

お客様各位

資料中の「ラピスセミコンダクタ」等名称の ラピステクノロジー株式会社への変更

2020 年 10 月 1 日をもって、ラピスセミコンダクタ株式会社の LSI 事業部門は、ラピステクノロジー株式会社へ分割承継されました。従いまして、本資料中にあります「ラピスセミコンダクタ株式会社」、「ラピスセミ」、「ラピス」といった表記に関しましては、全て「ラピステクノロジー株式会社」に読み替えて適用するものとさせていただきます。なお、会社名、会社商標、ロゴ等以外の製品に関する内容については、変更はありません。以上、ご理解の程よろしくお願いいたします。

2020年10月1日
ラピステクノロジー株式会社

Dear customer

LAPIS Semiconductor Co., Ltd. ("LAPIS Semiconductor"), on the 1st day of October, 2020, implemented the incorporation-type company split (shinsetsu-bunkatsu) in which LAPIS established a new company, LAPIS Technology Co., Ltd. ("LAPIS Technology") and LAPIS Technology succeeded LAPIS Semiconductor's LSI business.

Therefore, all references to "LAPIS Semiconductor Co., Ltd.", "LAPIS Semiconductor" and/or "LAPIS" in this document shall be replaced with "LAPIS Technology Co., Ltd."

Furthermore, there are no changes to the documents relating to our products other than the company name, the company trademark, logo, etc.

Thank you for your understanding.

LAPIS Technology Co., Ltd.

October 1, 2020

ML7396 ファミリ LSI デザインガイド

発行日 2017 年 10 月 3 日

ご注意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) ラピスセミコンダクタは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もラピスセミコンダクタは負うものではありません。
- 3) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 4) 本資料に記載されております技術情報は、本製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、それをもって、当該技術情報に関するラピスセミコンダクタまたは第三者の知的財産権その他の権利を許諾するものではありません。したがって、上記技術情報の使用に起因して第三者の権利にかかわる紛争が発生した場合、ラピスセミコンダクタはその責任を負うものではありません。
- 5) 本製品は、一般的な電子機器 (AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器など) および本資料に明示した用途への使用を意図しています。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ラピスセミコンダクタへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
 - ・輸送機器 (車載、船舶、鉄道など)、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
 - ・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もラピスセミコンダクタはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ラピスセミコンダクタはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、ラピスセミコンダクタは一切の責任を負いません。本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をラピスセミコンダクタの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。

Copyright 2012 – 2017 LAPIS Semiconductor Co., Ltd.

ラピスセミコンダクタ株式会社

〒222-8575 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-4-8

<http://www.lapis-semi.com>

はじめに

本デザインガイドでは ML7396 ファミリ(以降 ML7396 と表記)を使って回路設計をする上での注意点、および無線特性の評価条件と測定結果例について記述されています。

本書のほかに対象商品のマニュアルを必要に応じてお読みください。

対象商品

ML7396 (920 MHz 帯)
ML7396A (915 MHz帯)
ML7396B (920 MHz 帯)
ML7396E (868 MHz 帯)
ML7396D (920 MHz 帯)

・本書に記載された名称については、各開発メーカーの商標又は登録商標です。

表記法

分 類	表記法	説 明
● 数値	0xnn 0bnnnn	16 進数を表します。 2 進数を表します。
● アドレス	0xnnnn_nnnn	16 進数を表します。(0xnnnnnnnnn を示します)
● 単位	ワード, WORD バイト, BYTE メガ, M キロ, K キロ, k ミリ, m マイクロ, u ナノ, n セカンド, s (小文字)	1 ワード = 32 ビット 1 バイト = 8 ビット 10^6 $2^{10}=1024$ $10^3=1000$ 10^{-3} 10^{-6} 10^{-9} 秒
● 用語	“H”レベル “L”レベル	電圧の高い側の信号レベルで、電気的特性で規定された V_{IH} 、 V_{OH} の電圧レベルを示します。 電圧の低い側の信号レベルで、電気的特性で規定された V_{IL} 、 V_{OL} の電圧レベルを示します。
● レジスタ説明図	読み書き属性: R は読み出し可能、W は書き込み可能なことを表します。 MSB: 8 ビットのレジスタ(メモリ)の最上位ビット LSB: 8 ビットのレジスタ(メモリ)の最下位ビット	

目次

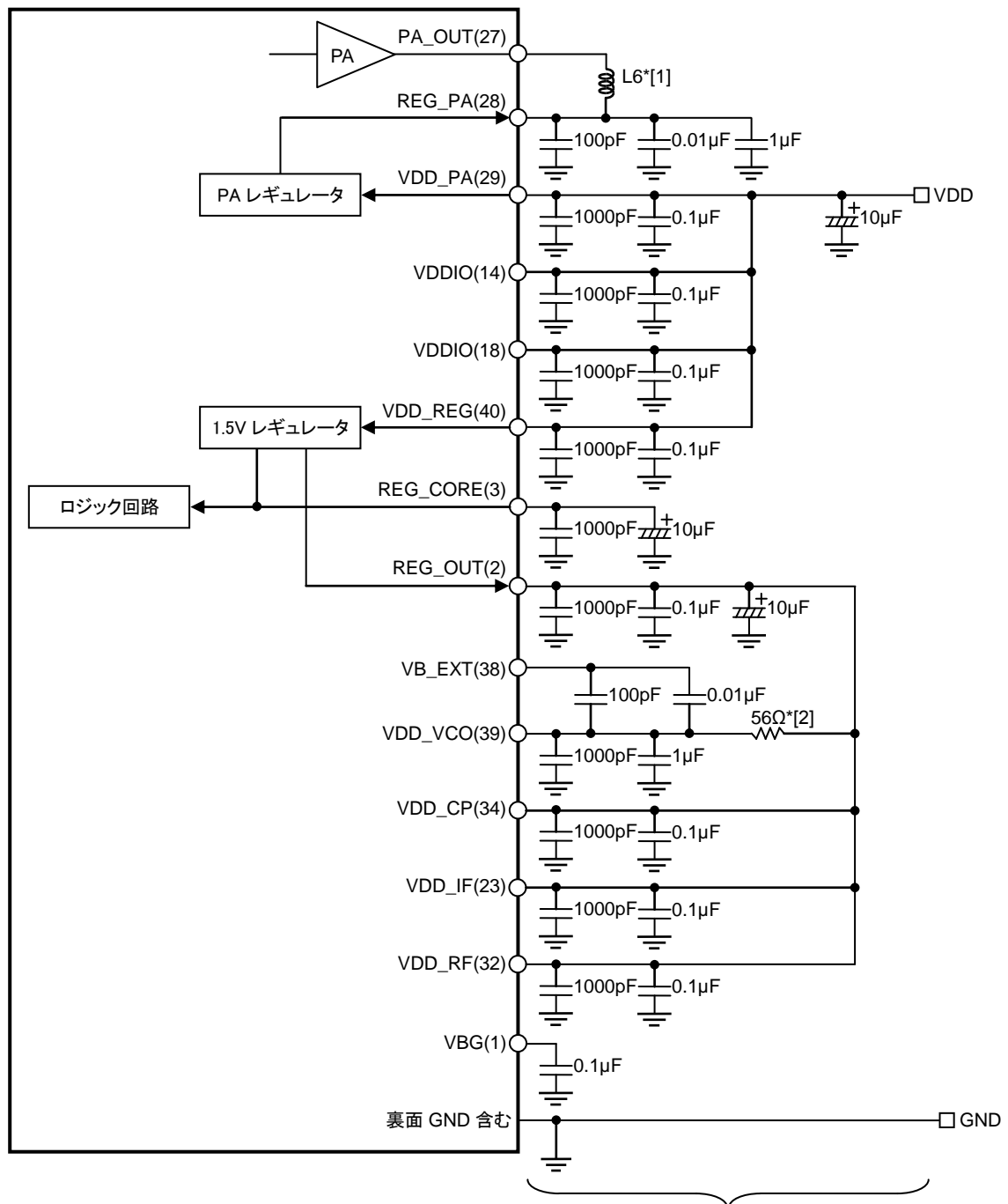
はじめに.....	ii
表記法	iii
目次.....	iv
1. バイパスコンデンサの挿入について	1
2. 水晶発振回路について	3
2.1. 基板上の回路定数（参考値）	3
2.2. 水晶発振回路を構成する際の諸注意	4
3. TCXO 入力端子について	5
4. PLL のループフィルタ定数について.....	6
5. VCO のタンク定数について	7
5.1. L1,C1 の決め方について	8
5.2. VCO タンク回路を構成する時の諸注意	9
6. RF マッチング定数設計について	10
6.1. 送信側マッチング回路について	10
6.2. 受信側マッチング回路について	11
6.3. 920MHz 帯での 250mW 出力対応回路について	12
7. アンテナスイッチについて	13
8. 温度計の使用について	13
9. 部品の選定について	14
10. 基板のパターンについて	14
10.1. GND	14
11. 推奨回路図	15
12. 部品表	16
13. 特性データ(参考).....	19
13.1. 測定系	19
13.1.1. 送信	19
13.1.2. 受信	19
13.2. 測定条件	21
13.2.1. 送信電力	22
13.2.2. 占有帯域幅	23
13.2.3. 隣接チャネル漏洩電力	24
13.2.4. 不要発射レベル(高調波スプリアス).....	25
13.2.5. 最小受信感度	26
13.2.6. 受信感度 C/I 隣接妨害および次隣接妨害特性	27
13.2.7. ブロッキング特性	28
13.2.8. 電力検出	29
13.2.9. 受信時副次発射レベル	29

13.2.10.	動作時電流	29
13.2.11.	フェージング特性	30
13.3.	温度特性	31
13.3.1.	送信電力	31
13.3.2.	占有帯域幅	31
13.3.3.	隣接チャネル漏洩電力	32
13.3.4.	不要発射レベル(高調波スプリアス).....	32
13.3.5.	最小受信感度	33
13.3.6.	受信 C/I 隣接妨害および次隣接妨害特性	33
13.3.7.	ブロッキング特性	35
13.3.8.	電力検出	37
13.3.9.	受信時副次発射レベル	38
13.3.10.	動作時電流	39
14.	評価キットでの BER 測定について(付録)	40
14.1.	測定環境	40
14.2.	測定方法	40
14.3.	テストマクロの操作方法	41
改版履歴.....		43

1. バイパスコンデンサの挿入について

電源系統図を図 1.1 に示します。

・ 電源系統図



バイパスコンデンサは LSI ピンに隣接して配置して下さい。

図 1.1 電源系統図

*[1] IC 内パワーアンプの給電のため、RF チョーク(インダクタ)を介して PA_OUT(27)端子に DC 印加が必要です。

*[2] VDD_VCO(39)端子から入り込む電源ノイズは、位相雑音レベルを増加させます。ACPR 特性又はスプリアス特性が不十分な場合には、抵抗(56Ω)を調整することで改善することがあります。

バイパスコンデンサを挿入するにあたり、次の事項の配慮をお願いします。

VDD 及び GND 配線は他の信号線よりも幅の広い配線を使用し、配線抵抗を小さくしてください。

1. バイパスコンデンサは LSI ピン直近に配置して下さい。
2. バイパスコンデンサは、容量値の小さいものほど LSI ピン近くに配置して下さい。
3. VDD を印加する端子(VDDIO(14)(18)端子/VDD_PA(29)端子/VDD_REG(40)端子)は共通配線とし、いずれの端子にも直接つながるように 10μF 程度のバイパスコンデンサを接続して下さい。コンデンサの種類はリーク電流の少ないタンタルコンデンサを推奨しますが、リーク電流が大きいても良い場合は別の種類でも問題ありません。
4. 1.5Vレギュレータの安定性確保のため、出力端子(REG_CORE(3)端子/REG_OUT(2)端子)に10uF程度の容量が必要となります。
5. REG_CORE(3)端子/REG_OUT(2)端子には、10μF のタンタルコンデンサと並列で 1000pF の積層セラミックコンデンサを接続することを推奨いたします。
6. VBG(1)端子は、バンドギャップリファレンス回路の基準電圧出力端子です。バンドギャップリファレンス回路が発生するノイズによるキャリア純度悪化を抑制するため、0.1μF の積層セラミックコンデンサを接続して下さい。
7. 一般的にセラミックコンデンサは、温度特性、電圧特性があります。使用電圧、使用温度を考慮し部品の選定をお願いします。バイパスコンデンサとしては CH 特性或いは B 特性を推奨いたします。
8. 本ICは、低消費電力モード(スリープモード)が搭載されております。このモードではLSIの消費電流が0.9μA程度となり、バイパスコンデンサのリーク電流が低消費電力化設計に大きな影響を与えます。極力リーク電流の低い部品選定をすることを推奨致します。

2. 水晶発振回路について

図 2.1 に標準的な水晶発振回路の構成例を示します。

36MHz にて水晶発振回路が安定に発振するために、XIN(4), XOUT(5)端子にコンデンサが必要です。最終的な定数の決定にあたっては、お客様のボードの浮遊容量も含めて評価を行い決定されることを推奨します。検討する項目としては、励振レベル、発振余裕度、周波数偏差、発振回路起動時間となります。

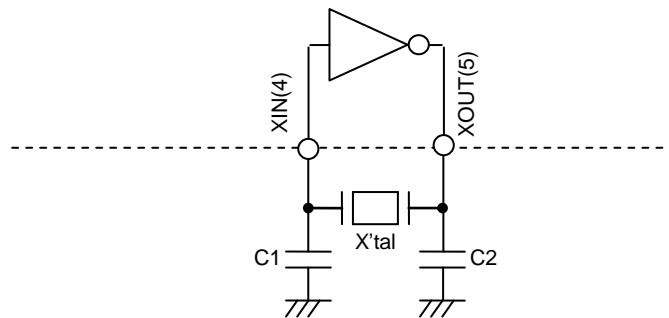


図 2.1 水晶発振回路構成例

2.1. 基板上の回路定数(参考値)

実基板にて、水晶振動子メーカーにマッチング特性取得依頼を行うことを推奨致します。参考のため、弊社評価ボードにおけるマッチング定数を以下に示します。

表 2.1.1 水晶振動子別のマッチング定数

振動子型名	周波数 (MHz)	等価直列抵抗 max[Ω]	負荷容量 (pF)	定数(参考値)		動作条件	
				C1(pF)	C2(pF)	電源電圧範囲 VDDIO(V)	温度範囲 (°C)
FCX-06	36	60	4.2	3	3	1.8 to 3.6	-40 to +85
NX2016SA	36	60	7	6	6	1.8 to 3.6	-40 to +85

【注意】

上記の回路定数は、特定サンプル、ボードにおいて評価した参考値であり、その内容を保証するものではありません。

2.2. 水晶発振回路を構成する際の諸注意

水晶発振回路を構成するにあたり、次の事項の御配慮をお願いします。

1. C1, C2 の外付部品値は、使用する水晶振動子の規格により設定する必要があります。
2. 基板の寄生 LCR 成分を減らして安定発振動作を得るため、C1, C2 の外付部品は XIN(4), XOUT(5) 端子のできるだけ近くに配置してください。
3. リファレンスクロック 36MHz は、温度変動、電源電圧変動、経年変化を含め $\pm 20\text{ppm}$ の精度を確保して下さい。
4. 他の信号線と交差させないで下さい。
5. 大電流が流れる信号線を近くに配線しないで下さい。
6. 発振回路のコンデンサの接地点は常に GND と同電位となるようにし、大電流が流れる GND には接続しないで下さい。
7. 発振回路から信号をとりださないで下さい。
8. 水晶振動子の等価直列抵抗(ESR)値により周波数が変動します。周波数変動が大きい場合には【OSC_ADJ】レジスタ(B0 0x0B)により個別調整を行なってください。

3. TCXO 入力端子について

使用する TCXO の特性は以下を満足するものをご使用下さい。

- 出力負荷 : $10\text{k}\Omega/10\text{pF}$
- 出力レベル: $0.8\text{Vpp}\sim 1.5\text{Vpp}$
- 周波数精度: $\pm 20\text{ppm}$ 以下

内蔵のバイアス回路により TCXO(6)端子に DC バイアスが印加されております。外付け TCXO と TCXO(6)端子間には、下図のように 1000pF のコンデンサで DC カットをしてください。

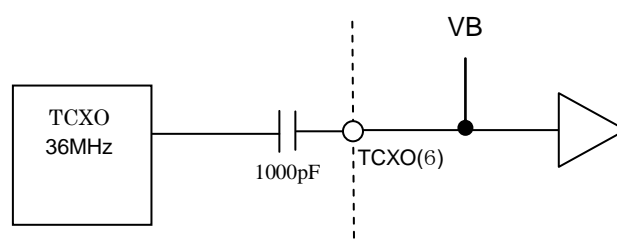


図 3.1 外部発振回路構成例

4. PLL のループフィルタ定数について

図 4.1 に PLL ループフィルタの回路図を示します。使用するデータレートによって C8,R3 の値を変更する必要があります、良好な位相雑音特性を得るため表 4.1 で示された部品定数をお使い下さい。

部品については温度特性がフラットで温度係数が管理されたものを選択してください。コンデンサについては、高誘電率型や半導体型は誤差が大きく温度特性も非線型のものがありますので使用しないで下さい。

ノイズの混入を防ぐため、ループフィルタ部品(C8,R3,C9)は極力 LP1(33)端子に近づけて配置(5mm以内を推奨)してください。またこの端子にはリファレンスクロック配線などノイズ源となる配線を近づけないで下さい。

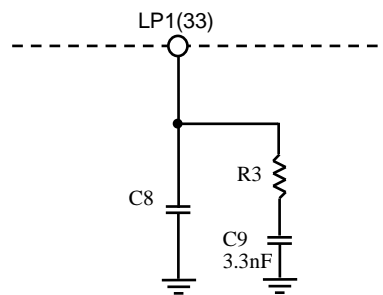


図4.1 ループフィルタ構成例

表4.1 ループフィルタ定数の代表値

	データレート	
	200kbps 以下	400kbps
C8	47pF	10pF
C9	3.3nF	3.3nF
R3	8.2kΩ	13kΩ

5. VCO のタンク定数について

図 5.1 に VCO のタンク回路図を示します。VCO の発振周波数は次式で決定されます。

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ここで、L はインダクタ L1、PCB の配線インダクタタンスや LSI 内部インダクタタンスの総和となります。
また C は容量 C1、PCB の配線容量、LSI 内部容量(キャリブレーション容量を含む)の総和となります。

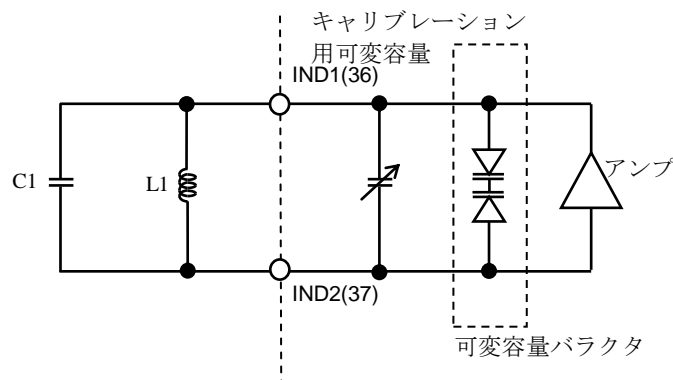


図 5.1 VCO タンク構成例

5.1. L1,C1 の決め方について

VCO タンク回路 L1,C1 の定数調整手順を以下に示します。

1. 使用周波数範囲の中心周波数に設定し、常温でのアイドル状態で VCO キャリブレーションを実行します。
2. 【VCO_CAL】レジスタ(B0 0x1C)で取得した VCOCAL 値が、10 進数で 64 付近になるように L1 及び C1 を調整します。
 - VCO_CAL 値を下げる場合には L1 又は C1 のいずれかまたは両方を小さくします。
 - VCO_CAL 値を上げる場合には L1 又は C1 のいずれかまたは両方を大きくします。

L1,C1 の値によって、PLL のロックできる周波数範囲や VCO の位相ノイズ・温度特性等も影響を受けます。定数決定に当たっては、それらを含めた特性に対して十分な評価を実施頂く事をお勧めいたします。

【注意】

PLL が正常にロックするためには、使用環境の全ての条件下で、VCO_CAL 値が1～126(10 進)の範囲を取る必要があります。

表 5.1.1 に L1,C1 の代表値を示します。

表 5.1.1 VCO タンク定数の周波数帯域別の代表値

	868MHz 帯	915MHz 帯	920MHz 帯
L1	4.7nH	4.3nH	3.9nH
C1	4.3pF	3.9pF	4.3pF

【注意】

上記の回路定数は、特定サンプル、ボードにおいて評価した参考値であり、その内容を保証するものではありません。

5.2. VCO タンク回路を構成する時の諸注意

VCO タンク回路を構成するにあたり、次の事項の御配慮をお願いします。

1. PCB の配線容量、配線インダクタンスにより発振周波数が変動するため、VCO タンクを構成する部品 L1, C1 から IND1(36)端子、IND2(37)端子までは極力短くなるよう配置 (2mm以内を推奨) 下さい。
2. 図 5.2.1 に示すように PA_OUT(27)端子より 20mW を超える RF 信号が出力されます。この信号が L1, C1 に混入すると PLL のロック外れが起こることがありますので次の対策をしてください。
 - 2.1. 図 5.2.2 のように VCO タンクのインダクタ L1 と PA のチョークインダクタ L6 が磁氣的に結合しないよう、90 度に配置してください。
 - 2.2. L1 と L6 はそれぞれの接続端子近くに配置して、互いに近づく方向には配置しないで下さい。
 - 2.3. RF ラインに搭載するマッチング回路のレイアウトを L1 に近くなる方向にしないで下さい。

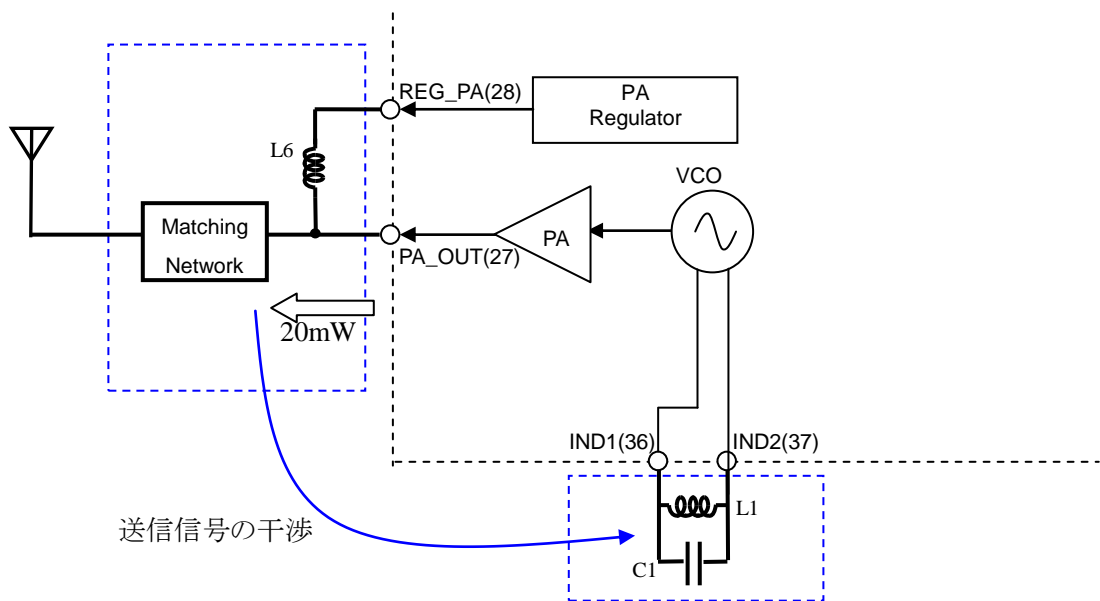


図 5.2.1 VCO タンク回路構成時の注意

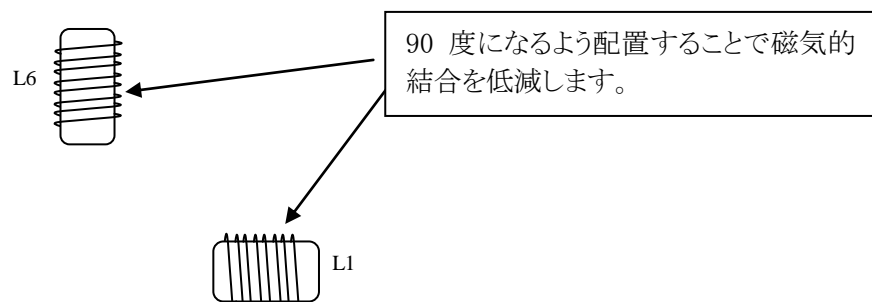


図 5.2.2 VCO インダクタとPAのチョークコイルの配置例

6. RF マッチング定数設計について

表 6.1 に参考のため、PA_OUT(27)端子及び LNA_P(30)端子のインピーダンス特性を示します(925MHz の場合)。これはマッチング回路を付けていない状態での LSI 端子のインピーダンスになります。マッチング回路によりアンテナ端で 50Ω になるように調整してください。

表 6.1 RF インピーダンスの測定値 (925MHz 動作時)

		$R+jX [\Omega]$
PA (PA_OUT 端子)	13dBm 設定時	$14.85 - j0.75$
	10dBm 設定時	$14.9 - j2.6$
	0dBm 設定時	$1.85 - j18.6$
LNA (LNA_P 端子)		$5.85 - j73.25$

【注意】

上記の測定結果は、特定サンプルにおける参考値であり、その内容を保証するものではありません。

6.1. 送信側マッチング回路について

図 6.11 に送信のマッチング回路構成を示します。送信側は、REG_PA(28)端子より PA 用電位が出力され、この電位は PA 給電のためチョークコイル L6 を介して PA_OUT(27)端子にバイアスされます。また、L8,C48 で構成される並列共振回路及び L9,C49 と L11,C51 で構成される直列共振回路は、高調波を抑制するためのトラップフィルタです。

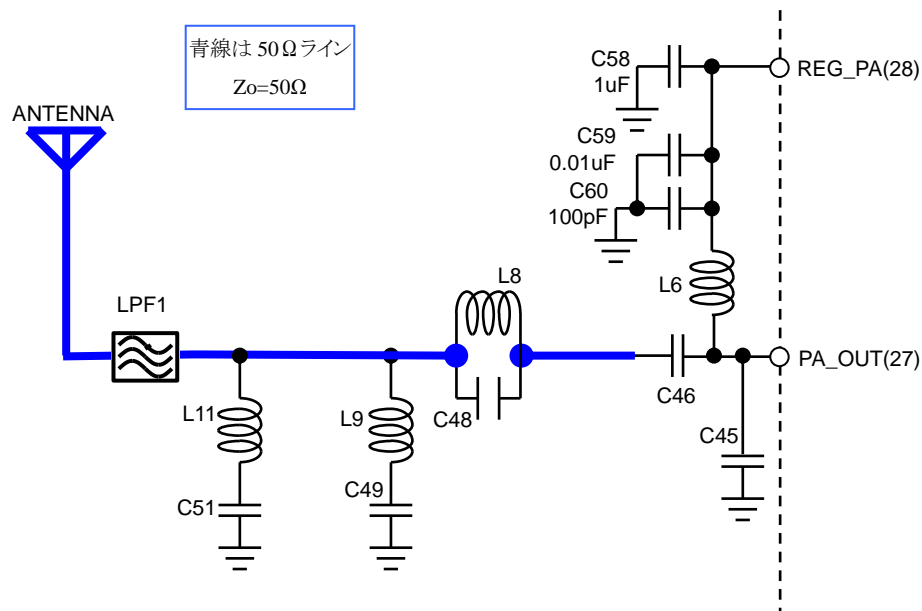


図 6.1.1 送信マッチング回路の構成例

表 6.1.1 に使用する周波数帯域における回路定数の代表値を示します。

表 6.1.1 周波数帯域と送信マッチング回路の代表値

	868MHz 帯	915MHz 帯	920MHz 帯
C45	2.2pF	2.2pF	2.2pF
C46	120pF	120pF	120pF
C48	1.0pF	0.8pF	0.8pF
C49	2.4pF	2.2pF	2.2pF
C51	0.3pF	0.3pF	0.3pF
L6	9.5nH	9.5nH	9.5nH
L8	3.6nH	3.6nH	3.6nH
L9	2.9nH	2.9nH	2.9nH
L11	1.5nH	1.5nH	1.5nH
LPF1	0 Ω (short)	DEA160915LT-1169	0 Ω (short)

【注意】

上記の回路定数は、特定サンプル、ボードにおいて評価した参考値であり、その内容を保証するものではありません。

6.2. 受信側マッチング回路について

受信側は、C44,C43,L4 にて、以下のように T 形マッチング回路を構成しております。

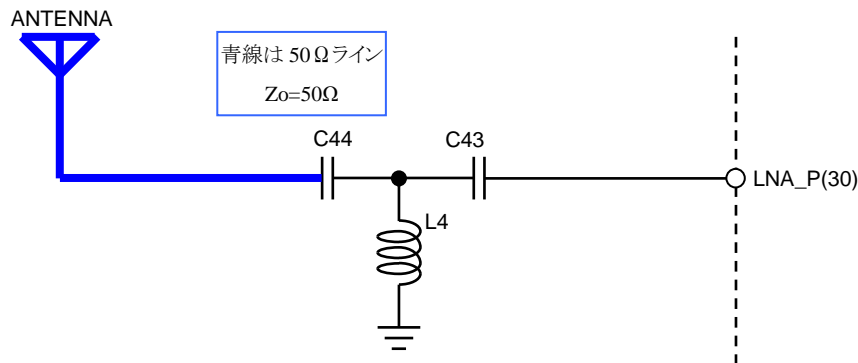


図 6.2 送信マッチング回路の構成例

各定数は使用する周波数帯域によって、以下ようになります。

表 6.2.1 周波数帯域と送信マッチング回路の代表値

	868MHz 帯	915MHz 帯	920MHz 帯
C43	100pF	100pF	100pF
C44	0.9pF	0.6pF	0.6pF
L4	11nH	10nH	10nH

【注意】

上記の回路定数は、特定サンプル、ボードにおいて評価した参考値であり、その内容を保証するものではありません。

6.3. 920MHz 帯での 250mW 出力対応回路について

250mW の出力は、ARIB STD-T108 で指定された 920MHz 帯で許可されています。PA_OUT(27)端子出力にディスクリート回路によるパワーアンプを接続する事で対応可能となります。

図 6.3.1 に、その構成例を示します。

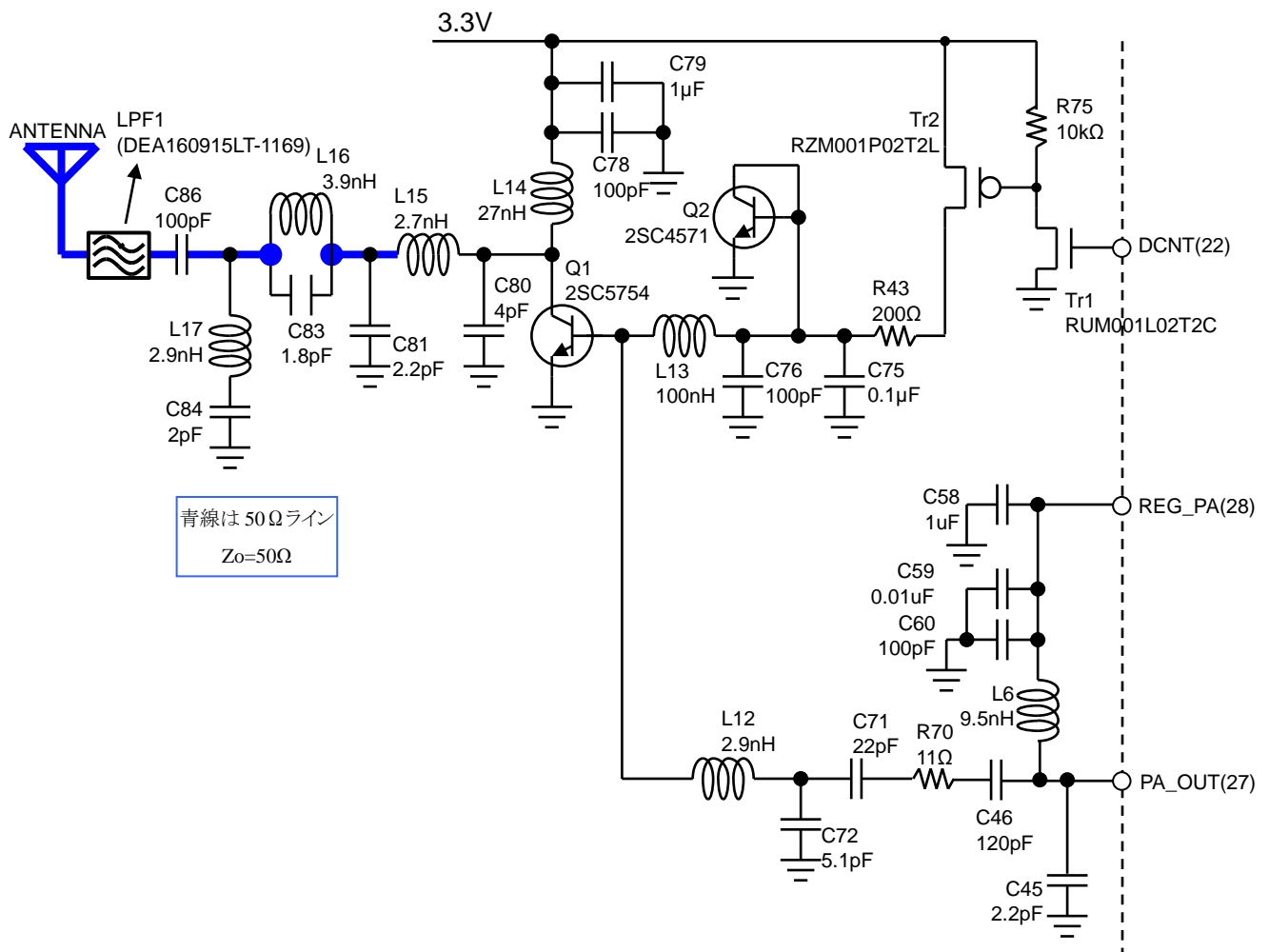


図 6.3.1 920MHz 帯 250mW 出力対応回路の構成例

【注意】

Q2 は温度補償回路となっておりますので、なるべく Q1 の近くに配置して下さい。

7. アンテナスイッチについて

図 7.1 にダイバーシティ機能を使う場合のアンテナスイッチの接続を示します。ダイバーシティ機能を使用しない場合には SPDT スイッチをご使用下さい。

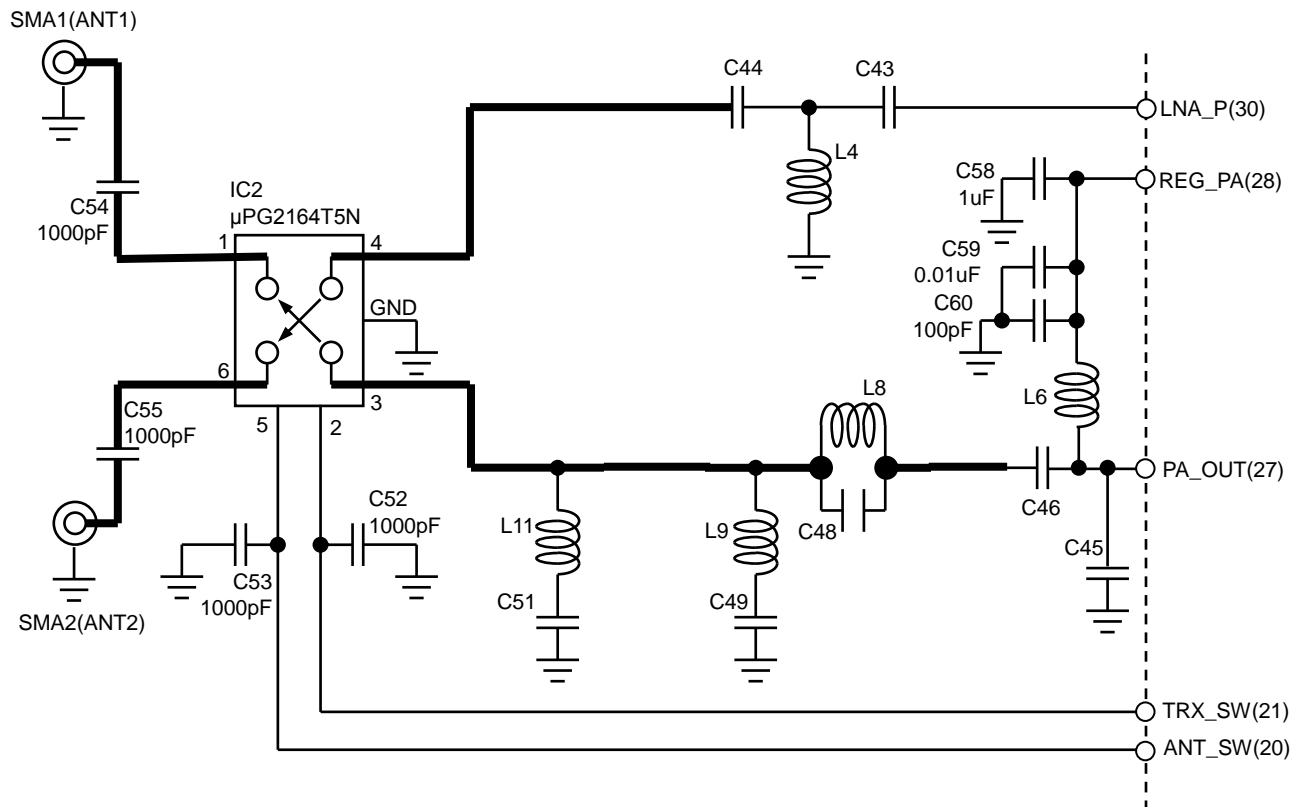


図 7.1 アンテナスイッチの接続回路例

8. 温度計の使用について

本 LSI 搭載の温度計機能を使用する場合には、図 8.1 に示すように A_MON(24)端子と GND 間に 75k Ω の抵抗を接続してください。使用する抵抗は、温度偏差が少なく、精度の高い抵抗をご利用下さい。

なお、温度計機能が不要な場合には、A_MON(24)端子はオープンにしてください。

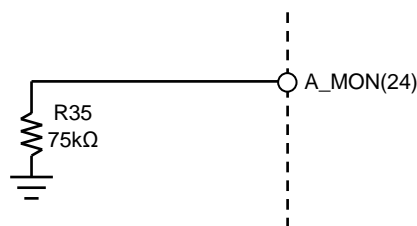


図 8.1 温度計使用時の A_MON 端子処理例

9. 部品の選定について

- アンテナ

表 9.1 に示すスペックのアンテナを推奨します。

使用条件・環境条件・実装条件により、指向性特性の最適なものを選択して下さい。アンテナは、GND 等の実装条件により影響を受けますので、外部要因も考慮に入れた設計が必要です。

アンテナ搭載にあたっての詳細は、別途お客様のボードの形状・浮遊容量も含めてご使用のアンテナメーカーに問い合わせることを推奨します。

表 9.1 推奨アンテナ特性

周波数帯	920MHz帯
帯域内 VSWR	2.0MAX
公称インピーダンス	50 Ω

- インダクタ

高 Q インダクタを使用してください。村田製作所製 LQW15AN シリーズを推奨します。

- コンデンサ

CH 特性或いは B 特性の利用を推奨いたします。

特に無線特性に影響を与える部分には、温度係数が $0 \pm 60 \text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以下の CH 特性の利用を推奨致します。

- 抵抗

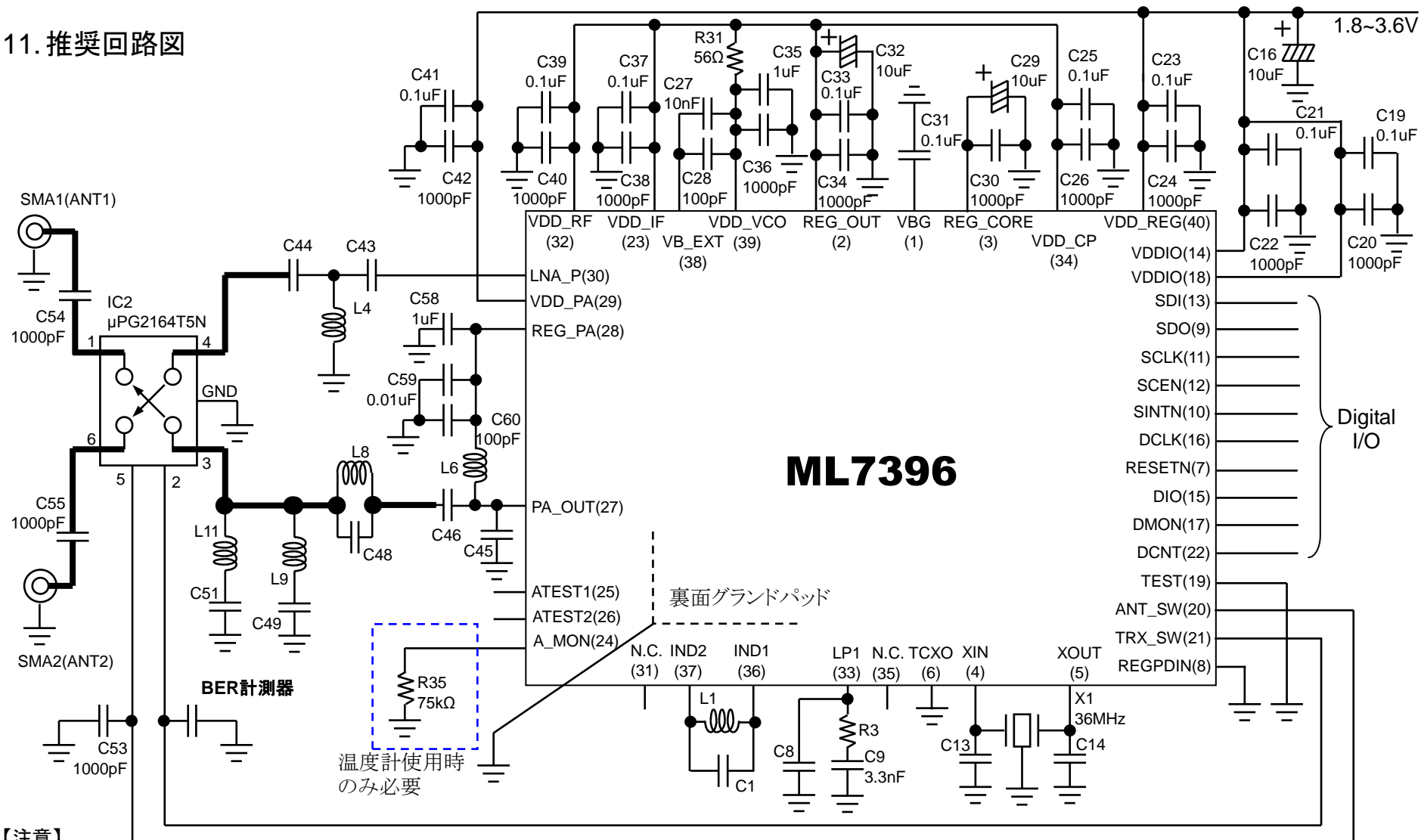
温度による抵抗値の変化が小さいものを使用してください。

10. 基板のパターンについて

10.1. GND

LSI の裏面 GND については 12 個以上のスルーホールを使用して基板の GND プレーンに接続してください。2 層基板を使用する場合は L2 層の全面を可能な限り GND プレーンとしてください。

11. 推奨回路図



【注意】

- ・上記の回路定数は、参考値でありその内容を保証するものではありません。
- ・水晶振動子を使う場合、TCXO(6)端子は接地して下さい。TCXOを使う場合、XI(4),XO(5)端子は接地して下さい。

12. 部品表

部品番号	型番・定数値	メーカー	備 考
L1	4.7nH	村田製作所	LQW15AN相当品(1005タイプ) ※使用する周波数帯によって、定数が変わります。*1
	4.3nH		
	3.9nH		
L4	10nH	村田製作所	村田 LQW15AN相当品(1005タイプ) ※使用する周波数帯によって、定数が変わります。*1
	11nH		
L6	9.5nH	村田製作所	LQW15AN相当品(1005タイプ)
L8	3.6nH	村田製作所	LQW15AN相当品(1005タイプ)
L9	2.9nH	村田製作所	LQW15AN相当品(1005タイプ)
L11	1.5nH	村田製作所	LQW15AN相当品(1005タイプ)
C1	3.9pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ) ※使用する周波数帯によって、定数が変わります。*1
	4.3pF		
C8	47pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ) ※使用するデータレートによって、定数が変わります。*2
	10pF		
C9	3.3nF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C13	6pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ) ※使用する水晶振動子によって、定数が変わります。*3
	3pF	村田製作所	
C14	6pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ) ※使用する水晶振動子によって、定数が変わります。*3
	3pF	村田製作所	
C16	10uF	NEC	E/SVシリーズ相当品 タンタル 10V以上
C19	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C20	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C21	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C22	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C23	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C24	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C25	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C26	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C27	0.01uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C28	100pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C29	10uF	NEC	E/SVシリーズ相当品 タンタル 10V以上
C30	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C31	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C32	10uF	NEC	E/SVシリーズ相当品 タンタル 10V以上
C33	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C34	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C35	1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C36	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C37	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C38	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C39	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C40	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C41	0.1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C42	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)

部品表(つづき)

部品番号	型番・定数値	メーカー	備 考
C43	100pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C44	0.6pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
	0.9pF	村田製作所	※使用する周波数帯によって、定数が変わります。*1
C45	2.2pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C46	120pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C48	1.0pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
	0.8pF	村田製作所	※使用する周波数帯によって、定数が変わります。*1
C49	2.4pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
	2.2pF	村田製作所	※使用する周波数帯によって、定数が変わります。*1
C51	0.3pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C52	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C53	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C54	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C55	1000pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C58	1uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C59	0.01uF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
C60	100pF	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ)
R3	8.2kΩ	KOA	RK73B 1E相当品(1005タイプ)
	13kΩ		※使用するデータレートによって、定数が変わります。*2
R31	56Ω	KOA	RK73B 1E相当品(1005タイプ)
R35	75kΩ	KOA	RK73B 1E相当品(1005タイプ)
LPF1	DEA160915LT-1169	TDK	900MHz帯LPF
	0Ω	村田製作所	GRM155相当品(1005タイプ) ※使用する周波数帯によって、定数が変わります。*1
SMA1	SMA102	日本コネクタ	SMAコネクタ
SMA2	SMA102	日本コネクタ	SMAコネクタ
IC1	ML7396	ラピスセミコンダクタ	RF LSI
IC2	μ PG2164T5N	ルネサスエレクトロニクス	高周波スイッチ
	HWS503	Hexawave	高周波スイッチ
X1	NX2016SA	NDK	36MHz水晶振動子
	FCX-06	RIVER	

*1: 5.1 章の表 5.1.1 を参照してください。

*2: 4 章の表 4.1 を参照してください。

*3: 2.1 章の表 2.1.1 を参照してください。

【注意】

上記の回路定数は、特定サンプルにおいて評価した参考値であり、その内容を保証するものではありません

下記に、250mW 対応回路の送信部の部品表を示します。

部品番号.	型番、定数値	メーカー	備考
L6	9.5nH	村田製作所	LQW15AN 相当品. (1005)
L8	N.M.	-	-
L9	N.M.	-	-
L11	N.M.	-	-
L12	2.9nH	村田製作所	LQW15AN 相当品. (1005)
L13	100nH	村田製作所	LQW15AN 相当品. (1005)
L14	27nH	村田製作所	LQW15AN 相当品. (1005)
L15	2.7nH	村田製作所	LQW15AN 相当品. (1005)
L16	3.9nH	村田製作所	LQW15AN 相当品. (1005)
L17	2.9nH	村田製作所	LQW15AN 相当品. (1005)
C45	2.2pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C46	120pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C48	N.M.	-	
C49	N.M.	-	
C51	N.M.	-	
C58	1uF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C59	0.01uF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C60	100pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C71	22pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C72	5.1pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C75	0.1uF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C76	100pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C78	100pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C79	1uF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C80	4pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C81	2.2pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C83	1.8pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C84	2.0pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
C86	100pF	村田製作所	GRM155 相当品. (1005)
R70	11Ω	KOA	RK73B 1E 相当品. (1005)
R75	10kΩ	KOA	RK73B 1E 相当品. (1005)
LPF1	DEA160915LT-1169	TDK	Low Pass Filter
Q1	2SC5754	ルネサス エレクトロニクス	NPN シリコン RF トランジスタ
Q2	2SC4571	ルネサス エレクトロニクス	NPN シリコトランジスタ
Tr1	RUM001L02	ローム	Nch MOSFET
Tr2	RZM001P02T2L	ローム.	Pch MOSFET

13. 特性データ(参考)

13.1. 測定系

送信/受信特性の測定系を以下に示します。受信測定は Bit Error Rate(BER)測定を表しています。Packet Error Rate(PER)測定および PC の設定測定など詳細は「ML7396 簡易 MAC ユーザーズマニュアル」をご参照ください。

本資料の測定結果は以下の装置を用いて取得しました。

スペクトラムアナライザ:	Agilent E4405B
シグナルジェネレータ:	Agilent E4432B(UN8 オプション付)
BER 計:	菊水電子 KBM6010
安定化電源:	Agilent E3640A
フェージングシミュレータ:	Spirent SR5500

13.1.1. 送信

送信電力、占有帯域幅、隣接チャネル漏洩電力、不要発射レベル、受信時副次発射レベルの測定系です。

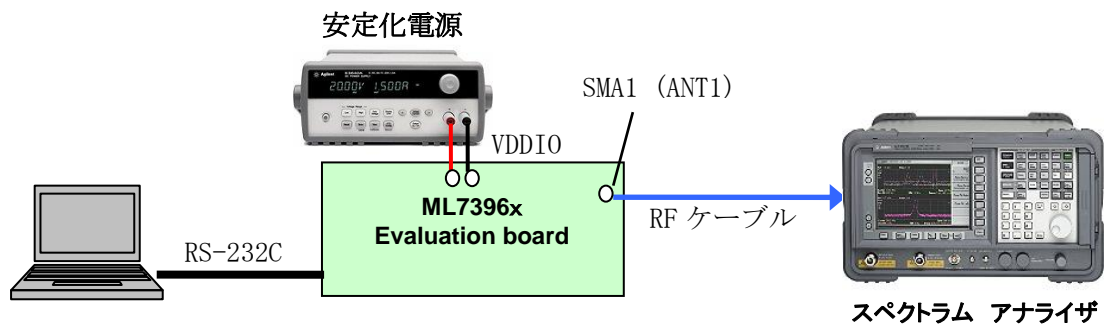


図 13.1.1.1 送信特性の測定系

13.1.2. 受信

最小受信感度、電力検出の測定系です。

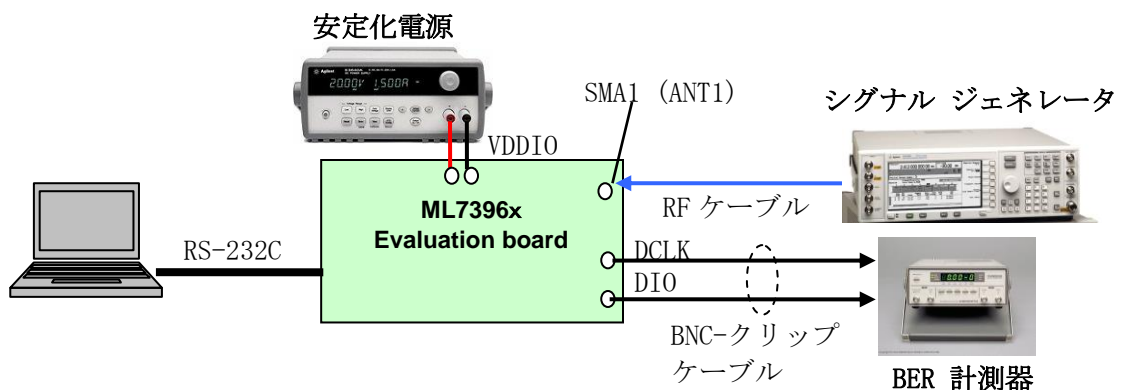


図 13.1.2.1 受信特性の測定系

受信 C/I 隣接および次隣接妨害、ブロッキング、スプリアスレスポンスの測定系です。

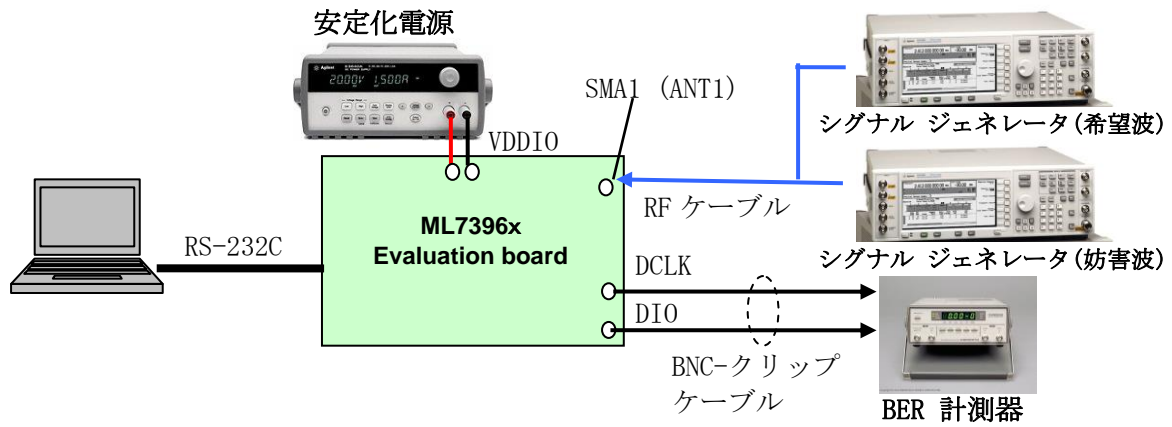


図 13.1.2.2 対妨害特性の測定系

フェージング特性の測定系です。

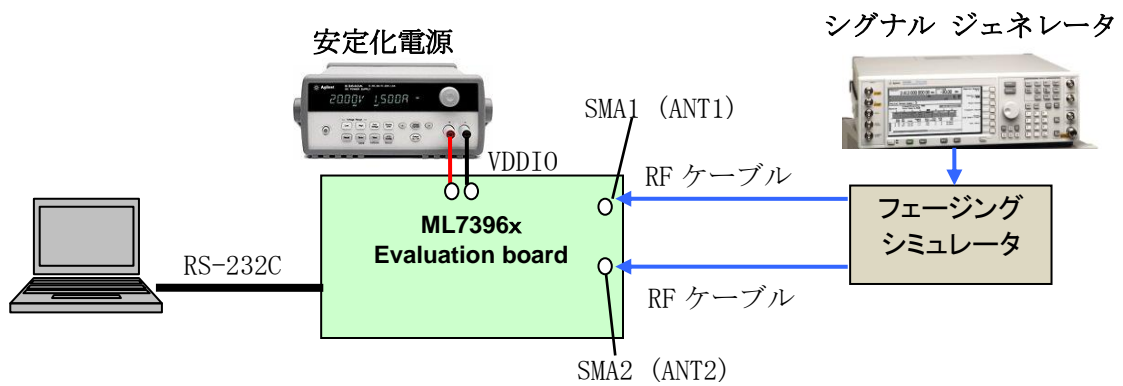


図 13.1.2.3 受信特性の測定系

13.2. 測定条件

測定条件は表 13.2.1 に示すように基本的に TELEC-T245 および IEEE802.15.4g に則っております(一部代替はあります)。どちらにも定められていないまたは明確に条件が決まっていない項目については独自仕様として条件を定めております。レジスタ設定および測定に使用した商品は表 13.2.1 に示す通りです。

表 13.2.1 測定項目と測定条件を定義した仕様

測定項目	準拠している測定条件	レジスタ設定	測定商品
送信電力、占有帯域幅、隣接チャネル漏洩電力、不要発射レベル、受信時副次発射レベル	TELEC-T245	v2.7(2012/1/17 リリース) ※v1.1.170922 の 100kbps 設定 1 と特性は変わりません	ML7396B
最小受信感度	IEEE802.15.4g(ただし、PER ではなく BER で代替)		
受信 C/I 隣接および次隣接妨害	IEEE802.15.4g(ただし、妨害波は CW ではなく変調波を入力)		
ブロッキング (スプリアスレスポンス)	独自仕様		
電力検出	IEEE802.15.4g		
フェージング特性	独自仕様	v1.1.170922(2017/9/29 リリース)	ML7396D

13.2.1. 送信電力

ML7396 設定：
PN9 テストモード(連続送信), Rate=100kbps, TX_ON
スペクトラムアナライザ設定：
CenterFreq=CH 周波数, Mode=BurstPower(Average), Detector=Samp, RefLevel=20dBm, Att=30dB,
RBW=1MHz, VBW=3MHz, Span=0Hz, Sweep=Single, SweepTime=200ms, DataPoints=1001pts

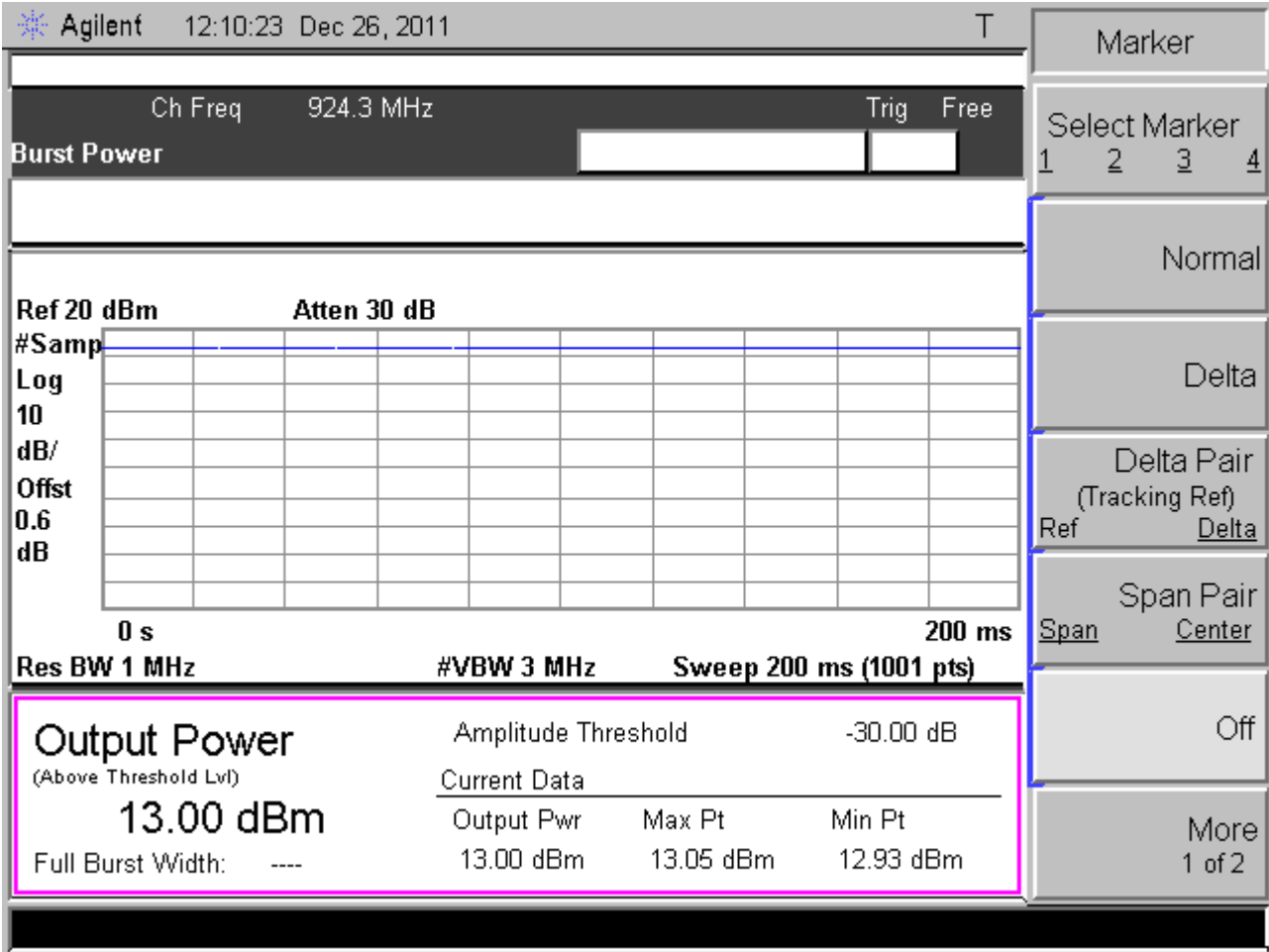


図 13.2.1 送信電力の測定例

13.2.2. 占有帯域幅

ML7396 設定:
PN9 テストモード(連続送信), Rate=100kbps, TX_ON
スペクトラムアナライザ設定:
CenterFreq=CH 周波数, Mode=OBW(99%), Detector=Peak, RefLevel=20dBm, Att=30dB, RBW=3kHz,
VBW=3kHz, Span=1MHz, Sweep=Continuous, SweepTime=200ms, DataPoints=1001pts, View=MaxHold

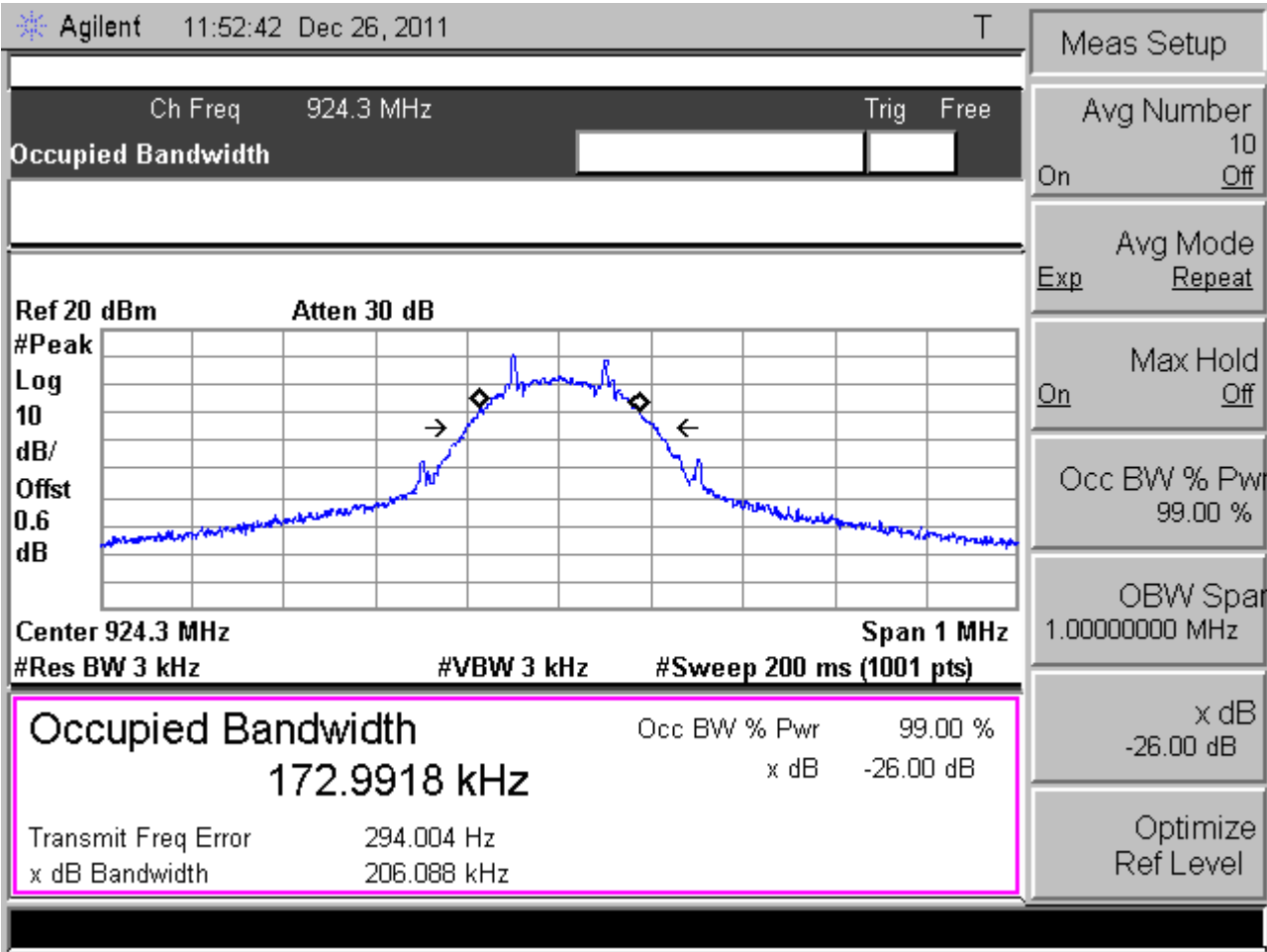


図 13.2.2 占有帯域幅の測定例

13.2.3. 隣接チャネル漏洩電力

ML7396 設定:

PN9 テストモード(連続送信), Rate=100kbps, TX_ON

スペクトラムアナライザ設定:

CenterFreq=CH 周波数, Mode=ACP, ChanBW=400kHz, OffsetFreq=300kHz, RefBW=199kHz,

Detector=Peak, RefLevel=10dBm, Att=20dB, RBW=1kHz, VBW=3kHz, Span=1MHz, Sweep=Single,

SweepTime=1.036s, DataPoints=1001pts

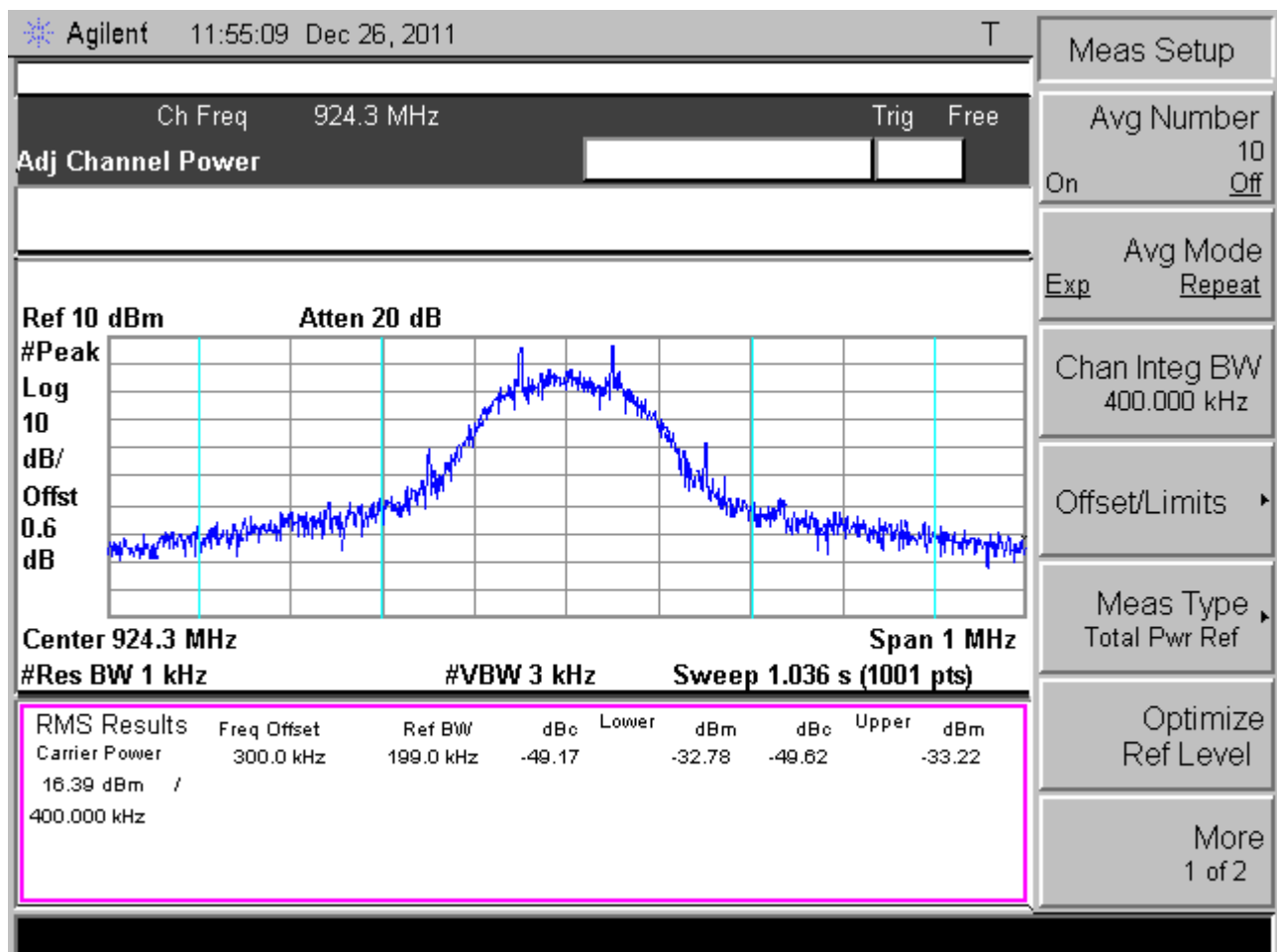


図 13.2.3 隣接チャネル漏洩電力の測定例

13.2.4. 不要発射レベル(高調波スプリアス)

ML7396 設定:
PN9 テストモード(連続送信), Rate=100kbps, TX_ON
スペクトラムアナライザ設定:
CenterFreq=高調波周波数, Mode=BurstPower(Average), Detector=Samp, RefLevel=-20dBm, Att=5dB,
RBW=1MHz, VBW=1MHz, Span=0Hz, Sweep=Single, SweepTime=200ms, DataPoints=1001pts

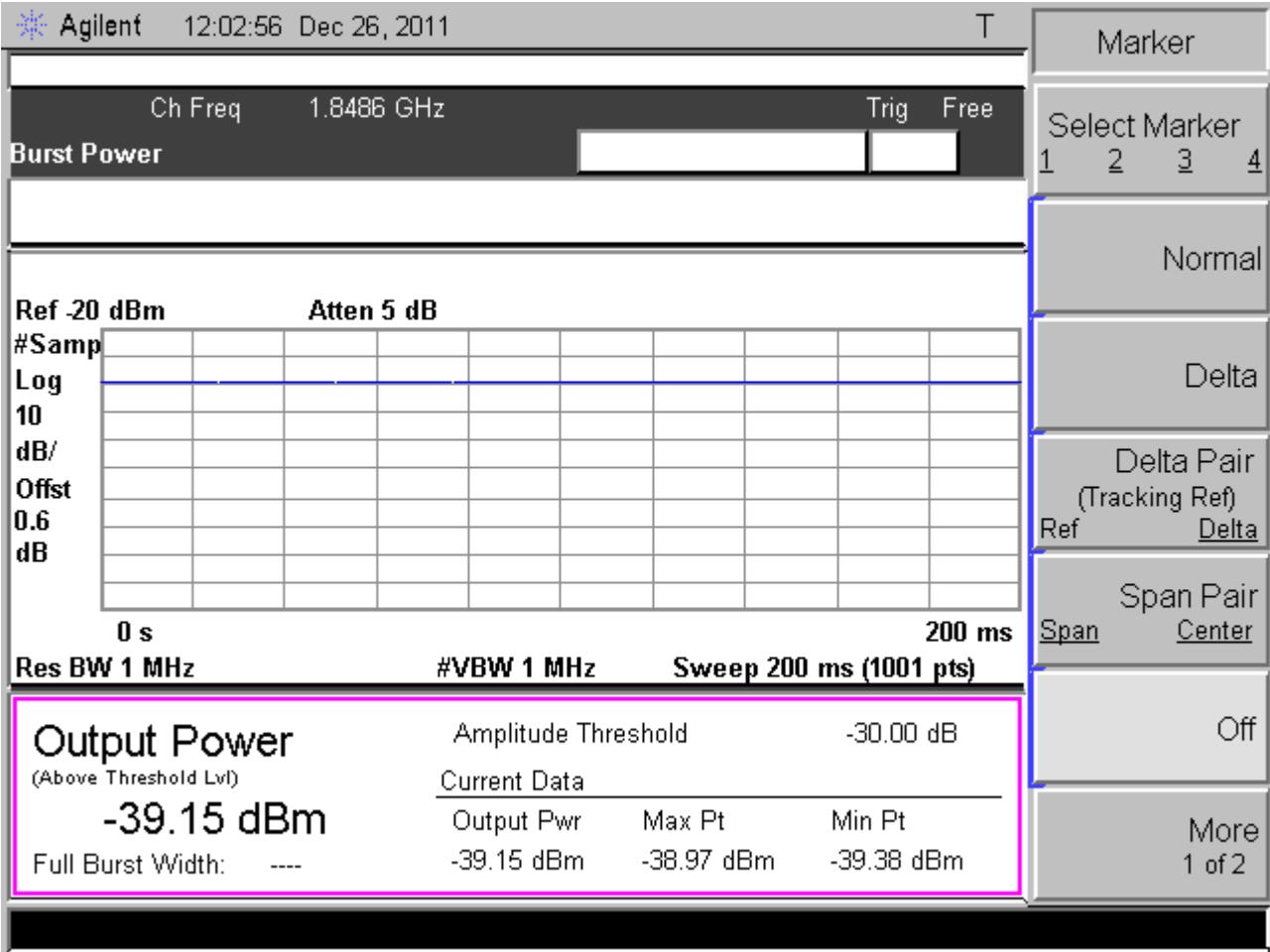


図 13.2.4 不要輻射レベル(高周波スプリアス)の測定例

13.2.5. 最小受信感度

IEEE802.15.4g では PER で規定されていますが、ここでは BER=0.1%を感度点として規定しています。

ML7396 設定:

DIO 出力設定(BANK0 0x69=0x01), BER モード設定(BANK1 0x01=0x80), PB 検出長(BANK2 0x12=0x00), 同期モード設定(BANK2 0x0A=0x10), Rate=100kbps, RX_ON

シグナルジェネレータ設定:

Freq=CH 周波数, Mod=2-Lvl FSK, Data=PN9, Rate=100kbps, Fdev=50kHz, Filter=Gaussian(BT=0.5)

BER 計設定:

Data=PN9, Samples=1e+5

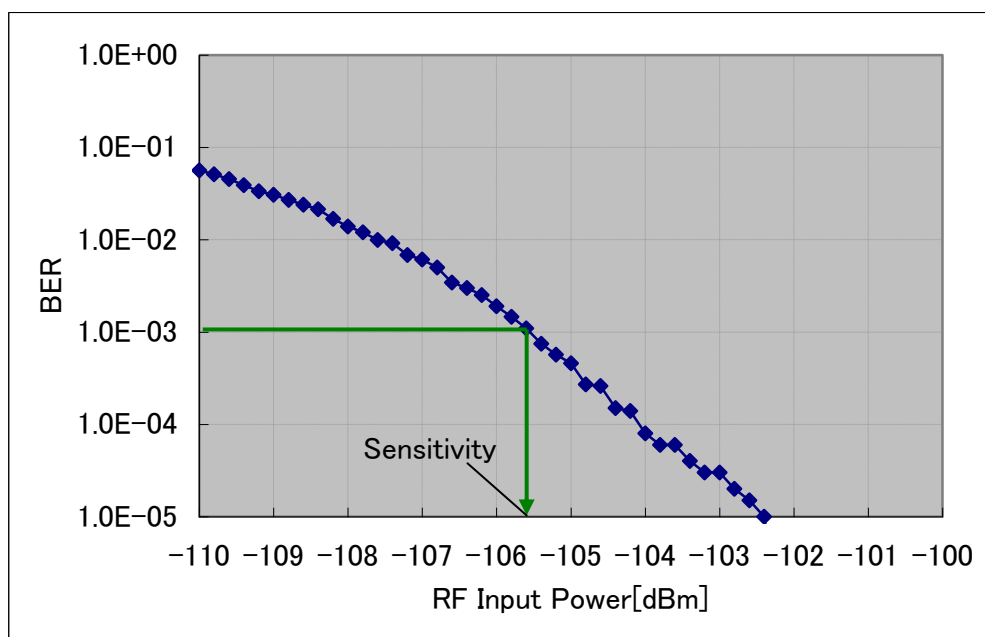


図 13.2.5 受信感度の測定例

13.2.6. 受信感度 C/I 隣接妨害および次隣接妨害特性

IEEE802.15.4g では PER で規定されていますが、ここでは BER=0.1%を感度点として規定しています。また、妨害波は CW と規定されていますが実環境を想定し変調波としています。
希望波レベルを-100dBm 固定とし、妨害波レベルを変動させ BER=0.1%となるレベルを見つけ、D/U[dB]=妨害波レベル-希望波レベルとして規定しています。

ML7396 設定:

DIO 出力設定(BANK0 0x69=0x01), BER モード設定(BANK1 0x01=0x80), PB 検出長(BANK2 0x12=0x00), 同期モード設定(BANK2 0x0A=0x10), Rate=100kbps, RX_ON

シグナルジェネレータ設定(希望波):

Freq=CH 周波数, Amplitude=-100 dBm, Mod=2-Lvl FSK, Data=PN9, Rate=100kbps, Fdev=50kHz, Filter=Gaussian(BT=0.5)

シグナルジェネレータ設定(妨害波):

Freq=妨害周波数, Mod=2-Lvl FSK, Data=PN9, Rate=100kbps, Fdev=50kHz, Filter=Gaussian(BT=0.5)

【注意】 妨害周波数=CH 周波数±1CH (隣接妨害), CH 周波数±2CH (次隣接妨害):

100kbps の場合、1CH は 400kHz となります。

BER 計設定:

Data=PN9, Samples=1e+5

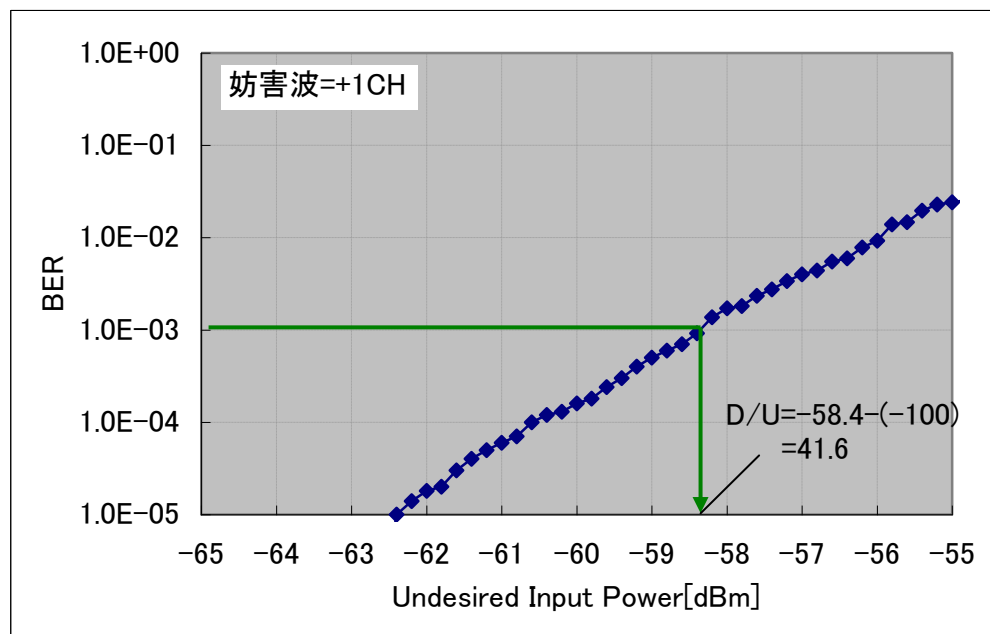


図 13.2.6 受信 C/I 隣接妨害の測定例 (隣接チャンネル)

13.2.7. ブロッキング特性

独自仕様です。

希望波出力を-100dBm 固定とし、妨害波レベルを変動させ BER=0.1%となるレベルを見つけ、D/U[dB]=妨害波レベル-希望波レベルとして規定しています。ブロッキング特性の中でイメージ周波数にあたる特性を特にスプリアスレスポンスとして定義しています。測定条件は同じで周波数の違いのみです。

ML7396 設定:

DIO 出力設定(BANK0 0x69=0x01), BER モード設定(BANK1 0x01=0x80), PB 検出長(BANK2 0x12=0x00), 同期モード設定(BANK2 0x0A=0x10), Rate=100kbps, RX_ON

シグナルジェネレータ設定 (希望波):

Freq=CH 周波数, Amplitude=-100 dBm,, Mod=2-Lvl FSK, Data=PN9, Rate=100kbps, Fdev=50kHz, Filter=Gaussian(BT=0.5)

シグナルジェネレータ設定 (妨害波):

Freq=妨害周波数, Mod=CW,

BER 計設定:

Data=PN9, Samples=1e+5

13.2.8. 電力検出

シグナルジェネレータから信号を入力した状態で ED 値 (BANK0 0x16) を読み出します。
 この時、ゲイン固定設定 (BANK0 0x1E=0x9E:デフォルト) のままにしておくとシグナルジェネレータのレベル変化に追従できなくなるため、ゲインフリー設定 (BANK0 0x1E=0x1E) にしておく必要があります。
 入力レベルをスイープ (または数点) 測定し最小検出レベルと飽和するまでの線形範囲を求めます。

ML7396 設定:

ゲインフリー設定 (BANK0 0x1E=0x1E), Rate=100kbps, RX_ON

シグナルジェネレータ設定:

Mod=2-Lvl FSK, Data=PN9, Rate=100kbps, Fdev=50kHz, Filter=Gaussian(BT=0.5)

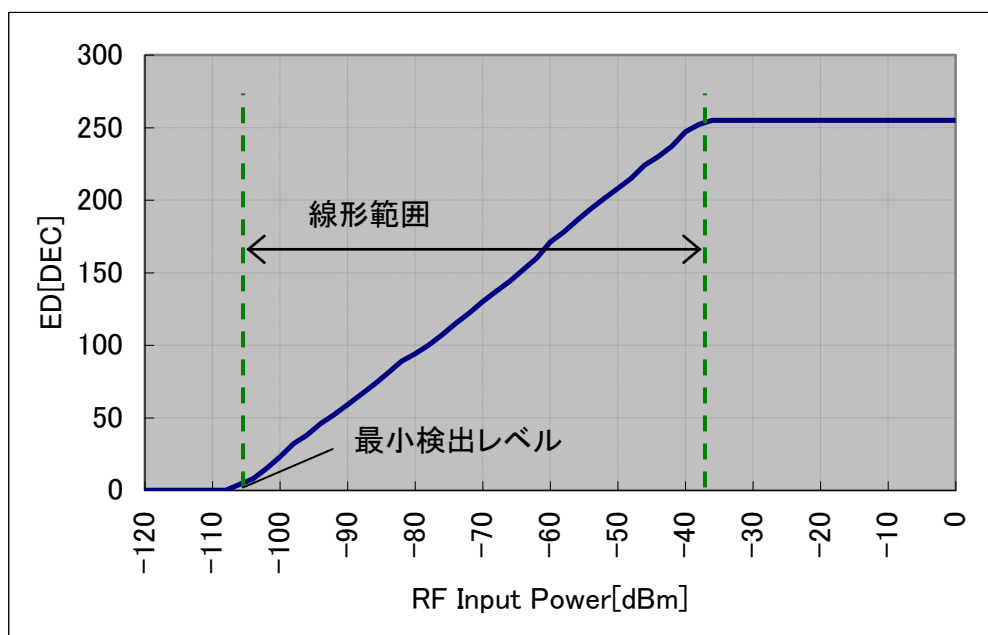


図 13.2.8 電力検出の測定例

13.2.9. 受信時副次発射レベル

ML7396 設定:

Rate=100kbps, RX_ON

スペクトラムアナライザ設定:

CenterFreq=Local 周波数, Mode=BurstPower(Average), Detector=Samp, RefLevel=-20dBm, Att=5dB,
 RBW=1MHz, VBW=1MHz, Span=0Hz, Sweep=Single, SweepTime=200ms, DataPoints=1001pts

13.2.10. 動作時電流

動作時に VDDIO を流れる電流を測定します。ただし、マイコンボード分は除いており、RF ボードで消費している電流のみとなります。

ML7396 設定: Rate=100kbps, TX_ON または RX_ON

13.2.11. フェージング特性

100kbps 設定 1 と 100kbps 設定 2 は別紙の『ML7396 ファミリ_初期設定レジスタ』(v1.1.170922)に記載している設定値になります。設定 1 と設定 2 はアンテナを選択する方法が異なり、設定 1 は必ず 2 つのアンテナの受信レベルを比較し受信レベルの大きいアンテナで受信しますが、設定 2 は高速検出モードを使用し、最初に受信したアンテナのレベルが閾値以上であればそのまま受信をします。そのため、設定 2 は必要プリアンブル 10 バイト以上ですが、設定 1 必要プリアンブル 12 バイト以上と長くなります。プリアンブル 10 バイトにした場合、設定 1 は -80dBm 以下でエラーが増え、PER=1% で比較すると 2dB 程度悪くなります。-80dBm 以上の十分大きなレベルが入力された場合は設定 1 と設定 2 の特性は変わらなくなります。ただし、設定 1 は必ず 2 つのアンテナから受信レベルの大きな方を選択するため、設定 2 に比べより最適なアンテナを選択いたします。また、設定 1 でプリアンブル 12 バイトにした場合は設定 2 と同等の特性になります。

ML7396 設定:

Rate=100kbps, RX_ON, ダイバーシティ ON

フェージングシミュレータ設定:

フェージング条件:レイリーフェージング(ドップラー周波数=4Hz)

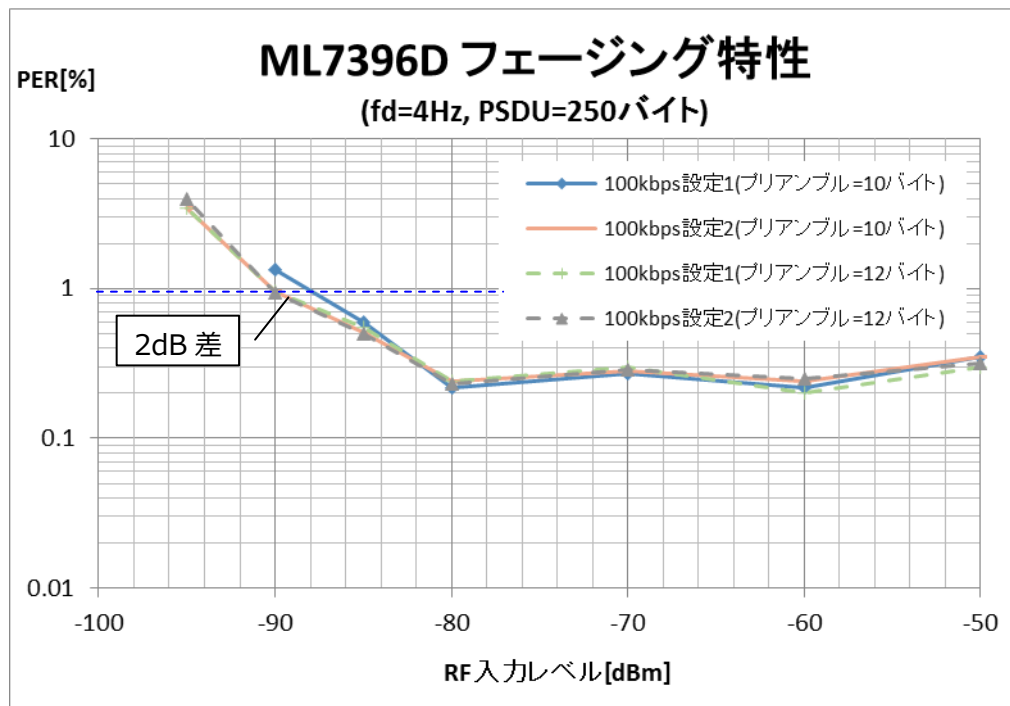


図 13.2.11 フェージング特性の測定例

13.3. 温度特性

本章の測定は ML7396B を使用しています(13.2.11 フェージング特性のみ ML7396D)。別機種の場合、絶対値は異なりますが、温度特性は変わりません。

13.3.1. 送信電力

条件: VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード, 13dBm モード

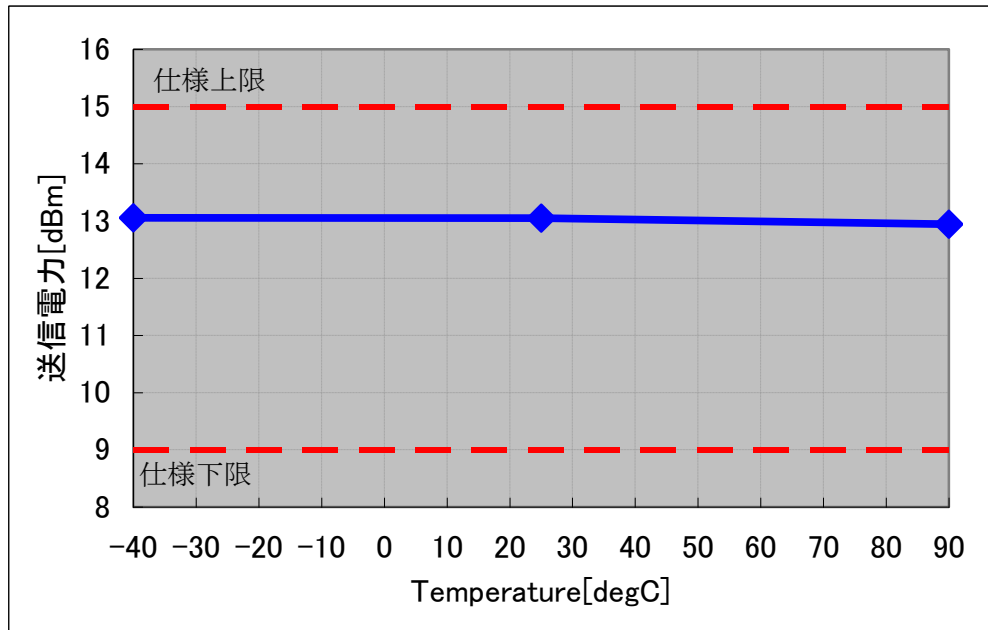


図 13.3.1 送信電力の温度特性例

13.3.2. 占有帯域幅

条件: VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード, 13dBm モード

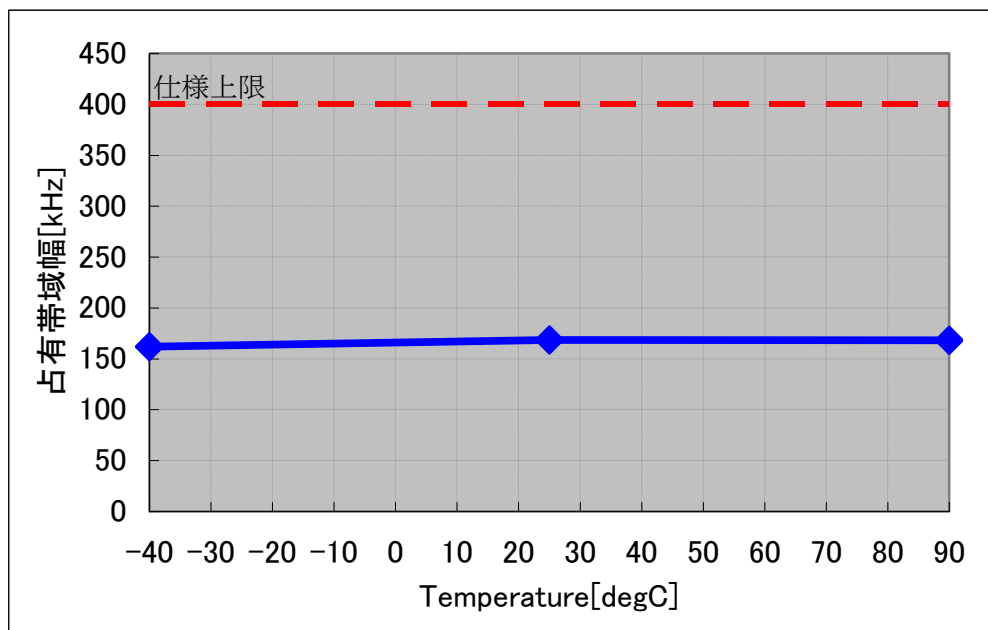


図 13.3.2 占有帯域幅の温度特性例

13.3.3. 隣接チャネル漏洩電力

条件: VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード, 13dBm モード

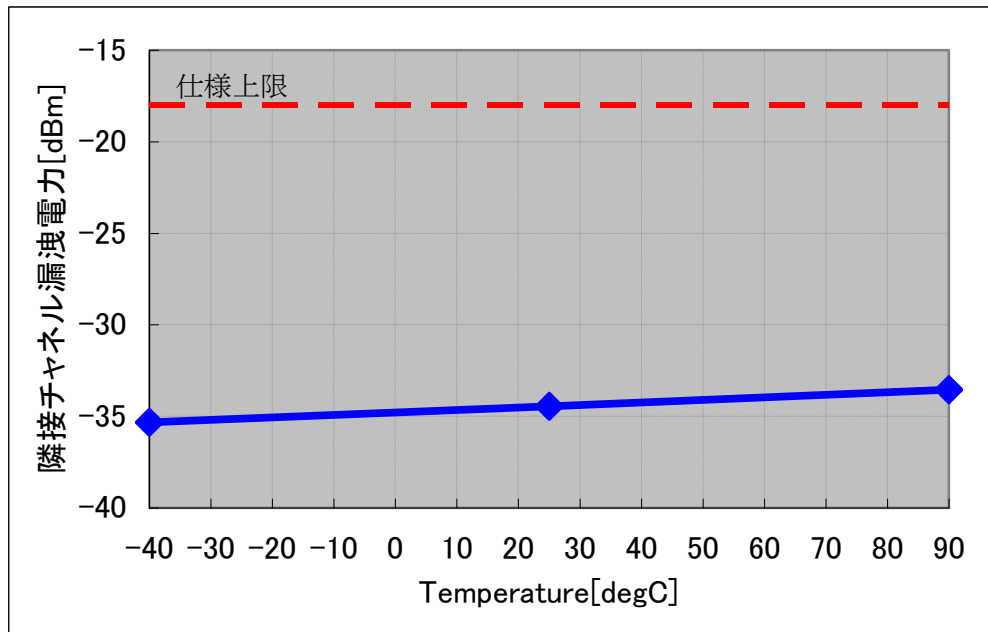


図 13.3.3 隣接チャネル漏洩電力の温度特性例

13.3.4. 不要発射レベル(高調波スプリアス)

条件: VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード, 13dBm モード

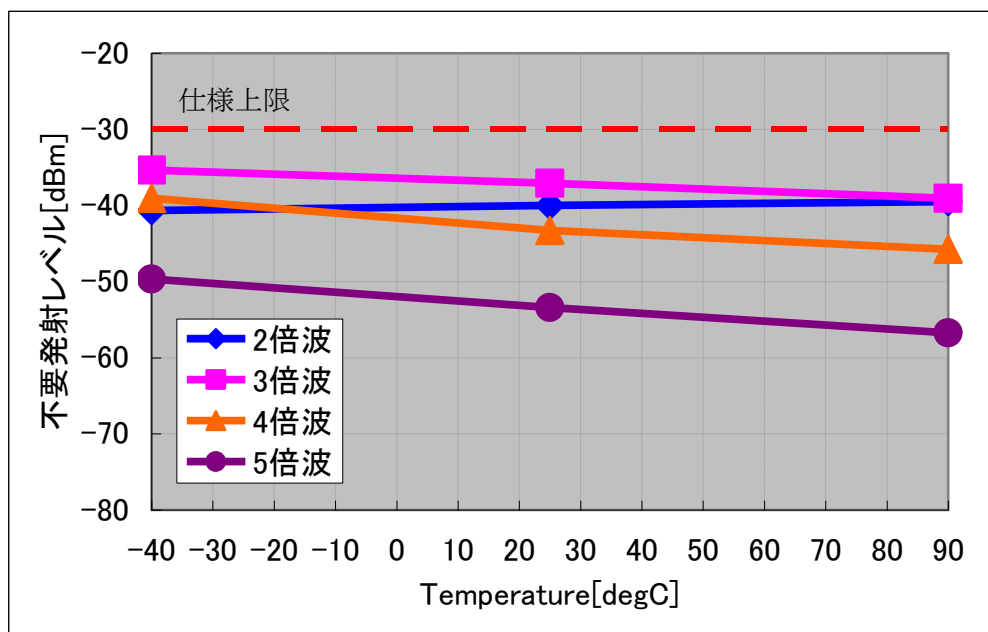


図 13.3.4 不要輻射レベル(高周波スプリアス)の温度特性例

13.3.5. 最小受信感度

条件: VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード

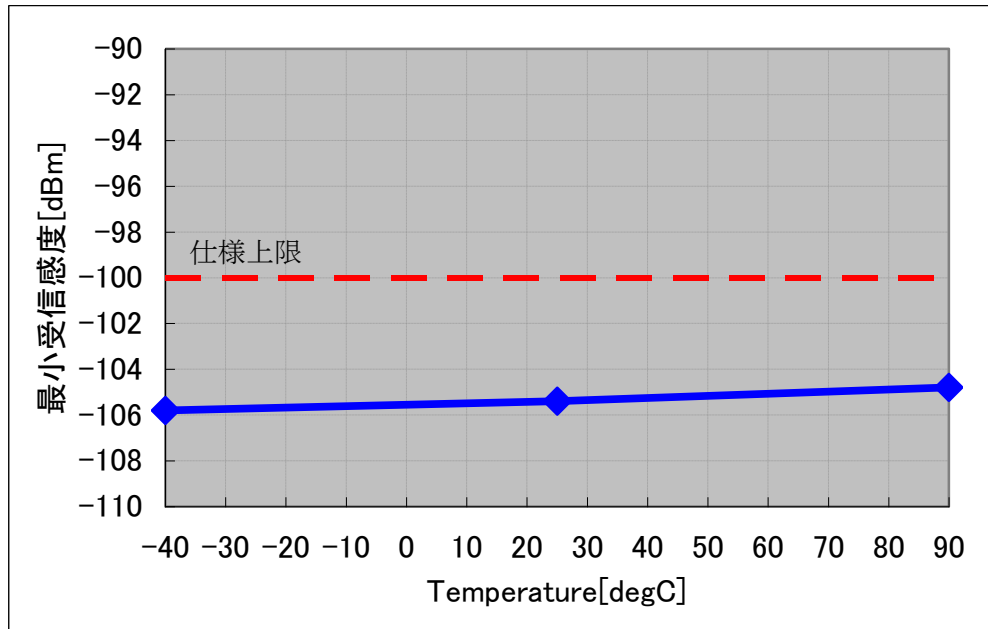


図 13.3.5 受信感度の温度特性例

ML7396D は ML7396B に比べて受信感度は 2dB 良くなります。温度特性は同等となります。
ML7396A/E は同じ設定の場合 ML7396B と同じ特性になります。

13.3.6. 受信 C/I 隣接妨害および次隣接妨害特性

条件: VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード

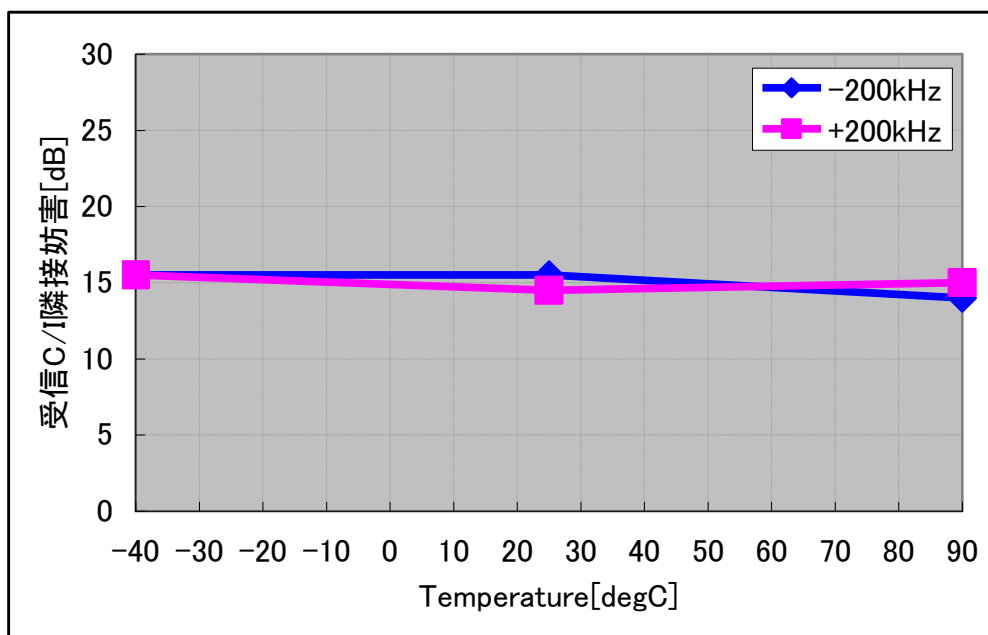


図 13.3.6.1 受信 C/I 隣接妨害の温度特性例 (±200kHz)

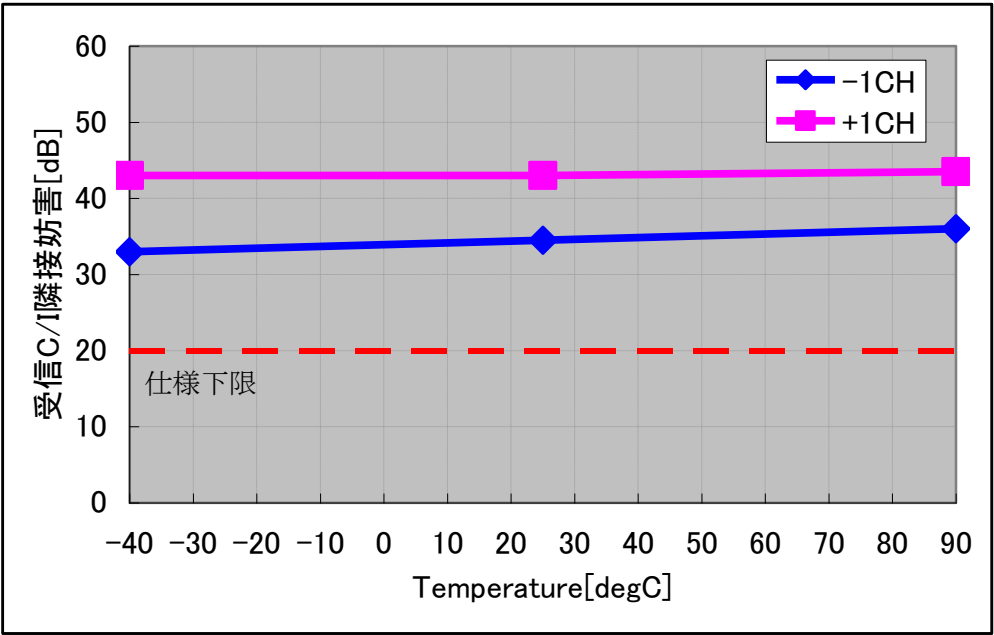


図 13.3.6.2 受信 C/I 隣接妨害の温度特性例 (±1CH=400kHz)

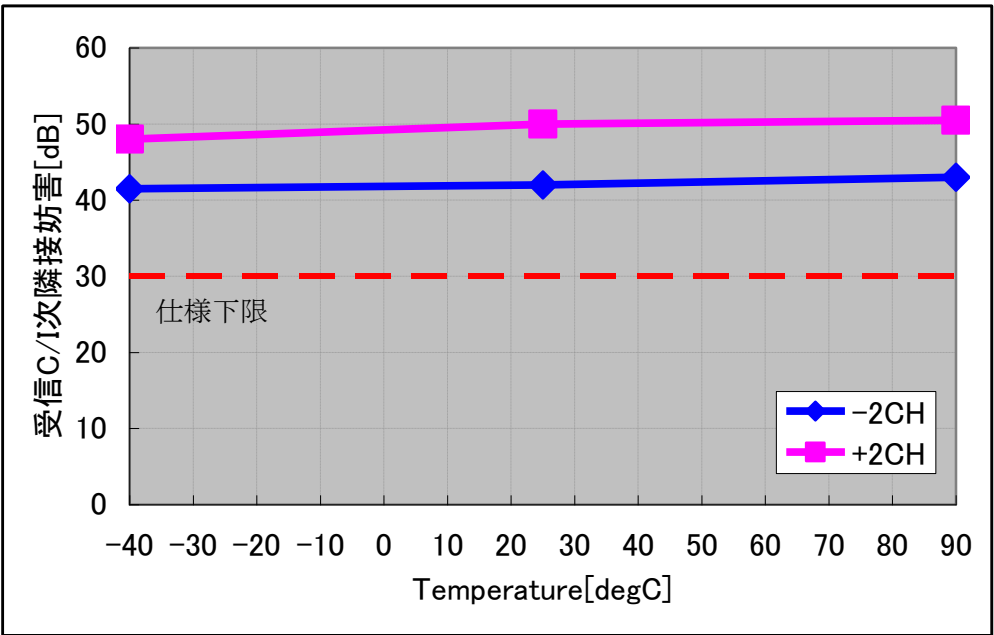


図 13.3.6.3 受信 C/I 次隣接妨害の温度特性例 (±2CH=800kHz)

13.3.7. ブロッキング特性

条件：VDD=3.3V，周波数=924.3MHz，100kbps モード

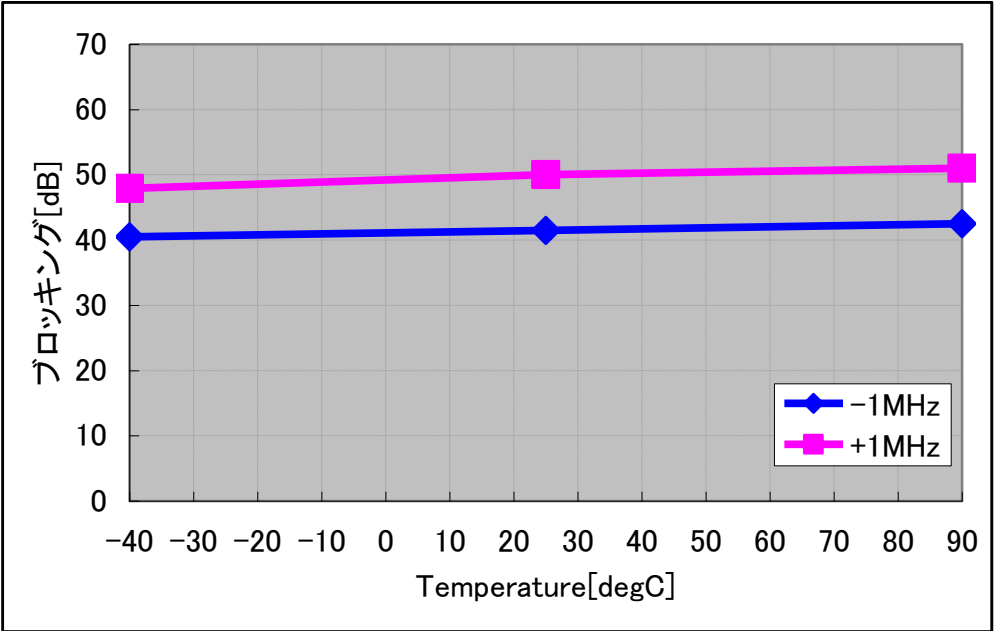


図 13.3.7.1 ブロッキングの温度特性例（±1MHz）

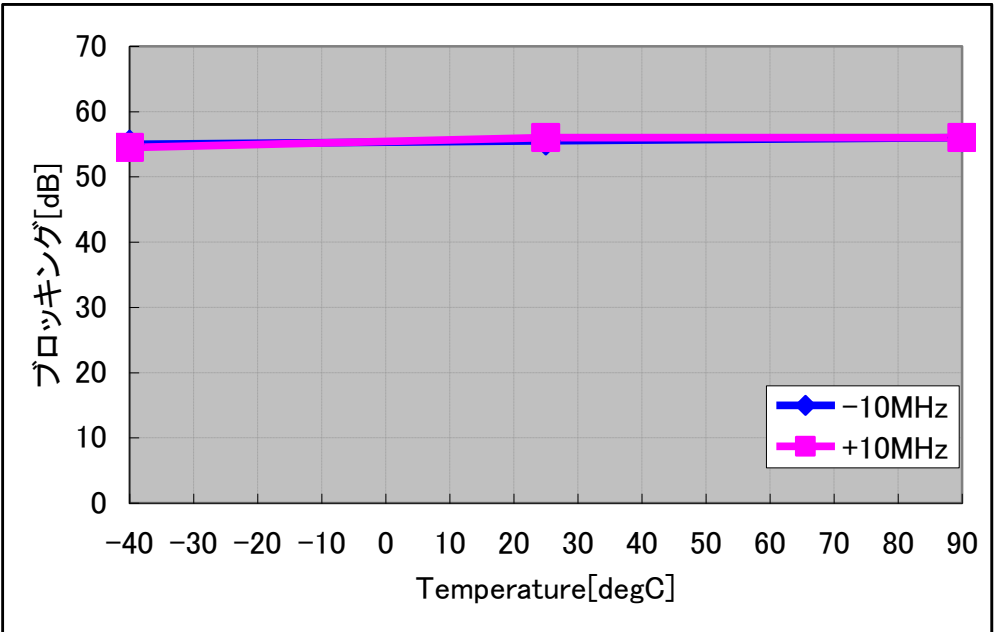


図 13.3.7.2 ブロッキングの温度特性例（±10MHz）

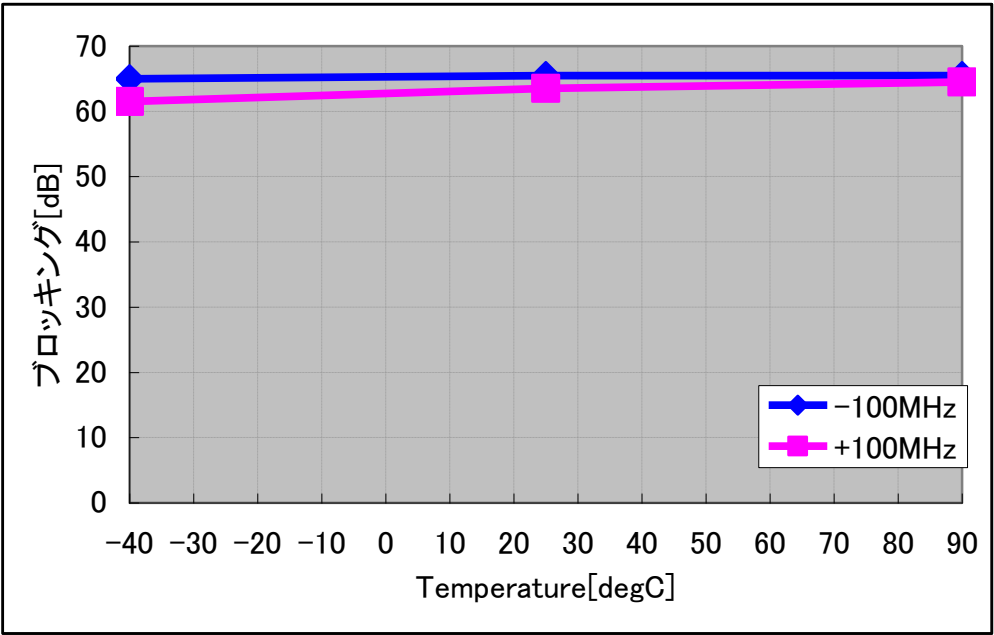


図 13.3.7.3 ブロッキングの温度特性例 (±100MHz)

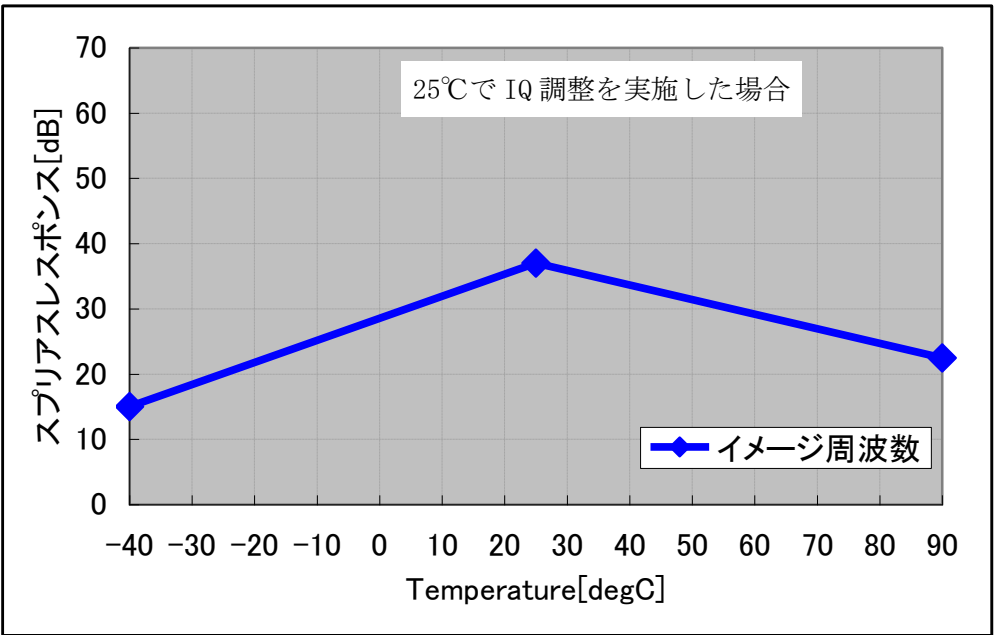


図 13.3.7.4 スupraresonanceの温度特性例

13.3.8. 電力検出

条件: VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード

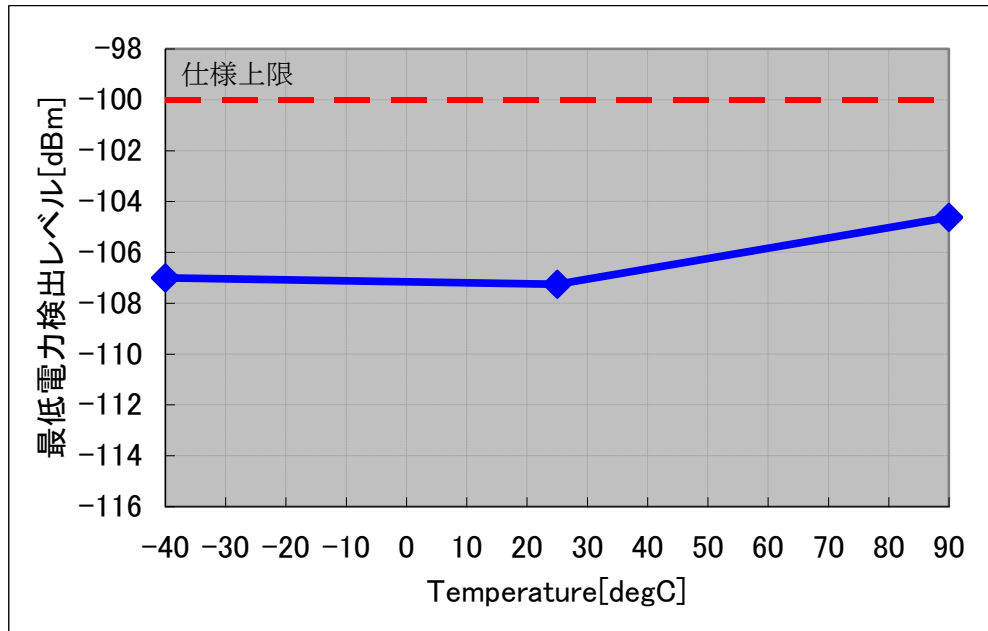


図 13.3.8.1 最低電力検出レベルの温度特性例

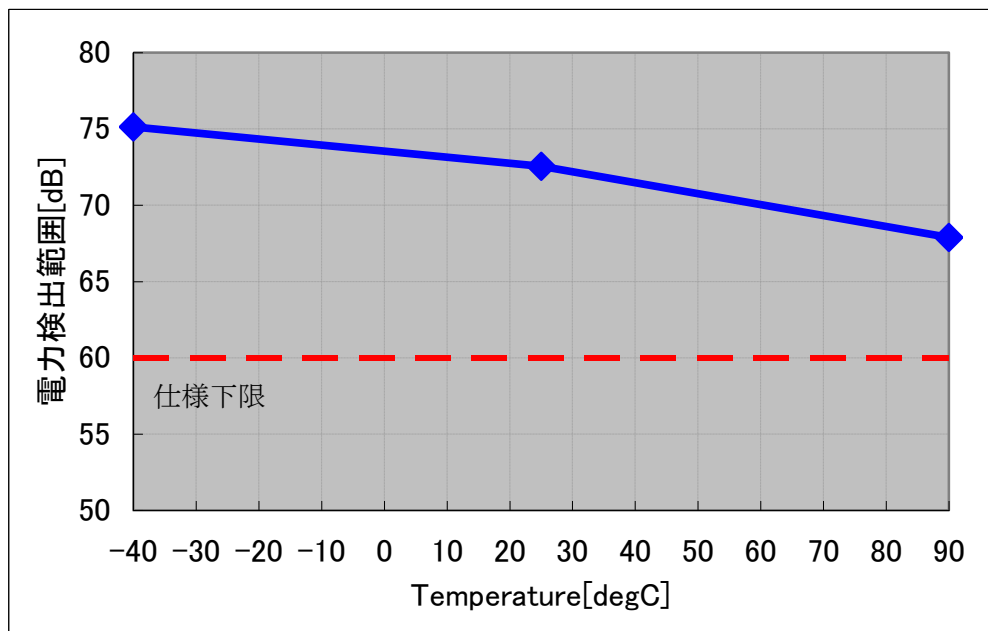


図 13.3.8.2 電力検出範囲の温度特性例

13.3.9. 受信時副次発射レベル

条件： VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード

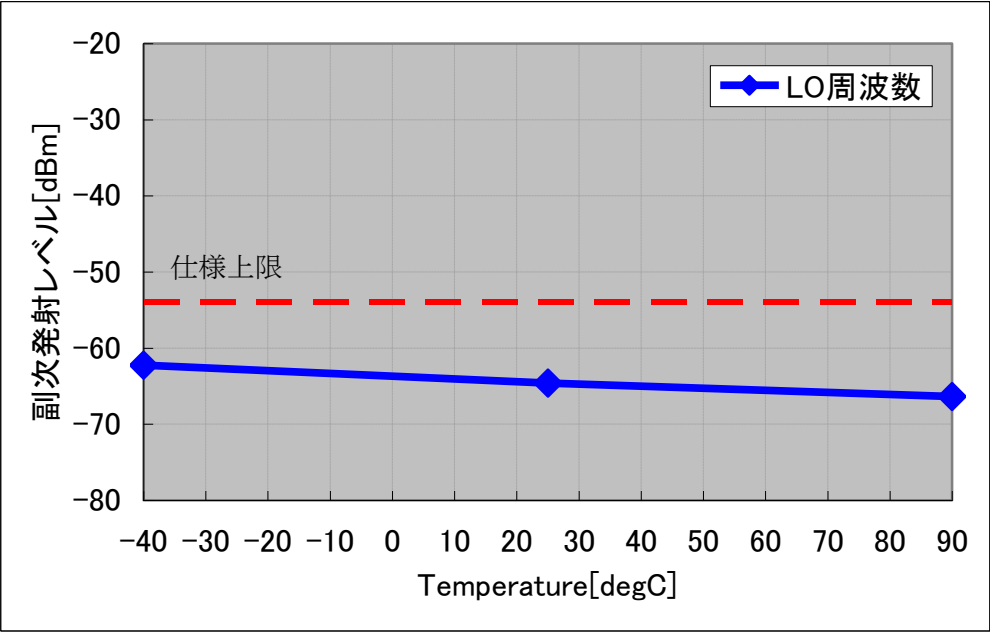


図 13.3.9 受信時副次発射レベルの温度特性例

13.3.10. 動作時電流

条件: VDD=3.3V, 周波数=924.3MHz, 100kbps モード, 13dBm モード

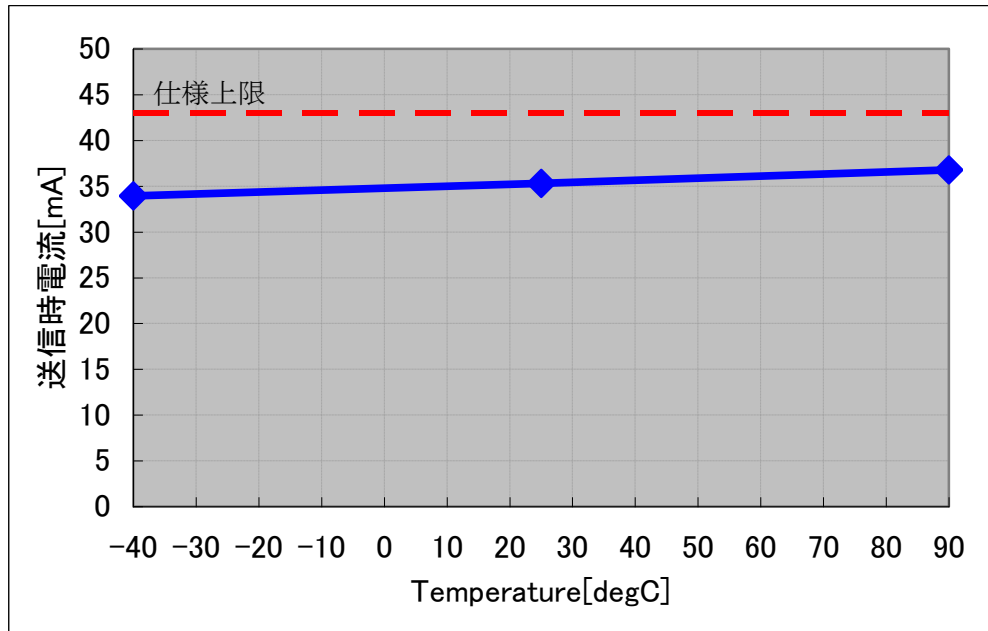


図 13.3.10.1 送信時電流の温度特性例

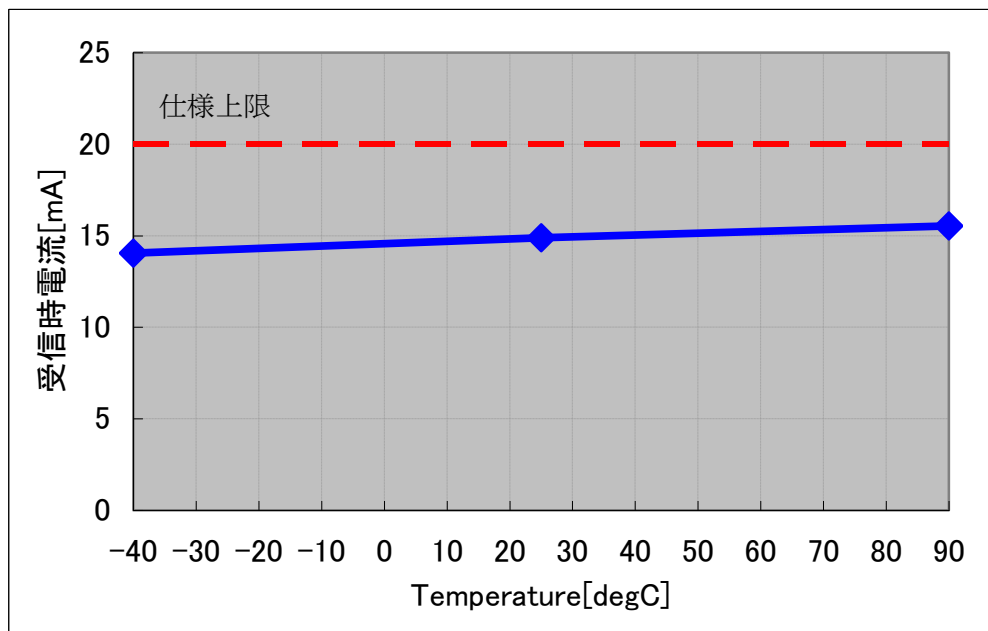


図 13.3.10.2 受信時電流の温度特性例

14. 評価キットでの BER 測定について(付録)

14.1. 測定環境

- 必要な測定器: ML7396x-EVB、Signal Generator および BER 計測器
- 使用テストマクロ: ML7396B_TRXtest_***.ttl (***)は作成日)
- 【注意】テストマクロは ML7396 評価キットに含まれています。

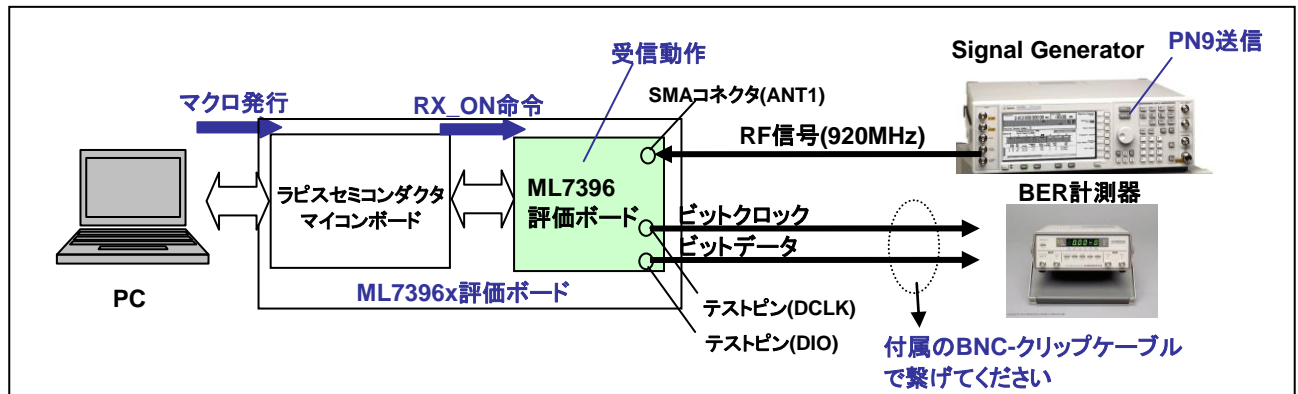


図 13.1 BER の測定系

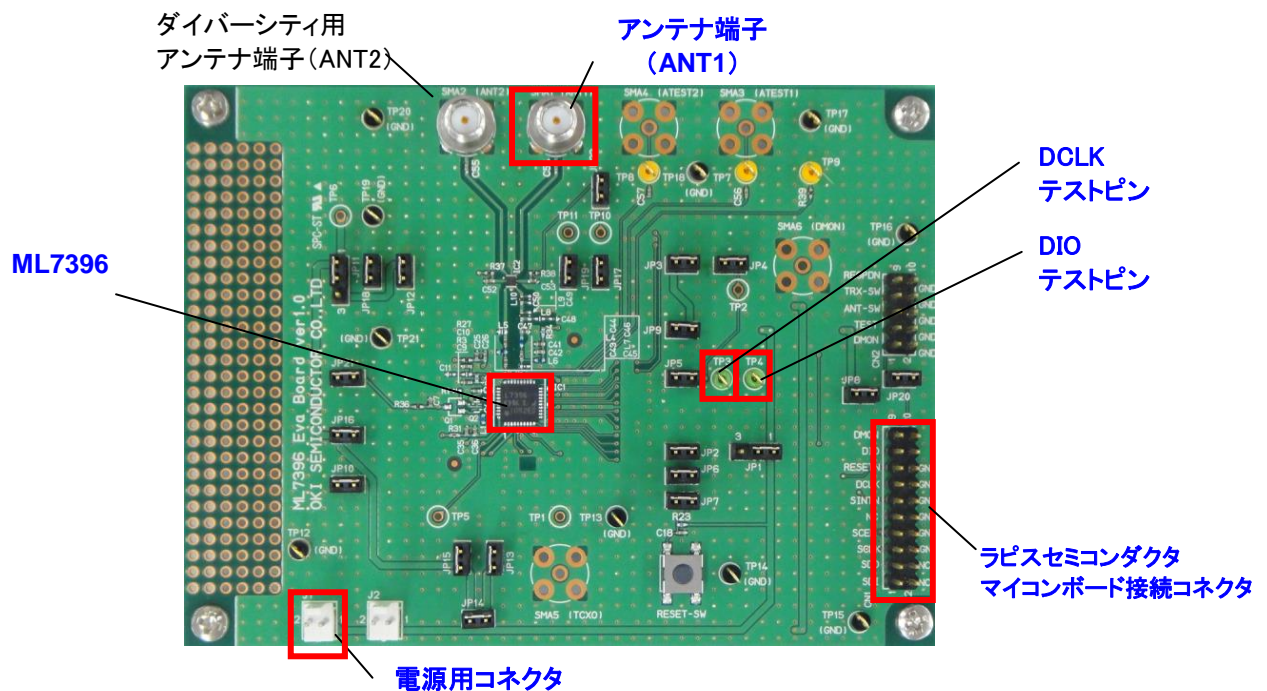


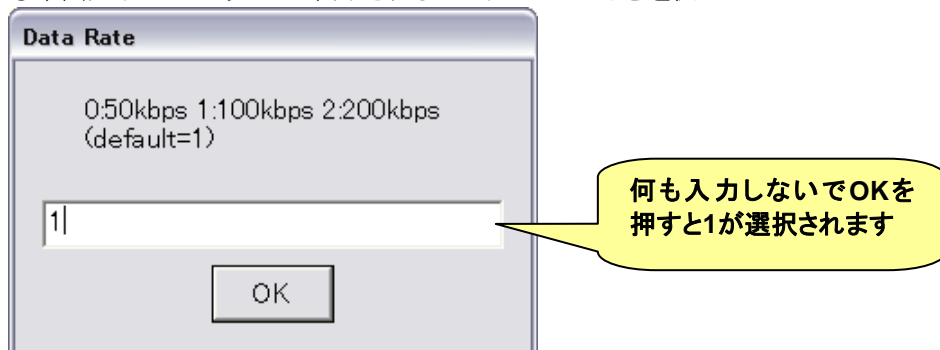
図 13.2 BER 測定に使用する各部の位置

14.2. 測定方法

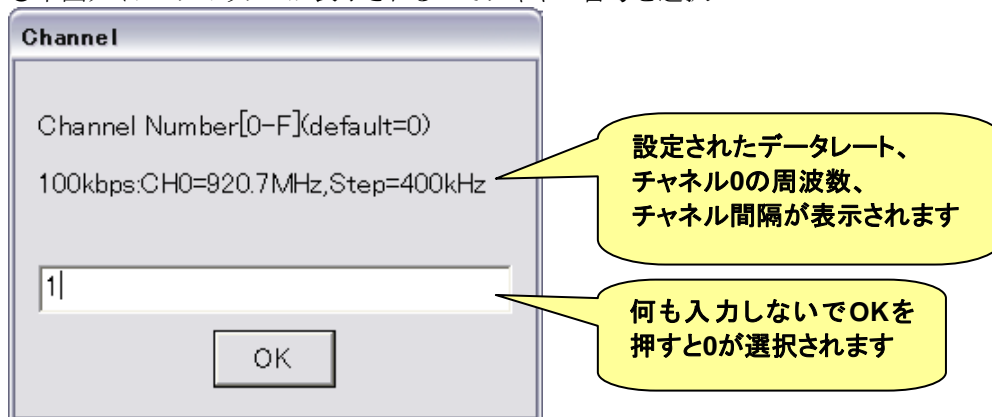
- RF テストマクロ ML7396B_TRXtest_***.ttl を実行する。(***)は作成日)
- シグナルジェネレータより PN9 パターン送信
- DIO/DCLK をモニターする BER 計測器にて測定

14.3. テストマクロの操作方法

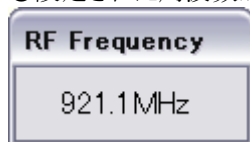
- RF テストマクロの ML7396B_TRXtest_***.ttl を実行する。 (***)は作成日)
- 下図ダイアログボックスが表示されるのでデータレートを選択



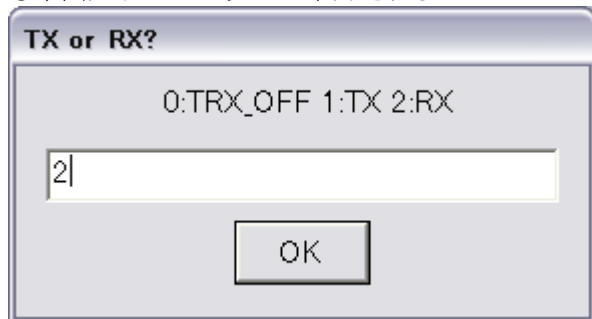
- 下図ダイアログボックスが表示されるのでチャンネル番号を選択



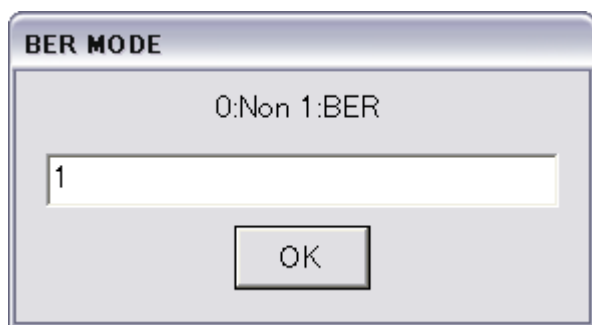
- 設定された周波数が表示される



- 下図ダイアログボックスが表示されるので2のRXを選択



- 下図ダイアログボックスが表示されるので 1 の BER を選択



改版履歴

ドキュメント No.	発行日	ページ		変更内容
		改版前	改版後	
FJXL7396DG-01	2012.3.26	—	—	初版発行
FJXL7396DG-02	2012.4.23	8	8	5.1 L1,C1 の決め方についての説明文の誤記訂正
		9	9	5.2 VCO タンク回路を構成する時の諸注意の説明文の誤記訂正
		-	21-23	13 BER 測定についてを追加
		-	24	14 400kbps 機能の評価についての説明を追加
		-	25-29	14 ラピス評価ボード回路図(参考)の説明を追加
		-	30-47	15 特性データ(参考)の説明を追加
FJXL7396DG-03	2012.5.18	8	8	表 5.1.1 周波数帯域毎の定数の代表値に 915MHz 帯を追加
		11	11	6. RF マッチング定数設計についての説明を追加 図 6.1 送信側 RF マッチング回路構成例に LPF1 を追加
		12	12	表 6.1.1 周波数帯域毎の定数に 915MHz 帯を追加 表 6.2.1 周波数帯域毎の定数に 915MHz 帯を追加
		24	-	14 400kbps 機能の評価についての説明を削除
FJXL7396DG-04	2012.5.28	8	8	表 5.1.1 周波数帯域毎の定数の代表値に 868MHz 帯を追加
		12	12	表 6.1.1 周波数帯域毎の定数に 868MHz 帯を追加 表 6.2.1 周波数帯域毎の定数に 868MHz 帯を追加
		19	19	部品表に 868MHz 帯の部品を追加
FJXL7396DG-05	2012.9.28	i	i	対象商品に ML7396E を追加
		6	6	PLL ループフィルターの推奨配置条件を追加
		8	8	PLL ロック条件の注意事項を追記 表 5.1.1 周波数帯域毎の定数の代表値から 950MHz 帯を削除
		9	9	VCO タンク L の追従配置条件を追加
		12	11	表 6.1.1 950MHz 帯を削除 表 6.2.1 950MHz 帯を削除
		16	14	部品設定説明より、外部レギュレータの項を削除
		17	-	RESETN 端子についてを削除
		19,20	16,17	部品表にから 950MHz 帯の部品を削除
		-	18	250mW 用送信回路の部品表を追加
		24-28	-	ラピス評価ボード回路図(参考)、部品表を削除
FJXL7396DG-06	2013.1.24	12	12	図 6.3.1 の回路図から R74 を削除
FJXL7396DG-07	2013.7.18	2	2	バイパスコンデンサに関する注意を追加
		4	4	水晶発振回路に対する諸注意を追加
		10	10	インピーダンスについて説明を追加
		18	18	250mW 部品表から R74 を削除
FJXL7396DG-08	2017.4.28	ii	ii	対象商品に ML7396D を追加
		14	14	基板のパターンについてを追加
FJXL7396DG-09	2017.10.3	20	20	フェージング特性の測定系追加
		-	30	フェージング特性データ追加