

Design Note:

HFDN-39.0

Rev. 2; 04/08

**ピーキング部品を追加した MAX3967A を使用して
低速 LED の速度性能を改善**

ピーキング部品を追加した MAX3967A を使用して 低速 LED の速度性能を改善

1 はじめに

このアプリケーションノートでは、LED のアイ品質とエッジ速度を大幅に改善する単純なシャントピーキング手法について説明します。長波の LED の使用は、コストが最も重要なパラメータとなる、低データレートで低電力のアプリケーションにとって特に魅力的です。このようなアプリケーションの例としては、光ファイバ分散データインタフェース (FDDI) のトークンリングや OC-3 SE/STM-1 (SR) インタフェースがあります。規定の電力範囲は、アプリケーションによって -8dBm ~ -20dBm の間で変化します。速度の要件は、立上り時間と立下り時間の仕様、適合マスク、または両者の組み合わせによって決定されます。

LED の駆動電流の要件を最小限に抑えてドライバ IC と消費電力の要件を軽減するため、LED 製造業者が妥協して、速度と引き換えに光パワーを得ることがあります。所定の駆動電流に対して光パワーを増加すると、デバイスの低速化を招く傾向があります。ときには、速度とパワーの過剰なトレードオフによって、遷移速度が所望の値よりも遅くなり、またマスクマージンが少なくなることがあります。ただし、ドライバ出力と LED の間に実装された受動部品を使用すれば、パワー低減を犠牲にして遷移速度を向上させることができます。ドライバが十分な変調電流を利用することができる限り、これは妥当なトレードオフになりえます。

2 MAX3967A のドライバ

MAX3967A は、最大 270Mbps のデータレートで動作する光ファイバトランスミッタ用のプログラマブル LED ドライバです。この回路には、プログラマブル温度係数 (tempco) 付きの高速電流ドライバ、LED のプリバイアス電圧の調整、およびディセーブル機能が組み込まれています。回路は PECL データ入力に対応し、+2.97V ~ +5.5V の単一電源で動作します。

SFP LED ドライバは、最大 100mA を標準的な高速発光ダイオードに流すことができます。変調電流は単一の外付け抵抗器でプログラムされます。デバイスの変調電流は、温度が上昇するにつれて、2,500ppm/°C ~ 12,000ppm/°C にプログラム可能な tempco によって増大します。

大きな変調電流の機能によって、MAX3967 は、駆動を引き換えに応答時間を改善するための優れた候補となります。

3 ピーキングのない場合の性能例

MAX3967A の EVKIT 上に、所望の速度特性よりも遅い特性を示す LED を実装しました。EVKIT の説明書に記載された方法¹に従いました。駆動電流を約 100mA に設定しました。図 1 に、OC-3 の 155.25Mbps データレートにおけるフィルタなしのアイを示します。アイ品質は良くても最低限で、立下り時間が非常に遅いことが明らかです。立上り時間と立下り時間は、それぞれ約 2.5ns と 4.5ns です (10 ~ 90%)。

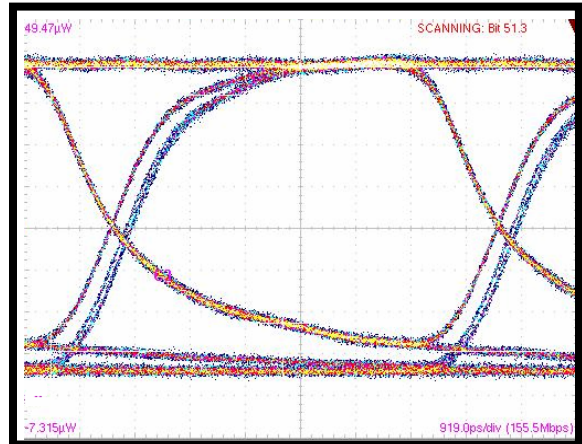


図 1. OC-3 アイダイアグラム (フィルタなし、ピーキングなし)

図 2 に、OC-3 マスクを重畳して、対応するフィルタを用いたアイを示します。示されるマスクマージンはわずか 5%です。立下りエッジが緩やかな後尾であることは、フィルタを用いたアイの場合ですら非常に顕著です。EVKIT に用意されたジャンパ(PB1、PB2、および PB3)を使用してプリバイアスを調整しても、アイの全体的な形状にはほとんど効果はありません。アイの立上りエッジの二重化が顕著ですが、これは立下り時間が遅いことによるものです。

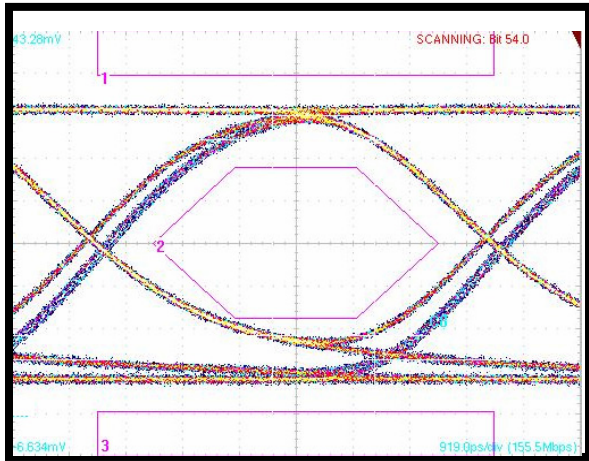


図 2. OC-3 アイダイアグラム(フィルタあり、ピーキングなし)、5%のマスキングが見られます。

立上り時間に比べて立下り時間が遅いことは、LED の動作抵抗が駆動電流とともに変化するという事実に関連していると思われます。LED をオフにすると、光出力と電流は減少し始め、動作インピーダンスが増加します。この影響によって、LED 内部の接合容量の放電に伴う減衰時定数が増大する傾向があります。オン状態とオフ状態でのドライバのインピーダンスの変化も立上りと立下りの相対時間に影響を及ぼす可能性があります。

4 シャントピーキング

シャントピーキングは、図 1 および図 2 に示すように、LED の立上り時間と立下り時間の性能を改善するために使用することができる方法です。図 3 に、シャントピーキングの基本概念を示します。回路の主要な部品は、インダクタ L_p と抵抗 R_p です。コンデンサ C_b は、LED が短絡しないように DC ブロックを設けるために必要です。

AC 結合ピーキング回路を使用すると、アイ品質が改善される一方で、消光比の低下を招きます。この問題に対処するため、抵抗 R_s によって、ピーキングネットワークを通過する電流の帰路を設けています(これが

なければ、OUT+をオフにしたとき、電流は LED を通り抜けます)。

L_p および R_p の値は、LED の応答時間と動作インピーダンス、および立上り時間の改善をどの程度希望するかによって左右されます。 L_p と R_p の最良値は、計算と実験を組み合わせることによって得られます。 L_p/R_p 比は、まず LED の立下り時間を測定することによって推定することができます(立上り時間と立下り時間では、立下り時間の方が遅いと想定されます)。

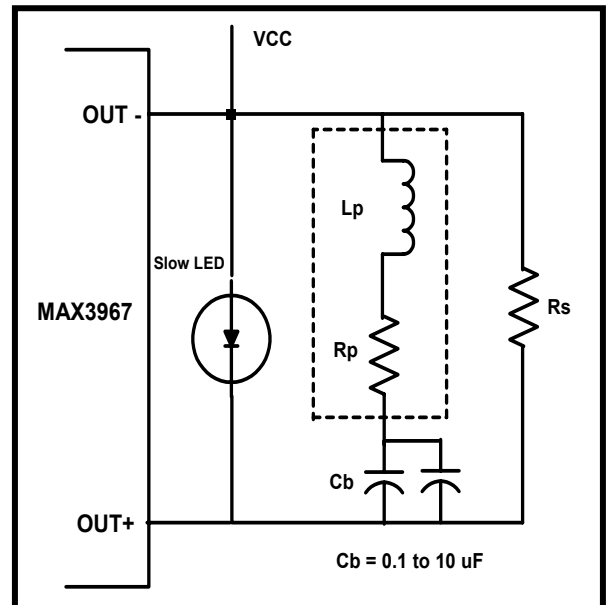


図 3. MAX3967A を用いたシャントピーキングネットワーク

図 1 に示した LED の立下り時間 t_f は約 4.5ns です。この立下り時間の改善を開始するには、まず L_p/R_p の商を立下り時間と等しい値に設定する必要があります。

$$t_f = \frac{L_p}{R_p} \quad (1)$$

ここで、 t_f は「90%～10%」での非補償の立下り時間です。

式 1 には、2 つの未知数があります。 L_p と R_p の最良値を得るには、さらなる情報が必要です。

5 設計手順

R_pの値の選択

R_pの値は、LEDの動作インピーダンス(電流とともに変化)と、所望の立下り時間によって左右されます。これに対処する最良の方法は、ピーキングと引き換える駆動電流の量を決めることです。この例では、図4に示すように、駆動電流の約20%をピーキングに割り当てて、どのような速度の改善が見られるかを調べることにしました。

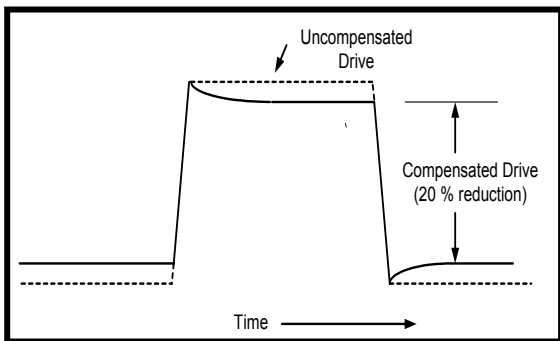


図4. 利用可能な駆動電流の約20%を使用してピーキングを生成

必要な R_p の値を求めるには、LED の動作インピーダンスの推定値が必要です。この値は、デバイスの構造および瞬間的な動作電流に依存します。通常、1桁の低い値をとります。動作インピーダンスの正確な値を求めることは、このアプリケーションノートの範囲を超えます。

最良の手法は、値を推定し、R_p と L_p の値を計算し、結果を測定し、次に十分なアイが得られるまでこれを繰り返すことです。この例で使用した LED の場合、有効な動作インピーダンスの推定値を 3Ω としました。これを出発点として用いると、以下の式から R_p を計算することができます。

$$R_p = \frac{(1-k)R_d}{k} \quad (2)$$

ここで、

k = ピーキングに使用する駆動率で、値は 1 未満です。

R_d = LED の動作抵抗の推定値

R_p = シャントピーキング抵抗器の値

k に 0.2 (20%)、R_d に 3Ω の値を使用して R_p の値を求めると、12Ω という値が得られます。

L_pの値の選択

R_p がわかれば、式 1 を用いて L_p を求めることができます。t_f = 4.5ns を用いて L_p の値を求めると、54nH という値になります。

6 ピーキング部品の実装

ピーキング回路を実際に示すため、MAX3967A EVKIT を使用しました。図 5 に、LED TOSA を基準にしてピーキング部品を実装した部分の写真を示します。図 6 に、 R_S の位置を示します。

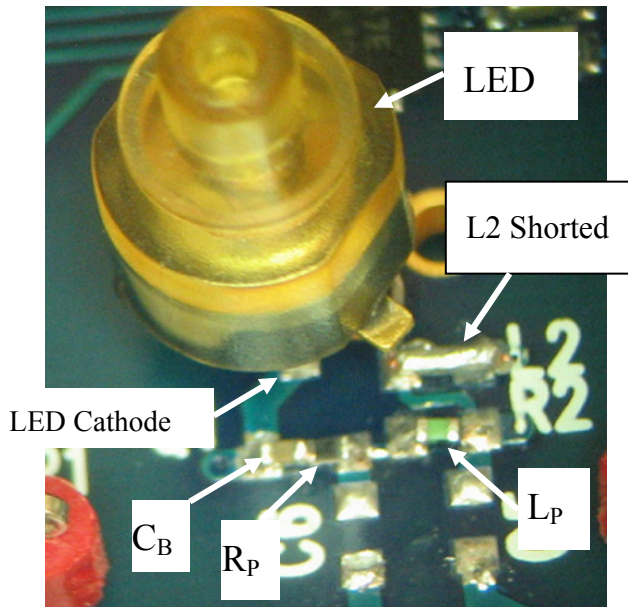


図 5. R_P 、 L_P 、および C_B の位置を示す MAX3967A EVKIT

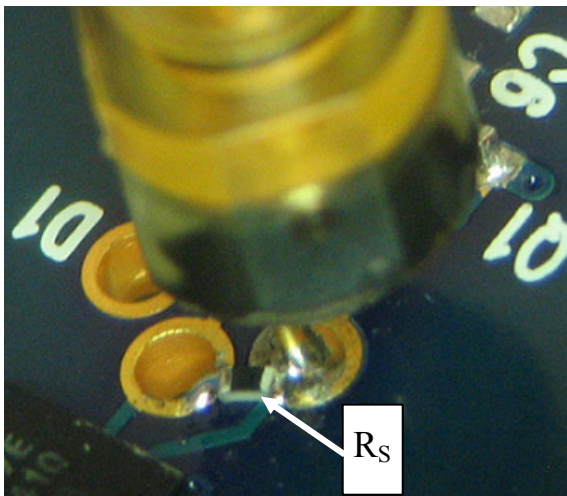


図 6. LED を基準とした R_S の位置

7 結果

L_P と R_P は推定値であるため、複数の値を試しました。試行錯誤の結果、 R_P は 11Ω 、 L_P は 47nH という値にたどり着きました。これらの値によって、速度、オーバーシュート、およびマスクマージンという点で、全体的に最良のアイが得られると考えられます。

L_P と R_P を調整することによってアイが最適化されると、 R_S を実装して調整することで、所望の消光比を得ることができます。 R_S の値を増加すると、消光比が低下します。この例における R_S の値は 82Ω でした。図 7 に、フィルタなしのアイの結果を示します。

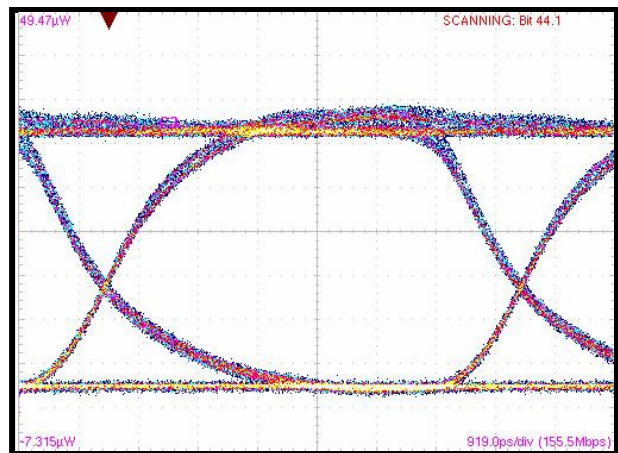


図 7. ピーキング部品を追加した、フィルタなしのアイ

結果から、立上り時間と立下り時間がそれぞれ約 2.2ns と 2.8ns に改善されたことがわかります。最も大きな改善が見られたのは、立下り時間で(約 1.7ns の変化)、より対称的なアイが得られました。ピーキング部品を用いて得られたアイの振幅は、図 1 に示す非補償のアイに比べて、約 20%低下します。これは、 $k = 0.2$ (元の駆動電流の 20%をピーキングに割り当てる)によって設定された目標値に一致します。

図 8 に、OC-3 のマスクを重畳して、フィルタを用いたアイを示します。

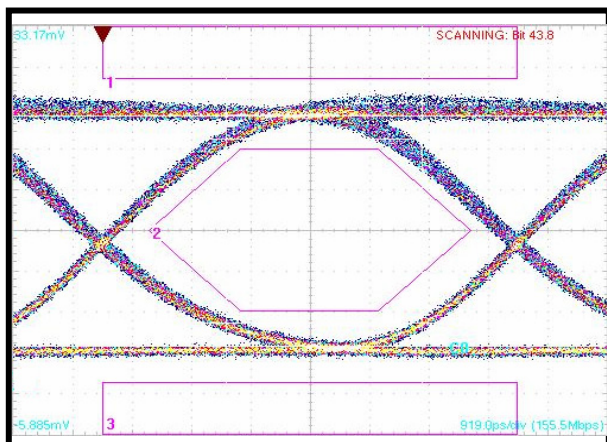


図 8. ピーキング部品を追加して、フィルタを用いたアイ

マスクマージンは 25%以上に増大します。これによって、アイはより対称的になり、立上りエッジの二重化が大きく低減されました。

8 結論

遷移速度とマスクマージンという特性によって表される LED のダイナミック性能は、駆動電流の適度な割合と引き換えにピーキング電流を得ることによって改善が可能です。単純な L-C シャントピーキング回路を追加することによって、アイの対称性を改善し、マスクマージンを 5 倍に増大することが可能です。MAX3967A は、高駆動電流機能を備えているため、このアプリケーションに最適です。

¹ MAX3967AEVKIT ドキュメント一式