

DESIGN SHOWCASE

+3.3V単一電源動作の622Mbps レーザダイオードドライバ

光ファイバ通信システムが家庭内でも利用され始める状況が続く中で、装置メーカーは従来以上に製品の消費電力を低減する必要性に迫られています。電源電圧の必要条件を+3.3V単一電源まで低電圧化することが、全てのシステムに共通してその消費電力全体を大幅に改善させる上で1つの効果的な手法であることは明確です。しかし、+3.3V単一電源環境で動作し、しかもSDH/SONET通信に特徴的な厳しいジッタ及び光伝送仕様に適合するレーザトランスミッタを設計するには困難な課題を解決する必要があります。

高電流仕様、高速スイッチング機能、そしてレーザのリードインダクタンスの全てが、+3.3V単一電源動作能力を達成する上で障害要因になります。マキシム社の完全+3.3V、622Mbps光ファイバ通信デバイスファミリ(図1)の一部である新製品のMAX3667レーザドライバは、これらの課題を解消するとともに、独自の解決法を提供します。

通信の分野では、-40 +85 の動作温度範囲が適用されます。この動作温度範囲でレーザダイオードに要求されるスレッショルド電流は大きく変動します。-40 から+85 までの動作温度範囲でレーザのスレッショルド電流レベルが40mA以上も変化することは珍しいことではありません(図2)。

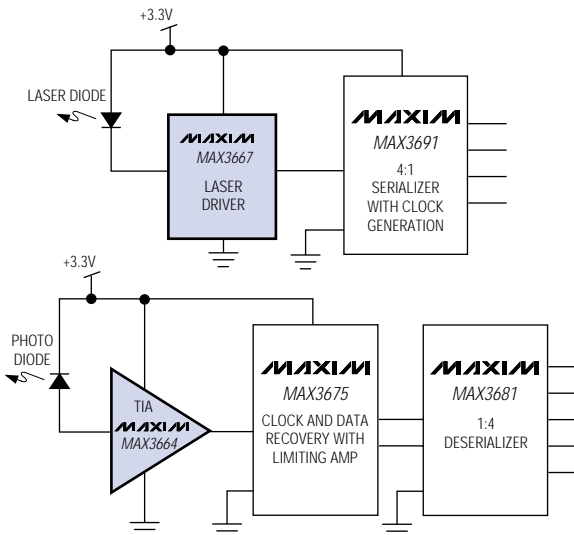


図1. マキシム社の+3.3V、622Mbpsチップセット

標準的な波長のFabry-Perotスタイルのレーザダイオードには、+1.2Vオーダのフォワードバイアス電圧が必要です。このフォワードバイアス電圧はレーザダイオードに関連したエネルギーギャップの関数として変化し、+1.6V以上の値になる場合があります。このフォワード電圧降下と+3.3V ±5%の単一電源仕様によって、レーザダイオードの出力段に残される全ての動作電圧は僅か+1.5Vに過ぎないという結果になります。この厳しい制約条件下で、レーザドライバはレーザダイオードをスレッショルドよりも高い電流レベルに設定するためのバイアス電流(I_{BIAS})を提供すると同時に、データ伝送用の変調電流(I_{MOD})も供給しなければなりません。バイアス電流仕様は60mAまでの電流レベルが一般的ですが、変調電流は伝送距離の必要条件に応じて60mAを超える場合があります。これらの仕様と同時に、SDH/SONETの伝送アイディアグラムだけでなく、厳しいジッタ発生仕様にも適合するだけの十分な高速性が出力信号に要求されます。

図3にレーザダイオード及びパッケージに関連したインダクタンスの関係を示します。この回路では、 $I_{BIAS} + I_{MOD}$ のトータル電流がレーザダイオードとインダクタンスの両方に流れなければなりません。

レーザドライバの出力における電圧降下のトータル値は $1.6V + L\Delta i/\Delta t$ です。622Mbpsアプリケーションの場合には、600ps(電気信号)以下の光エッジ速度が標準的なので、インダクタ間で $V_L=500mV$ までの高さの電圧トランジェントが追加発生する結果になります。 $V_L=500mV$ は下記の数式で求められます。

$$V_L = 5nH (60mA) / 600ps = 500mV$$

従って、レーザドライバに要求される出力電圧仕様は、 $+3.1V - 1.6V - 0.5V = 1.0V$ になります。

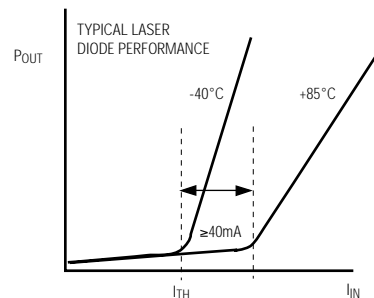


図2. レーザダイオードのスレッショルド対温度

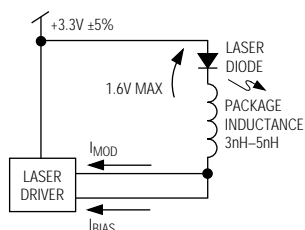


図3. レーザのDC結合回路

従来型のバイアス電流出力段は、このような厳しい動作電圧範囲内で動作する能力を備えたシンプルな電流ソースとして構成されます。これとは逆に、変調電流出力段は一般的にスイッチング差動ペアで構成され、ヘッドルームとして2つ以上の V_{BE} (ベースエミッタ間電圧)が必要になるので、このような低い出力電圧仕様で動作することが不可能です。このような問題を解決するためにMAX3667には、低く抑えられたヘッドルーム電圧範囲内で動作可能な高速電流ソース方式が採用されています(図4)。

レーザダイオードに関連して発生するDC電圧降下から出力段を絶縁することによって、電源電圧により近づけて I_{MOD} 出力を動作させることが可能になるので、ヘッドルームに関する制約条件がより一層緩和されます(図5)。

マキシム社のMAX3667レーザドライバには自己バイアシング用のプルアップ抵抗が内蔵され、しかもこのような技術の採用に伴って追加される負荷量に十分対応するだけの電流駆動能力を備えているので、 I_{MOD} 出力のAC結合が可能です。MAX3667から出力されるトータル変調電流は実際に100mA_{p-p}を超えています。31 の内部プルアップ抵抗、そしてレーザダイオードとの高速インタフェース時にその機能動作が期待されるダンピング及びマッチング抵抗によって、レーザダイオードにおいて使用可能なトータル変調電流が低減される結果になります。標準的な抵抗値を使用した場合、この電流は分割されて約60mA_{p-p}まで下がります。

変調電流のAC結合にはトレードオフの問題があります。信号経路の中にコンデンサを配置することにより、低周波数のカットオフがシステムに追加されます。SDH/SONET信号は非ゼロ復帰符合のデータストリームで構成されています。これらのシステムに対して標準的に期待される要求条件は、最大72個までの連続的な1又は0で構成される 10^{-10} のビットエラーレートを維持することです。この低周波数要求条件に加えて、

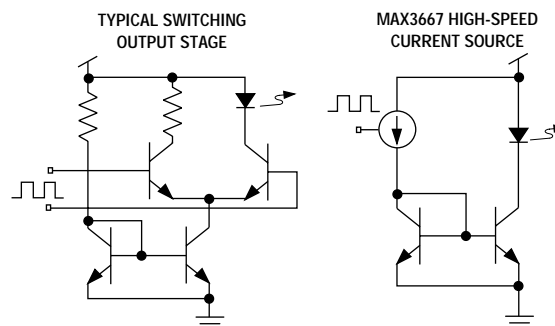


図4. 従来方式と異なるレーザドライバ出力段

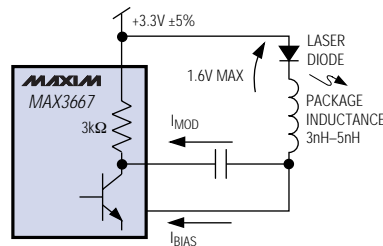


図5. AC結合変調電流

DCブロッキングコンデンサに関連した時定数が要因となって、レーザダイオードの出力におけるパターン依存ジッタ(PDJ)に大きな悪影響が及び可能性が高くなります。この時定数を考慮して、長い連続的なビットストリームに関連して発生する出力ドレップが最小限に抑えられることが重要です。この問題はAC結合コンデンサに容量の大きなコンデンサを使用することによって容易に解決されることは明らかですが、光トランスミッタのサイズを小型化するという標準的な回路設計目標を達成する上でこれは障害要因になります。MAX3667では容量が1 μ F未満のAC結合コンデンサを使用することによって、100ビットを超える連続的なビットストリームに対しても低い出力ドレップと低いPDJを達成することが可能です。

MAX3667は+3.3V単一電源でレーザダイオードを動作させることが可能です。十分な駆動能力の提供に加えて、このデバイスには動作温度範囲でバイアス電流を一定の値に維持する完全に集積化されたAPCループが内蔵されています。MAX3667はコストが増加したり、回路レイアウトが複雑化するという問題がまったく起こらない状態で、622Mbpsトランスミッタに関するITU及びBellcoreのジッタ発生仕様に容易に適合します。