UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

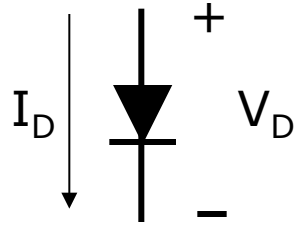
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione

Acquisizione dati da fotodiodo

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 fotodiodo è dunque uguale a quella di un diodo, con l'aggiunta di un termine di corrente fotogenerata I_{ph}

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



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 ($1.602\ 10^{-19}$ C), **P** è la potenza dell'onda elettromagnetica incidente, **h** è la costante di Plank ($6.625\ 10^{-34}$ J·s) e ν è la frequenza dell'onda elettromagnetica.

- Altri parametri caratteristici di un fotodiodo sono la linearità, la corrente di buio, la sensibilità spettrale, la capacità di giunzione, la tensione di breakdown ed il tempo di risposta

Principali impieghi dei fotodiodi

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

Obiettivi dell'esperienza

- Realizzazione di un sistema di acquisizione dati da un sensore di potenza luminosa, in particolare da un fotodiodo. Il sistema di acquisizione dovrà includere
  - un circuito di condizionamento del segnale proveniente dal fotodiodo
  - uno strumento virtuale realizzato in ambiente di programmazione LabView con funzione di interfaccia tra il sistema di acquisizione stesso e l'utente
- Lo strumento virtuale dovrà consentire l'acquisizione della potenza luminosa ambientale, visualizzando sullo schermo l'andamento temporale della tensione misurata e il valore istantaneo della potenza luminosa.

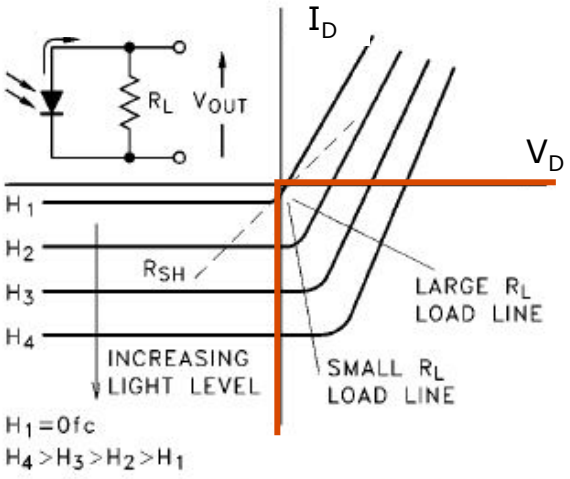
Modalità operative del fotodiodo

- Modalità fotovoltaica: il fotodiodo 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 fotodiodo si comporta come un generatore di tensione

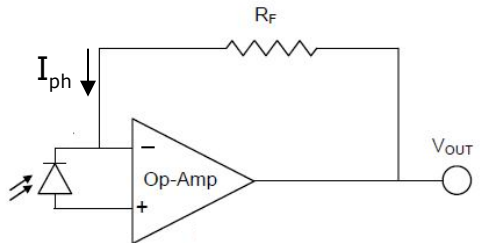
$$V_D = V_T \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1\right)$$

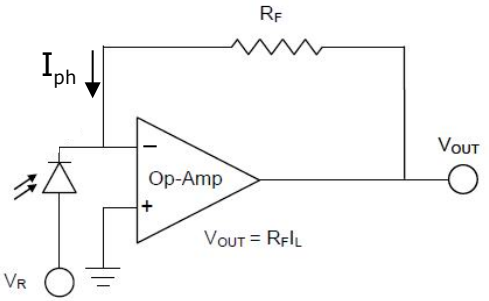
- Modalità fotoconduttiva: il fotodiodo opera in condizioni di polarizzazione inversa o nulla, $V_D \leq 0$, e si comporta come un generatore di corrente; in particolare, se la differenza di potenziale ai suoi capi è all'incirca nulla

$$I_D = -I_{ph}$$

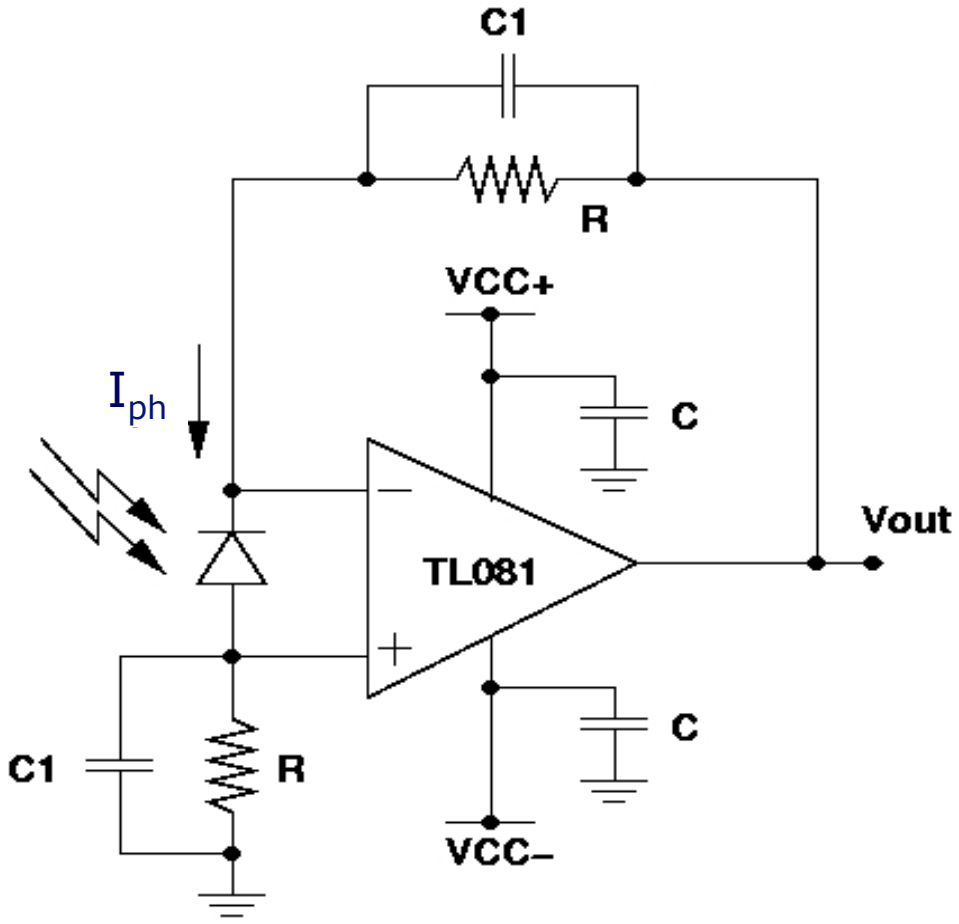


Current/Voltage Characteristics - Photovoltaic Mode





Circuito di condizionamento



- R=1 MΩ
- C=100 nF
- C1=15 nF
- VCC^{+}=+15 V
- VCC^{-}=-15 V
- PD: VTB8440B

Circuito di condizionamento

- Lo schema proposto consente, in linea di principio, la cancellazione della corrente di buio (← $V_D=0$)

$$V_{out} = 2 \cdot R \cdot I_{ph} = 2 \cdot S \cdot R \cdot P$$

tensione all'uscita dell'amplificatore

sensibilità spettrale

potenza luminosa incidente

- Altro vantaggio dello schema di lettura proposto consiste nella riduzione dell'effetto sull'uscita dovuto alle correnti di polarizzazione dell'amplificatore operazionale

$$V_{out}\Big|_{I^+,I^-} = -I^+R + I^-R = -R\Delta I$$

dove $\Delta I = I^+ - I^-$ è l'offset delle correnti di ingresso dell'amplificatore operazionale

TL081 JFET input OpAmp

National Semiconductor

December 1995

TL081 Wide Bandwidth JFET Input Operational Amplifier

General Description

The TL081 is a low cost high speed JFET input operational amplifier with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). The device requires a low supply current and yet maintains a large gain bandwidth product and a fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The TL081 is pin compatible with the standard LM741 and uses the same offset voltage adjustment circuitry. This feature allows designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM741 designs.

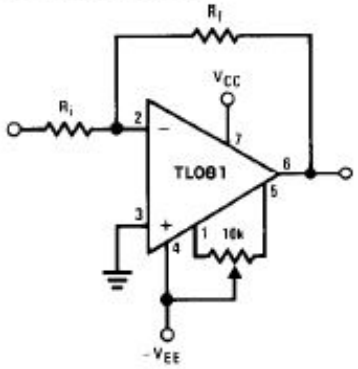
The TL081 may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample-and-hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The devices has low noise and offset voltage drift, but for applications where these requirements are critical, the LF356 is recommended. If maximum supply current is important, however, the TL081C is the better choice.

Features

■ Internally trimmed offset voltage	15 mV
■ Low input bias current	50 pA
■ Low input noise voltage	25 nV/$\sqrt{Hz}$
■ Low input noise current	0.01 pA/$\sqrt{Hz}$
■ Wide gain bandwidth	4 MHz
■ High slew rate	13 V/μs
■ Low supply current	1.8 mA
■ High input impedance	$10^{12}\Omega$
■ Low total harmonic distortion A_V = 10, R_L = 10k, V_O = 20 Vp-p, BW = 20 Hz–20 kHz	<0.02%
■ Low 1/f noise corner	50 Hz
■ Fast settling time to 0.01%	2 μs

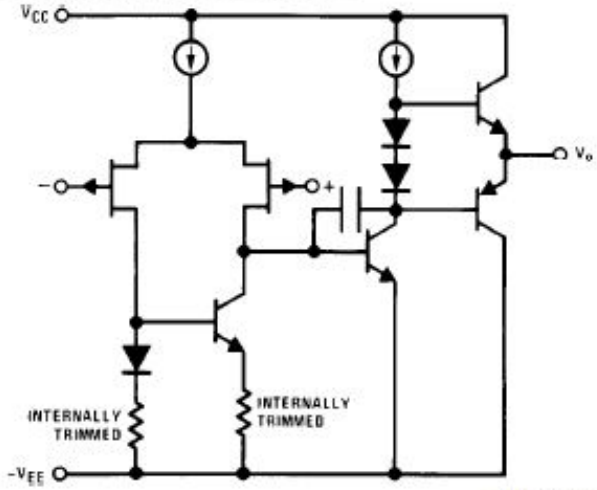
TL081 JFET input OpAmp

Typical Connection



TL/H/8358–1

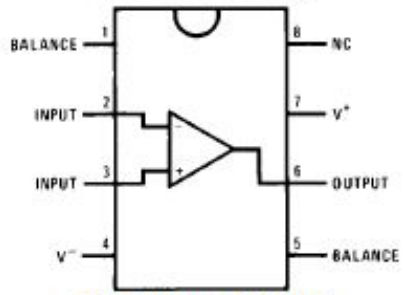
Simplified Schematic



TL/H/8358–2

Connection Diagram

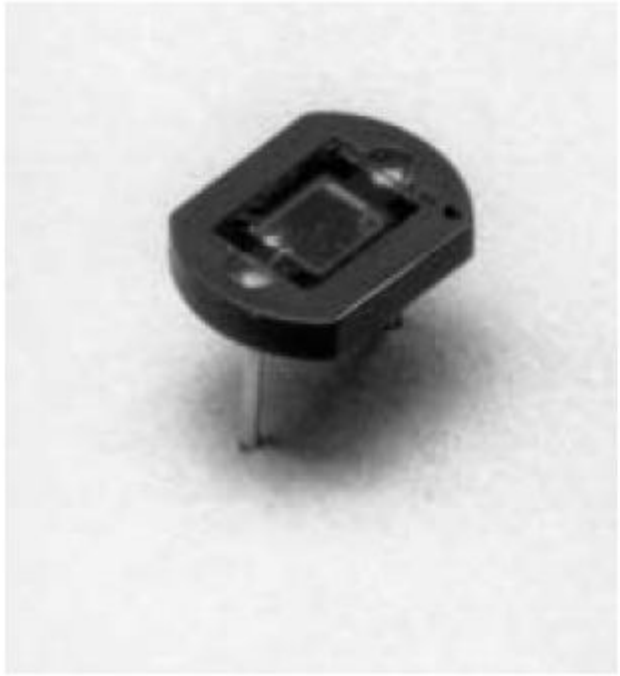
Dual-In-Line Package



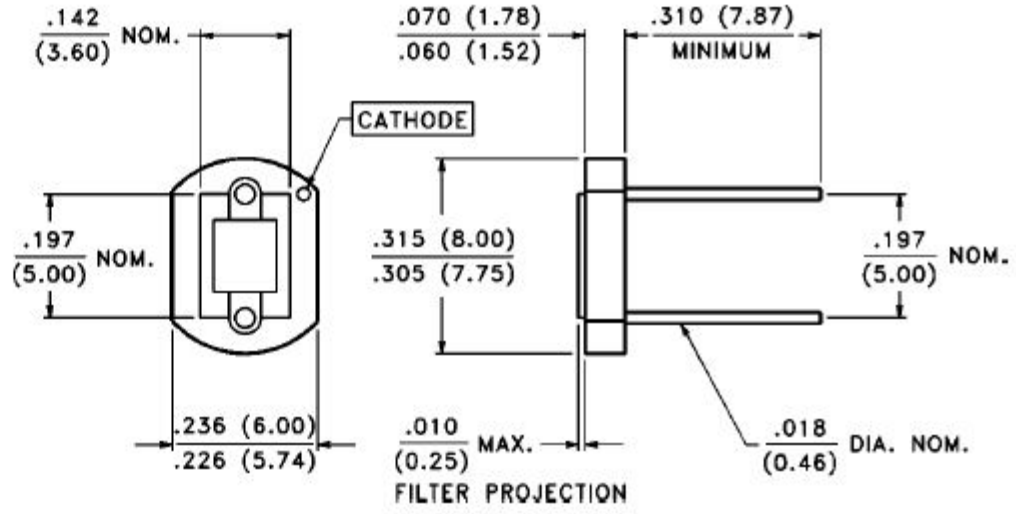
TL/H/8358–4

Order Number TL081CP
See NS Package Number N08E

VTB8440B photodiode



PACKAGE DIMENSIONS inch (mm)



CASE 21F 8 mm CERAMIC
CHIP ACTIVE AREA: .008 in^2 (5.16 mm^2)

VTB8440B photodiode

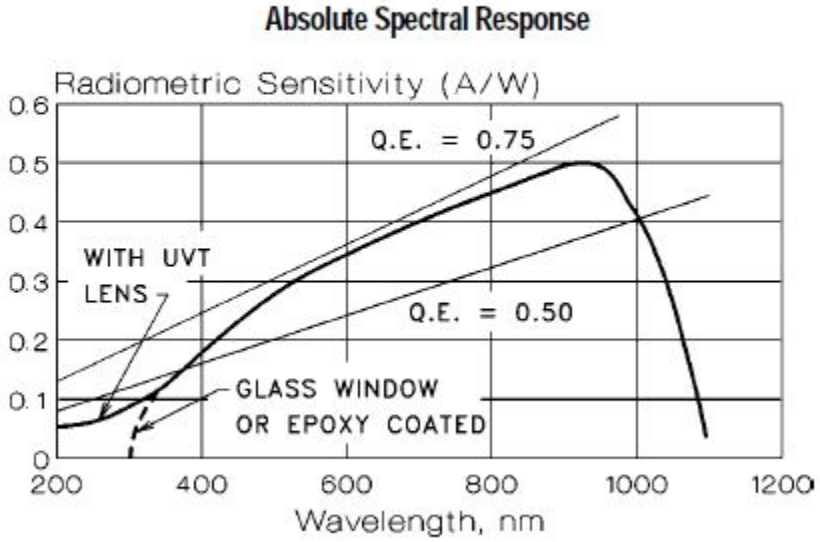
ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS @ 25°C (See also VTB curves, pages 21-22)

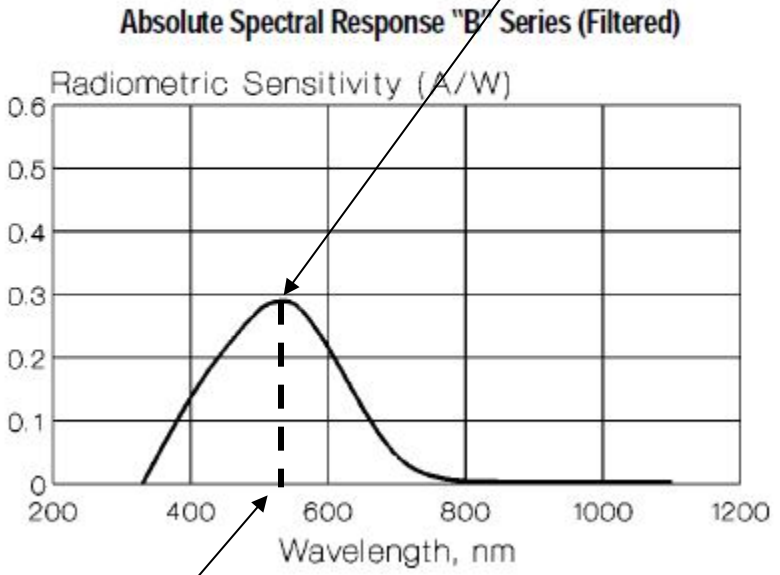
SYMBOL	CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS	VTB8440B			VTB8441B			UNITS
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
I_{SC}	Short Circuit Current	H = 100 fc, 2850 K	4	5		4	5		µA
TC I_{SC}	I_{SC} Temperature Coefficient	2850 K		.02	.08		.02	.08	%/°C
V_{OC}	Open Circuit Voltage	H = 100 fc, 2850 K		420			420		mV
TC V_{OC}	V_{OC} Temperature Coefficient	2850 K		-2.0			-2.0		mV/°C
I_D	Dark Current	H = 0, VR = 2.0 V			2000			100	pA
R_{SH}	Shunt Resistance	H = 0, V = 10 mV		.07			1.4		GΩ
TC R_{SH}	R_{SH} Temperature Coefficient	H = 0, V = 10 mV		-8.0			-8.0		%/°C
C_J	Junction Capacitance	H = 0, V = 0		1.0			1.0		nF
λ_{range}	Spectral Application Range		330		720	330		720	nm
λ_p	Spectral Response - Peak			580			580		nm
V_{BR}	Breakdown Voltage		2	40		2	40		V
$\theta_{1/2}$	Angular Resp. - 50% Resp. Pt.			±50			±50		Degrees
NEP	Noise Equivalent Power		1.1×10^{-13} (Typ.)			2.4×10^{-14} (Typ.)			$W/\sqrt{Hz}$
D*	Specific Detectivity		2.2×10^{12} (Typ.)			9.7×10^{12} (Typ.)			$cm\sqrt{Hz}/W$

VTB8440B photodiode

~0.3 A/W

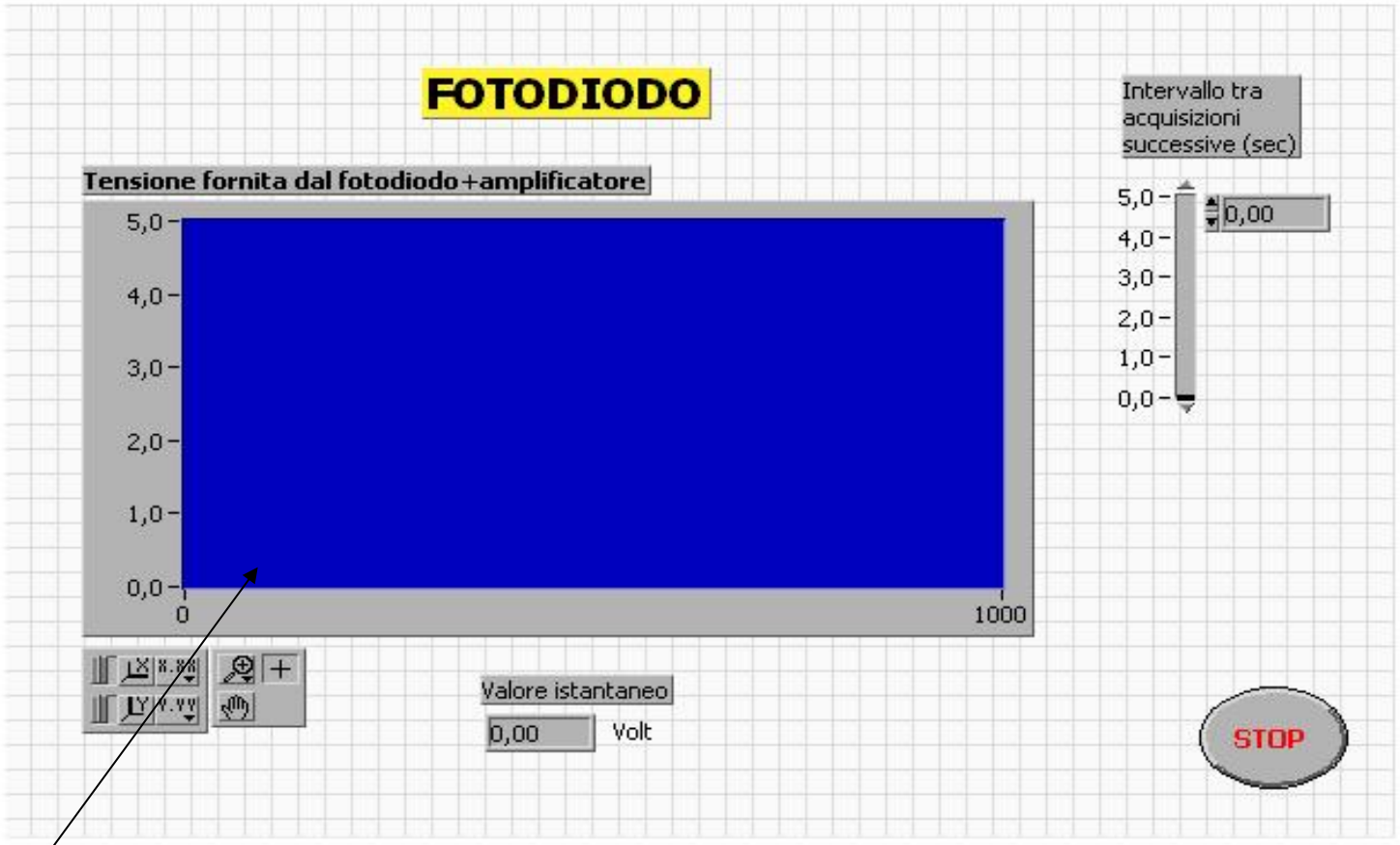
TYPICAL CHARACTERISTIC CURVES @ 25°C (UNLESS OTHERWISE NOTED)





~580 nm

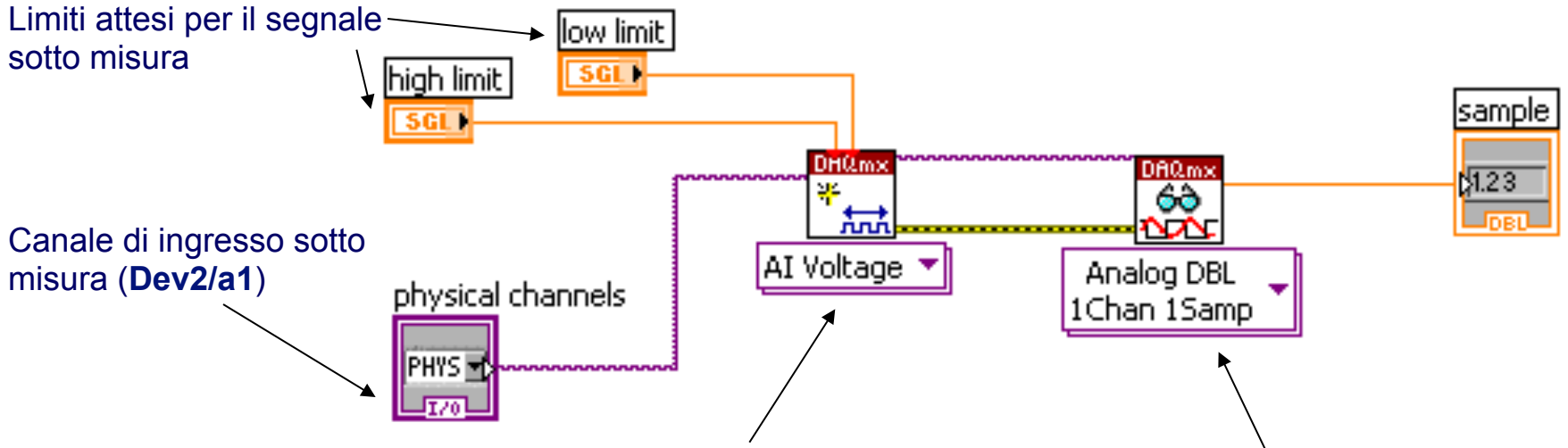
Pannello frontale



Waveform chart

DAQmx Create Channel.vi e DAQmx Read.vi

- DAQmx Create Channel.vi fornisce alla scheda di acquisizione informazioni riguardanti il tipo e il range dei segnali che deve ricevere in ingresso e il canale da cui deve leggere questi dati
- DAQmx Read.vi campiona il segnale proveniente dal canale specificato e riporta il valore misurato

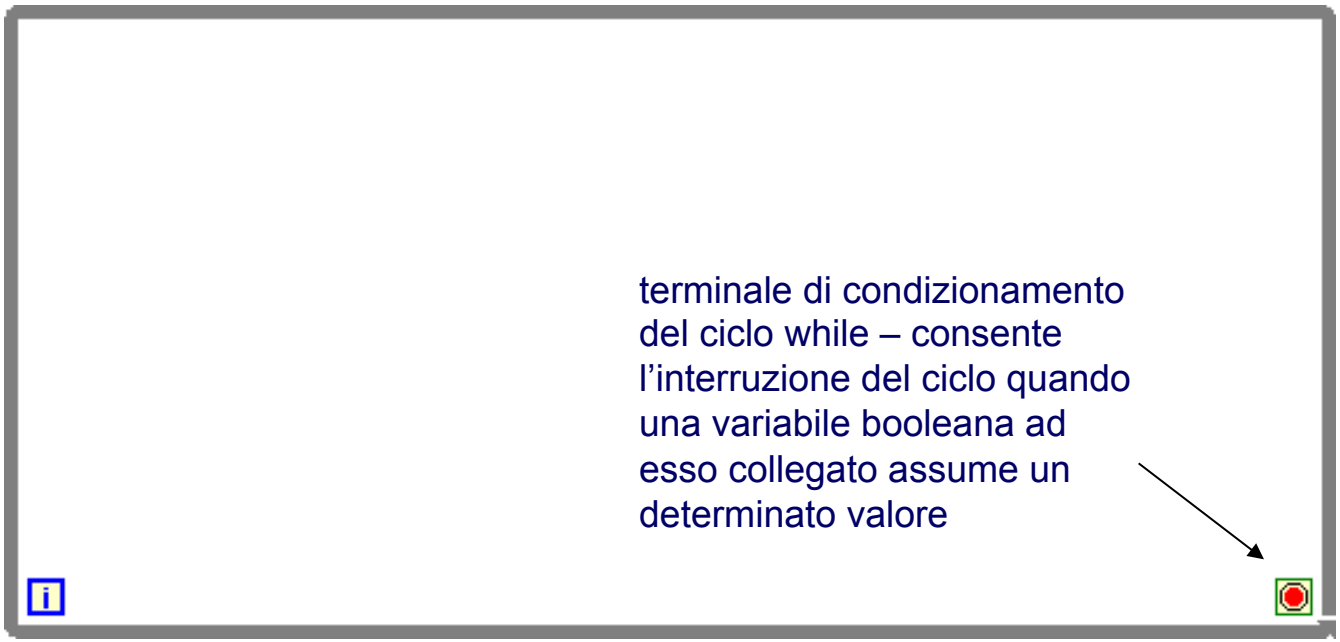


`Measurement I/O -> DAQmx Data Acquisition -> DAQmx Create Channel.vi`

`Measurement I/O -> DAQmx Data Acquisition -> DAQmx Read.vi`

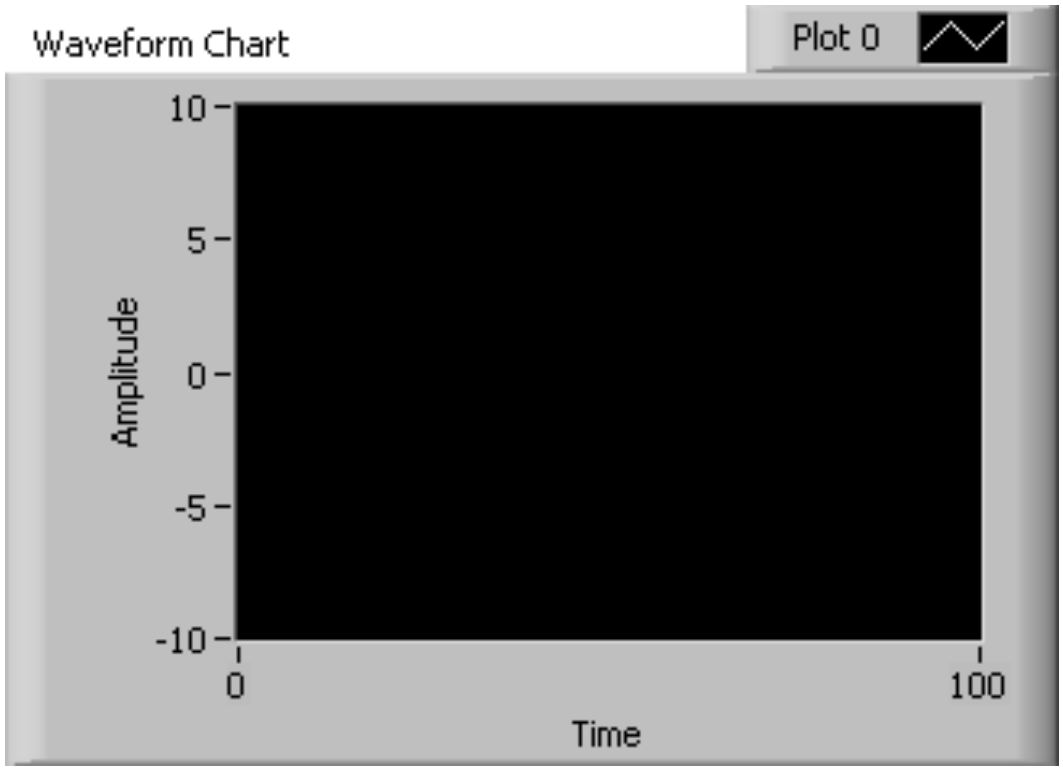
Ciclo while

- Da utilizzare per rendere possibile l'acquisizione continua del segnale di tensione proveniente dal circuito di condizionamento (si trova nel menu `Structures` della Functions palette). Il programma deve consentire l'interruzione dell'acquisizione mediante un interruttore booleano (pulsante "stop")



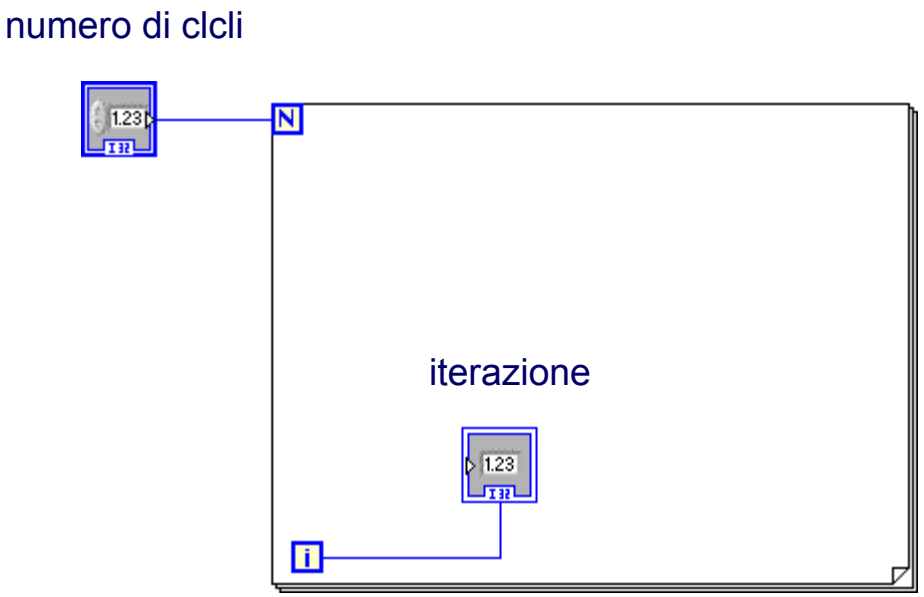
Waveform chart

- Da utilizzare per la rappresentazione grafica dei dati acquisiti (si trova nel menu `Graph` della Controls palette). Ammette come ingresso un dato scalare (ovvero il campione acquisito)



Ciclo for

- Utile per migliorare l'accuratezza della misura poiché consente di ridurre l'effetto dei disturbi a media nulla sovrapposti al segnale



- Invece di rappresentare ogni singolo campione acquisito si rappresenta la media di **n** campioni; di conseguenza la velocità con cui i dati misurati vengono riportati sul grafico si riduce di un fattore **n**