

お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日

ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りが無いことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。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、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

H8/300L Super Low Power (SLP)シリーズ

発振子接続

内容

水晶発振子および外部コンデンサの選択をサポートします。

はじめに

本アプリケーションノートは、システム設計エンジニアが、H8/300L Super Low Power (SLP)シリーズマイクロコンピュータ用に適切な水晶発振子および外部コンデンサを選択する際のサポートをするものです。

本アプリケーションノートでは、発振回路設計や発振回路の基本動作の詳細は扱いません。

製品設計に必要な情報については、水晶発振子メーカーにご相談ください。

製品を正しく動作させるには、適切な水晶発振子を選択するために、発振子の動作についてご理解いただくことが重要です。

動作確認デバイス

H8/38024F

目次

1. 水晶について	3
2. 等価回路	3
3. 接続方法の種類	4
3.1 水晶発振子の接続	4
3.2 セラミック発振子の接続	4
4. 部品の選択	5
5. 水晶発振子の最適な C1、C2、Rf、Rd 値の決定	5
6. 水晶発振子の仕様	6
6.1 “ppm から Hz”への許容誤差の変換法	6
6.2 “Hz から ppm”への許容誤差の変換法	6
7. 発振安定時間に関する注意事項	7
8. 水晶発振子に関する注意	7
9. 水晶発振子の配置とボードの設計	8
9.1 水晶発振子の配置	8
9.2 ボード設計	8
10. 使用しないクロック端子に関する注意事項	8
11. 外部クロック入力に関する注意事項	8
12. 最後に（注意事項）	9
参考文献	9

1. 水晶について

発振回路は軽視されがちで、部品の選択は主にメーカーのカタログ値に基づいて行なわれます。回路が立ち上がって動き出せば、それ以上の検討は行なわれないものです。

しかし、設計した回路の性能に悪影響を与える条件が数多くあります。たとえば、高温度や低電圧は発振回路のループ利得を下げ、起動特性を劣化あるいは遅延し、または全く起動できなくすることもあります。一方、低温度や高電圧では、発振回路のループ利得を増加させ、水晶の過駆動を起こし損傷させることもあります。また、回路は高調波発振し、タイミングを乱し、機能を停止させることもあります。不適切な部品を選択すると、不要な電力の消費にもつながります。

ここで、水晶の内部動作を見てみましょう。

高品質のデジタル機器では、石英あるいは圧電性の（石英）水晶発振子が最もよく用いられています。周波数の精度の高さが評価されているのです。さらに、その共振のQ値は高く、10,000から数十万の範囲に及び、200万に達するケースもあります。こうしたメリットの反面、水晶発振子は調整が難しいという制約もあります。ATカット水晶発振子の実用周波数は600kHzから30MHzです。水晶発振子の基本周波数は40MHzに達します。本アプリケーションノートでは、基本周波数モードに焦点をあてて説明します。

2. 等価回路

水晶発振子の記号と等価回路を図2.1に示します。

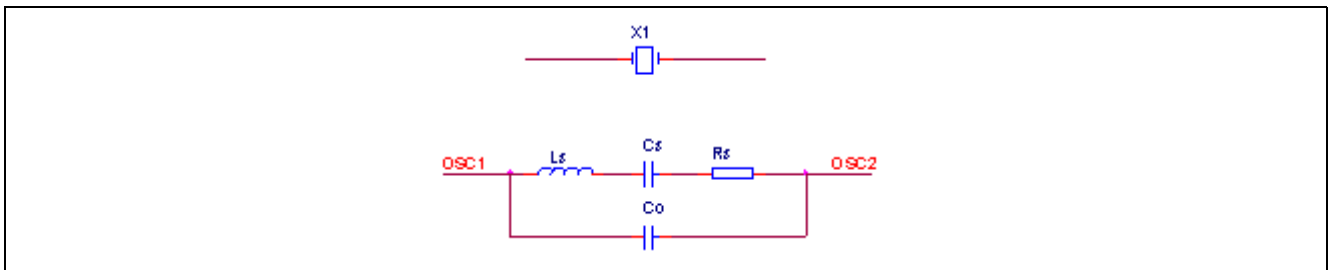


図 2.1 等価回路

等価回路は、水晶発振子の機械的・電氣的動作を電気回路の形で表現したものです。水晶とは、結局のところ、振動する石英片です。Cs、Ls、Rsの各成分は動作アーム（motional arm）と呼ばれ、水晶部分の機械的な動作を表します。Coは水晶部とホルダーの電氣的な動作を表します。

Csは直列アーム容量を表し測定単位はファラッドです。石英の弾性、表面電極の面積、石英ウエハの厚みと形状を示します。

Lsは直列アームインダクタンスを表し測定単位はヘンリーです。動作時に振動する石英の機械的な質量を示します。

Rsは抵抗で、測定単位はオームです。水晶発振子中の実際の抵抗損失を示します。

Coは並列容量で測定単位はファラッドです。水晶板上の電極による容量と、水晶ホルダーやエンクロージャによる浮遊容量の合計を示します。

表 2.1 に水晶発振子の電氣的仕様（水晶発振子のデータシートに記載されている仕様）の例を示します。

表 2.1 水晶発振子の電氣的仕様

パラメータ	値
周波数 (MHz)	4.193
Rs (ohm)	100 (max.)
Co (pF)	16 (max.)

水晶発振子の購入の際、設計者は周波数、負荷容量、動作モードを指定します。動作パラメータ Cs、Ls、Rs は、一般にデータシートには記載されず、水晶メーカーに問い合わせるか、自分で計測しなくてはならないことに注意してください。

3. 接続方法の種類

3.1 水晶発振子の接続

図 3.1 に、水晶発振子を接続する代表的な方法を示します。

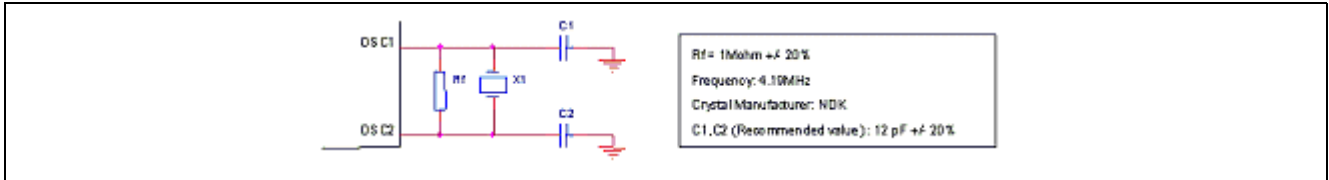


図 3.1 水晶発振子への接続

3.2 セラミック発振子の接続

図 3.2 に、セラミック発振子を代表する一般的な方法を示します。

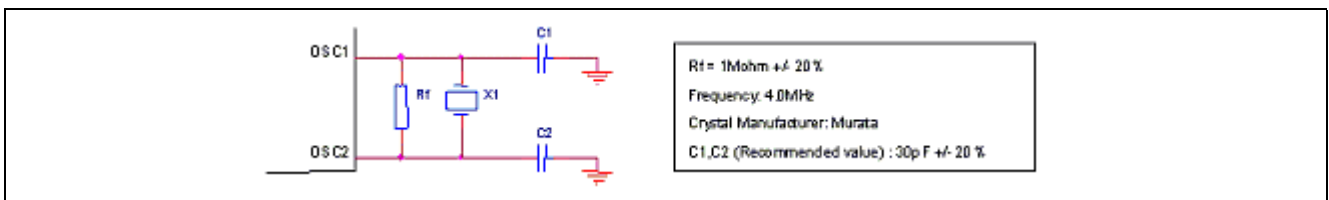


図 3.2 セラミック発振子の接続

4. 部品の選択

外部部品の選択と配置にあたり、様々な項目を検討する必要があります。たとえば、増幅器の利得、目標周波数、水晶の共振周波数、動作温度、供給電圧と、その範囲、起動時間、安定性、水晶の寿命、消費電力、回路の簡素化、標準部品の使用（部品点数をできるだけ抑える）などです。

5. 水晶発振子の最適な C1、C2、Rf、Rd 値の決定

水晶発振子は通常、並列共振周波数のみで選択されます。H8/300L SLP シリーズマイクロコンピュータは、並列共振水晶発振子を必要とする並列発振回路を使用しています。所望の周波数に最も近接した発振周波数を持つ水晶を発振させるためには、特定の範囲の負荷容量を用いる必要があります。しかし、他のメリットを得るには、以下の値を調整する必要があります。

C1 および C2 は負荷容量で、180°の位相差を与えるものです。まず最初は、水晶メーカーが示す負荷容量値と対象デバイスのハードウェアマニュアルに記載の値をもとに、選択します。しかし、これは検討の出発点であり、さらに微調整が必要です。

理想的には、回路が動作する最高温度と最低 VCC 電圧条件で、かつ水晶負荷の推奨範囲の内で最も低い容量値を選択します。高温と低 VCC は、ループ利得を制限する影響を及ぼすため、この最悪な条件の元で回路が動作すれば、他の温度や電圧でも正しく動作すると考えられます。

水晶に負荷をかけて適切な周波数応答を得る働きのほかに、この容量の値が大きくなるとループ利得が下がるという影響があります。回路全体のループ利得に影響を及ぼすように、C2 の値を選択します。

しかし、C の値を高くしすぎると、水晶を通して必要以上の電流が蓄積・排出されることになります。C1 および C2 の値を大きくしすぎないようにしてください。

Rf は帰還抵抗で、インバータがリニア領域にあるように負のフィードバックを行ない、電源が投入されると発振を開始するようにします。Rf の値が大きすぎる状態で、入力インバータの絶縁抵抗が誤って低下すると、ループ利得の損失により発振が停止します。また、Rf 値が大きいと、他回路からのノイズが発振回路にはいります。Rf が小さすぎる場合は、ループ利得が低くなるのは明らかです。水晶発振子やセラミック発振子では、一般に Rf 値は 1M としています。

Rd はダンピング用の直列抵抗で、水晶の過駆動を防止するような値を選択します。C1 および C2 を適切に選択すれば、Rd が不要な場合も多くなります。

6. 水晶発振子の仕様

これまで述べたことに加え、水晶の特性を示す3つの仕様があります。

- 周波数許容誤差
- 動作パラメータ
- 温度性能

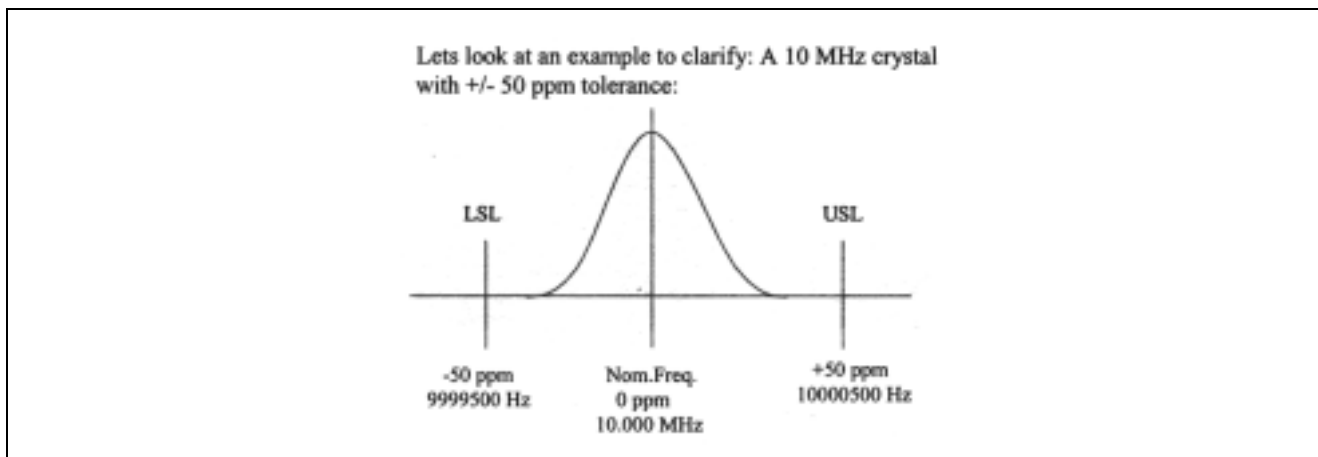
本アプリケーションノートでは、周波数許容誤差について説明し、その計算方法を示します。

上述したように、石英水晶は安定した動作を行なうため、標準の周波数許容誤差は100万分の1 (parts per million : ppm) の単位になります。

1ppm = 0.0001% であるので、ppm は使いにくい単位です。ほとんどの電子部品の許容誤差は、平均値 (公称値) の ± % で表しています。

1ppm は100万に対する1であるので、水晶に関しては1.0MHz に対する1Hz と言えます

例：許容誤差 ±50ppm の10MHz の水晶発振子



6.1 “ppm から Hz”への許容誤差の変換法

PPM から Hz への変換式は以下のとおりです：

$$\text{許容誤差 (ppm)} \times \text{公称周波数 (MHz)} = \text{変換結果 (Hz)}$$

例：許容誤差 ±10 ppm の10MHz 水晶発振子の最小および最大周波数は？

$$\text{Max} = 10\text{ppm} \times 10\text{MHz} = 100\text{Hz}; 10000000\text{Hz} + 100\text{Hz} = 10000100\text{Hz}$$

$$\text{Min} = 10\text{ppm} \times 10\text{MHz} = 100\text{Hz}; 10000000\text{Hz} - 100\text{Hz} = 9999900\text{Hz}$$

6.2 “Hz から ppm”への許容誤差の変換法

Hz から PPM への変換式は以下のとおりです：

$$\text{許容誤差 (Hz)} / \text{周波数 (MHz)} = \text{変換結果 (ppm)}$$

例：20.0MHz 水晶発振子の許容誤差 ±200Hz は何 ppm か？

$$\text{Max} = +200\text{ppm} / 20\text{MHz} = +10\text{ppm} \quad \text{または} \quad 20000000\text{Hz} + 200\text{Hz} = 20000200\text{Hz}$$

$$\text{Min} = -200\text{ppm} / 20\text{MHz} = -10\text{ppm} \quad \text{または} \quad 20000000\text{ Hz} - 200\text{Hz} = 19999800\text{Hz}$$

7. 発振安定時間に関する注意事項

以下は、H8/38024F マイクロコンピュータに関する事項です。

発振安定時間は、割り込みが発生してシステムクロック発振器の発振波形が変化した時点から、発振波形の振幅が増加して発振周波数が安定するまでの時間と定義します。

待ち時間は、発振波形周波数とシステムクロックが安定してから、CPU と周辺機能が動作を開始するのに必要な時間と定義します。この待ち時間の設定方法として、H8/38024F マイクロコンピュータの例を説明します。スタンバイタイムマセレクトビット 2~0[STS2~STS0] (システムコントロールレジスタ (SYSCR1) のビット 6~4) をセットします。

[1] - 割り込みまたはリセットにより、スタンバイモード、ウォッチモード、サブアクティブモードが解除されてアクティブモード (高速または中速) に遷移すると、割り込みが受け付けられた時点で発振波形が変化し始めます。したがって、スタンバイモード、ウォッチモード、サブアクティブモードで発振部品が接続された場合、システムクロック発振器は止まっているため、発振波形が変化し始めた時点から発振波形の振幅が増加して発振周波数が安定するまでの時間を、必要な発振安定時間とします。図 7.1 を参照してください。

[2] - 上述の状態遷移時の発振安定時間は、電源投入時の発振時間 (発振が安定するまでのあいだに供給電源電圧が定められたレベルに達する) と同じです。これは、AC 特性の発振安定時間 t_{rc} で定められています。

[4] - CPU と周辺機能が正常に動作するには、少なくとも 8 ステートの待ち時間が必要です。

このように、割り込み発生から CPU と周辺機能の動作開始までの時間は、発振安定時間と待ち時間の合計になります。この合計時間を発振安定待ち時間と呼び、以下の式で表します。

$$\text{発振安定待ち時間} = [t_{rc} + (8 \sim 16,384 \text{ ステート})]$$

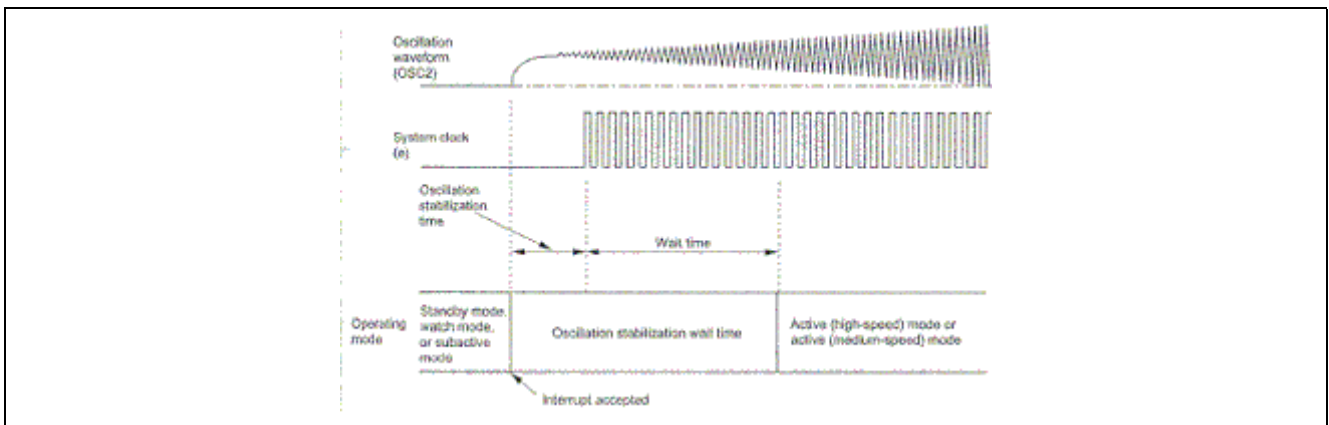


図 7.1 発振安定時間

8. 水晶発振子に関する注意

ここでは水晶発振子に関する注意事項を説明します。セラミック発振子については説明しません。

マイクロコンピュータが動作するとき、システムクロックに同期して内部の電源電位が多少変動します。

個別の発振部品の特性によりますが、発振安定待ち時間直後の発振波形の振幅は充分ではなく、発振波形は電源電位の変動の影響を受けやすい状態です。

この状態では、発振波形は乱れやすく、不安定なシステムクロックとなり、マイクロコンピュータが誤動作することがあります。

誤動作が起きた場合は、スタンバイタイムマセレクトビット 2~0 (STS2~STS0 : システムコントロールレジスタのビット 6~4) の設定を変更して、待ち時間を長くしてください。

同様の誤動作が状態遷移時と同じようにリセット後にも起きた場合は、RESET ($_RES$) のローレベルを長めに保持してください。

9. 水晶発振子の配置とボードの設計

9.1 水晶発振子の配置

発振子の特性はボードの設計と密接に関係するため、ユーザは注意深く評価する必要があります。図 9.1 に、部品の配置例を示します。発振回路定数は、発振子、接続回路の浮遊容量、などの要因により異なります。

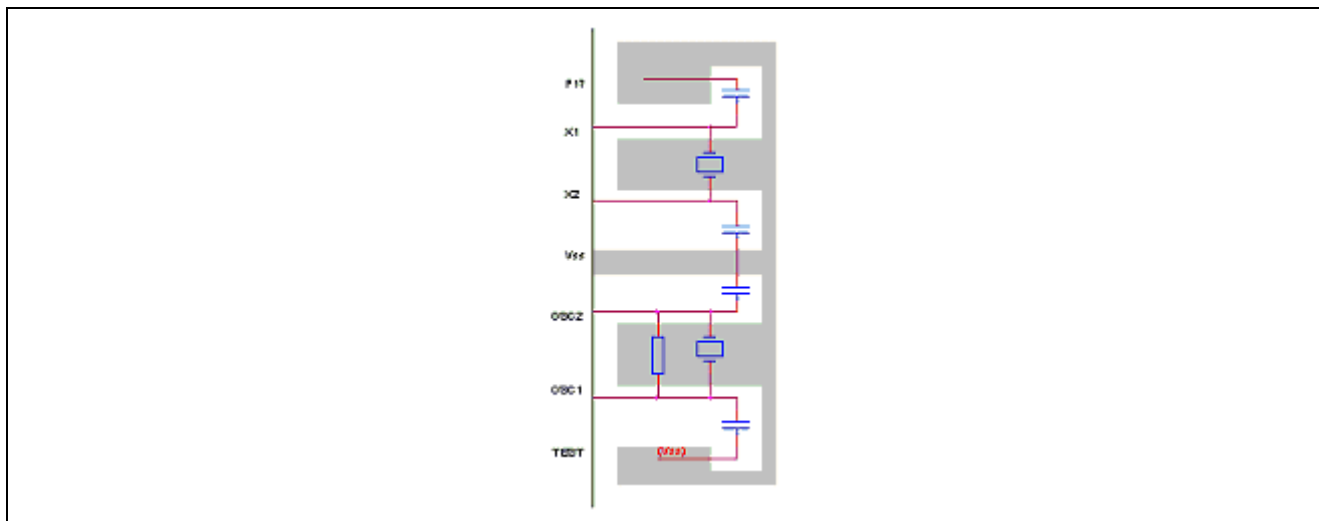


図 9.1 部品の配置

9.2 ボード設計

水晶またはセラミック発振子を接続してクロックパルスを生成する場合、以下の点に注意してください。

- 発振回路の近くに信号線を通さないでください。発振子が誘導電流の影響を受ける場合があります（図 9.2 参照）。
- 発振子と負荷容量を OSC1 および OSC2 端子のできるだけ近くに配置するように、ボードを設計してください。

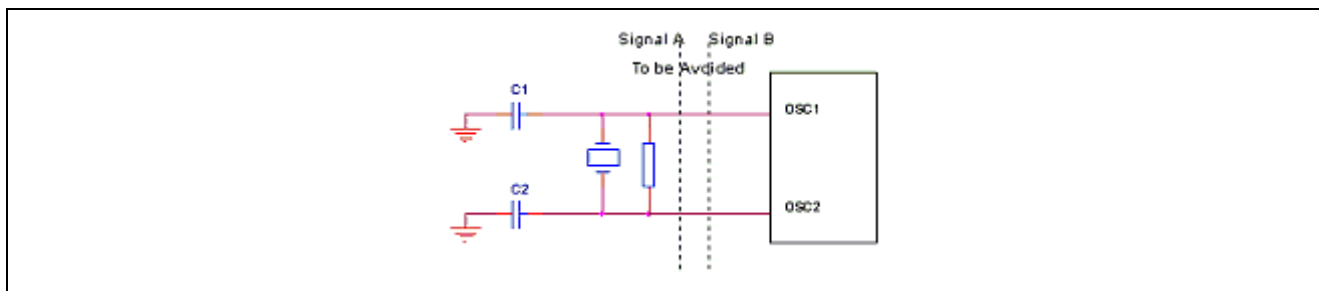


図 9.2 信号線

10. 使用しないクロック端子に関する注意事項

サブクロック端子 X1 および X2 などの使用しないクロック端子については、X1 端子はグラウンドに接続し、X2 端子は開放にしてください。

11. 外部クロック入力に関する注意事項

システム（メイン）クロックとして外部クロックを入力する場合、外部クロックは OSC1 端子に接続し、OSC2 端子は開放にしてください。サブクロックとして外部クロックを入力する場合は、外部クロックは X1 端子に接続し、X2 端子は開放にしてください。正しく動作させるために、デューティサイクルは必ず 45% ~ 55% にしてください。

12. 最後に（注意事項）

発振器の起動で最もむずかしいのは、停止状態からの復帰時です。負荷容量が静止値まで部分的に蓄積されており、復帰時の位相差が非常に小さいからです。したがって、発振安定には時間がかかります。また、低電圧と高温度はループ利得を制限するため、起動に影響することにも注意が必要です。

発振回路が起動するときに、浮遊ノイズに依存します。通常、電源投入によりこれが発生します。プロセッサが停止状態から復帰するときは、発振子は電源立ち上がり時のノイズなしに（復帰ロジックにより、内部で若干のノイズは発生しますが）起動する必要があります。

起動を助けるために、炭素皮膜または炭素化合物の低価格の R_s 抵抗を用いて若干のホワイトノイズを生成する方法があります。これを水晶発振子の経路に配置して、起動を助けることができます。C2 を C1 より大きくして位相差を増やし、起動を助けます（特に低周波数の場合）。

しかし、利得が大きすぎて起動ができない場合があります。一般に、32KHz といった低周波数の水晶を用いたときにこの現象が起きます。高周波数では、高い利得は負荷容量によって簡単に消散するからです。

最後に、できるだけ正確な共振周波数で回路を発振させたい場合は、必要に応じて R_s を回路に追加し、容量値を水晶メーカーが示す負荷容量にできるだけ近づけるようにしてください。

参考文献

1. H8/38024 Series, H8/38024F-ZTAT™ Hardware Manual
2. www.embedded.com

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2003.09.19	—	初版発行

安全設計に関するお願い

1. 弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご注意ください。

本資料ご利用に際しての留意事項

1. 本資料は、お客様が用途に応じた適切なルネサス テクノロジ製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報についてルネサス テクノロジが所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
2. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、ルネサス テクノロジは責任を負いません。
3. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、ルネサス テクノロジは、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。ルネサス テクノロジ半導体製品のご購入に当たりましては、事前にルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、ルネサス テクノロジホームページ(<http://www.renesas.com>)などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
4. 本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したのですが万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、ルネサス テクノロジはその責任を負いません。
5. 本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。ルネサス テクノロジは、適用可否に対する責任を負いません。
6. 本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、ルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へご照会ください。
7. 本資料の転載、複製については、文書によるルネサス テクノロジの事前の承諾が必要です。
8. 本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたらルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店までご照会ください。