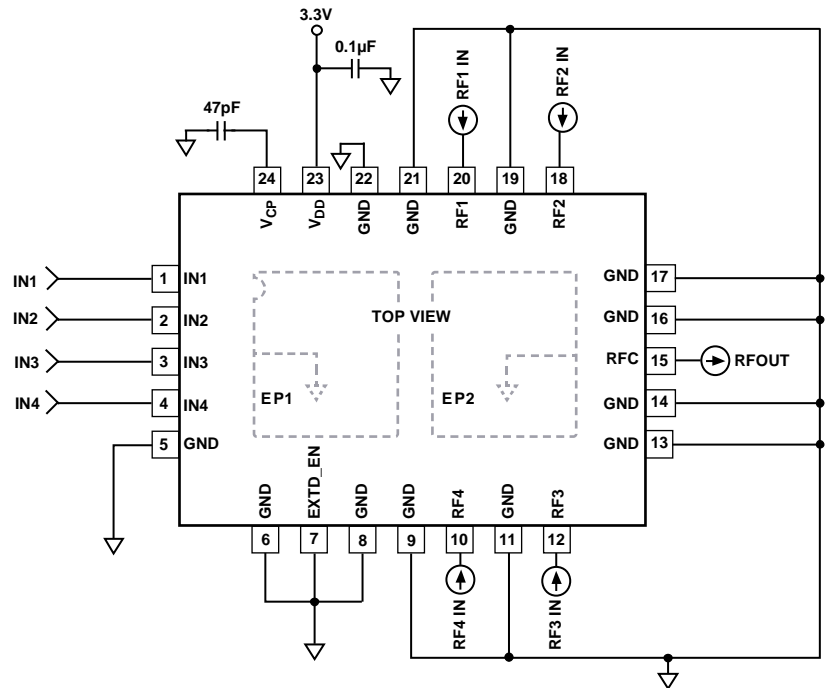


図 28. 代表的な動作回路

アプリケーション情報

フロート・ノードの防止

動作原理のセクションで説明したように、ADGM1004 デバイスでは 80 V dc の電圧が内部で生成され、ゲート電極に印加されます。この結果、スイッチを作動する静電引力が発生します。DC 電圧リファレンスへの外部インピーダンスが存在しない場合、スイッチ端子で電荷が増加し、未知のフロート電圧が発生します。これにより、動作の信頼性が下がり、スイッチが損傷する可能性があります。スイッチの正確な作動を確保し、信頼性を向上するには、内部電圧リファレンスやグラウンドへのインピーダンスを備えた他の能動部品への接続など、すべてのスイッチ・ノードに DC 電圧リファレンスを適用してください。図 29 ~ 図 32 に、スイッチを使用する場合にフロート・ノードの発生を防止する 4 つの例を示します。これらには、次のものがあります。

- RFx ピンをオープンにすると、フロート・ノード状態になります。
- コンデンサとスイッチを直列に接続すると、フロート・ノード状態になります。
- 2 つのスイッチの Rfx ピンを直接 RFC または RFx に接続すると、フロート・ノード状態になります。

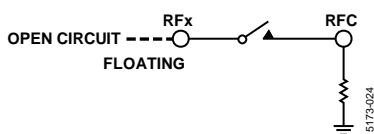


図 29. RFx がオープン・サーキット

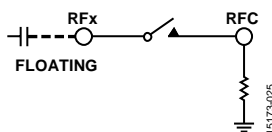


図 30. コンデンサとスイッチを直列に接続すると、フロート・ノード状態になる

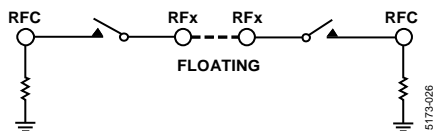


図 31. 2 つのスイッチの Rfx ピンを直接 RFC または RFx に接続すると、フロート・ノード状態になる

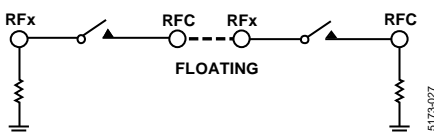


図 32. RFC を RFx に接続すると、フロート・ノード状態になる

DC 電圧リファレンスをスイッチに接続し、ビーム電圧 - ゲート間の電圧差を正確に設定することで、信頼性の高い動作を維持できます。代表的なアプリケーションでは、50Ω の終端抵抗をスイッチに接続して、一定の DC 電圧リファレンスが提供されます。ほとんどのアンプとその他の能動デバイスには、内部 DC 電圧リファレンスも搭載されています。そのため、直接スイッチに接続すると、DC 電圧リファレンスを提供して、フロート・ノードの問題を防止できます。アプリケーション回路に固有の DC 電圧リファレンスがない場合は、MEMS スwitch のソース (RFx) ピンに 10 MΩ のシャント抵抗またはインダクタを追加して、電圧リファレンスを提供する必要があります。外部シャント抵抗を追加すると、表 1 に記載されている仕様規定値を超えるリークが発生します。図 33 に、このタイプの電圧リファレンス構成を示します。

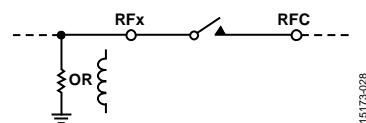


図 33. 電圧リファレンスを提供するスイッチ構成

図 34 および 図 35 に、代表的なカスケード・スイッチの使用事例と、フロート・ノードのリスクを軽減するための方式を示します。2 つのスイッチの間の経路には、グラウンドへの電圧リファレンスが必要です。そうしないと、経路内で未知のフロート電圧が発生します。その結果、作動の信頼性が低くなり、ホット・スイッチの発生や、スイッチがオン状態のままになります。10 MΩ のシャント抵抗を使用して、電圧リファレンスを提供します。

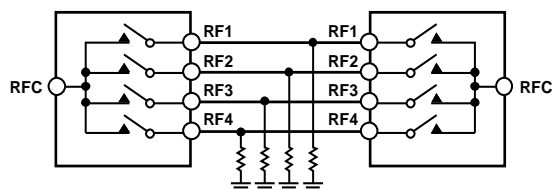


図 34. フロート・ノードを軽減するためにシャント抵抗に接続された 2 台の ADGM1004 デバイス

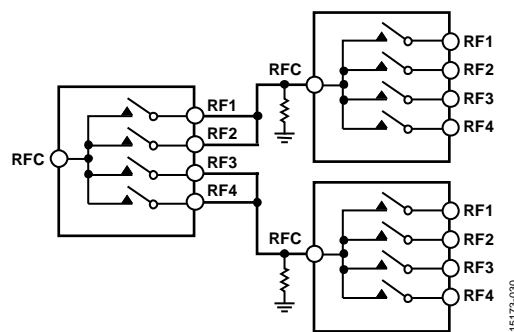


図 35. フロート・ノードを軽減するためにシャント抵抗に接続された 3 台の ADGM1004 デバイス

連続オン寿命

スイッチ・チャンネルを長期間（7年以上）にわたりオン状態で放置すると、機械的な劣化の影響により、スイッチがオフにならない場合があります。連続オン寿命は、デューティ・サイクルによって決定されます。デューティ・サイクルが低い（10% オン、90% オフ）使用事例では、寿命の劣化はありません。

ADGM1004の連続オン寿命の仕様規定値は、50℃、7.2年です。表1を参照してください。

図36に、50℃で31個のスイッチすべてを継続的にオン状態に維持した場合、オープンに失敗するまでの推定故障時間を示します。この寿命は温度の影響を受けます。温度が50℃を超えると、連続オン寿命は大幅に悪化します。ただし、温度が下がると、寿命は向上します。

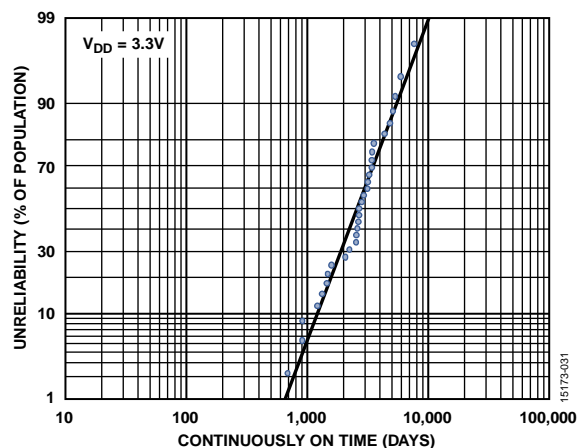


図 36. 連続オン寿命、 $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 、 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、サンプル・サイズ = デバイス 31 台

推奨アプリケーション回路

切替え可能な RF 減衰器

通常、RF 減衰器ネットワークは、ベクトル・ネットワーク・アナライザ、スペクトラム・アナライザ、信号発生器などの計測器で使用されます。RF 信号を減衰器にルーティングさせると、機器が高出力の信号を受信できるようになるので、計測器のダイナミック・レンジを広げることができます。ベクトル・ネットワーク・アナライザ、スペクトラム・アナライザ、信号発生器などの RF 減衰器アプリケーションでは、ネットワークを通過した後で信号の帯域幅を維持することが重要です。信号が劣化すると、機器の性能も低下します。そのため、ルーティングに使用されるスイッチの RF 特性は、減衰器ネットワークの品質にとって非常に重要になります。

低フラット挿入損失、広い RF 帯域幅、高い信頼性を備えた ADGM1004 MEMS スイッチは、切り替え可能な RF 減衰器として使用するのに適しています。ADGM1004 は SP4T スイッチなので、柔軟性も高くなります。図 37 に、2 つの ADGM1004 スイッチと 3 種類の減衰器を使用した減衰器ネットワーク構成の例を示します。図 37 に示すスイッチの 4 番目のチャンネルは、非減衰の経路として使用されます。

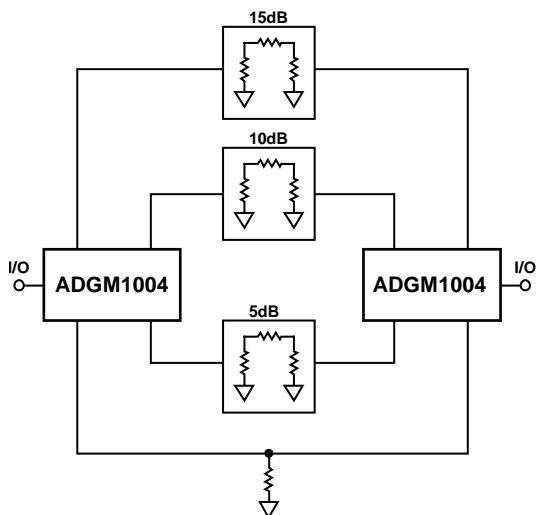


図 37. ADGM1004 MEMS スイッチを使用した切替え RF 減衰器

再構成可能な RF フィルタ

再構成可能な RF フィルタは、多くの RF フロントエンド・アプリケーションで便利です。再構成可能な RF フィルタでは、スペースをさらに節約できます。アプリケーションにおけるスペースの制約が厳しくなるに伴い、個別の周波数に依存するフィルタではなく、経済効果の高い、再構成可能な RF フィルタの需要が高まっています。

低フラット挿入損失、広い RF 帯域幅、低寄生、低容量、高い直線性を備えた ADGM1004 は、集中定数コンポーネント（コンデンサ、インダクタ）をオンにするのに必要です。この結果、MEMS スイッチは再構成可能なフィルタ・アプリケーションにとって最適になります。

ワイヤレス通信やモバイル無線などのアプリケーションでは、帯域やノードの数は増加する一方です。再構成可能な RF フィルタでは、同じ部品を使用して異なる帯域/モードに対応できます。

図 38 に、再構成可能なバンドパス・フィルタの例を示します。ここで示すトポロジは、誘導結合されたシングルエンドのバンドパス・フィルタの 2 つのセクションで構成されます。通常は 400 MHz の極超短波（UHF）帯域が中心になります。MEMS スイッチは、各シャント・インダクタに対して直列に配置されます。

スイッチの機能には、シャント・インダクタが含まれるか、省略されます。シャント・インダクタの値を変更すると、帯域幅とフィルタの中心周波数に影響を与えます。15 nH ~ 30 nH のインダクタンス値を使用すると、帯域幅と中心周波数が大幅に変化します。入力ポートと出力ポートでは、50Ω の整合を維持しながら、フィルタを動的に構成して、UHF または超短波（VHF）の帯域で動作させることができます。MEMS スイッチは R_{ON} 値が低く、帯域幅が広いことから、このアプリケーションにとって最適な選択肢になります。 R_{ON} が低いと、直列抵抗によるシャント・インダクタが R 値に与える悪影響が減ります。帯域幅を広くすると、バンドパス・フィルタの周波数を高くすることができます。

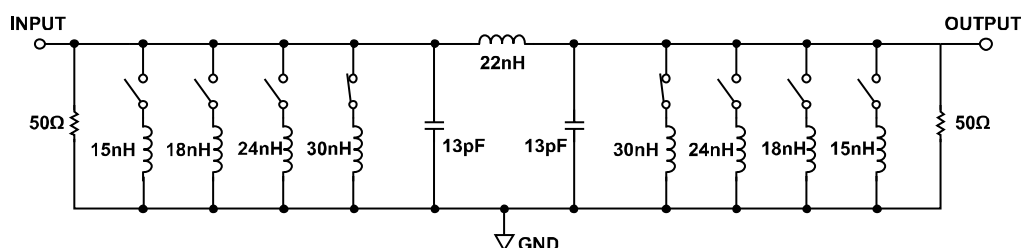


図 38. 2 台の ADGM1004 MEMS スイッチで実現する再構成可能なバンドパス・フィルタ

取り扱いのガイドライン

電氣的過負荷 (EOS) の注意事項

スイッチから誤って伝導された蓄積電荷により、ADGM1004 が瞬時に永続的な損傷を受けることがあります。そのため、次の注意事項を守ってください。

- ADGM1004 を静電気の影響を受けやすいデバイスとして扱い、静電気散逸面でのみ作業する、リスト・ストラップやその他の ESD 制御デバイスを着用する、使用しないデバイスは導電性フォームに保存するなど、通常の手続きに関する注意事項をすべて守ってください。
- 容量が大きな終端を直接スイッチに接続することは避けてください。シャント・コンデンサに電荷が保存されると、スイッチのオープン時またはクローズ時にホット・スイッチが発生し、スイッチの寿命に影響を与えることがあります。図 39 に、容量が大きな終端を避けるべき場所を示します。

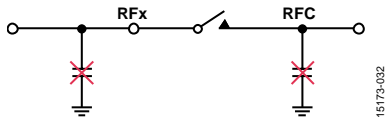


図 39. 容量が大きな終端を直接スイッチに接続することは避ける

DC 電圧範囲

スイッチの DC 電圧範囲、スイッチが伝送する DC 信号の範囲は $\pm 6V$ に仕様規定されています (表 1 を参照)。

機械的衝撃に関する注意事項

このデバイスは、幅広い機械的衝撃の評価プロセスに合格しています。表 6 に、ADGM1004 で使用された機械的衝撃の評価テストの概要を示します。これらのテストでは、デバイスの機械的衝撃に対する強度が検証されます。

表 6. 機械的衝撃に関する評価の概要

| Parameter | Qualification |
|-------------------------------------|--|
| Random Drop | AEC-Q100 Test G5, five drops from 0.6 m |
| Vibration Testing | MIL-STD-883, M2007.3, Condition B, 20 Hz to 2000 Hz at 50 g |
| Group D Sub 4 MIL-STD-883, M5005 | Mechanical shock, 1500 g, 0.5 ms; vibration 50 g sine sweep, 20 Hz to 2000 Hz; acceleration 30,000 g |

デバイスは慎重に取り扱ってください。電子機械式リレーの場合、落下したデバイスは使用しないでください。デバイスの取扱中と製造中は、機械的衝撃を最低限に抑えてください。

図 40 に、機械的衝撃と ESD イベントのリスクを避ける必要がある不適切なデバイスの取り扱い例を示します。

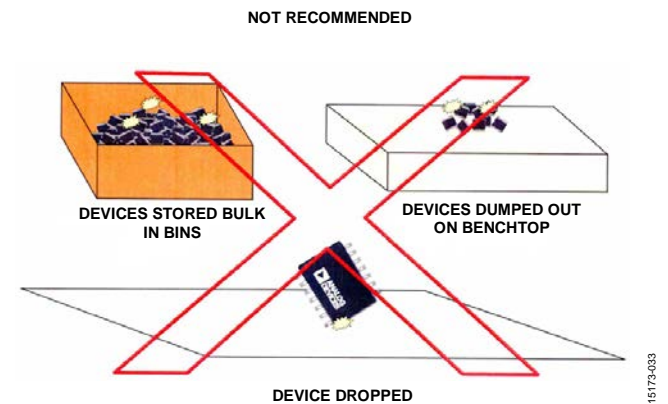


図 40. デバイス取り扱いに関する注意事項

外形寸法

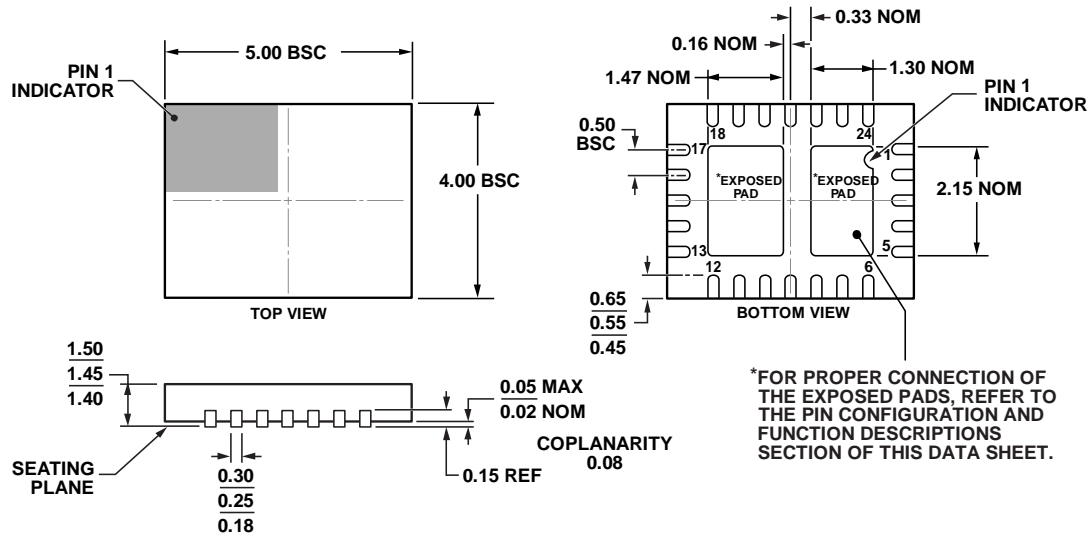


図 41. 24ピン・リードフレーム・チップ・スケール・パッケージ[LFCSP]
 5 mm × 4 mm ボディ、1.45 mm パッケージ高
 (CP-24-4)
 寸法: mm

オーダー・ガイド

| Model ¹ | Temperature Range | Package Description | Package Option |
|--------------------|-------------------|---|----------------|
| ADGM1004JCPZ-R2 | 0°C to 85°C | 24-Lead Lead Frame Chip Scale Package [LFCSP] | CP-24-4 |
| ADGM1004JCPZ-RL7 | 0°C to 85°C | 24-Lead Lead Frame Chip Scale Package [LFCSP] | CP-24-4 |
| EVAL-ADGM1004EBZ | | Evaluation Board | |

¹ Z = RoHS 準拠製品