

## Terza esercitazione

### 1. IL Diodo

Il diodo è un bipolo con il Catodo (terminale negativo) contrassegnato da una barra. Mediante multimetro è possibile verificare quale sia il terminale positivo e quale sia il terminale negativo (da una parte segna 0,6V e dall'altra 0). Il tester ha la funzione "diodo" e collegando il terminale positivo (rosso) all'anodo e il terminale negativo (nero) al catodo si misura la tensione di caduta in mV quando nel diodo viene fatta passare corrente. In particolare il tester suona se la resistenza del diodo è bassa (10-50 Ohm). In figura il **diodo 1N4007** utilizzato nelle esercitazioni.



### 2. Il datasheet

Il datasheet è il documento che il costruttore del componente redige per aiutare il progettista di sistemi elettronici nell'uso del componente.

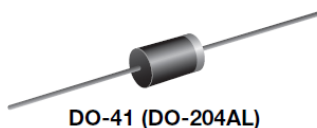


**1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007**

[www.vishay.com](http://www.vishay.com)

Vishay General Semiconductor

## General Purpose Plastic Rectifier



DO-41 (DO-204AL)

### FEATURES

- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability
- Solder dip 275 °C max. 10 s, per JESD 22-B106
- Material categorization: for definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)



RoHS  
COMPLIANT

PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_{F(AV)}$	1.0 A
$V_{RRM}$	50 V, 100 V, 200 V, 400 V, 600 V, 800 V, 1000 V
$I_{FSM}$ (8.3 ms sine-wave)	30 A
$I_{FSM}$ (square wave $t_p = 1$ ms)	45 A
$V_F$	1.1 V
$I_R$	5.0 $\mu$ A
$T_J$ max.	150 °C
Package	DO-41 (DO-204AL)
Circuit configuration	Single

### TYPICAL APPLICATIONS

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters, and freewheeling diodes application.

### MECHANICAL DATA

**Case:** DO-41 (DO-204AL), molded epoxy body  
Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating  
Base P/N-E3 - RoHS-compliant, commercial grade

**Terminals:** matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102

E3 suffix meets JESD 201 class 1A whisker test

**Polarity:** color band denotes cathode end

Una delle cose più importanti da guardare nell'uso di un componente sono i limiti d'impiego (Maximum ratings). Si noti ad esempio la massima corrente  $I_{F(AV)}$  che il diodo può supportare continuamente (1 A), mentre per brevissima durata, a livello di fenomeno isolato, riesce a funzionare anche per correnti maggiori ( $I_{FSM} = 30$  A).

Cosa succede se applico al diodo una corrente di poco superiore alla sua massima corrente di funzionamento (es. 1,2 A)? Non fatelo, ma probabilmente, oltre a scaldare molto, non succede nulla di grave e il componente continua a funzionare ma il costruttore non garantisce più che siano rispettati tutti i valori nel datasheet.

Si osservi il massimo valore di tensione inversa che il diodo può supportare ( $V_{DC}=1000V$ ).

MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	$V_{RRM}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage	$V_{RMS}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage	$V_{DC}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5 mm) lead length at $T_A = 75\text{ }^\circ\text{C}$	$I_{F(AV)}$	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	$I_{FSM}$	30							A
Non-repetitive peak forward surge current square waveform $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ (fig. 3)	$t_p = 1\text{ ms}$	45							A
	$t_p = 2\text{ ms}$	35							
	$t_p = 5\text{ ms}$	30							
Maximum full load reverse current, full cycle average 0.375" (9.5 mm) lead length $T_L = 75\text{ }^\circ\text{C}$	$I_{R(AV)}$	30							$\mu\text{A}$
Rating for fusing ( $t < 8.3\text{ ms}$ )	$I^2t\text{ (}^1\text{)}$	3.7							$\text{A}^2\text{s}$
Operating junction and storage temperature range	$T_J, T_{STG}$	-50 to +150							$^\circ\text{C}$

Altra cosa importante sono le caratteristiche elettriche, dove ad esempio vediamo che la caduta di tensione diretta a 1A di corrente ( $V_F=1,1\text{V}$ ) è ben maggiore degli 0,7V stimati. Le caratteristiche termiche servono invece per capire se è necessario utilizzare sistemi di dissipazione del calore.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)										
PARAMETER	TEST CONDITIONS	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum instantaneous forward voltage	1.0 A	$V_F$	1.1							V
Maximum DC reverse current at rated DC blocking voltage	$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	$I_R$	5.0							$\mu\text{A}$
	$T_A = 125\text{ }^\circ\text{C}$		50							
Typical junction capacitance	4.0 V, 1 MHz	$C_J$	15							pF

Si osservi in figura 4 l'andamento della tensione diretta al variare della corrente diretta, che mostra come per correnti piccole la caduta sul diodo sia circa 0,6V (corrente pari a 10mA).  $I = I_0(e^{V/(n \cdot V_T)} - 1)$

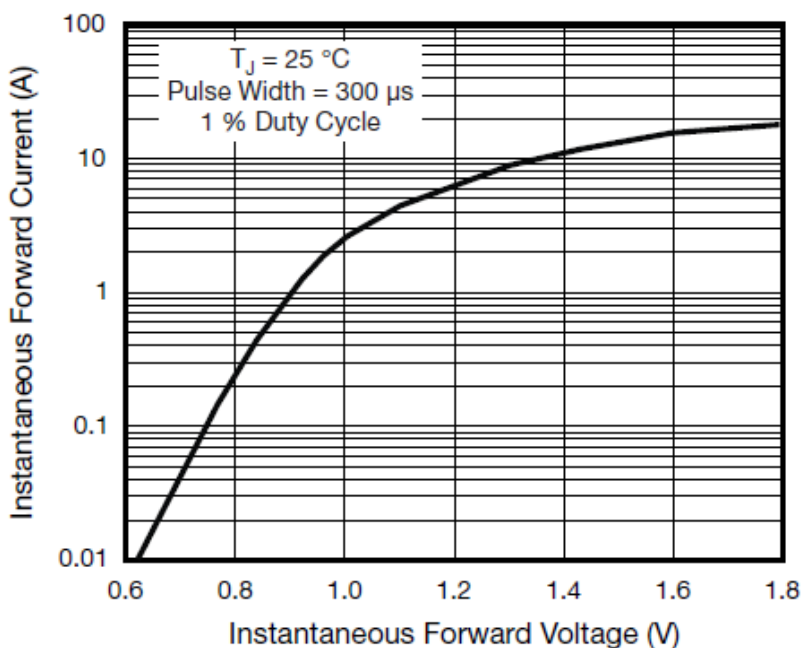
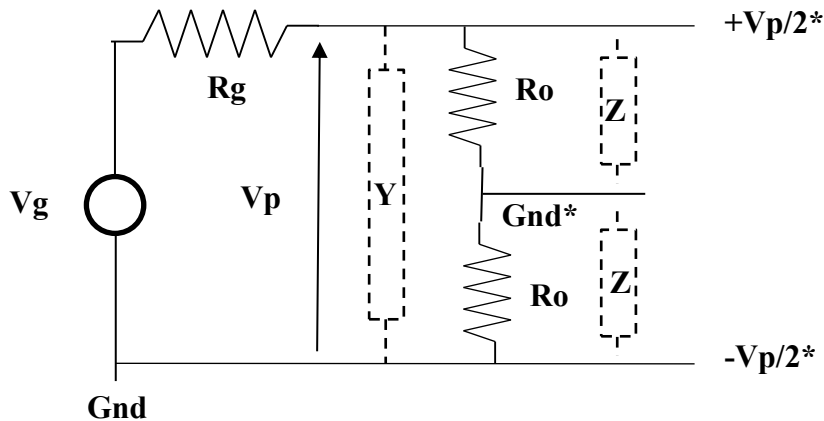


Fig. 4 - Typical Instantaneous Forward Characteristics

### 3. Creare un sistema di alimentazione bipolare da un sistema monopolare

La nostra scheda alimentatore genera due alimentazioni monopolari: +5V e gnd; +3,3V e gnd.

Immaginiamo di aver bisogno di un sistema di alimentazione bipolare, ossia formato da 3 terminali: +V, gnd -V. Immaginiamo quindi di generare un riferimento bipolare -2,5V gnd +2,5V a partire dall'alimentazione monopolare +5V gnd. Ricordiamo che una tensione di alimentazione  $V_p$  è approssimata da un generatore di tensione ideale  $V_g$ , ossia da un generatore in grado di fornire una tensione costante qualunque sia il valore di corrente in uscita, in serie ad una resistenza  $R_g$ . Il valore di  $R_g$  è molto piccolo in quanto, se utilizzo l'alimentatore con un carico  $Y$ , la tensione  $V_p$  è il partitore tra  $Y$  e  $R_g$ ,  $V_p = V_g * Y / (Y + R_g)$ . Quindi  $R_g \ll Y$

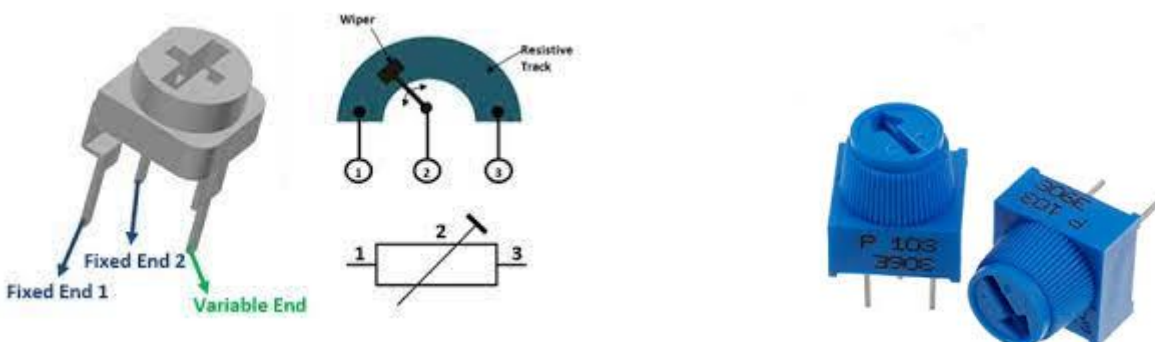


Per ottenere un sistema di alimentazione duale è necessario utilizzare 2 resistenze  $R_o$  di valore molto piccolo; infatti un carico  $Z$  andrebbe in parallelo a  $R_o$  e, se  $Z \gg R_o$  allora il valore del parallelo è ancora praticamente pari a  $R_o$  e quindi continuo ad avere  $gnd^*$  a metà tra i segnali originari di  $V_p$  e  $gnd$ . Ovviamente la serie delle due resistenze  $R_o$  agisce come un partitore su  $R_g$  e pertanto si avrebbe  $V_p = V_g * 2R_o / (2R_o + R_g)$ . Complessivamente si deve avere quindi  $R_g \ll R_o \ll Z$  e quindi questo metodo si può applicare solo se il carico  $Z$  assorbe poca corrente ( $Z$  abbastanza elevato).

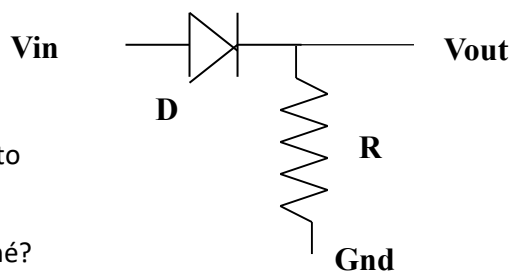
### 4. Il potenziometro

Il potenziometro o trimmer è una resistenza a valore variabile tra 0 e il valore nominale. Dispone di tre pin: la resistenza tra i due pin estremi è pari al valore nominale del trimmer (nel nostro caso 10k $\Omega$ ). Il valore  $R$  ( $R < 10k\Omega$ ) tra il pin centrale e uno dei due pin estremi è regolabile girando la freccetta e, conseguentemente, il valore tra il pin centrale e l'altro pin estremo risulta 10k-R.

NOTA IMPORTANTE: ricordarsi che il valore del potenziometro può scendere fino a 0 (corto circuito), per cui utilizzatelo sempre in serie ad una resistenza minimo da 100 Ohm ( $R_{min} = 100$  quindi la corrente risulta limitata superiormente).



### 5. Circuito con diodo in DC (tensione continua)



Si monti il circuito in figura utilizzando il diodo D 1N4007 con  $V_{in}=5V$  e  $R=10k\Omega$ . Misurando con il multimetro su  $V_{out}$  quanto si ottiene?

Se si utilizza una resistenza da  $1k\Omega$  il valore si modifica? Perché?

Il diodo ha una caratteristica reale che è esponenziale

$$I = I_d = I_R = I_0(e^{V/(nV_t)} - 1)$$

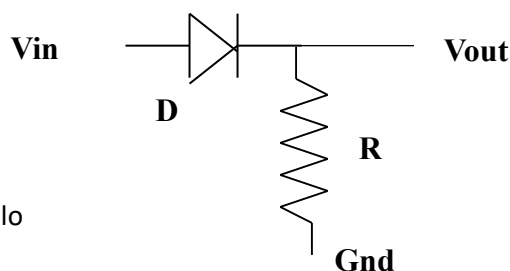
e il modello lineare a tratti con non-linearità a  $0,7V$  è un'approssimazione pensata per una corrente diretta  $I_F$  di decine di mA. Se la corrente è inferiore anche la tensione è inferiore. Se si misura in DC la tensione  $V_r$  ai capi della resistenza ( $V_r=V_{out}$  in figura), noto il valore di  $R$ , è possibile ricavare la misura indiretta di  $I_d=I_r=V_r/R$  mentre la potenza  $P_r$  dissipata dalla resistenza sarà  $V_r \cdot I_r$ . Si veda dalla tabellina di seguito come la caduta ai capi del diodo non sia pari a  $0,7V$  ma aumenti al variare della corrente secondo la nota legge esponenziale  $I = I_0(e^{V/(nV_t)} - 1)$ . Si completi la tabellina inserendo i valori per  $R = 100k$  e  $R = 1M$ .

R	$V_r$	$V_d$	$I_d$ [mA]	$P_r$ [mW]
1M				
100k				
10k	4,37	0,567	0,437	1,9
1k	4,27	0,675	4,27	18
100	4,17	0,77	41,7	174

**NOTA IMPORTANTE:** le resistenze sono da  $1/4$  Watt = 250 mW quindi la resistenza da 100 dovrebbe scaldare (attenzione a non ustionarsi).

Nota: sostituire ad  $R$  la serie tra il potenziometro da 10k e una resistenza da 220 Ohm ed esaminare la variazione di  $V_d$  al variare di  $I_d$ .

### 6. Circuito con diodo (raddrizzatore a semionda) in AC

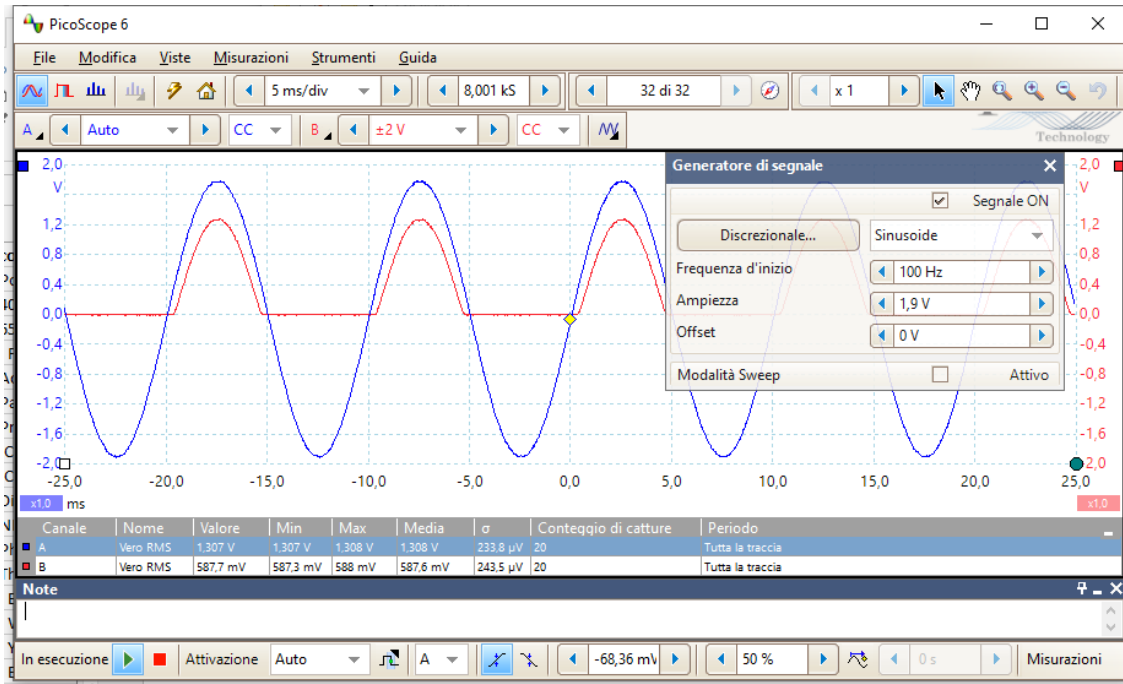


Segnale sinusoidale

Il diodo ha un comportamento non lineare e lascia passare solo la semionda positiva. In presenza della semionda negativa il diodo non conduce e l'uscita è tenuta a massa dalla resistenza  $R$ .

Si consideri  $R=10k\Omega$ , sinusoide a  $3,8V_{pp}$  a 100 Hz generata con il generatore di segnale (blu).

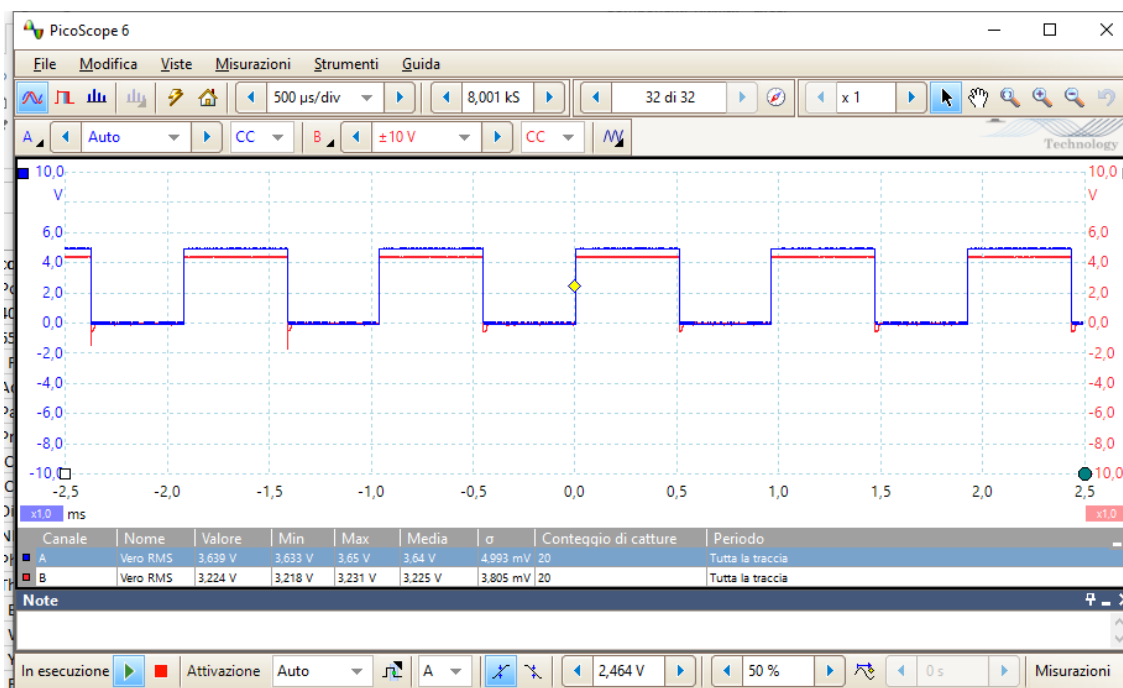
Verificare con l'oscilloscopio che passa solo la semionda positiva (rosso) a meno di circa 0,6V (non sono 0,7V perché la corrente che passa nel diodo è piccola (circa 0,2mA)).



Si ricorda che con un **diodo Schottky** (tipo BAT85, non incluso nel kit) la caduta di tensione si riduce a meno di 0,3V.

### Segnale ad onda quadra su scheda

Si utilizzi il segnale proveniente dall'oscillatore ad onda quadra montato su scheda e, misurando con il multimetro in DC (valore medio), si dovrebbe osservare che il segnale di uscita si è portato a circa 2,3V dai 2,6V. Il segnale è infatti calato di 0,6V ma trattandosi di un'onda quadra e misurando il valore medio, si apprezza solo la metà della variazione. Nota: effettuando le misure in AC si osserva una diminuzione analoga.



## Segnale ad onda quadra bipolare su scheda

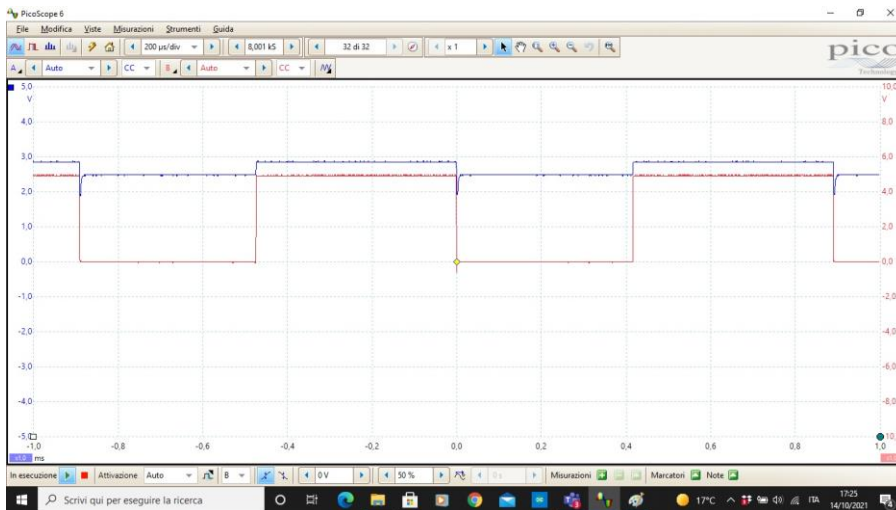
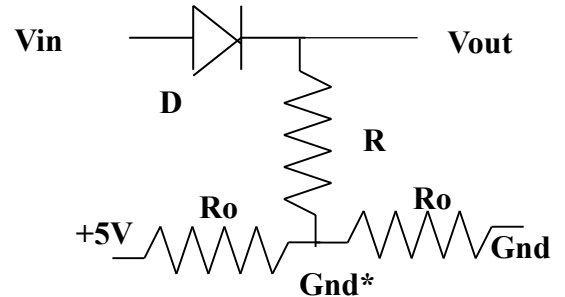
Il segnale generato dal dispositivo 74HC132 è un'onda quadra tra 0 e 5V; se genero un nuovo riferimento stabile a 2,5V, che chiamo  $gnd^*$ , e riferisco tutti i circuiti e le misure a  $gnd^*$  (effettuo un cambio di riferimento, come quando traslo in piano cartesiano) allora, rispetto a  $gnd^*$ , il segnale generato dal dispositivo 74HC132 è un segnale ad onda quadra tra +2,5V e -2,5V.

Realizzo il riferimento stabile  $gnd^*$  a +2,5V mediante partitore tra due resistenze **Ro da 1k** e riferisco a  $gnd^*$  il circuito diodo-resistore analizzato prima come mostrato nella figura a lato, utilizzando i valori **R=2k**.

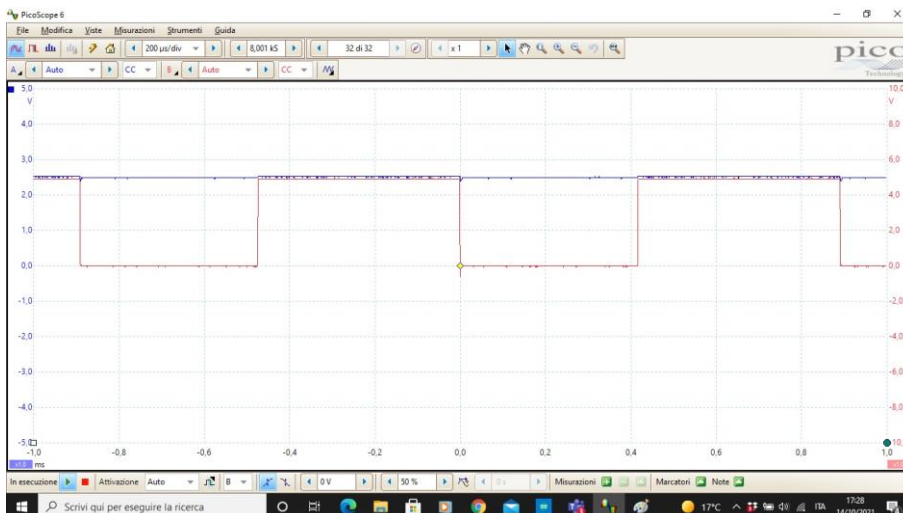
Osservando il segnale all'oscilloscopio vedo che il segnale  $Gnd^*$  (segnale blu) non è un segnale stabile ma oscilla tra 2,5 V e un valore di poco inferiore rispetto a 3V.

Infatti, quando il diodo è interdetto (segnale  $V_{in}=0$ , segnale rosso) allora non scorre corrente in R e  $Gnd^*$  è effettivamente la tensione di partitore in quanto nelle due resistenze  $R_o$  scorre la stessa corrente. Quando invece  $V_{in}=5V$ , allora  $V_{out}=4,3V$  e in R scorre corrente e si ha:

$$(5V - gnd^*)/R_o + (4,3 - gnd^*)/R = gnd^*/R_o \quad \text{ossia} \quad gnd^* = (5R + 4,3R_o)/(2R + R_o) = 2,86 V$$



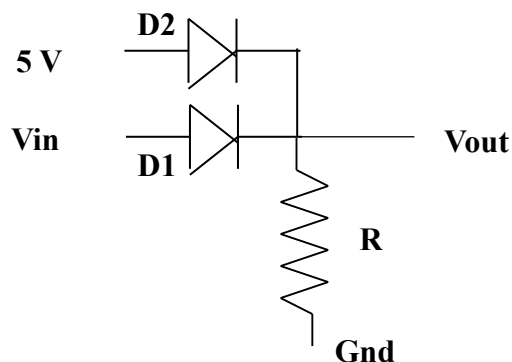
Se invece  $R_o \ll R$  allora  $gnd^*$  tende a 2,5V. In figura il comportamento utilizzando  $R=2k$  e  $R_o=100$  (nella formula risulterebbe  $gnd^* = 2,54 V$ )



## 7. CIRCUITO "VINCE IL MAGGIORE"

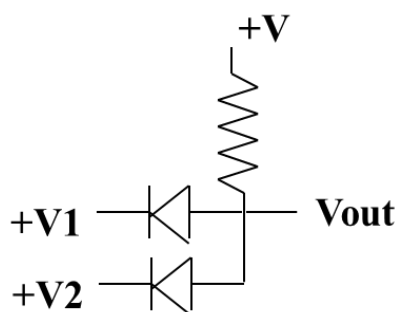
Aggiungere un diodo D2 (1N4007) a catodo comune con D1 (1N4007) e collegare l'anodo ai 5V da bassetta. Applicare al posto di Vin i 3.3V da bassetta e verificare che la tensione Vout è pari a 4,35V circa (ha vinto la tensione maggiore tra i 5V e i 3,3V).

NOTA: Se in laboratorio si vuole dare un segnale Vin da generatore di funzione e si vuole utilizzare i 5V dall'alimentatore da banco **RICORDARSI DI COLLEGARE LA MASSA DELL'ALIMENTATORE DA BANCO ALLA MASSA DEL GENERATORE.** Generare una sinusoide 8Vpp con offset di 4V da applicare a Vin e verificare il funzionamento del circuito (R=10kΩ).



## 8. CIRCUITO "VINCE IL MINORE"

Si applichi V1 = +3,3V V2 = GND e +V = 5V e si misuri Vout con il multimetro, che dovrebbe risultare pari a circa 600mV (R = 10kOhm)



## 9. CIRCUITO RILEVATORE DI PICCO IN AC

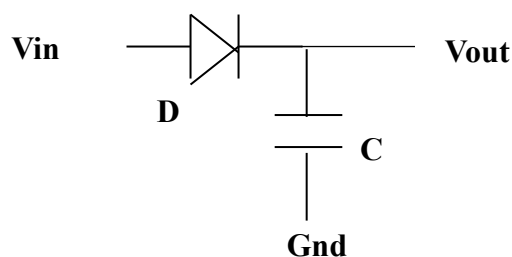
Segnale sinusoidale

Il diodo ha un comportamento non lineare e lascia passare solo la semionda positiva, ma il condensatore C mantiene la tensione di picco contropolarizzando il diodo. Il circuito viene utilizzato come rilevatore di picco.

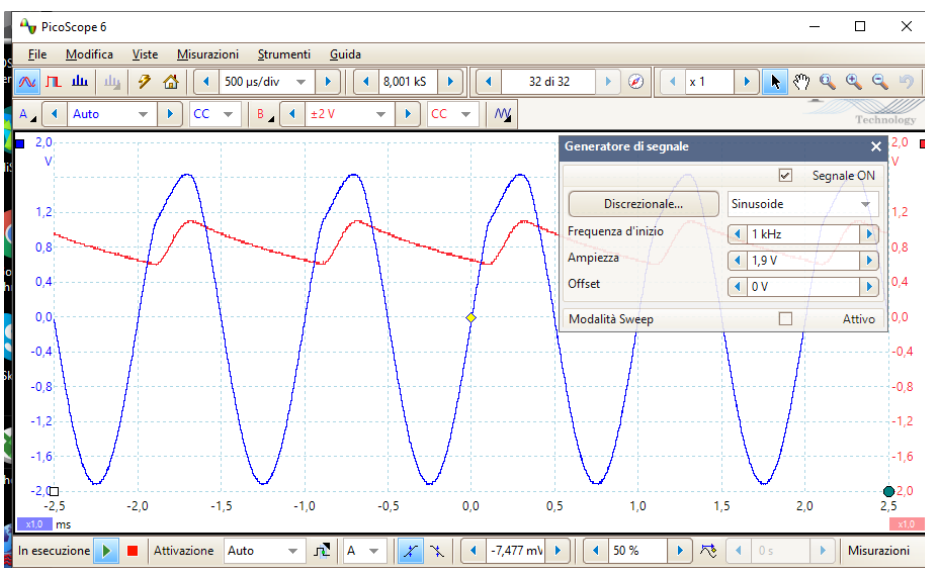
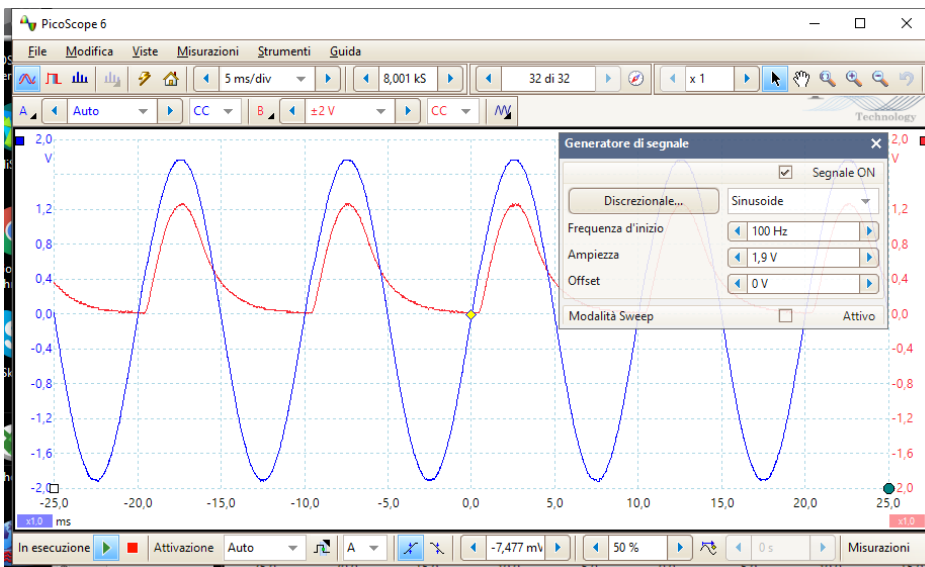
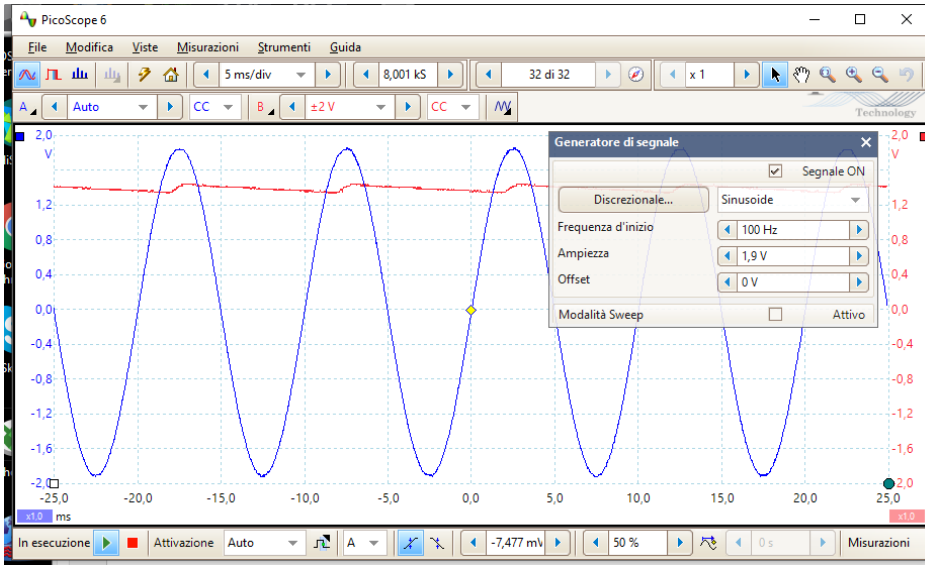
Provato con C=100nF, sinusoide a 3,8Vpp a 100 Hz.

Si noti come Vout (rosso) segue la sinusoide (-0,6V) nel picco di salita e poi il segnale si mantenga.

Come si vede nella figura successiva, il rilevatore di picco non ha una buona impedenza di uscita (elevata) e basta inserire una resistenza da 10kOhm in parallelo al condensatore C (resistenza di carico) per vedere tutt'altra forma d'onda, nella quale il segnale "perde" memoria del picco rapidamente. Questo succede perché la carica immagazzinata nel condensatore non è tanta e si scarica rapidamente sulla resistenza (la corrente di scarica è carica per unità di tempo).



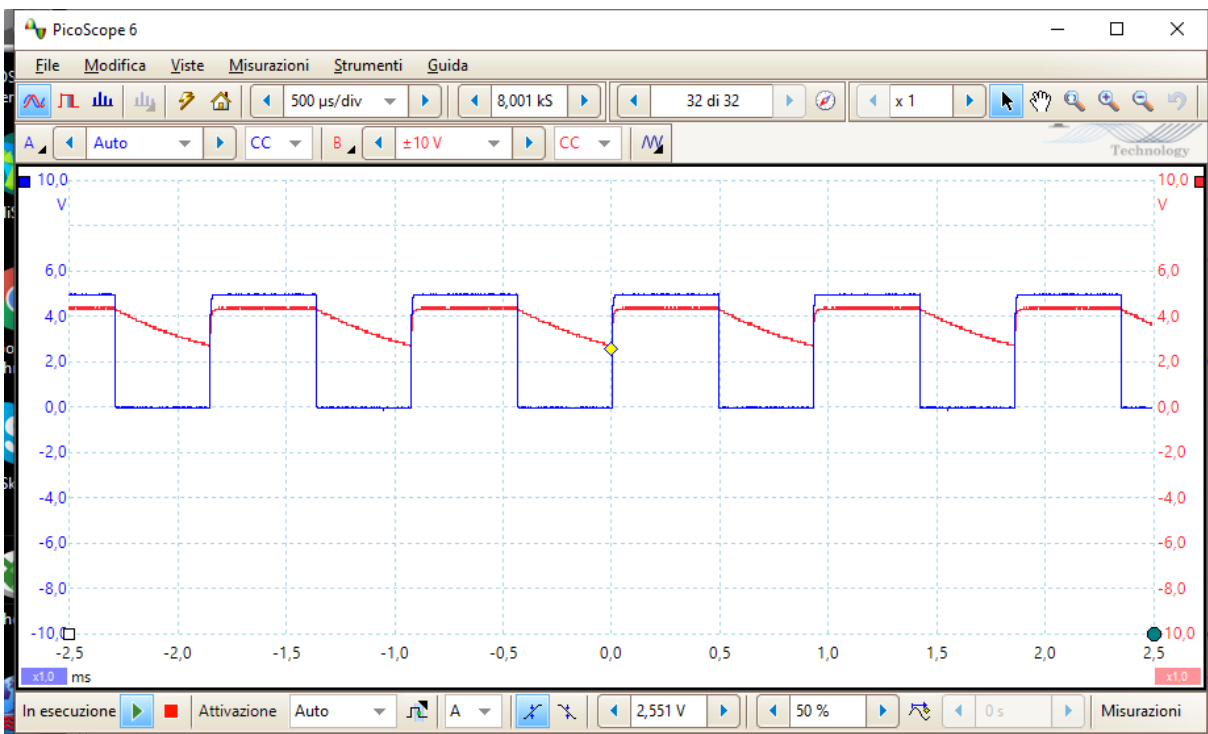
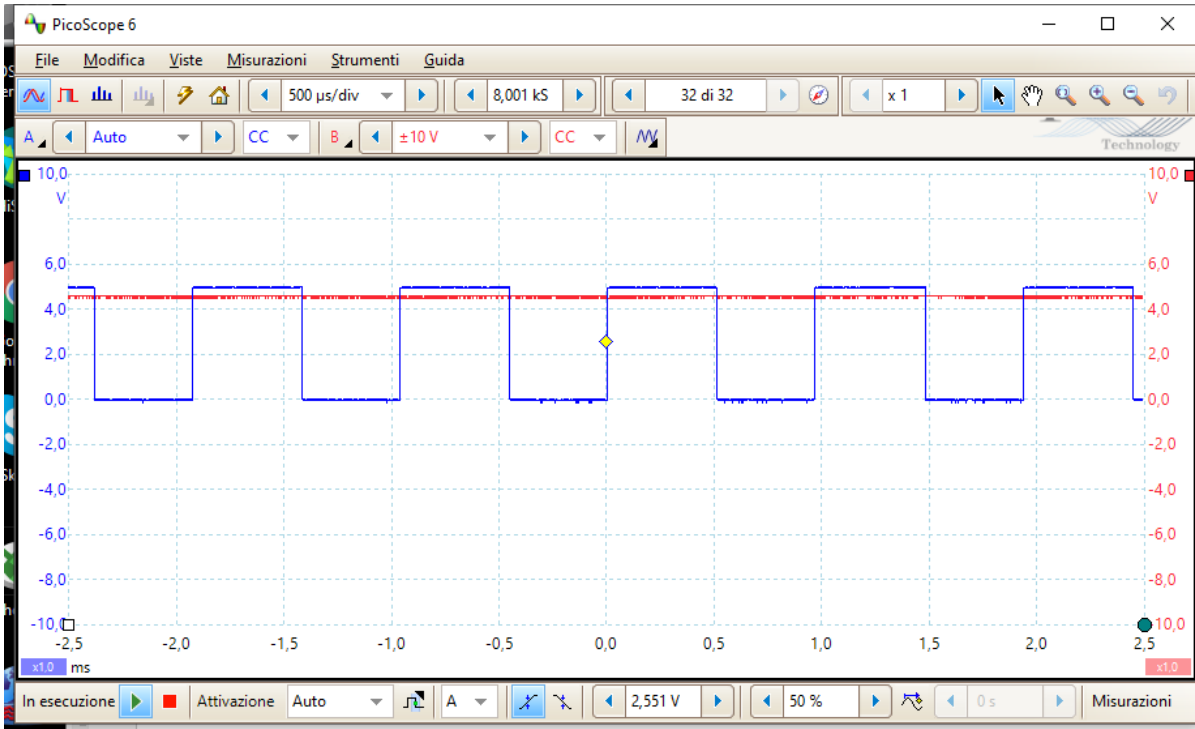
A frequenza di 1 kHz e con la resistenza da 10k inserita la scarica è meno accentuata (Si noti anche il limite del generatore del PicoScope, che dovrebbe essere adattato in impedenza, vedi amplificatori operazionali, emitter follower)





### Segnale onda quadra riferito a gnd

Si alimenti il circuito con l'onda quadra del generatore a bordo scheda basato sul 74HC132 (pin 8) e si vedano le misure senza e con la resistenza da 10k. Misurando con il multimetro in DC senza resistenza si dovrebbe misurare circa 4,5 V, con la resistenza inserita in parallelo al condensatore si dovrebbe misurare circa 3,9 V. Le figure mostrano rispettivamente l'andamento senza e con la resistenza.



## 10. Il diodo zener

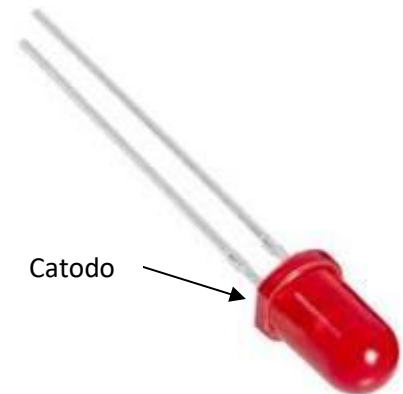
Nel kit sono presenti 2 diodi zener da 2,5V. Si veda in figura il diodo zener, dove il catodo è contrassegnato dalla banda nera. Al contrario del normale diodo, che non conduce per polarizzazione inversa, il diodo zener conduce per polarizzazione se si supera il suo valore di tensione nominale.



Si colleghi +5V a un terminale di una resistenza da 220 e si colleghi il secondo terminale della resistenza all'anodo del diodo mettendo il catodo a massa. Si verifichi con il tester che il diodo zener in polarizzazione diretta conduce come un normale diodo a circa 20mA (caduta di circa 0,75V, si verifichi che con una resistenza da 2K la caduta di tensione scende a circa 0,7V). Si cambi polarizzazione al diodo zener, ossia si colleghi il catodo al terminale della resistenza da 220 Ohm che non è collegato a +5V. Si verifichi che la tensione è circa 2,3V. Se faccio la stessa prova sostituendo la resistenza a 220 Ohm con quella da 2k le tensioni scendono, perché lo zener è preciso solo se gli scorre la corrente di Zener (vedi datasheet dello zener, 20mA, condizione raggiungibile con una resistenza da 100 Ohm o meglio con il parallelo di due resistenze da 220 (meno calore). Si faccia la misura della tensione inversa di un normale diodo 1N4007 (pari a circa 5V) e si osservi che quindi nella resistenza non passa corrente qualunque sia il valore della resistenza.

## 11. Il diodo led

Si colleghi +5V a un terminale di una resistenza da 220 e si colleghi il secondo terminale della resistenza all'anodo del diodo led (terminale più lungo) mettendo il catodo (al tatto si riconosce perché non è tondo) a massa. Si utilizzi un led rosso. Il diodo led rosso dovrebbe accendersi e la tensione ai suoi capi dovrebbe essere circa di 1,8V e non i soliti 0,7V circa che ci aspettiamo da un diodo.



Il diodo LED ha una tensione di polarizzazione diretta che varia di colore a seconda della lunghezza d'onda della luce che emettono (non è solo il colore della plastica), ed emettono tanta più luce quanta più corrente li attraversa.

Si verifichi con il multimetro la tensione di caduta dei led di diversi colori utilizzando come resistenze di polarizzazione 220 Ohm, 2kOhm e 10kOhm. Si verifichino i risultati ottenuti con la seguente tabella di valori nominali ottenuti con corrente diretta di circa 15-20mA. Si osservi come la luminosità varia al variare della corrente, che si può calcolare in base alla tensione misurata  $V_m$  e che è pari a  $(5V - V_m)/R$

Tipo LED	Tensione nominale [V]	+5V, 220 Ohm	+5V, 2000 Ohm	+5V, 10 kOhm
Rosso	1,8	2,04	1,81	1,74
Giallo	1,9	2,20	1,94	1,85
Verde	2,0	2,01	1,90	1,83
Bianco	3,0	2,87	2,62	2,55
Blu	3,5	2,83	2,59	2,48