

Laboratorio II, modulo 2

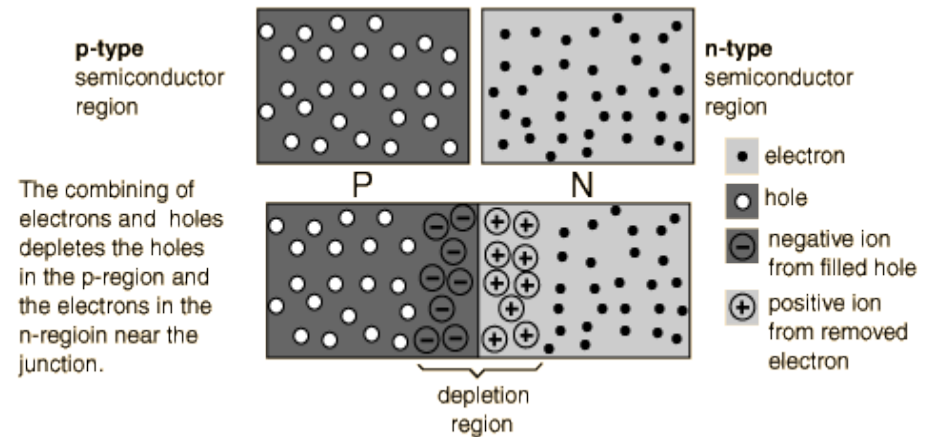
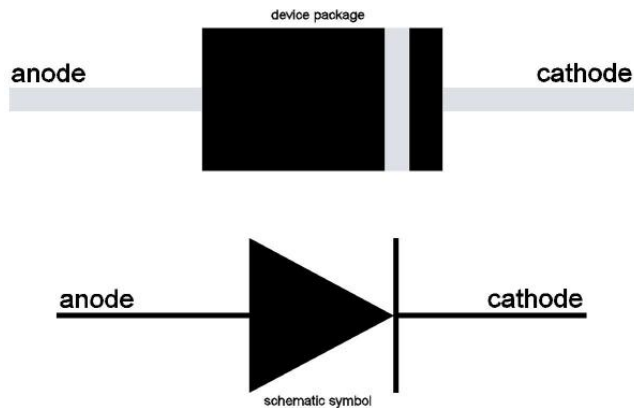
2015-2016

Fotodiodo (e LED)

(cfr. http://www-3.unipv.it/Idc/didattica_elettronica/Fotodiodo.pdf)

Fotodiodi

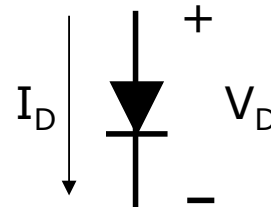
- I fotodiodi sono dispositivi a semiconduttore con struttura PN (o PIN), impiegati come trasduttori di potenza luminosa



Fotodiodi

- I fotodiodi sono dispositivi a semiconduttore con struttura PN (o PIN), impiegati come trasduttori di potenza luminosa
- L'energia trasportata dalla radiazione elettromagnetica, assorbita nella regione di svuotamento o nella regione intrinseca, determina la generazione di coppie elettrone/lacuna, che contribuiscono alla formazione di una corrente elettrica.
- La caratteristica tensione corrente di un fotodiode è dunque uguale a quella di un diodo, con l'aggiunta di un termine di corrente fotogenerata I_{ph}

$$I_D = I_0 (e^{V_D/V_T} - 1) - I_{ph}$$



dove I_0 è la corrente di leakage del diodo, V_D la tensione ai capi del dispositivo e V_T la tensione termica. Si osservi che, in condizioni di polarizzazione inversa ($V_D < 0$), il primo termine dell'espressione si riduce a I_0 , mentre per $V_D = 0$, $I_D = -I_{ph}$.

Fotodiodi

- La corrente fotogenerata I_{ph} risulta proporzionale alla potenza luminosa incidente, ovvero al flusso di fotoni che colpiscono il dispositivo:

$$I_{ph} = S \cdot P = \frac{\eta e}{h\nu} P, \quad \frac{P}{h\nu} = \# \text{ fotoni al sec.}$$

- dove S è la sensibilità spettrale, η è l'efficienza quantica, e è la carica dell'elettrone ($1.602 \cdot 10^{-19}$ C), P è la potenza dell'onda elettromagnetica incidente, h è la costante di Plank ($6.625 \cdot 10^{-34}$ J·s) e ν è la frequenza dell'onda elettromagnetica.
- Altri parametri caratteristici di un fotodiode sono la linearità, la corrente di buio, la sensibilità spettrale, la capacità di giunzione, la tensione di breakdown ed il tempo di risposta

Applicazioni

Settore	Impiego o dispositivo
Fotocamere	Misuratori di intensità luminosa, controllo automatico dell'otturatore, auto-focus, controllo del flash
Strumentazione medica	Scanner per TAC – rivelazione di raggi X, analisi biologiche (e.g. sul sangue), ossimetria
Dispositivi di sicurezza	Rivelatori di fumo e di fiamma, apparati a raggi X per ispezioni di aeromobili, rivelatori di intrusione
Automotive	Headlight dimmer, rivelatore di luce solare (per regolazione della climatizzazione)
Comunicazioni	Convertitori opto-elettronici, controllo ottico remoto
Industria	Lettori di codici a barre, encoder, sensori di posizione, misura della densità del toner nelle fotocopiatrici

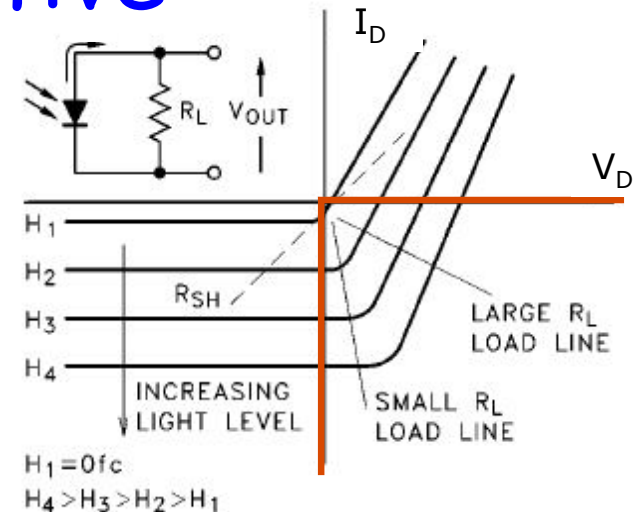
Modalità operative

Modalità fotovoltaica: il fotodiode opera senza l'applicazione di tensioni di polarizzazione ed è in grado di erogare potenza elettrica (nella convenzione degli utilizzatori, $V_D I_D < 0$, con $I_D \leq 0$ e $V_D > 0$); in particolare, per $I_D = 0$, il fotodiode si comporta come un generatore di tensione

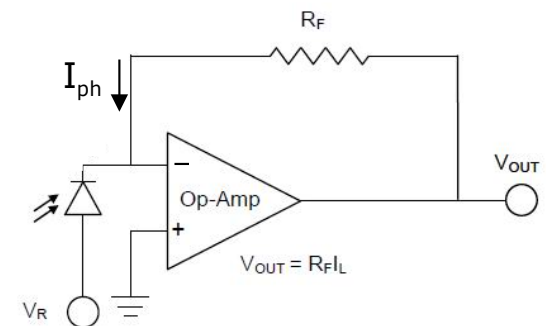
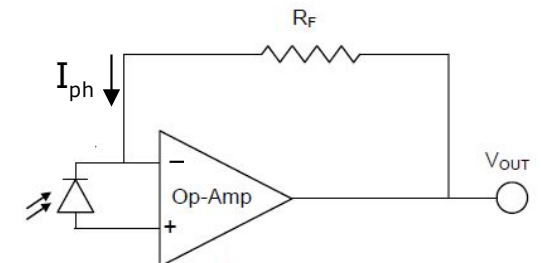
$$V_D = V_T \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1 \right)$$

Modalità fotoconduttiva: il fotodiode opera in condizioni di polarizzazione inversa o nulla, $V_D \leq 0$, e si comporta come un generatore di corrente; in particolare, se la differenza di potenziale ai suoi capi è all'incirca nulla

$$I_D = -I_{ph}$$



Current/Voltage Characteristics - Photovoltaic Mode



OPT101



OPT101

SBBS002B – JANUARY 1994 – REVISED JUNE 2015

OPT101 Monolithic Photodiode and Single-Supply Transimpedance Amplifier

1 Features

- Single Supply: 2.7 to 36 V
- Photodiode Size: 0.090 inch × 0.090 inch (2.29 mm × 2.29 mm)
- Internal 1-M Ω Feedback Resistor
- High Responsivity: 0.45 A/W (650 nm)
- Bandwidth: 14 kHz at R_F = 1 M Ω
- Low Quiescent Current: 120 μ A
- Packages: Clear Plastic 8-pin PDIP and J-Lead SOP

2 Applications

- Medical Instrumentation
- Laboratory Instrumentation
- Position and Proximity Sensors
- Photographic Analyzers
- Barcode Scanners
- Smoke Detectors
- Currency Changers

3 Description

The OPT101 is a monolithic photodiode with on-chip transimpedance amplifier. The integrated combination of photodiode and transimpedance amplifier on a single chip eliminates the problems commonly encountered in discrete designs, such as leakage current errors, noise pick-up, and gain peaking as a result of stray capacitance. Output voltage increases linearly with light intensity. The amplifier is designed for single or dual power-supply operation.

The 0.09 inch × 0.09 inch (2.29 mm × 2.29 mm) photodiode operates in the photoconductive mode for excellent linearity and low dark current.

The OPT101 operates from 2.7 V to 36 V supplies and quiescent current is only 120 μ A. This device is available in clear plastic 8-pin PDIP, and J-lead SOP for surface mounting. The temperature range is 0°C to 70°C.

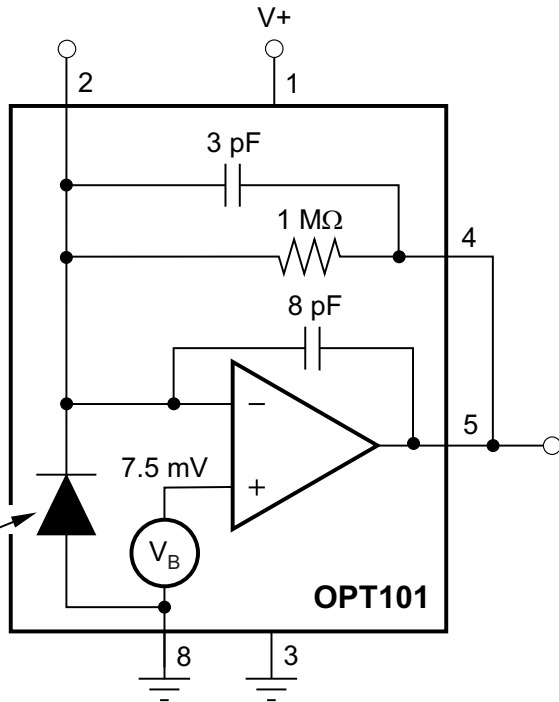
Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
OPT101	PDIP (8)	9.53 mm × 6.52 mm
	SOP (8)	9.52 mm × 6.52 mm

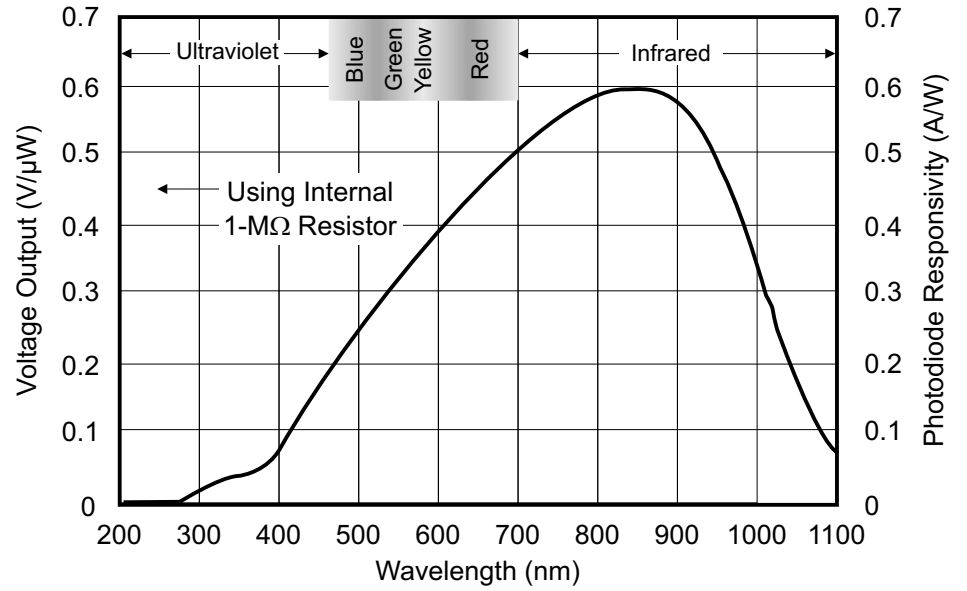
(1) For all available packages, see the package option addendum at the end of the data sheet.

OPT101

Block Diagram



Spectral Responsivity



OPT101



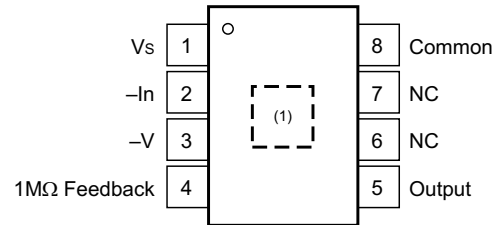
OPT101

www.ti.com

SBBS002B – JANUARY 1994 – REVISED JUNE 2015

5 Pin Configuration and Functions

DTL and NTC Packages
8-pin SOP and 8-pin PDIP
Top View



(1) Photodiode location.

Pin Functions

PIN		I/O	DESCRIPTION
NO.	NAME		
1	V_S	Power	Power supply of device. Apply 2.7 V to 36 V relative to $-V$ pin.
2	$-In$	Input	Negative input of op amp and the cathode of the photodiode. Either do not connect, or apply additional op amp feedback.
3	$-V$	Power	Most negative power supply. Connect to ground or a negative voltage that meets the recommended operating conditions.
4	$1M\Omega$ Feedback	Input	Connection to internal feedback network. Typically connect to Output, pin 5.
5	Output	Output	Output of device.
6	NC	—	Do not connect
7	NC	—	Do not connect
8	Common	Input	Anode of the photodiode. Typically, connect to ground.

OPT101

6.5 Electrical Characteristics

At $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 2.7\text{ V}$ to 36 V , $\lambda = 650\text{ nm}$, internal 1-M Ω feedback resistor, and $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
RESPONSIVITY					
Photodiode current			0.45		A/W
Voltage output			0.45		V/ μW
Voltage output vs temperature			100		ppm/ $^\circ\text{C}$
Unit-to-unit variation			$\pm 5\%$		
Nonlinearity ⁽¹⁾	Full-scale (FS) output = 24 V		± 0.01		% of FS
Photodiode area	0.090 in \times 0.090 in		0.008		in ²
	2.29 mm \times 2.29 mm		5.2		mm ²
DARK ERRORS, RTO⁽²⁾					
Offset voltage, output		5	7.5	10	mV
Offset voltage vs temperature			± 10		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Offset voltage vs power supply	$V_S = 2.7\text{ V}$ to 36 V		10	100	$\mu\text{V}/\text{V}$
Voltage noise, dark	$f_B = 0.1\text{ Hz}$ to 20 kHz , $V_S = 15\text{ V}$, $V_{\text{PIN}3} = -15\text{ V}$		300		μV_{rms}
TRANSIMPEDANCE GAIN					
Resistor			1		M Ω
Tolerance			$\pm 0.5\%$	$\pm 2\%$	
Tolerance vs temperature			± 50		ppm/ $^\circ\text{C}$
FREQUENCY RESPONSE					
Bandwidth	$V_{\text{OUT}} = 10\text{ V}_{\text{PP}}$		14		kHz
Rise and fall time	10% to 90%, $V_{\text{OUT}} = 10\text{-V}$ step		28		μs
Settling time	to 0.05%, $V_{\text{OUT}} = 10\text{-V}$ step		160		μs
	to 0.1%, $V_{\text{OUT}} = 10\text{-V}$ step		80		μs
	to 1%, $V_{\text{OUT}} = 10\text{-V}$ step		70		μs
Overload recovery	100%, return to linear operation		50		μs
OUTPUT					
Voltage output, high		$(V_S) - 1.3$	$(V_S) - 1.15$		V
Capacitive load, stable operation			10		nF
Short-circuit current	$V_S = 36\text{ V}$		15		mA
POWER SUPPLY					
Quiescent current	Dark, $V_{\text{PIN}3} = 0\text{ V}$		120		μA
	$R_L = \infty$, $V_{\text{OUT}} = 10\text{ V}$		220		μA

(1) Deviation in percent of full scale from best-fit straight line.

(2) Referred to output. Includes all error sources.

OPT101

6.6 Electrical Characteristics: Photodiode

At $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_S = 2.7\text{ V}$ to 36 V (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Photodiode area	0.090 in × 0.090 in		0.008		in ²
	2.29 mm × 2.29 mm		5.2		mm ²
Current responsivity	$\lambda = 650\text{ nm}$		0.45		A/W
			865		($\mu\text{A/W}$)/cm ²
Dark current	$V_{\text{DIODE}} = 7.5\text{ mV}$		2.5		pA
Dark current vs temperature	$V_{\text{DIODE}} = 7.5\text{ mV}$		Doubles every 7°C		—
Capacitance			1200		pF

6.7 Electrical Characteristics: Op Amp⁽¹⁾

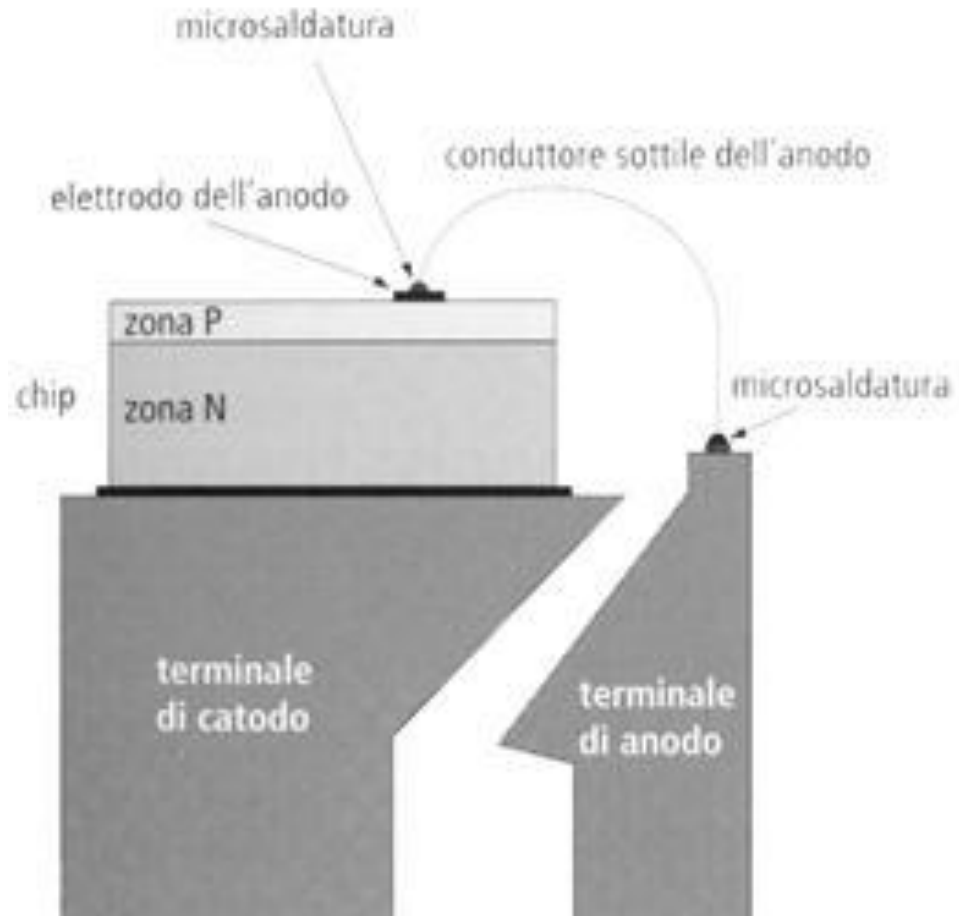
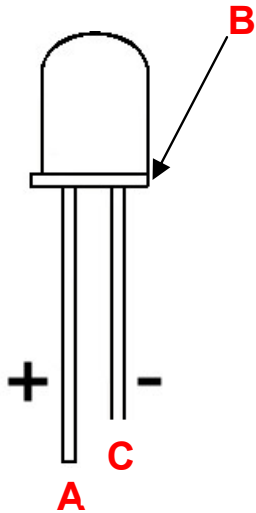
At $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 2.7\text{ V}$ to 36 V , $\lambda = 650\text{ nm}$, internal 1-M Ω feedback resistor, and $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
INPUT					
Offset voltage			±0.5		mV
vs temperature			±2.5		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
vs power supply			10		$\mu\text{V/V}$
Input bias current	(–) input		165		pA
vs temperature	(–) input		Doubles every 10°C		—
Input impedance	Differential		400 5		M Ω pF
	Common-mode		250 35		G Ω pF
Common-mode input voltage range	Linear operation		0 to ($V_S - 1$)		V
Common-mode rejection			90		dB
OPEN-LOOP GAIN					
Open-loop voltage gain			90		dB
FREQUENCY RESPONSE					
Gain bandwidth product ⁽²⁾			2		MHz
Slew rate			1		V/ μs
Settling time	0.05%		8.0		μs
	0.1%		7.7		μs
	1%		5.8		μs
OUTPUT					
Voltage output, high			$(V_S) - 1.3$ $(V_S) - 1.15$		V
Short-circuit current	$V_S = 36\text{ V}$		15		mA
POWER SUPPLY					
Quiescent current	Dark, $V_{\text{PIN3}} = 0\text{ V}$		120		μA
	$R_L = \infty$, $V_{\text{OUT}} = 10\text{ V}$		220		μA

(1) Op amp specifications provided for information and comparison only.

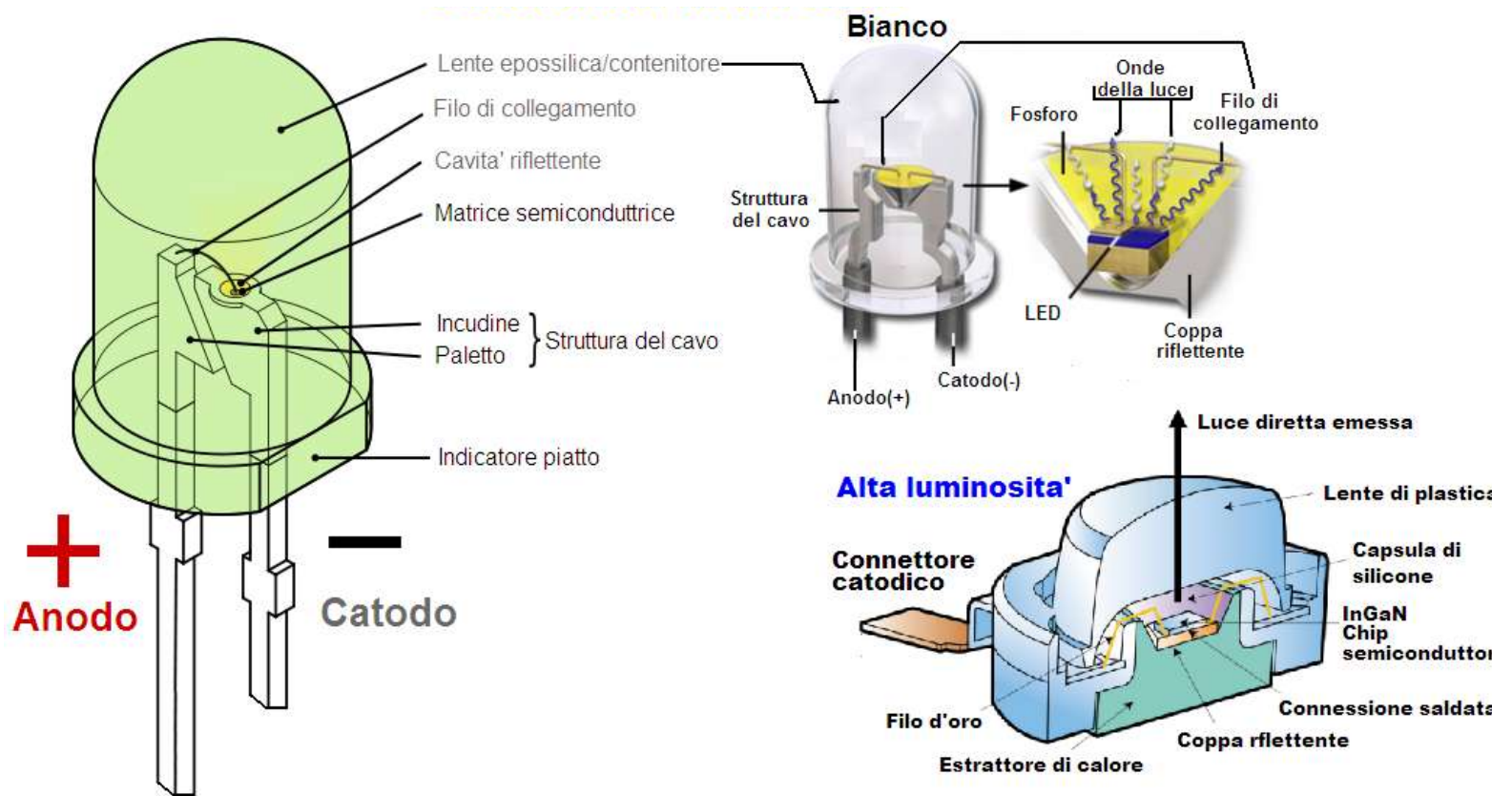
(2) Stable gains $\geq 10\text{ V/V}$.

LED

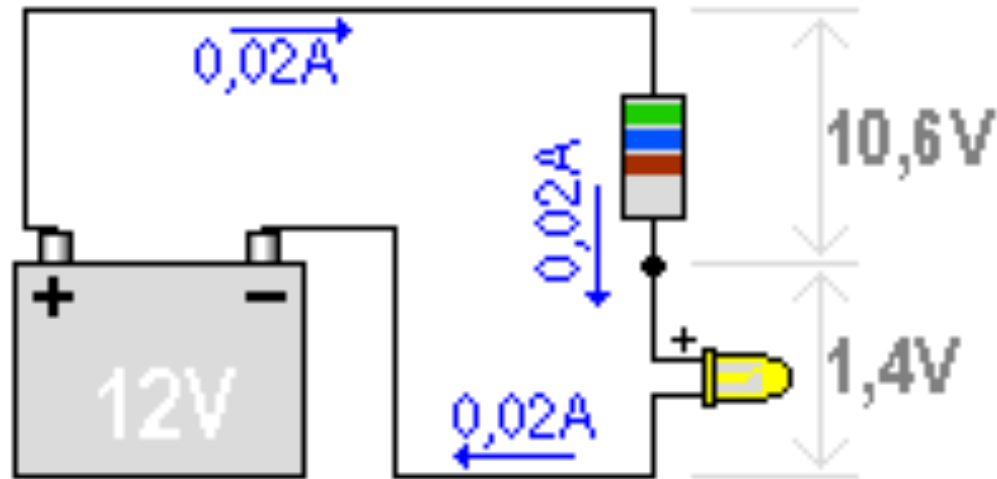


- Il terminale **A** è il **più lungo** ed è il polo positivo (+) ed è chiamato **anodo**
- Il terminale **C** è il **meno lungo** ed è il polo negativo (-) ed è chiamato **catodo**
- Nel caso non si riesca a capire quale sia il terminale più lungo (perché saldati o altro), nel punto **B** il LED è appiattito: ciò significa che il terminale più vicino, cioè **C**, è il polo negativo

LED



Montaggio del LED



- Per evitare il danneggiamento del LED va sempre montato con una resistenza di protezione
- La caduta di potenziale ai capi del LED è di circa 1.5V (dipende dal “colore” del LED)
- La zona, in corrente, in cui il LED è operativo e non si danneggia è 5-20 mA
- Il valore della resistenza di protezione deve essere calcolato di conseguenza