

MSP430クリスタル回路の安定動作設計手法

Rev1.1



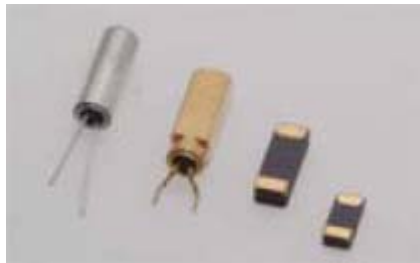
日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
営業・技術本部 アプリケーション技術部
菅原 仁

監修：
日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
半導体営業本部 アプリケーション技術統括部

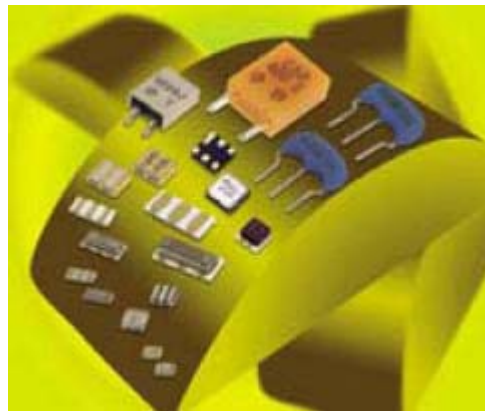
JAJA190

仕様に合わせた発振子の選択

- 周波数は？
- 常時ON？
- 割り込み動作？
- 高精度が必要？



クリスタル



セラミック

- **MSP430 LPM3**
 - 時計モード
 - 32.768KHz 時計用クリスタル
 - タイマーによる割り込み動作

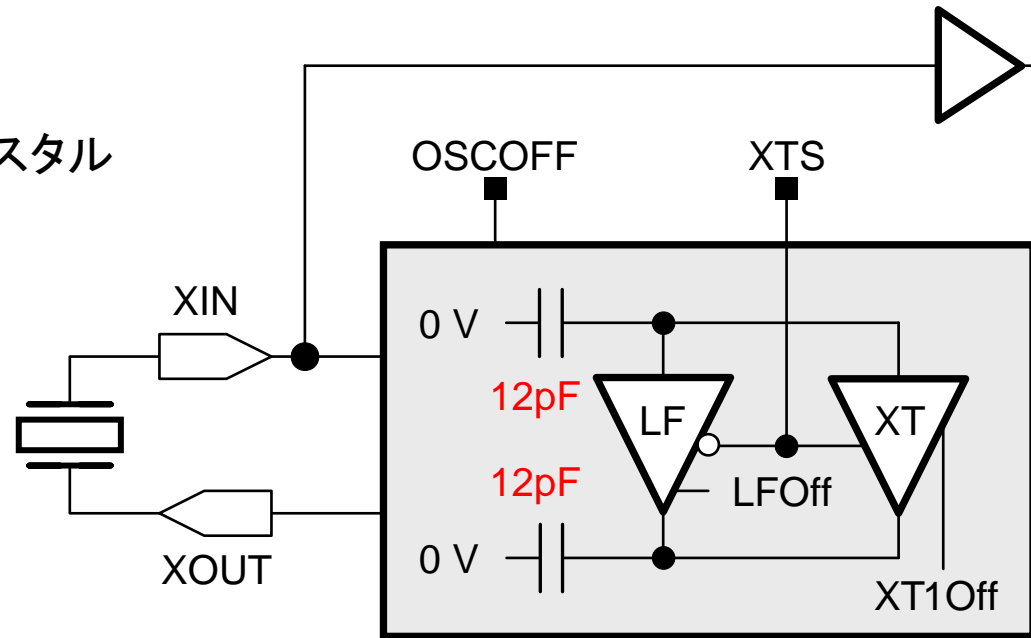
発信器



‘1xx クリスタル・オシレータ

• LF モード

- 32.768kHz 時計用クリスタル
- 内蔵負荷容量
12pF 固定
- オシレータ入力可能
- **No LF OSC Fault**
(フォルト・フラグなし)



LFXT1 Oscillator

• HF モード

- 400kHz ~ 8MHz
- クリスタル、レゾネータに対応
- HF オシレータ入力可能
- HF OSC Fault

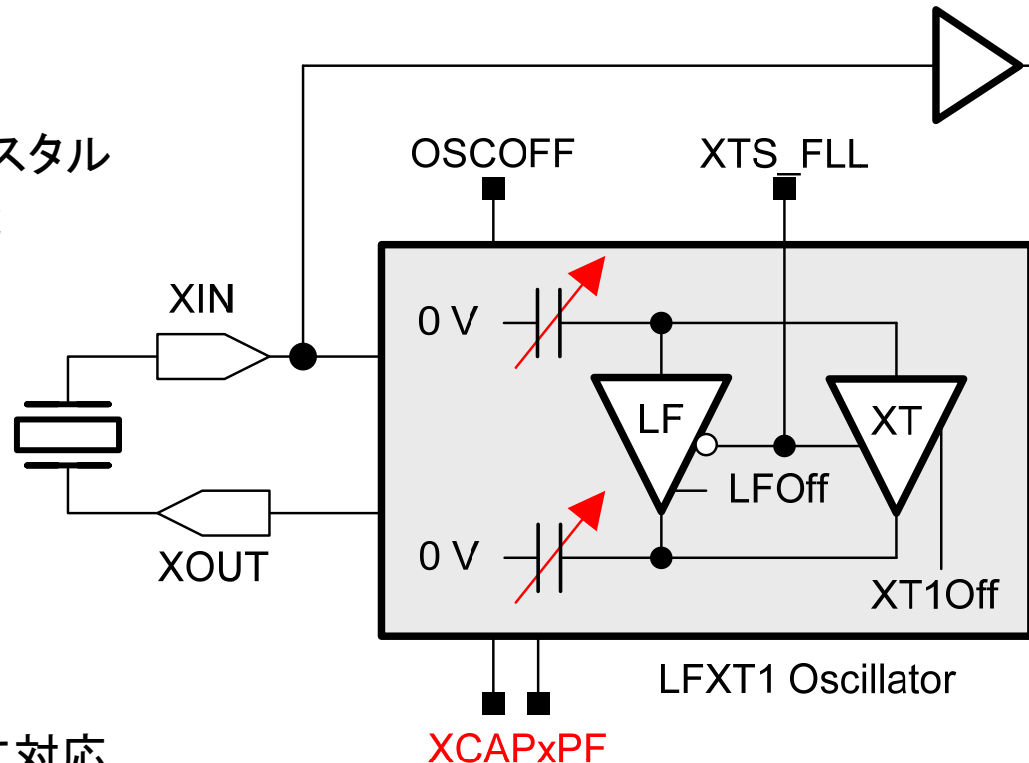
‘4xx クリスタル・オシレータ

• LF モード

- 32.768kHz 時計用クリスタル
- 内蔵負荷容量選択可能
0pF 初期値
- **オシレータ入力不可**
- LF OSC Fault

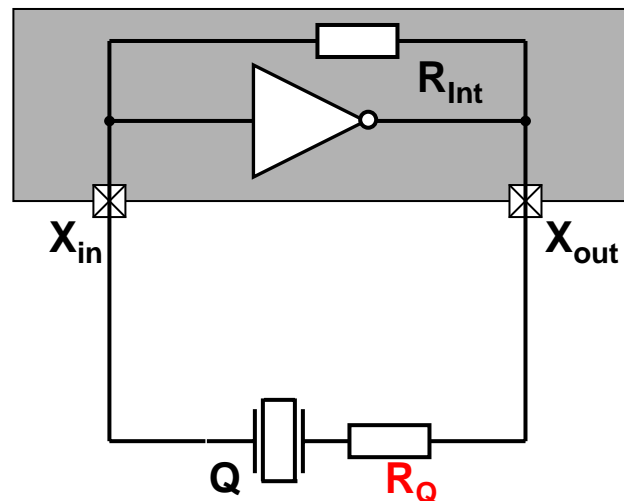
• HF モード

- 400kHz ~ 8MHz
- クリスタル、レゾネータに対応
- HF オシレータ入力可能
- HF OSC Fault

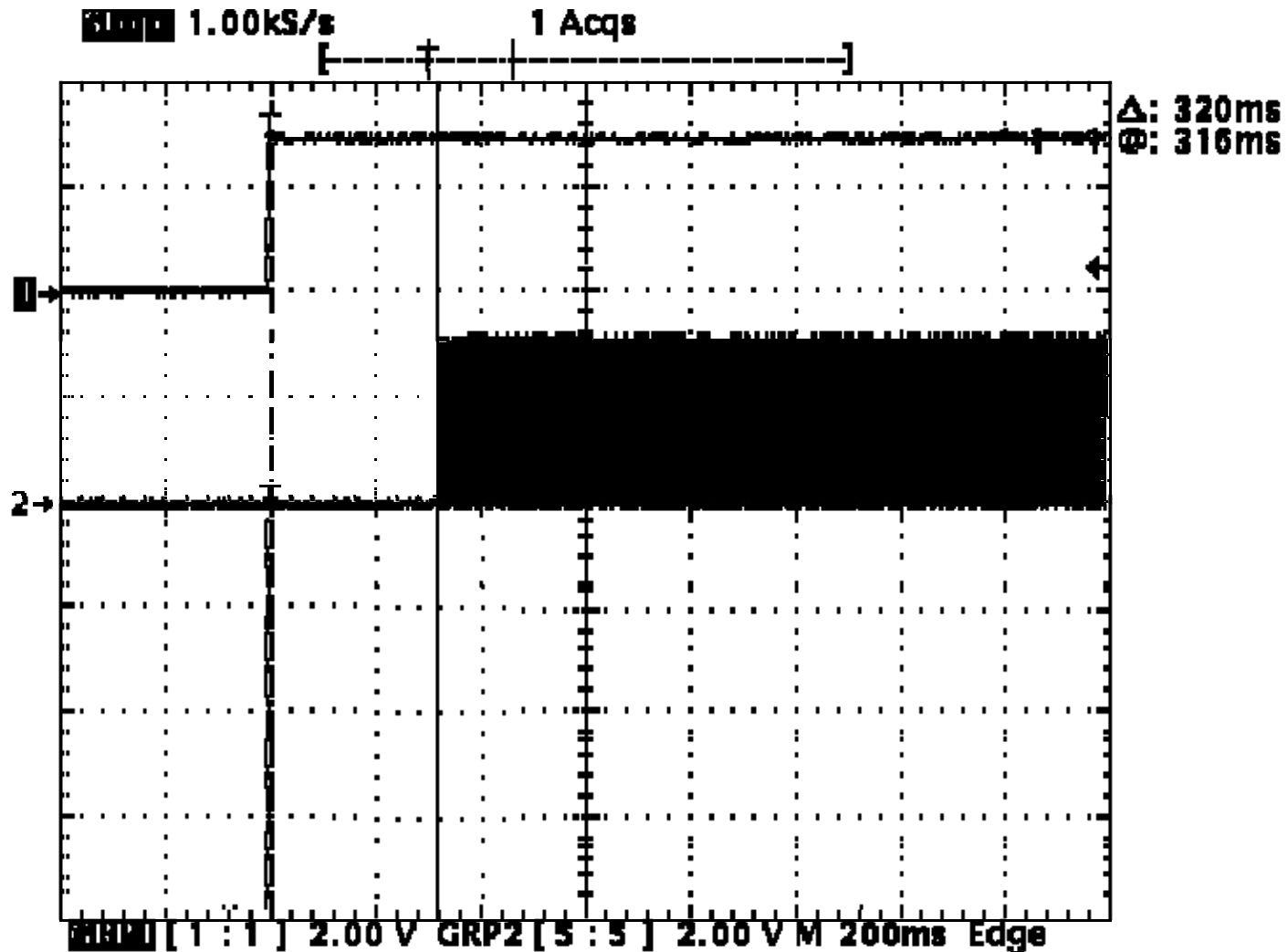


発振開始試験

- トラブルの多くはスタートアップ(発振)しないことです。
- 負性抵抗が大きく確保されていない場合、発振停止などの不具合が発生します。
- 負性抵抗 / クリスタルのESR(R_Q) > 5 倍以上



32kHz クリスタルの発振開始波形



クリスタル発振余裕度 (Oscillation Allowance)

基本

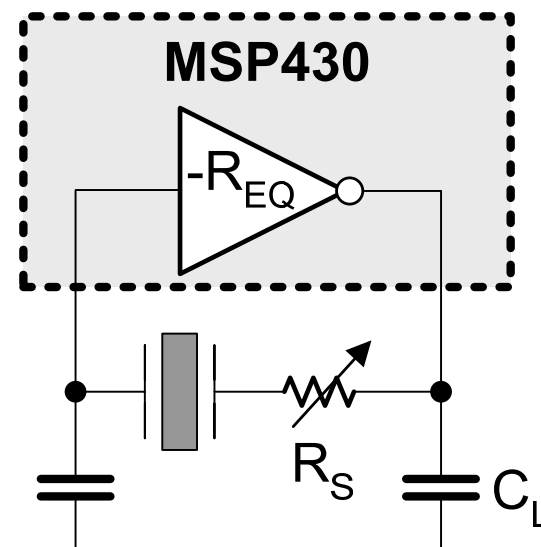
- クリスタルのESR値は、各製造メーカーから提供されています。
- 発振余裕度 OA は、負性抵抗($ESR + R_S$) / $ESR > 5$ 倍が目安です。
- お客様の最終基板にて、必ずマッチング試験を行って下さい。

LF クリスタル選択のガイドライン

- '1xx 32KHz ESR < 35k Ω , CL 10pF
Vcc<2.5Vの場合、5.1M Ω を
XoutとVss間に挿入して下さい。
- '4xx 32KHz ESR < 65k Ω , CL 6pF

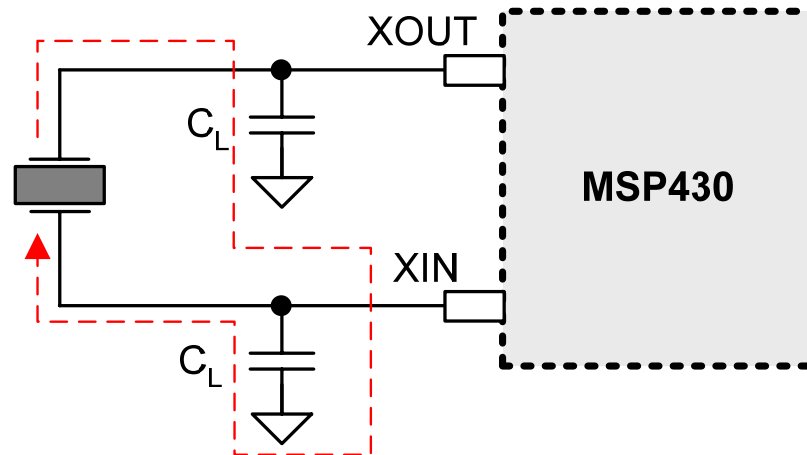
HF クリスタル選択のガイドライン

Frequency	Typical ESR	C _L
1MHz	1.7k Ω	15pF
2MHz	450 Ω	15pF
4MHz	110 Ω	15pF
8MHz	60 Ω	15pF



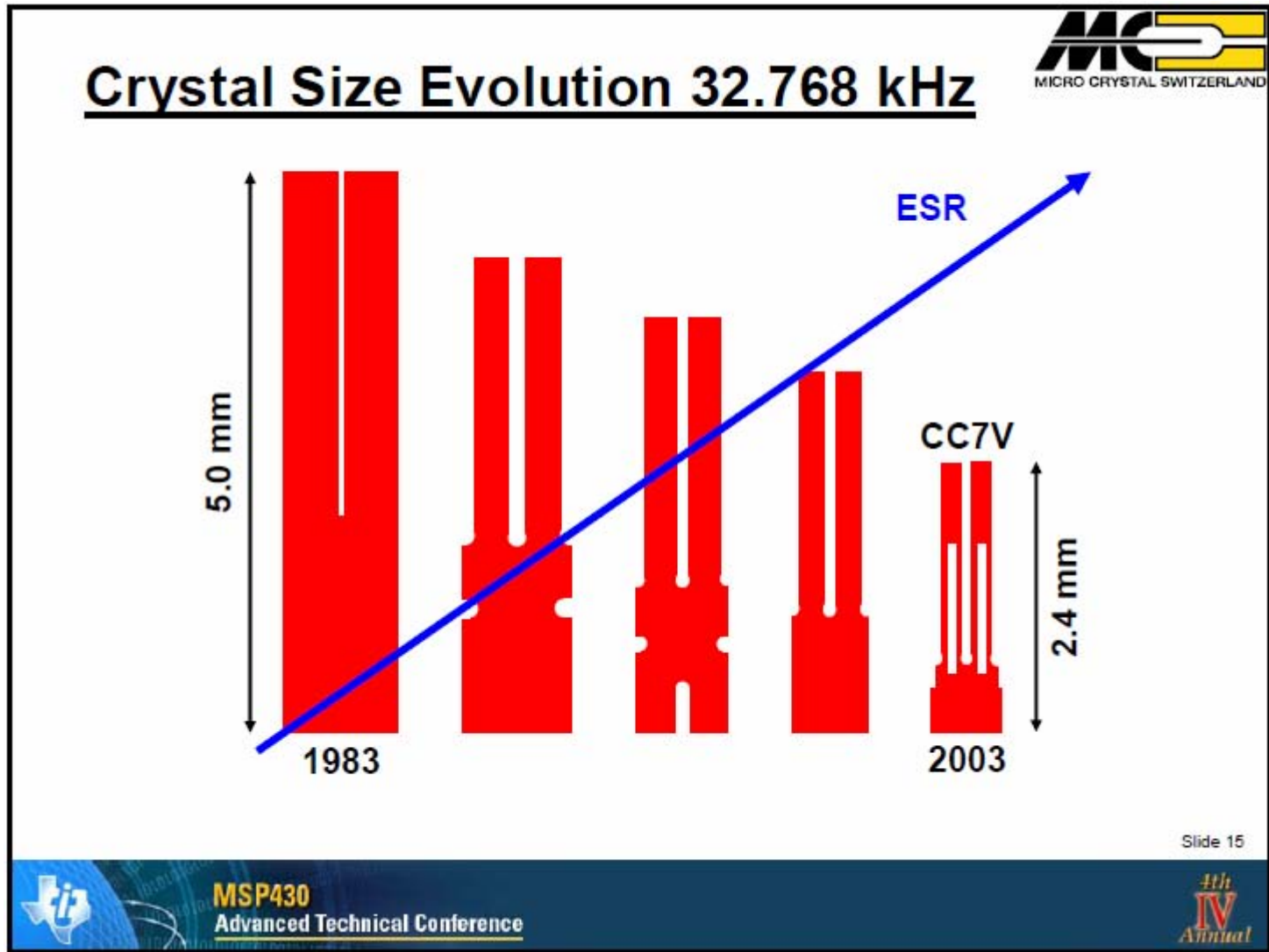
© 2007 Texas Instruments Inc, Slide 8

実効負荷容量 $C_{\text{EFFECTIVE}}$



- クリスタル・メーカーにより、推奨値が決定されます。
- 各負荷容量は、電氣的に直列に接続されています。
- $C_{\text{EFFECTIVE}} = \{C_{\text{XIN}} \times C_{\text{XOUT}}\} / \{C_{\text{XIN}} + C_{\text{XOUT}}\}$

ESR とクリスタルのサイズ

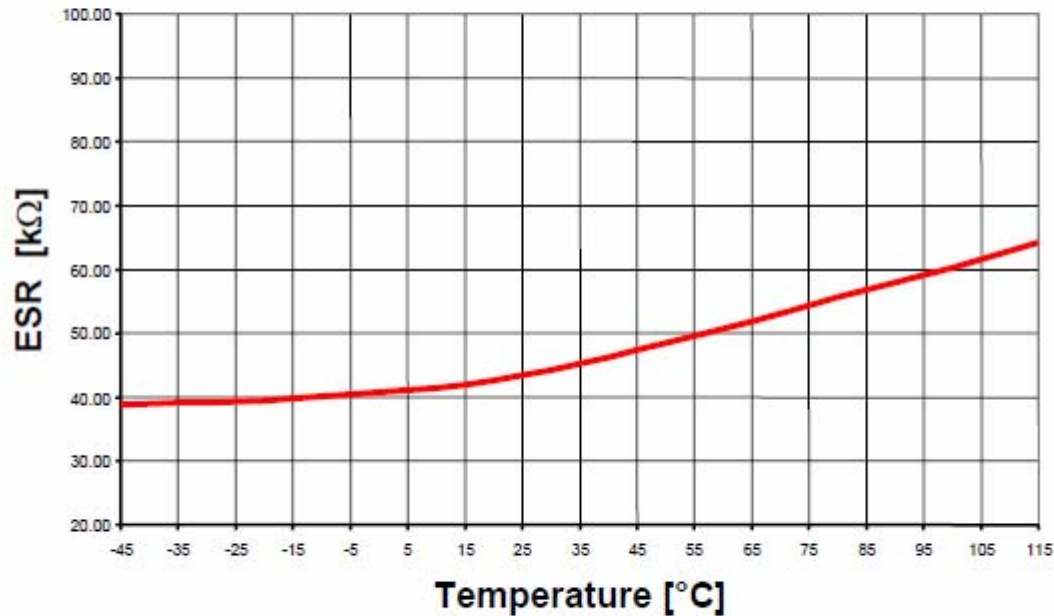


ESR 温度特性(例)



Why a Safety Margin is Needed?

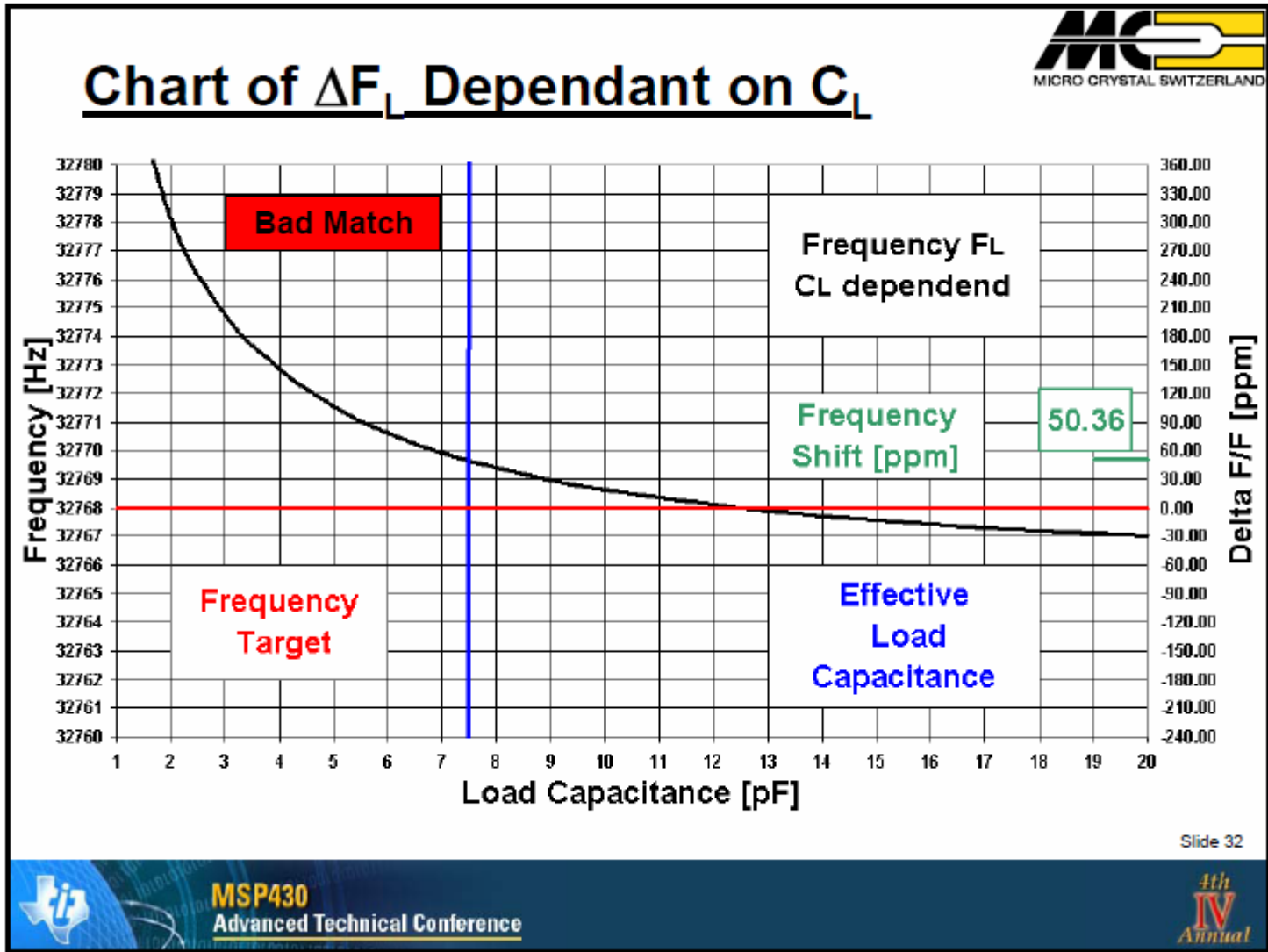
Crystal ESR vs Temperature



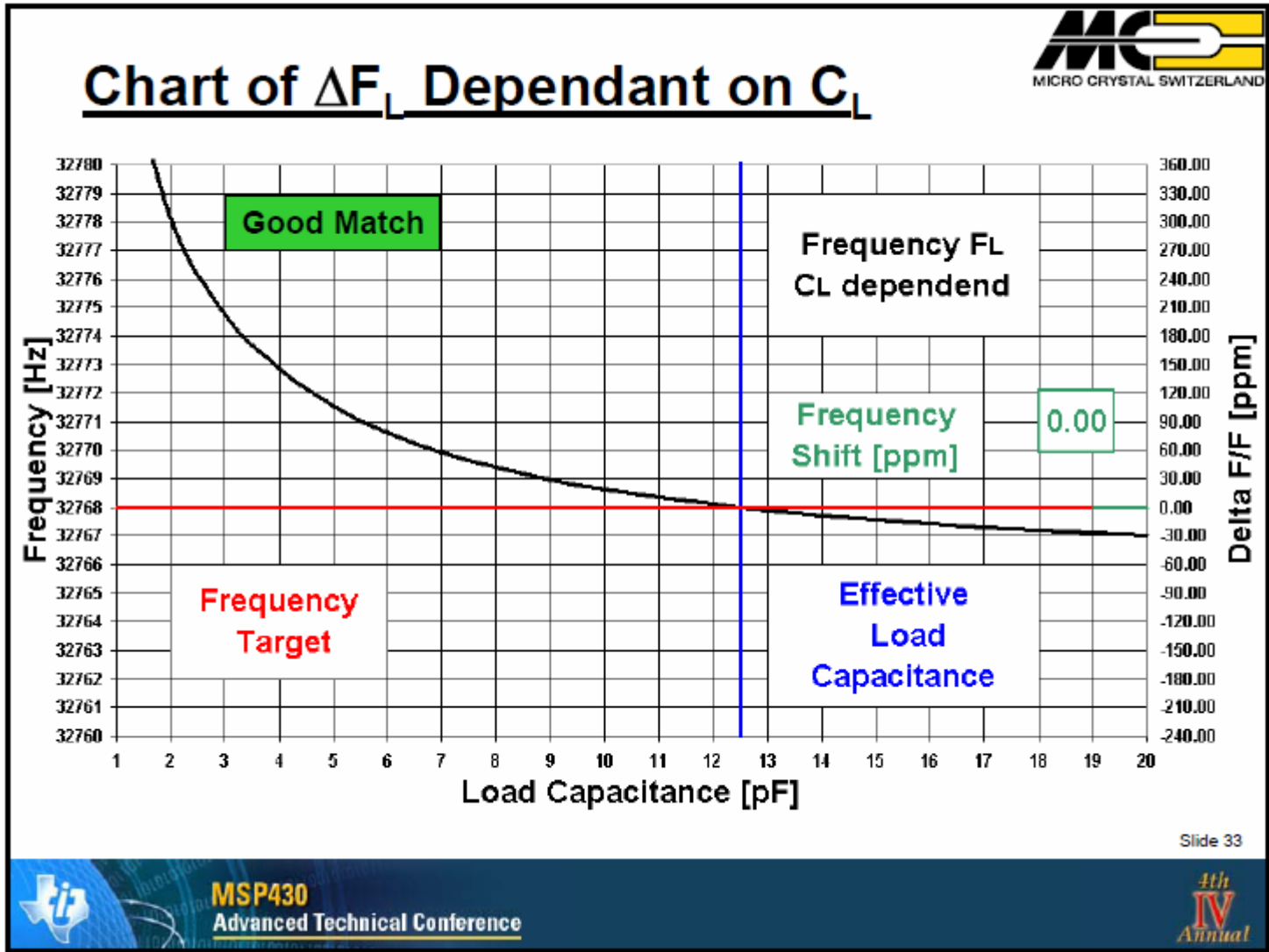
Slide 30



周波数マッチング



周波数マッチング



発振精度への影響要因

- クリスタル(水晶発振子):

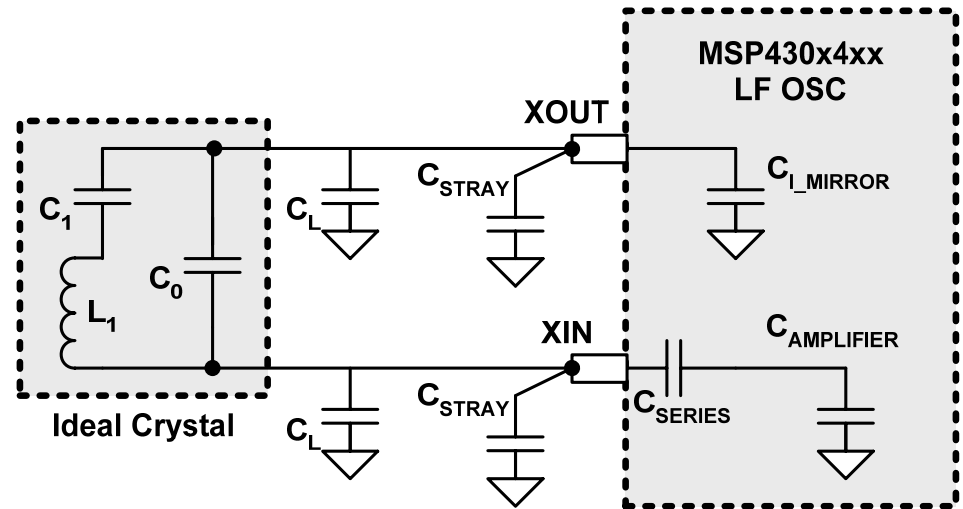
- デバイス毎のばらつき
- 温度特性
- 経時変化

- 基板:

- 外部負荷容量許容差
- 温度特性
- パターンによる浮遊容量

- MSP430:

- 発振回路容量
- ピンでの浮遊容量



MSP430 回路側での精度への影響

- MSP430 単独での発振精度誤差は、
 - クリスタルの特性にばらつきが全く無い
 - 理想的な外部負荷容量
 - 内部誤差をプロセス上、および温度変化を考慮してシミュレーション
- 6pF クリスタル: ~ +/-2.5ppm error (MSP430による)
- 12.5pF クリスタル: ~ +/-0.8ppm error (MSP430による)

Element	Description	Nominal Value	Tolerance
C_{STRAY}	Internal parasitic capacitance including contributions from bond wires, bond pads, ESD circuitry, and the oscillator circuitry	3 pF	+/- 10%
$C_{LMIRROR}$	Current mirror input capacitance	100 fF	+/- 10%
C_{SERIES}	Series capacitance used to reduce LFXT1 current consumption	1.5 pF	+/- 10%
$C_{AMPLIFIER}$	Oscillation amplifier input gate capacitance	63 fF	+/- 10%

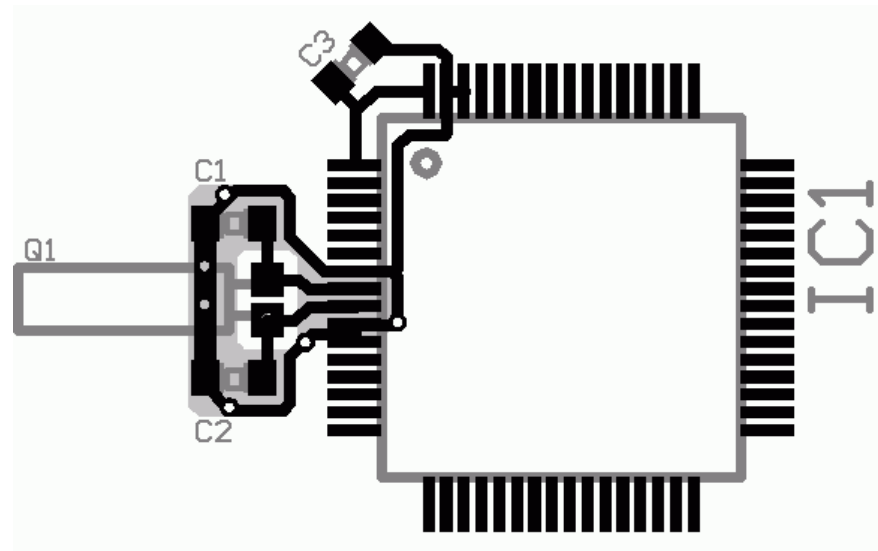
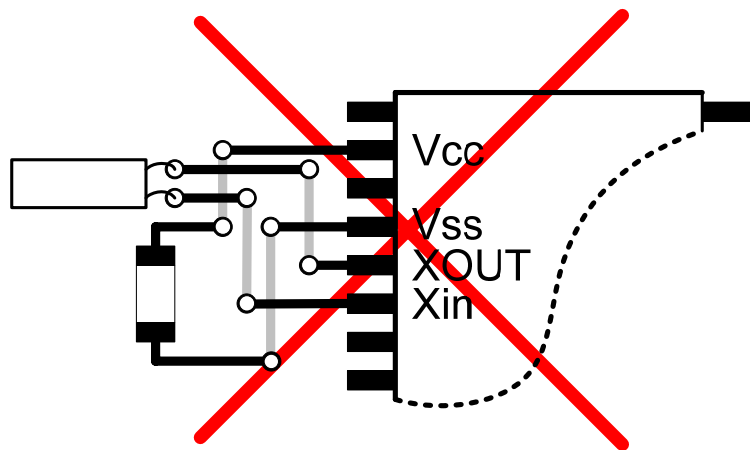
Lit# SLAA269 日本語

Lit# SLAA225

© 2007 Texas Instruments Inc, Slide 15

クリスタルのレイアウト

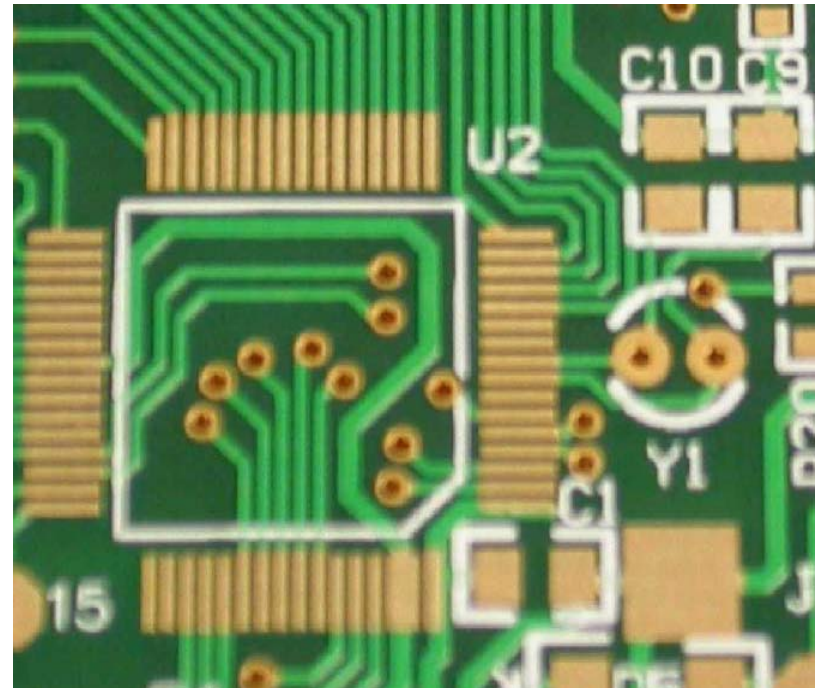
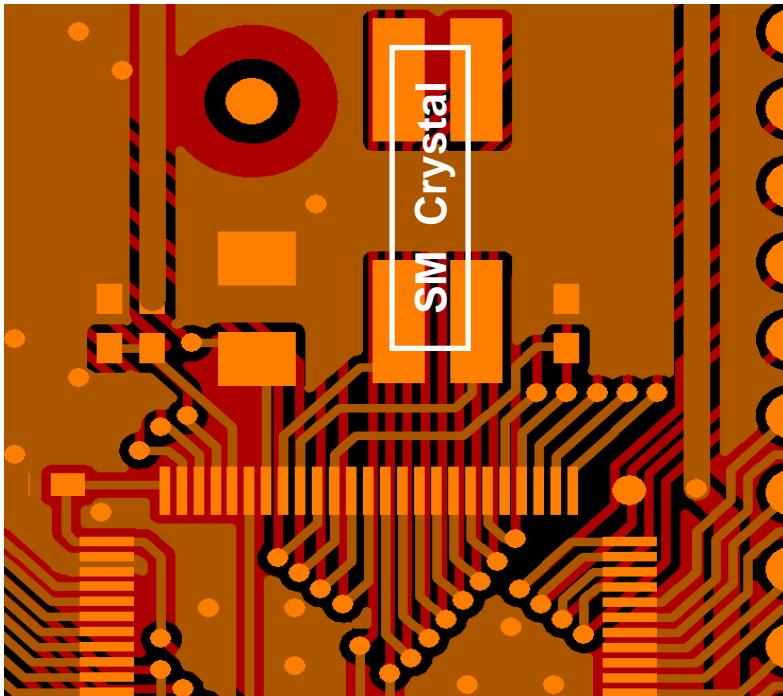
- できる限り MSP430 に近いところに配置して下さい。
- 短く結線して、下側にパターンが走らないようにして下さい。
- スイッチングしている信号源から出来るだけ離して下さい。
- クリスタルの缶をグランドに半田付けして、リードの周りをグランドリングして下さい。
- クリスタルの下側はグランドプレーンが適しています。



© 2007 Texas Instruments Inc, Slide 16

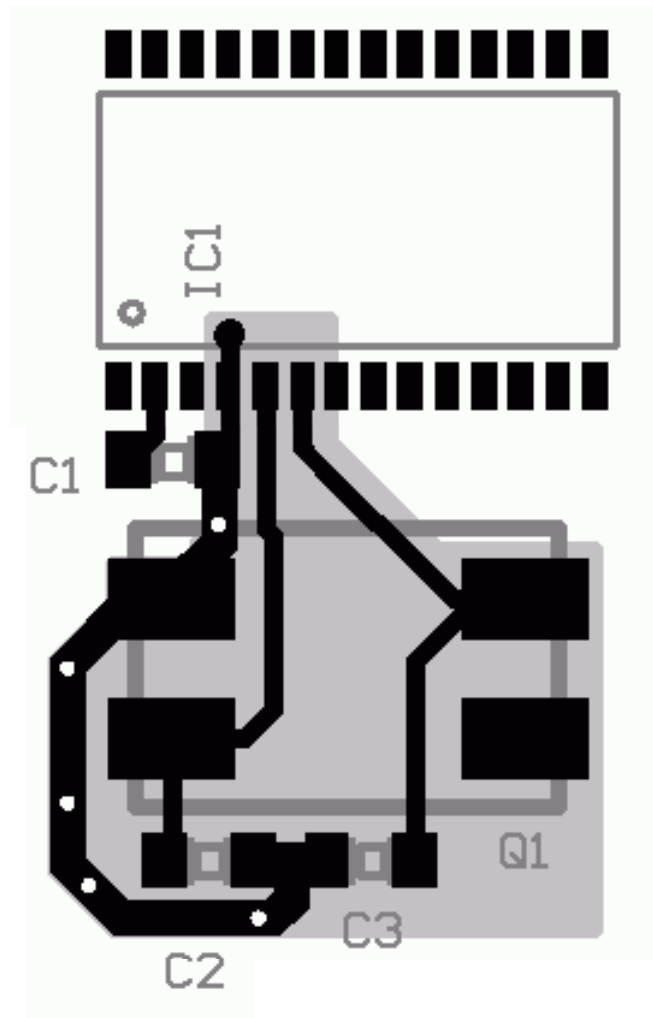
クリスタルのレイアウト例

- クリスタル信号 / グランド処理
- 部品の配置



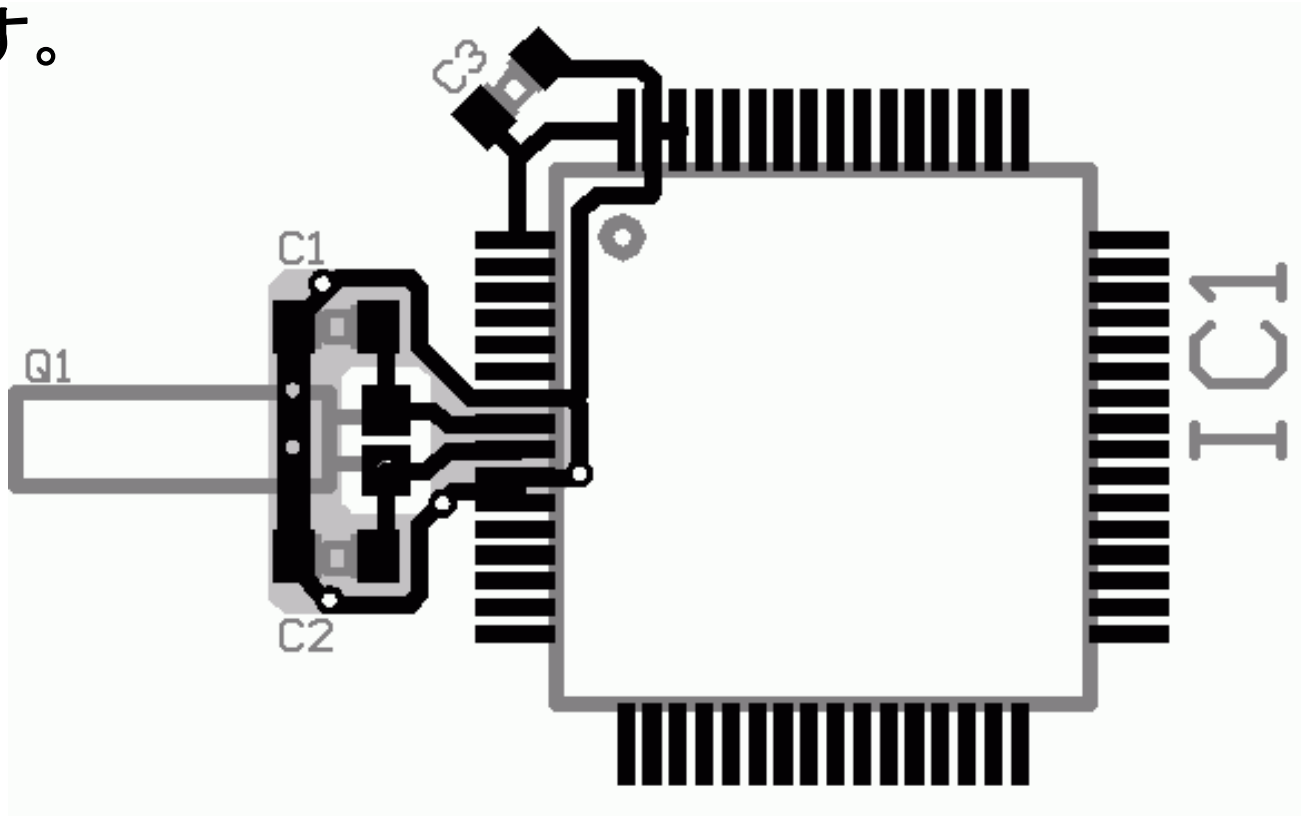
クリスタルのレイアウト例 - 28 ピン

- クリスタルをXIN/XOUT端子に、できるだけ近くに配置して下さい。
- クリスタル下側グランドと負荷容量のグランドはVss端子に接続して下さい。
- 負荷容量のグランドはできるだけ短く配線して下さい。



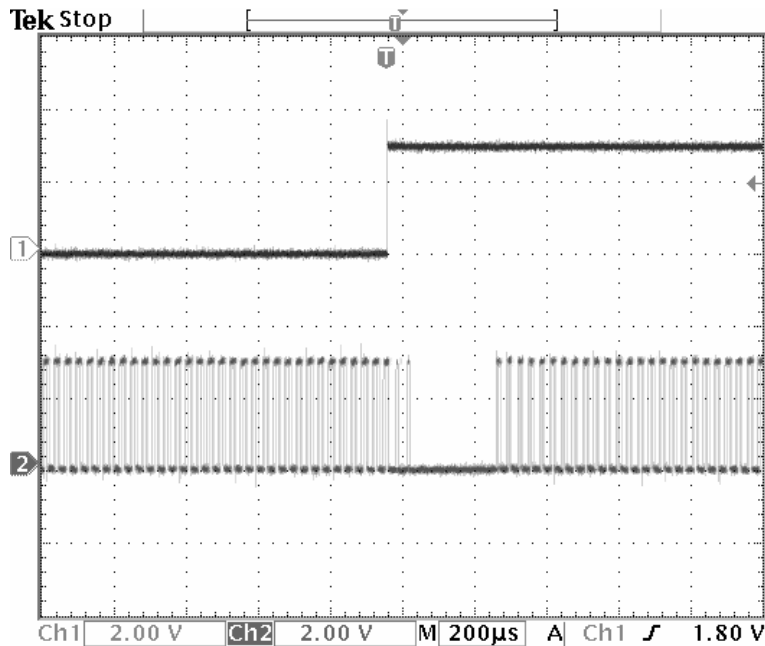
クリスタルのレイアウト例 - F41x

- 前述と同様にして下さい。
- NCピンをXIN/XOUT周囲へのグランド・リングとして利用できます。

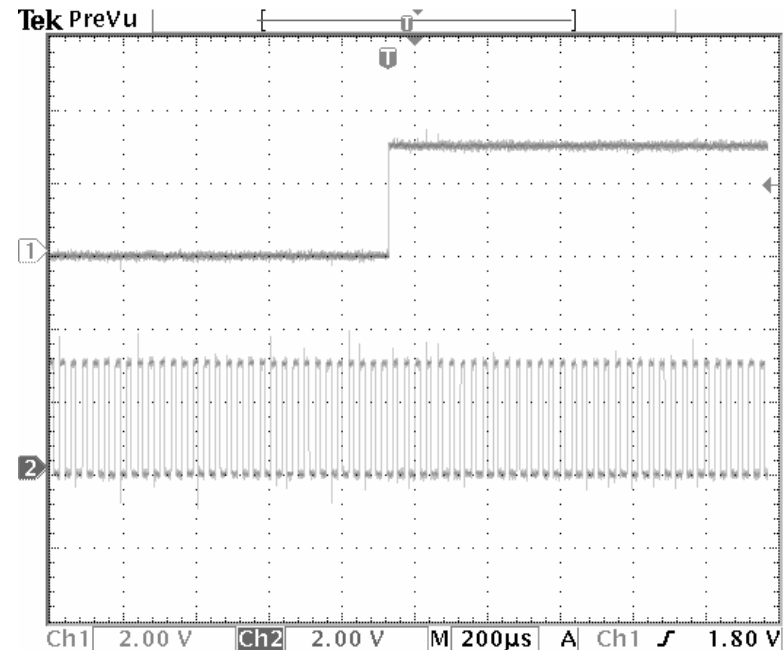


クリスタル発振のドロップ・アウト

- クリスタルの近くにスイッチングしている信号がある場合、ドロップ・アウトの原因になります。



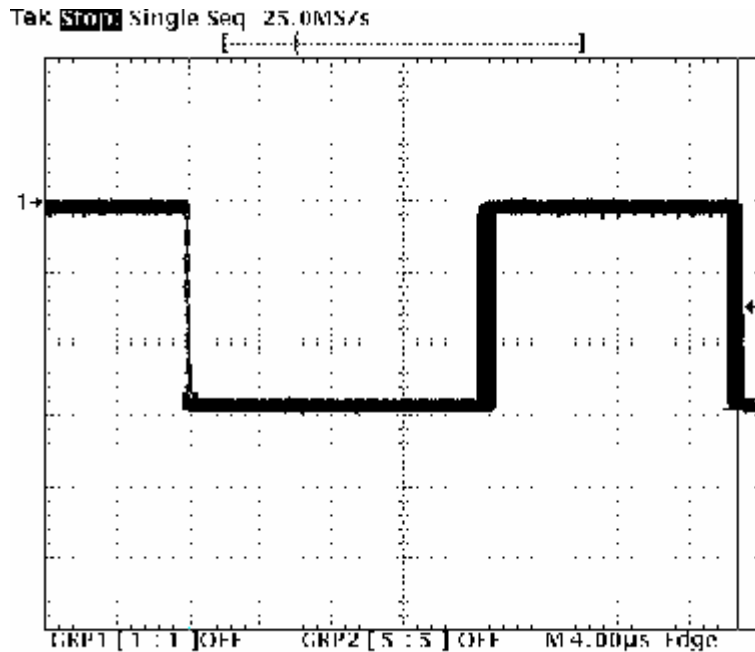
Poor Layout



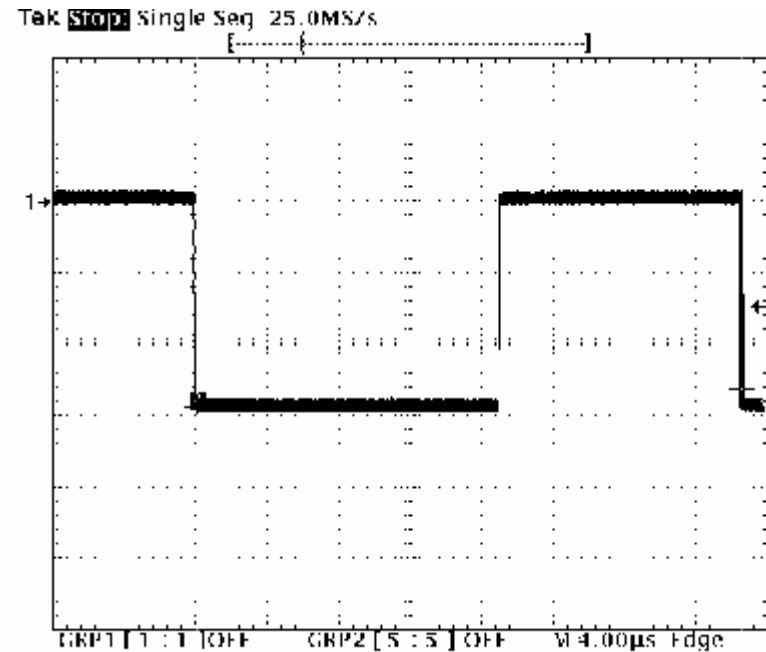
Good Layout

クリスタル発振のジッター

- 不適切なデザインは、ジッターの原因になります。



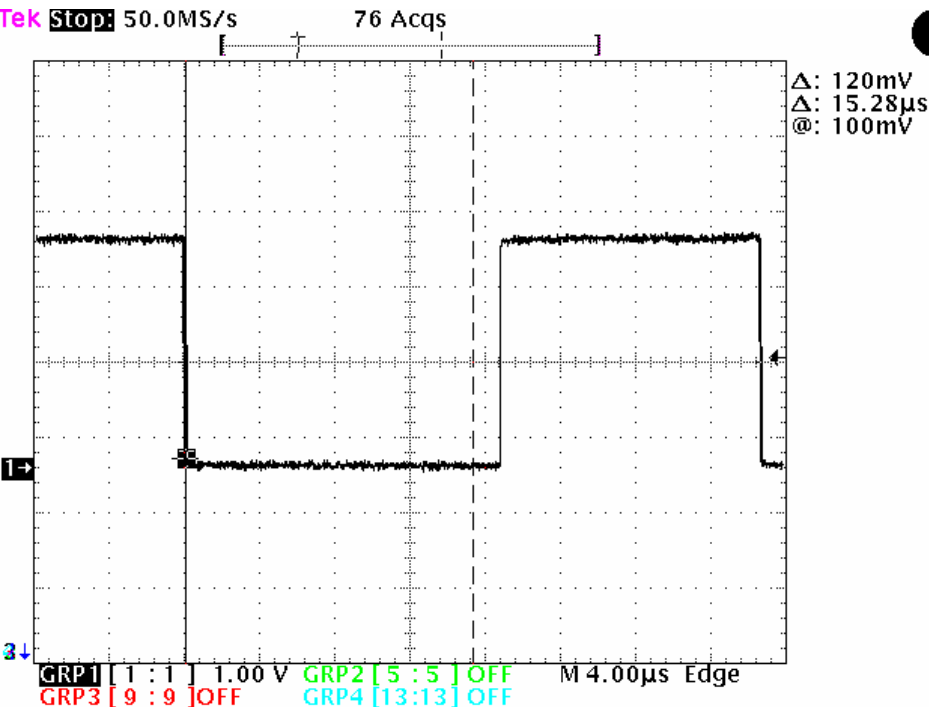
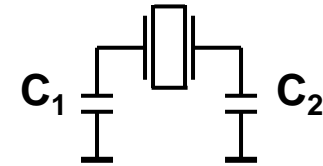
Poor Layout



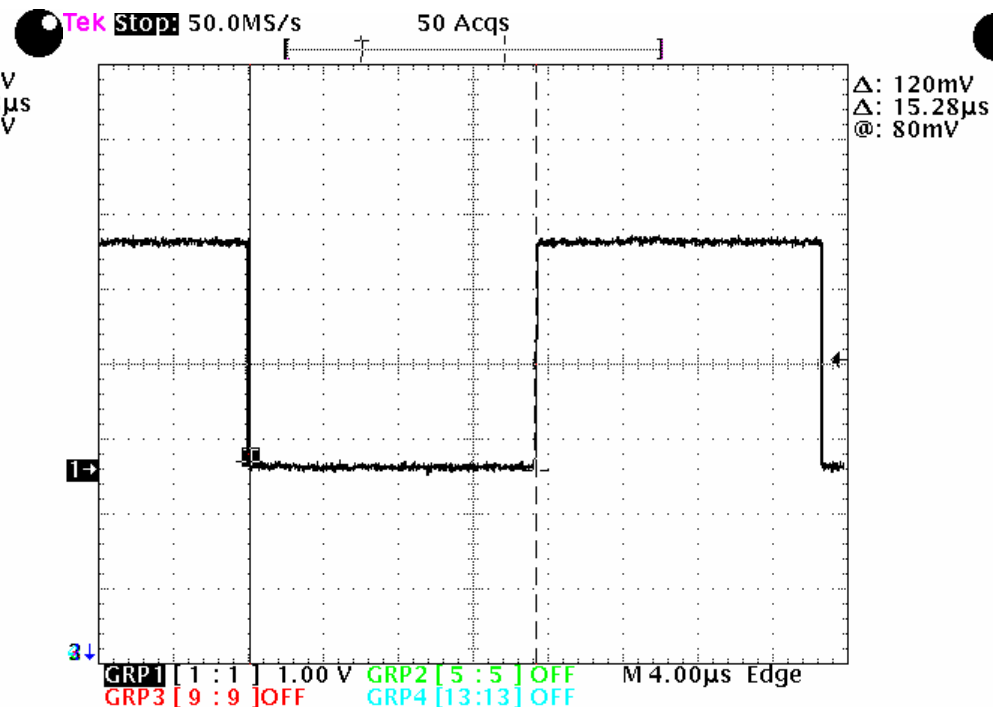
Good Layout

クリスタル発振のデューティ

- C1, C2の値を変えることにより、デューティが改善された例です。



Unbalanced



Balanced

安定起動と安定発振の要因

- 電源電圧 2V よりも 3V の方が有利
- 適切な基板デザインとアイソレーション
- 生産時のホコリや塵を防ぐ
- 環境要因とコーティング剤による影響
- クリスタルのESR値は、低いほど良い(35K– 50KOhms)
- **MSP430は低いドライブレベルのため、
96KHz 3rd 高調波での発振の危険性なし。**
- **CL 6~7pFクリスタルにより、より大きな発振余裕度を確保可能**
- **発振精度; CL 12.5pF では、誤差 ~ +/- 0.8ppm**
- **発振精度; CL 6pF では、誤差 ~ +/- 2.5ppm**
- **トレードオフ; 発振精度と発振余裕度**

まとめ 適切な 32.768KHz クリスタル選択の目安

X'tal CL値	7.0pF	12.5pF
-R 負性抵抗値	より大きい		
OA 発振余裕度	より余裕あり		
Accuracy 発振精度			有利
Rising Time 発振開始時間	約300ms		約1秒
CAPs 外部負荷容量	両端の各負荷容量は 4pF以上必要(内部0pF設定時)		

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従ひまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIJは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従ひ販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従ひ合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIJは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIJは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負ひません。

TIの製品もしくはサービスについてTIJにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIJは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIJは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIJがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されておられません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIJが特別に指定した製品である場合は除きます。TIJが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIJが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されておられません。但し、TIJがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TIJ指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIJは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。

前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

温度: 0 ~ 40 °C、相対湿度: 40 ~ 85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従ひ基板実装すること。

4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260 °C以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上