

ACPL-K309T

R²Coupler™、車載用フォトボルカプラ

概要

Broadcom[®] ACPL-K309T は、特に高電圧 MOSFET や IGBT の駆動用として設計されています。このフォトボルカプラは、AlGaAs 赤外線 LED の入力段と、それに光結合された出力ディテクタ回路で構成されています。また、ディテクタは、光起電力ダイオード・アレイとターンオフ回路で構成されています。入力 LED からのわずか 3 mA の入力電流でオンになります。MOSFET 駆動部は入力電圧 0.6V 以下でオフになります。これが、ガルバニック絶縁の電圧源になります。フォトボルカプラの利点は、2 次側のバイアス電源を必要としないシンプル設計が可能になることです。

ACPL-K309T は、標準の表面実装プロセスとの互換性を備えるように設計されたストレッチ SO-8 パッケージ寸法で入手可能です。

Broadcom R²Coupler™ 製品は、自動車および高温対応が求められる産業用途において重要な、安全な信号分離を実現する強化絶縁と信頼性を提供します。

特長

- AEC-Q100 試験ガイドライン準拠
- 車載温度範囲： -40°C ~ +125°C
- 2 次側に絶縁型電源なしで外部 Power MOSFET/IGBT を駆動可能
- 3 mA の低 I_F 駆動
- 開回路電圧： 14.3V 標準@ $I_F = 10$ mA
- 短絡回路電流： 34 μ A 標準@ $I_F = 10$ mA
- $I_F = 10$ mA、 $C_L = 1$ nF での高速スイッチング速度
 - ターンオン時間： 0.26 ms 標準
 - ターンオフ時間： 0.013 ms 標準
- 安全規格認証：
 - UL/cUL 1577 5kV_{RMS}、1 分間
 - IEC/EN 60747-5-5 $V_{IORM} = 1260$ V_{PEAK}

応用例

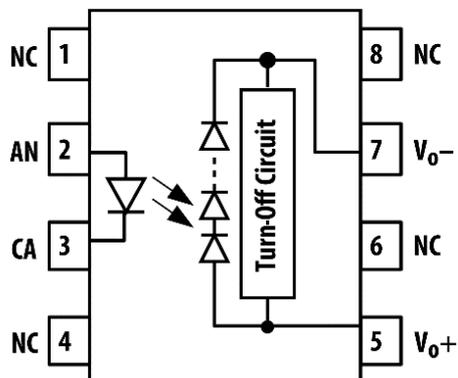
- ソリッドステート・リレー
- ハイサイド・パワー・スイッチ制御
- バッテリ管理システム
- 高電圧システムの事前充電/アクティブ放電回路

注意!

この製品を取り扱う際は、静電気放電による損傷や劣化を防ぐため、一般的な静電気対策を講じることをお勧めします。このデータ・シートに記載された製品は、軍事または航空宇宙用途および環境で使用しないでください。

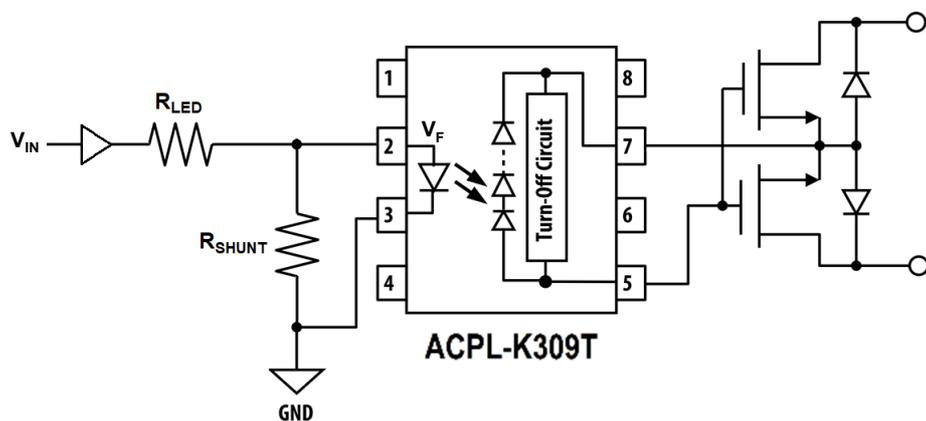
内部ブロック図

図 1：ACPL-K309T 内部ブロック図



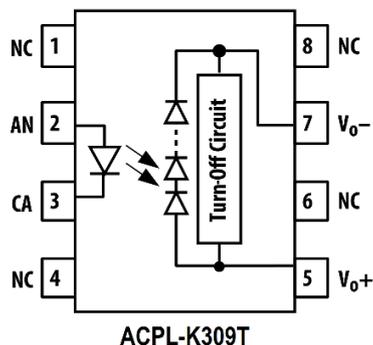
標準的な応用回路

図 2：応用回路



パッケージ・ピン配置

図 3：ACPL-K309T ピン配置



ピンの説明

ピン番号	名前	機能
1、4、6、8	NC	内部接続なし
2	AN	アノード
3	CA	カソード
5	V ₀₊	正出力
7	V ₀₋	負出力

オーダ情報

型名	オプション (RoHS 指令準拠)	パッケージ	表面 実装	テープ & リール	UL 5000 V _{rms} / 1 分定格	IEC/EN 60747-5-5	梱包単位
ACPL-K309T	-000E	ストレッチ SO-8	X		X		80 個/チューブ
	-060E		X		X	X	80 個/チューブ
	-500E		X	X	X		1000 個/ リール
	-560E		X	X	X	X	1000 個/ リール

ご注文の際は、型名欄から選択した製品型名とオプション欄のご希望のオプションとを組み合わせで発注してください。

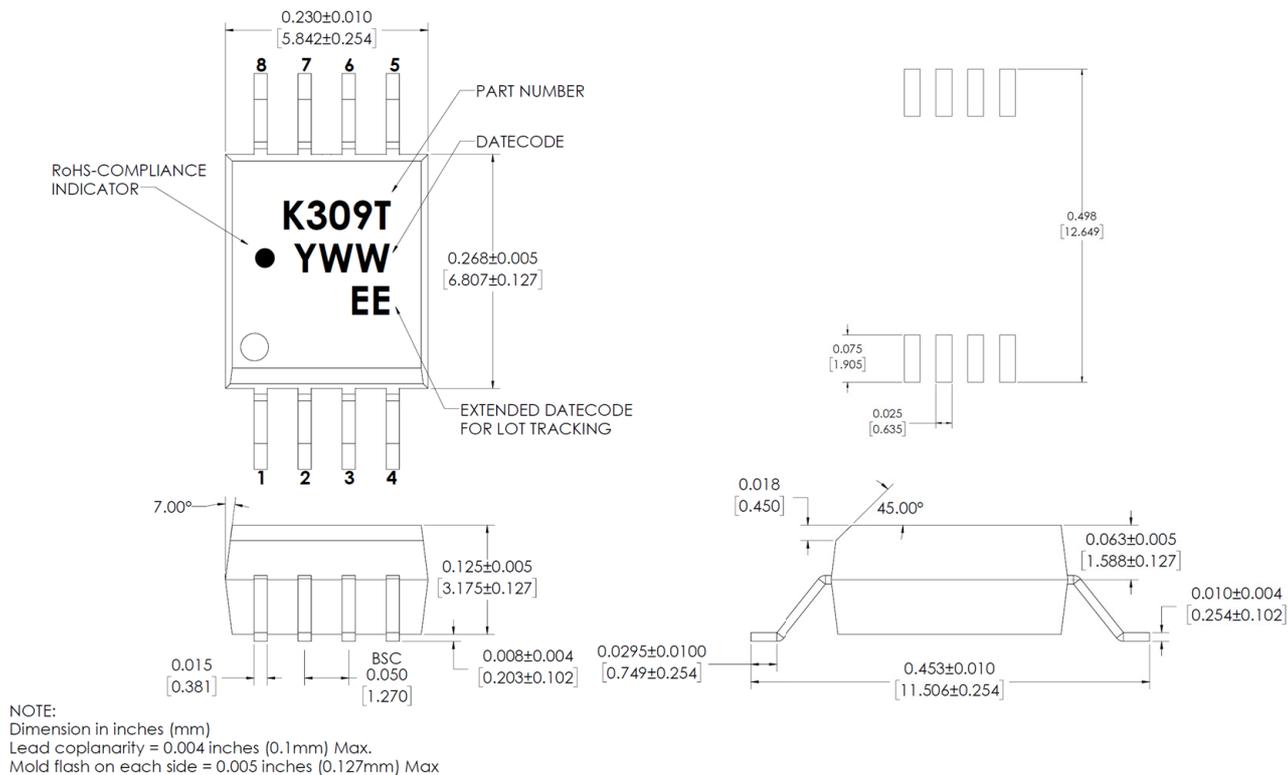
例 1：

ACPL-K309T-560E は、RoHS 指令準拠、IEC/EN 60747-5-5 安全規格認証、テープ & リール梱包、ストレッチ SO8 表面実装パッケージの製品です。

オプションのデータ・シートもご用意しています。詳細は、Broadcom の正規販売代理店までお問い合わせください。

パッケージ寸法図

図 4：ストレッチ SO-8 パッケージ



推奨鉛フリー IR プロファイル

JEDEC 規格 J-STD-020（最新版）に準拠したリフロー条件を推奨。

注：非ハロゲン化物系フラックスを使用してください。

安全規格

The ACPL-K309T is approved by the following organizations.

UL/cUL	IEC/EN 60747-5-5
UL 1577, component recognition program up to $V_{ISO} = 5000 V_{RMS}$	$V_{IORM} = 1260V_{PEAK}$ $V_{IOTM} = 8000V_{PEAK}$

IEC/EN 60747-5-5 絶縁特性

Description	Symbol	Characteristic	Units
Installation classification per DIN VDE 0110/1.89, Table 1 for rated mains voltage $\leq 600 V_{rms}$		I - IV	
Climatic Classification		40/125/21	
Pollution Degree (DIN VDE 0110/1.89)		2	
Maximum Working Insulation Voltage	V_{IORM}	1260	V_{PEAK}
Input to Output Test Voltage, Method b $V_{IORM} \times 1.875 = V_{PR}$, 100% Production Test with $t_m = 1s$, Partial discharge $< 5 pC$	V_{PR}	2362	V_{PEAK}
Input to Output Test Voltage, Method a $V_{IORM} \times 1.6 = V_{PR}$, Type and Sample Test, $t_m = 10s$, Partial discharge $< 5 pC$	V_{PR}	2016	V_{PEAK}
Highest Allowable Overvoltage (Transient Overvoltage $t_{ini} = 60s$)	V_{IOTM}	8000	V_{PEAK}
Safety-limiting values - maximum values allowed in the event of a failure			
Case Temperature	T_S	175	°C
Input Current	$I_{S,INPUT}$	230	mA
Output Power	$P_{S,OUTPUT}$	600	mW
Insulation Resistance at $T_S, V_{IO} = 500V$	R_S	$> 10^9$	Ω

絶縁と安全に関連する仕様

Parameter	Symbol		Units	Conditions
Minimum External Air Gap (Clearance)	L(101)	8	mm	Measured from the input terminals to the output terminals, shortest distance through the air.
Minimum External Tracking (Creepage)	L(102)	8	mm	Measured from the input terminals to the output terminals, shortest distance path along the body.
Minimum Internal Plastic Gap (Internal Clearance)		0.08	mm	Through insulation distance conductor to conductor, usually the straight line distance thickness between the emitter and the detector.
Tracking Resistance (Comparative Tracking Index)	CTI	>600	V	DIN IEC 112/VDE 0303 Part 1.
Isolation Group		I		Material Group (DIN VDE 0110).

ESD 定格

Parameter	Classification	Note
Human Body Model	2	Per AEC Q100-002
Charge Device Model	C2a	Per AEC Q100-011

絶対最大定格

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	Note
Storage Temperature	T_S	-55	150	°C	
Operating Temperature	T_A	-40	125	°C	
IC Junction Temperature	T_J	—	150	°C	
Input Current - Average	$I_{F(AVG)}$	—	30	mA	
Input Current - Surge	$I_{F(SURGE)}$	—	40	mA	1
Reverse Input Voltage ($V_{CA} - V_{AN}$)	V_R	—	6	V	
Output Current - Average	$I_{O(AVG)}$	—	1.3	mA	
Output Current - Surge	$I_{O(SURGE)}$	—	5	mA	
Input Power Dissipation	P_{IN}	—	100	mW	2
Output Power Dissipation	P_{OUT}	—	20	mW	

注：

1. At 50% duty cycle.
2. At 20% duty cycle.

推奨動作条件

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	Note
Operating Temperature	T_A	-40	125	°C	
Input Current (ON)	$I_{F(ON)}$	3	20	mA	
Input Voltage (OFF) ($V_{AN} - V_{CA}$)	$V_{F(OFF)}$	-5.5	0.6	V	

電気特性仕様 (DC)

Unless otherwise specified, all minimum/maximum specifications are at recommended operating conditions.
All typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	Fig.	Notes
LED Forward Voltage ($V_{AN} - V_{CA}$)	V_F	1.1	1.5	1.8	V	$I_F = 10\text{ mA}$		
Temperature Coefficient of LED Forward Voltage	$\Delta V_F / \Delta T_A$	—	-1.5	—	mV/°C	$I_F = 10\text{ mA}$		
LED Reverse Breakdown Voltage ($V_{CA} - V_{AN}$)	V_{BR}	6	—	—	V	$I_F = 10\ \mu\text{A}$		
LED Input Capacitance	C_{IN}	—	7	—	pF			
Output Clamp Voltage	V_{OCLAMP}	—	—	2	V	$V_F = 0.6\text{V}, I_O = 5\text{ mA}$	5	
Open-Circuit Voltage	V_{OC}	8.2	13.4	—	V	$I_F = 3\text{ mA}$	6,7	
		9.7	14.3	—	V	$I_F = 10\text{ mA}$	6,7	
		10.1	14.8	—	V	$I_F = 20\text{ mA}$	6,7	
		10.2	15	—	V	$I_F = 30\text{ mA}, 100\text{ ms pulse}$	6,7	
Temperature Coefficient of Open-Circuit Voltage	$\Delta V_{OC} / \Delta T_A$	—	-36	—	mV/°C	$I_F = 10\text{ mA}$		
Short-Circuit Current	I_{SC}	3	11	—	μA	$I_F = 3\text{ mA}$	8,9	
		12	34	—	μA	$I_F = 10\text{ mA}$	8,9	
		20	63	—	μA	$I_F = 20\text{ mA}$	8,9	
		26	87	—	μA	$I_F = 30\text{ mA}, 100\text{ ms pulse}$	8,9	

スイッチング特性仕様 (AC)

Unless otherwise specified, all minimum/maximum specifications are at recommended operating conditions.
All typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	Fig.	Notes
Turn-On Time	t_{ON}	—	730	2700	μs	$I_F = 3\text{ mA}, C_L = 1\text{ nF}$	10,12,14	
		—	240	670	μs	$I_F = 10\text{ mA}, C_L = 1\text{ nF}$	10,12,14	
		—	130	400	μs	$I_F = 20\text{ mA}, C_L = 1\text{ nF}$	10,12,14	
Turn-Off Time	t_{OFF}	—	20	50	μs	$I_F = 3\text{ mA}, C_L = 1\text{ nF}$	11,13,14	
		—	13	30	μs	$I_F = 10\text{ mA}, C_L = 1\text{ nF}$	11,13,14	
		—	11	25	μs	$I_F = 20\text{ mA}, C_L = 1\text{ nF}$	11,13,14	

パッケージ特性

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	Notes
Input-Output Momentary Withstand Voltage	V_{ISO}	5000	—	—	V_{RMS}	$RH < 50\%, t = 1\text{ minute}, T_A = 25^\circ\text{C}$	
Resistance (Input-Output)	R_{I-O}	—	10^{12}	—	Ω	$V_{I-O} = 500\text{ V}_{DC}$	
Capacitance (Input-Output)	C_{I-O}	—	1	—	pF	$f = 1\text{ MHz}$	

標準的な特性のグラフとテスト条件

Unless otherwise stated, all typical values are $T_A = 25^\circ\text{C}$.

図 5 : Clamp Voltage vs. Operating Temperature

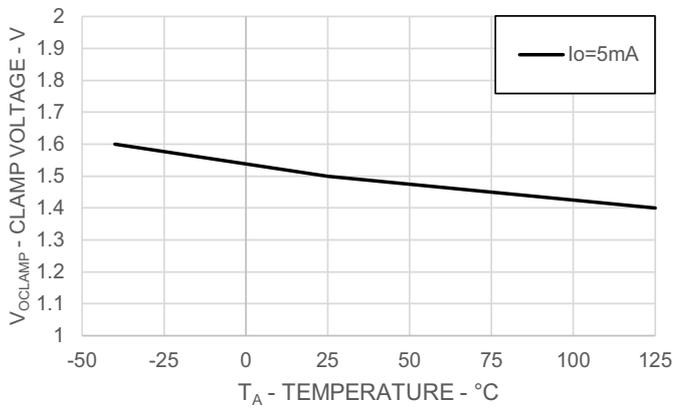


図 6 : Open-Circuit Voltage vs. Input Current

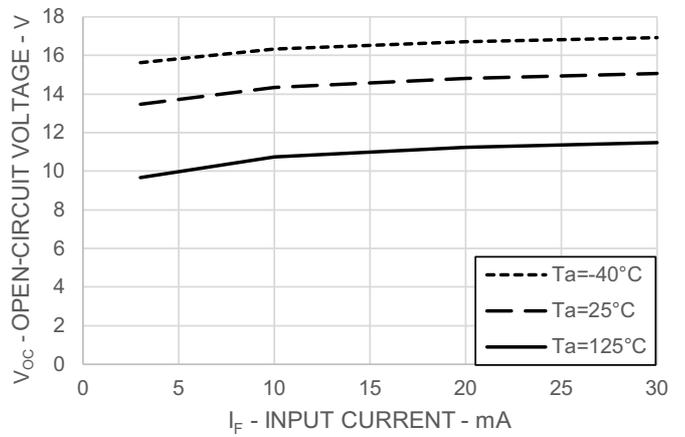


図 7 : Open-Circuit Voltage vs. Operating Temperature

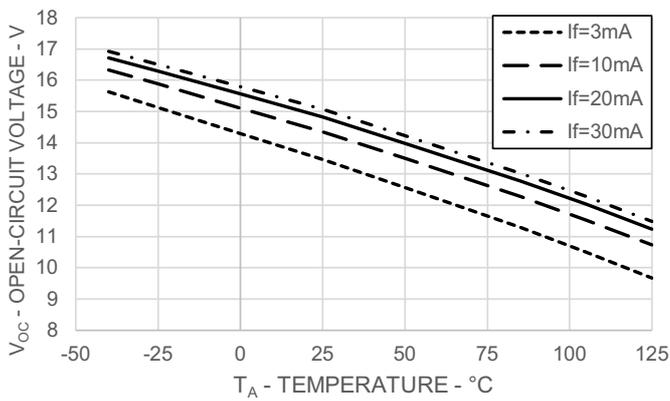


図 8 : Short-Circuit Current vs. Input Current

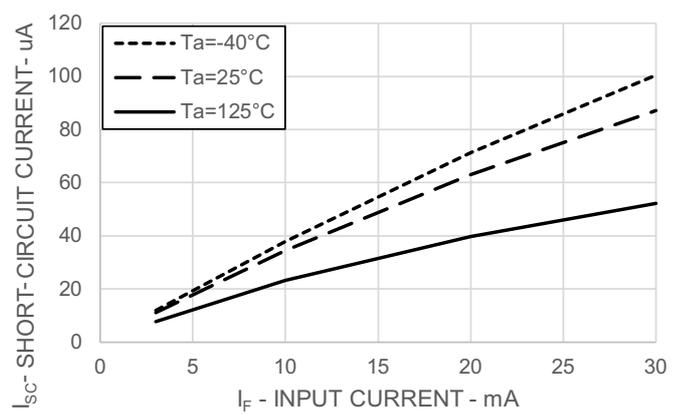


図 9 : Short-Circuit Current vs. Operating Temperature

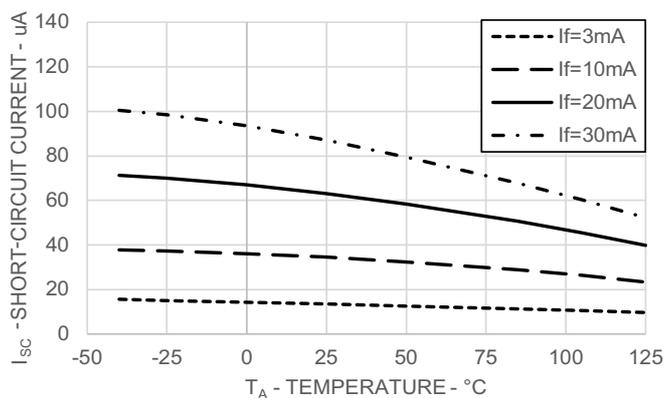


図 10 : Turn-On Time vs. Load Capacitance

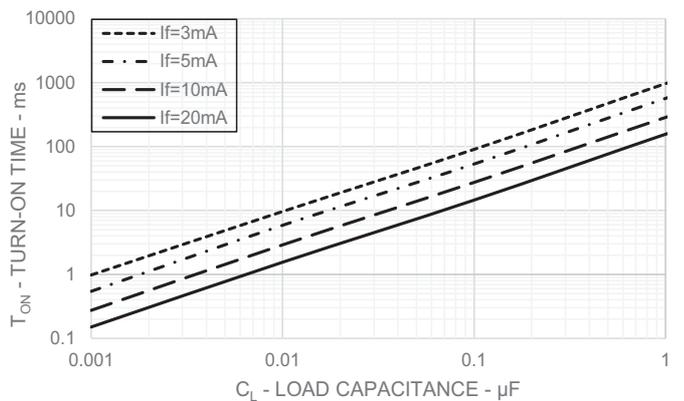


図 11 : Turn-Off Time vs. Load Capacitance

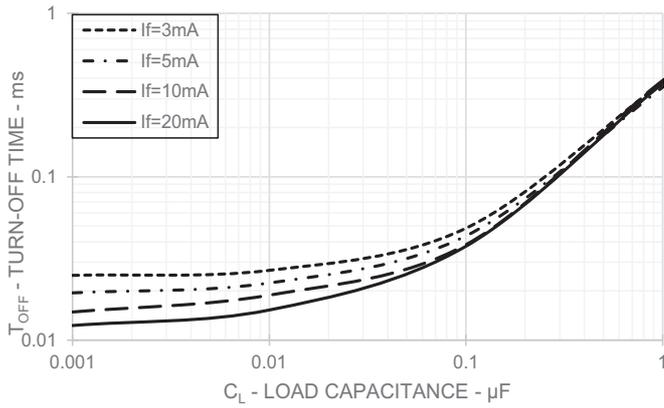


図 12 : Turn-On Time vs. Operating Temperature (at C_L = 1 nF)

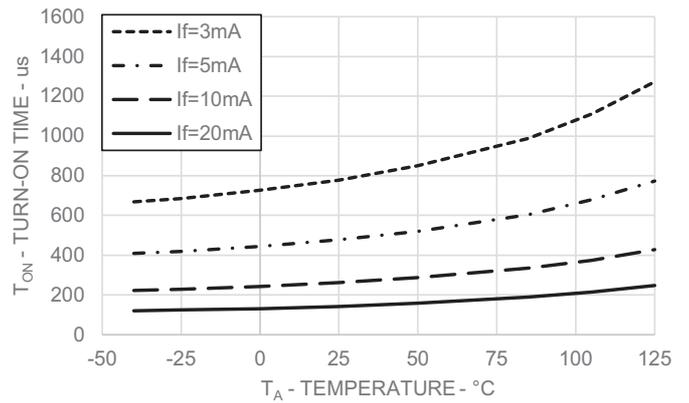


図 13 : Turn-Off Time vs. Operating Temperature (at C_L = 1 nF)

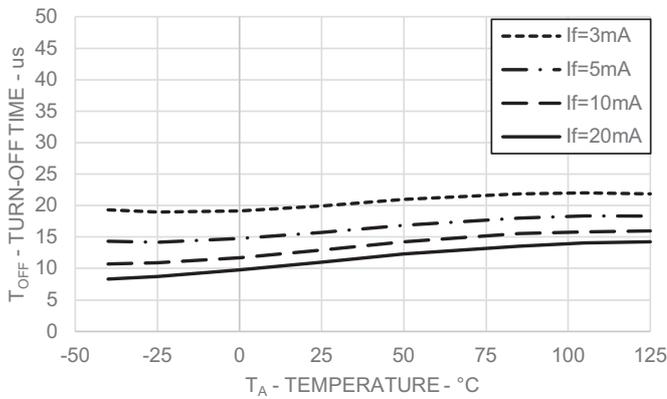
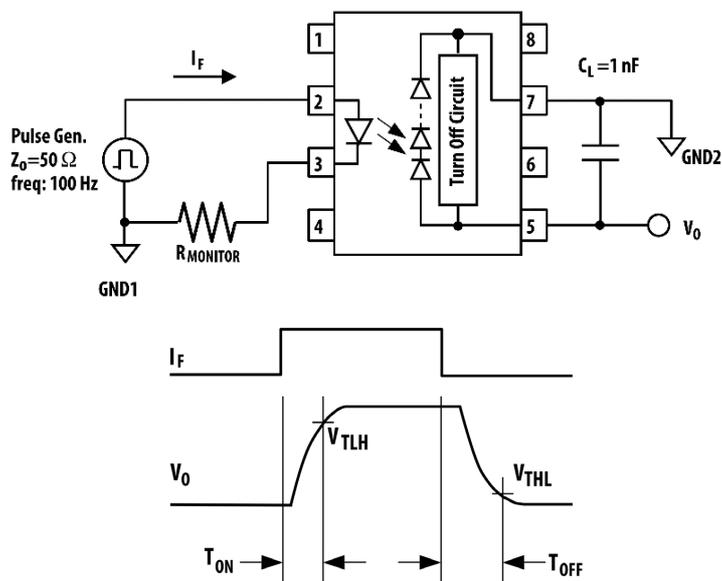


図 14 : Switching Time Test Circuit and Waveform



注 : The following are the test conditions:

- $T_A = -40^{\circ}\text{C}$, $V_{TLH} = 8\text{V}$, $V_{THL} = 1\text{V}$
- $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{TLH} = 8\text{V}$, $V_{THL} = 1\text{V}$
- $T_A = 125^{\circ}\text{C}$, $V_{TLH} = 8\text{V}$, $V_{THL} = 1\text{V}$

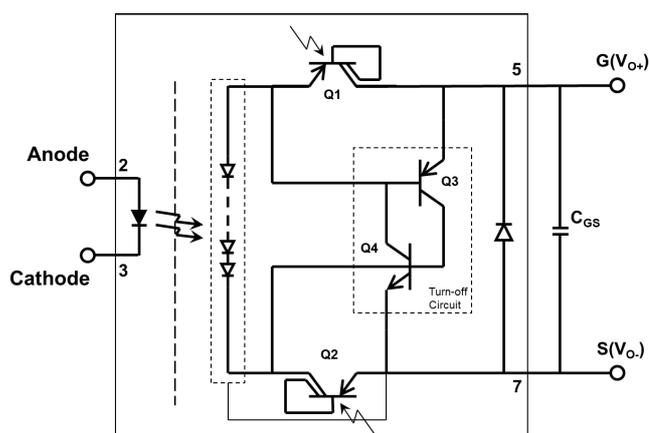
アプリケーション情報

ACPL-K309T 車載用フォトボル (PV) カブラは、MOSFET と組み合わせて、複数の用途に対する基本的な構成要素を形成するデバイスです。フォトボルカブラを 1 つまたは 2 つの MOSFET と組み合わせて使用すると、ソリッドステート・リレーが形成されます。また、2 つのバック・ツー・バック MOSFET と組み合わせると、双方向スイッチが形成できます。これらは光起電力ダイオード・アレイに光結合された AlGaAs LED 入力で構成されます。これが、ガルバニック絶縁の電圧源になります。フォトボルカブラの利点は、2 次側のバイアス電源を必要としないシンプルな設計が可能になることです。

基本構成

図 15 に示すとおり、フォトボル (PV) カブラの入力側は LED 駆動です。LED を経る電流を制限するには電流制限抵抗が必要です。入力の順方向電流の推奨値は 3 mA ~ 20 mA です。LED は、直列接続されたフォトダイオードから成るフォトダイオード・スタックを介して光結合されます。電流が入力側の LED に流れると、LED からの光がフォトダイオードのストリング上にフォト電流を生成し、MOSFET のゲートを充電します。これによって、フォトダイオード数に比例するフォト電圧が生成され、電力デバイスをオンに切り替え、オンのまま保持します。

図 15 : Basic Construction of Photovoltaic Driver



入力駆動回路

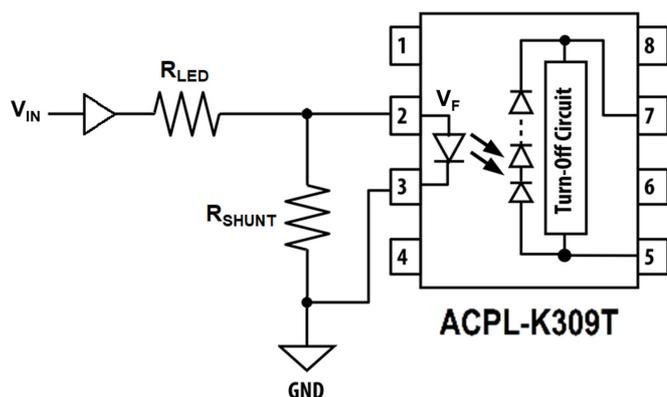
図 16 に示すとおり、電流制限抵抗 R_{LED} によって入力駆動電流 (I_F) が設定され、以下の式で計算できます。

$$R_{LED} = \frac{V_{IN} - V_F}{I_F}$$

ここで、 V_{IN} は入力電圧、 V_F は LED の順方向電圧、目的の入力電流は I_F です。

入力のリーク電流に起因する LED の予想外のターンオンを防ぐために、LED に対して明確なしきい値入力電流を設けることを推奨します。このしきい値は、抵抗 (R_{SHUNT}) を LED の両端子に接続することで調整可能で、抵抗値は、入力しきい値電流 (I_{FT}) と最大入力 LED ターンオフ電圧 ($V_{F(OFF)MAX}$) との比率によって決定されます。図 16 に示された回路は、これらの値の関係を示しています。計算式から、所定の I_{FT} と $V_{F(OFF)MAX}$ に対するシャント抵抗値が決まります。以下の例では、最大 LED ターンオフ電圧が 0.6V (推奨動作条件に指定されている) で、入力しきい値電流が 100 μ A としたときに必要なシャント抵抗値は、約 6 k Ω と計算できます。この例では、LED が ON の場合、250 μ A を超える電流値がシャント抵抗を通じて流れます。

図 16 : Input Circuit



$$R_{SHUNT} = \frac{V_{F(OFF)MAX}}{I_{FT}}$$

$$R_{SHUNT} = \frac{0.6V}{100\mu A}$$

$$R_{SHUNT} = 6k\Omega$$

推奨される R_{SHUNT} 値は約 6 k Ω です。

ターンオフ回路

フォトボルカブラの駆動部には、ターンオフ時間を短縮するターンオフ回路が内蔵されています。この回路は、フォトボルカブラの駆動部がターンオフするとすぐに、MOSFET のゲート容量を瞬間的に放電します。ターンオフ回路は、光起電の電圧が急低下するとアクティブ化されます。図 15 における、ターンオフ回路の一連の動作は以下のとおりです。

LED が ON の場合

1. Q1 と Q2 が飽和状態になります。
2. SCR (Q3 と Q4) が無効になります。
3. フォトダイオード・アレイがゲートとソースに接続されます。

LED が OFF の場合

1. Q1 と Q2 が導通を止めます。
2. フォトダイオード・アレイがゲートとソースから切断されます。
3. SCR (Q3 と Q4) がトリガーされ、ゲート容量 (C_{GS}) が迅速に放電されます。

フォトボル (PV) カプラと MOSFET 構成

フォトボルカプラは、ソリッドステート・リレーを形成するために、高電圧 MOSFET と組み合わせられるデバイスです。フォトボルカプラでは、単一の MOSFET を構成することもできれば、双方向用途向けに 2 つの MOSFETs (バック・ツー・バック) を構成することもできます。ピン 5 はゲートに接続され、ピン 7 はソースに接続されます。図 17、18、および 19 は、さまざまな構成の応用回路の例です。

図 17 : Photovoltaic Driver + Single External MOSFET

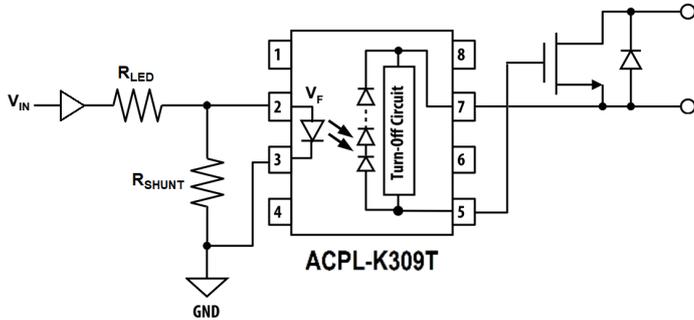


図 18 : Photovoltaic Driver + Two Back-to-Back MOSFETs

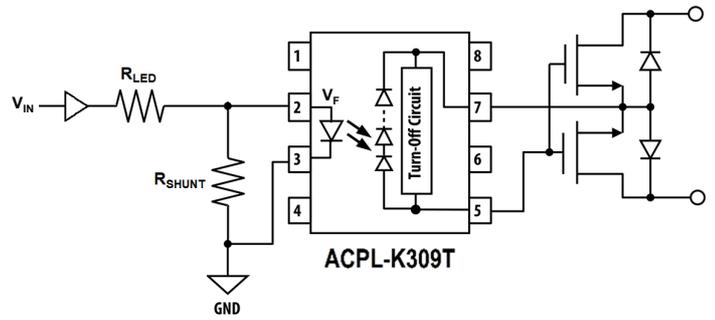
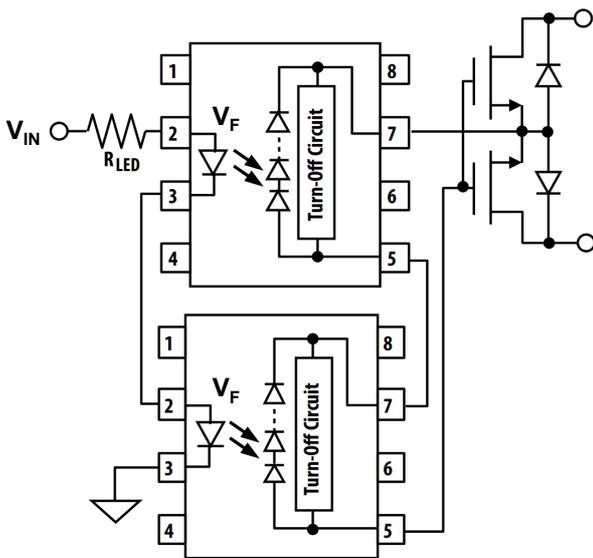


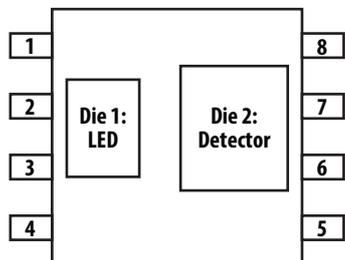
図 19: Two Photovoltaic Drivers in Series + Two Back-to-Back MOSFETs



ACPL-K309T の熱抵抗モデル

図 20 に測定用の ACPL-K309T の図を示します。最初に 1 つのダイを加熱し、熱平衡に達した後すべてのダイの温度を記録します。その後、2 番目のダイを加熱し、すべてのダイの温度を記録します。周囲温度、ダイ接合部温度および消費電力が既知の場合は、熱抵抗を計算することができます。熱抵抗の計算は、行列形式で求めることができます。この場合、2 つの熱源があるため、2 × 2 行列になります。

図 20 : Diagram of ACPL-K309T for Measurement



$$\begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} P_1 \\ P_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \Delta T_1 \\ \Delta T_2 \end{vmatrix}$$

R_{11} : ダイ1 の加熱によるダイ1 の熱抵抗

R_{12} : ダイ2 の加熱によるダイ1 の熱抵抗

R_{21} : ダイ1 の加熱によるダイ2 の熱抵抗

R_{22} : ダイ2 の加熱によるダイ2 の熱抵抗

P_1 : ダイ1 の消費電力 (W)

P_2 : ダイ2 の消費電力 (W)

T_1 : すべてのダイからの熱によるダイ1 の接合部温度 (°C)

T_2 : すべてのダイからの熱によるダイ2 の接合部温度 (°C)

T_a : 周囲温度

ΔT_1 : ダイ1 接合部と周囲との温度差 (°C)

ΔT_2 : ダイ2 接合部と周囲との温度差 (°C)

$$T_1 = R_{11} \times P_1 + R_{12} \times P_2 + T_a$$

$$T_2 = R_{21} \times P_1 + R_{22} \times P_2 + T_a$$

低 K (接続) 基板での測定データ

R_{11} : 290°C/W

R_{12} : 89°C/W

R_{21} : 80°C/W

R_{22} : 136°C/W

高 K (接続) 基板での測定データ

R_{11} : 242°C/W

R_{12} : 42°C/W

R_{21} : 35°C/W

R_{22} : 86°C/W

Copyright © 2023 Broadcom. All Rights Reserved.用語「Broadcom」は、Broadcom Inc. および/またはその子会社を指します。詳細については、[jp.broadcom.com](https://www.broadcom.com/jp) をご覧ください。本書に記載された商標、商標名、サービス・マーク、ロゴはすべて、各社が所有権を有しています。

Broadcom は、信頼性、機能または設計を改善するために、本書の製品またはデータを通知なしに変更する権利を留保します。Broadcom によって提供される情報の正確さと信頼性には細心の注意を払っています。しかしながら、Broadcom は、この情報の適用または使用、あるいは本書に記載された製品または回路の適用または使用から生じるいかなる責任も負わず、特許権や他の権利によるいかなるライセンスも譲渡しません。