

低入力駆動フォトカプラの 基本特性と応用設計

概要

本資料はフォトカプラのラインアップの中でも低入力（低 I_F ）駆動が可能な製品群の応用設計をする中で電気的特性の特徴および性能を最大限引き出す留意点について述べたものです。

目次

1. 選定するフォトカプラの候補.....	3
1.1 低 I_F 駆動製品群の種類	3
2. トランジスタカプラを使ったインタフェース回路の設計	5
2.1 順電流 I_F の設定	7
2.2 I_F 制限抵抗 R_{IN} の設定	8
2.3 プルアップ抵抗 R_L の設定	12
2.4 設定された上記プルアップ抵抗 R_L で期待できる伝搬遅延時間	17
2.5 低 I_F 駆動製品で性能を最大限引き出す留意点.....	21
3. 用語説明	24
製品取り扱い上のお願い.....	27

1. 選定するフォトカプラの候補

フォトカプラは、一般に発光素子と受光素子との間に光透過性の絶縁物を介して光学的に結合し、接地電位の異なる回路間の信号インタフェースとして使用されるデバイスです。インピーダンスの不整合解消、入出力間の絶縁能力の向上、誘導起電力の回避、ノイズしゃ断の容易性などのメリットからフォトカプラが使用されてきていますが、さらに基板占有面積の縮小化、信頼性向上によるメンテナンスフリーなどのメリットによりフォトカプラの応用が拡大しています。

産業用電子機器などのシステム設計を行う場合、伝送ライン上に介在する種々の問題に悩まされることがあります。例えば、グラウンドループによるオフセット電圧が発生したときには、システム間にループ電流が流れ機器を破損する可能性も起こります。これらの問題に関して短距離用としてはフォトカプラを用いることが有効な対処法です。

電子機器においては省電力化は大きな流れの一つですが、その中でデータ信号伝送用として使用されている汎用トランジスタカプラでも省電力制御の流れを実現するために低入力(低 I_F 駆動)製品群の商品化が強く求められており、当社ではこのような市場ニーズに応えるため積極的に各種ラインナップを進めております。

これらの製品を適用する上ではその性能を最大限引き出すにはいくつかの留意点があります。本資料ではこれら低 I_F 駆動製品群の種類と特性および応用設計について述べます。

1.1 低 I_F 駆動製品群の種類

図 1.1 に代表的な 3 つの製品を示します。小型・薄型 SO6 パッケージで汎用のトランジスタカプラ TLP185 と、それに対して低入力(低 I_F 駆動)の TLP183、およびさらにその高速対応版の TLP2301 です。

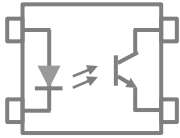
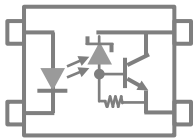

製品名		TLP185(SE)	TLP183	TLP2301
項目				
出力タイプ		シングルTr (汎用)	シングルTr (低入力)	シングルTr (低入力, 高速)
内部接続図				
パッケージ		 4pin SO6		
変換効率 (CTR) I_C/I_F	ランク無	50~600%	50~600%	50~600%
	GBランク	100~600%	100~600%	100~600%
	条件	@ $I_F=5\text{mA}$, $V_{CE}=5\text{V}$	@ $I_F=0.5\text{mA}$, $V_{CE}=5\text{V}$	@ $I_F=1\text{mA}$, $V_{CE}=5\text{V}$
遅延時間 [t _{OFF}]		40 μs (typ.) @ $I_F=16\text{mA}$, $R_L=1.9\text{k}\Omega$	30 μs (typ.) @ $I_F=1.6\text{mA}$, $R_L=4.7\text{k}\Omega$	t _{pLH} (max.)=30 μs @ $I_F=1\text{mA}$, $R_L=10\text{k}\Omega$
V _{CEO}		80V(min)	80V(min)	40V(min)
動作温度 T _{opr}		-55~110°C	-55~125°C	-55~125°C
絶縁耐圧 BV _S		3750Vrms		

図 1.1 代表的な製品 TLP185、TLP183、TLP2301 の概要

変換効率(CTR)は入力側 LED に流す電流 I_F に対する出力側トランジスタのコレクタ電流 I_C の比率 (I_C/I_F) を % で表したものと定義します。CTR は、 I_F 条件によって変わりますが、標準条件は $I_F=5\text{mA}$ 、 $V_{CE}=5\text{V}$ 、低入力(低 I_F 駆動)型では $I_F=1\text{mA}$ や $I_F=0.5\text{mA}$ で設定しています。

低 I_F 駆動製品群

TLP185 @ $I_F = 5\text{mA}$ CTR=50%-600%

TLP183 @ $I_F = 0.5\text{mA}$ CTR=50%-600%

TLP2301 @ $I_F = 1\text{mA}$ CTR=50%-600%

また汎用型の TLP185 と低入力(低 I_F 駆動)型の TLP183 で CTR の I_F 依存性をみていると図 1.2 で見られるように違った性能が得られます。

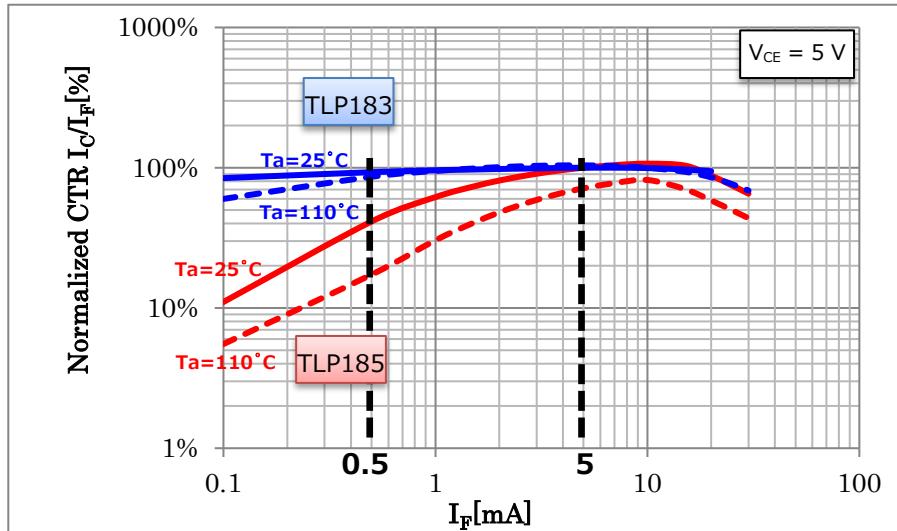


図 1.2 代表的な製品 TLP185、TLP183 における CTR の I_F 依存性

図 1.2 で確認できるように I_F の小さい領域で違いが顕著で、 $I_F=0.5\text{mA} \sim 5\text{mA}$ の間でみると

@ $I_F=5\text{mA} \rightarrow I_F=0.5\text{mA}$

TLP185 CTR の変化≒約 1/2 に低下

TLP183 CTR の変化≒約数%の低下

となっており、TLP183 タイプでは CTR の低減が非常に押さえられています。これは高出力、長寿命の新しい世代の発光素子(LED)を採用したことに起因します。TLP2301 も同様です。この挙動が低入力(低 I_F 駆動)型の製品実現や商品性能に大きく貢献しています。

2. トランジスタカプラを使ったインタフェース回路の設計

図 2.1 はロジック IC 間インタフェースに 4 ピンのフォトカプラを使った回路です。確実な ON/OFF 信号伝送動作を得るための R_{IN} と R_L の設計を行います。入力電流 I_F を仮設定し、出力トランジスタの飽和電圧時に得られるコレクタ電流の最小値を求めてプルアップ抵抗 R_L を決定します。

設計仕様例

動作温度 T_{opr}	: 0~70°C
データ速度	: 5 kbps
電源電圧	: $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 5\%$
動作寿命	: 10 年 (8.8 万時間)
システム稼働率	: 50%

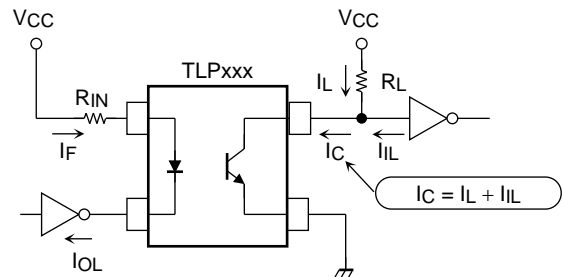


図 2.1 4 ピンのフォトカプラを使った TTL 間インタフェース回路

まずフォトカプラの選定を行います。

今回は一般品の TLP185(SE、低入力品の TLP183 とその IC タイプの TLP2301 で設計を試みます。設計に必要な規格を表 2.1 に示します。

表 2.1 (1) フォトカプラ TLP185(SE) の主要特性

項目	記号	測定条件 (Ta = 25°C)	最小値	標準値	最大値	単位	
入力順電圧	V _F	I _F = 10 mA	1.1	1.25	1.4	V	
コレクタ・エミッタ間降伏電圧	V (BR) CEO	I _C = 0.5 mA	80	—	—	V	
エミッタ・コレクタ間降伏電圧	V (BR) ECO	I _E = 0.1 mA	7	—	—	V	
暗電流	I _{DARK}	I _F = 0 mA, V _{CE} = 48 V	—	0.01	0.08	μA	
		I _F = 0 mA, V _{CE} = 48 V, Ta = 85°C	—	2	50	μA	
変換効率	CTR (I _C /I _F)	I _F = 5 mA V _{CE} = 5 V	一般品	50	—	600	%
			GB ランク	100	—	600	
			GR ランク	100	—	300	
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	V _{CE (sat)}	I _F = 8 mA, I _C = 2.4 mA	—	—	0.3	V	

表 2.1 (2) フォトカプラ TLP183 の主要特性

項目	記号	測定条件 (Ta = 25°C)	最小値	標準値	最大値	単位	
入力順電圧	V _F	I _F = 10 mA	1.1	1.25	1.4	V	
コレクタ・エミッタ間降伏電圧	V (BR) CEO	I _C = 0.5 mA	80	—	—	V	
エミッタ・コレクタ間降伏電圧	V (BR) ECO	I _E = 0.1 mA	7	—	—	V	
暗電流	I _{DARK}	I _F = 0 mA, V _{CE} = 48 V	—	0.01	0.08	μA	
		I _F = 0 mA, V _{CE} = 48 V, Ta = 85°C	—	2	50	μA	
変換効率	CTR (I _C /I _F)	I _F = 0.5 mA V _{CE} = 5 V	一般品	50	—	600	%
			GB ランク	100	—	600	
			GR ランク	100	—	300	
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	V _{CE (sat)}	I _F = 8 mA, I _C = 2.4 mA	—	—	0.3	V	

表 2.1 (3) フォトカプラ TLP2301 の主要特性

項目	記号	測定条件 (Ta = 25°C)	最小値	標準値	最大値	単位	
入力順電圧	V _F	I _F = 10 mA	1.1	1.25	1.4	V	
コレクタ・エミッタ間降伏電圧	V (BR) CEO	I _C = 0.1 mA	40	—	—	V	
エミッタ・コレクタ間降伏電圧	V (BR) ECO	I _E = 0.1 mA	7	—	—	V	
暗電流	I _{DARK}	I _F = 0 mA, V _{CE} = 40 V	—	0.01	0.08	μA	
		I _F = 0 mA, V _{CE} = 40 V, Ta = 85°C	—	2	50	μA	
変換効率	CTR (I _C /I _F)	I _F = 1 mA V _{CE} = 5 V	一般品	50	—	600	%
			GB ランク	100	—	600	
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	V _{CE (sat)}	I _F = 8 mA, I _C = 2.4 mA	—	—	0.3	V	

2.1 順電流 I_F の設定

まず初めに LED 駆動電流 I_F を仮設定します。

(1) TLP185 の場合

I_F の最大は入力側ロジック IC の出力ローレベル吸い込み電流最大値 I_{OL} よりも小さくしなければなりません。標準的なロジック IC I_{OL} を 8mA とすると $I_F \leq I_{OL}$ から、 $I_F \leq 8\text{mA}$ となります。また I_F の最大許容値は図 2.2 から $I_F \leq 50\text{mA}$ ですが、変換効率 CTR の経年変化が I_F の増大により大きくなりますので、必要最小限にします。図 2.3 は TLP185(SE に適用している LED の光出力の経年変化例を示すものですが、今回は 10 年(約 8.8 万時間,稼働率 50%で 4.4 万時間)の動作寿命を期待するため CTR の低下分は約 30%($D_t = 0.7$)と考えてみます。CTR が $I_F=5\text{mA}$ で規定されていることを意識しこれを取り入れ $I_F=5\text{mA} / 0.7=7.2\text{mA}$ から I_{OL} 値の 8mA に仮設定します。

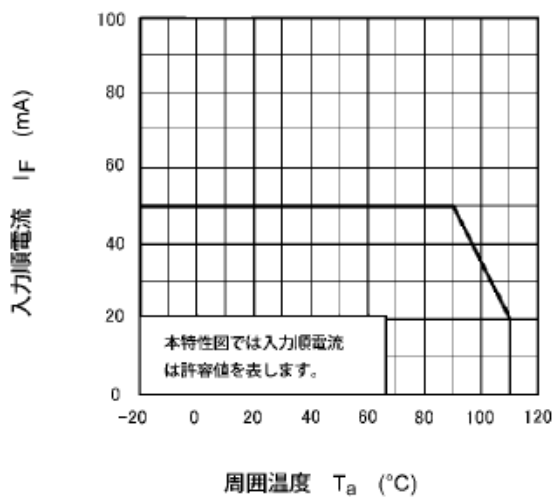


図 2.2 許容順電流-周囲温度 (TLP185(SE))

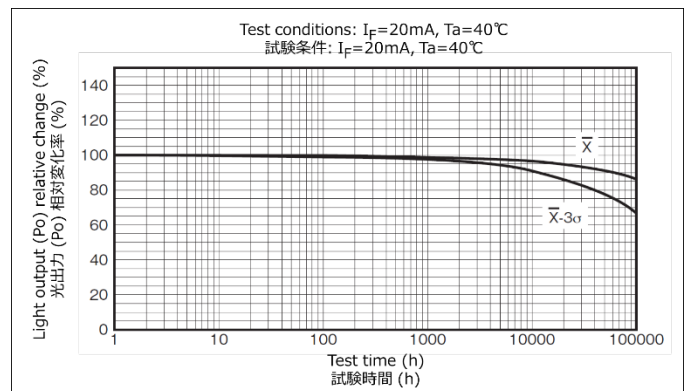


図 2.3 推定経年変化データ例(*)

*本データは CTR 経年劣化カーブの一例を示しております。TLP185(SE を含めた各製品の実際の回路設計の際には個別製品の信頼性情報をご確認の上適切な設計をお願い致します。

(2) TLP183 の場合

TLP183 は $I_F=5\text{mA}$ の他に $I_F=0.5\text{mA}$ の低電流条件で変換効率や伝搬遅延時間を規定しています。図 2.4 は TLP183, TLP2301 で適用している LED の光出力の経年変化例を示すものです。変換効率 CTR の経年変化は I_F が小さい方が有利ですが、今回は 10 年(約 8.8 万時間,稼働率 50%で 4.4 万時間)の動作寿命を期待することもあり CTR の低下分は約 15%($D_t = 0.85$)とを考えてみます。CTR の規定条件を意識し $I_F=0.5\text{mA}$ で計算してみると $I_F = 0.5\text{mA} / 0.85=0.6\text{mA}$ となりますが、ここでは余裕分も踏まえて 1mA に仮設定してみます。

(3) TLP2301 の場合

TLP2301 は $I_F=1\text{mA}$ の低電流条件で変換効率や伝搬遅延時間を規定しています。CTR の低下分は前出の TLP183 と同様約 15%は考慮が必要ですが、一方大きな電流を流すと伝搬遅延時間が遅くなるなどの影響もでてきます。TLP2301 は高速対応版でかつ $I_F=1\text{mA}$ 条件で伝搬遅延時間を規定していますのでこれに近い条件で電流設定を行うと有利です。2つの相反する要因も加味し今回はワースト条件でも $I_F=1\text{mA}$ が流れるように仮設定をして設計を行ってみたい。

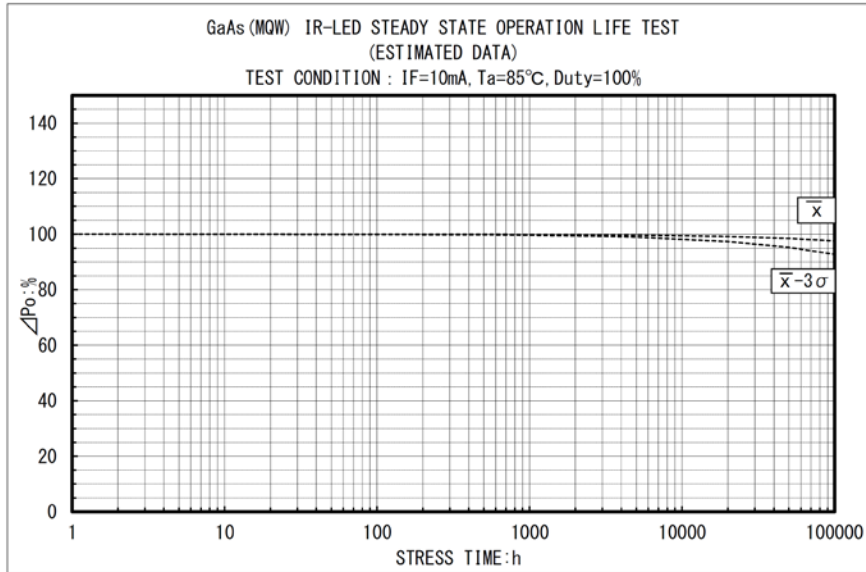


図 2.4 推定経年変化データ例(*)

*本データは CTR 経年劣化カーブの一例を示しております。TLP183,TLP2301 を含めた各製品の実際の回路設計の際には個別製品の信頼性情報をご確認の上適切な設計をお願い致します。

2.2 I_F 制限抵抗 R_{IN} の設定

I_F (typ.) は、

$$I_{F(\text{typ.})} = \frac{V_{CC} - V_{F(\text{typ.})} - V_{OL}}{R_{IN(\text{typ.})}}$$

で示されます。

(1) TLP185 の場合

$V_{F(\text{typ.})}$ はデータシート値(図 2.5)から、

$$V_{F(\text{typ.})} = 1.25 \text{ V } (I_F=10\text{mA})$$

ですので、これを用いて

$$R_{IN} = \frac{5\text{V} - 1.25\text{V} - 0.4\text{V}}{8\text{mA}}$$

$$= 419 \Omega$$

よってここでは $R_{IN} = 430 \Omega \pm 5\%$ を選択します。

$I_{F(\text{min})}$ 、 $I_{F(\text{max})}$ 値を確認すると、下記ようになります。

V_{CC} は $5\text{V} \pm 5\%$ 、 V_F はデータシート値から

$$V_{CC(\text{min})} = 5\text{V} - 5\% = 4.75\text{V}, V_{CC(\text{max})} = 5\text{V} + 5\% = 5.25\text{V}$$

$$V_{F(\text{min})} = 1.1\text{V}, V_{F(\text{max})} = 1.4\text{V}$$

($T_a=25^\circ\text{C}$)

	項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
発光側	入力順電圧	V_F		$I_F = 10 \text{ mA}$	1.1	1.25	1.4	V

図 2.5 TLP185(SE データシートの抜粋)

$$\begin{aligned}
 I_{F(\min.)} &= \frac{V_{CC(\min.)} - V_{F(\max.)} - V_{OL}}{R_{IN(\max.)}} \\
 &= \frac{4.75V - 1.4V - 0.4V}{452\Omega} \\
 &= 6.5 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{F(\max.)} &= \frac{V_{CC(\max.)} - V_{F(\min.)} - V_{OL}}{R_{IN(\min.)}} \\
 &= \frac{5.25V - 1.1V - 0.4V}{409\Omega} \\
 &= 9.2 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

となります。

(2) TLP183 の場合

$V_{F(\text{typ.})}$ はデータシート値(図 2.6)では、

$$V_{F(\text{typ.})} = 1.25 \text{ V } (I_F = 10\text{mA})$$

ですが、この値を基準に $I_F = 1\text{mA}$ の条件での値を見積ります。

図 2.7 から、この時は約 0.1V 下がります。

($T_a = 25^\circ\text{C}$)

	項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
発光側	入力順電圧	V_F		$I_F = 10 \text{ mA}$	1.1	1.25	1.4	V

図 2.6 TLP183 データシートの抜粋

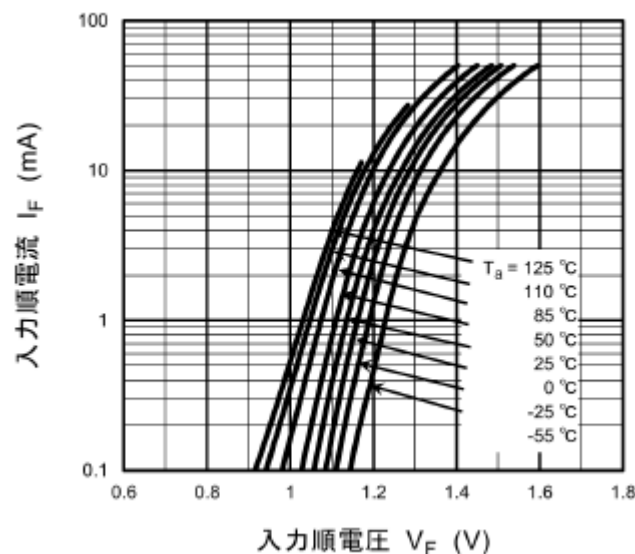


図 2.7 TLP183 データシートの抜粋
 $I_F - V_F$ 特性

$$R_{IN} = \frac{5V - 1.15V - 0.4V}{1mA}$$

$$= 3.45 \text{ k}\Omega$$

よってここでは $R_{IN} = 3.3 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ を選択します。

$I_{F(\min)}$ 、 $I_{F(\max)}$ 値を確認すると、下記のようになります。

V_{CC} は $5V \pm 5\%$ 、 V_F はデータシート値とデータシートの $I_F - V_F$ 特性グラフ(図 2.7)から

$V_{CC(\min)} = 5V - 5\% = 4.75V$ 、 $V_{CC(\max)} = 5V + 5\% = 5.25V$

$V_{F(\min)} = 1.0V$ 、 $V_{F(\max)} = 1.3V$

$$I_{F(\min)} = \frac{V_{CC(\min)} - V_{F(\max)} - V_{OL}}{R_{IN(\max)}}$$

$$= \frac{4.75V - 1.3V - 0.4V}{3.47k\Omega}$$

$$= 0.88 \text{ mA}$$

$$I_{F(\max)} = \frac{V_{CC(\max)} - V_{F(\min)} - V_{OL}}{R_{IN(\min)}}$$

$$= \frac{5.25V - 1.0V - 0.4V}{3.14k\Omega}$$

$$= 1.23 \text{ mA}$$

となります。

(3) TLP2301 の場合

$V_{F(\text{typ.})}$ はデータシート値(図 2.8)では、

$$V_{F(\text{typ.})} = 1.25 \text{ V } (I_F = 10 \text{ mA})$$

ですが、この値を基準に $I_F = 1mA$ の条件での値を見積ります。

図 2.9 から、この時は約 0.1V 下がります。

($T_a = 25^\circ\text{C}$)

	項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
発光側	入力順電圧	V_F		$I_F = 10 \text{ mA}$	1.1	1.25	1.4	V

図 2.8 TLP2301 データシートの抜粋

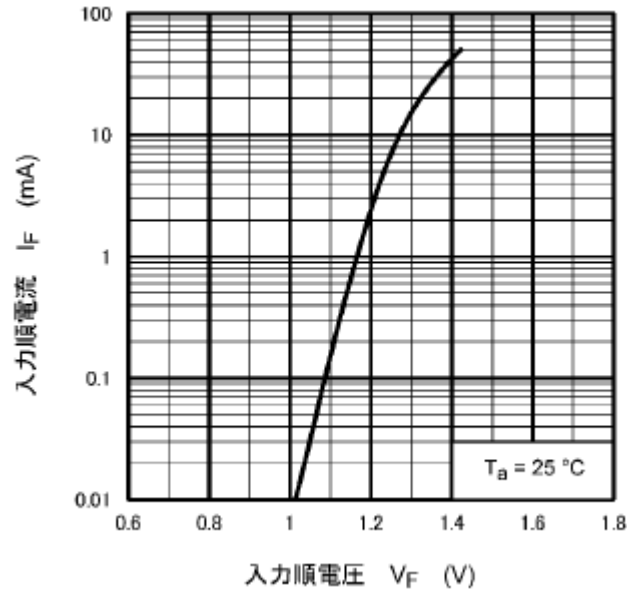


図 2.9 TLP2301 データシートの抜粋
 $I_F - V_F$ 特性

$$R_{IN} = \frac{5V - 1.15V - 0.4V}{1mA}$$

$$= 3.45 \text{ k}\Omega$$

よってここでは $R_{IN} = 3.3 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ を選択します。

$I_{F(\min)}$ 、 $I_{F(\max)}$ 値を確認すると、下記のようになります。

V_{CC} は $5V \pm 5\%$ 、 V_F はデータシート値とデータシートの $I_F - V_F$ 特性グラフ(図 2.9)から

$$V_{CC(\min)} = 5V - 5\% = 4.75V, V_{CC(\max)} = 5V + 5\% = 5.25V$$

$$V_{F(\min)} = 1.0V, V_{F(\max)} = 1.3V$$

$$I_{F(\min.)} = \frac{V_{CC(\min.)} - V_{F(\max.)} - V_{OL}}{R_{IN(\max.)}}$$

$$= \frac{4.75V - 1.3V - 0.4V}{3.47k\Omega}$$

$$= 0.88 \text{ mA}$$

$$I_{F(\max.)} = \frac{V_{CC(\max.)} - V_{F(\min.)} - V_{OL}}{R_{IN(\min.)}}$$

$$= \frac{5.25V - 1.0V - 0.4V}{3.14k\Omega}$$

$$= 1.23 \text{ mA}$$

となります。

2.3 プルアップ抵抗 R_L の設定

プルアップ抵抗 R_L はワーストケースの I_C を超えない範囲で設定をします。

ワーストケースの I_C 値を $\min I_C$ とすると、

$$R_L \geq \frac{V_{CC(max)} - V_{IL}}{\min I_C}$$

$$\min I_C = I_{C(min)} \times D_t \times D_{IF} \times D_{VCE} \times D_{Ta} \times \alpha$$

で表すことができます。ここで、

V_{IL} : 後段素子のローレベル入力電圧の最大値(または必要なローレベル出力電圧)

D_t : ある時間経過後の I_C 低下率

D_{IF} : データシート条件に対する I_F 設定値での I_C 変化率

D_{VCE} : $V_{CE(sat)}$ 状態での I_C 低下率

D_{Ta} : 動作温度内での I_C 変動率

α : 設計マージン

として、これらの値をデータシート等から確認します。

(1) TLP185 の場合

$I_{C(min)}$: 今回は TLP185(SE の GB ランクを選択します。GB ランクは $I_F=5\text{mA}$, $V_{CE}=5\text{V}$ の条件で変換効率の最小値が 100%なので、今回は $I_{C(min)}=5\text{mA} \times 100\%=5\text{mA}$ となります。

D_t : 時間経過後の I_C の低下は LED の光出力の低下に強く依存します。図 2.10 は TLP185(SE に適用している LED の光出力の経年変化例を示すものですが、今回はこのカーブから 4.4 万時間 (期待寿命 10 年、約 8.8 万時間の稼働率 50%) の光出力を算出するとおよそ 80%です。 I_C の低下率としては若干のマージンを考慮し 70%として $D_t=0.7$ とします。

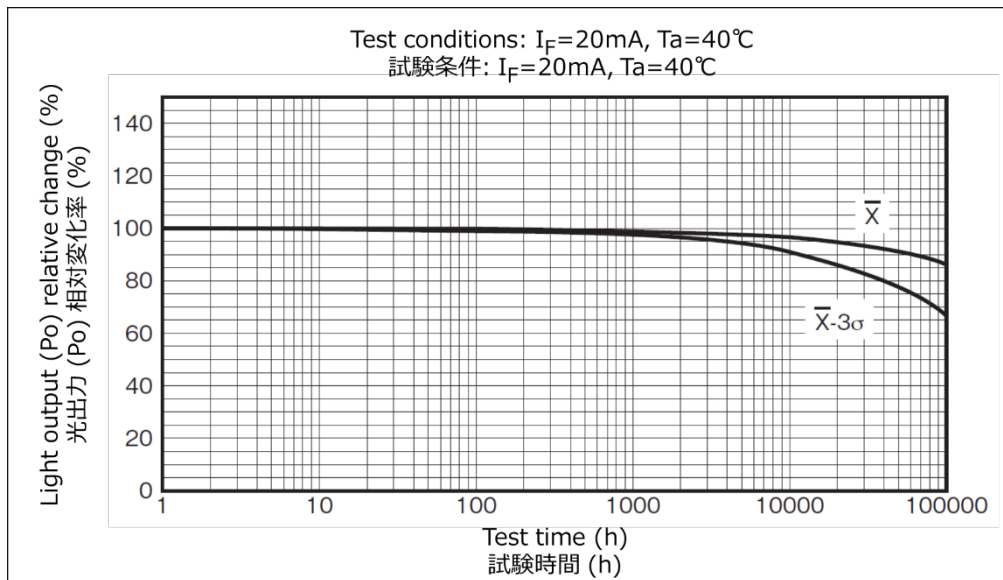


図 2.10 推定経年変化データ例(*)

*本データは LED 光出力劣化カーブの例であり TLP185(SE のデータそのものではありません。TLP185 を含めた各製品の実際の回路設計の際には個別製品の信頼性情報をご確認の上適切な設計をお願い致します。

D_{IF} : データシート条件に対する I_F 設定値での I_C 変化率は TLP185(SE の $I_C - I_F$ カーブから求めます。今回は $I_F=8\text{mA}$ 条件ですので、図 2.11 のカーブから、 $I_C(@I_F=5\text{mA})=9.5\text{mA}$ 、 $I_C(@I_F=8\text{mA})=16\text{mA}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{IF}=16\text{mA} / 9.5\text{mA} \approx 1.7$ となります。

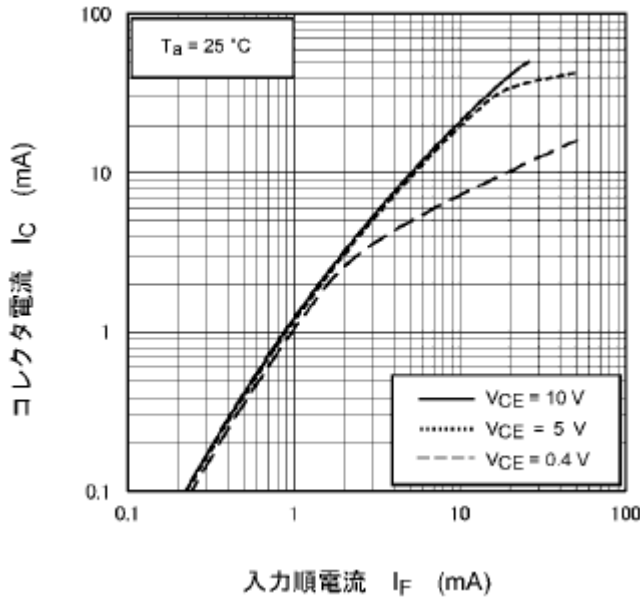


図 2.11 TLP185(SE データシートの抜粋
 $I_C - I_F$ 特性

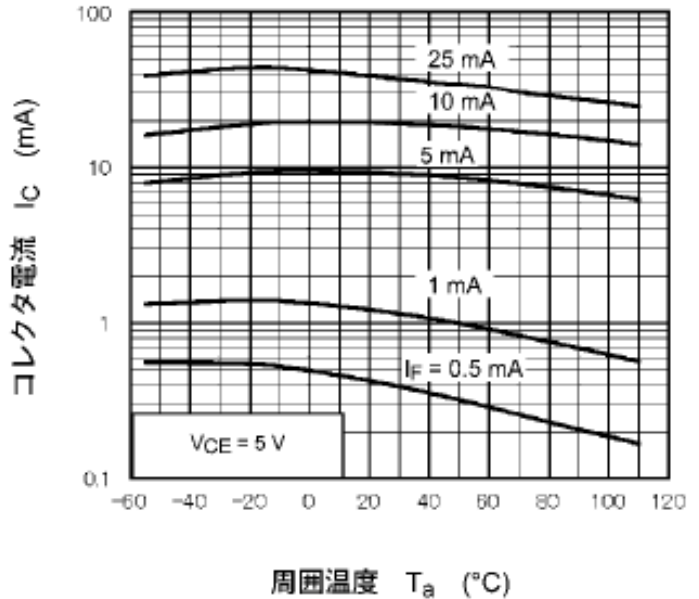


図 2.12 TLP185(SE データシートの抜粋
 $I_C - T_a$ 特性

D_{VCE} : $V_{CE(sat)}$ ($\approx 0.4\text{V}$)状態での I_C 低下率は図 2.11 のカーブから求めます。 $I_F=8\text{mA}$ の時、 $I_C(@V_{CE}=5\text{V})=16\text{mA}$ 、 $I_C(@V_{CE}=0.4\text{V})=6.5\text{mA}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{VCE}=6.5\text{mA} / 16\text{mA} \approx 0.4$ となります。

D_{Ta} : T_{opr} 内での I_C 変動率は図 2.12 $I_C - T_a$ カーブから求めます。 $I_F=8\text{mA}$ に近い $I_F=10\text{mA}$ のカーブを利用すると、 I_C が小さくなるのは 70°C の時なので、 $I_C(@T_a=25^\circ\text{C})=20\text{mA}$ 、 $I_C(@T_a=70^\circ\text{C})=16\text{mA}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{Ta}=16\text{mA} / 20\text{mA} \approx 0.8$ となります。

α : 設計マージンは今回 20%とし $\alpha=0.8$ とします。

よってこれらを計算すると

$$\begin{aligned} \min I_C &= I_{C(\min)} \times D_t \times D_{IF} \times D_{VCE} \times D_{Ta} \times \alpha \\ \min I_C &= 5\text{mA} \times 0.7 \times 1.7 \times 0.4 \times 0.8 \times 0.8 \\ \min I_C &= 1.5\text{mA} \end{aligned}$$

$$R_L \geq \frac{V_{CC(\max)} - V_{IL}}{\min I_C}$$

$$R_L \geq \frac{5.25\text{V} - 0.6\text{V}}{1.5\text{mA}}$$

$$R_L \geq 3.1\text{k}\Omega$$

R_L を大きくするとマージンが上がりますが、大きすぎると伝搬遅延時間 t_{OFF} が遅くなりますので今回は 1.5 倍ほどの $4.7\text{k}\Omega$ を選択します。

(2) TLP183 の場合

$I_{C(\min)}$: 今回は TLP183 の GB ランクを選択します。GB ランクは $I_F=0.5\text{mA}$, $V_{CE}=5\text{V}$ の条件で変換効率の最小値が 100%なので、今回は $I_{C(\min)}=0.5\text{mA} \times 100\%=0.5\text{mA}$ となります。

D_t : 時間経過後の I_C の低下は LED の光出力の低下に強く依存します。図 2.13 は TLP183, TLP2301 に適用している LED の光出力の経年変化例を示すものですが、今回はこのカーブから 4.4 万時間 (期待寿命 10 年、約 8.8 万時間の稼働率 50%) の光出力を算出するとおおよそ 90% です。 I_C の低下率としては若干のマージンを考慮し 85% として $D_t=0.85$ とします。

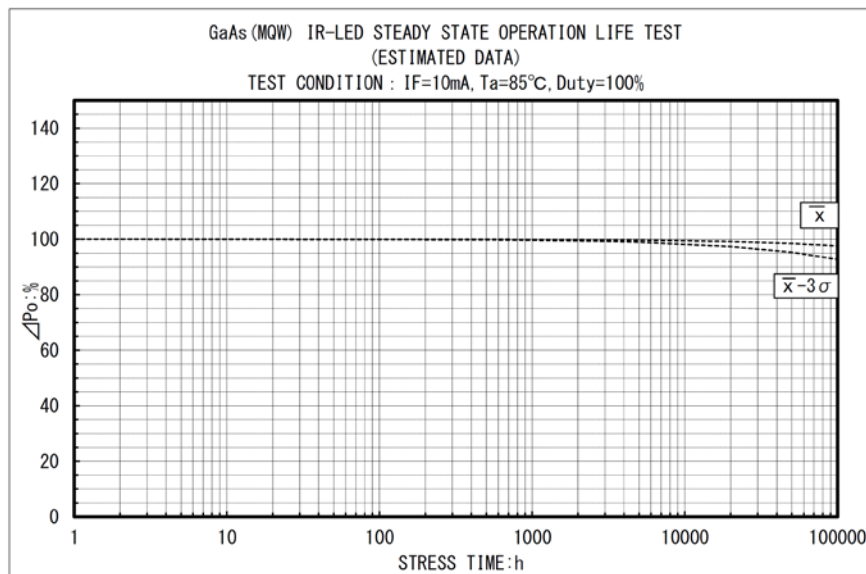


図 2.13 推定経年変化データ例(*)

*本データは LED 光出力劣化カーブの例であり TLP183, TLP2301 のデータそのものではありません。TLP183, TLP2301 を含めた各製品の実際の回路設計の際には個別製品の信頼性情報をご確認の上適切な設計をお願い致します。

D_{IF} : データシート条件に対する I_F 設定値での I_C 変化率は TLP183 の $I_C - I_F$ カーブから求めます。今回は $I_F=1\text{mA}$ 条件ですので、図 2.14 のカーブから、 $I_C(@I_F=0.5\text{mA})=0.95\text{mA}$, $I_C(@I_F=1\text{mA})=2\text{mA}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{IF}=2\text{mA} / 0.95\text{mA} \approx 2.1$ となります。

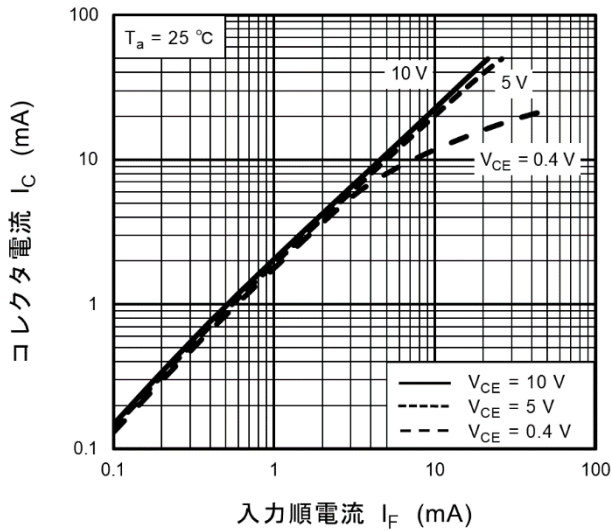


図 2.14 TLP183 データシートの抜粋
I_C - I_F 特性

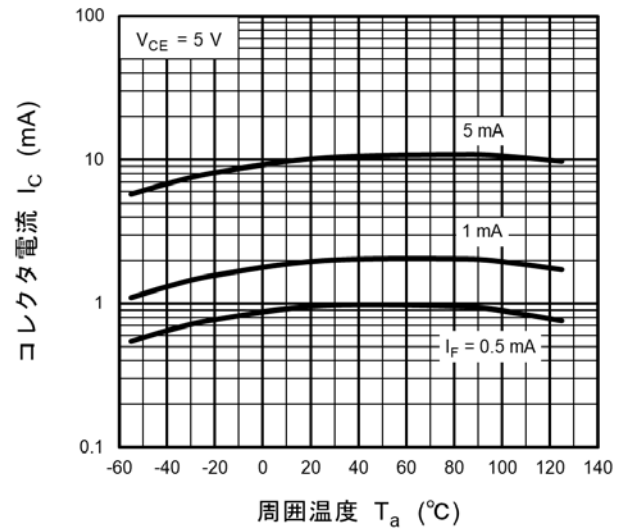


図 2.15 TLP183 データシートの抜粋
I_C - T_a 特性

D_{VCE}: V_{CE(sat)} (≒0.4V)状態での I_C 低下率は図 2.14 のカーブから求めます。I_F=1mA の時、I_C(@V_{CE}=5V)=2mA、I_C(@V_{CE}=0.4V)=1.9mA を読み取り、変化率を計算すると D_{VCE}=1.9mA / 2mA≒0.95 となります。

D_{Ta}:T_{opr}内での I_C 変動率は図 2.15 I_C - T_a カーブから求めます。I_F=1mA のカーブを利用すると、I_Cが小さくなるのは 0°C の時なので、I_C(@T_a=25°C)=2mA、I_C(@T_a=0°C)=1.8mA を読み取り、変化率を計算すると D_{Ta}=1.8mA / 2mA≒0.9

α:設計マージンは今回 20%とし α=0.8 とします。

よってこれらを計算すると

$$\begin{aligned} \min I_C &= I_{C(\min)} \times D_t \times D_{IF} \times D_{VCE} \times D_{Ta} \times \alpha \\ \min I_C &= 0.5\text{mA} \times 0.85 \times 2.1 \times 0.95 \times 0.9 \times 0.8 \\ \min I_C &= 0.61 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$R_L \geq \frac{V_{CC(\max.)} - V_{IL}}{\min I_C}$$

$$R_L \geq \frac{5.25\text{V} - 0.6\text{V}}{0.61\text{mA}}$$

$$R_L \geq 7.6\text{k}\Omega$$

R_L を大きくするとマージンが上がりますが、大きすぎると伝搬遅延時間 t_{OFF} が遅くなりますので今回は 10kΩを選択します。

(3) TLP2301 の場合

$I_{C(\min)}$: 今回は TLP2301 の GB ランクを選択します。GB ランクは $I_F=1\text{mA}$, $V_{CE}=5\text{V}$ の条件で変換効率の最小値が 100%なので、今回は $I_{C(\min)}=1\text{mA} \times 100\%=1\text{mA}$ となります。

D_t : 時間経過後の I_C の低下は LED の光出力の低下に強く依存します。前項の図 2.13 は TLP2301 に適用している LED の光出力の経年変化例も示すものですが、今回はこのカーブから 4.4 万時間 (期待寿命 10 年、約 8.8 万時間の稼働率 50%) の光出力を算出するとおおよそ 90% です。 I_C の低下率としては若干のマージンを考慮し 85% として $D_t=0.85$ とします。

D_{IF} : データシート条件に対する I_F 設定値での I_C 変化率は TLP2301 の $I_C - I_F$ カーブから求めます。今回は $I_F=1\text{mA}$ 条件ですので $D_{IF}=1$ です。もし $I_F=3\text{mA}$ の場合だと、図 2.16 のカーブから、 $I_C(@I_F=1\text{mA})=1.8\text{mA}$, $I_C(@I_F=3\text{mA})=6.2\text{mA}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{IF}=6.2\text{mA} / 1.8\text{mA} \approx 3.4$ となります。

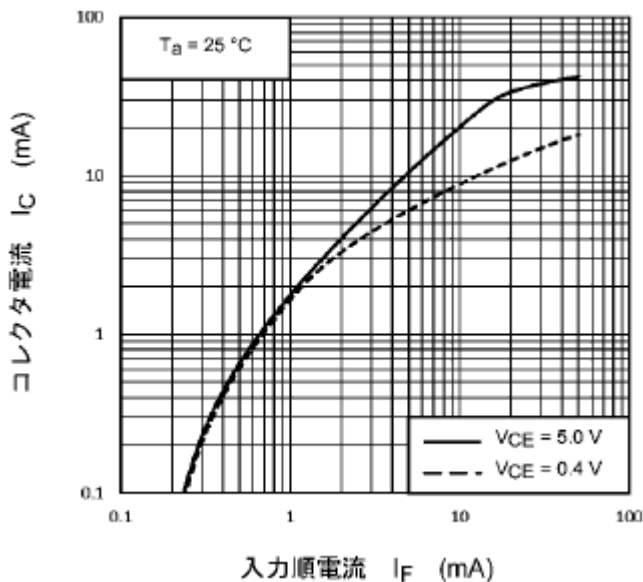


図 2.16 TLP2301 データシートの抜粋
 $I_C - I_F$ 特性

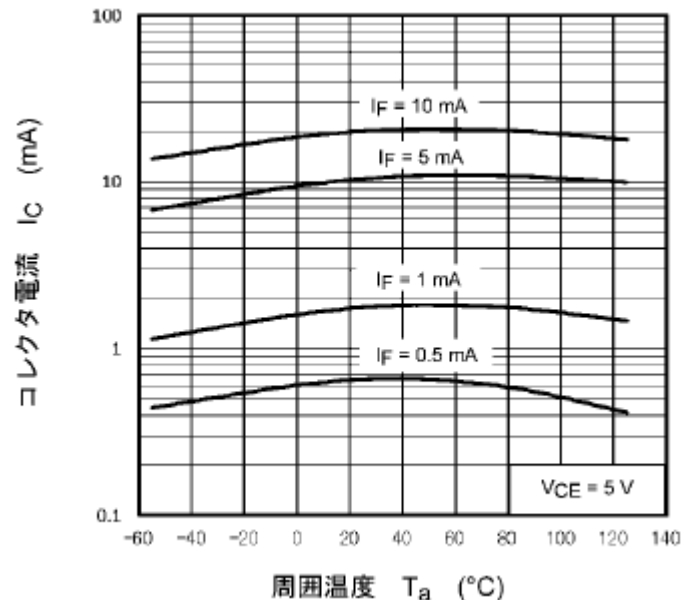


図 2.17 TLP2301 データシートの抜粋
 $I_C - T_a$ 特性

$D_{V_{CE}}$: $V_{CE(\text{sat})}$ ($\approx 0.4\text{V}$) 状態での I_C 低下率は図 2.16 のカーブから求めます。 $I_F=1\text{mA}$ の時、 $I_C(@V_{CE}=5\text{V})=1.8\text{mA}$, $I_C(@V_{CE}=0.4\text{V})=1.7\text{mA}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{V_{CE}}=1.7\text{mA} / 1.8\text{mA} \approx 0.95$ となります。

D_{T_a} : T_{opr} 内での I_C 変動率は図 2.17 $I_C - T_a$ カーブから求めます。 $I_F=1\text{mA}$ のカーブを利用すると、 I_C が小さくなるのは 0°C の時なので、 $I_C(@T_a=25^\circ\text{C})=1.8\text{mA}$, $I_C(@T_a=0^\circ\text{C})=1.6\text{mA}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{T_a}=1.6\text{mA} / 1.8\text{mA} \approx 0.88$

α : 設計マージンは今回 20% とし $\alpha=0.8$ とします。

よってこれらを計算すると

$$\begin{aligned} \min I_C &= I_{C(\min)} \times D_t \times D_{IF} \times D_{VCE} \times D_{Ta} \times \alpha \\ \min I_C &= 1\text{mA} \times 0.9 \times 1 \times 0.95 \times 0.88 \times 0.8 \\ \min I_C &= 0.6\text{mA} \end{aligned}$$

$$R_L \geq \frac{V_{CC(\max)} - V_{IL}}{\min I_C}$$

$$R_L \geq \frac{5.25\text{V} - 0.6\text{V}}{0.6\text{mA}}$$

$$R_L \geq 7.8\text{k}\Omega$$

R_L を大きくするとマージンが上がりますが、大きすぎると伝搬遅延時間 t_{pLH} が遅くなりますので今回は $10\text{k}\Omega$ を選択します。

2.4 設定された上記プルアップ抵抗 R_L で期待できる伝搬遅延時間

5 kbit/s の信号伝送を実現したい場合、スイッチング時間の合計は、

$$T = t_{ON} + t_{OFF} \leq 200\ \mu\text{s}$$

を満たす必要があります。

スイッチング時間は CTR(変換効率)や R_L (負荷抵抗)や T_a (周囲温度)など様々な条件により変化します。

まず、スイッチング時間と CTR の関係を確認します。図 2.18 に示すデータを確認すると、CTR が高くなると t_{OFF} ($=t_s + t_f$) が遅くなる傾向があることが分かります。これは CTR が大きい製品ではフォトトランジスタの h_{FE} が高い傾向があるからです。スイッチング時間の制限がある場合には小さい CTR ランクの製品を使用したほうが有利です。また、スイッチング時間は製品によるばらつきがあり、例えばこの製品の場合でも同じ CTR $\approx 200\%$ 程度であっても製品によって t_{OFF} に $10\ \mu\text{s}$ 程度の差があることがグラフから分かります。このような製品のばらつきや他の T_a , R_L 等による変動分も考慮しておく必要があります。

(1) TLP185 の場合

図 2.20 の R_L 依存性グラフから $R_L = 4.7\text{k}\Omega$, $I_F = 16\text{mA}$ の条件での t_{off} 、を読み取ると $\approx 75\ \mu\text{s}$ です。さらに図 2.21 の I_F 依存性から $I_F = 8\text{mA}$ 条件の時を見積ると

$R_L = 4.7\text{k}\Omega$, $I_F = 8\text{mA}$ では $t_{off} \approx 70\ \mu\text{s}$ となります。

スイッチング時間の T_a 依存性(CTR $\approx 200\%$ の製品)を図 2.19 に示します。 $T_a = 25^\circ\text{C}$ から 70°C へ変化したときの増加率はおよそ 130% ですので、温度変化を考慮すると $T = 70\ \mu\text{s} \times 1.3 \approx 90\ \mu\text{s}$ を考えておく必要があります。また CTR = $100\text{--}600\%$ の間でのばらつきを 2 倍と仮定すると最大で $T \approx 180\ \mu\text{s}$ となります。

実際の設計の際には各製品のデータシートや実力を確認の上それらの影響を考慮して設定を行います。今回は $200\ \mu\text{s}$ 以下が期待できますがマージンが十分かどうかは良く吟味が必要です。

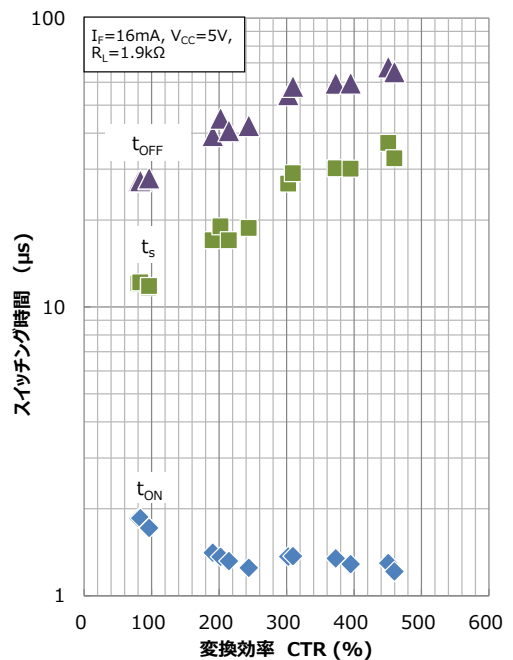
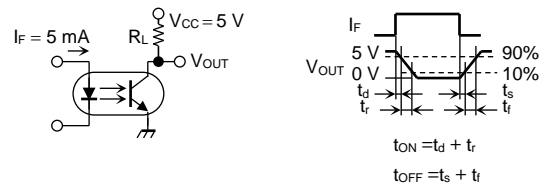


図 2.18 スwitchング時間-CTR の例

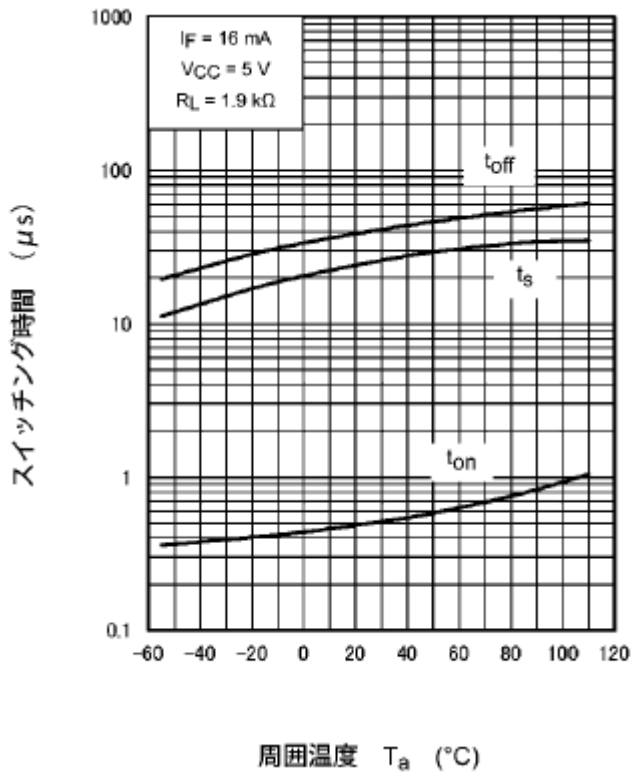


図 2.19 TLP185(SE データシートの抜粋)
 スイッチング時間 - T_a 特性

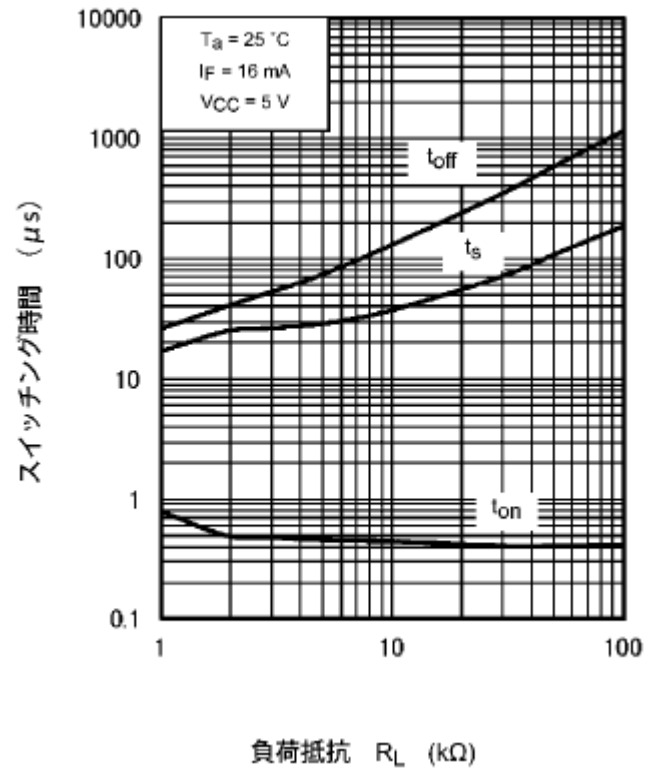


図 2.20 TLP185(SE データシートの抜粋)
 スイッチング時間 - R_L 特性

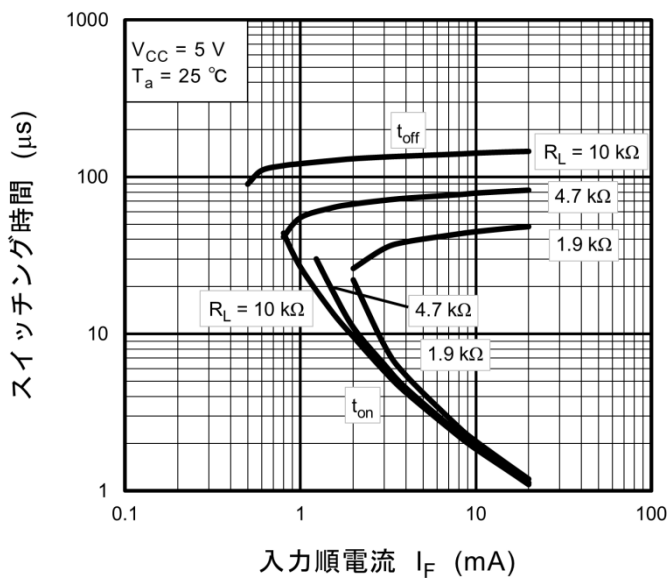


図 2.21 TLP185(SE スイッチング時間- I_F 依存性)

(2) TLP183 の場合

図 2.23 の R_L 依存性グラフから $R_L=10\text{k}\Omega$, $I_F=1.6\text{mA}$ の条件での t_{off} を読み取ると $\approx 90\mu\text{s}$ です。さらに図 2.24 の I_F 依存性から $I_F=1\text{mA}$ 条件の時を見積ると

$R_L=10\text{k}\Omega$, $I_F=1\text{mA}$ でも $t_{\text{off}} \approx 90\mu\text{s}$

となります。

スイッチング時間の T_a 依存性(CTR $\approx 200\%$ の製品)を図 2.22 に示します。 $T_a=25^\circ\text{C}$ から 70°C へ変化したときの増加率はおよそ 130%ですので、温度変化を考慮すると $T=90\mu\text{s} \times 1.3 \approx 120\mu\text{s}$ を考えておく必要があります。また CTR=100-600%の間でのばらつきを 2 倍と仮定すると最大で $T \approx 240\mu\text{s}$ となります。

実際の設計の際には各製品のデータシートや実力を確認の上それらの影響を考慮して設定を行います。今回の試算では $200\mu\text{s}$ 以下に収まらない可能性が高いと考えられます。何らかの策を講じることを検討します。

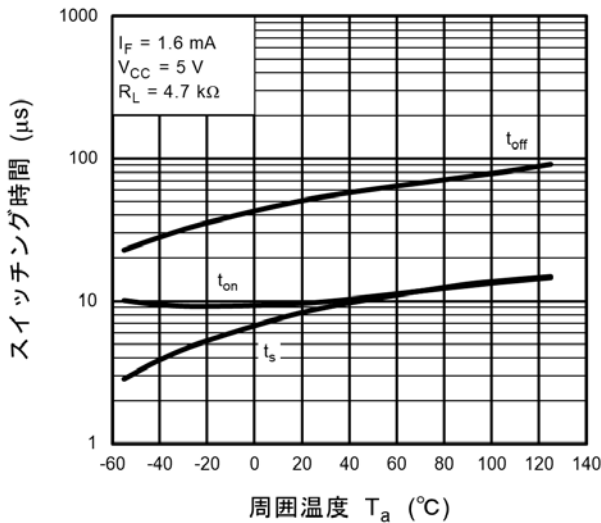


図 2.22 TLP183 データシートの抜粋
スイッチング時間 - T_a 特性

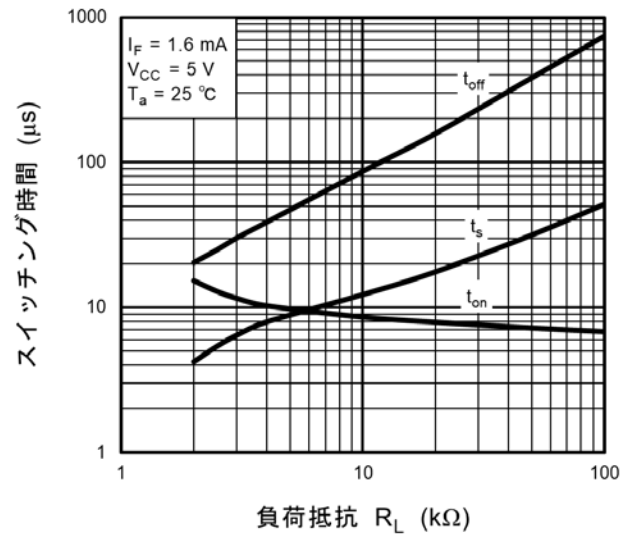


図 2.23 TLP183 データシートの抜粋
スイッチング時間 - R_L 特性

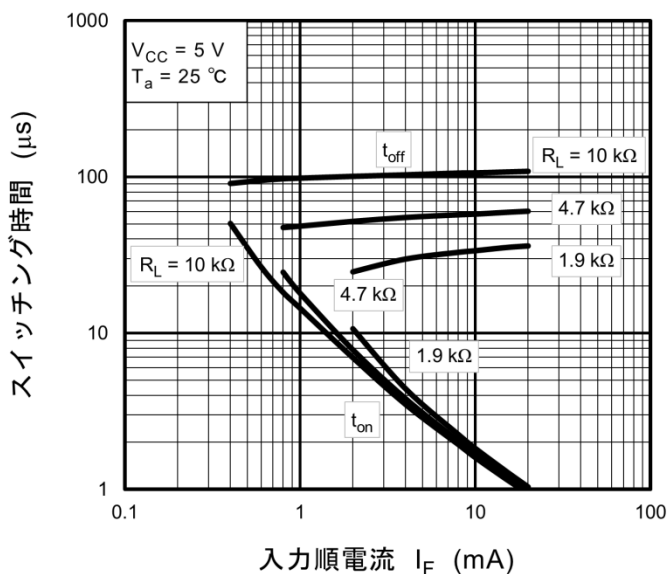


図 2.24 TLP183 スwitchング時間- I_F 依存性

そのためには図 2.23 の R_L 依存性グラフから読み取れるように R_L を小さくする方法を取ります。一方「2.3 プルアップ抵抗 R_L の設定」の章の「(1)TLP185 の場合」で述べた I_F との関係性を成立させる条件を探し出す必要があります。その選択肢として

- ① I_F の設定値を 1mA → 2mA に上げることで R_L を 10kΩ → 4.7kΩ に変更
 - ② I_F の設定値は 1mA のままとし、TLP183 の CTR のランク ($I_F=0.5\text{mA}, V_{CE}=5\text{V}$) を “GB” ランク (100 ~ 600%) → “BL” ランク (200 ~ 600%) に変更することで R_L を 10kΩ → 4.7kΩ に変更
- を取り上げることで可能となります。これによって $T=50\mu\text{s} \times 1.3 \approx 65\mu\text{s}$ を想定でき、ばらつきを 2 倍と仮定しても最大で $T \approx 130\mu\text{s}$ となり 200μs 以下が期待できるようになります。

(3)TLP2301 の場合

TLP2301 は伝搬遅延時間の最大 30μs を保証しています。

表 2.2 TLP2301 t_{pHL} , t_{pLH} 仕様 (データシートから抜粋*)

($T_a=25^\circ\text{C}$)

項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
伝搬遅延時間 (H/L)	t_{pHL}		図 10.1 参照 $V_{CC} = 5\text{V}, I_F = 1\text{mA}, R_L = 10\text{k}\Omega$	—	8	30	μs
伝搬遅延時間 (L/H)	t_{pLH}		図 10.1 参照 $V_{CC} = 5\text{V}, I_F = 1\text{mA}, R_L = 10\text{k}\Omega$	—	15	30	μs

*表中の測定回路図、注記は各製品のデータシートを参照して下さい。

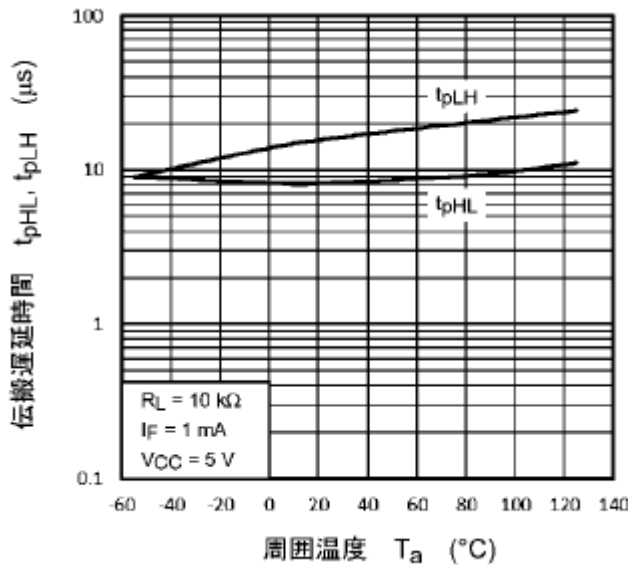


図 2.25 TLP2301 データシートの抜粋

t_{pHL} , t_{pLH} - T_a 特性

I_F , R_L , V_{CC} の設定は規定条件と同じ 1mA, 10kΩ, 5V ですので T_a 依存性を確認します。 $T_a=70^\circ\text{C}$ 時に遅延時間は最も遅くなります。

$t_{pLH}(@T_a=25^\circ\text{C})=16\mu\text{s}$, $t_{pLH}(@T_a=70^\circ\text{C})=20\mu\text{s}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{T_a}=20\mu\text{s} / 16\mu\text{s} \approx 1.25$

$t_{pHL}(@T_a=25^\circ\text{C})=8\mu\text{s}$, $t_{pHL}(@T_a=70^\circ\text{C})=9\mu\text{s}$ を読み取り、変化率を計算すると $D_{T_a}=9\mu\text{s} / 8\mu\text{s} \approx 1.13$

従って $T = 30 \times 1.25 + 30 \times 1.13 \approx 72\mu\text{s} \leq 100 \mu\text{s}$

以上より温度特性を考慮しても $T \leq 200\mu\text{s}$ の 5kbps データ伝送は十分可能、また $T \leq 100\mu\text{s}$ ですから 10kbps の信号伝送も実現できると考えられます。

2.5 低 I_F 駆動製品で性能を最大限引き出す留意点

TLP185 は汎用の性能を有した製品です。確実な ON/OFF 信号伝送動作を得るためには I_F は 10~十数 mA で駆動することが必要になってきます。一方 TLP183 や TLP2301 は 1mA 程度の低 I_F 領域の駆動で十分 ON/OFF 信号伝送動作ができるような能力を有しています。

またスイッチング特性の面では一般的に汎用トランジスタカプラの場合は伝搬遅延時間のばらつきが大きく、飽和条件での最大値の保証はありませんので標準値を基に変換効率や温度特性、プルアップ抵抗による特性変動分を考慮してスイッチング時間を見積る必要があります。一方、TLP2301 は伝搬遅延時間、特にトランジスタのターンオフ時間を高速化し、ばらつきを抑えることで最大値を保証しています。製品の変換効率にかかわらず最大 30 μ s を保証しているため、トランジスタカプラのように変換効率によるスイッチング時間の変動分を考慮する必要がなく、より容易に遅延時間を設計することができます。

表 2.3(1) 汎用トランジスタカプラ TLP185(SE の遅延時間(Ta=25°C) (データシートから抜粋*)

項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
ターンオン時間	t_{on}		図 10.1 参照 $V_{CC} = 5V, I_F = 16mA,$ $R_L = 1.9k\Omega$	—	0.5	—	μ s
蓄積時間	t_s			—	25	—	
ターンオフ時間	t_{off}			—	40	—	

表 2.3(2) 20kbps 中速カプラ TLP2301 の遅延時間(Ta=25°C) (データシートから抜粋*)

項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
伝搬遅延時間 (H/L)	t_{pHL}		図 10.1 参照 $V_{CC} = 5V, I_F = 1mA,$ $R_L = 10k\Omega$	—	8	30	μ s
伝搬遅延時間 (L/H)	t_{pLH}		図 10.1 参照 $V_{CC} = 5V, I_F = 1mA,$ $R_L = 10k\Omega$	—	15	30	μ s

*表中の測定回路図、注記は各製品のデータシートを参照して下さい。

しかしながら、低 I_F 駆動品の TLP183 や TLP2301 を使用する場合、駆動電流 I_F はやプルアップ抵抗 R_L の選定が不適切だと、製品の性能が十分活かされない動作になる場合があることを留意する必要があります。

前章までで検討してきた内容を並べてみると表 2.4 のようになります。

表 2.4 トランジスタカプラを使ったインタフェース回路の設計例のサマリ

品番	TLP185(SE)	TLP183			TLP2301
設定	$I_F=8mA$	$I_F=1mA$	$I_F=1mA$	$I_F=2mA$	$I_F=1mA$
	$R_L=4.7k\Omega$	$R_L=10k\Omega$	$R_L=4.7k\Omega$	$R_L=4.7k\Omega$	$R_L=10k\Omega$
	CTR:GB ランク	CTR:GB ランク	CTR:BL ランク	CTR:GB ランク	CTR:GB ランク
パフォーマンス	$T \approx 180\mu$ s 程度	$T \approx 240\mu$ s 程度	$T \approx 130\mu$ s 程度	$T \approx 130\mu$ s 程度	$T \approx 75\mu$ s 程度

(GB ランク : 100~600%、 BL ランク : 200~600%)

(1)TLP183 の例では前章 2.4 で、

TLP185(SE と同じ R_L 条件の $I_F=2mA, R_L=4.7k\Omega, V_{CC}=5V$ の場合では $T \approx 130\mu$ s

を算出しましたが、もし TLP185(SE での条件 $I_F=8mA$ で使用したとすると図 2.27 から $T \approx 160\mu$ s 程度の予測値になります。結果 TLP185(SE と同程度のパフォーマンスに見え TLP183 の製品特徴が活かないということになります。

また、表 2.4 から読み取れるように、TLP183 の低 I_F 駆動を活かした条件でも

- ・ $I_F=1\text{mA}$, $R_L=10\text{k}\Omega$, $V_{CC}=5\text{V}$, CTR:GB ランク の組み合わせ
- ・ $I_F=1\text{mA}$, $R_L=4.7\text{k}\Omega$, $V_{CC}=5\text{V}$, CTR:BL ランク の組み合わせ または
- ・ $I_F=2\text{mA}$, $R_L=4.7\text{k}\Omega$, $V_{CC}=5\text{V}$, CTR:GB ランク の組み合わせ

の 2 つの間ではスイッチング時間のパフォーマンスに大きな違いが出てくることになるので慎重な吟味が必要になります。

(2)TLP2301 の例では前章 2.1~2.4 を通して

$$I_F=1\text{mA}, R_L=10\text{k}\Omega, V_{CC}=5\text{V} \text{ を選定し、} T=t_{\text{OFF}}+t_{\text{ON}}\doteq 75\mu\text{s}$$

を算出しました。上の(1)と同様に TLP185(SE での条件 $I_F=8\text{mA}$, $R_L=4.7\text{k}\Omega$, $V_{CC}=5\text{V}$ との間でどのような変化が見られるのかを取り出してみます。次の 2 つの視点で取り上げることができます。

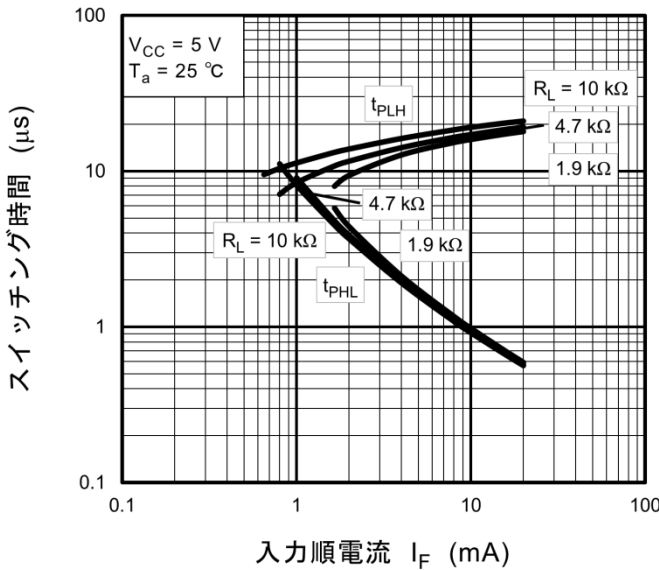


図 2.26 TLP2301 スwitching時間- I_F 依存性

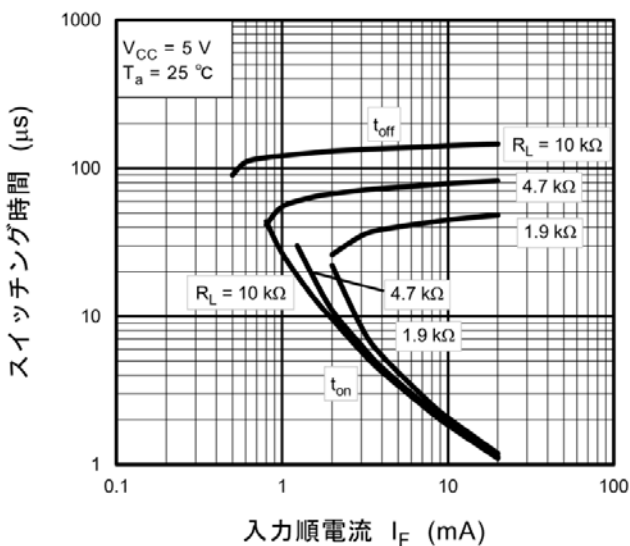


図 2.27 TLP185(SE) スwitching時間- I_F 依存性

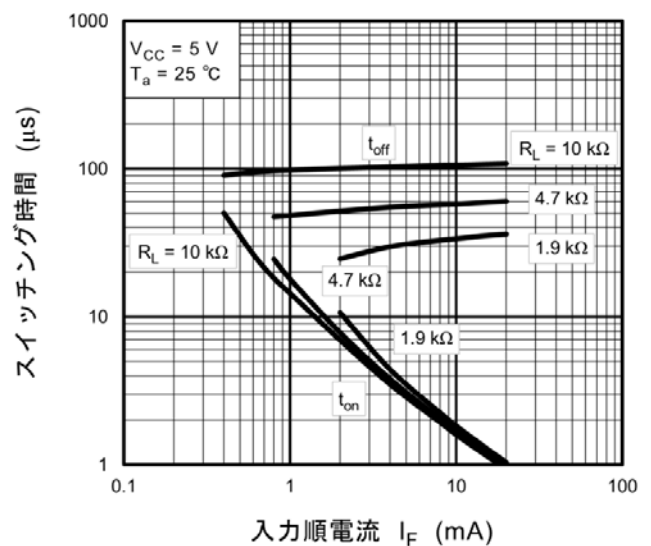


図 2.28 TLP183 スwitching時間- I_F 依存性

① $R_L: 10k\Omega \Leftrightarrow 4.7k\Omega$

図 2.26～図 2.28 から読み取れるように TLP2301 では TLP185(SE や TLP183 ほどの R_L 依存性は現れません。

② $I_F: 1mA \Leftrightarrow 8mA$

図 2.26 から読み取れるように TLP2301 では $T = t_{OFF}(t_{pLH}) + t_{ON}(t_{pHL})$ 中の $t_{OFF}(t_{pLH})$ と $t_{ON}(t_{pHL})$ のバランスが I_F が大きくなると大きくなります。低 I_F 領域に当たる $I_F = 1mA$ 前後で $t_{OFF}(t_{pLH})$ と $t_{ON}(t_{pHL})$ が同レベルの値になります。 I_F の領域による ON と OFF のバランスの違いを意識する必要があります。

(3) 図 2.29 は TLP2301 と TLP185(SE のスイッチング時の波形を比較したものです。フォトカプラの OFF 時の立ち上がりの早さに違いがあります。

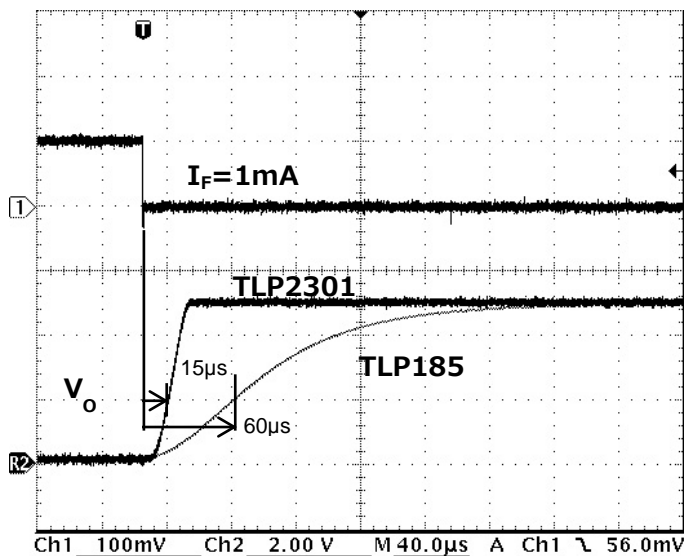


図 2.29 スwitchング時の波形比較 TLP185 と TLP2301

条件 : $I_F = 1mA$, $R_L = 10k\Omega$, $T_a = 25^\circ C$. CTR TLP2301 = 250%, TLP185 = 100% @ $I_F = 1mA$

t_{pLH} 測定ポイント : $I_F = 0.5mA$, $V_o = 2V$

3. 用語説明

(フォトカプラ共通)

用語	記号	説明
絶対最大定格		動作中に瞬時といえども超えてはならない最大値
絶縁耐圧	BV_S	入力・出力間の絶縁耐量を定義する電圧
入出力間浮遊容量 端子間容量(入力-出力間)	C_S	入力端子-出力端子間の静電容量
端子間容量 端子間容量(入力側)	C_T C_t	LED アノード端子-カソード端子間の静電容量
直流順電流 入力順電流	I_F	連続的に LED 順方向に流し得る電流定格
パルス順電流 入力順電流(パルス)	I_{FP}	瞬時的に LED 順方向に流し得る電流定格
過度パルス順電流 ピーク過渡入力順電流	I_{FPT}	瞬時的に LED 順方向に流し得る電流定格
直流逆電圧 入力逆電圧	V_R	LED 逆方向(カソード-アノード間)に印加し得る逆電圧定格
逆電流 入力逆電流	I_R	LED 逆方向(カソード-アノード間)に流れる漏れ電流
順電圧 入力順電圧	V_F	規定の順電流値での LED アノード-カソード間電圧
LED 許容損失 入力許容損失	P_D	LED で許容し得る電力損失定格
全許容損失	P_T	入力・出力の全回路で許容し得る電力損失定格
絶縁抵抗	R_S	規定の電圧値での入力端子-出力端子間の抵抗値
接合(部)温度	T_j	受光素子または LED のジャンクション部で許容し得る温度定格
動作温度	T_{opr}	素子の機能を損なうことなく動作させ得る周囲温度範囲
はんだ付け温度	T_{sol}	素子の機能を損なうことなく端子をはんだ付けするための温度定格
保存温度	T_{stg}	素子を動作させない状態で保存し得る周囲温度範囲
沿面距離		絶縁物質に沿った 2 つの導体間(入力-出力間)の最短距離
空間距離		空気中で 2 つの導体間(入力-出力間)の最短距離
絶縁物厚		2 つの導体間(入力-出力間)に存在する絶縁物の最小厚み

(トランジスタ出力)

用語	記号	説明
コレクタ電流	I_C	コレクタに流し得る電流定格
変換効率	I_C/I_F (CTR)	入力 LED 電流 I_F に対する出力電流 I_C の比 : $I_C/I_F \times 100$ (単位%)
暗電流	I_{CEO} I_{DARK}	コレクタ-エミッタ間に流れる漏れ電流
コレクタオフ電流	$I_C(off)$	入りに低電圧を印加したときのコレクタ-エミッタ間に流れる漏れ電流
直流電流増幅率	h_{FE}	受光トランジスタの h_{FE}
ベース光電流	I_{PB}	規定の入力電流 I_F で受光トランジスタベース部に発生する光電流
コレクタ損失	P_C	コレクタで許容し得る電力損失定格
ターンオン時間	t_{ON} t_{on}	入力オフ → オン時点から、出力波形が 100 (0) %から 10 (90) %まで遷移するのに要する時間
ターンオフ時間	t_{OFF} t_{off}	入力オン → オフ時点から、出力波形が 0 (100) %から 90 (10) %まで遷移するのに要する時間
蓄積時間	t_S	入力オン → オフ時点から、出力波形が 0 (100) %から 10 (90) %まで遷移するのに要する時間
立ち下がり時間	t_f	出力波形の 90%から 10%まで遷移するのに要する時間
立ち上がり時間	t_r	出力波形の 10%から 90%まで遷移するのに要する時間
コレクタ-エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	規定の飽和条件におけるコレクタ-エミッタ間の電圧
コレクタ-ベース間降伏電圧	$V(BR)_{CBO}$	エミッタを開放にしたときのコレクタ-ベース間の降伏電圧値
コレクタ-エミッタ間降伏電圧	$V(BR)_{CEO}$	(ベースを開放にしたときの)コレクタ-エミッタ間の降伏電圧値
エミッタ-ベース間降伏電圧	$V(BR)_{EBO}$	コレクタを開放にしたときのエミッタ-ベース間の降伏電圧値
エミッタ-コレクタ間降伏電圧	$V(BR)_{ECO}$	(ベースを開放にしたときの)エミッタ-コレクタ間の降伏電圧値
コレクタ-ベース間電圧	V_{CBO}	コレクタ-ベース間に印加し得る電圧定格
コレクタ-エミッタ間電圧	V_{CEO}	コレクタ-エミッタ間に印加し得る電圧定格
エミッタ-ベース間電圧	V_{EBO}	エミッタ-ベース間に印加し得る電圧定格
エミッタ-コレクタ間電圧	V_{ECO}	エミッタ-コレクタ間に印加し得る電圧定格
端子間容量 コレクタ-エミッタ間容量	C_{CE}	コレクタ端子-エミッタ端子間の静電容量

変更履歴

バージョン情報	日付	対応頁数	変更内容
Rev. 1.0	2019-05-17	-	初版

製品取り扱い上のお願

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。
本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品には GaAs（ガリウムヒ素）が使われています。その粉末や蒸気等は人体に対し有害ですので、破壊、切断、粉砕や化学的な分解はしないでください。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事情報の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。