
Elementy optoelektroniczne

Przygotował:

Witold Skowroński

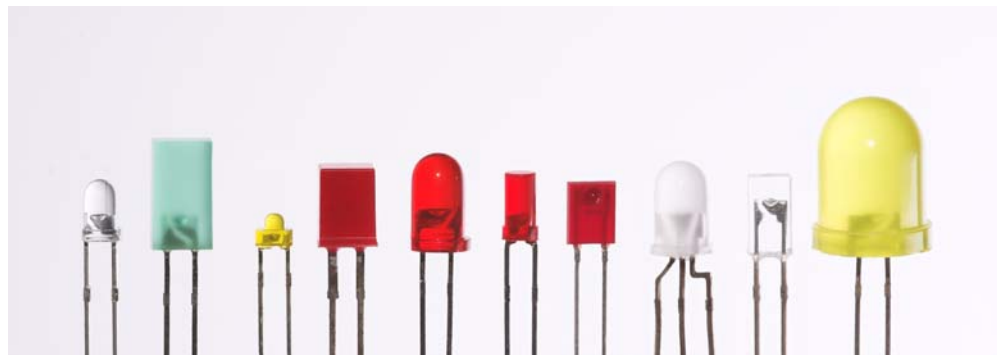
Plan prezentacji

- Wstęp
 - Diody świecące LED, Wyświetlacze LED
 - Fotodiody
 - Fotorezystory
 - Fototranzystory
 - Transoptory
-

Dioda LED

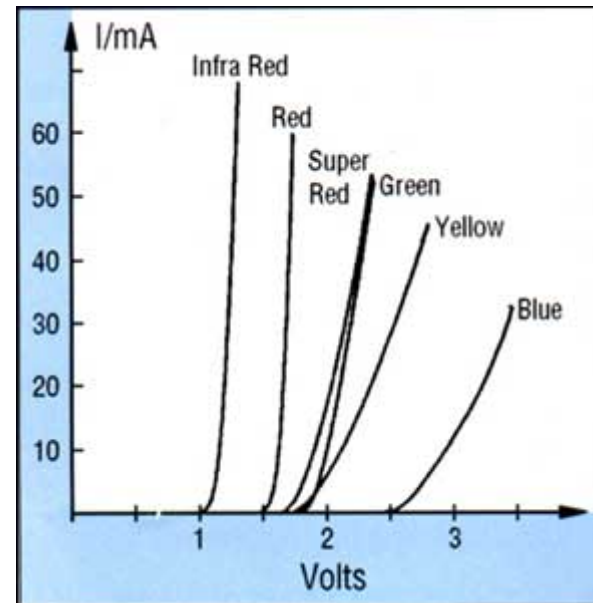
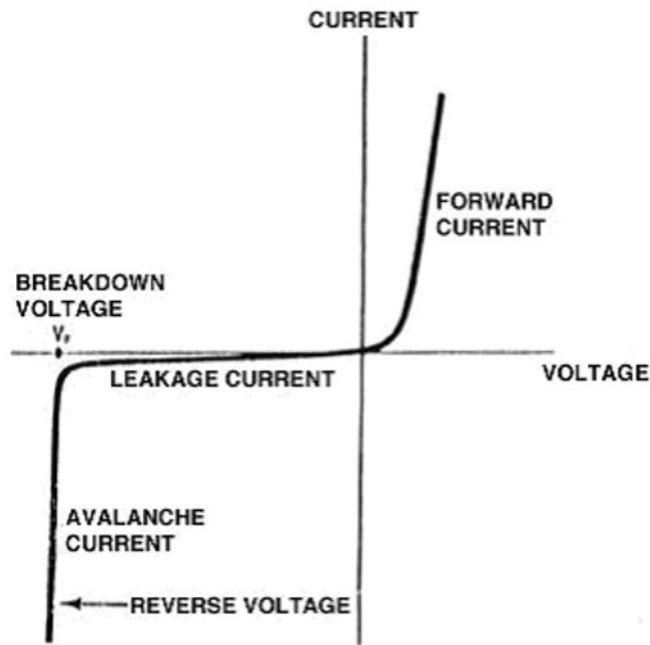


- Dioda LED z elektrycznego punktu widzenia pełni taką samą rolę jak zwykła dioda.
- Przy polaryzacji w kierunku przewodzenia oraz przepływie prądu o wartości kilkunastu mA dioda świeci



Diody LED – Zasada działania

- Charakterystyka przejściowa diody LED
- Napięcie progowe od 1.5 do 3V



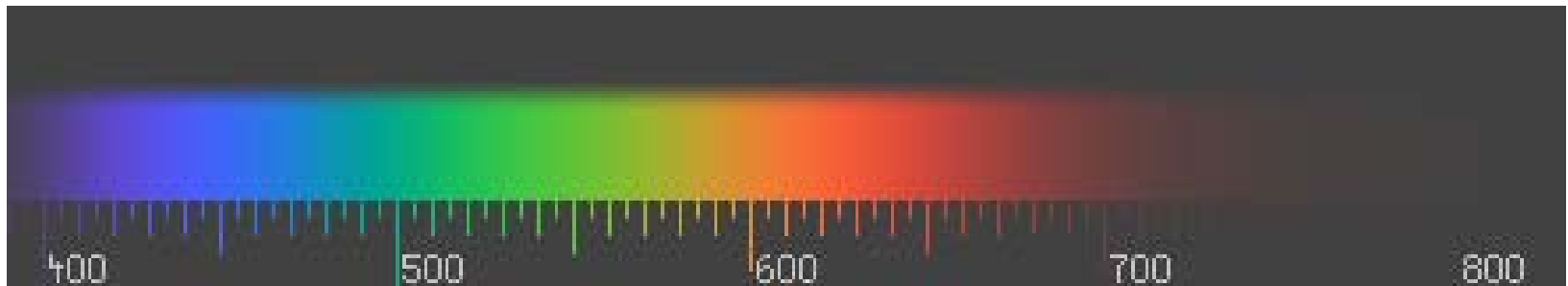
Wyświetlacz LED

- Kilka diod połączonych wspólną katodą lub anodą może stanowić wyświetlacz
- Przy wielu segmentach może być konieczne zastosowanie dodatkowych układów wzmacniających wydajność prądową



LED - podział

- Arsenek galu, GaAs, (650 nm).
- Arsenofosforek galu, GaAsP, (630-590 nm).
- Fosforek galu, GaP, (565 nm).
- Azotek galu, GaN, (430 nm).
- Azotek indowo-galowy InGaN/YAG (białe)



LED - zastosowanie

- Wyświetlanie wyników pomiarów, działania układu. Stanowi rodzaj interfejsu użytkownika
- Nadajniki promieniowania podczerwonego



LED - parametry

- Długość fali emitowanego promieniowania
 - Natężenie światła
 - Prąd przewodzenia (typowy, maksymalny)
 - Kąt świecenia
 - Napięcie przewodzenia
-

LED - przykład



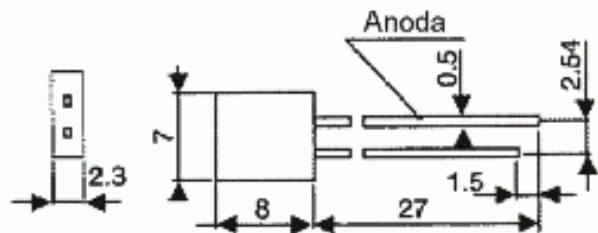
Symbol	Kolor	λ [nm]	Jasność [mcd]	Kąt świecenia	Soczewka
L-153GDT	zielony	565	1,3-8	110°	dyfuzyjna zielona
L-153IDT	czerwony	625	3,2-12,5	110°	dyfuzyjna czerwona
L-153SRDT	czerwony	660	32-60	110°	dyfuzyjna czerwona
L-153EDT	pomarańcz.	625	3-5	110°	dyfuzyjna pomarańcz.
L-153YDT	żółty	590	1,3-8	110°	dyfuzyjna żółta

Dane techniczne:

Wymiary : 2,3 x 7 mm

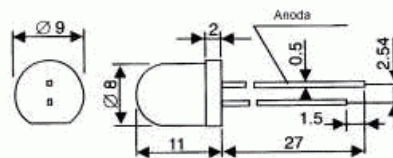
Producent : Kingbright

Zakres jasności przy 10 mA



LED - odmiany

- Istnieją migające diody LED z wbudowanymi układami odpowiadającymi za migotanie (zazwyczaj kilka Hz)



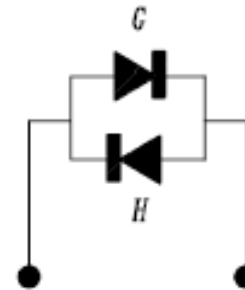
©TME2001

Symbol	Kolor	λ [nm]	Jasność przy 10mA [mcd]	Kąt świec. [°]	Soczewka
L-796BID	czerwony	625	20-100	60	dyfuzyjna czerwona
L-796BGD	zielony	565	20-70	60	dyfuzyjna zielona
L-796BYD	żółty	590	20-70	60	dyfuzyjna żółta
L-796BSRD/B	czerwony	660	100-400	60	dyfuzyjna czerwona
L-796BSRC/B	czerwony	660	500-1000	40	bezbarwna

Średnica : 8 mm
Producent : Kingbright
Napięcie pracy : 9 V
Częstotliwość migania : 1,5 .. 3 Hz

LED – odmiany cd.

- Połączenie dwóch diod LED przeciwnie pozwala na uzyskanie diody dwukolorowej
- W zależności od kierunku przepływu prądu dioda świeci na różny kolor



Symbol	Kolor	Dł. fali		Nap. przew.	Jasność		Kąt
		λ_d	[nm]		min	max	
				[V]	[mcd]		[°]
OSRG5131A	czerw./ziel.	625/572		2,0/3,4	500	1120	30
OSRB5131A	czerw./nieb.	625/470		2,0/3,4	1120	2180	30

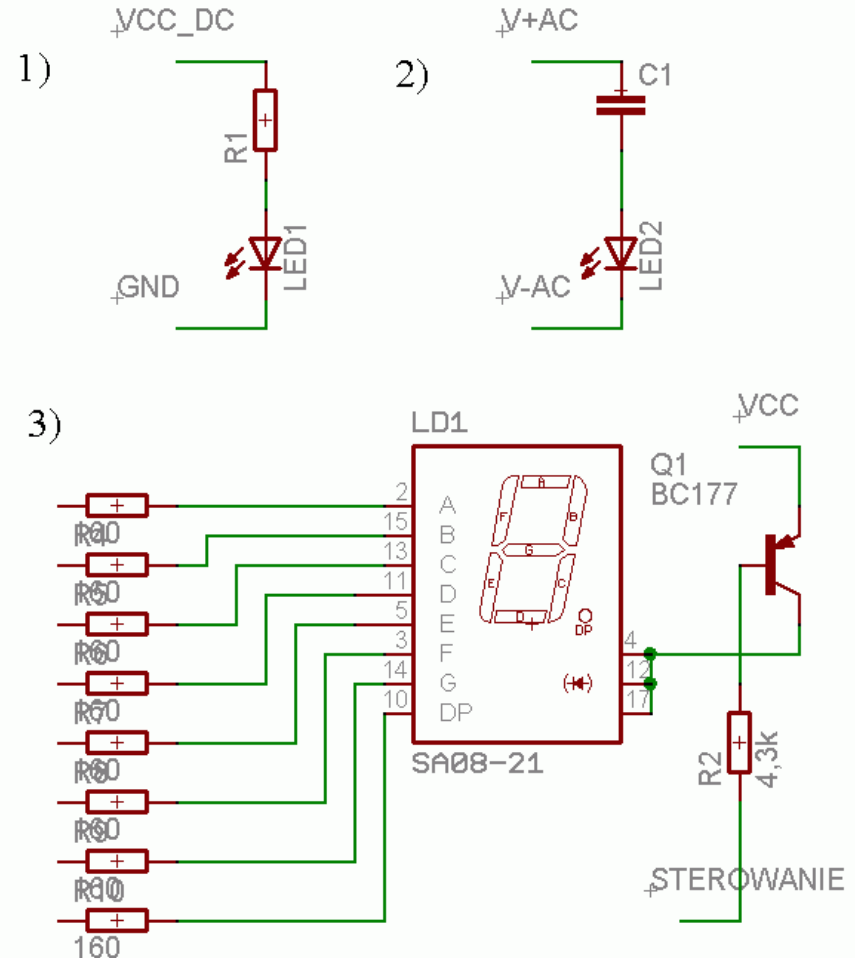
LED – do montażu powierzchniowego

- W przypadku lepszej technologii lub konieczności minimalizacji rozmiarów fizycznych płytki można skorzystać z diod świecących typu SMD



LED – konfiguracje pracy

- 1) sygnalizator włączenia zasilania przy napięciu stałym
- 2) sygnalizator włączenia zasilania przy napięciu zmiennym (jeśli amplituda napięcia przekracza napięcie wsteczne LED, należy zastosować dodatkową diodę prostowniczą)
- 3) sterowanie wyświetlaczem LED – pin sterowanie uaktywnia wyświetlacz, piny A,B,C... odpowiadają za kolejne segmenty (oba aktywne '0')



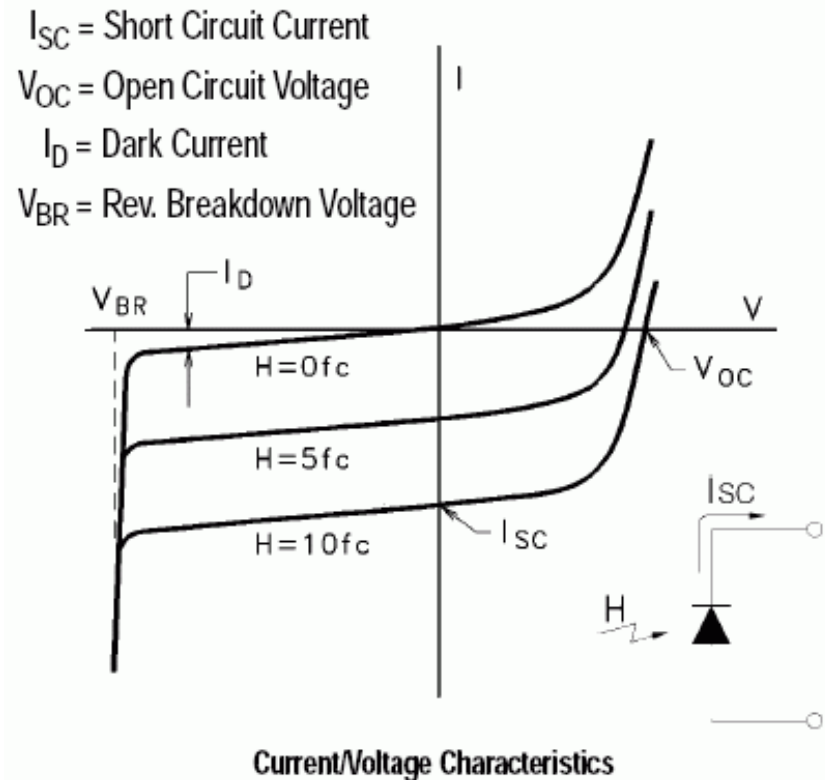
Fotodioda



- Przyrządy fotoelektryczne z warstwą zaporową tzw. fotodiody półprzewodnikowe, są to najogólniej biorąc, złącza pn, w których zakłócenia koncentracji nośników mniejszościowych dokonuje się za pomocą energii fotonów docierających do złącza przez odpowiednie okienko wykonane w obudowie fotodiody.

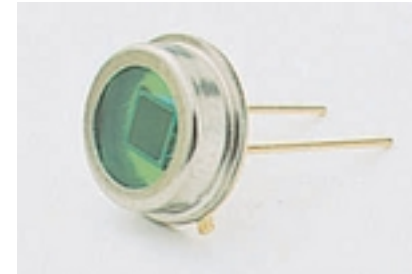
Fotodioda – zasada działania

- Promieniowanie świetlne padające na złącze p-n powoduje wytworzenie nośników
- Stan podobny do stanu wprowadzania prądów z zewnątrz
- Praca przy polaryzacji zaporowej

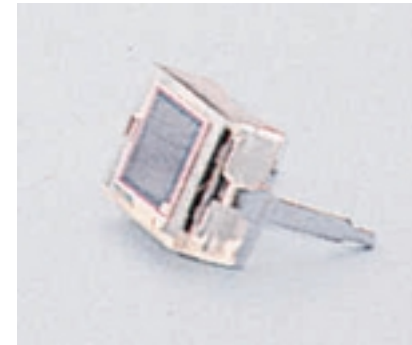


Fotodioda – rodzaje

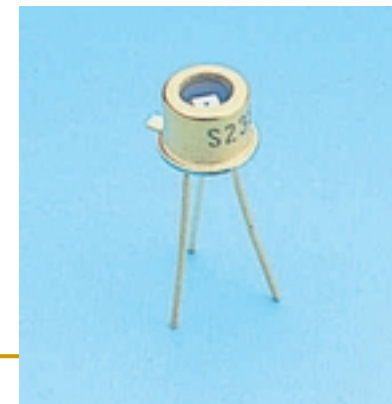
- Zwykła fotodioda na złączu p-n



- Fotodioda PIN



- Fotodioda lawinowa

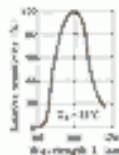


Fotodioda PN

- Fotodioda pracuje przy polaryzacji złącza w kierunku zaporowym. W stanie ciemnym (przy braku oświetlenia) przez fotodiodeę płynie tylko prąd ciemny, będący prądem wstecznym złącza określonym przez termiczną generację nośników. Oświetlenie złącza powoduje generację dodatkowych nośników i wzrost prądu wstecznego złącza, proporcjonalny do natężenia padającego promieniowania.
-

Fotodioda PN - przykład

Fotodioda PD 410PI



Prod. Sharp

PD410PI jest szybką fotodiodą z filtrem zaporowym dla światła widzialnego. Może być z powodzeniem stosowana np. w urządzeniach zdalnego sterowania.

V_R :	32 V
Prąd ciemny:	10 nA
Dług. fali:	1000 nm
t_r / t_f :	200 ns / 200 ns

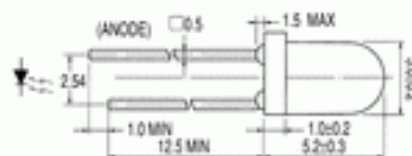
Fotodioda PIN

- W fotodiodzie pin między domieszkowanymi obszarami p-n znajduje się warstwa półprzewodnika samoistnego i. W takiej strukturze warstwa zaporowa ma dużą grubość, równą w przybliżeniu grubości warstwy samoistnej, co powoduje że pojemność takiego złącza jest bardzo mała, z czym wiąże się mała bezwładność działania fotodiody.
-

Fotodioda PIN - przykład

Fotodioda PIN EL-PD202B

EVERLIGHT



Prod. Everlight

Z filtrem światła.

Max V_R : 33 V

Czułość: $2 \mu\text{A}$ przy $E=5 \text{ mW/cm}^2$

Najw. czułość: 940 nm

Czas nar./opad.: 6/6 ns

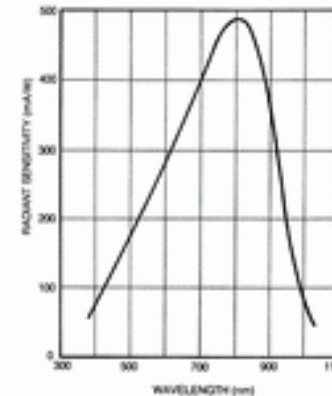
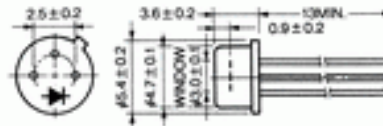
Prąd ciemny: 10 nA

Fotodioda lawinowa

- Fotodioda lawinowa jest elementem pracującym w zakresie przebicia lawinowego złącza pn.
 - Fotodioda lawinowa jest najbardziej czułym, półprzewodnikowym detektorem światła. Fotoprąd jest tak duży, jak w zwykłej fotodiodzie, ale jest wzmacniany w warstwie, gdzie fotoelektrony są przyspieszane przez silne pole elektryczne. Pociąga to za sobą dalsze elektrony, które z kolei pociągają następne. Jest to tak zwany efekt lawinowy. Sygnał jest wzmacniany wewnątrz ok. 100 razy. Diody lawinowe są czułe na różnice napięcia i temperatury i dlatego muszą być bardzo dokładnie kompensowane.
-

Fotodioda lawinowa - przykład

Fotodioda lawinowa S2381



Max nap. wsteczne: 194 V przy $I_p=1$ mA

Prąd ciemny: 1 nA max

Czułość: 490 mA/W

Najw. czułość: 800 nm

Czas opad: 0,2 ns

Zakres temperatur: -20 do +60 °C

Obudowa: TO18

Fotodioda – zastosowanie

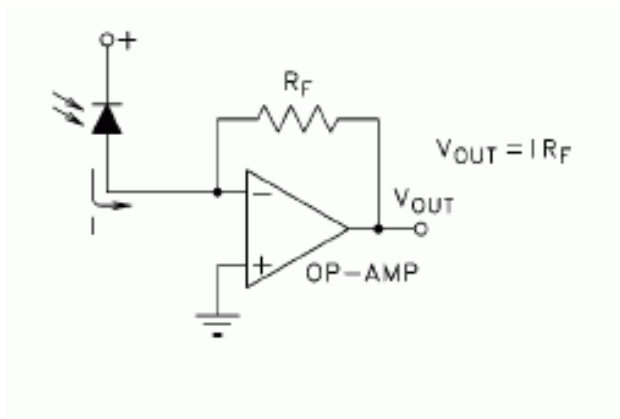
- Detektory światła widzialnego i podczerwonego
- Detektory kartek, końca taśmy
- Mierniki odległości
- Mierniki wymiarów
- Komunikacja światłowodowa



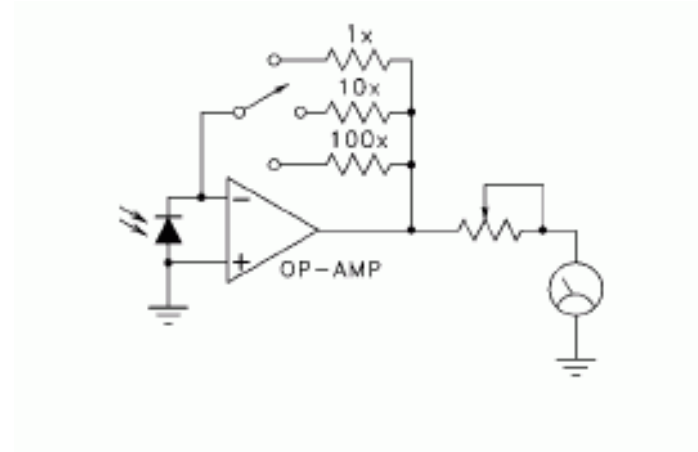
Fotodioda - parametry

- Maksymalne napięcie wsteczne U_r
 - Czułość na natężenie oświetlenia
 - Czułość na moc promieniowania
 - Czas narastania
 - Prąd ciemny
 - Kąt detekcji
 - Zależność czułości od długości fali padającego światła
-

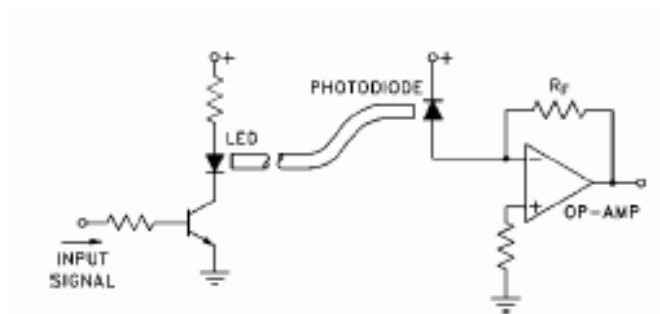
Fotodioda – konfiguracje pracy cd.



Basic Transimpedance Op-Amp Circuit

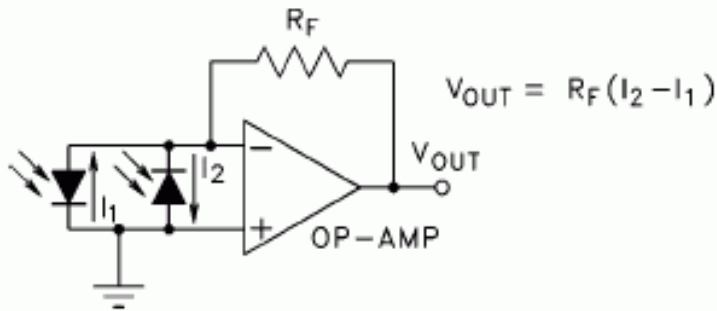


Light Meter (with three sensitivity ranges)

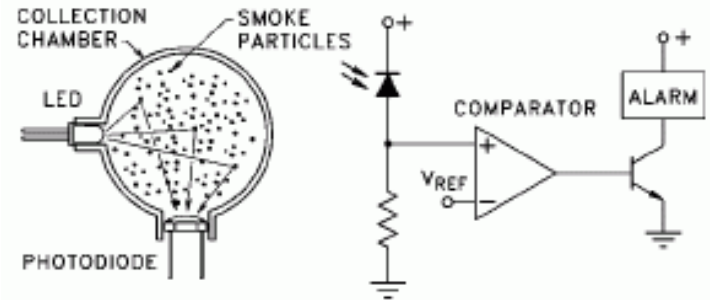


Fiber Optic Link

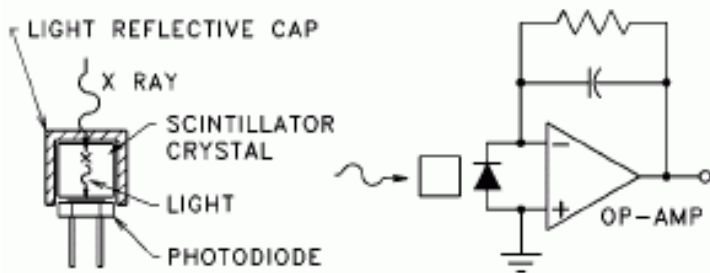
Fotodioda – konfiguracje pracy cd.



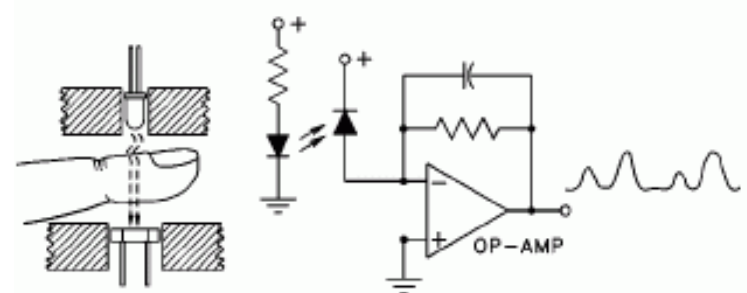
Balancing Circuit



Smoke Detector



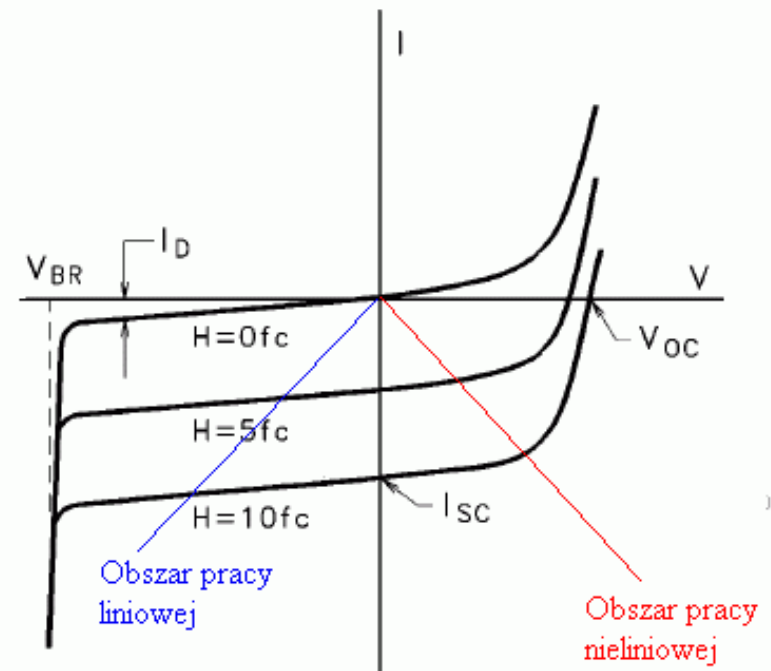
CAT Scan (X ray Detector)



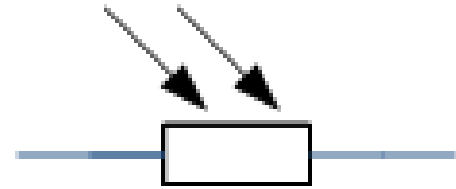
Pulse Monitor (Finger Probe)

Fotodioda – konfiguracje pracy - uwagi

- Należy pamiętać, żeby fotodioda pracowała w liniowym zakresie pracy, co wiąże się z jej odpowiednią polaryzacją w kierunku zaporowym



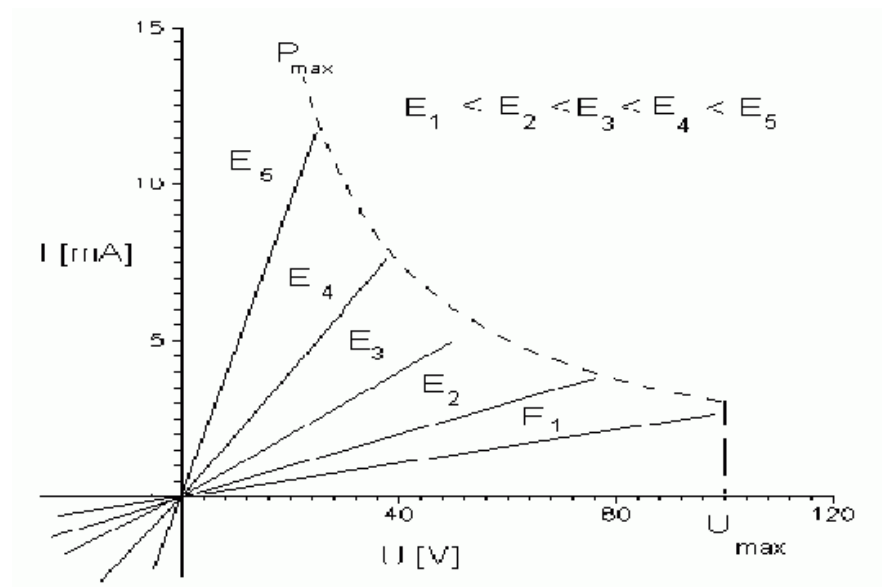
Fotorezystor



- Fotorezystorem nazywa się element półprzewodnikowy bezzłączowy, który pod wpływem promieniowania świetlnego silnie zmienia swoją rezystancję. Część roboczą (światłoczułą) fotorezystora stanowi cienka warstwa półprzewodnika osadzona na podłożu dielektrycznym wraz z elektrodami metalowymi doprowadzającymi prąd ze źródła zewnętrznego. Całość umieszcza się w obudowie z okienkiem, służącym do przepuszczania promieniowania świetlnego.

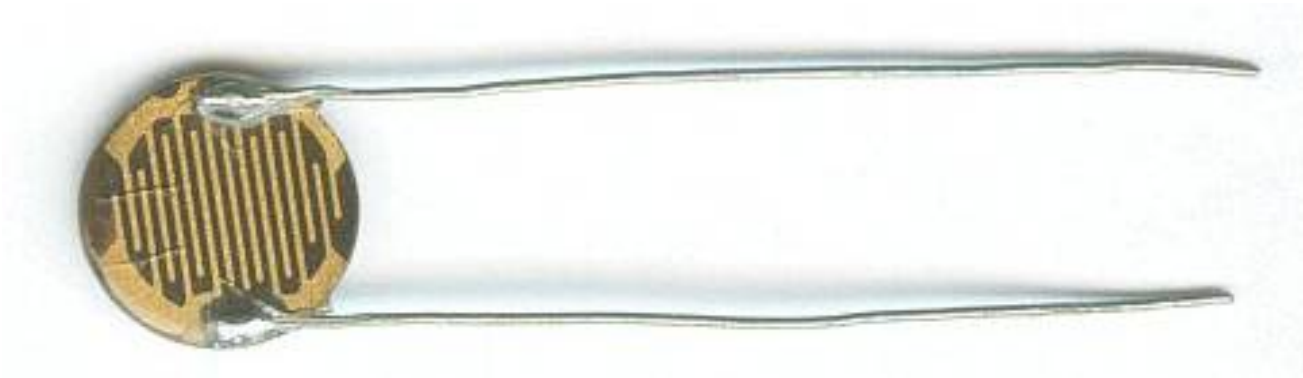
Fotorezystor – zasada działania

- Zmiana rezystancji pod wpływem promieniowania
- Maksymalna czułość dla odpowiedniej długości fali



Fotorezystory – podział

- Siarczek kadmu CdS – czuły na światło widzialne
- Selenek kadmu CdSe – czuły na światło podczerwone



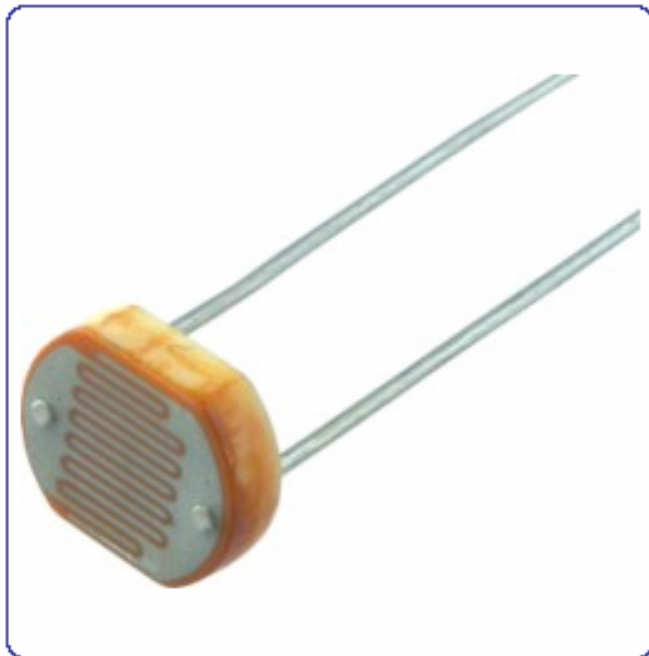
Fotorezystory – zastosowanie

- Automatyczne włączanie lamp w nocy
 - Proste wersje mierników światła w kamerach
 - Najczulsze detektory promieniowania podczerwonego odbieranego z kosmosu
-

Fotorezystory - parametry

- Rezystancja przy oświetleniu $E = 10\text{lx}$
 - Rezystancja przy oświetleniu $E = 100\text{lx}$
 - Rezystancja ciemna po 1 sekundzie
 - Czulość maksymalna dla długości fali
 - Dopuszczalna moc maksymalna
 - Czas przełączania
-

Fotorezystor - przykład



▶ [Rysunek szczegółowy](#)

Symbol	RL	RD
	[k Ω]	[k Ω]
FR12/100K	6 - 18	100
FR28/500K	12 - 36	500
FR48/1M	24 - 72	1000

R_L - rezystancja przy oświetleniu 10 lx, 2850 K

R_D - rezystancja przy oświetleniu 0 lx (rezystancja ciemna)

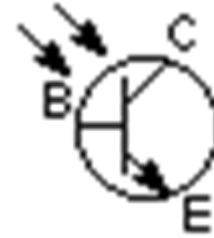
Powierzchnia czynna osłonięta plastikiem.

Zakres temperatury pracy : od -40°C do +75°C

Moc całkowita : 175 mW

Czas odpowiedzi (narast. / opad.) : 35 / 5 ms

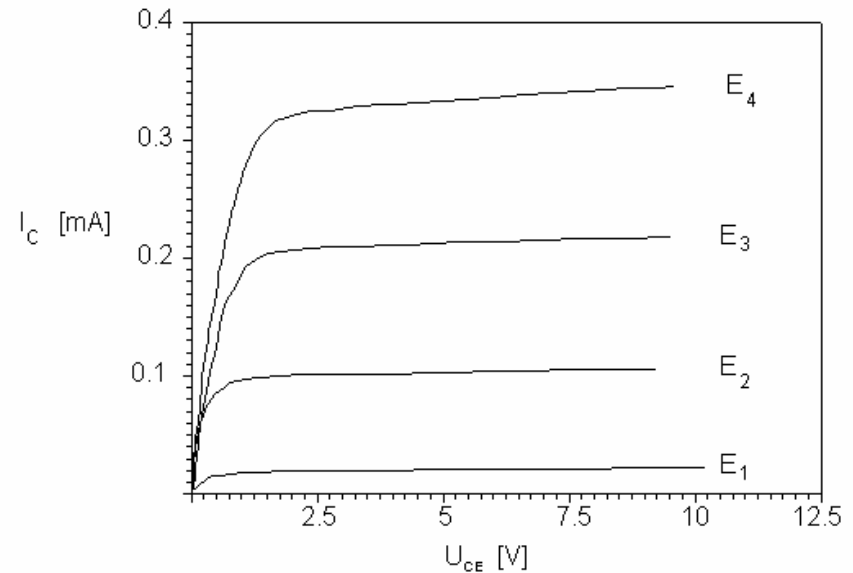
Fototranzystor



- Fototranzystory, są to tranzystory bipolarne (najczęściej typu npn) w których obudowie wykonano okno umożliwiające oświetlenie obszaru bazy tranzystora. Fototranzystor polaryzujemy tak jak zwykły tranzystor tj. złącze baza emiter jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia, a złącze baza kolektor w kierunku zaporowym. Powszechnie fototranzystory wykonywane są jako elementy dwukońcówkowe tj. wyprowadzone są kontakty emitera i kolektora, baza zazwyczaj pozostaje nie wyprowadzona na zewnątrz. Przy braku oświetlenia przez fototranzystor płynie prąd zerowy, związany z termiczną generacją nośników, jest to prąd zaporowo spolaryzowanego złącza p-n na granicy obszarów bazy i kolektora.

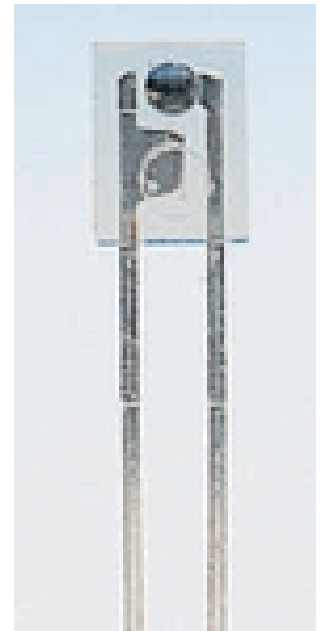
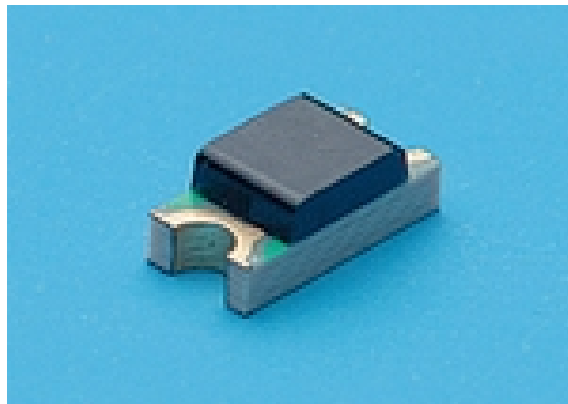
Fototranzystory – zasada działania

- Działają jak zwykłe tranzystory
- W obudowie okno umożliwiające podświetlenie bazy
- Padające promieniowanie na bazę spolaryzowanego fototranzystora powoduje powstanie nośników



Fototranzystor – podział ze względu na:

- długość fali promieniowania, na które czuły jest fototranzystor
- obudowy – przezroczyste, ciemne
- dodatkowe elementy wewnętrzne



Fototranzystor - zastosowanie

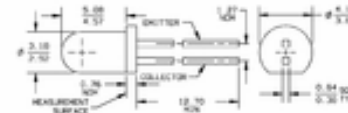
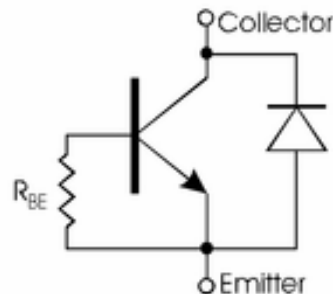
- Detektor światła podczerwonego
 - Systemy zabezpieczające
 - Kontrolery marginesów
 - Licznik monet
 - Piloty zdalnego sterowania
-

Fototranzystor - parametry

- Maksymalne napięcie U_{ce}
 - Prąd świecenia przy odpowiednim napięciu U_{ce} oraz natężeniu promieniowania
 - Kąt detekcji
 - Maksymalny prąd kolektora I_c
 - Rodzaj obudowy (czarna, przezroczysta)
 - Charakterystyka czułości
 - Czas narastania/opadania
-

Fototranzystor - przykład

Fototranzystor OP705



Prod. Optek

Fototranzystor z małym kątem detekcji. Ma wbudowany rezystor pomiędzy bazą a emiterem w celu zmniejszenia wpływu światła otoczenia.

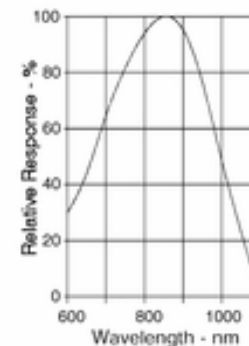
Max V_{CE} : 30 V

Prąd świec.: 3,95 mA min
przy $V_{CE} = 5$ V

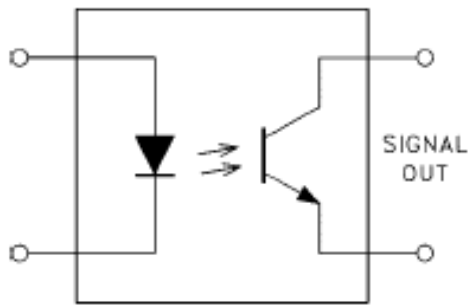
$E = 0,50$ mW/cm²

Kąt detekcji: $\pm 8^\circ$

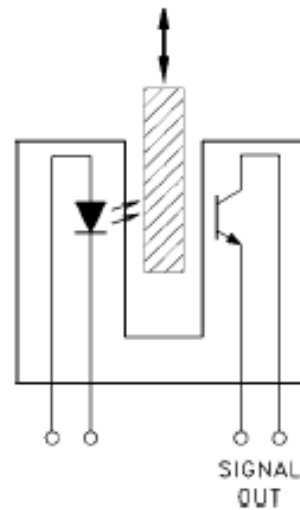
Max I_C : 30 mA



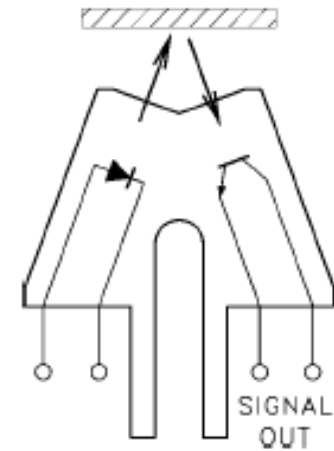
Fototranzystor – konfiguracje pracy



Optoisolator

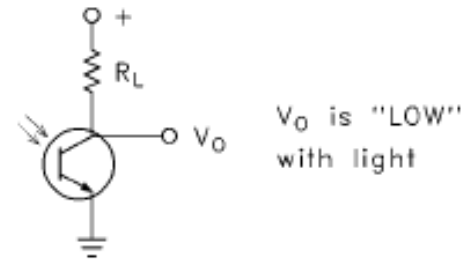
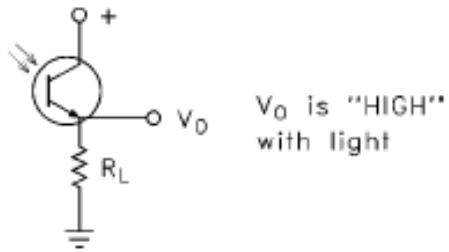


Optical Switch

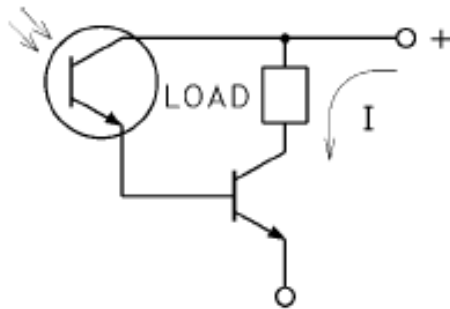


Retro Sensor

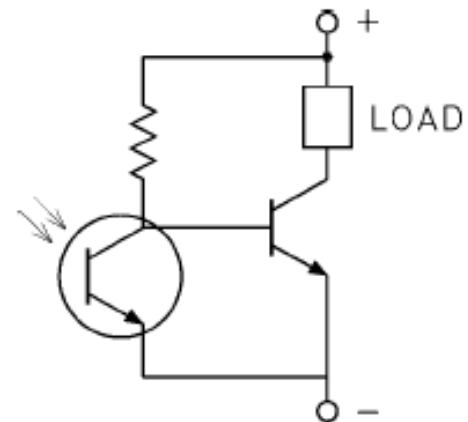
Fototranzystor – konfiguracje pracy cd.



Basic Circuits



More Output Current Capability



More Voltage Switching Capability

Sensory optyczne - porównanie

- Najczęściej używanymi sensorami optycznymi są fotodiody PIN oraz fototranzystory, rzadziej fotorezystory
 - Fotodiody PIN mają szerokie pasmo działania i niskie szумы (mają lepsze parametry od zwykłych fotodiod)
 - Fototranzystory są bardziej czułe na promieniowanie, od razu wzmacniają sygnał. Są jednak nieco wolniejsze, bardziej szumią
 - Fotodiody lawinowe są najczulsze ze wszystkich elementów, wymagają jednak kompensacji temperatury i napięcia, są drogie
 - Fotorezystory są również czułymi elementami, są jednak wolne. Zaletą jest niski koszt
-

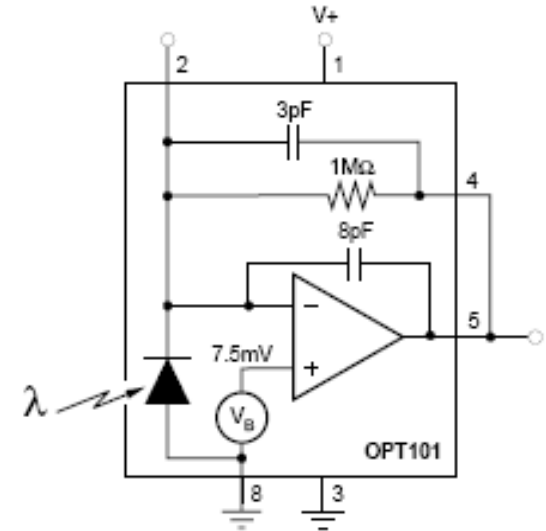
Gotowe przetworniki optyczne

- Istnieją gotowe przyrządy, które wraz z fotodetektorem posiadają układ obrabiający sygnał elektryczny do użytecznej postaci

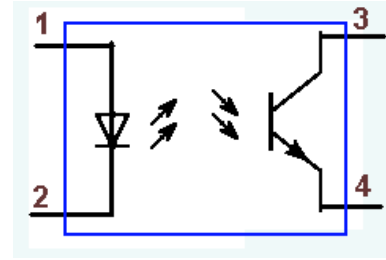


OPT101

- Przykładem liniowego przetwornika światło – napięcie jest układ OPT101
- Oprócz liniowej charakterystyki przejściowej pozwala na zredukowanie szumów fotodiody oraz eliminację błędów związanych z prądami upływu

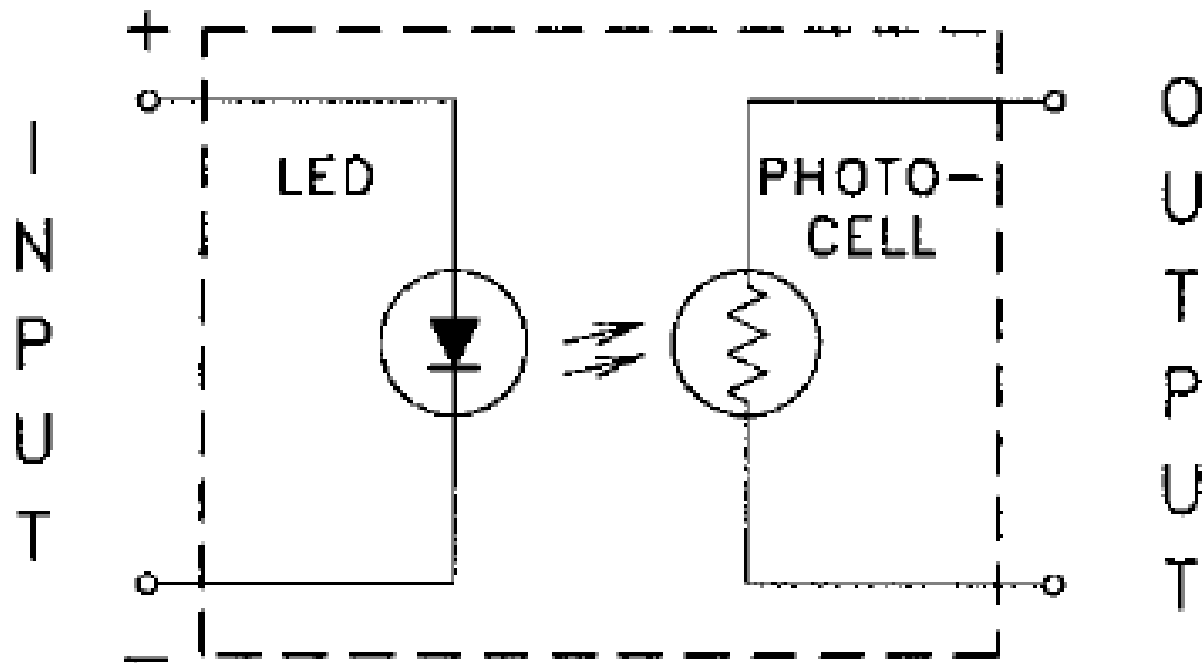


Transoptory



- Transoptory składają się z nadajnika i detektora światła zawartych w jednej obudowie. Prąd przepływający przez nadajnik, zazwyczaj diodę świecącą, powoduje jej świecenie, co zostaje odebrane w detektorze, na którego końcówkach pojawia się napięcie. W przypadku dokładnych transoptorów mogą one przekazywać sygnały nie tylko cyfrowe, ale i analogowe.

Transoptor – schemat działania



AOI Circuit Diagram

Transoptory – podział

- ze względu na detektor wyjściowy – fotoopornik, fotodioda, fototranzystor, fototriak.
 - cyfrowe oraz liniowe
 - ze względu na możliwą prędkość transmisji – do kilkudziesięciu Mbit/s
-

Transoptory – zastosowanie

- izolacja galwaniczna między odbiornikiem, a nadajnikiem
 - w takich przypadkach mogą zastępować transformatory
 - dodatkowo nie mają dolnej częstotliwości granicznej
-

Transoptor – parametry

- współczynnik sprzężenia CTR – stosunek prądu wyjściowego do wejściowego
 - wytrzymałość izolacji podana w Voltach
 - maksymalny prąd w obwodzie wejściowym
 - maksymalne napięcie/prąd na wejściu
 - czas narastania / maksymalna prędkość transmisji
-

Transoptor – przykład z fototranzystorem

MCT2

Transoptor

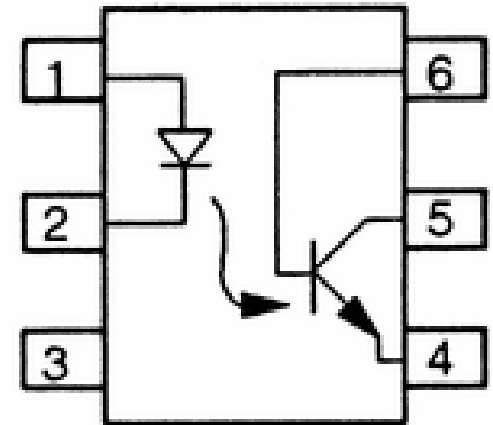
Prod. Vishay

Transoptor z wyjściem tranzystorowym i oddzielnym wejściem do bazy.

Wytrzym. izolacji:	5300 V min
Współcz. sprzęż. (CTR):	20/ %
Prąd diody:	60 mA max
Nap. kolekt.-emit.:	30 V max
Czas narast./opad.:	3/3 μ s typ
Zakres temperatur:	-55 do +100 °C

Atesty:

CSA, VDE



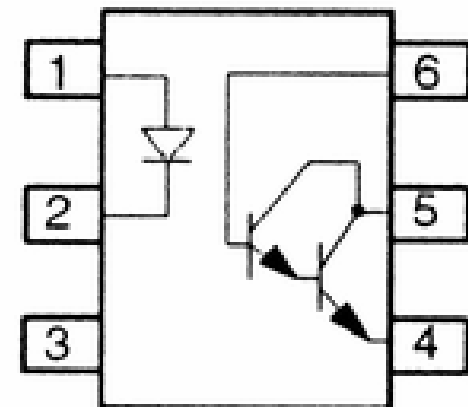
Transoptor – przykład z wyjściem Darlingtona

IL 55

Transoptor z wyjściem Darlingtona Prod. Vishay

Transoptor z wysokim prądem wyjściowym i dużym współczynnikiem sprzężenia.

Wytrzymał. izolacji:	3750 V min
Współcz. sprzęż. (CTR):	100/400 %
Prąd diody:	60 mA max
Nap. kolekt.-emit.:	55 V max
Prąd kolektora:	125 mA max
Czas narast./opad.:	10/35 μ s typ
Zakres temperatur:	-55 do +100 °C



Transoptor – przykład z fototriakiem

S21ME3

Transoptor z wyjściem triakowym

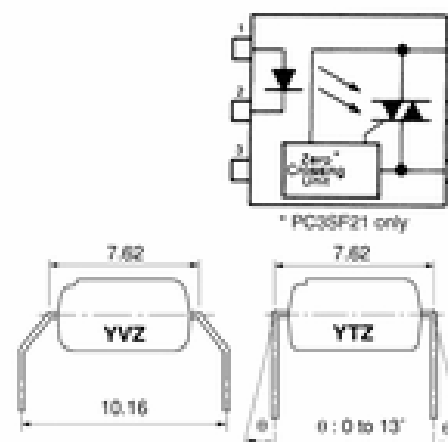
Prod. Sharp

S21ME3 ma na wyjściu tylko 1 triak, zaś S21ME4 ma oprócz triaka jeszcze detektor przejścia sygnału przez zero.

Wytrzymał. izolacji:	5000 V min
Prąd diody:	50 mA max
Min. prąd wyzwol.:	7,0 mA max
Nap. triaka (VDRM):	600 V max
Zakres temperatur:	-30 do +100 °C
Obudowa:	DIL6

Atesty:

SEMKO, DEMKO, UL, VDE, BS, EI



*

* Tylko S21ME4

Transoptor – przykład do zastosowań cyfrowych

HCPL 2300

Szybki transoptor do logiki TTL, LSTTL i CMOS

Prod. Agilent Technologies

Napięcie zasilania: +4,75 do +5,25 V

Wytrzym. izolacji: 2500 V min

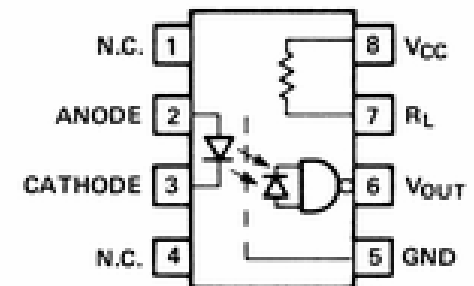
Prąd diody: 5 mA max

Zdoln.wysterow.: 5 TTL-obc.

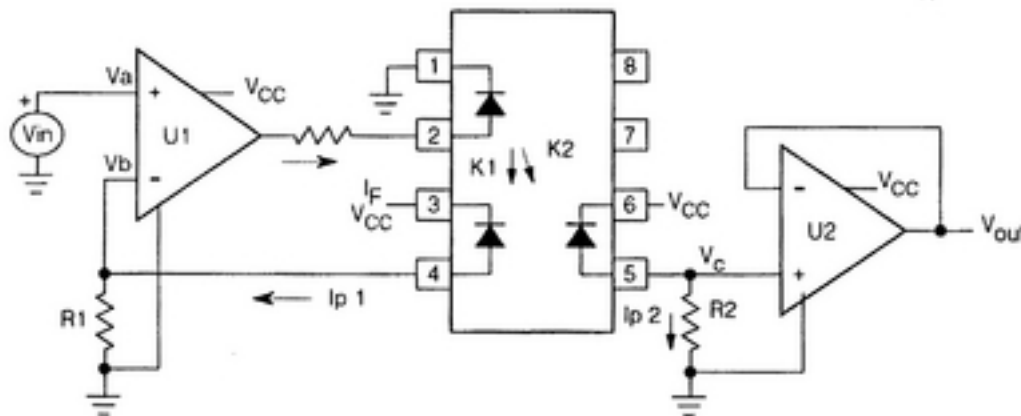
Max prędk.transm.: 2,5 Mbit/s min

Czas narast./opad.: 40/20 ns typ

Zakres temperatur: -40 do +85 °C



Transoptor analogowy

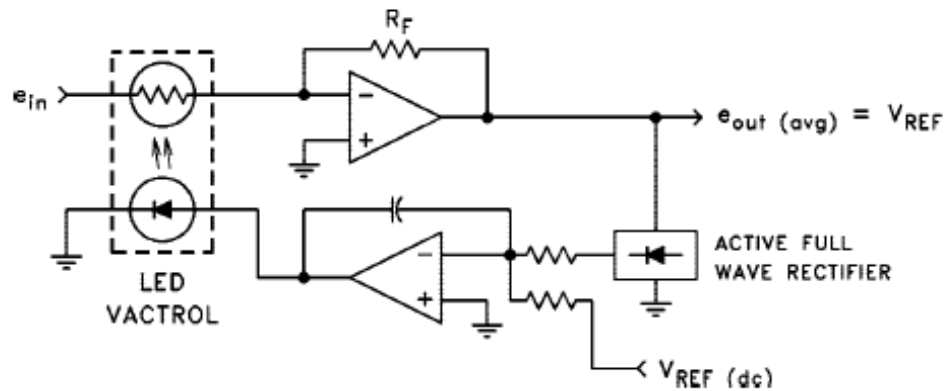


Transoptory analogowe

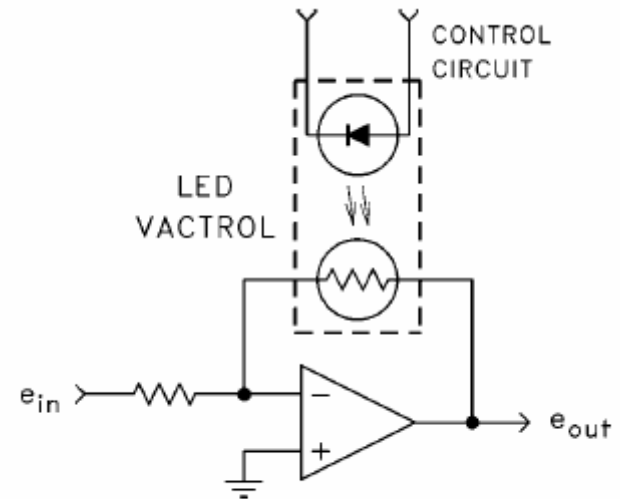
Transoptory te składają się z jednej diody LED i 2 fotodiod. Dioda świecąca i jedna z fotodiod (PD1) znajdują się przy wejściu, zaś PD2 - przy wyjściu. Obie fotodiody otrzymują tyle samo światła z diody świecącej. LD1 można włączyć w układ sprzężenia zwrotnego, służącego do stabilizacji prądu diody LED tak, aby skompensować zmiany nieliniowe na wyjściu.

	HCNR200	IL300	
CTR:	0,25/075	56/165	% min/max
Czas narast./opad.	-	1,75	μ s typ
Prąd diody I_F :	25	60	mA max
V_R (wyjście):	30	50	V max
V_F :	1,3 do 1,85	1,25 do 1,5	V
Pojemn. fotodiody:	22	12	pF
Wytrzym. izolacji:	5000	5000	Vrms
Szer. pasma LED:	9		MHz
Obudowa:	DIL8W	DIL8	

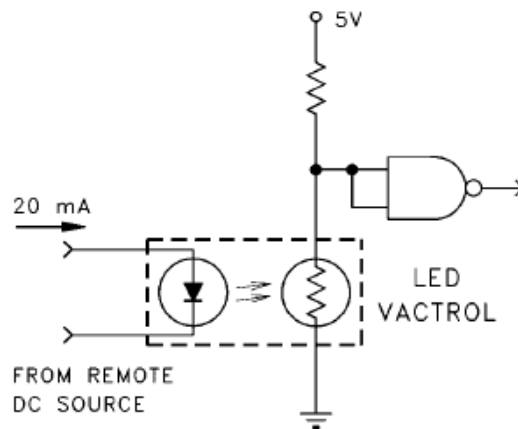
Transoptor – konfiguracje pracy



Automatic Gain Control (AGC)



Remote Gain Control



Noiseless Switching/Logic Interfacing

Dziękuję bardzo za uwagę.
