

DIODO DI PRECISIONE E RADDRIZZATORI DI PRECISIONE

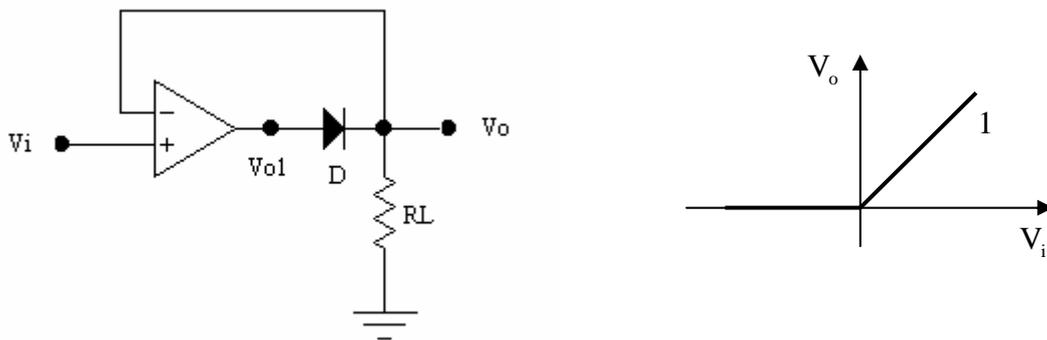
I **raddrizzatori** (o rettificatori) sono circuiti impiegati per la trasformazione di segnali bidirezionali in segnali unidirezionali.

Usando, però, diodi per raddrizzare i segnali, si avrà lo svantaggio di non poter raddrizzare segnali la cui ampiezza è inferiore alla tensione di soglia a cui (idealmente) il diodo entra in conduzione, ossia la tensione di soglia $V_\gamma \cong 0,7V$.

Un **raddrizzatore di precisione** è un circuito in grado di raddrizzare segnali di ampiezza minore di $0,7 V$ (ampiezza $10 \div 15 \mu\text{volt}$ in su).

Diodo di precisione

Il diodo di precisione è un circuito che funziona come un diodo ideale, ossia che ha una tensione di soglia di zero volt e resistenza differenziale nulla. Un circuito che realizza tale funzione è riportato in figura.



Un diodo di precisione è un circuito che permette di portare la soglia di conduzione di un diodo dal valore V_γ al valore $\frac{V_\gamma}{A_o}$, dove A_o è l'amplificazione ad anello aperto dell'amplificatore operazionale.

Il funzionamento si riassume nel seguente modo:

- Se $V_i < 0 \Rightarrow V_{o1} < 0 \Rightarrow D$ interdetto \Rightarrow il carico R_L si trova collegato con un estremo a massa e l'altro estremo all'ingresso invertente che non può né erogare né assorbire corrente \Rightarrow non circola corrente in $R_L \Rightarrow$ non vi è alcuna caduta di tensione su essa \Rightarrow l'uscita si trova al potenziale di massa $\Rightarrow V_o = 0$

Risultando la rete di retroazione aperta, l'amplificatore operazionale si comporta da comparatore non invertente con tensione di riferimento lo zero volt della massa. L'uscita V_{o1} , che si trova in saturazione negativa, commuterà, cioè diventerà positiva tendendo alla saturazione positiva, quando V_i uguaglierà e supererà il valore di zero volt.

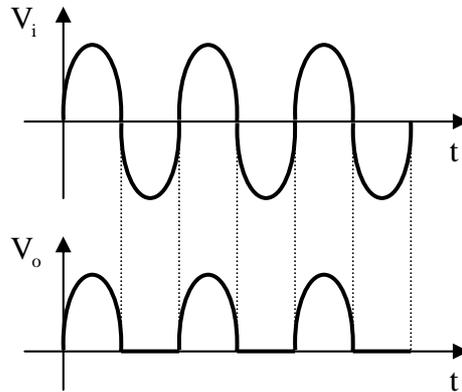
- Se $V_i > 0 \Rightarrow V_{o1} > 0 \Rightarrow D$ in conduzione diretta \Rightarrow viene chiuso l'anello di retroazione negativo \Rightarrow il circuito si comporta da inseguitore $\Rightarrow V_o = V_i$

Poiché il diodo entra in conduzione alla tensione V_γ , è sufficiente una tensione di ingresso di

$$V_i = \frac{V_\gamma}{A_o} \text{ per portare } V_{o1} \text{ al valore } V_\gamma. \text{ Essendo } A_o \text{ dell'ordine di } 10^5, \text{ è sufficiente una tensione } V_i$$

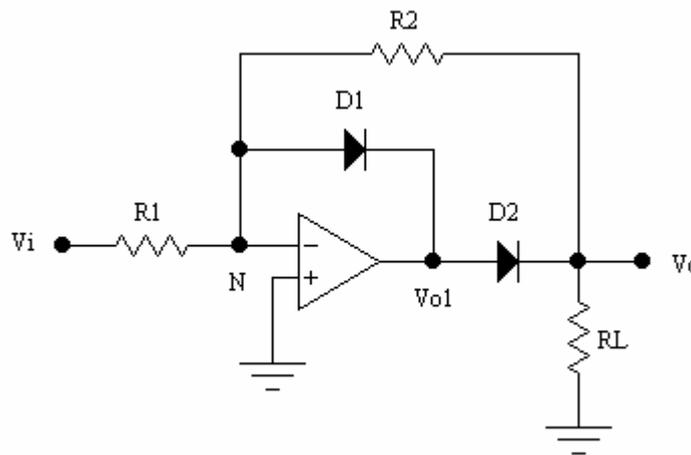
positiva della decina di micro volt.

Si ottiene, quindi, un circuito il cui comportamento è quello di un diodo con tensione di soglia circa nulla.



Raddrizzatore di precisione a singola semionda

E' un particolare circuito che può raddrizzare piccoli segnali, ad esempio 1 volt. In figura è illustrato il suo schema elettrico, costituito da due diodi, due resistenze e un amplificatore operazionale. È un raddrizzatore che trasferisce in uscita soltanto la semionda negativa del segnale di ingresso; e la inverte.



Se la tensione d'ingresso è nulla è nulla anche la tensione d'uscita dell'amplificatore operazionale V_{o1} ed entrambi i diodi sono interdetti. Il ramo con R_2 e R_L è collegato da una parte ad una massa virtuale (nodo N) e dall'altra parte a massa, pertanto non può circolare corrente e la tensione d'uscita V_o risulta nulla. L'amplificatore operazionale è ad anello aperto in configurazione di comparatore con tensione di riferimento la massa (zero volt, ingresso non invertente a massa).

Se si inserisce una tensione d'ingresso V_i positiva, la tensione V_{o1} risulta negativa, portando in conduzione il diodo D_1 , mentre D_2 rimane interdetto. L'anello di retroazione viene chiuso attraverso il diodo D_1 e l'amplificatore operazionale risulta in configurazione di inseguitore rispetto

l'uscita V_{o1} che risulta pari a $-V_\gamma$. Il ramo con R_2 e R_L è collegato ancora a due punti a potenziale nullo, pertanto la tensione d'uscita V_o risulta anch'essa nulla.

Se si inserisce una tensione d'ingresso V_i negativa, la tensione V_{o1} risulta positiva, portando in conduzione il diodo D_2 , mentre D_1 risulta interdetto. L'anello di retroazione viene chiuso attraverso il diodo D_2 e la resistenza R_2 e l'amplificatore operazionale risulta in configurazione di amplificatore invertente rispetto l'uscita V_o che risulta pari a $-\frac{R_2}{R_1} V_i$.

Viene trasmessa in uscita la semionda negativa del segnale d'ingresso V_i invertita, ossia viene raddrizzata una sola semionda del segnale d'ingresso.

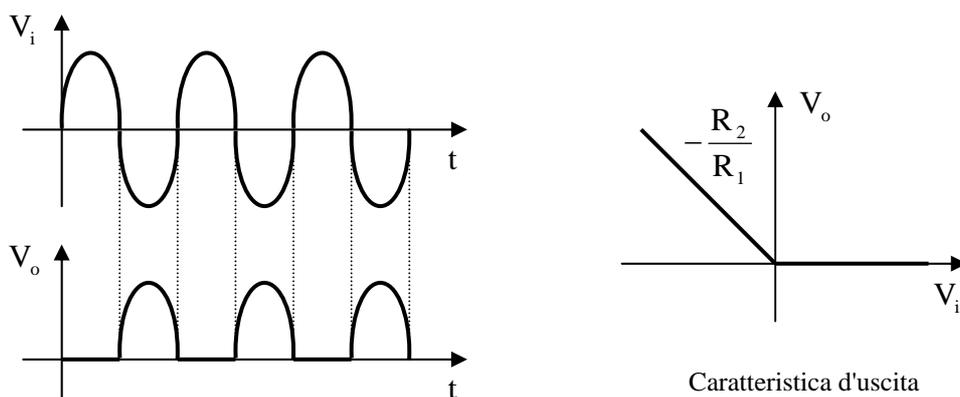
Riassumendo

– Se $V_i = 0 \Rightarrow V_{o1} = 0 \Rightarrow D_1$ e D_2 interdetti \Rightarrow circuito comparatore

– Se $V_i > 0 \Rightarrow V_{o1} < 0 \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ in conduzione} \\ D_2 \text{ interdetto} \end{cases} \Rightarrow V_o = 0$

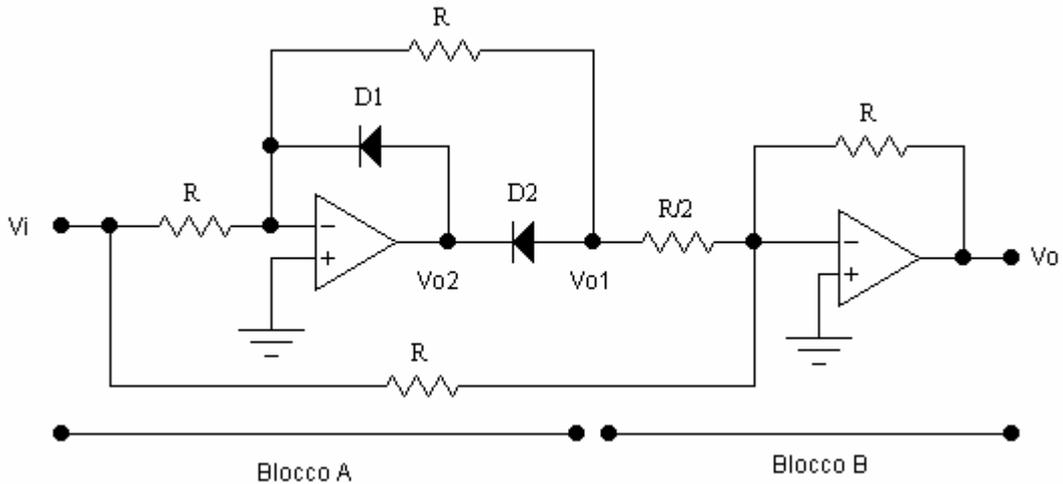
– Se $V_i < 0 \Rightarrow V_{o1} > 0 \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ interdetto} \\ D_2 \text{ in conduzione} \end{cases} \Rightarrow V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_i$

Di seguito sono riportati i segnali d'ingresso e d'uscita correlati e la caratteristica d'uscita.



Raddrizzatori di precisione a doppia semionda

Il circuito di figura è costituito da un raddrizzatore ad una semionda (blocco A) ed un sommatore invertente (blocco B).



La funzione d'uscita del sommatore è:
$$V_o = -\frac{R}{R} V_i - \frac{R}{\frac{R}{2}} V_{o2} = -V_i - 2V_{o1}$$

- Se si inserisce una tensione d'ingresso V_i positiva, la tensione V_{o2} risulta negativa, portando in conduzione il diodo D_2 , mentre D_1 rimane interdetto. L'anello di retroazione viene chiuso attraverso il diodo D_2 e la resistenza di retroazione R e l'amplificatore operazionale risulta in configurazione di amplificatore invertente rispetto l'uscita V_{o1} che risulta pari a $-V_i$. In uscita dal sommatore invertente si ha:

$$V_o = -V_i - 2V_{o1} = -V_i - 2(-V_i) = V_i.$$

- Se si inserisce una tensione d'ingresso V_i negativa, la tensione V_{o2} risulta positiva, portando in conduzione il diodo D_1 , mentre D_2 risulta interdetto. L'anello di retroazione viene chiuso attraverso il diodo D_1 e l'amplificatore operazionale risulta in configurazione di inseguitore rispetto l'uscita V_{o2} che risulta pari a $-V_i$. Il ramo con le resistenze R e $R/2$ è collegato ancora a due punti a potenziale nullo, pertanto la tensione d'uscita V_{o1} risulta anch'essa nulla. In uscita dal sommatore invertente si ha:

$$V_o = -V_i - 2V_{o1} = -V_i.$$

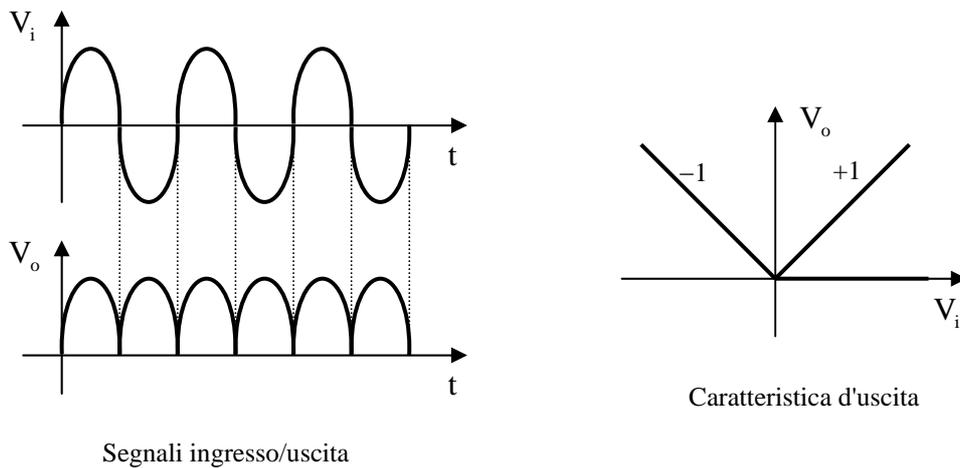
Vengono trasmesse in uscita entrambe le semionde negativa del segnale d'ingresso V_i , ossia vengono raddrizzate entrambe le semionde del segnale d'ingresso.

Riassumendo

- Se $V_i < 0 \Rightarrow V_{o1} > 0 \Rightarrow \left. \begin{array}{l} D_1 \text{ in conduzione} \\ D_2 \text{ interdetto} \end{array} \right\} \Rightarrow V_o = -V_i$

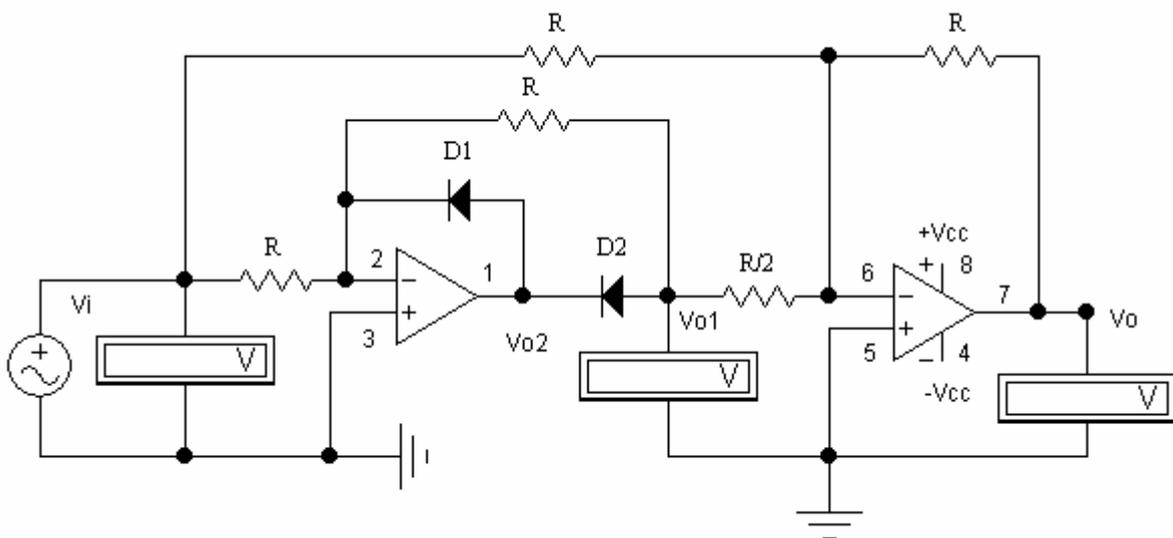
- Se $V_i > 0 \Rightarrow V_{o1} < 0 \Rightarrow$ $\left\{ \begin{array}{l} D_1 \text{ interdetto} \\ D_2 \text{ in conduzione} \end{array} \right. \Rightarrow V_o = V_i$

Di seguito sono riportati i segnali d'ingresso e d'uscita correlati e la caratteristica d'uscita.



VERIFICA SPERIMENTALE DI UN RADDRIZZATORE A DOPPIA SEMIONDA

Circuito per la verifica in continua

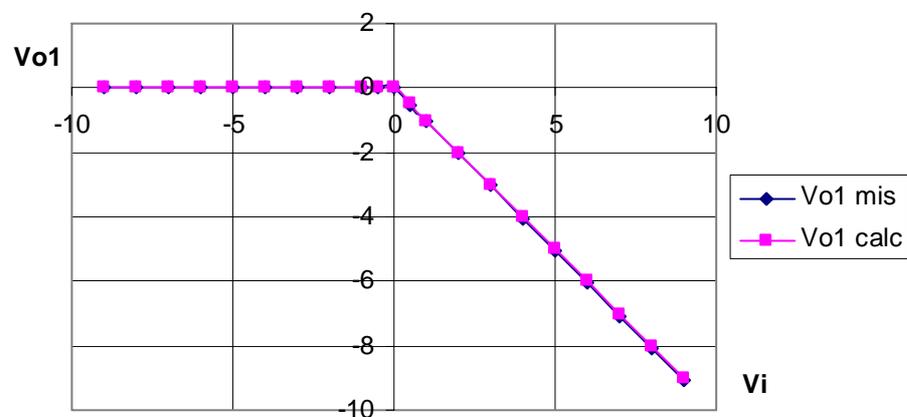


I componenti usati sono: $R = 22K\Omega$; $\frac{R}{2} = 22K\Omega // 22K\Omega$; $D_1 = D_2 = 1N4148$.

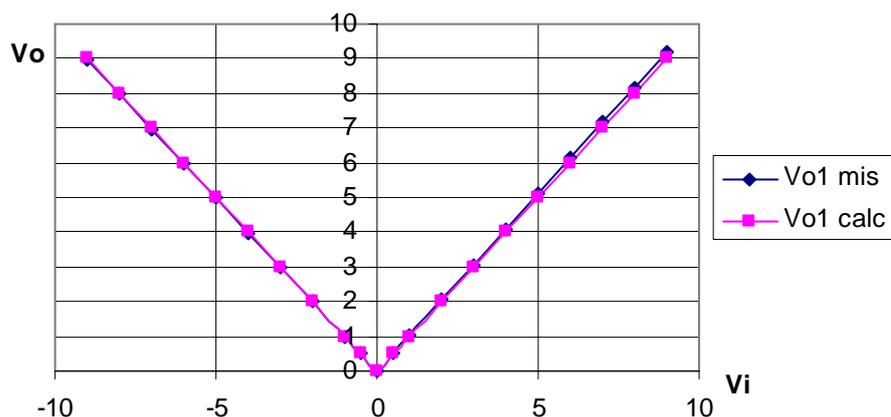
In tabella sono riportati i valori misurati sperimentalmente.

USCITA RADDRIZZATORE A SINGOLA SEMIONDA				USCITA RADDRIZZATORE A DOPPIA SEMIONDA			
N	Volt			N	Volt		
	V_i	V_{o1} mis	V_{o1} calc		V_i	V_o mis	V_o calc
1	-9	0	0	1	-9	8,965	9
2	-8	0	0	2	-8	7,968	8
3	-7	0	0	3	-7	6,974	7
4	-6	0	0	4	-6	5,978	6
5	-5	0	0	5	-5	4,979	5
6	-4	0	0	6	-4	3,982	4
7	-3	0	0	7	-3	2,988	3
8	-2	0	0	8	-2	1,992	2
9	-1	0	0	9	-1	0,996	1
10	-0,5	0	0	10	-0,5	0,495	0,5
11	0	0,000	0	11	0	0,000	0
12	0,5	-0,508	-0,5	12	0,5	0,509	0,5
13	1	-1,009	-1	13	1	1,018	1
14	2	-2,020	-2	14	2	2,042	2
15	3	-3,032	-3	15	3	3,067	3
16	4	-4,039	-4	16	4	4,089	4
17	5	-5,048	-5	17	5	5,111	5
18	6	-6,059	-6	18	6	6,135	6
19	7	-7,069	-7	19	7	7,158	7
20	8	-8,080	-8	20	8	8,182	8
21	9	-9,09	-9	21	9	9,205	9

Le caratteristiche d'uscita sono le seguenti:



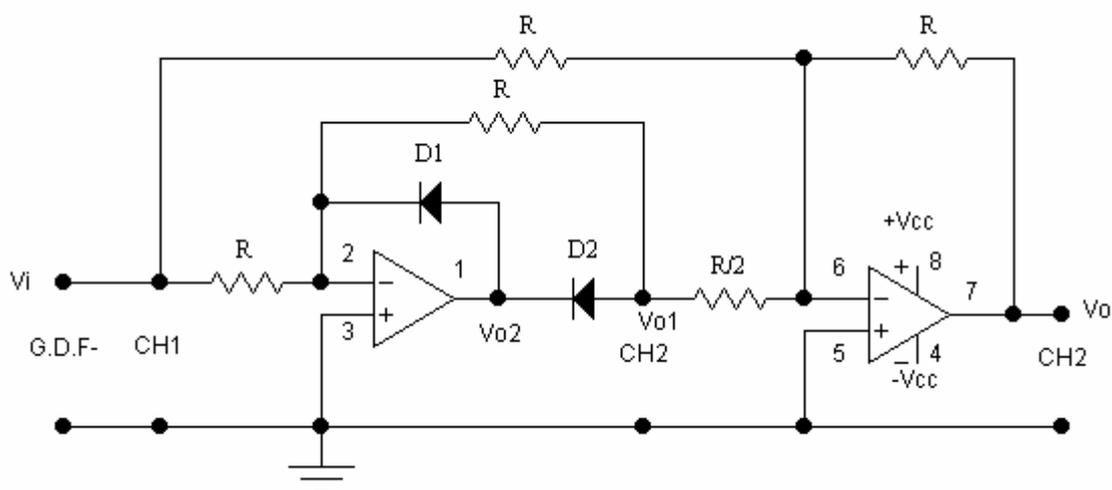
Raddrizzatore ad una semionda



Raddrizzatore a due semionde

La transcaratteristica ottenuta evidenzia la proprietà del circuito di raddrizzare entrambe le semionde. Trasferisce in uscita inalterato il segnale di ingresso se positivo, lo trasmette invertito se negativo.

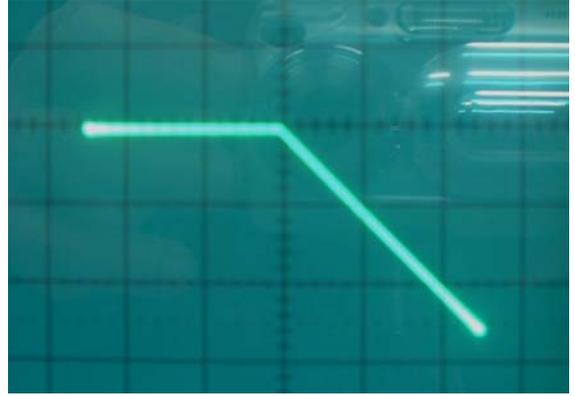
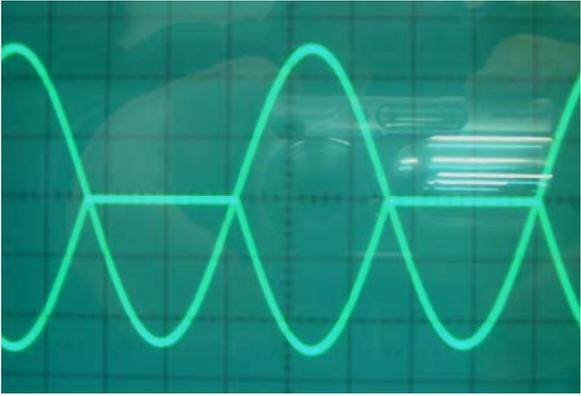
Circuito per la verifica in alternata



Si sollecita il circuito con segnale sinusoidale, quadro e triangolare di ampiezza $V_{iM} = 5V$ e frequenza $f = 1KHz$. Si riportano di seguito, sia per il raddrizzatore ad una semionda (uscita V_{o1}) sia per il raddrizzatore a due semionde (uscita V_o), gli oscillogrammi delle risposte ai segnali e la relativa transcaratteristica. CH1 e CH2 a 2V/div.

Raddrizzatore ad una semionda





Raddrizzatore a due semionda

