

150Mbit/s車載用VCSELドライバ

MAX3905

概要

150Mbit/s、車載用VCSELドライバのMAX3905は、接合部温度が最高+140°Cまでの範囲で、8Mbit/s～150Mbit/sで動作する低コストのトランスミッタを実現します。この製品は、シングルエンドTTL、差動PECLまたはLVDS入力データを受け入れて、VCSEL駆動用のバイアス及び変調電流を供給します。出力は、VCSELにDC結合され部品点数が最小限に抑えられます。

このドライバは、VCSELのハイ及びロー電流に対して温度補償を行います。バイアス電流、変調電流、バイアス電流温度係数、及び温度に対して安定なバイアス電流領域の中心の調整は、すべてワイヤボンドオプションによって設定することができます。出力削減機能を使うと、出力変調が約50%減少します。データスケルチ機能は、データが存在しないときVCSEL電流をディセーブルします。

MAX3905は、ダイ形態で提供され、-40°C～+140°Cの接合部温度において+3.0V～+5.25Vの電源電圧範囲で動作します。

アプリケーション

車載ネットワーク用光トランスミッタ
ポリマクラッドシリカファイバをベースとした
ネットワーク

特長

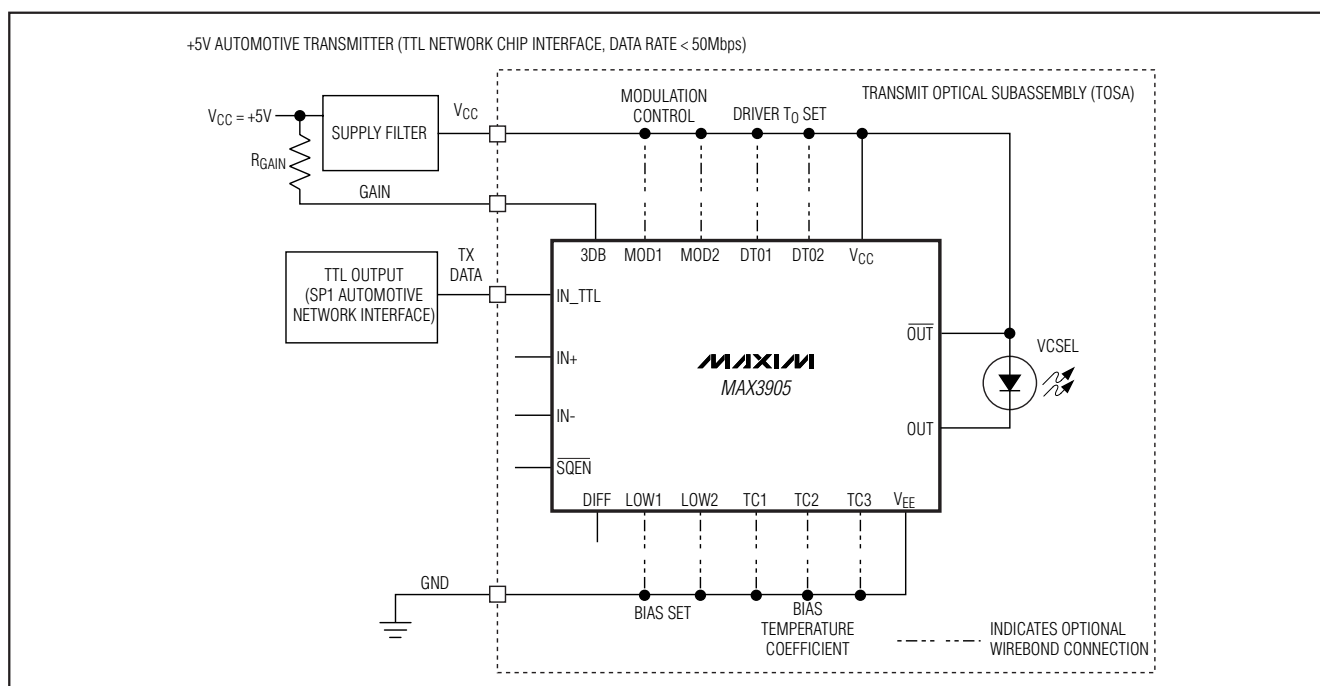
- ◆ 動作接合部温度範囲：-40°C～+140°C
- ◆ 電源電圧：+3.0V～+5.25V
- ◆ TTL/CMOS、LVDS、またはPECL対応データ入力
- ◆ SP1車載用ネットワークインタフェース対応
- ◆ ワイヤボンドによって調整可能なVCSELのロー及びハイ電流
- ◆ 光パワー低減機能
- ◆ 出力スケルチ

型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX3905E/D	-40°C to +140°C	Dice*

*ダイは、-40°C～+140°Cの接合温度(T_J)範囲で動作するように設計されていますが、T_A = +49°Cのみで試験され保証されています。

標準動作回路



標準動作回路はデータシートの最後に続いています。

150Mbit/s車載用VCSELドライバ

MAX3905

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage, (V_{CC} - V_{EE})-0.5V to +6.0V
Voltage at 3DB, I_{N+}, I_{N-}, I_{N_TTL}, DIFF, OUT, OUT,
MOD1, MOD2, DT01, DT02, SQEN,
TEMPSENS-0.5V to (V_{CC} + 0.5V)
Voltage at LOW1, LOW2, TC1, TC2, TC3.....-0.5V to +2V
Differential Input Voltage I_{IN+} - I_{N-}.....V_{CC}
Current into OUT.....+12mA

Storage Ambient Temperature Range.....-65°C to +150°C
Operating Junction Temperature Range.....-40°C to +150°C
Electrostatic Discharge (ESD)
(Human Body Model, tested per JES D22-A114)2kV
(Machine Model, tested per JES D22-A115)+400V
Die Attach Temperature.....+400°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{IN} = +3.0V to +5.25V, T_J = -40°C to +140°C. Typical values are at V_{CC} = +5.0V and T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
OPERATING CONDITIONS						
Voltage at OUT	V _{OUT}		0.9			V
Data Rate		With TTL input	8		50	Mbps
		With differential input	40		150	
TTL Data Input-Edge Transition Time		One-pole response, 10% to 90%			0.23	UI
POWER SUPPLY						
Supply Current	I _{CC}	Excludes I _{OUT} and I _{OUT}		14	25	mA
Supply Current While Data is Squelched	I _{STDBY}	Excludes I _{OUT} and I _{OUT}		14		mA
CURRENT GENERATOR						
Low Current (T _J = DT ₀)	I _{DT0}	LOW1 open, LOW2 open	1.69	1.8	1.91	mA
		LOW1 GND, LOW2 open	2.02	2.17	2.28	
		LOW1 open, LOW2 GND	2.35	2.53	2.65	
		LOW1 GND, LOW2 GND	2.68	2.90	3.02	
Low-Current Positive Temperature Coefficient (T _J > DT ₀)	TC _{LOW+}	TC1 open, TC2 open, TC3 open	12	16	18	μA/°C
		TC1 GND, TC2 open, TC3 open	16	21	24	
		TC1 GND, TC2 GND, TC3 open	24	32	36	
		TC1 GND, TC2 GND, TC3 GND	36	48	54	
Low-Current Negative Temperature Coefficient (T _J < DT ₀)	TC _{LOW-}	TC1 open, TC2 open, TC3 open	-18	-16	-12	μA/°C
		TC1 GND, TC2 open, TC3 open	-24	-21	-16	
		TC1 GND, TC2 GND, TC3 open	-36	-32	-24	
		TC1 GND, TC2 GND, TC3 GND	-54	-47	-36	
Width of Temperature-Stable Low-Current Region	T _W		38	45	52	°C
Center of Temperature-Stable Low-Current Region	DT ₀	DT01 open, DT02 open	31.5	36	41.5	°C
		DT01 V _{CC} , DT02 open	44	49	54	
		DT01 open, DT02 V _{CC}	56	61	66	
		DT01 V _{CC} , DT02 V _{CC}	68.5	74	78.5	
Modulation-Current Temperature Coefficient	TC _{MOD}	Relative to I _{MOD} at T _J = +25°C	0.311	0.38	0.471	%/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

($V_{IN} = +3.0V$ to $+5.25V$, $T_J = -40^{\circ}C$ to $+140^{\circ}C$. Typical values are at $V_{CC} = +5.0V$ and $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Modulation Current at T _J = +25°C	I _{MOD}	MOD1 open, MOD2 open	2.84	3.01	3.22	mA
		MOD1 V _{CC} , MOD2 open	3.44	3.65	3.88	
		MOD1 open, MOD2 V _{CC}	4.03	4.28	4.55	
		MOD1 V _{CC} , MOD2 V _{CC}	4.62	4.91	5.22	
Modulation Current in Low-Power Mode	I _{LP}	Relative to programmed nominal, T _J = +25°C	40	50	60	%
Modulation Switching Time	t _r , t _f	20% to 80% (Note 1)		0.2	0.5	ns
Pulse-Width Variation	PWV	(Notes 1, 2)	0.97		1.03	UI
Pulse-Width Distortion	PWD	(Notes 1, 2)	-0.02		+0.02	UI
Data-Dependent Jitter	DDJ	(Notes 1, 2)		0.004	0.01	UI
Uncorrelated Jitter	UJ	(Notes 1, 2)			0.001	UI
Deterministic Jitter	DJ	K28.5 pattern at 125Mbps (Notes 1, 3)		85	200	psp-p
Random Jitter	RJ	1-0 pattern differential input (Note 1)		3	11	psRMS
IN_TTL DATA INPUT						
Input Low	V _{INL}		-0.03		+0.80	V
Input High	V _{INH}		2.0		V _{CC} + 0.3	V
Input Resistance			4	5.75		kΩ
Input Capacitance		(Note 1)		0.3	2	pF
DIFFERENTIAL DATA INPUT						
Differential-Input Sensitivity				25	200	mV _{p-p}
Differential-Input Overload			1860			mV _{p-p}
Differential-Input Resistance				8		kΩ
3DB INPUT						
Input Threshold Voltage				1.5		V
3DB Input Voltage		Normal mode	2.0			V
		Low-power mode			0.8	
Diagnostic Resistor	R _{GAINN}	V _{CC} > 4.75V, normal mode			16	kΩ
	R _{GAINL}	V _{CC} > 4.75V, low-power mode	29			
DATA SQUELCH						
Output Current While Squelched	I _{OFF}	No input data		3	50	μA
Time to Squelch	t _{SQ}	(Note 1)	1	8	25	μs
Time to Resume from Squelch State	t _{RS}	(Note 1)		0.1	5	μs
ESD PROTECTION						
IN+, IN-, TTL_IN, 3DB		Human Body Model	±4			kV
		Machine Model	±400			V

Note 1: These specifications are guaranteed by design and characterization.

Note 2: Pulse-width variation, pulse-width distortion, data-dependent jitter, and uncorrelated jitter are measured at 45Mbps per MOST specification of physical Layer (revision 1.1).

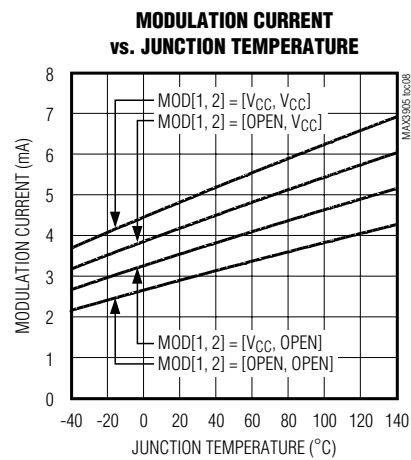
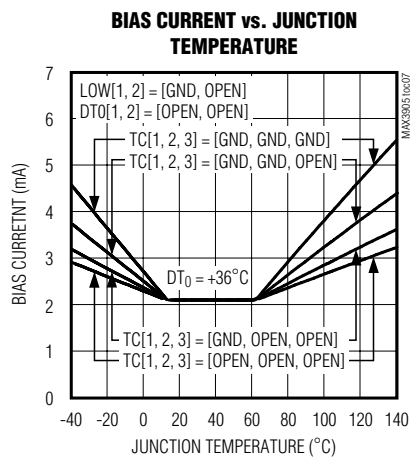
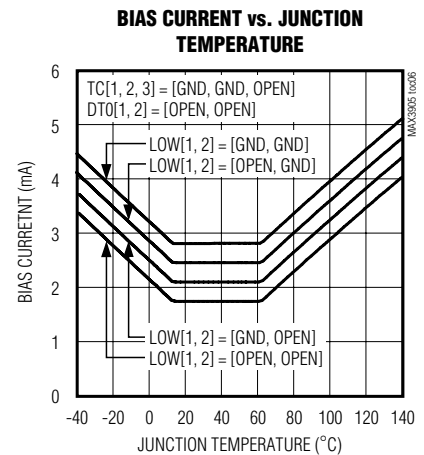
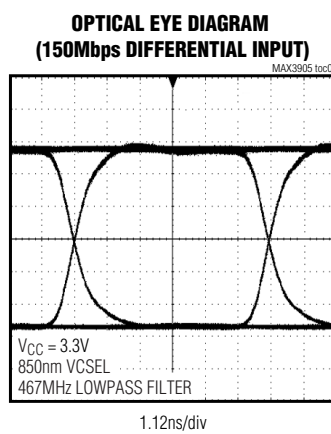
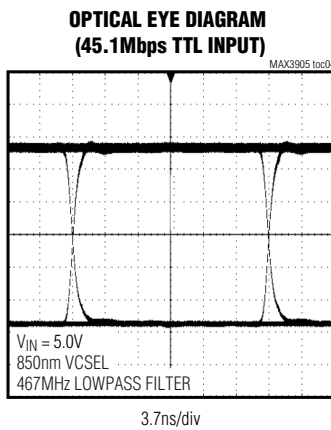
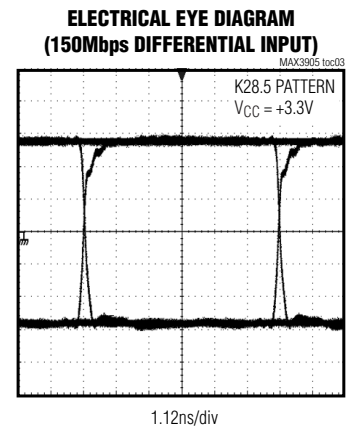
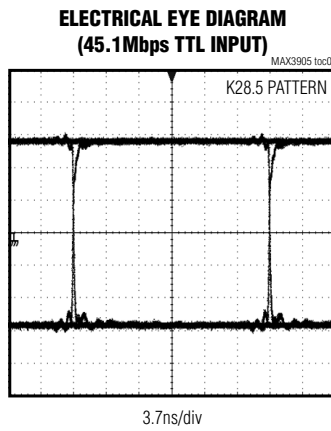
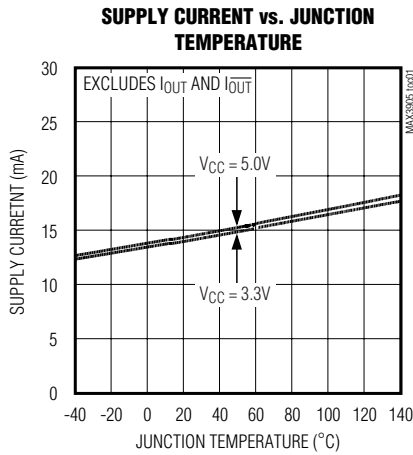
Note 3: Deterministic jitter is measured with a K28.5 pattern (0011 1110 1011 0000 0101). Deterministic jitter is the peak-to-peak deviation from ideal time crossings, measured at the 50% crossings of the output. Differential data applied to input.

150Mbit/s車載用VCSELドライバ

MAX3905

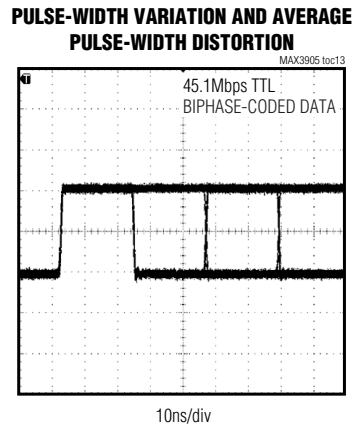
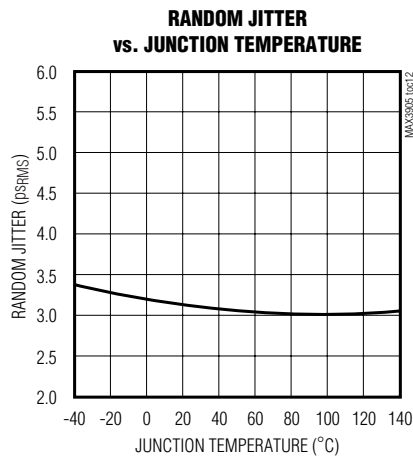
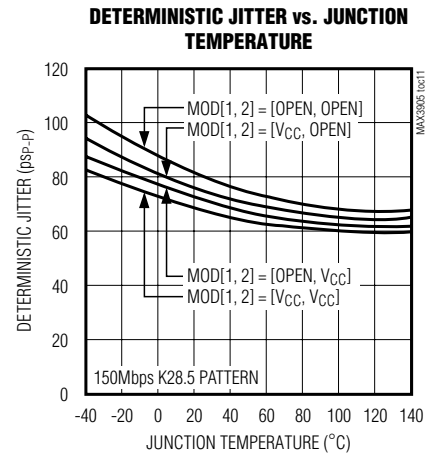
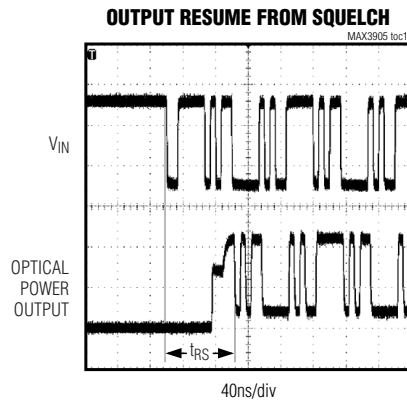
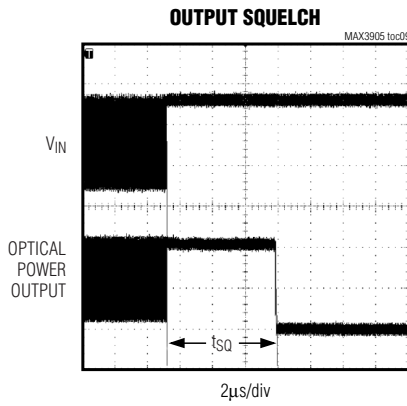
標準動作特性

(LOW[1, 2] = [GND, open], MOD[1, 2] = [open, V_{CC}], DT0[1, 2] = [open, open], TC[1, 2, 3] = [GND, GND, open], T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



標準動作特性(続き)

(LOW[1, 2] = [GND, open], MOD[1, 2] = [open, V_{CC}], DT0[1, 2] = [open, open], TC[1, 2, 3] = [GND, GND, open], T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



150Mbit/s車載用VCSELドライバ

MAX3905

パッド説明

パッド	名称	機 能
1, 20, 26	VEE	回路のグランド。
2	DIFF	差動入力データイネーブル。TTLデータ入力をイネーブルするためにはオープンのままとし、差動データ入力をイネーブルするためにはグランドに接続してください。
3	IN_TTL	シングルエンドデータ入力、TTL。SP1車載用ネットワークインタフェースに対応。DIFFをオープン状態にしたとき、この入力がアクティブです。
4, 5, 6	N.C.	接続なし。
7	IN+	差動データ正入力で、PECLまたはLVDS対応。このハイインピーダンスの入力は、内部で約1.4Vにバイアスされており、外付けの終端抵抗器とACカップリングコンデンサを必要とします。DIFFをグランドに接続したとき、この入力がアクティブです。
8	TEMPSENS	接合部温度センサ。ダイの接合部温度に対応したアナログ出力。通常の使用ではオープンのままにしてください。
9	IN-	差動データ負入力で、PECLまたはLVDS対応。このハイインピーダンスの入力は、内部で約1.4Vにバイアスされており、外付けの終端抵抗器とACカップリングコンデンサを必要とします。DIFFをグランドに接続したとき、この入力はアクティブです。
10, 15	VCC	電源。
11	DT01	ドライバT ₀ のプログラミング入力。最低バイアス電流の中心温度を設定します。VCCに接続するか、オープンのままにしてください。
12	DT02	ドライバT ₀ のプログラミング入力。最低バイアス電流の中心温度を設定します。VCCに接続するか、オープンのままにしてください。
13	MOD2	変調電流のプログラミング入力。変調電流の振幅を設定します。VCCに接続するか、オープンのままにしてください。
14	MOD1	変調電流のプログラミング入力。変調電流の振幅を設定します。VCCに接続するか、オープンのままにしてください。
16	OUT	相補データ出力。VCCまたはVCSELのアノードに接続してください。
17	OUT	データ出力。VCSELのカソードに接続してください。
18	SQEN	スケルチイネーブル入力。スケルチをイネーブルするためにはオープンのままとし、スケルチをディセーブルするためにはグランドに接続してください。
19	3DB	出力削減入力。TTL対応。3DBがローのとき、試験モードがアクティブになり、これによって出力が50%減少します。3DBがハイのとき、変調出力は標準状態にあります。「詳細」の項を参照してください。
21	TC1	ロー電流温度係数のプログラミング入力。バイアス電流の温度係数を設定します。GNDに接続するかオープンのままにしてください。VCCには接続しないでください。
22	TC2	ロー電流温度係数のプログラミング入力。バイアス電流の温度係数を設定します。GNDに接続するかオープンのままにしてください。VCCには接続しないでください。
23	TC3	ロー電流温度係数のプログラミング入力。バイアス電流の温度係数を設定します。GNDに接続するかオープンのままにしてください。VCCには接続しないでください。
24	LOW1	ロー電流のプログラミング入力。DT0端子によって設定した温度におけるVCSELロー(バイアス)電流を設定します。GNDに接続するかオープンのままにしてください。VCCには接続しないでください。
25	LOW2	ロー電流のプログラミング入力。DT0端子によって設定した温度におけるVCSELロー(バイアス)電流を設定します。GNDに接続するかオープンのままにしてください。VCCには接続しないでください。

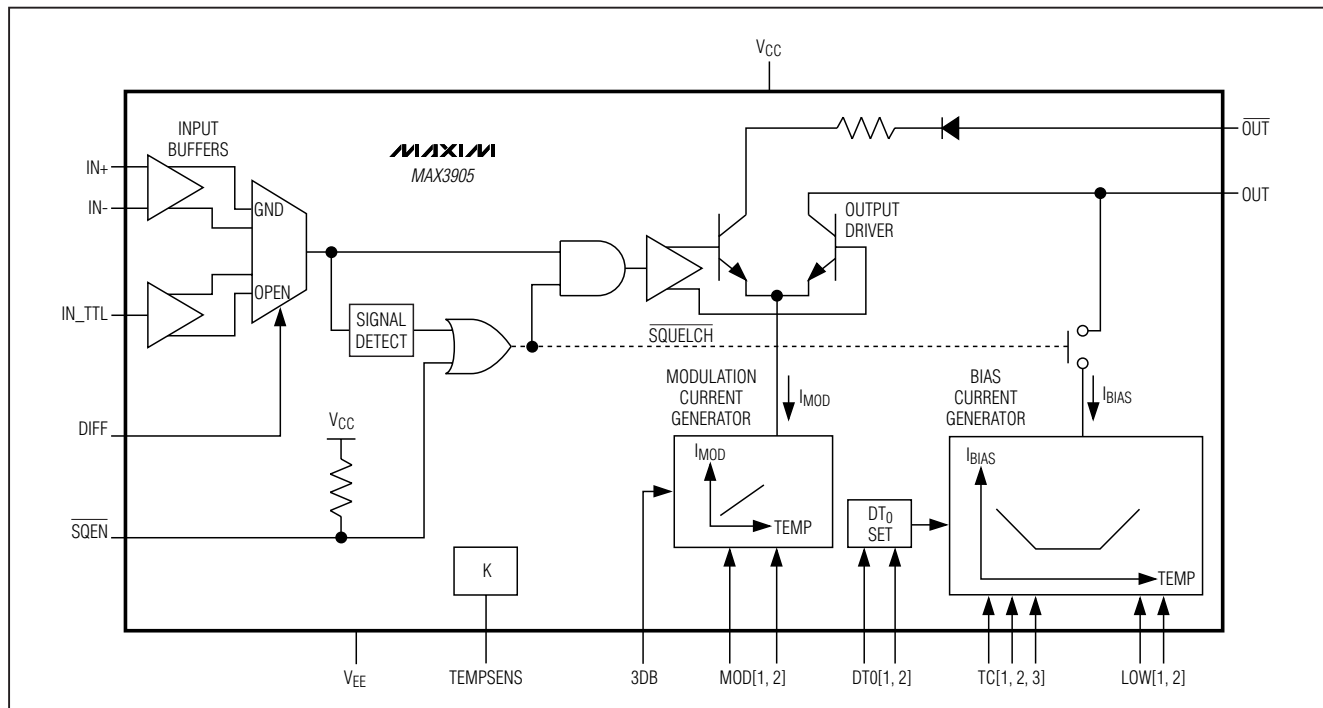


図1. ファンクションダイアグラム

詳細

MAX3905は、差動LVDSまたはPECL対応入力バッファ、TTL対応入力バッファ、信号検出、DT₀設定ブロック、変調電流発生器、バイアス電流発生器、及び出力ドライバで構成されています(図1)。このデバイスは、バイアスと変調の温度補償を実施してプロセスと温度に関するVCSEL特性の変動に適応するようにカスタマイズすることができます。ドライバ電流と温度係数の定義については、図2と表1を参照してください。

入力バッファ

MAX3905は、2個の入力バッファを備えており、1個はTTL対応DC結合入力データ用で、もう1個はAC結合差動LVDSまたはPECL入力データ用です。差動入力は、比較的ハイインピーダンスです。このため、外付け抵抗器をLVDSまたはPECLのAC及びDC終端要件を満たすようにいくつかの方法で構成することができます。アクティブとなるデータ入力バッファは、DIFF入力端子によって設定されます。シングルエンドTTL入力を選択するためには、DIFFをオープンのままにしてください。差動入力を選択するためには、DIFFをグラウンドに接続してください。

差動入力バッファを使用すると、入力ノイズが十分に小さくなり、スケルチ機能の正常動作を妨げることはありません。入力のオフセットが小さいため、スケルチ機能が正常に働きます。1MΩの抵抗器をIN-とグラウンド

またはV_{CC}間に接続すると、7mVのオフセットが生じます。

信号検出とデータスケルチ

入りにデータ遷移がないとき、信号検出によってバイアス及び変調電流に対するスケルチ信号が発生しVCSEL出力をディセーブルします。これによって、レシーバICはトランスミッタオンとトランスミッタオフの差を容易に検出することが可能です。SQENを無接続のままにしておくと、スケルチ機能がイネーブルされます。SQENをグラウンドに接続することによって、スケルチ機能をディセーブルすることができます。

スケルチをイネーブルした状態では、スケルチ機能の遅延はバイフェーズ符号化データ(最大3つの連続同一符号(CID))、または8B/10B符号化データ(最大5つのCID)の使用に適しています。MAX3905をスクランブルされたデータにて使用するためには、スケルチ機能をディセーブルしてください。

DT₀設定ブロック

入力DT01とDT02の2ビットが温度安定領域DT₀の中心を制御します。DT0[1, 2]によって設定される温度は、VCSELのT₀に対応させなければなりません。各ビットをハイに設定するためにはDT01またはDT02をV_{CC}に接続し、各ビットをローに設定するためにはオープンのままにしてください。

150Mbit/s車載用VCSELドライバ

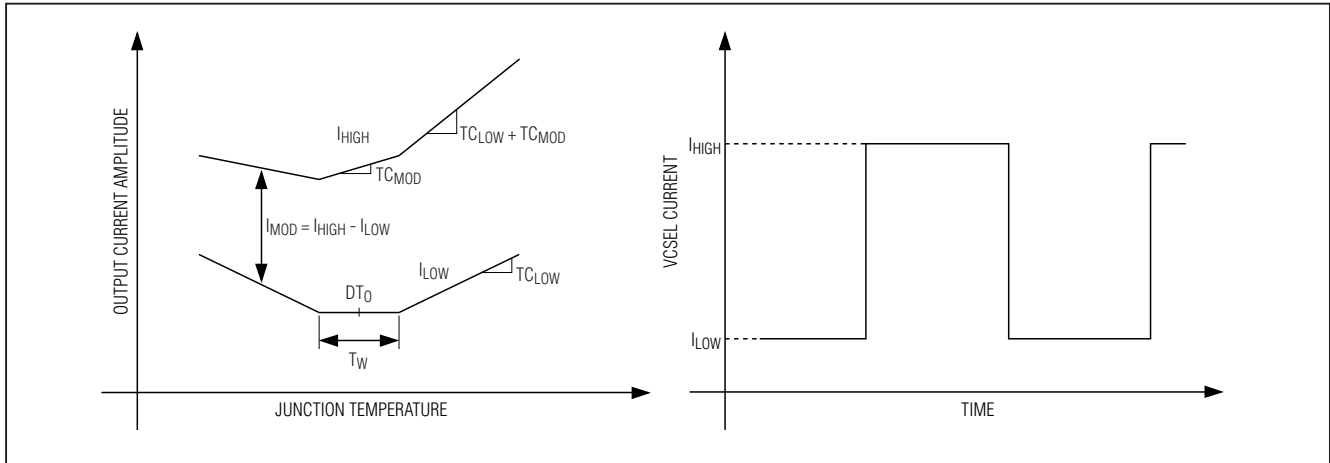


図2. ドライバ電流と温度係数の定義

表1. ドライバ電流と温度係数の定義

パラメータ	説明
I_{LOW}	データ入力がロジックローのときの全VCSEL電流。
I_{HIGH}	データ入力がロジックハイのときの全VCSEL電流。
I_{MOD}	$I_{HIGH} - I_{LOW}$ 。
DT_0	温度に対して安定な低電流領域(T_W)の中心。 DT_0 は、ほぼVCSELの T_0 に対応します。
I_{DT0}	T_J が DT_0 の場合の I_{LOW} 。
T_W	温度係数が I_{LOW} に適用されない領域の大きさ(°C単位)。
TC_{MOD}	I_{MOD} に適用される温度係数。
TC_{LOW}	I_{LOW} に適用される温度係数。この係数は、 $DT_0 - T_W/2$ 以下では負で、 $DT_0 + T_W/2$ 以上では正です。
I_{OFF}	スケルチが動作中の全VCSEL電流。

標準的な DT_0 は、次式によって計算することができます。

$$DT_0 \approx [36 + 13(DT01) + 25(DT02)]^{\circ}C$$

ここで、 V_{CC} に接続されているとき $DT_0[1, 2] = 1$ で、オープン状態のとき $DT_0[1, 2] = 0$ です。

変調電流発生器

変調電流発生器は、ワイヤボンドによって選択可能な温度補償付きの電流振幅を供給します。温度係数(TC_{MOD})は、温度に対するVCSELのスロープ効率変化を補償します。変調電流は、入力MOD1とMOD2によって設定されます。この各ビットをハイに設定するためにはMOD1またはMOD2を V_{CC} に接続し、この各ビットをローに設定するためにはオープンのままにしてください。

+25°Cにおける標準的な変調電流は、次式によって計算することができます。

$$I_{MOD} \approx [3.01 + (0.64 \times MOD1) + (1.27 \times MOD2)]mA$$

ここで、 V_{CC} に接続されているとき $MOD[1, 2] = 1$ で、オープン状態のとき $MOD[1, 2] = 0$ です。

出力削減

出力削減機能は、システム内試験と診断に有用です。3DB入力がローのとき、変調電流は50%減少します。3DBがハイまたは V_{CC} のとき、変調出力は通常の状態となります。

5V POFトランスミッタと互換性を持たせるために、抵抗器を3DBと V_{CC} の間に接続することによってパワーモードの設定が可能です。 $R_{GAIN} < R_{GAINN}$ の抵抗器は通常のパワーモードを設定し、 $R_{GAIN} > R_{GAINL}$ の抵抗器はローパワーモードを設定します。

バイアス電流発生器

バイアス電流発生器は、温度に対するVCSEL特性を正確にトラッキングする電流を発生します。この電流は、

OUTパッドにおいて変調電流に加算されます。 $T_J = DT_0$ におけるバイアス電流は、LOW1及びLOW2入力によって設定されます。この各ビットをハイに設定するためにはLOW1またはLOW2をグランドに接続し、この各ビットをローに設定するためにはオープンのままにしてください。LOW1またはLOW2は V_{CC} には接続しないでください。

$T_J = DT_0$ における標準ロー電流は、次式によって計算することができます。

$$I_{LOW} \approx [1.8 + (0.37 \times LOW1) + (0.73 \times LOW2)]mA$$

ここで、グランドに接続されているとき $LOW[1, 2] = 1$ で、オープン状態のとき $LOW[1, 2] = 0$ です。

バイアス電流の温度係数はTC1、TC2、及びTC3の各入力によって設定されます。この各ビットをハイに設定するためにはTC1、TC2、またはTC3をグランドに接続し、この各ビットをローに設定するためにはオープンのままにしてください。TC1、TC2、またはTC3を V_{CC} に接続しないでください。

バイアス電流の標準的な温度係数は、次式によって計算することができます。

$$TC_{LOW} \approx [16 + (5 \times TC1) + (11 \times TC2) + (16 \times TC3)]\mu A/^{\circ}C$$

ここで、グランドに接続されているとき $TC[1, 2, 3] = 1$ で、オープン状態のとき $TC[1, 2, 3] = 0$ です。

接合部温度の検出

熱的性能の評価に役立てるために、温度センサがMAX3905に組み込まれています。TEMPSENS電圧は、ダイの接合部温度に比例します(約-1.39mV/ $^{\circ}C$)。ダイの温度は、次式から概算することができます。

$$T(^{\circ}C) \approx 597^{\circ}C - V_{TEMPSENS} (mV) \times \frac{0.72^{\circ}C}{1mV}$$

出カドライバ

OUTパッドは、VCSELのカソードに直接接続されます。 $\overline{OUT}$ パッドは、VCSELのアノードまたは V_{CC} に接続する必要があります。OUTパッドの最小瞬時電圧は0.9Vです。

アプリケーション情報

設計参考資料

詳細と設計資料については、マキシムのアプリケーションノートHFDN-32.0「Output Current Calculator for the MAX3905」を参照してください。

レイアウトに関して

OUTと $\overline{OUT}$ の負荷インダクタンスは、ジッタと電源ノイズの発生を最小限に抑制するために1.5nH以内に合わせる必要があります。

ワイヤボンディング

高電流密度及び高信頼動作を保証するために、MAX3905には金メタライゼーションが採用されています。最良の結果を得るために、金線ボールボンディング法を採用してください。ウェッジボンディングはお奨めしません。ダイのサイズは、1.52mm x 1.52mm (60mil x 60mil)で、ダイの厚さは300 μ m(12mil)です。ボンドパッドのパッシベーション膜は93 μ m x 93 μ mで、ボンドパッドメタルの厚さは1.2 μ mです。ボンドパッド座標の詳細については、マキシムのアプリケーションノートHFAN-08.0.1「Understanding Bonding Coordinates and Physical Die Size」を参照してください。レーザトリミングの対象にはボンディングを行わないでください。

レーザの安全性とIEC 825

MAX3905 VCSELドライバを使用するだけでは、トランスミッタの設計がIEC 825に準拠していることを保証することにはなりません。トランスミッタ回路の全体と部品の選択を検討する必要があります。各アプリケーションが要求するフォルトトレランスのレベルを決定するとともに、マキシム製品は、体内への外科的移植、生命を維持するためのアプリケーション、もしくはマキシム製品の故障が人身傷害や死亡事故を招く状況を生み出す可能性のあるその他のアプリケーションを対象とするシステムの部品として使用することを前提に設計または承認されていないことをご理解ください。

150Mbit/s車載用VCSELドライバ

MAX3905

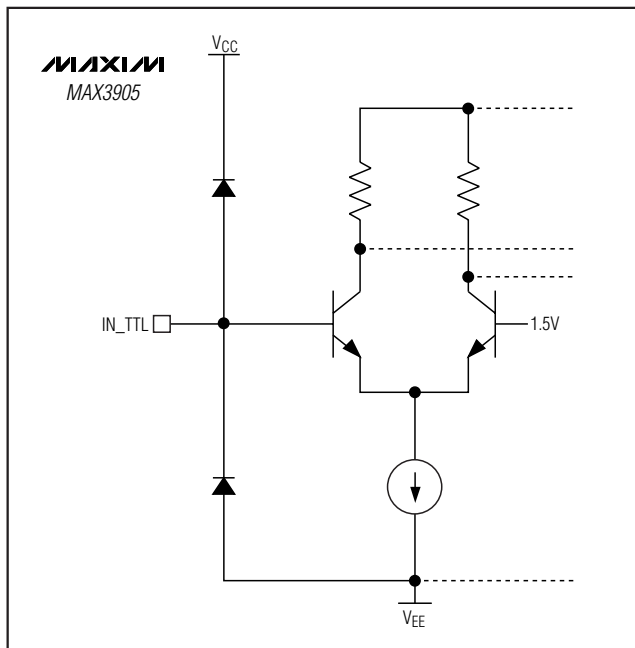


図3. IN_TTL等価入力構成

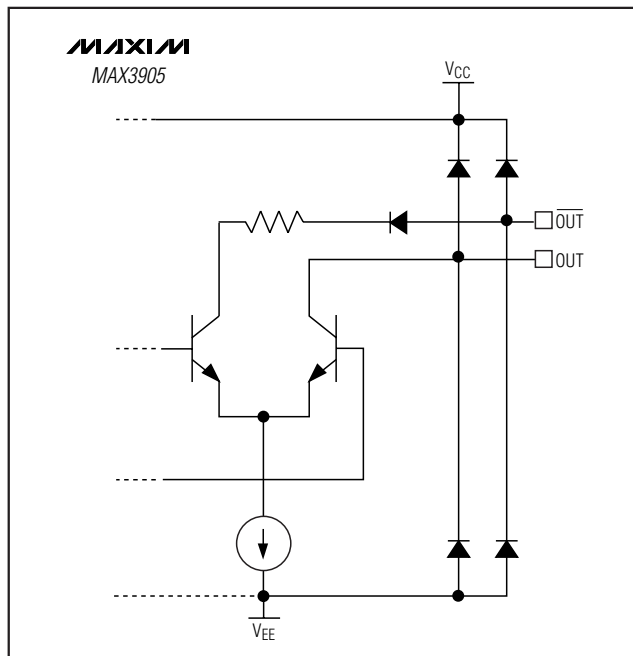


図5. OUT/ $\overline{\text{OUT}}$ 等価出力構成

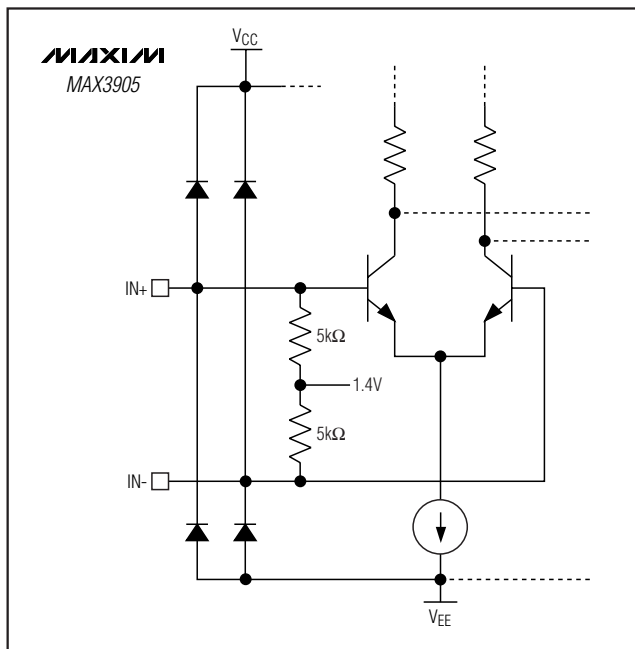


図4. IN+/IN-等価入力構成

チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 985

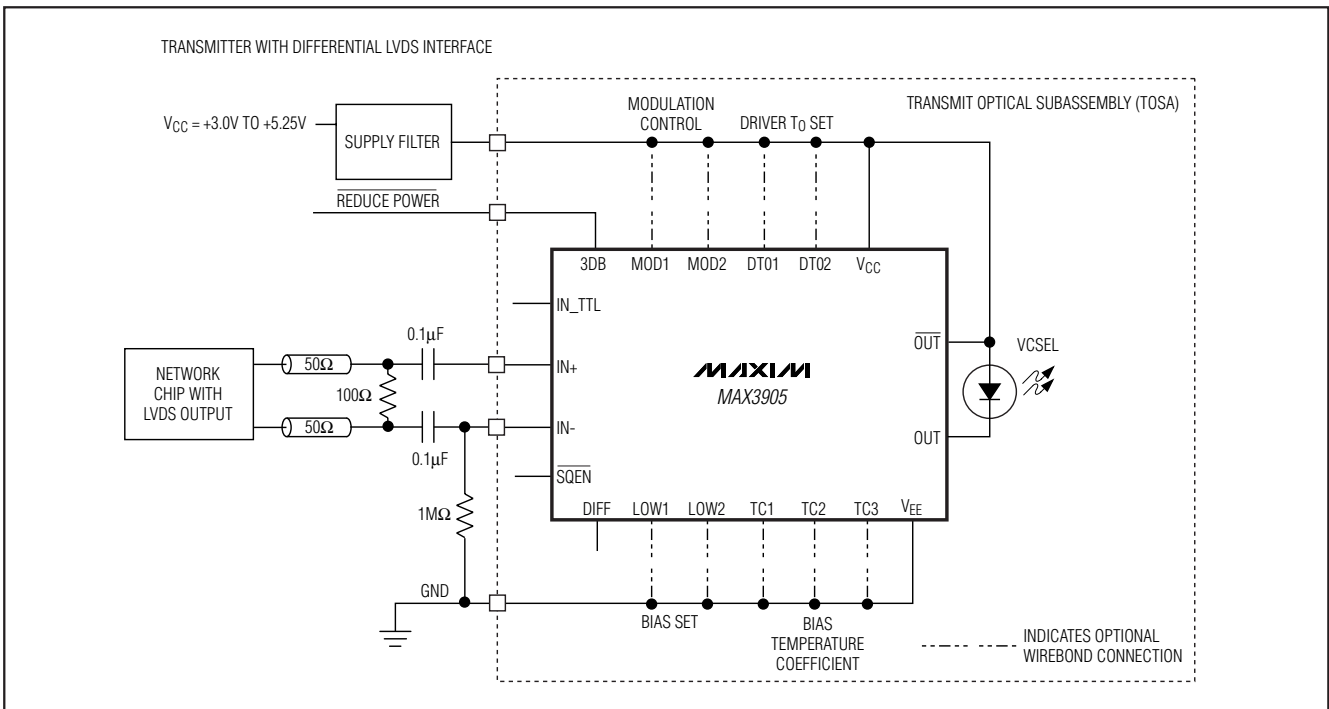
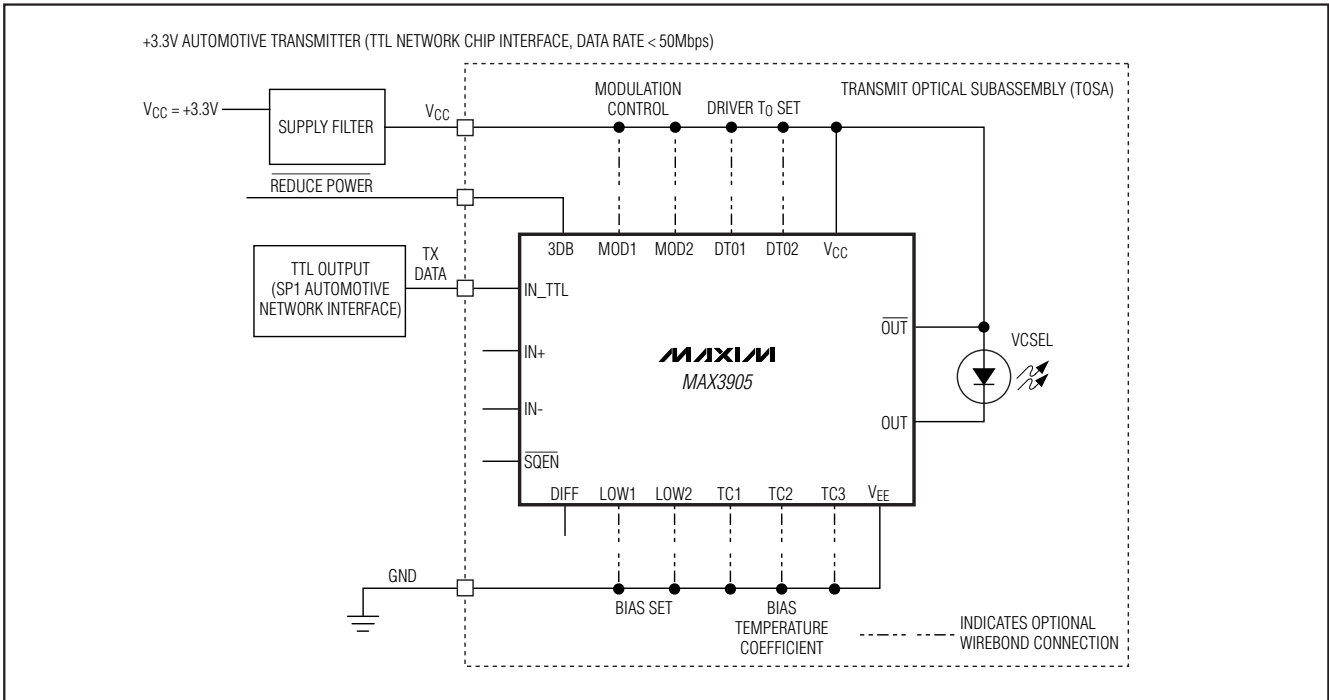
PROCESS: Silicon Bipolar GST-2

SUBSTRATE: Connected to VEE

DIE SIZE: 1.52mm x 1.52mm (60mils x 60mils)

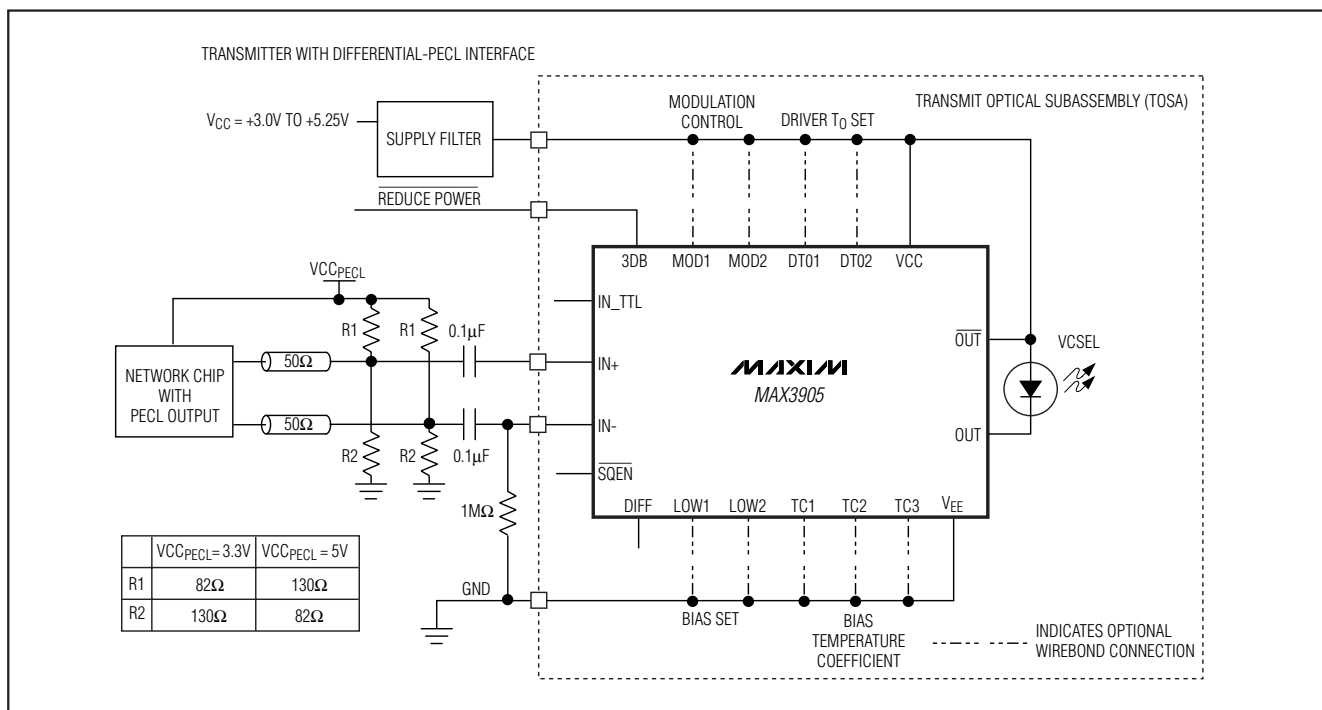
DIE THICKNESS: 300μm (12mils)

標準動作回路(続き)



150Mbit/s車載用VCSELドライバ

標準動作回路(続き)



ボンディング座標

PAD	PAD NAME	COORDINATES (μm)	
		X	Y
1	VEE	46.6	1285.9
2	DIFF	46.6	1134.7
3	IN_TTL	46.6	983.5
4	N.C.	46.6	832.3
5	N.C	46.6	511
6	N.C	46.6	359.8
7	IN+	46.6	208.6
8*	TEMPSENS	46.6	46.6
9	IN-	262.6	46.6
10	VCC	791.8	46.6
11	DT01	956.5	46.6
12	DT02	1121.2	46.6
13	MOD2	1285.9	46.6

PAD	PAD NAME	COORDINATES (μm)	
		X	Y
14	MOD1	1285.9	257.2
15	VCC	1285.9	427.3
16	OUT	1285.9	594.7
17	OUT	1285.9	759.4
18	SQEN	1285.9	921.4
19	3DB	1285.9	1086.1
20	VEE	1285.9	1285.9
21	TC1	1059.1	1285.9
22	TC2	902.5	1285.9
23	TC3	745.9	1285.9
24	LOW1	589.3	1285.9
25	LOW2	432.7	1285.9
26	VEE	276.1	1285.9

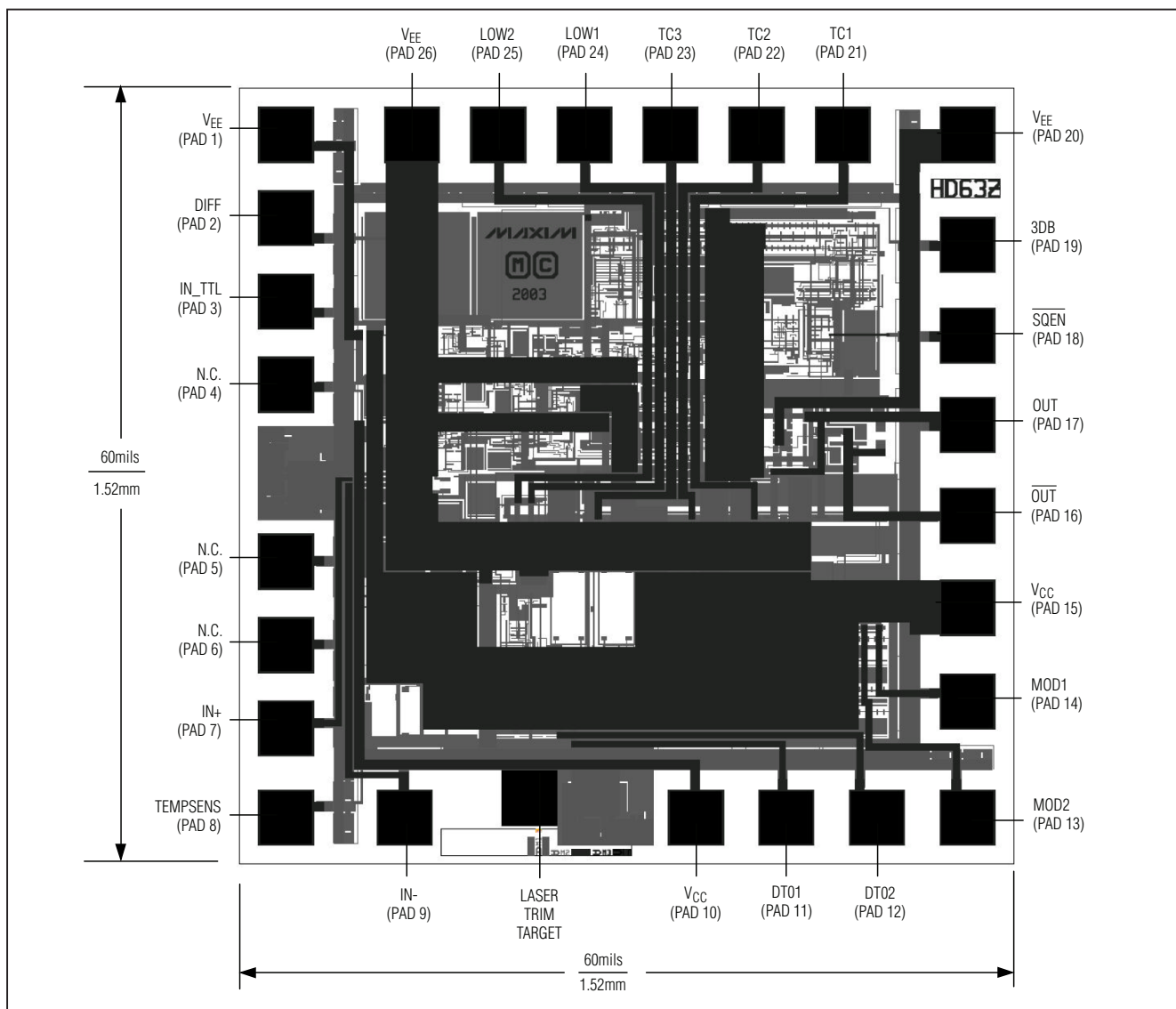
座標はパッドの中心に対するものです。

座標0、0はパッド8に対するパツシベーション膜の左下隅です。

*インデックスパッド。このパッドを左下隅にしてダイの方向を定めてください。

150Mbit/s車載用VCSELドライバ

チップのトポグラフィ



マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16 (ホリゾン1ビル)
TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシムは完全にマキシム製品に組み込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシムは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600

13