



ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Seconda sessione 2018

PRIMA PROVA SCRITTA DEL 15 NOVEMBRE 2018

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Tema n. 1:

Il candidato descriva in modo approfondito le tecnologie e metodologie dell'informazione, elettroniche e delle telecomunicazioni che possono essere utilizzate, facendo riferimento a una o più delle seguenti tematiche:

- Aspetti fondamentali della propagazione elettromagnetica in spazio libero;
- Tecniche e principi riguardanti la descrizione mediante caratteristiche di dati digitali visuali e/o sonori;
- Aspetti e problematiche della progettazione ed implementazione di sistemi di filtraggio a tempo continuo e/o discreto.

Tema n. 2:

Nell'ambito della realizzazione di sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione della informazione, il candidato descriva in modo approfondito e discuta criticamente una delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- Tecniche e soluzioni per la realizzazione di convertitori analogico digitali (ADC) e digitale analogico (DAC);
- Descrizione degli aspetti e delle problematiche nell'utilizzo di circuiti elettronici in ambienti caratterizzati da elevati disturbi elettrici;
- Descrizione delle principali soluzioni basate su sistemi elettronici digitali per l'elaborazione numerica delle informazioni, evidenziando per ognuna di tali soluzioni i principali vantaggi e svantaggi ed i campi applicativi.

Tema n. 3:

Nell'ambito della realizzazione di sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione dell'informazione, il candidato descriva in modo approfondito, e discuta criticamente, le tecnologie e metodologie informatiche che possono essere utilizzate, facendo riferimento a una delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- Sviluppo di applicazioni Web, anche data-intensive, con approfondimento sulla progettazione della parte client;
- Metodologie recenti per la progettazione di sistemi software;
- Metodi di progetto, tecniche e pratiche di re-engineering di sistemi software, a fronte di requisiti che cambiano nel tempo, con possibile riferimento al re-engineering di basi di dati per sistemi informativi aziendali.



ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Seconda sessione 2018

SECONDA PROVA SCRITTA DEL 23 NOVEMBRE 2018

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Classi di laurea appartenenti al settore:

LM/32 - Ingegneria informatica;

35/S - Ingegneria informatica;

LM/29 - Ingegneria elettronica;

LM/27 - Ingegneria delle telecomunicazioni.

Tema n. 1 (classe LM/32 - Ingegneria informatica):

Si desidera progettare un nuovo sistema informatico di una compagnia LUXMOV che vende auto di prestigio (nuove ed usate) e che opera su tutto il territorio nazionale. La compagnia ha varie sedi e si rivolge sia a privati che ad aziende. Le sedi sono attualmente dotate di propri sistemi informatici per la gestione della contabilità e paghe del personale, e sono connesse tramite VPN su rete pubblica ADSL.

Nel seguito si descrive il processo e il tipo di supporto atteso dal nuovo sistema informatico con canale Web che si vorrebbe progettare e realizzare.

Un cliente (privato o azienda) può rivolgersi direttamente ad un agente presso una delle sedi LUXMOV e specificare le caratteristiche dell'autovettura che sta cercando. L'agente cerca nel sistema LUXMOV le informazioni sulle autovetture a cui il cliente potrebbe essere interessato. Alla fine, il cliente può ricevere dall'agente l'elenco delle autovetture a cui potrebbe essere interessato.

Un cliente potrebbe anche decidere di cercare le informazioni sul sito Web della LUXMOV. In tal caso una registrazione del cliente al sito è obbligatoria e viene effettuata prima di iniziare la ricerca (se il cliente non è già registrato). In seguito, il cliente può specificare, tramite una pagina di ricerca del sito web, le caratteristiche dell'autovettura che sta cercando e ottenere un elenco dei veicoli a cui potrebbe essere interessato.

Se il cliente identifica un'autovettura di suo interesse, può richiedere un appuntamento per visionare l'autovettura presso la sede LUXMOV di competenza. Nel caso il cliente abbia compiuto la ricerca via web, sceglie dall'elenco dei veicoli quello, o quelli, d'interesse e attiva un'apposita funzione del sito che gli consente di sottomettere la richiesta di appuntamento e di indicare su un calendario i giorni e gli orari di preferenza. La richiesta è inoltrata ad un agente che contatterà il cliente per fissare l'appuntamento. Nel caso di ricerca di veicolo usato, la LUXMOV coinvolge anche il proprio tecnico che ha seguito il restauro meccanico ed estetico dell'auto che il cliente vuole visionare. In questo caso l'agente individua il tecnico interrogando il sistema, lo contatta e fissa un incontro a cui interverranno cliente e tecnico.

Se un cliente è interessato all'acquisto di un'auto, si rivolge all'agente LUXMOV per la stipula del contratto di acquisto. Preventivamente tramite il sito web LUXMOV deve effettuare un pagamento di garanzia di circa il 5% del prezzo di acquisto. Tale pagamento viene effettuato con carta di credito. L'agente controlla la presenza di questo pagamento e se i dati del cliente sono già stati inseriti nel database della compagnia e in caso negativo

glieli chiede al momento, procedendo poi con la compilazione del contratto d'acquisto. Se il cliente è disposto a pagare subito l'intero importo, fornisce all'agente le proprie credenziali bancarie o consegna un assegno i cui estremi vengono registrati. L'agente incarica l'ufficio contabile della compagnia di effettuare i controlli necessari per verificare la solvibilità del cliente. Questi controlli consisteranno nell'interrogare apposite banche dati partendo dai dati del cliente. In caso di verifica con esito positivo, si procede con la firma del contratto e la consegna del veicolo.

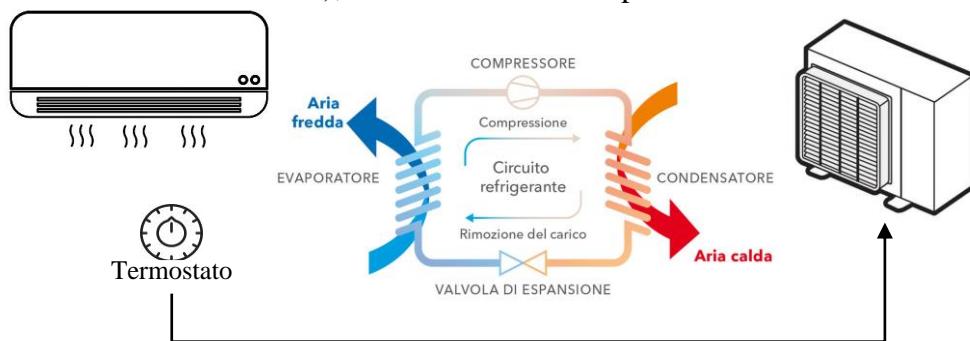
Nel caso in cui il cliente decida di acquistare rateizzando l'importo dell'acquisto, l'agente LUXMOV procederà comunque a registrare tutti i dati non noti del cliente e del contratto di acquisto. Arrivati al momento del pagamento, il cliente fornisce all'agenzia le proprie credenziali bancarie o consegna un assegno i cui estremi vengono registrati. L'agente organizzerà un incontro con la società finanziaria che eroga il prestito; incontro durante il quale verranno stabiliti i termini del contratto (numero, periodicità e importo delle rate) e verrà incaricato l'ufficio contabile di verificare la solvibilità del cliente. Nel caso in cui si possa procedere, il contratto viene firmato e il veicolo è consegnato.

Si richiede al candidato di:

1. Stilare schematicamente un piano di lavoro che specifichi le varie attività di progettazione richieste per la realizzazione del sistema informatico su web per questo particolare problema e per questi particolari requisiti (spiegando l'attinenza di ogni fase del piano ai requisiti sopra descritti), quali competenze specifiche sono richieste da ciascuna di esse, ed in che ordine tali attività saranno svolte anche utilizzando appositi diagrammi;
2. Definire il modello concettuale della base dati sottostante, utilizzando schemi e/o diagrammi opportuni, anche facendo ed esplicitando assunzioni ulteriori rispetto alla descrizione sintetica fornita sopra;
3. Specificare in modo dettagliato l'architettura HW/SW del sistema per la memorizzazione e gestione dei dati e per l'implementazione delle funzionalità richieste, tenendo conto della eventuale configurazione distribuita dell'architettura;
4. Evidenziare in modo esaustivo gli aspetti critici dal punto di vista della sicurezza del sistema, proponendo soluzioni specifiche per il problema e i requisiti presentati.

Tema n. 2 (classe LM/29 - Ingegneria elettronica):

L'azienda MaKeKaldoFa, attiva da decenni nel settore dei sistemi Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC), vuole progettare un nuovo sistema di condizionamento per abitazioni. Un sistema di condizionamento è composto dai seguenti componenti: i) centrale di produzione di calore o refrigerazione; ii) una rete di distribuzione dei fluidi vettore (acqua, aria, gas refrigeranti); iii) terminali di diffusione (convezione, conduzione o irraggiamento); iv) sistemi di regolazione (centraline, cronotermostati, valvole termostatiche). Lo schema semplificato di un tipico sistema di condizionamento per impieghi civili è riportato nella figura sottostante. La macchina esterna tipicamente include il compressore ed il circuito di condensazione dell'gas (trasformazione esotermica), mentre l'evaporatore è presente nell'unità interna (trasformazione endotermica), che distribuisce l'aria raffrescata all'interno dell'abitazione. Un termostato agisce sul motore del compressore, spegnendo o accendendolo (condizionatori on/off) o modulando la velocità del motore del compressore (condizionatori ad inverter), in funzione della temperatura ambientale.



Il candidato dovrà progettare il sistema elettronico di controllo della nuova famiglia di sistemi di condizionamento. Il sistema di regolazione dovrà essere in grado di integrarsi con i sistemi di automazione

domestica presenti sul mercato. Tale integrazione è necessaria al fine di poter permettere all'utente di controllare il sistema come il resto degli elettrodomestici intelligenti e di poter monitorare facilmente i consumi energetici di tali sistemi, e quindi, di correlarli con il livello di benessere ottenuto nell'abitazione. Dopo una breve analisi di mercato, il responsabile aziendale che si occupa di innovazione di prodotto, ha identificato due principali classi di sistemi domotici: quelli basati su bus di campo cablati ed i sistemi che si basano su sistemi di comunicazione wireless. Mentre i primi sono principalmente adottati in soluzioni professionali (sistemi di domotica per grandi edifici pubblici e privati), i secondi trovano una più ampia applicazione nelle abitazioni private. Alla prima famiglia appartengono i sistemi compatibili con i protocolli KNX e BACnet (quest'ultimo in particolare sviluppato per gli impianti HVAC), insieme ad altre soluzioni proprietarie meno diffuse. Alla seconda famiglia, appartengono soluzioni quali Z-Wave, ZigBee (per interfacciare sensori alimentati a batteria) e Wi-Fi, qualora sia disponibile una fonte di alimentazione. A questa categoria appartengono, ad esempio, i sistemi Google Home, Apple HomeKit, Amazon Alexa, che permettono l'interfacciamento dei sistemi domestici attraverso comandi vocali.

Si chiede al candidato di immedesimarsi nel responsabile del progetto del sistema elettronico di controllo di tale sistema di condizionamento, e quindi di:

1. Valutare, considerando le soluzioni individuate durante la fase preliminare di indagine di mercato, quale dovrà essere il sistema di domotica di riferimento per il nuovo sistema di condizionamento che si vuole sviluppare. Il candidato dovrà evidenziare vantaggi e svantaggi di tale scelta, sia dal punto di vista tecnologico che dal punto di vista commerciale;
2. In seguito, il candidato dovrà definire quali sono i parametri che devono essere monitorati per la stima del benessere. Dopo aver identificato tali parametri, il candidato dovrà identificare quale tipologia di sensori, tra quelli disponibili in commercio, possono essere utilizzati per la rilevazione delle condizioni ambientali e per la rilevazione dei consumi energetici del sistema di climatizzazione. Le diverse tipologie dovranno essere comparate tra di loro, al fine di identificare chiaramente vantaggi e svantaggi di ognuna;
3. Fornire uno schema a blocchi completo del sistema elettronico per il controllo del sistema di condizionamento, che includa il monitoraggio del benessere ambientale e dell'energia consumata, attraverso l'integrazione dei sensori definiti al punto precedente, il sistema di controllo del motore, fino al sistema informativo di raccolta dell'informazione. Evidenziare quali informazioni sono raccolte da ogni blocco (corredate da relativa unità di misura) e quali sono le operazioni di elaborazione effettuate;
4. Valutare le soluzioni tecnologiche che si possono adottare per realizzare i blocchi definiti al punto (3). Evidenziare per ognuna delle soluzioni eventuali vantaggi e svantaggi;
5. Valutare la miglior soluzione tecnologica per la connessione dati del condizionatore in funzione della soluzione identificata al punto (1), considerando anche i vincoli di installazione presenti in ambiente domestico. Si consideri che il sistema dovrà essere integrato anche ad altri sistemi di domotica, prodotti dall'azienda o da terze parti. I parametri da considerare sono il costo di produzione, la versatilità, i tempi ed il costo di sviluppo.
6. Proporre e definire un possibile sistema di interfaccia utente per il sistema, per il controllo del condizionatore ed il monitoraggio delle informazioni. I parametri da considerare sono il costo di produzione, la versatilità, i tempi ed il costo di sviluppo, facilità di utilizzo.
7. Definire quali devono essere i dati aggregati (ovvero gli indici di prestazione) da fornire all'utente attraverso il sistema proposto al punto (6).



ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Seconda sessione 2018

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 10 GENNAIO 2019

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Classi di laurea appartenenti al settore:

LM/32 - Ingegneria informatica;

35/S - Ingegneria informatica;

LM/29 - Ingegneria elettronica;

32/S - Ingegneria elettronica;

Tema n. 1 (classe LM/32 - Ingegneria informatica e 35/S - Ingegneria informatica):

Si consideri un'azienda che opera nel settore della sanità privata e convenzionata, ed in particolare che svolge analisi cliniche. L'azienda è organizzata in una rete di centri di prelievo di campioni dislocati nel nord Italia e, per ogni provincia in cui opera, un centro in cui avvengono le analisi dei campioni e la produzione dei risultati delle analisi.

Presso ciascun centro di prelievo si recano cittadini al fine di eseguire prelievi ed ottenere successivamente i relativi referti contenenti i risultati.

Quando un cittadino, come cliente, si reca presso uno dei centri il personale deve, con il supporto del sistema,

- effettuare l'accettazione del cliente, identificandolo e registrandone i dati di contatto e il codice fiscale o richiamandone i dati precedentemente registrati a sistema.
- Inserire a sistema la richiesta di analisi costituita da uno o più parametri (es., glucosio).
- Inserire il codice identificativo e data di una eventuale prescrizione, da associare alla richiesta, del medico curante del servizio sanitario nazionale (SSN).
- Calcolare il costo complessivo al cliente della richiesta partendo dal costo dei singoli parametri determinato in base di un listino (es., HDL -> 5.2 euro, glucosio -> 3.5 euro (caso senza prescrizione SSN), glucosio -> 1.2 euro (caso con prescrizione SSN)) definito dall'azienda.
- Stampare la relativa fattura e incassare il pagamento.
- Stampare un foglio accompagnatorio (include un codice a barre identificante la richiesta di analisi e la lista dei parametri di analisi da svolgere) con cui il cliente si recherà ad uno dei box dove avverrà la raccolta dei campioni.

A fine giornata il personale deve inviare telematicamente i dati relativi alle analisi da svolgere sui campioni al centro di analisi della propria provincia. I campioni vengono recapitati con un servizio di corriere interno dell'azienda.

A inizio giornata il personale riceve telematicamente i referti prodotti dal centro di analisi e li stampa per consegnarli successivamente al cliente.

Alcuni referti prevedono un pagamento aggiuntivo richiesto al cliente in quanto il risultato rilevato dal centro di analisi ha richiesto ulteriori passi di analisi/test di approfondimento che non erano stati previsti inizialmente.

Ogni centro di prelievo deve mantenere un datawarehouse che consenta l'esplorazione di indicatori quali: numero di prelievi, fatturato, numero di analisi richieste, rispetto a dimensioni quali: tempo, parametro di analisi, giorno della settimana, etc.

A livello di azienda si vuole mantenere un datawarehouse complessivo che integri i dati dei datawarehouse dei centri di prelievo e che consenta esplorazione di indicatori a livello di intera azienda.

Attualmente ogni centro di prelievo è connesso tramite una linea dati ADSL, situazione che però rende vulnerabile la connessione in caso di guasti alle linea o in caso di problema di interruzione (o riduzione) di fornitura di connessione da parte del provider.

Si richiede al Candidato di sviluppare, con riferimento allo specifico caso descritto, alle particolari necessità e motivazioni fornite e quindi non in maniera generica, i seguenti punti:

- 1) specifica schematica dei requisiti del sistema informatico dettagliandoli opportunamente (ad esempio producendo una lista delle funzionalità richieste al sistema); il Candidato può quindi se lo ritiene rilevante aggiungere nuovi requisiti e/o raffinare i requisiti dati sulla base della propria esperienza e di ragionevoli ipotesi;
- 2) proporre un progetto di massima del sistema informatico e di telecomunicazioni complessivo da realizzare sia a livello di architettura software (sistemi operativi, framework software, DBMS, ...) che di architettura hardware e di interconnessioni di componenti;
- 3) specificare, attraverso opportuni linguaggi grafici (ad esempio, diagrammi UML), i principali moduli e classi di elaborazione/archiviazione dati, ad esempio con riferimento ad uno specifico sottosistema;
- 4) proporre un possibile progetto concettuale e architettonico per i datawarehouse, definendo in particolare il processo di alimentazione dei dati a partire dalle fonti dei dati verso il datawarehouse del singolo centro e verso il datawarehouse centrale dell'azienda;
- 5) approfondire quegli aspetti del progetto che riguardano affidabilità (eventuali politiche BC/DR Business Continuity / Disaster Recovery), sicurezza e, in particolare, privacy dei dati.

Tema n. 2 (classe LM/29 - Ingegneria elettronica e 32/S - Ingegneria elettronica):

L'azienda multinazionale VampireFood Ltd. Co., operante da anni nel settore delle analisi emochimiche, vuole realizzare un proprio sistema elettronico non invasivo per la misura di alcune proprietà chimiche del sangue.

Gli analiti che tipicamente vengono misurati sono il livello di pH del sangue; la concentrazione di O₂ (P_{O2}); la concentrazione di CO₂ (P_{CO2}); l'ematoцитro; il livello di emoglobina; la saturazione di O₂ (Sao₂); la concentrazione di alcuni elettroliti quali sodio, potassio, calcio e cloro; la concentrazione di alcuni metaboliti, quali il glucosio, creatinina ed urea. Il tipico intervallo di alcuni di questi analiti nel sangue è riportato nella Tabella 1.

Tabella 1: Il tipico intervallo di alcuni analiti nel sangue umano.

Concentrazione Gas	Intervallo	Elettroliti	Intervallo	Metaboliti	Intervallo
P _{O₂}	80-104 mm Hg	Na ⁺	135-155 mmol/l	Glucosio	70-110 mg/100 ml
P _{CO₂}	33-48 mm Hg	K ⁺	3.6-5.5 mmol/l	Creatinina	0.9-1.4 mg/100 ml
pH	7.31-7.45	Ca ²⁺	1.14-1.31 mmol/l	Urea	8-26 mg/100 ml
Ematocrito	40-54 %	Cl ⁻	98-109 mmol/l		
Emoglobina	13-18 g/100 ml				
Saturazione O ₂	95-100%				

Questi parametri vengono di norma estratti dai campioni di sangue dei pazienti analizzati in laboratori di analisi. Tuttavia, in questo modo non è possibile avere un'informazione in tempo reale dell'evoluzione dei parametri dei pazienti. Inoltre, questo approccio non è esente da eventuali errori, dovuti ad esempio, ad un errato trattamento dei campioni di sangue (es. stoccaggio a temperatura non idonea) o più semplicemente ad uno scambio di provette di campioni. Il trend del mercato è di evolvere verso sistemi di analisi decentralizzati ed in tempo reale, in grado di monitorare in modo non invasivo quanti più parametri emato-chimici. Questi sistemi trovano applicazione in diversi contesti, quali ad esempio le sale operatorie, dove la concentrazione di gas e di elettroliti dei pazienti deve essere monitorata in tempo reale, ed i centri di dialisi. I sistemi di misura meno invasivi trovano applicazione anche per il monitoraggio dei parametri presso le abitazioni dei pazienti. Questa tipologia di sistemi deve tuttavia garantire una buona stabilità della misura, richiede una calibrazione ed un controllo della qualità della misura e, soprattutto, deve essere di utilizzo intuitivo.

In letteratura, esistono diverse metodologie per la misura non invasiva di alcuni di questi parametri. In particolare, il pulsossimetro è un sistema di misura non invasivo della saturazione di ossigeno (SaO₂). La saturazione di ossigeno è definita come la quantità di ossigeno dissolto nel sangue, rilevata a partire dalla percentuale di emoglobina ossigenata (HbO₂) rispetto all'emoglobina totale presente nelle arterie. L'emoglobina ossigenata nel sangue ha un caratteristico colore rosso, mentre l'emoglobina deossigenata (Hb), ha un caratteristico colore blu scuro. Le caratteristiche ottiche del sangue nello spettro del visibile (tra 400 e 700 nm) e nello spettro del vicino infrarosso (tra 700 e 1000 nm), dipendono fortemente dalla percentuale di O₂ trasportata dal sangue (vedi figura 1).

Il metodo pulsossimetrico sfrutta il fatto che Hb ha un più alto coefficiente di assorbimento attorno alla lunghezza d'onda di 660 nm (rosso), rispetto all'emoglobina ossigenata (HbO₂). Nel vicino infrarosso (attorno ai 940 nm) invece, l'assorbimento di Hb è inferiore rispetto a quello di HbO₂. Alla lunghezza d'onda di 805 nm, l'assorbanza è indipendente dalla concentrazione di O₂.

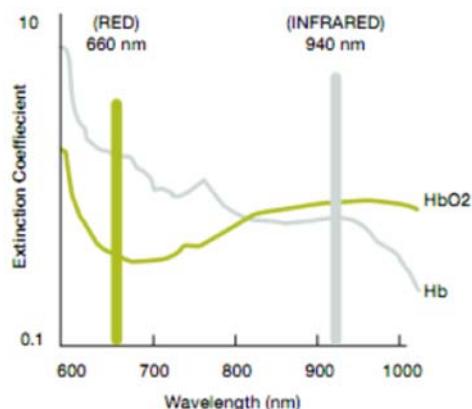


Figura 1: Il grafico di assorbimento dell'emoglobina

Effettuando due misurazioni a due lunghezze d'onda diverse (di solito a 660 ed a 940 nm), che hanno coefficienti di assorbimento diversi per l'emoglobina ossigenata e deossigenata, tutte le componenti

costanti vengono cancellate e si può calcolare il valore di saturazione dell'ossigeno in modo raziometrico. Il sistema ottico per la rilevazione della SaO_2 è costituito da due LED (con emissione rispettivamente a 660 e 940 nm) e da un fotorilevatore (di solito un fotodiodo o un fototransistor). Il sistema può essere realizzato in due diversi modi: a trasmissione ed a riflessione. Nel primo caso, il LED ed il fotorilevatore sono posizionati ai lati opposti di una parte del corpo umano (di solito il dito). Il fotorilevatore rileva la luce dopo l'assorbimento delle diverse parti del corpo umano. Nel secondo caso, il fotorilevatore ed il LED sono posizionati dalla stessa parte ed il fotorilevatore rileva la luce riflessa dai diversi strati della pelle. Il segnale ottenuto dal fotorilevatore, in entrambi i casi, viene chiamato segnale fotopletismografico (PPG). Tale segnale è caratterizzato da una periodicità che è dovuta alle pulsazioni. L'ampiezza di tale segnale dipende dalla quantità di sangue presente nelle arterie, l'assorbimento ottico del sangue, l'assorbimento della pelle e dei vari tessuti e dalla lunghezza d'onda utilizzata, come si vede da Figura 2. Il tipico segnale PPG ottenuto da un fotorilevatore è riportato in Figura 3.

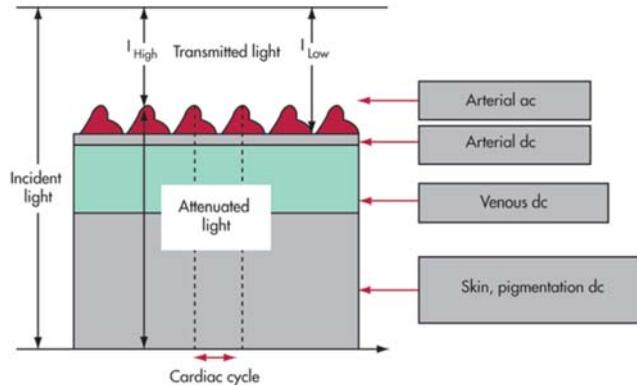


Figura 2: Variazioni nell'attenuazione della luce nei tessuti dovuto alle pulsazioni arteriose.

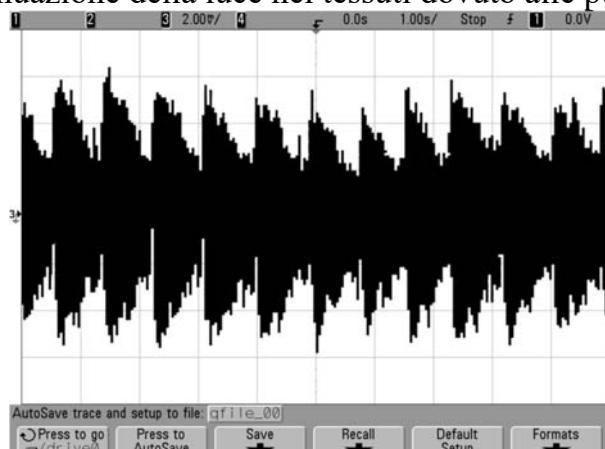


Figura 3: Segnale PPG (sola componente AC) acquisito da un oscilloscopio, prima dello stadio di elaborazione.

Durante la fase della diastole, meno sangue è presente nelle arterie, incrementando la quantità di luce trasmessa o riflessa. La parte variabile del segnale PPG, dovuto alla variazione della pressione del sangue nelle arterie, è la componente "AC" del segnale, mentre la componente "DC" o costante, dipende dal flusso venoso, dalla pelle e dai tessuti. Una variazione nella luminosità dei LED o della sensitività del fotorilevatore può cambiare l'intensità rilevata dal sensore. Questa dipendenza dell'intensità della luce può essere compensata attraverso la normalizzazione, ovvero dividendo la componente AC per la componente DC, ovvero:

$$\frac{R}{IR} = \begin{pmatrix} \frac{AC_R}{DC_R} \\ \frac{AC_{IR}}{DC_{IR}} \end{pmatrix}$$

Dove, AC_R è il valore picco-picco del segnale rilevato con LED visibile, DC_R è la componente continua di tale segnale, AC_{IR} è il valore picco-picco del segnale rilevato con LED nel vicino infrarosso e DC_{IR} è la componente continua di tale segnale. In questo modo, la componente di assorbanza dovuta al sangue venoso o ai tessuti non ha effetto sulle misure. Questa normalizzazione deve essere effettuata sia per il LED nello spettro visibile (R) che per quello nello spettro nel vicino infrarosso (IR), come si vede dalla Figura 4. Il rapporto normalizzato R/IR può essere legato empiricamente al livello di saturazione dell'ossigeno SaO_2 , come si può vedere dalla Figura 5. Quando il rapporto vale 1, il livello di saturazione dell'ossigeno è pari circa all'85%, un rapporto di 0.4 equivale ad una saturazione del 100%, mentre un rapporto di 3.4% rappresenta una saturazione dello 0%.

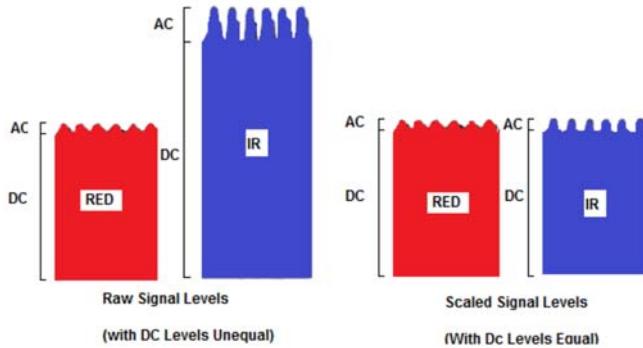


Figura 4: Normalizzazione dei segnali PPG ottenuti con LED R ed IR per rimuovere l'effetto della variazione dell'intensità della luce incidente o la sensitività del fotorilevatore.

Diversi pulsossimetri commerciali stimano la saturazione dell'ossigeno usando una relazione lineare, sfruttando, le misure prese a due diverse lunghezze d'onda, utilizzando la seguente relazione lineare:

$$SaO_2\% = A - B \cdot (R/IR)$$

Dove (R/IR) è il rapporto tra le normalizzazioni delle componenti AC e DC ottenute alle due diverse lunghezze d'onda, mentre A e B sono dei coefficienti di regressione lineare che dipendono dai coefficienti di assorbimento di Hb e HbO₂, ma che possono essere stimati dalla curva empirica di Figura 5.

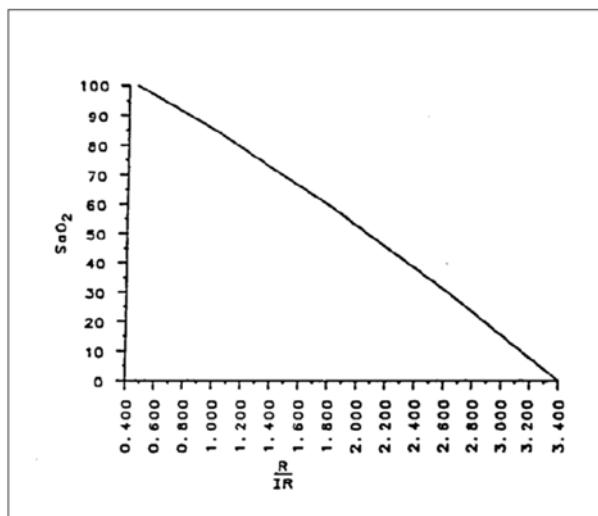


Figura 5: Relazione empirica tra la saturazione di ossigeno (SaO_2) ed il rapporto (R/IR) normalizzato.

Il responsabile del progetto, dopo attenta analisi dei requisiti, ha selezionato il metodo fotopletismografico a riflessione come possibile metodo di trasduzione. L'azienda ha attivo un accordo con l'azienda Vishay, per la fornitura di componenti optoelettronici. Pertanto, gli elementi sensibili del sistema (LED R e IR e foto rilevatore) verranno forniti dall'azienda Vishay.

Il candidato dovrà effettuare la progettazione della scheda di interfaccia elettronica, per l'elaborazione, la trasmissione e la presentazione del dato di saturazione di O₂ (SaO₂). Il candidato, durante la fase di progettazione, dovrà tenere in considerazione, durante il dimensionamento del sistema, i vincoli di basso costo e basso consumo e di espandibilità del sistema. Al candidato si chiede di:

- (1) Sulla base delle informazioni fornite dal fornitore di componenti optoelettronici e sulla base dei cataloghi messi a disposizione, dovranno essere identificati i componenti optoelettronici per la realizzazione dell'elemento sensibile. Le scelte dovranno essere opportunamente motivate.
- (2) Fornire lo schema a blocchi del circuito di alimentazione, condizionamento, elaborazione, trasmissione e presentazione dell'informazione.
- (3) Supponendo che la scheda venga alimentata attraverso un'alimentazione a 5 V non regolata, e sapendo che l'elettronica di condizionamento dovrà essere alimentata a 3.3 V, si progetti e dimensioni opportunamente lo stadio di regolazione e di alimentazione della scheda elettronica. Il candidato dovrà anche dimensionare opportunamente i condensatori di filtraggio delle alimentazioni.
- (4) Fornire lo schema circuitale dei vari blocchi che compongono il sistema di condizionamento e alimentazione del sensore e dimensionare opportunamente i vari componenti (guadagno degli amplificatori, banda bassante dei filtri, corrente di alimentazione, eventuali condensatori e resistori).
- (5) Supponendo di utilizzare un convertitore ADC a 12 bit interfacciato attraverso una porta SPI al processore della famiglia PIC18F Microchip ad 8 bit, entrambi alimentati a 3.3 V, si dimensioni opportunamente lo stadio di guadagno ed il filtro anti aliasing. Inoltre, il candidato fornisca un'analisi della risoluzione massima che può essere ottenuta con un tale sistema e quali possono essere le strategie per migliorare la risoluzione.
- (6) Fornire il diagramma di flusso dell'algoritmo da sviluppare nel microprocessore per l'estrazione dell'informazione di saturazione di O₂, qualora questo sia necessario, utilizzando il segnale opportunamente condizionato.
- (7) Fornire una possibile strategia per la realizzazione dell'interfaccia utente locale.
- (8) Supponendo che la scheda da realizzare debba essere interfacciata ad un dispositivo per la raccolta dei dati, identificare la tecnologia di comunicazione più adatta alla trasmissione delle informazioni, tenendo conto dei vincoli di minimizzazione dei costi e del consumo, ma al tempo stesso garantisca la compatibilità con dispositivi commerciali
- (9) Dopo aver terminato la fase di validazione del prototipo, il responsabile aziendale apporta delle modifiche ai requisiti di progetto. Il sistema infatti, dovrà essere in grado anche di fornire l'informazione sul numero di battiti del paziente. Tale informazione è necessaria per stimare il livello di stress del paziente che sta effettuando l'analisi di saturazione dell'ossigeno. Si chiede al candidato di evidenziare quali sono le modifiche da apportare al progetto originario per fornire le informazioni richieste e di stimarne l'impatto, sia in termini di tempo di sviluppo che di costi e valutare criticamente se tali modifiche possono essere realizzate o meno.
- (10) Un sensore PPG è solitamente in grado di monitorare con buona approssimazione la saturazione dell'ossigeno di un soggetto a riposo. Tuttavia, ogni movimento del sensore si traduce in un'ampia variazione della riflettanza che è molto più ampia del segnale di misura utile. Questi artifizi, legati al movimento saturano gli amplificatori. Definire possibili strategie e proporre modifiche circuituali /o di elaborazione per compensare i disturbi introdotti dal movimento.

Measurement Techniques

INTRODUCTION

The characteristics of optoelectronics devices given in datasheets are verified either by 100 % production tests followed by statistic evaluation or by sample tests on typical specimens. These tests can be divided into following categories:

- Dark measurements
- Light measurements
- Measurements of switching characteristics, cut-off frequency and capacitance
- Angular distribution measurements
- Spectral distribution measurements
- Thermal measurements

Dark and light measurements limits are 100 % measurements. All other values are typical. The basic circuits used for these measurements are shown in the following sections. The circuits may be modified slightly to accommodate special measurement requirements.

Most of the test circuits may be simplified by use of a source measure unit (SMU), which allows either to source voltage and measure current or to source current and measure voltage.

DARK AND LIGHT MEASUREMENTS

EMITTER DEVICES

IR Diodes

Forward voltage, V_F , is measured either on a curve tracer or statically using the circuit shown in figure 1. A specified forward current (from a constant current source) is passed through the device and the voltage developed across it is measured on a high-impedance voltmeter.

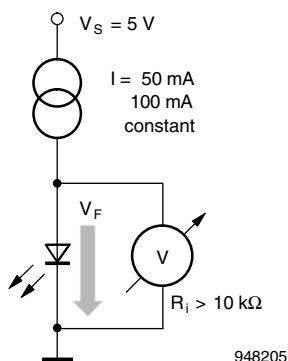


Fig. 1

To measure reverse voltage, V_R , a 10 μ A or 100 μ A reverse current from a constant current source is impressed through the diode (figure 2) and the voltage developed across is measured on a voltmeter of high input impedance ($\geq 10 \text{ M}\Omega$).

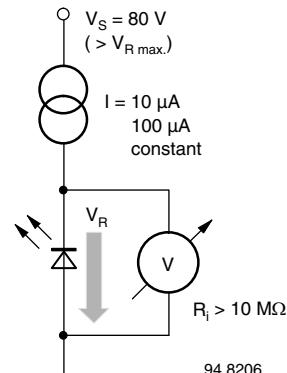


Fig. 2

For most devices, V_R is specified at 10 μ A reverse current. In this case either a high impedance voltmeter has to be used, or current consumption of DVM has to be calculated and added to the specified current. A second measurement step will then give correct readings.

In case of IR diodes, total radiant output power, Φ_e , is usually measured. This is done with a calibrated large-area photovoltaic cell fitted in a conical reflector with a bore which accepts the test item - see figure 3. An alternative test set uses a silicon photodiode attached to an integrating sphere. A constant DC or pulsating forward current of specified magnitude is passed through the IR diode. The advantage of pulse-current measurements at room temperature (25 °C) is that results can be reproduced exactly.

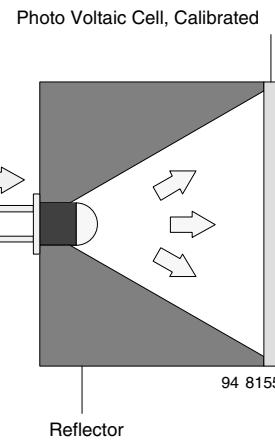
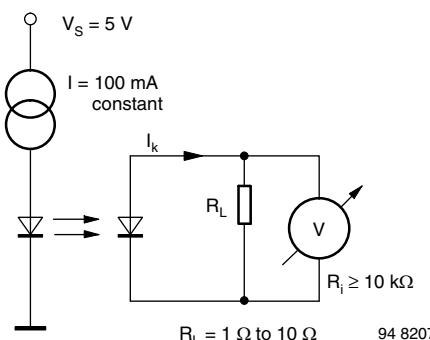


Fig. 3

If, for reasons of measurement economy, only DC measurements (figure 4) are to be made, then the energizing time should be kept short (below 1 s) and of uniform duration, to minimize any fall-off in light output due to internal heating.



To ensure that the relationship between irradiance and photocurrent is linear, the photodiode should operate near the short-circuit configuration. This can be achieved by using a low resistance load ($\leq 10 \Omega$) of such a value that the voltage dropped across is very much lower than the open circuit voltage produced under identical illumination conditions ($R_{\text{meas}} \ll R_i$). The voltage across the load should be measured with a sensitive DVM.

A knowledge of radiant intensity, I_e , produced by an IR emitter enables customers to assess the range of IR light barriers. The measurement procedure for this is more or less the same as the one used for measuring radiant power. The only difference is that in this case the photodiode is used without a reflector and is mounted at a specified distance from, and on the optical axis of, the IR diode (figure 5). This way, only the radiant power of a narrow axial beam is considered.

The radiant power within a solid angle of $\Omega = 0.01$ steradian (sr) is measured at a distance of 100 mm. Radiant intensity is then obtained by using this measured value for calculating the radiant intensity for a solid angle of $\Omega = 1$ sr.

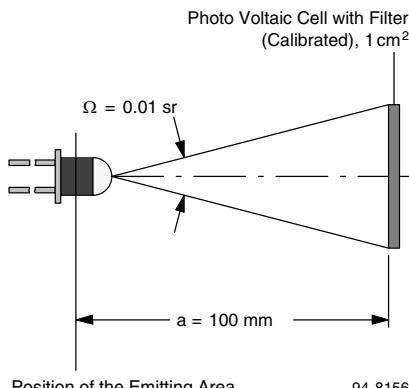


Fig. 5

DETECTOR DEVICES

Photovoltaic cells, photodiodes

- Dark measurements

The reverse voltage characteristic, V_R , is measured either on a curve tracer or statically using the circuit shown in figure 6. A high-impedance voltmeter, which draws only an insignificant fraction of device's reverse current, must be used.

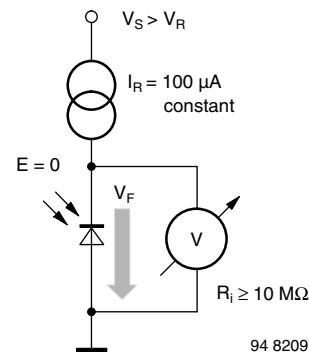


Fig. 6

Dark reverse current measurements, I_{ro} , must be carried out in complete darkness - reverse currents of silicon photodiodes are in the range of nanoamperes only, and an illumination of a few I_x is quite sufficient to falsify the test result. If a highly sensitive DVM is to be used, then a current sampling resistor of such a value that voltage dropped across it is small in comparison with supply voltage must be connected in series with the test item (figure 7). Under these conditions, any reverse voltage variations of the test samples can be ignored. Shunt resistance (dark resistance) is determined by applying a very slight voltage to the photodiode and then measuring dark current. In case of 10 mV or less, forward and reverse polarity will result in similar readings.

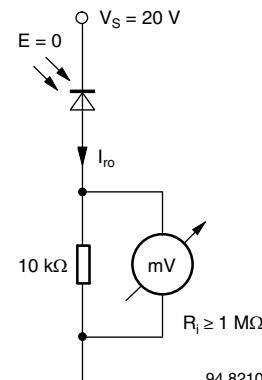


Fig. 7

- Light measurements

The same circuit as used in dark measurement can be used to carry out light reverse current, I_{ra} , measurements on photodiodes. The only difference is the diode is now irradiated and a current sampling resistor of lower value must be used (figure 8), because of the higher currents involved.

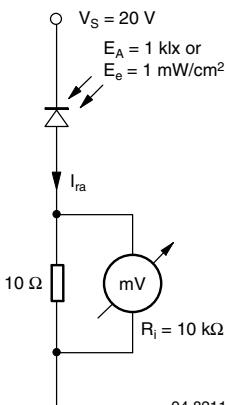


Fig. 8

The open circuit voltage, V_O , and short circuit current, I_k , of photovoltaic cells and photodiodes are measured by means of the test circuit shown in figure 9. The value of the load resistor used for the I_k measurement should be chosen so that the voltage dropped across it is low in comparison with the open circuit voltage produced under conditions of identical irradiation.

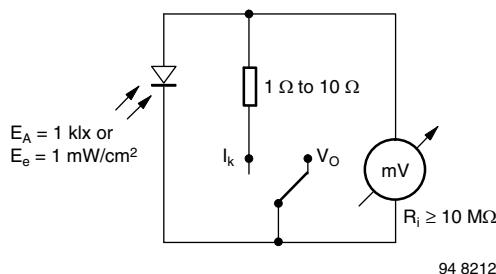


Fig. 9

The light source used for the light measurements is a calibrated incandescent tungsten lamp with no filters.

The filament current is adjusted for a color temperature of 2856 K (standard illuminant A to DIN 5033 sheet 7). A specified illumination, E_v , (usually 100 lx or 1000 lx) is produced by adjusting the distance, a , between the lamp and a detector on an optical bench. E_v can be measured on a $V(\lambda)$ -corrected luxmeter, or, if luminous intensity, I_v , of the lamp is known, E_v can be calculated using the formula: $E_v = I_v/a^2$.

It should be noted that this inverse square law is only strictly accurate for point light sources, that is for sources where the dimensions of the source (the filament) are small ($\leq 10\%$) in comparison with the distance between the source and detector.

Since lux is a measure for visible light only, near-infrared radiation (800 nm to 1100 nm) where silicon detectors have their peak sensitivity is not taken into account. Unfortunately, the near-infrared emission of filament lamps of various construction varies widely. As a result, light current measurements carried out with different lamps (but

the same lux and color temperature calibration) may result in readings that differ up to 20 %.

The simplest way to overcome this problem is to calibrate (measure the light current) some items of a photodetector type with a standard lamp (OSRAM WI 41/G) and then use these devices for adjustment of the lamp used for field measurements.

An IR diode is used as a radiation source (instead of a Tungsten incandescent lamp), to measure detector devices being used mainly in IR transmission systems together with IR emitters (e.g., IR remote control, IR headphone). Operation is possible both with DC or pulsed current.

The adjustment of irradiance, E_e , is similar to the above mentioned adjustment of illuminance, E_v . To achieve a high stability similar to filament lamps, consideration should be given to the following two points:

- The IR emitter should be connected to a good heat sink to provide sufficient temperature stability.
- DC or pulse-current levels as well as pulse duration have great influence on self-heating of IR diodes and should be chosen carefully.
- The radiant intensity, I_e , of the device is permanently controlled by a calibrated detector.

Phototransistors

The collector emitter voltage, V_{CEO} , is measured either on a transistor curve tracer or statically using the circuit shown in figure 10. Normal bench illumination does not change the measured result.

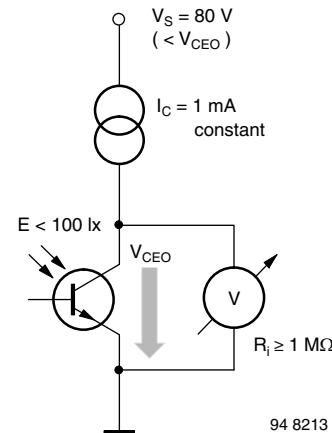


Fig. 10

In contrast, however, the collector dark current, I_{CEO} or I_{CO} , must be measured in complete darkness (figure 11). Even ordinary daylight illumination of the wire fed-through glass seals would falsify the measurement result.

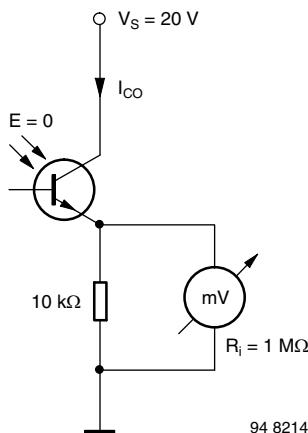


Fig. 11

The same circuit is used for collector light current, I_{ca} , measurements (figure 12). The optical axis of the device is aligned to an incandescent tungsten lamp with no filters, producing a CIE illuminance A of 100 lx or 1000 lx with a color temperature of $T_f = 2856$ K. Alternatively an IR irradiance by a GaAs diode can be used (refer to the photovoltaic cells and photodiodes section). Note that a lower sampling resistor is used, in keeping with the higher current involved.

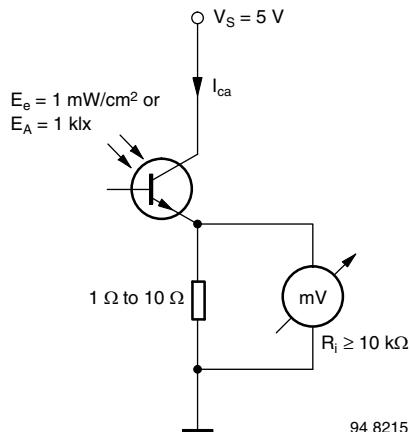


Fig. 12

To measure collector emitter saturation voltage, V_{CEsat} , the device is illuminated and a constant collector current is passed through. The magnitude of this current is adjusted below the level of the minimum light current, $I_{ca\ min}$, for the same illuminance (figure 13). The saturation voltage of the phototransistor (approximately 100 mV) is then measured on a high impedance voltmeter.

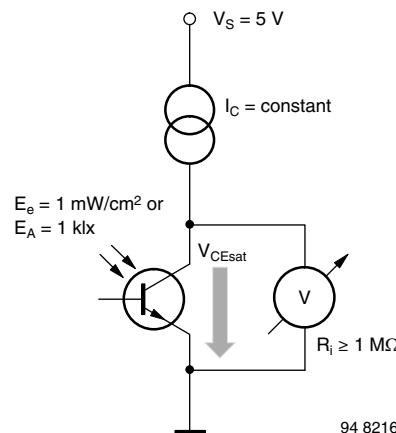


Fig. 13

SWITCHING CHARACTERISTICS

Definition

Each electronic device generates a certain delay between input and output signals as well as a certain amount of amplitude distortion. A simplified circuit (figure 14) shows how input and output signals of optoelectronic devices can be displayed on a dual-trace oscilloscope.

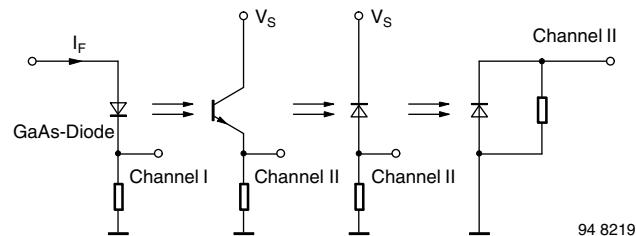


Fig. 14

The switching characteristics can be determined by comparing the timing of output current waveform with the input current waveform (figure 15).

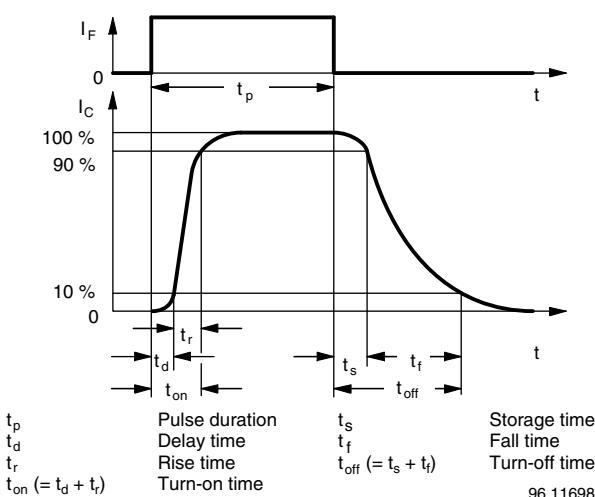


Fig. 15

These time parameters also include the delay existing in a luminescence diode between forward current (I_F) and radiant power Φ_e .

Notes Concerning the Test Set-up

Circuits used for testing IR emitting, emitting sensitive and optically coupled isolator devices are basically the same (figure 14). The only difference is the way in which test device is connected to the circuit.

It is assumed that rise and fall times associated with the signal source (pulse generator) and dual trace oscilloscope are insignificant, and that the switching characteristics of any radiant sensitive device used in set-up are considerably shorter than those of the test item. The switching characteristics of IR emitters, for example ($t_r \approx 10$ ns to 1000 ns), are measured with aid of a PIN Photodiode detector ($t_r \approx 1$ ns).

Photo- and darlington transistors and photo- and solar cells ($t_r \approx 0.5$ µs to 50 µs) are, as a rule, measured by use of fast IR diodes ($t_r < 30$ ns) as emitters.

Red light-emitting diodes are used as light sources only for devices which cannot be measured with IR diodes because of their spectral sensitivity (e.g. BPW21R). These diodes emit only 1/10 of radiant power of IR diodes and consequently generate only very low signal levels.

Switching Characteristic Improvements on Phototransistors and Darlington Phototransistors

As in any ordinary transistor, switching times are reduced if drive signal level, and hence collector current, is increased. Another time reduction (especially in fall time t_f) can be achieved by use of a suitable base resistor, assuming there is an external base connection, although this can only be done at the expense of sensitivity.

TECHNICAL DESCRIPTION - ASSEMBLY

Emitter

Emitters are manufactured using the most modern liquid phase epitaxy (LPE) process. By using this technology, the number of undesirable flaws in the crystal is reduced. This results in a higher quantum efficiency and thus higher radiation power. Distortions in the crystal are prevented by using mesa technology which leads to lower degradation. A further advantage of the mesa technology is that each individual chip can be tested optically and electrically, even on the wafer.

DETECTOR

Vishay Semiconductor detectors have been developed to match perfectly to emitters. They have low capacitance, high photosensitivity, and extremely low saturation voltage. Silicon nitride passivation protects surface against possible impurities.

Assembly

Components are fitted onto lead frames by fully automatic equipment using conductive epoxy adhesive. Contacts are established automatically with digital pattern recognition using well-proven thermosonic techniques. All component are measured according to the parameter limits given in the datasheet.

Applications

Silicon photodetectors are used in manifold applications, such as sensors for radiation from near UV over visible to near infrared. There are numerous applications in measurement of light, such as dosimetry in UV, photometry, and radiometry. A well known application is shutter control in cameras.

Another large application area for detector diodes, and especially phototransistors, is position sensing. Examples are differential diodes, optical sensors, and reflex sensors.

Other types of silicon detectors are built-in as parts of optocouplers.

One of the largest application areas is remote control of TV sets and other home entertainment appliances.

Different applications require specialized detectors and also special circuits to enable optimized functioning.

Equivalent circuit

Photodetector diodes can be described by the electrical equivalent circuit shown in figure 16.

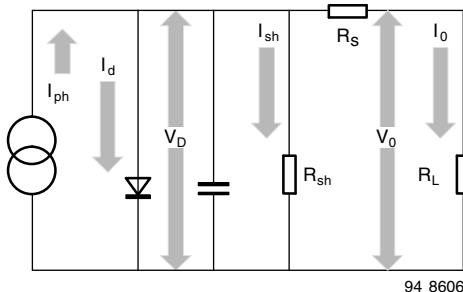


Fig. 16

$$I_O = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

$$I_O = I_{ph} - I_s \left(\exp \frac{qV_D}{kT} - 1 \right) - I_{sh}$$

$$V_{OC} = V_T \times \ln \left(\frac{S(\lambda) \times \phi_e - I_{sh}}{I_s} + 1 \right) \quad (2)$$

As described in the chapter "I-V Characteristics of illuminated pn junction", the incident radiation generates a photocurrent loaded by a diode characteristic and load resistor, R_L . Other parts of the equivalent circuit (parallel capacitance, C , combined from junction, C_j , and stray capacitances, serial resistance, R_S , and shunt resistance, R_{sh} , representing an additional leakage) can be neglected in most standard applications, and are not expressed in equations 5 and 7 (see "Physics and Technology"). However, in applications with high frequencies or extreme irradiation levels, these parts must be regarded as limiting elements.

Searching for the right detector diode type

The BPW 20 RF photodiode is based on rather highly doped n-silicon, while BPW34 is a PIN photodiode based on very lightly doped n-silicon. Both diodes have the same active area and spectral response as a function of wavelength is very similar. These diodes differ in their junction capacitance and shunt resistance. Both can influence the performance of an application.

Detecting very small signals is the domain of photodiodes with their very small dark currents and dark/shunt resistances.

With a specialized detector technology, these parameters are very well controlled in all Vishay photodetectors.

The very small leakage currents of photodiodes are offset by higher capacitances and smaller bandwidths in comparison to PIN photodiodes.

Photodiodes are often operated in photovoltaic mode, especially in light meters. This is depicted in figure 17, where a strong logarithmic dependence of the open circuit voltage on the input signal is used.

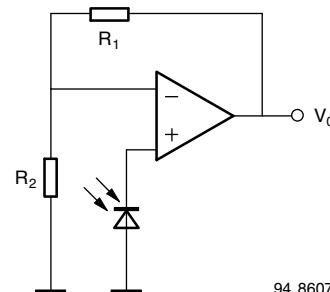


Fig. 17 - Photodiode in the Photovoltaic Mode Operating with a Voltage Amplifier

$$V_O \approx V_{OC} \times \left[1 + \frac{R_1}{R_2} \right] \text{ with} \quad (3)$$

$$V_{OC} = V_T \times \ln \left(\frac{S(\lambda) \times \phi_e - I_{sh}}{I_s} + 1 \right) \quad (2)$$

It should be noted that extremely high shunt/dark resistance (more than 15 GΩ) combined with a high-impedance operational amplifier input and a junction capacitance of about 1 nF can result in slow switch-off time constants of some seconds. Some instruments therefore have a reset button for shortening the diode before starting a measurement.

The photovoltaic mode of operation for precise measurements should be limited to the range of low ambient temperatures, or a temperature control of the diode (e.g., using a Peltier cooler) should be applied. At high temperatures, dark current is increased (see figure 18) leading to a non-logarithmic and temperature dependent output characteristic (see figure 19). The curves shown in figure 18 represent typical behavior of these diodes. Guaranteed leakage (dark reverse current) is specified with $I_{ro} = 30 \text{ nA}$ for standard types. This value is far from that one which is typically measured. Tighter customer specifications are available on request. The curve shown in figure 19 show the open circuit voltage as a function of irradiance with dark reverse current, I_S , as a parameter (in a first approximation increasing I_S and I_{sh} have the same effect). The parameter shown covers the possible spread of dark current. In combination with figure 18 one can project the extreme dependence of the open circuit voltage at high temperatures (figure 20).

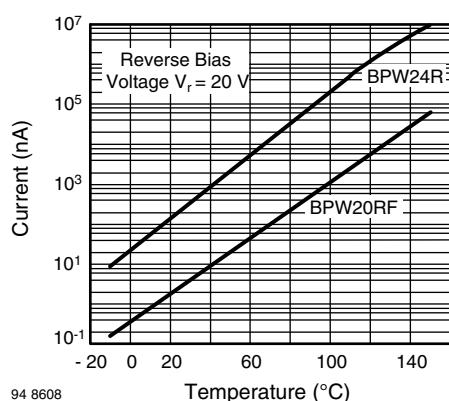


Fig. 18 - Reverse Dark Current vs. Temperature

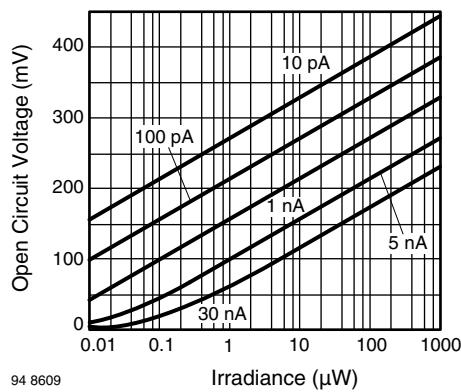


Fig. 19 - Open Circuit Voltage vs. Irradiance, Parameter: Dark Reverse Current, BPW20RF

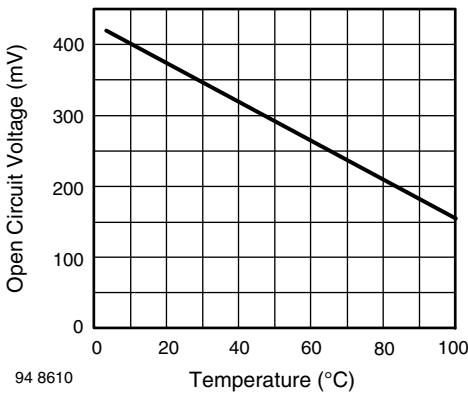


Fig. 20 - Open Circuit Voltage vs. Temperature, BPW46

Operating modes and circuits

The advantages and disadvantages of operating a photodiode in open circuit mode have been discussed.

For operation in short circuit mode (see figure 21) or photoconductive mode (see figure 22), current-to-voltage converters are typically used. In comparison with photovoltaic mode, the temperature dependence of the output signal is much lower. Generally, the temperature coefficient of the light reverse current is positive for irradiation with wavelengths $> 900 \text{ nm}$, rising with increasing wavelength. For wavelengths $< 600 \text{ nm}$, a negative temperature coefficient is found, likewise with increasing absolute value to shorter wavelengths.

Between these wavelength boundaries the output is almost independent of temperature. By using this mode of operation, the reverse biased or unbiased (short circuit conditions), output voltage, V_O , will be directly proportional to incident radiation, Φ_e (see equation in figure 21).

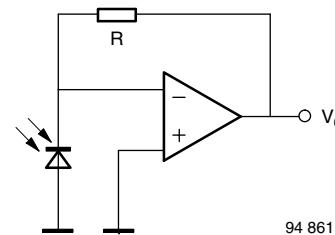


Fig. 21 - Transimpedance Amplifier, Current to Voltage Converter, Short Circuit Mode

$$V_O = -R \times \Phi_e \times S(\lambda) \quad (4)$$

$$V_{OC} = -I_{sc} \times R \quad (5)$$

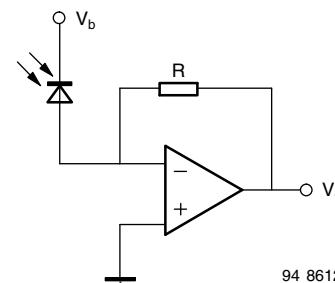


Fig. 22 - Transimpedance Amplifier, Current to Voltage Converter, Reverse Biased Photodiode

The circuit in figure 21 minimizes the effect of reverse dark current while the circuit in figure 22 improves the speed of the detector diode due to a wider space charge region with decreased junction capacitance and field increased velocity of the charge carrier transport.

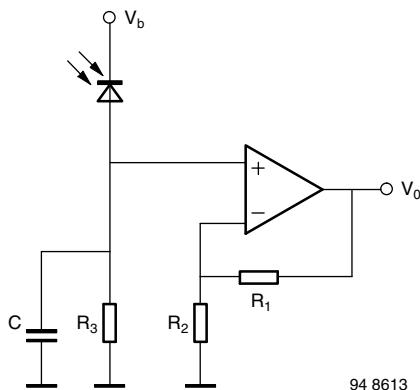


Fig. 23 - RC-Loaded Photodiode with Voltage Amplifier

Figure 23 shows photocurrent flowing into an RC load, where C represents junction and stray capacity while R_3 can be a real or complex load, such as a resonant circuit for the operating frequency.

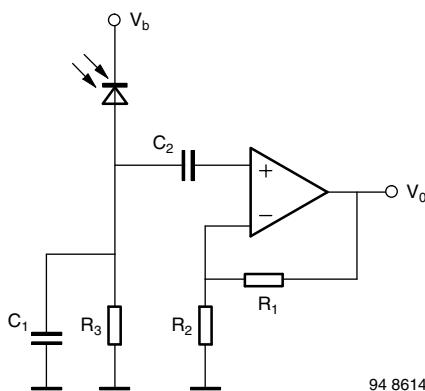


Fig. 24 - AC-Coupled Amplifier Circuit

$$V_O \approx \phi_e \times S(\lambda) \times R_3 \times \left[1 + \frac{R_1}{R_2} \right] \quad (6)$$

The circuit in figure 24 is equivalent to figure 23 with a change to AC coupling. In this case, the influence of background illumination can be separated from a modulated signal. The relation between input signal (irradiation, ϕ_e) and output voltage is given by the equation in figure 24.

Frequency response

The limitations of switching times in photodiodes are determined by carrier lifetime. Due to the absorption properties of silicon, especially in photodiodes, most of incident radiation at longer wavelengths is absorbed outside the space charge region. Therefore, a strong wavelength dependence of the switching times can be observed (figure 25).

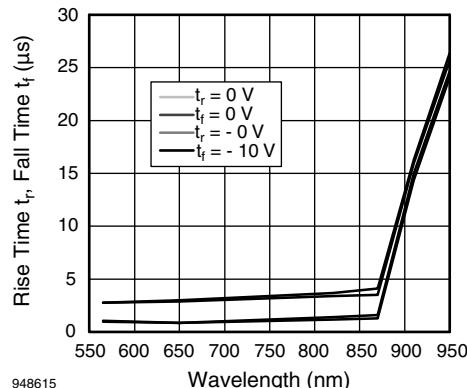


Fig. 25 - Switching Times vs. Wavelength for Photodiode BPW20RF

A drastic increase in rise and fall times is observed at wavelengths > 850 nm. Differences between unbiased and biased operation result from the widening of the space charge region.

However, for PIN photodiodes (BPW34/TEMD5000 family) similar results with shifted time scales are found. An example of such behavior, in this case in the frequency domain, is presented in figure 26 for a wavelength of 820 nm and figure 27 for 950 nm.

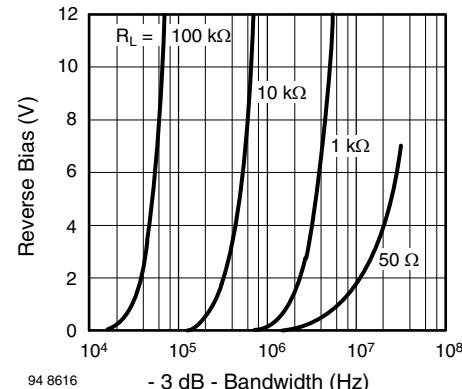


Fig. 26 - BPW34, TEMD5010X01, Bandwidth vs. Reverse Bias Voltage, Parameter: Load Resistance, $\lambda = 820$ nm

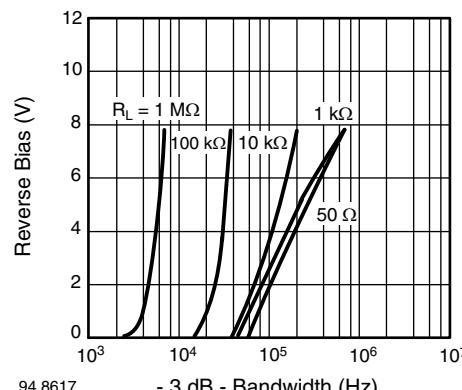


Fig. 27 - BPW41, TEMD5110X01, Bandwidth vs. Reverse Bias Voltage, Parameter: Load Resistance $\lambda = 950$ nm

Below about 870 nm, only slight wavelength dependence can be recognized, while a steep change of cut-off frequency takes place from 870 nm to 950 nm (different time scales in figure 26 and figure 27). Additionally, the influence of load resistances and reverse bias voltages can be taken from these diagrams.

For cut-off frequencies greater than 10 MHz to 20 MHz, depending on the supply voltage available for biasing the detector diode, PIN photodiodes are also used. However, for this frequency range, and especially when operating with low bias voltages, thin epitaxially grown intrinsic (i) layers are incorporated into PIN photodiodes.

WHICH TYPE FOR WHICH APPLICATION?

In table 1, selected diode types are assigned to different applications. For more precise selection according to chip

As a result, these diodes (e.g., Vishay's TESP5700) can operate with low bias voltages (3 V to 4 V) with cut-off frequencies of 300 MHz at a wavelength of 790 nm. With application-specific optimized designs, PIN photodiodes with cut-off frequencies up to 1 GHz at only a 3 V bias voltage with only an insignificant loss of responsivity can be generated.

The main applications for these photodiodes are found in optical local area networks operating in the first optical window at wavelengths of 770 nm to 880 nm.

sizes and packages, refer to the tables in introductory pages of this data book.

TABLE 1 - PHOTODIODE REFERENCE TABLE

DETECTOR APPLICATION	PIN PHOTODIODE	PHOTODIODE
Photometry, light meter		BPW21R
Radiometry	TEMDS010X01, BPW34, BPW24R, ...	BPW20RF
Light barriers	BPV10NF, BPW24R	
Remote control, IR filter included, $\lambda > 900$ nm	BPV20F, BPV23F, BPW41N, S186P, TEMD5100X01	
IR Data Transmission $f_c < 10$ MHz IR filter included, $\lambda > 820$ nm	BPV23NF, BPW82, BPW83, BPV10NF, TEMD1020, TEMD5110X01	
IR Data Transmission, $f_c > 10$ MHz, no IR filter	BPW34, BPW46, BPV10, TEMD5010X01	
Densitometry	BPW34, BPV10, TEMD5010X01	BPW20RF, BPW21R
Smoke detector	BPV22NF, BPW34, TEMD5010X01	

PHOTOTRANSISTOR CIRCUITS

A phototransistor typically operates in a circuit shown in figure 28. Resistor R_B can be omitted in most applications. In some phototransistors, the base terminal is not connected. R_B can be used to suppress background radiation by setting a threshold level (see equation 7 and 8)

$$V_O = V_S - B \times \phi_e \times S(\lambda) \times R_L \quad (7)$$

$$V_{OC} \approx V_S - \left(B \times \phi_e \times S(\lambda) - \frac{0.6}{R_B} \right) \times R_L \quad (8)$$

For the dependence of rise and fall times on load resistance and collector-base capacitance, see the chapter "Properties of Silicon Phototransistors".

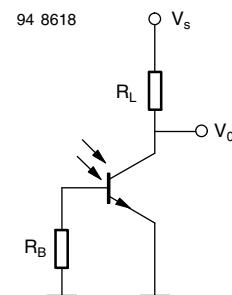
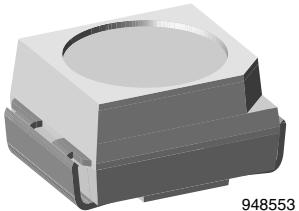


Fig. 28 - Phototransistor with Load Resistor and Optional Base Resistor

Standard SMD LED PLCC-2



948553

DESCRIPTION

This device has been designed for applications requiring narrow brightness and color selection.

The package of this device is the PLCC-2.

It consists of a lead frame which is embedded in a white thermoplastic. The reflector inside this package is filled up with clear epoxy.

PRODUCT GROUP AND PACKAGE DATA

- Product group: LED
- Package: SMD PLCC-2
- Product series: standard
- Angle of half intensity: $\pm 60^\circ$

FEATURES

- SMD LED with exceptional brightness
- Luminous intensity categorized
- Compatible with automatic placement equipment
- EIA and ICE standard package
- Compatible with IR reflow, vapor phase and wave solder processes according to CECC 00802 and J-STD-020
- Available in 8 mm tape
- Low profile package
- Non-diffused lens: excellent for coupling to light pipes and backlighting
- Low power consumption
- Luminous intensity ratio in one packaging unit $I_{V_{max}}/I_{V_{min}} \leq 1.6$
- Preconditioning according to JEDEC® level 2a
- ESD-withstand voltage: up to 2 kV according to JESD22-A114-B
- AEC-Q101 qualified
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912

AUTOMOTIVE GRADE



e3

RoHS
COMPLIANT
HALOGEN
FREE
GREEN
(5-2008)

APPLICATIONS

- Automotive: backlighting in dashboards and switches
- Telecommunication: indicator and backlighting in telephone and fax
- Indicator and backlight for audio and video equipment
- Indicator and backlight in office equipment
- Flat backlight for LCDs, switches, and symbols
- General use

PARTS TABLE

PART	COLOR	LUMINOUS INTENSITY (mcd)			at I_F (mA)	WAVELENGTH (nm)			at I_F (mA)	FORWARD VOLTAGE (V)			at I_F (mA)	TECHNOLOGY
		MIN.	TYP.	MAX.		MIN.	TYP.	MAX.		MIN.	TYP.	MAX.		
VLMD3100-GS08	Red	11.2	22	-	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD3100-GS18	Red	11.2	22	-	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD3101-GS08	Red	18	23	45	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD3101-GS18	Red	18	23	45	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD3105-GS08	Red	11.2	22	28	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD3105-GS18	Red	11.2	22	28	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD31L2N1-GS08	Red	14	22	35.5	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD31L2N1-GS18	Red	14	22	35.5	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD31L2P1-GS08	Red	14	22	56	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD31L2P1-GS18	Red	14	22	56	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD31M2P1-GS08	Red	22.4	25	56	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs
VLMD31M2P1-GS18	Red	22.4	25	56	10	-	648	-	10	-	1.8	2.2	20	GaAlAs on GaAs

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_{amb} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)
VLMD31..

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Reverse voltage ⁽¹⁾		V_R	6	V
DC forward current	$T_{amb} \leq 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$	I_F	30	mA
Surge forward current	$t_p \leq 10 \mu\text{s}$	I_{FSM}	0.5	A
Power dissipation		P_V	100	mW
Junction temperature		T_j	100	$^{\circ}\text{C}$
Operating temperature range		T_{amb}	-40 to +100	$^{\circ}\text{C}$
Storage temperature range		T_{stg}	-40 to +100	$^{\circ}\text{C}$
Soldering temperature	$t \leq 5 \text{ s}$	T_{sd}	260	$^{\circ}\text{C}$
Thermal resistance junction-to-ambient	Mounted on PC board (pad size > 16 mm ²)	R_{thJA}	400	K/W

Note

⁽¹⁾ Driving LED in reverse direction is suitable for short term application

OPTICAL AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)
VLMD31.., RED

PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Luminous intensity ⁽¹⁾	$I_F = 10 \text{ mA}$	VLMD3100	I_V	11.2	22	-	mcd
		VLMD3101	I_V	18	23	45	mcd
		VLMD3105	I_V	11.2	22	28	mcd
		VLMD31L2N1	I_V	14	22	35.5	mcd
		VLMD31L2P1	I_V	14	22	56	mcd
		VLMD31M2P1	I_V	22.4	25	56	mcd
Dominant wavelength	$I_F = 10 \text{ mA}$		λ_d	-	648	-	nm
Peak wavelength	$I_F = 10 \text{ mA}$		λ_p	-	650	-	nm
Angle of half intensity	$I_F = 10 \text{ mA}$		ϕ	-	± 60	-	deg
Forward voltage	$I_F = 20 \text{ mA}$		V_F	-	1.8	2.2	V
Reverse voltage	$I_R = 10 \mu\text{A}$		V_R	6	-	-	V
Junction capacitance	$V_R = 0, f = 1 \text{ MHz}$		C_j	-	7	-	pF
Temperature coefficient of V_F	$I_F = 20 \text{ mA}$		TC_{VF}	-	-1.8	-	mV/K
Temperature coefficient of λ_d	$I_F = 10 \text{ mA}$		$TC\lambda_d$	-	0.05	-	nm/K

Note

⁽¹⁾ In one packing unit $I_{Vmax}/I_{Vmin} \leq 1.6$

LUMINOUS INTENSITY CLASSIFICATION

GROUP	LIGHT INTENSITY (mcd)		
STANDARD	OPTIONAL	MIN.	MAX.
J	1	4.5	5.6
	2	5.6	7.1
K	1	7.1	9
	2	9	11.2
L	1	11.2	14
	2	14	18
M	1	18	22.4
	2	22.4	28
N	1	28	35.5
	2	35.5	45
P	1	45	56

Note

- Luminous intensity is tested at a current pulse duration of 25 ms and an accuracy of $\pm 11 \%$.

The above type numbers represent the order groups which include only a few brightness groups. Only one group will be shipped on each reel (there will be no mixing of two groups on each reel).

In order to ensure availability, single brightness groups will not be orderable.

In a similar manner for colors where wavelength groups are measured and binned, single wavelength groups will be shipped on any one reel.

In order to ensure availability, single wavelength groups will not be orderable

CROSSING TABLE

VISHAY	OSRAM
VLMD31L2N1	LHT674-L2N1
VLMD31L2P1	LHT674-L2P1
VLMD31M2P1	LHT674-M2P1

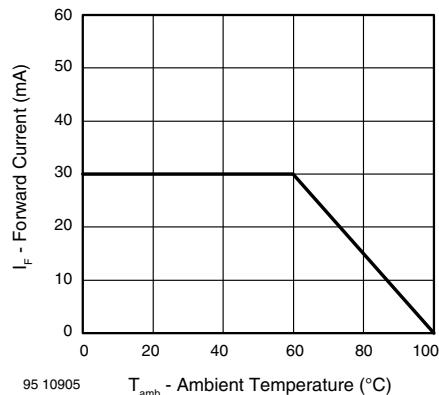
TYPICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)


Fig. 1 - Maximum Permissible Forward Current vs.
Ambient Temperature

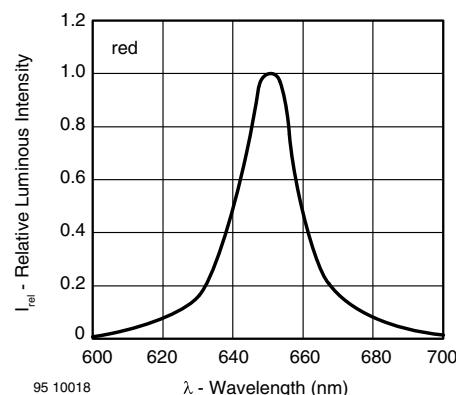


Fig. 4 - Relative Luminous Intensity vs. Wavelength

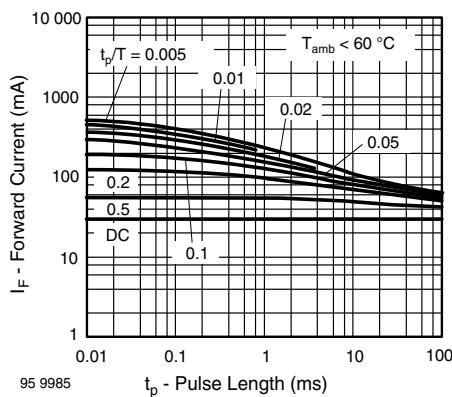


Fig. 2 - Permissible Pulse Forward Current vs. Pulse Length

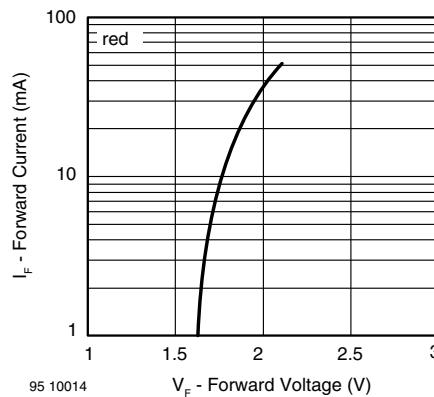


Fig. 5 - Forward Current vs. Forward Voltage

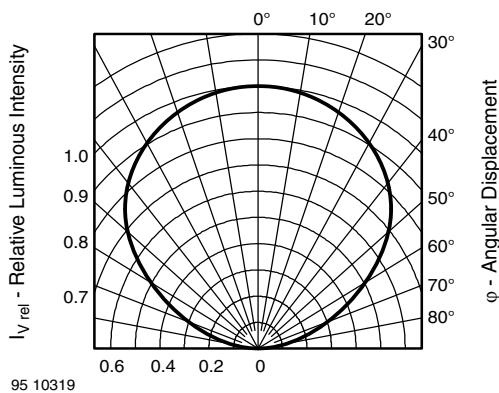


Fig. 3 - Relative Luminous Intensity vs. Angular Displacement

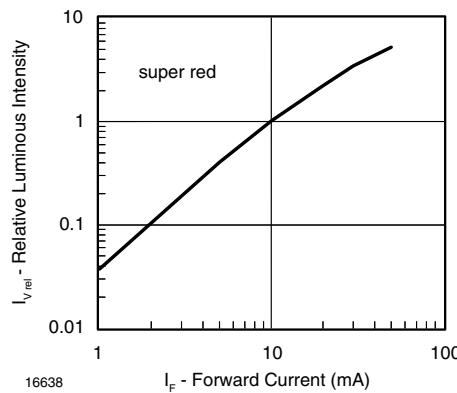


Fig. 6 - Relative Luminous Intensity vs. Forward Current

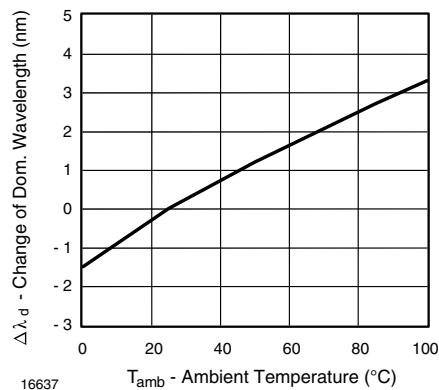
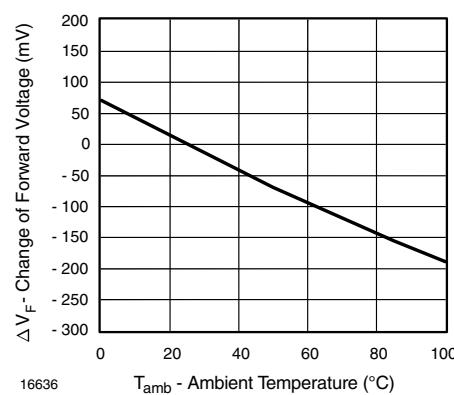
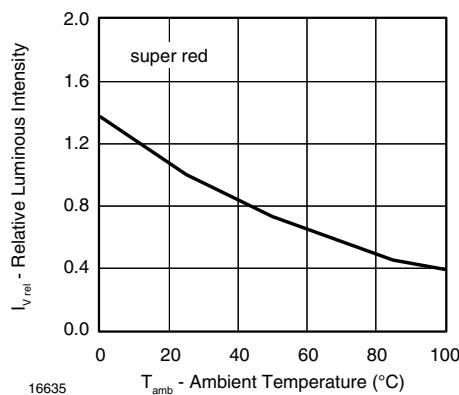
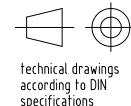
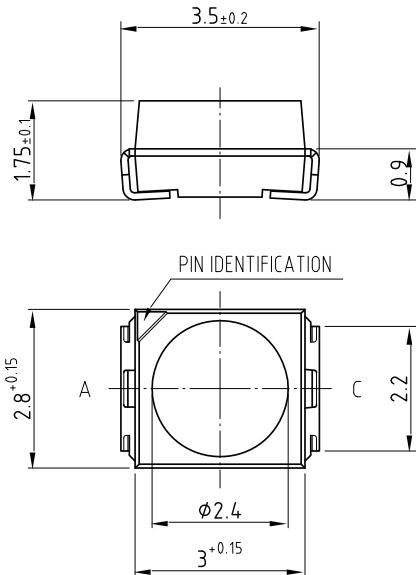


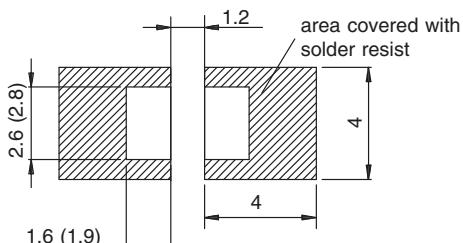
Fig. 8 - Change of Dominant Wavelength vs. Ambient Temperature

PACKAGE DIMENSIONS in millimeters



technical drawings
according to DIN
specifications

Mounting Pad Layout

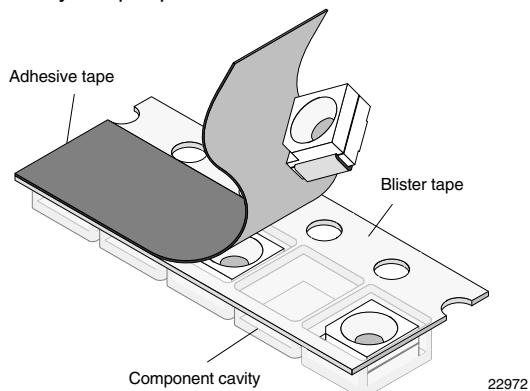


Drawing-No.: 6.541-5025.02-4
Issue: 4; 21.11.05
20415

METHOD OF TAPING / POLARITY AND TAPE AND REEL

SMD LED (VLM.3-SERIES)

Vishay's LEDs in SMD packages are available in an antistatic 8 mm blister tape (in accordance with DIN IEC 40 (CO) 564) for automatic component insertion. The blister tape is a plastic strip with impressed component cavities, covered by a top tape.



22972

TAPING OF VLMD31..

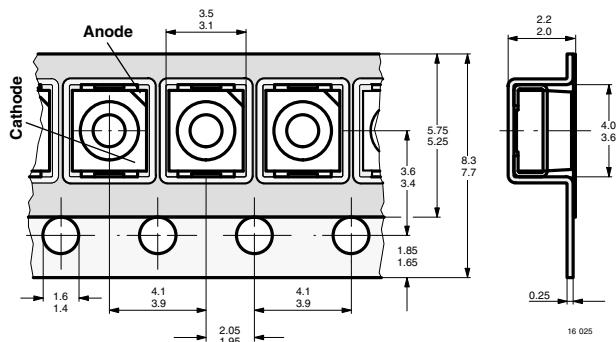


Fig. 10 - Tape Dimensions in mm for PLCC-2

REEL PACKAGE DIMENSION IN MILLIMETERS FOR SMD LEDs, TAPE OPTION GS08 (= 1500 PCS)

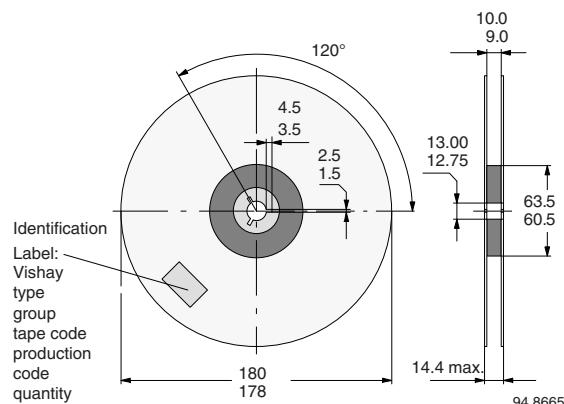


Fig. 11 - Reel Dimensions - GS08

REEL PACKAGE DIMENSION IN MILLIMETERS FOR SMD LEDs, TAPE OPTION GS18 (= 8000 PCS) PREFERRED

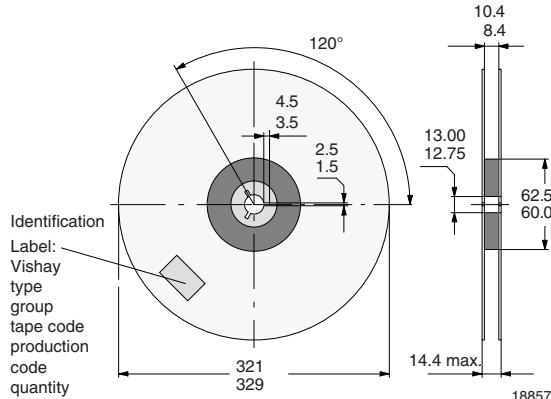


Fig. 12 - Reel Dimensions - GS18

SOLDERING PROFILE

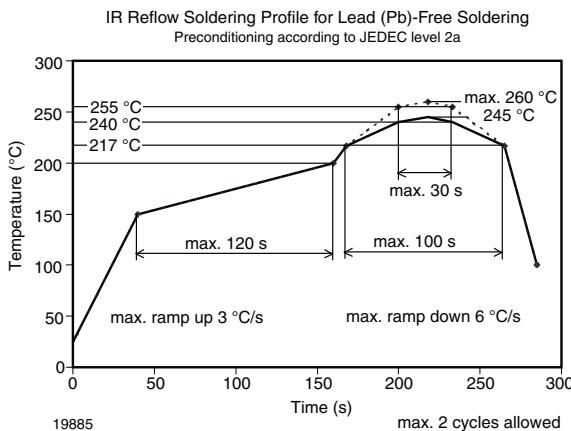


Fig. 13 - Vishay Lead (Pb)-free Reflow Soldering Profile (according to J-STD-020)

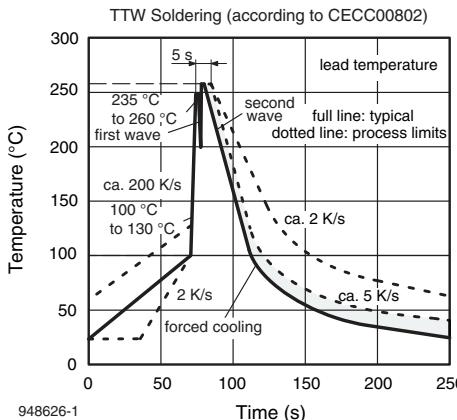
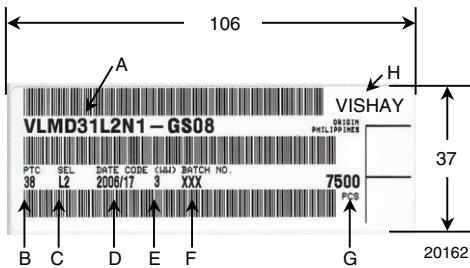


Fig. 14 - Double Wave Soldering of Opto Devices (all Packages)

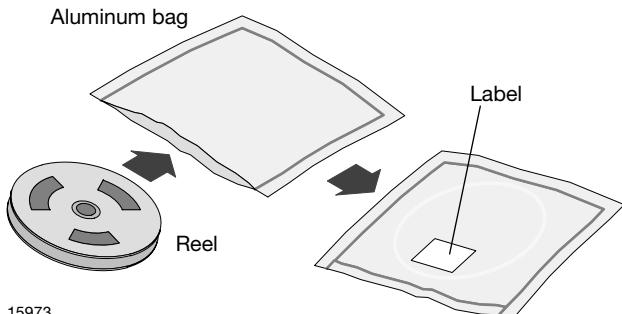
BAR CODE PRODUCT LABEL



- A) Type of component
- B) Manufacturing plant
- C) SEL - selection code (bin):
e.g.: L2 = code for luminous intensity group
- D) Date code year / week
- E) Day code (e.g. 3: Wednesday)
- F) Batch no.
- G) Total quantity
- H) Company code

DRY PACKING

The reel is packed in an anti-humidity bag to protect the devices from absorbing moisture during transportation and storage.



15973

FINAL PACKING

The sealed reel is packed into a cardboard box. A secondary cardboard box is used for shipping purposes.

RECOMMENDED METHOD OF STORAGE

Dry box storage is recommended as soon as the aluminum bag has been opened to prevent moisture absorption. The following conditions should be observed, if dry boxes are not available:

- Storage temperature 10 °C to 30 °C
- Storage humidity ≤ 60 % RH max.

After more than 672 h under these conditions moisture content will be too high for reflow soldering.

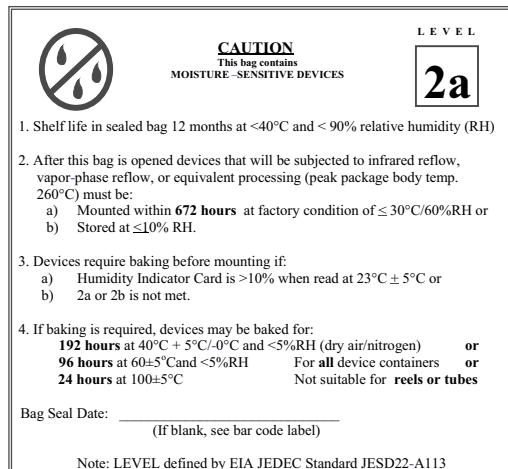
In case of moisture absorption, the devices will recover to the former condition by drying under the following condition:

192 h at 40 °C + 5 °C / - 0 °C and < 5 % RH (dry air / nitrogen) or

96 h at 60 °C + 5 °C and < 5 % RH for all device containers or

24 h at 100 °C + 5 °C not suitable for reel or tubes.

An EIA JEDEC standard JESD22-A112 level 2a label is included on all dry bags.



Example of JESD22-A112 level 2a label

ESD PRECAUTION

Proper storage and handling procedures should be followed to prevent ESD damage to the devices especially when they are removed from the antistatic shielding bag. Electrostatic sensitive devices warning labels are on the packaging.

VISHAY SEMICONDUCTORS STANDARD BAR CODE LABELS

The Vishay Semiconductors standard bar code labels are printed at final packing areas. The labels are on each packing unit and contain Vishay Semiconductors specific data.



Disclaimer

ALL PRODUCT, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN OR OTHERWISE.

Vishay Intertechnology, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained in any datasheet or in any other disclosure relating to any product.

Vishay makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of the products for any particular purpose or the continuing production of any product. To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and / or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Vishay's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Except as expressly indicated in writing, Vishay products are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications or for any other application in which the failure of the Vishay product could result in personal injury or death. Customers using or selling Vishay products not expressly indicated for use in such applications do so at their own risk. Please contact authorized Vishay personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

Infrared Emitters, Photo Detectors, and Optical Sensors



Infrared Emitters

PIN Photo Diodes

Phototransistors

Reflective Sensors – Analog

Transmissive Sensors – Analog

Ambient Light Sensors

Fully Integrated Proximity and Ambient Light Sensors

RESOURCES

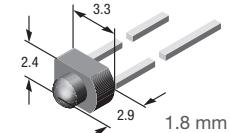
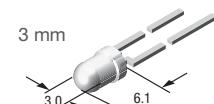
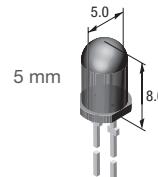
- Optical sensors product portfolio <http://www.vishay.com/optical-sensors/>
- Infrared emitters product portfolio <http://www.vishay.com/ir-emitting-diodes/>
- Photo detectors product portfolio <http://www.vishay.com/photo-detectors/>
- Optoelectronics complete product portfolio <http://www.vishay.com/optoelectronics/>
- Technical support:
 - emittertechsupport@vishay.com
 - sensorstechsupport@vishay.com
 - detectortechsupport@vishay.com
- Sales contacts: <http://www.vishay.com/doc?99914>

A WORLD OF
SOLUTIONS™

Infrared Emitters

Vishay offers emitters in more wavelengths than any other supplier: 830 nm, 850 nm, 870 nm, 890 nm, 940 nm, and 950 nm. Providing fast rise and fall response times, Vishay also has the broadest selection of double hetero infrared emitters. They are the highest-power infrared emitters with the lowest forward voltages on the market and ideal for high-current applications. The latest surface emitter technology based devices, which provide highest radiant intensities, round up our extensive IR emitter portfolio.

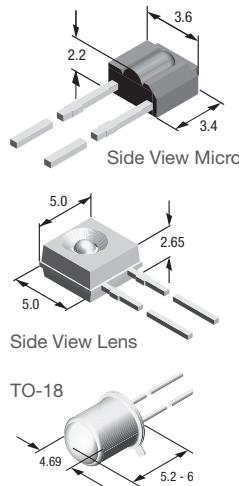
Package	Part Number	Peak Wavelength (nm)	Angle of Half Intensity (+/- °)	Radiant Intensity, I_e (mW/sr) ⁽¹⁾	Rise and Fall Time, t_r/t_f (ns)	Remark
Through-Hole Packages						
5mm	TSAL6100	940	10	170	15	No stand-off
	TSAL6200	940	17	72	15	No stand-off
	TSAL6400	940	25	50	15	No stand-off
	TSFF5210	870	10	180	15	Stand-off
	TSFF5410	870	22	70	15	Stand-off
	TSFF5510	870	38	32	15	Stand-off
	TSFF6210	870	10	180	15	No stand-off
	TSFF6410	870	22	70	15	No stand-off
	TSHA5203	875	12	65	600	Stand-off
	TSHA5500	875	24	30	600	Stand-off
	TSHA6203	875	12	65	600	No stand-off
	TSHA6500	875	24	30	600	No stand-off
	TSHF5210	890	10	180	30	Stand-off
	TSHF5410	890	22	70	30	Stand-off
	TSHF6210	890	10	180	30	No stand-off
	TSHF6410	890	22	70	30	No stand-off
	TSHG5210	850	10	230	20	Stand-off
	TSHG5410	850	18	90	20	Stand-off
	TSHG5510	830	38	32	15	Stand-off
	TSHG6200	850	10	180	20	No stand-off
	TSHG6210	850	10	230	20	No stand-off
	TSHG6400	850	22	70	20	No stand-off
	TSHG6410	850	18	90	20	No stand-off
	TSHG8200	830	10	180	20	No stand-off
	TSHG8400	830	22	70	20	No stand-off
3 mm	TSUS5202	950	15	30	800	Stand-off
	TSUS5402	950	22	20	800	Stand-off
	TSUS6402	950	22	30	800	
	VSLY5850	850	3	600	10	Stand-off
	VSLY5940	940	3	600	10	Stand-off
	TSAL4400	940	25	30	800	No stand-off
1.8 mm	TSHA4400	875	20	20	600	No stand-off
	TSUS4300	950	16	18	800	No stand-off
	TSUS4400	950	18	15	800	No stand-off
	VSLB3940	940	22	65	15	No stand-off
	VSLB3948	940	22	65	15	No stand-off
	CQY36N	950	55	1.50	800	No stand-off
	CQY37N	950	12	5	800	No stand-off



Infrared Emitters (continued)

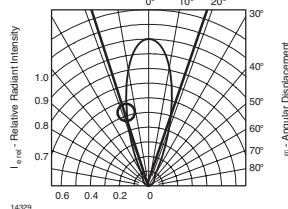
Package	Part Number	Peak Wavelength (nm)	Angle of Half Intensity (+/-°)	Radiant Intensity, I_e (mW/sr) ⁽¹⁾	Rise and Fall Time, t_r/t_f (ns)	Remark
Through-Hole Packages						
Side View Micro	TSSS2600	950	25H, 65V	2.6	800	No stand-off
Side View Lens	TSKS5400S	950	30	4.5	800	No stand-off
TO-18	TSTA7100	875	5	50	600	No stand-off
	TSTA7300	875	12	20	600	No stand-off
	TSTA7500	875	30	6	600	No stand-off
	TSTS7100	950	5	18	800	No stand-off
	TSTS7300	950	12	6	800	No stand-off
	TSTS7500	950	30	1.6	800	No stand-off

(1) $I_r = 100$ mA



Stand-Off

To control the height of the emitter when inserted into the PCB for soldering, some leaded emitters and photo detectors feature a stand-off option (shown at left). The stand off is the tab on the leads. It is sometimes called a stopper.



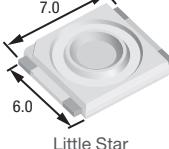
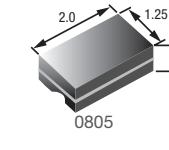
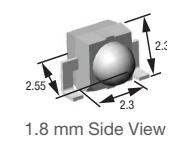
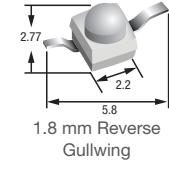
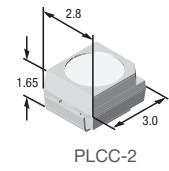
Angle of Half Intensity, $\varphi_{0.5}$ or θ

In a radiation diagram, the angle within which the radiant intensity is greater than or equal to half of the maximum intensity. In Vishay datasheets, the symbol $\varphi_{0.5}$ is most commonly used for the angle of half intensity. For visible LEDs this is sometime called the viewing angle. There is still light, be it infrared or visible, outside of this angle.

Infrared Emitters (continued)

Package	Part Number ⁽²⁾	Peak Wavelength (nm)	Angle of Half Intensity (+/- °)	Radiant Intensity, I _e (mW/sr) ⁽¹⁾	Rise and Fall Time, t _r /t _f (ns)	Remark
Surface-Mount Packages						
PLCC-2	VSMB3940X01	940	60	13	15	
	VSMY3940X01	940	60	15	10	
	VSMF3710	890	60	10	30	
	VSMF4710	870	60	10	15	
	VSMF4720	870	60	16	15	
	VSMF9700	800	60	8	50	
	VSMF970011X01	890	60	9	50	
	VSMG2700	830	60	10	20	
	VSMG2720	830	60	14	20	
	VSMG3700	850	60	10	20	
	VSML3710	940	60	6	800	
	VSMS3700	950	60	4.5	800	
	VSMY3850	850	60	17	10	
	VSMY385010	850	60	9	10	I _F = 70 mA
1.8 mm	VSMY2850RG, -G	850	10	100	10	
	VSMG2000X01, -2020X01	850	12	40	20	
	VSMG285011RG, -G	850	12	40	20	
	VSMY2853RG, -G	850	28	35	10	
	VSMF2890RGX01, -GX01	890	12	40	30	
	VSMF2893RGX01, -GX01	890	25	20	30	
	VSMB294008RG, -G	940	7	60	15	
	VSMY2940RG, -G	940	10	120	10	
	VSMB2000X01, -2020X01	940	12	40	15	
	VSMB2943RGX01, -GX01	940	25	20	15	
	VSMB2948RG, -G	940	25	20	15	
	VSMY2943RG, -G	940	28	35	10	
	VSMY294310RG, -G	940	25	25	10	I _F = 70 mA
1.8 mm Side View	VSMY2853SL	850	28	35	10	
	VSMF2893SLX01	890	25	20	30	
	VSMB2943SLX01	940	25	20	15	Max pulse current: 1A
	VSMB2948SL	940	25	20	15	Max pulse current: 500mA
	VSMY294310SL	940	25	32	10	I _F = 70 mA
	VSMY2943SL	940	28	35	10	
0805	VSMY1940X01	940	60	10	10	
	VSMB1940X01	940	60	6	15	
	VSMY1850	850	60	12	10	
Little Star®	VSMY7850X01	850	60	170	18	I _F = 1.0 A
	VSMY7852X01	850	60	42	10	I _F = 250 mA

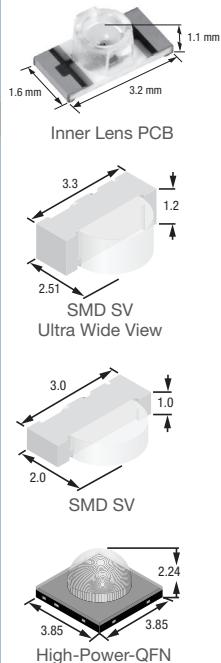
(1) I_r = 100 mA unless otherwise stated (2) Products ending in "X01" are AEC Q101 qualified



Inner Lens PCB

Package	Part Number ⁽²⁾	Peak Wavelength (nm)	Angle of Half Intensity (+/- °)	Radiant Intensity, I_e (mW/sr) ⁽¹⁾	Rise and Fall Time, t_f/t_r (ns)	Remark
Surface-Mount Packages						
Inner Lens PCB	VSMY12850	850	40	16	10	$I_F = 70$ mA
	VSMY12940	940	40	16	10	$I_F = 70$ mA
SMD SV ultra wide view	VSMB10940	940	75	1	15	$I_F = 20$ mA
	VSMB10940X01	940	75	1	15	$I_F = 20$ mA
	VSMB11940X01	940	75	1	15	$I_F = 20$ mA
	VSMG10850	850	75	1	15	$I_F = 20$ mA
SMD SV	VSMB14940	940	9	35	15	$I_F = 70$ mA
	VSMY14940	940	9	35	15	$I_F = 70$ mA
	VSMB14942	940	16	26	15	side view
High-power QFN	VSMY98545	850	45	350	15	$I_F = 1.0$ A
	VSMY98545DS	850	45	600	30	$I_F = 1.0$ A

(1) $I_r = 100$ mA unless otherwise stated (2) Products ending in "X01" are AEC Q101 qualified



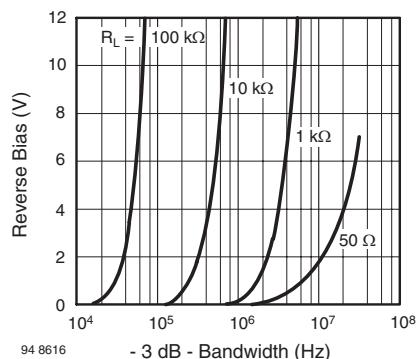
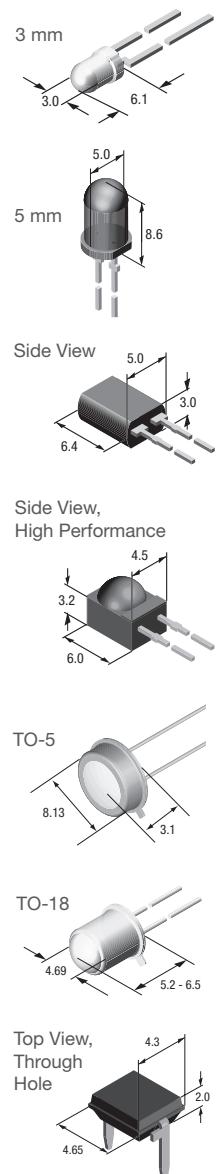
PIN Photo Diodes

Vishay has the broadest portfolio of PIN photodiodes on the market. With lower capacitance, they provide high-speed response, low noise and low dark current along with excellent sensitivity. They are ideal for high-speed data transfer, light barriers, alarm systems, and linear light measurement.

Package	Part Number	Peak Wave length (nm)	Bandwidth $\lambda_{0.5}$ (nm)	Sensitivity I_{ra} ⁽¹⁾	Angle of Half Sensitivity (+/-°)	Photo Area (mm)	Rise/Fall Time, t_r/t_f (ns) ⁽²⁾	Remark
Through-Hole Packages								
3 mm	TEFD4300	950	350 to 1120	17	20	0.23	100	
	TEFD4300F	950	770 to 1070	17	20	0.23	100	
5 mm	BPV10	920	380 to 1140 ⁽⁷⁾	70	20	0.78	2,5 ⁽³⁾	Stand-off
	BPV10NF	940	790 to 1050	60	20	0.78	2,5 ⁽³⁾	Stand-off
Side View	BPW41N	950	870 to 1050	45	65	7.5	100	5 x 4 x 6.8
	BPW46 (L)	900	430 to 1100 ⁽⁷⁾	50	65	7.5	100	5 x 3 x 6.4
	BPW82	950	790 to 1050	45	65	7.5	100	5 x 4 x 6.8
	BPW83	950	790 to 1050	45	65	7.5	100	5 x 3 x 6.4
Side View High Performance	BPV22F	950	870 to 1050	80	60	7.5	100	
	BPV22NF	940	790 to 1050	85	60	7.5	100	
	BPV23F	950	870 to 1050	63	60	4.4	70	
	BPV23NF	940	790 to 1050	65	60	4.4	70	
TO-5	BPW20RF	920	400 to 1100 ⁽⁷⁾	42	50	7.5	3600 ⁽⁶⁾	
TO-18	BPW24R	900	430 to 1100 ⁽⁷⁾	60	12	0.78	7 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	
Top View Leaded	BP104	950	870 to 1050	45	65	7.5	100	
	BPW34	900	430 to 1100 ⁽⁷⁾	55	65	7.5	100	

Notes: (1) Sensitivity: VR = 5 V, $E_e = 1 \text{ mW/cm}^2$, $\lambda = 950 \text{ nm}$; (2) Speed: $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, $\lambda = 820 \text{ nm}$, VR = 10 V, (3) VR = 50 V, $R_L = 50 \Omega$, $\lambda = 820 \text{ nm}$; (4) $R_L = 50 \Omega$; (5) VR = 20 V; (6) VR = 0V (7) Bandwidth $\lambda_{0.1} (\text{nm})$

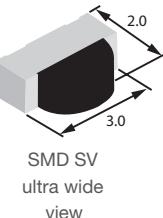
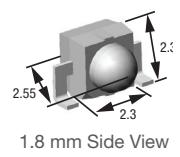
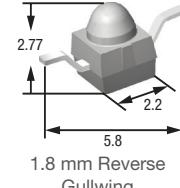
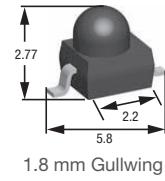
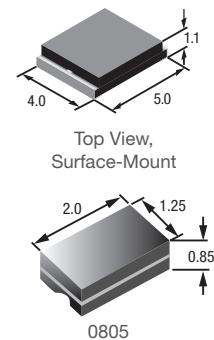
Rise and Fall Time: Switching times of photo detectors are strongly dependent on the measurement conditions. Shown in the diagrams are two major conditions: the reverse bias and the value of the load resistor used in the circuit. The switching time of a photo diode varies by two orders of magnitude when the load resistor value changes from 50 Ω to 10 k Ω . The lower the value of the load resistor, the faster the diode becomes. Also, the higher the reverse bias, the faster the switching times.



PIN Photo Diodes (continued)

Package	Part Number ⁽⁵⁾	Peak Wave length (nm)	Bandwidth $\lambda_{0.5}$ (nm)	Sensitivity I_{ra} (μA) ⁽⁶⁾	Angle of Half Sensitivity (+/-°)	Photo Area (mm^2)	Rise/Fall Time, t_r/t_f (ns) ⁽²⁾	Remark
Surface-Mount Packages								
Top View	TEM5080X01	940	350 to 1100 ⁽⁴⁾	60	65	7.5	40 ⁽⁴⁾	AEC-Q101
	TEM5020X01	940	430 to 1100 ⁽⁴⁾	35	65	4.4	100	AEC-Q101
	TEM5120X01	940	790 to 1050	35	65	4.4	100	AEC-Q101
	TEM5010X01	940	430 to 1100 ⁽⁴⁾	55	65	7.5	100	AEC-Q101
	TEM5110X01	940	790 to 1050	55	65	7.5	100	AEC-Q101
	VBP104S	940	430 to 1100 ⁽⁴⁾	35	65	4.4	100	Gullwing
	VBP104SR	940	430 to 1100 ⁽⁴⁾	35	65	4.4	100	Reverse gullwing
	VBP104FAS	950	780 to 1050	35	65	4.4	100	Gullwing
	VBP104FASR	950	780 to 1050	35	65	4.4	100	Reverse gullwing
	VBPW34S	940	430 to 1100 ⁽⁴⁾	55	65	7.5	100	Gullwing
	VBPW34SR	940	430 to 1100 ⁽⁴⁾	55	65	7.5	100	Reverse gullwing
	VBPW34FAS	950	780 to 1050	55	65	7.5	100	Gullwing
	VBPW34FASR	950	780 to 1050	55	65	7.5	100	Reverse gullwing
1206	VEMD6010X01	900	430 to 1100	9.5	60	0.85	100	
	VEMD6110X01	950	750 to 1050	9.5	60	0.85	100	
QFN	VEMD5010X01	940	430 to 1100	48	65	7.5	100	
	VEMD5110X01	940	790 to 1050	48	65	7.5	100	
0805	TEM7000X01	900	350 to 1120 ⁽⁴⁾	3	60	0.23	100	
	TEM7100X01	950	750 to 1050	3	60	0.23	100	
1.8 mm	VEMD2000X01	940	750 to 1050	12	15	0.23	100	Reverse gullwing
	VEMD2020X01	940	750 to 1050	12	15	0.23	100	Gullwing
	VEMD2500X01	900	350 to 1120 ⁽⁴⁾	12	15	0.23	100	Reverse gullwing
	VEMD2520X01	900	350 to 1120 ⁽⁴⁾	12	15	0.23	100	Gullwing
	VEMD2503X01	900	350 to 1120 ⁽⁴⁾	10	30	0.23	100	Reverse gullwing
	VEMD2523X01	900	350 to 1120 ⁽⁴⁾	10	30	0.23	100	Gullwing
	VEMD2003X01	940	750 to 1050	10	30	0.23	100	Reverse gullwing
	VEMD2023X01	900	750 to 1050	10	30	0.23	100	Gullwing
1.8 mm Side View	VEMD2523SLX01	900	350 to 1120 ⁽⁴⁾	10	30	0.23	100	
	VEMD2023SLX01	940	750 to 1050	10	30	0.23	100	
SMD SV ultra wide view	VEMD10940F	920	780 to 1050	3	75	0.23	100	side view
	VEMD10940FX01	950	790 to 1070	3	75	0.23	1000	side view
	VEMD11940FX01	950	780 to 1050	1.13	75	0.053	1000	side view

Notes: (1) Sensitivity: VR = 5 V, $E_e = 1 \text{ mW/cm}^2$, $\lambda = 950 \text{ nm}$; (2) Speed: $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, $\lambda = 820 \text{ nm}$, VR = 10 V, (3) $R_L = 50 \Omega$; (4) Bandwidth $\lambda_{0.1}$ (nm) (5) Products ending in "X01" are AEC-Q101 qualified

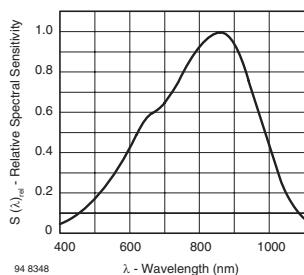


Phototransistors

Vishay provides the industry's widest selection of phototransistors. Offered in over 10 different packages, Vishay's phototransistors are exceptionally sensitive and simplify circuit design by eliminating the need for a separate amplifier.

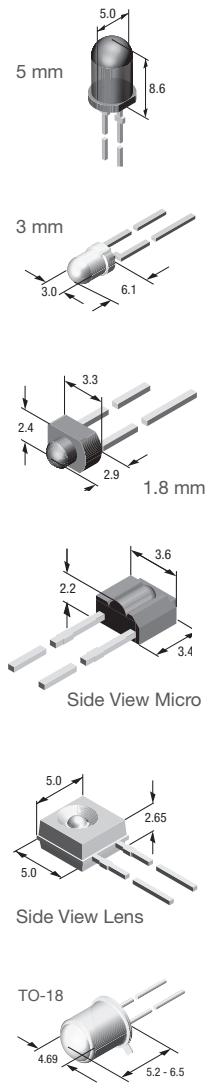
Package	Part Number	Peak Wave-length (nm)	Bandwidth $\lambda_{0.5}$ (nm)	Collector Light Current, I_{ca} (mA) ⁽¹⁾	Angle of Half Sensitivity (+/- °)	Rise and Fall Time, t_r/t_f (μs) ⁽²⁾	Remark
Through-Hole Packages							
5 mm	BPV11	850	450 to 1080 ⁽³⁾	10	15	6	With base pin
	BPV11F	930	900 to 980	9	15	6	With base pin
	BPW96C	850	450 to 1080 ⁽³⁾	8	20	2	Stand-off
3 mm	BPW85C	850	450 to 1080 ⁽³⁾	5	25	2	Stand-off
	TEFT4300	925	875 to 1000	3.2	30	2	No stand-off
1.8 mm	BPW16N	825	450 to 1040 ⁽³⁾	0.14	40	4.8	
	BPW17N	825	450 to 1040 ⁽³⁾	1	12	4.8	
Side View Micro	TEST2600	920	850 to 980	2.5	30H, 60V	6	
Side View Lens	TEKT5400S	920	850 to 980	4	37	6	
TO-18	BPW76B	850	450 to 1080 ⁽³⁾	1.2	40	6	
	BPW77NB	850	450 to 1080 ⁽³⁾	20	10	6	

Notes: (1) Collector light current: $V_{CE} = 5$ V, $E_e = 1$ mW/cm², $\lambda = 950$ nm, typical (2) Speed: $V_S = 5$ V, $I_C = 5$ mA, $R_L = 100 \Omega$
(3) Bandwidth $\lambda_{0.1}$ (nm)



Bandwidth: $\lambda_{0.5}$ and $\lambda_{0.1}$

The diagram to the left shows the relative spectral sensitivity of the BPV11 phototransistor. The peak sensitivity is found at 850 nm. The bandwidth of the detector can be defined by using a relative spectral sensitivity value of 0.5 or 0.1. Vishay datasheets will show one of these values. In the case of the BPV11, the bandwidth in the datasheet is 450 nm to 1080 nm, $\lambda_{0.1}$.

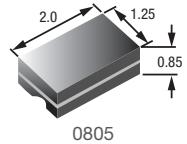
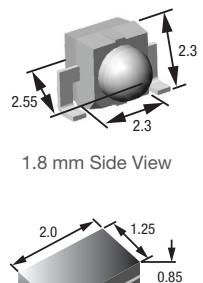
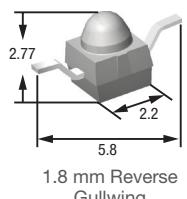
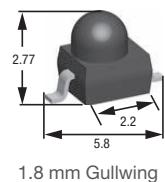
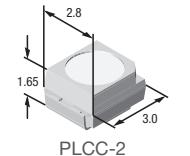


Phototransistors (continued)

Package	Part Number ⁽⁴⁾	Peak Wavelength (nm)	Bandwidth $\lambda_{0.5}$ (nm)	Collector Light Current, I_{ca} ⁽¹⁾ (mA)	Angle of Half Sensitivity (+/-°)	Rise and Fall Time, t_r/t_f (μs) ⁽²⁾	Remark
Surface-Mount Packages							
PLCC-2	VEMT3700	850	450 to 1080 ⁽³⁾	0.5	60	2	
	VEMT3700F	940	850 to 1050	0.5	60	2	
	VEMT4700	850	450 to 1080 ⁽³⁾	0.5	60	2	With base pin
1.8 mm	VEMT2000X01	860	790 to 970	6	15	2	Reverse gullwing
	VEMT2020X01	860	790 to 970	6	15	2	Gullwing
	VEMT2500X01	850	470 to 1090 ⁽³⁾	6	15	2	Reverse gullwing
	VEMT2520X01	850	470 to 1090 ⁽³⁾	6	15	2	Gullwing
	VEMT2503X01	860	470 to 1090 ⁽³⁾	4	30	10	Reverse gullwing
	VEMT2523X01	860	470 to 1090 ⁽³⁾	4	30	10	Gullwing
	VEMT2003X01	860	790 to 970	4	30	10	Reverse gullwing
	VEMT2023X01	860	790 to 970	4	30	10	Gullwing
1.8 mm Side View	VEMT2523SLX01	850	470 to 1090 ⁽³⁾	4	30	10	
	VEMT2023SLX01	860	790 to 970	4	30	10	
0805	TEMT7000X01	850	470 to 1090 ⁽³⁾	0.45	60	2	
	TEMT7100X01	870	750 to 1010	0.45	60	2	

Notes: (1) Collector light current: $V_{CE} = 5$ V, $E_a = 1 \text{ mW/cm}^2$, $I = 950 \text{ nm}$, typical (2) Speed: $V_s = 5$ V, $I_c = 5 \text{ mA}$, $R_L = 100 \Omega$

(3) Bandwidth $\lambda_{0.1}$ (nm) (4) Products ending in "X01" are AEC-Q101 qualified



Reflective Sensors, Analog Output

Part Number ⁽¹⁾⁽³⁾	Package		Peak Operating Range ⁽²⁾ (mm)	Peak Operating Distance (mm)	Typical Output Current (mA)
	L x W (mm)	H (mm)			
TCND5000(3)	6.0 x 4.3	3.75	2 to 25	6.0	0.0015
TCRT1000/1010	7.0 x 4.0	2.5	0.2 to 4.0	1.0	0.5
TCRT5000(L)	10.2 x 5.8	7.0	0.2 to 15	2.5	1
CNY70	7.0 x 7.0	6.0	0 to 5.0	0	1

Notes: (1) All optical sensors have phototransistor output except where noted

(2) Relative collector current > 20 %

(3) TCND5000 has a PIN photodiode output



Transmissive Sensors, Analog Output

Part Number ⁽¹⁾⁽³⁾	Package		Gap (mm)	Aperture (mm)	Typical Output Current (mA)	On / Off Time t_{on} / t_{off} (μ s)	Operating Temp. Max.
	L x W (mm)	H (mm)					
TCPT1300X01	5.5 x 4.0	4.0	3.0	0.3	0.6	20 / 30	+105 °C
TCUT1300X01⁽²⁾	5.5 x 4.0	4.0	3.0	0.3	0.6	20 / 30	+105 °C
TCPT1350X01	5.5 x 4.0	4.0	3.0	0.3	1.6	9 / 16	+125 °C
TCUT1350X01⁽²⁾	5.5 x 4.0	4.0	3.0	0.3	1.6	9 / 16	+125 °C
TCPT1600X01	5.5 x 4.0	5.7	3.0	0.3	1.6	9 / 16	+105 °C
TCUT1600X01⁽²⁾	5.5 x 4.0	5.7	3.0	0.3	1.6	9 / 16	+105 °C
TCUT1630X01⁽⁴⁾	5.5 x 5.85	7.0	3.0	0.3	1.3	9 / 16	+105 °C
TCUT1800X01⁽⁵⁾	5.5 x 5.85	7.0	3.0	0.3	1.3	9 / 16	+105 °C
TCST1030	8.3 x 4.7	8.15	3.1	none	2.4	15 / 10	+85 °C
TCST1103	11.9 x 6.3	10.8	3.1	1.0	4.0	10 / 8	+85 °C
TCST1202	11.9 x 6.3	10.8	3.1	0.5	2.0	10 / 8	+85 °C
TCST1230	9.2 x 4.8	5.4	2.8	0.5	2.0	15 / 10	+85 °C
TCST1300	11.9 x 6.3	10.8	3.1	0.25	0.5	10 / 8	+85 °C
TCST2103	24.5 x 6.3	10.8	3.1	1.0	4.0	10 / 8	+85 °C
TCST2202	24.5 x 6.3	10.8	3.1	0.5	2.0	10 / 8	+85 °C
TCST2300	24.5 x 6.3	10.8	3.1	0.25	0.5	10 / 8	+85 °C
TCST5250	14.3 x 6.0	9.5	2.7	0.5	1.5	15 / 10	+85 °C

Notes: ⁽¹⁾ All optical sensors have phototransistor output

⁽²⁾ Dual channel

⁽³⁾ Products ending in "X01" are AEC-Q101 qualified

⁽⁴⁾ Triple channel

⁽⁵⁾ Quad channel



[TCPT1600X01](#)



[TCUT1600X01](#)



[TCUT1630X01](#)



[TCUT1800X01](#)



[TCPT13x0X01](#)



[TCUT13x0X01](#)



[TCST1030](#)



[TCST1230](#)



[TCST1x0x](#)



[TCST2x0x](#)



Ambient Light Sensors

Ambient light sensors are used to detect light or brightness in a manner similar to the human eye. They are most commonly found in industrial lighting, consumer electronics, and automotive systems, where they allow settings to be adjusted automatically in response to changing ambient light conditions. By turning on, turning off, or adjusting features, ambient light sensors can conserve battery power or provide extra safety while eliminating the need for manual adjustments.

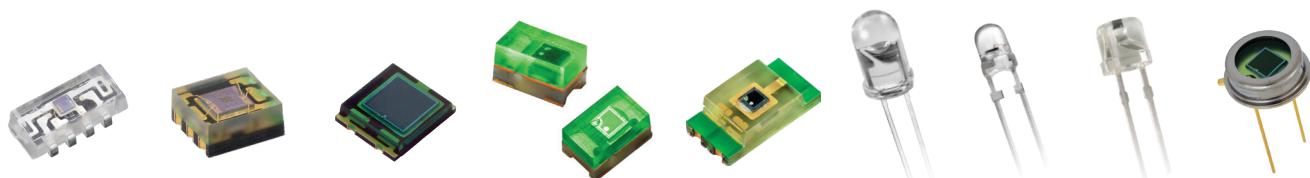
Package	Part Number ⁽³⁾	Peak Wavelength (nm)	Band-width $\lambda_{0.5}$ (nm)	Angle of Half Sensitivity (+/-°)	Light Current ⁽¹⁾ Incandescent (µA)	Light Current ⁽²⁾ Fluorescent (µA)	Remark
Photo Diodes							
0805, SMD	TEMD6200FX01	540	430 to 610	60	0.04	0.03	Stand-off
1206, SMD	TEMD6010FX01	540	430 to 610	60	0.04	0.03	
Top View SMD	TEMDS5510FX01	540	430 to 610	65	1	0.7	
TO-5, Leaded	BPW21R	565	420 to 675	50	0.9	0.75	
Phototransistors							
0805, SMD	TEMT6200FX01	550	450 to 610	60	12	7	
1206, SMD	TEMT6000X01	570	430 to 800	60	50	21	
5 mm, flat top	TEPT5700	570	430 to 800	50	75	31	Leaded
5 mm	TEPT5600	570	430 to 800	20	350	145	Leaded
3 mm	TEPT4400	570	430 to 800	30	200	83	Leaded

Notes: (1) $E_v = 100 \text{ lux}$, $V_{CE} = 5 \text{ V}$, CIE illuminant A, typical
 (3) Products ending in "X01" are AEC-Q101 qualified

(2) $E_v = 100 \text{ lux}$, $V_{CE} = 5 \text{ V}$, e.g. Sylvania color abbrev. D830, typical

Part number	Mounting	Size (mm)	Ambient Light Range (lx)	Operating Voltage Range (V)	I ² C bus voltage range (V)	Ambient Light Resolution (lx/ct)	Output Code
I²C Output							
VEML6030	SMD	2.0 x 2.0 x 0.85	0 to 120 000	2.5 to 3.6	1.7 to 3.6	0.0036	16-bit, I ² C
VEML7700	SMD	6.8 x 2.35 x 3	0 to 120 000	2.5 to 3.6	1.7 to 3.6	0.0036	16-bit, I ² C

F	Part numbers with an F contain an infrared filtering epoxy to further improve the ambient light sensing performance	X01	Part numbers with an X01 are qualified to the AEC Q101 standard and support operating temperatures from -40 °C to +100 °C
----------	---	------------	---



VEML7700 VEML6030 TEMD5510FX01 TEMT6200FX01 TEMD6010FX01 TEPT5600 TEPT4400 TEPT5700 BPW21R

High-Accuracy Digital Light Sensors

Based on patented Filtron™ technology implementation, digital light sensors introduced by Vishay provide red, green, blue, IR, and UVAB light sensing for precise color measurement. All digital light sensors have 16-bit resolution and feature miniature transparent OPLGA packages. These are fully integrated sensors — including a high-sensitivity photodiode, a low noise amplifier, and a 16-bit A/D converter — with support for an easy-to-use I²C bus communication.

Features and Benefits

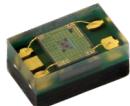
- On-chip coating provides best spectral sensitivity to cover visible and UV spectrum (Filtron™ technology)
- Shutdown mode with < 1µA power consumption
- 16-bit range for ambient light detection, RGB, and UV
- ALS output tolerance < 10%
- I²C Interface

Applications

- Health monitoring
- AWB correction
- Control display brightness
- Home lightning control

Color Sensors

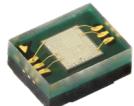
Part Number	Package		Peak Sensitivity (nm)	Operating Voltage Range (v)	Output Code	Operating Temp. Range ('C)	AEC-Q101
	L x W (mm)	H (mm)					
VEML6040	2.0 x 1.25	1	650, 550, 450 (R,G,B)	2.5 to 3.6	16 bit, I ² C	-40 to 85	x



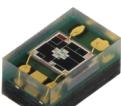
VEML6040

UV Sensors

Part Number	Package		Peak Sensitivity (nm)	Operating Voltage Range (v)	Output Code	Operating Temp. Range ('C)	AEC-Q101
	L x W (mm)	H (mm)					
VEML6070	2.35 x 1.8	1	355	2.7 to 5.5	16 bit, I ² C	-40 to 85	x
VEML6075	2.0 x 1.25	1	365, 330	1.7 to 3.6	16 bit, I ² C	-40 to 85	x



VEML6070



VEML6075

Fully Integrated Proximity and Ambient Light Sensors

To simplify the design process, Vishay has integrated the infrared emitter, proximity photodiode, ambient light sensor and signal processing IC in one package. Window design and sensor placement are no longer geometric puzzles and the need for mechanical cross-talk barriers is eliminated. Each sensor is a leadless surface-mount package with standard I²C communication and features an interrupt function. Interrupts reduce power consumption by eliminating polling traffic between the sensor and microcontroller.

FEATURES AND BENEFITS

- Low profile; height less than 0.83 mm
- 16-bit dynamic range
- Programmable emitter drive current
 - 10 mA to 200 mA (in 10 mA steps)
- Detection range up to 1 m
- Light sensing from 0.004 lux to 16 klux
- I²C Interface

APPLICATIONS

- Mobile devices (smart phones, touch phones, PDA, GPS)
- Consumer (white goods, cameras, game systems)
- Computing devices (notebooks, tablet PCs)
- Automotive and industrial device (presence detection and displays)



PROXIMITY SENSORS

Part Number	Package		Integrated Components			Operating temp range (°C)	AEC-Q101
	L x W (mm)	H (mm)	Infrared Emitter	Proximity Detector	Ambient Light Sensor		
VCNL4020X01	4.90 x 2.40	0.83	x	x	x	-40 to 105	x
VCNL4035X01	4.0 x 2.36	0.75	-	x	x	-40 to 105	x
VCNL4030X01	4.0 x 2.36	0.75	x	x	x	-40 to 105	x
VCNL3020	4.90 x 2.40	0.83	x	x	-	-25 to 85	-
VCNL36687S	3.05 x 2	1.0	VCSEL	x	-	-40 to 85	-
VCNL4010	3.95 x 3.95	0.75	x	x	x	-25 to 85	-
VCNL4020	4.90 x 2.40	0.83	x	x	x	-25 to 85	-
VCNL4040	4.0 x 2.0	1.1	x	x	x	-25 to 85	-
VCNL4200	8.0 x 3.0	1.1	x	x	x	-40 to 85	-