

**Design Note:**

**HFDN-30.0**

Rev.1; 04/08

---

---

**MAX3983 に適合する  
10Gbase-CX4 トランスミッタテンプレートの設計**

---

---



*Maxim Integrated Products*



## MAX3983 に適合する 10Gbase-CX4 トランスミッタテンプレートの設計

### 1 はじめに

ケーブルドライバ/レシーバMAX3983 は、自動/適応型イコライゼーション技術を使用せずに最大限のケーブル長が得られるように最適化したものです。MAX3983 の発売後に、新しい銅ケーブルのインタフェース規格、すなわちXAUI、InfiniBand、および 10Gbase-CX4 が出揃いました。MAX3983 はこれらに対する優れた選択肢ですが、デバイスのいくつかの特性はこれらの規格に適合していません。最も厳しい要件は、IEEE802.3 の 10Gbase-CX4 トランスミッタ出力テンプレートに存在します。ここでの考察は、CX4 トランスミッタテンプレートの要件に適合するのに役立ちます。いくつかの受動部品を追加することによって、高性能なMAX3983 は、この厳密なテンプレートに適合します。MAX3983 銅ケーブルドライバ/レシーバの詳細については、マキシムのデザインノートHFDN-27.0 およびMAX3983 のデータシートを参照してください。どちらも以下のウェブサイト、<http://japan/maxim-ic.com/>から入手可能です。

### 2 伝送要件

10Gbase-CX4 では、ケーブルトランスミッタの過渡応答がテンプレートの上限と下限の範囲内に収まる必要があります。このテンプレートは、遷移時間、プリエンファシスレベル、ピークトゥピーク電圧、ロジック 1 と 0 の電圧、およびリングや反射などの収差による影響を同時に把握できるように考案されました。MAX3983 は、プリエンファシスを調整可能ですが、電圧スイングや遷移時間は調整可能ではありません。これらはすべて、10Gbase-CX4 テンプレートに出力波形が適合しているかどうかを決める要素になります。図 1 は、2004 年 2 月にリリースされた 10Gbase-CX4 規格に記述されたテンプレートです。

図 2 は、テンプレートの限界に近いものの、それよりも大きなプリエンファシスの設定値を使用して、MAX3983 トランスミッタがどの程度テンプレートに一致するのかが示されています。

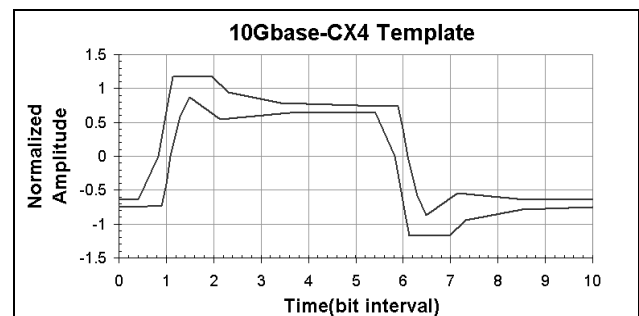


図 1. IEEE802.3 の 10Gbase-CX4 によって規定された上限と下限

図 2 で使用した MAX3983 のプリエンファシス設定は TXPE1=ロジック 0 および TXPE0=ロジック 1 です。これで約 6dB の補償が得られます。言い換えると、ロジック 0 対ロジック 1 の電圧に対するピークトゥピーク電圧の比は、2:1 になります。ピークトゥピーク電圧にはわずかな超過がありますが、遷移時間を遅くしてピークトゥピーク電圧を低減することで限界内に収めることが可能です。

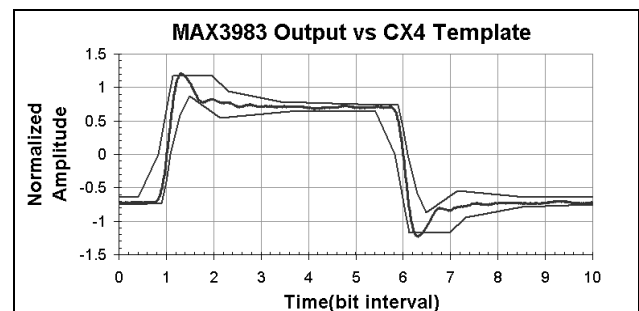


図 2. MAX3983 のトランスミッタ出力(修正なし。PE=6dB)と、10Gbase-CX4 テンプレートとの比較

### 3 設計手法

適合への第 1 段階は、遷移時間の調整です。10Gbase-CX4 で許される最小(最速)遷移時間は 60ps ですが、MAX3983 の遷移時間はチップにおいて約 35ps です。チップとケーブルコネクタ間に損失の多い伝送ラインを導入すれば、遷移時間を 60ps まで長くすることができます。ただし、これは過度に長くなる可能性があり、基板面積が重要な場合には問題を生じることになります。ここでの考察では、1.5 インチの FR4 伝送ラインが含まれており、時間は 50ps まで長くなりますが、さらなる延長が必要です。単にシャントコンデンサを配置するだけでは解決しません。これによって、出力リターンロスが完全に損なわれることになるため、実際には新しい問題が生じることになります。これについては、10Gbase-CX4 の文書にて慎重に規定および管理されています。シャントコンデンサを配置した状態で、差動出力のそれぞれ片方に直列抵抗を追加することによって出力インピーダンスが回復されます。これによってさらに、出力ピークトゥピーク電圧が低減するという効果が追加されます。シャント C および直列 R のこの組み合わせを選択することで、許容可能なリターンロスを維持しながら、遷移時間と出力レベルを調整することができます。図 3 はこの概念を示しています。

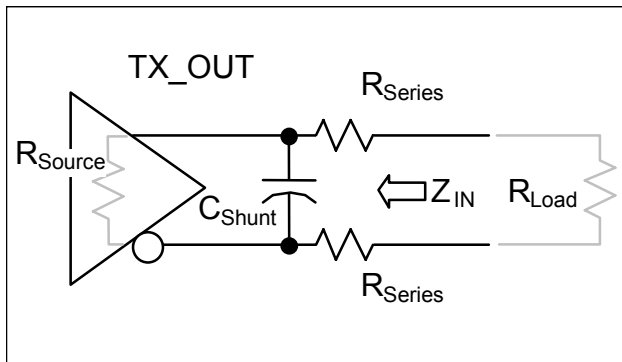


図 3. シャント C および直列 R を追加すると、許容可能な出力インピーダンスを維持しながら、遷移時間の増加およびピークトゥピーク電圧の低減が同時に行われます。

#### 3.1 シャント C および直列 R の選択

シャントコンデンサの選択は、アプリケーションの最小遷移時間(20%~80%)の要件によって決まります。MAX3983 はチップにおいて 35ps の遷移時間を生じます。1.5 インチの FR4 を追加した後、遷移時間は約 50ps になります。CX4 では、最小遷移時間が 60ps 以上であることが求められます。以下に示す式(1)は、初期値として適切な  $C_{SHUNT}$  を選択することができますが、すべての回路基板

の損失やその他の寄生リアクタンスは考慮されていません。

R の実用範囲は 10Ω~20Ω、 $C_{SHUNT}$  の実用範囲は 0.5pF~0.75pF です。

$$C_{SHUNT} = \frac{\sqrt{t_R^2 - t_{MAX3983}^2}}{2\pi R(0.2)} \quad \text{式(1)}$$

ここで

$t_R$  は、所望の 20%~80% のシステム遷移時間です。

$t_{MAX3983}$  は 50ps で、1.5 インチの FR4 を追加した後の MAX3983 の標準的な 20%~80% の遷移時間です。

R は、等価並列抵抗です。

$$R_{SOURCE} \parallel (2R_{SERIES} + R_{LOAD})$$

直列 R の公称値は、1.0GHz などの任意の周波数で正しく 100Ω のインピーダンスとなるように計算から導くことができます。

$$R_{SERIES} = \left( Z_{IN} - \left( \frac{1}{\frac{1}{R_{SOURCE}} + 2\pi f C_{SHUNT}} \right) \right) \div 2 \quad \text{式(2)}$$

ここで

$Z_{IN}$  は、周波数  $f$  での 100Ω の所望のインピーダンスです。

$C_{SHUNT}$  は、シャントコンデンサです。

$R_{SOURCE}$  は、100Ω のトランスミッタインピーダンスです。

$f$  は、 $Z_{IN}$  が 100Ω における周波数です。

抵抗  $R_{SERIES}$  は、インピーダンス不整合を軽減する以外にも遷移時間に影響を及ぼします。 $R_{SERIES}$  は、出力スイングの低減も行います。10Gbase-CX4 委員会は、1200mVpp における最大許容出力を定めました。MAX3983 は標準出力が 1500mVpp であるために、CX4 の 1200mVpp という最大出力に適合するように調整する必要があります。 $R_{SERIES}$  の値は、大幅なインピーダンス変化がない状態でも数Ω変動する可能性があるため、ピークトゥピーク出力をいくらか調整する必要があります。

## 4 結果

以下に示す表 1 は、さまざまな $R_{SERIES}$ と $C_{SHUNT}$ の値を使用した結果を一覧にしたものです。遷移時間は、0% 基準としてロジック 0、および 100% 基準としてプリエンファシスピーク(0 から 1 への遷移後)を使用して測定しています。

表 1. さまざまな $R_{SERIES}$ と $C_{SHUNT}$ の結果

$R_{SERIES}$	$C_{SHUNT}$	Peak-to-Peak Output	20%-80% Transition time
12ohm	0.51pF	1.25V	70ps
14ohm	0.62pF	1.20V	74ps
16ohm	0.75pF	1.14V	76ps
18ohm	0.86pF	1.08V	79ps
20ohm	1.0pF	1.02V	83ps

図 4 は、 $R_{SERIES} = 12\Omega$ および $C_{SHUNT} = 0.5pF$ の場合の CX4 トランスミッタのマスクと比較した MAX3983 の出力を示しています。これによって遷移応答は、最大許容プリエンファシスを出力しながら遷移時間とピークトゥピークの要件を満たしています。

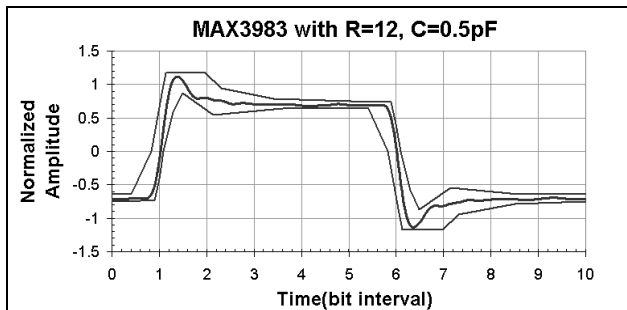


図 4. MAX3983 の出力は、外部 R および C を使用して CX4 の要件を満たします。

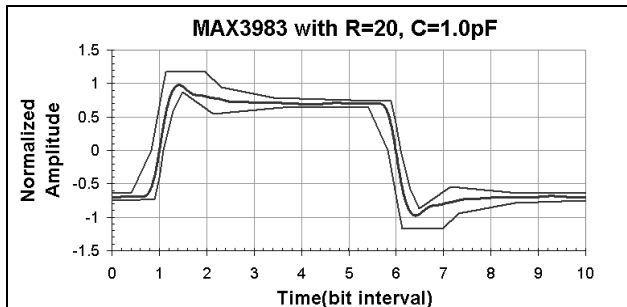


図 5. MAX3983 の出力は CX4 の要件を満たしますが、大幅にプリエンファシスを犠牲にしています。

図 5 は、適合した出力を示していますが、この場合、プリエンファシスが大幅に低減されています。ほぼ 2dB のプリエンファシスとそれに関連する損失補償を切り捨てることでより適切な適合を得ています。明らかに、図 4 と図 5 は、遷移応答の実用的な調整の上限と下限を表しています。

CX4 テンプレートに適合するために用意されたいくつかの可能性において、適合するための最後の要件は出力リターンロスです。図 6 は、MAX3983 に追加された 4 つの $R_{SERIES}$ と $C_{SHUNT}$ の組み合わせによる出力リターンロスを示します。この例のすべてについて、15dB 以上のリターンロスが 2GHz 以下で測定されました。これは、CX4 で要求されている最小値の 10dB よりもかなり優れた数値です。

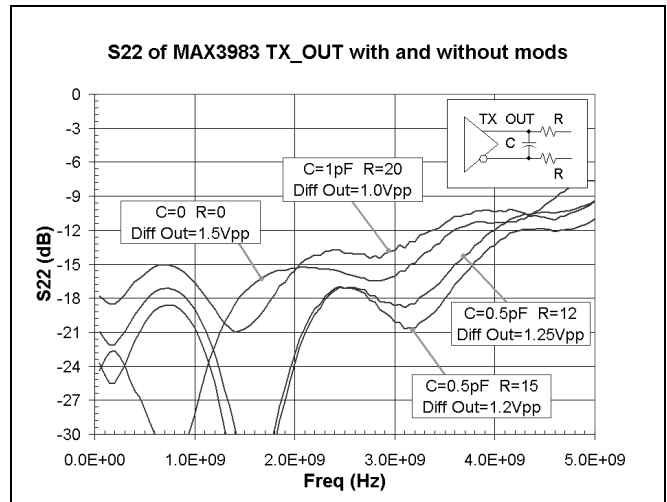


図 6. さまざまな値の $R_{SERIES}$ と $C_{SHUNT}$ における出力リターンロス

## 5 結論

MAX3983 は、さまざまなアプリケーションで使用することのできる汎用ケーブルイコライザです。ここで取り上げた設計方法は、過渡応答を微調整するための非常に簡単で効果的な方法です。明らかに、簡単な RC ネットワークだけで、MAX3983 のトランスミッタの遷移応答を 10Gbase-CX4 に適合させることができます。