

Application Note:

HFAN-09.2.0

Rev. 2; 04/08

PON バーストモードレーザドライバにおける、温度によって誘発される
スロープ効率変動のサーミスタ補償

PON バーストモードレーザドライバにおける、温度によって誘発されるスロープ効率変動のサーミスタ補償

1 概要

受動光ネットワーク(PON)システムの光加入者線終端装置(ONT)には、バーストモードのレーザダイオードドライバが必要です。このレーザドライバでは、レーザダイオードを迅速にオンにしてレーザを変調し、バーストデータを送信した後すばやくシャットダウンして、別のユーザが送信することができるようにしなければなりません。ONT は、建物の外側に取り付けられる可能性があるため、 $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$ の全温度範囲で確実に動作可能でなければなりません。現在、バーストモードレーザドライバの集積回路がいくつか市販されています。ほとんどの場合、これらのバーストモードレーザドライバには、温度と経年変化によって引き起こされるレーザダイオードのスレッショルド電流の変動に備えて、非常に効果的な閉ループの温度補償が組み込まれています。残念なことに、これらのバーストモードレーザドライバには、温度によって誘発されるレーザダイオードのスロープ効率の変動を補償するために出力変調電流を変化させる内部手法は組み込まれていません。

標準的な PON システムでは、バーストモードのアップストリーム信号の平均光パワーと消光比を、すべての温度条件の下で安定したレベルに維持する必要があります。ほとんどの場合、最小平均光パワーは 0dBm 以上で、規定の消光比は 10 を超えます。標準的なレーザダイオードの場合、スロープ効率(ピーク対ピークの光出力パワーをピーク対ピークの入力電流で除算したものは、温度上昇に伴って低下し、消光比の低下を引き起こします。この問題に対処するにはいくつかの方法があります。すなわち、(a)初期の消光比を規定の最小消光比よりもはるかに高く設定し、最大温度のときでも、消光比がこのレベル未満に低下しないようにする、(b)市販のプログラム可能な温度補償ポテンシオメータを使用し、レーザドライバの変調電流を温度の関数として変化させる、(c)レーザドライバの変調電流の閉ループ制御のために外付けの回路を実装する、あるいは、(d)固定抵抗とサーミスタのネットワークを使用し、レーザドライバの変調電流を温度の関数として変化させる、などがあります。方法(a)は簡単そうに見えますが、バーストモードレーザドライバで非常に高い消光比を設定すると、厄介な問題がいくつか発生し、ほとんどのシステムで実用的ではありません。方法(b)は有効ですが、どちらかといえば高価です。

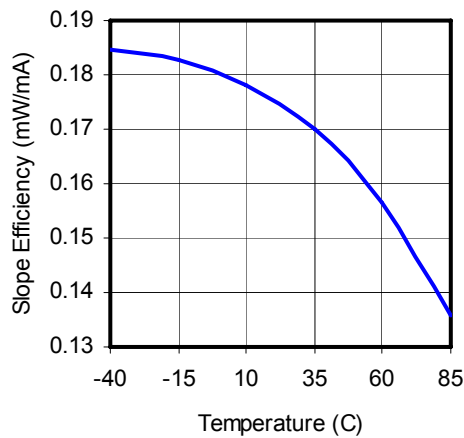
方法(c)は確実な実装が困難であるため、実用的ではありません。結局、方法(d)が残ります。方法(d)は方法(b)や(c)ほど有効ではありませんが、「そこそこ十分な」性能を示す、低コストで実用的なソリューションです。

2 標準的な PON レーザダイオードのスロープ効率測定値の変動

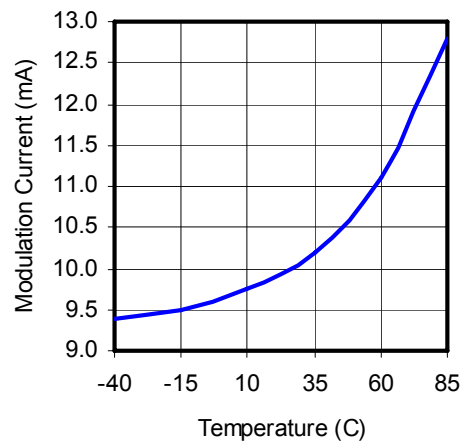
適切な補償回路を設計するためには、まず、PONシステムで使用されている特定のレーザダイオードについての、温度によって誘発されるスロープ効率の変動に関するデータを取得する必要があります。このデータを使用すると、出力パワーと消光比を一定に保持するために必要と思われる、対応する変調電流の変化を求めることができます。例として、図 1(a)に、いくつかのPONトリプレクサにおけるレーザダイオードのスロープ効率の平均測定値を示します。これら市販のトリプレクサの測定データは、マキシムの参照設計基板¹から得られたものです。測定したスロープ効率の変動から、以下の式を用いて、所望の平均出力パワーと消光比を維持するために必要な変調電流を計算することができます。

$$I_{MOD} = (P_1 - P_0) / S_e = 2P_{AVE} [(r_e - 1) / (r_e + 1)] / S_e \quad (1)$$

ここで、 I_{MOD} はピーク対ピークの変調電流、 $(P_1 - P_0)$ はピーク対ピークの光出力パワー、 S_e はスロープ効率、 P_{AVE} は平均光出力パワー、および r_e は消光比です。図 1(b)に示す変調電流は、図 1(a)のスロープ効率で、式(1)と「 $P_{AVE} = 0\text{dBm}$ および $r_e = 11.5\text{dB}$ 」を使用して計算されます。



(a)



(b)

図 1. (a)スロープ効率の平均測定値、および(b)スロープ効率の変動を補償するために必要な変調電流特性の計算値 (平均光パワーを 0dBm、消光比を 11.5dB と想定)。

3 所望の MODSET 抵抗の取得

それぞれの温度での所望の変調電流がわかると、このデータを使用して、バーストモードレーザドライバの変調電流設定抵抗 R_{MODSET} を計算することができます。この例の場合、マキシムのバーストモードレーザドライバⁱⁱを使用します。ここで、 R_{MODSET} と I_{MOD} 関係は、次式で与えられます。

$$R_{MODSET} = 1.2 / (I_{MOD} / 250) . \quad (2)$$

図 2 の、マーカを付けた曲線は、所望の MODSET 抵抗値を表し、図 1(b)の I_{MOD} の値とともに式(2)を使用して計算しました。

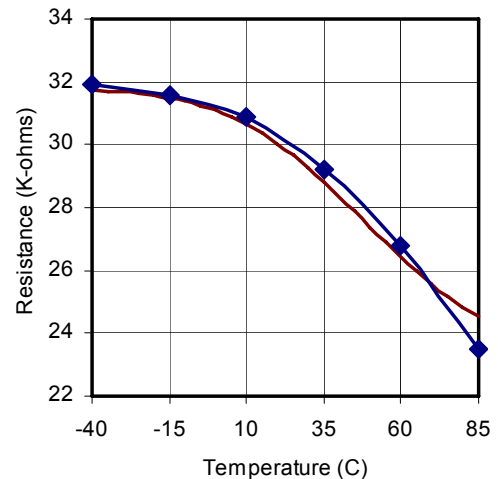


図 2. 所望の変調設定抵抗値(マーカの付いた曲線)とサーミスタネットワークの実際の抵抗値(マーカのない曲線)

図 3 に示す単純な抵抗/サーミスタネットワークを使用すると、所望の変調設定抵抗値を極めて効果的に近似することができます。この図では、 R_{Therm} はサーミスタを表し、 R_{series} と $R_{parallel}$ は標準的な値の固定抵抗です。サーミスタと並列抵抗値のさまざまな組み合わせを用いて、所望の形状に近い抵抗曲線を作成することができます。曲線の形状が求まると、直列抵抗の値を変更することによって、垂直方向にオフセットすることができます。図 2 にプロットした実際のサーミスタネットワークの曲線は、9.5k の並列抵抗および 22.5k の直列抵抗とともに Panasonic 製 ERTJ0ER333J サーミスタを使用して生成したものです。これらの部品の初期の設計値は、表計算プログラムを使用し、抵抗値のさまざまな組み合わせ

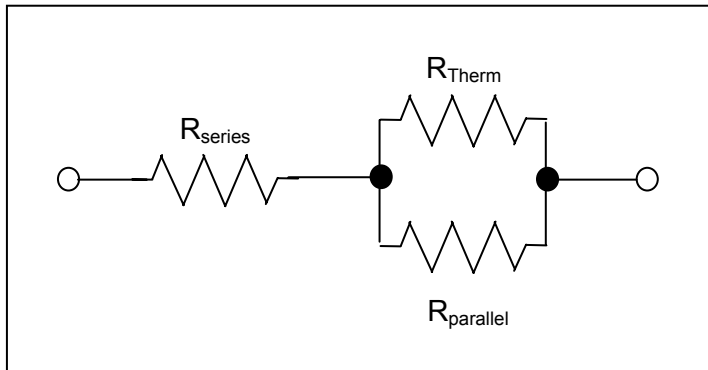


図 3. 所望の変調設定抵抗値を近似させるのに使用したサーミスタネットワーク

をグラフ化して所望の曲線(図 2)と比較することによって、実験的に求めることができます。次に、実際の回路を構築してテストした後、最終抵抗値を調整して最適な性能を実現します。

4 結果

上記のサーミスタネットワークを使用した実際の消光比の測定結果を図 4 に示します。消光比の温度に対する変動が約 1dB であることを示しています。

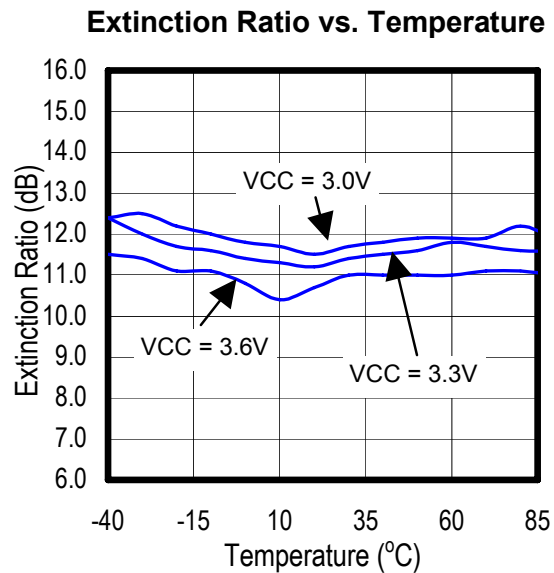


図 4. 図 3 のサーミスタネットワークを使用した消光比対温度の実験室での測定結果

ⁱ Maxim Integrated Products、HFRD 10.4 – ビデオオーバーレイを備えた 1244Mbps/1244Mbps の GPON ONT のリファレンスデザイン(データシート)、japan.maxim-ic.com

ⁱⁱ Maxim Integrated Products、MAX3656 155Mbps ~ 2.5Gbps、バーストモードレーザドライバ(データシート)、japan.maxim-ic.com