

março, 2014

# Retificadores de Precisão

(meia onda e onda  
completa)

Prof. Claudio Barbalho

## Conteúdo:

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução.                                                   | 3  |
| 2. Retif. Prec. de Meia Onda.                                    | 5  |
| 3. Retif. Prec. de Meia Onda com<br>ganho Regulável.             | 6  |
| 4. Retif. Prec. de Meia Onda com<br>ganho Regulável. (Inversor). | 7  |
| 5. Retif. Prec. de Onda Completa                                 | 9  |
| 6. Retif. de Prec. de Onda Completa<br>com ganho Regulável       | 11 |
| 7. Bibliografia                                                  | 14 |

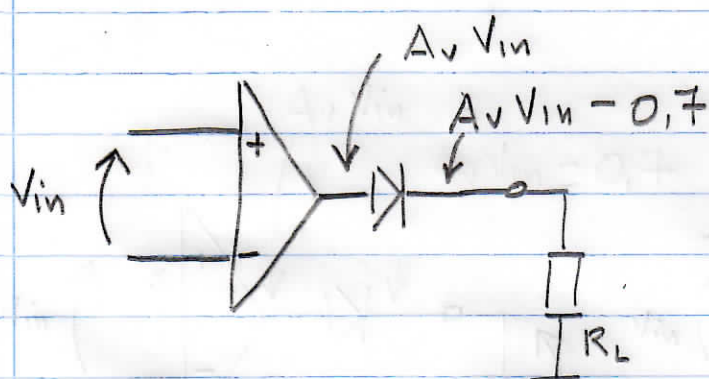
# Retificadores de Precisão

## 1. Introdução.

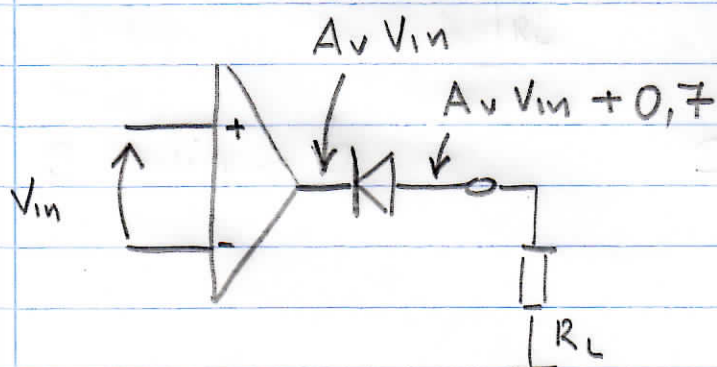
Nos retificadores a diodo perdemos 0,7 ou 1,4 volts da tensão que está sendo retificada. Se o valor de pico da tensão que está sendo retificada for muito baixo, estes retificadores não são adequados.

Nos Retificadores de Precisão associaremos diodos, amplificadores operacionais e resistores para que estas perdas não ocorram.

Associando Diodos a Amp. Operacionais:



Diodo conduz para  $V_{in} > 0$ , caso contrário: circuito aberto.



Diodo conduz para  $V_{in} < 0$ , caso contrário: circuito aberto!



Podemos dizer ainda que:

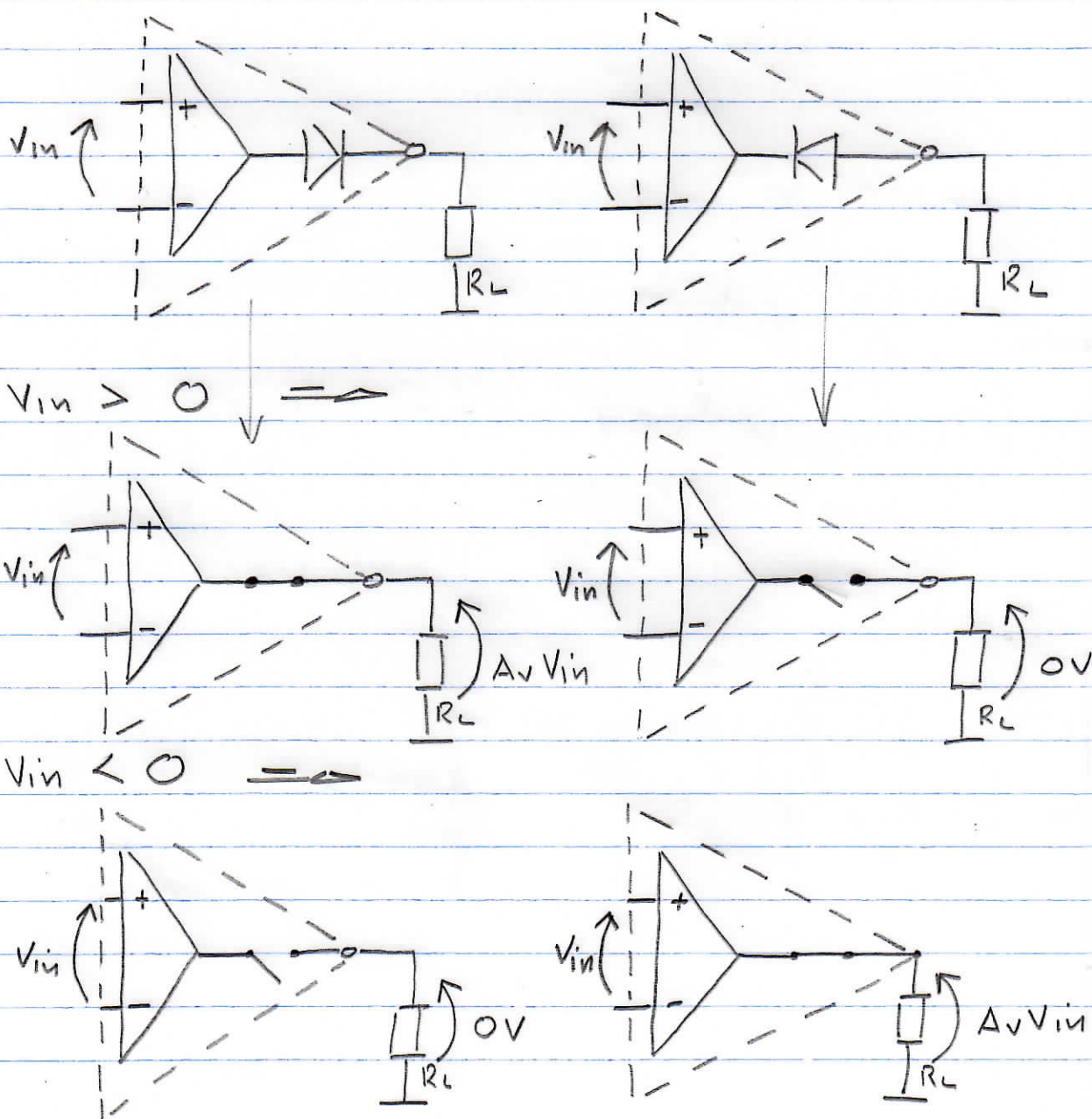
$$\text{se } A_v V_{in} \gg 0,7 \text{ V}$$

$$A_v V_{in} - 0,7 = A_v V_{in} \quad \text{e}$$

$$A_v V_{in} + 0,7 = A_v V_{in}$$

nestas condições portanto o diodo funciona como uma chave ideal

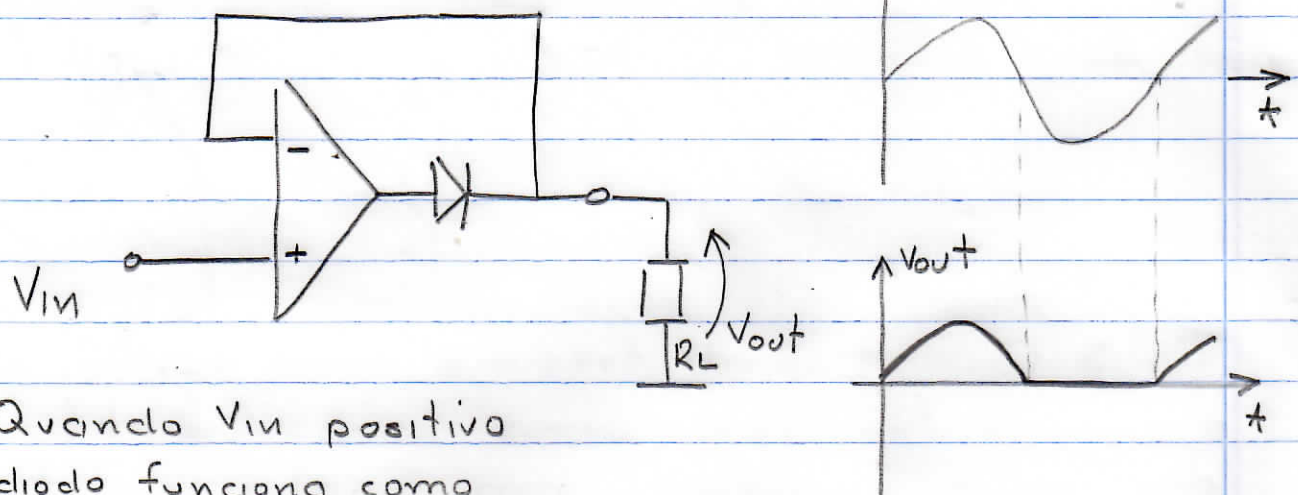
Resumindo temos:



## 2. Retificador de Precisão de Meia Onda.

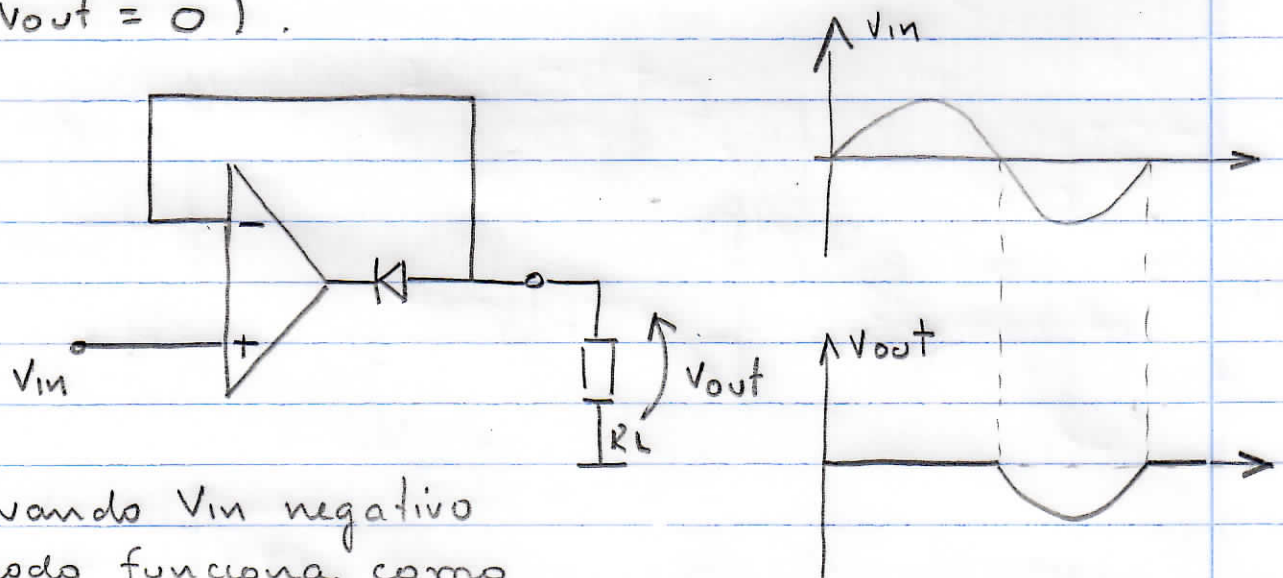
Alto  $Z_{in}$

Ganho unitário.



Quando  $V_{in}$  positivo  
diodo funciona como  
curto ( $V_{out} = V_{in}$ ).

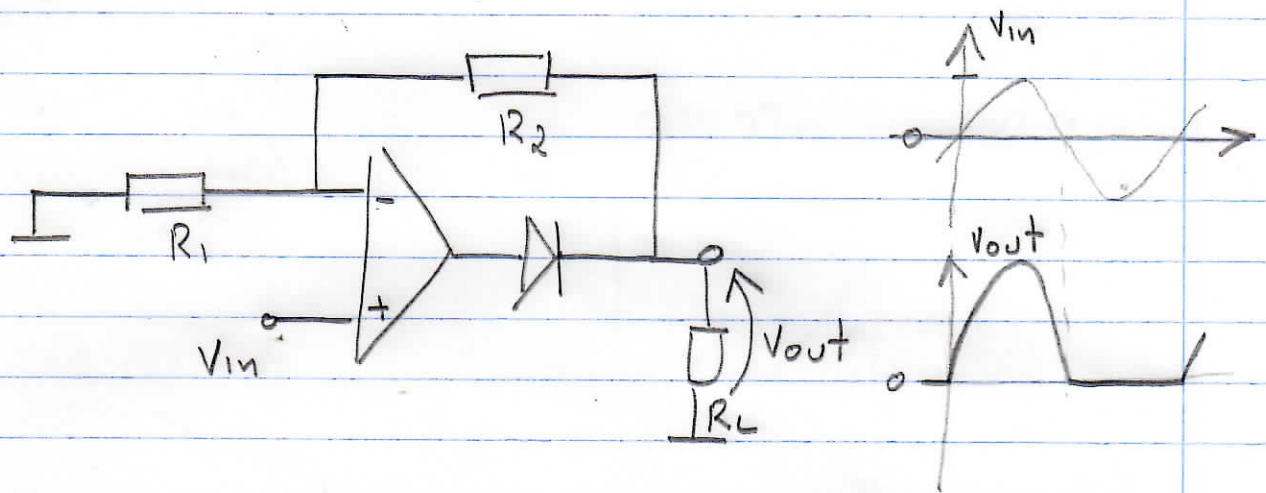
Quando  $V_{in}$  negativo  
diodo não conduz  
( $V_{out} = 0$ ).



Quando  $V_{in}$  negativo  
diodo funciona como  
curto ( $V_{out} = V_{in}$ ).

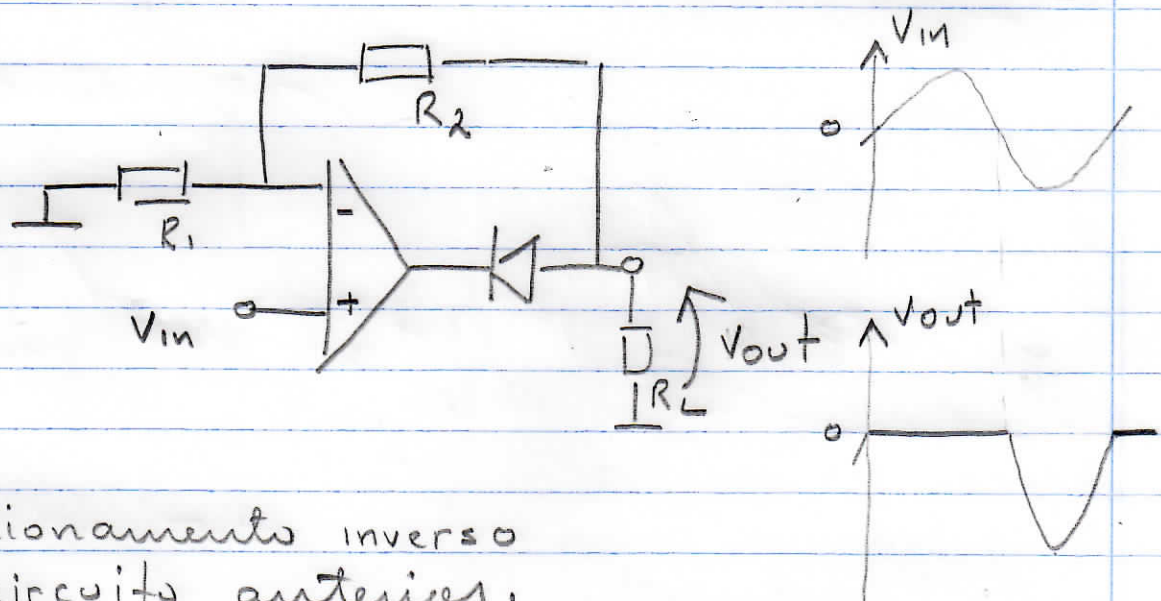
Quando  $V_{in}$  positivo  
diodo não conduz,  
( $V_{out} = 0$ ).

### 3. Retificador de Precisão de Meia Onda com Ganho Regulável:



$V_{in} > 0 \rightarrow$  Diodo funciona como "curto", e o circuito funciona como um Amplificador não Inversor com Ganho igual a  $(1 + \frac{R_2}{R_1})$ .

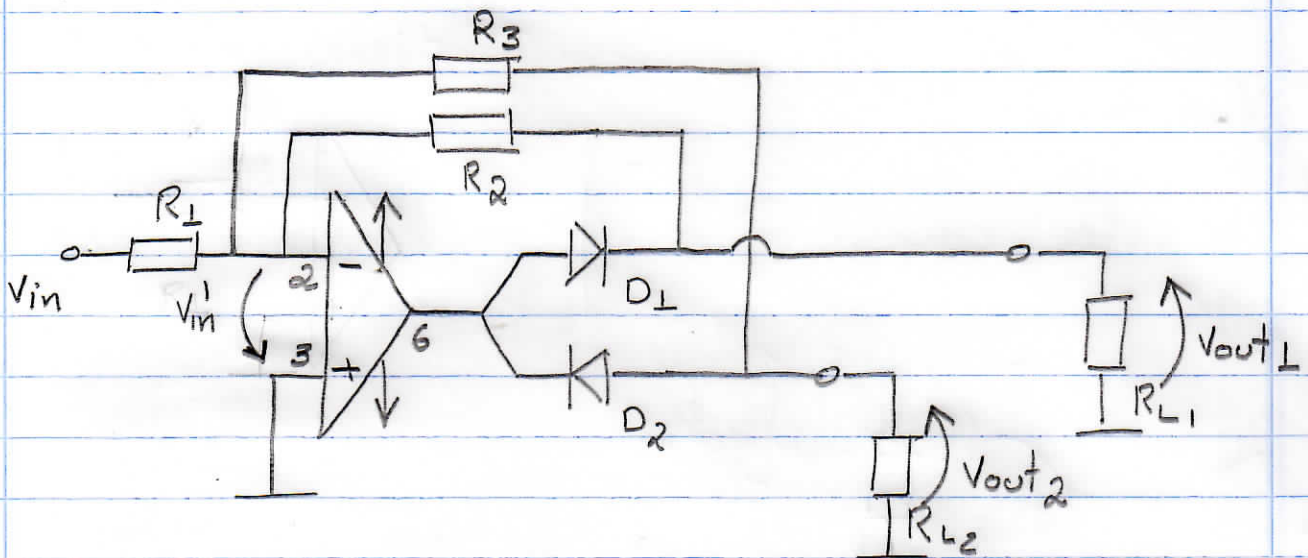
$V_{in} < 0 \rightarrow$  Diodo não conduz e  $V_{out} = 0$ .



Funcionamento inverso do circuito anterior.



#### 4. Retificador de Precisão com ganho Regulável. (Inversor)



$V_{in} > 0$ ,

Quando  $V_{in}$  se torna positivo, faz com que  $V^-$  se torne positivo e consequentemente  $V_{in}$  negativo o que faz com que  $V_6$  siga em direção à saturação negativa ( $V_s^-$ ) pois o ganho do Amp. Oper. é muito grande. No entanto antes da saturação acontecer  $D_2$  conduz, impondo uma realimentação negativa via  $R_3$  provocando o curto virtual entre os pinos 2 e 3. Com o curto virtual estabelecido o circuito funciona como um amplificador inversor com saída  $V_{out2}$ , onde:

$$V_{out2} = - \frac{R_3}{R_1} V_{in}$$

e como  $D_1$  está cortado

$$V_{out,1} = 0$$

$$V_{in} < 0,$$

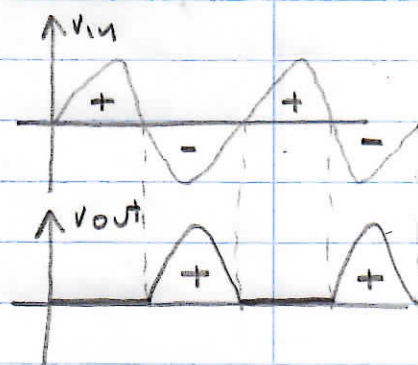
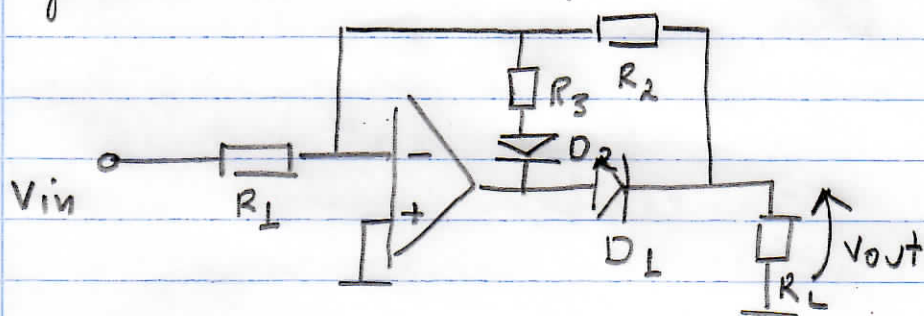
Nesta condição o inverso ocorre e

$$V_{out,2} = 0$$

$$V_{out,1} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in}.$$

Note que neste circuito para garantir que o curto virtual aconteça para  $V_{in}$  positivo e negativo são necessárias as duas redes de realimentação ( $D_1$  e  $R_2$  e  $D_2$  e  $R_3$ ).

Normalmente é necessário apenas uma saída e o esquema do circuito geralmente é representado assim:

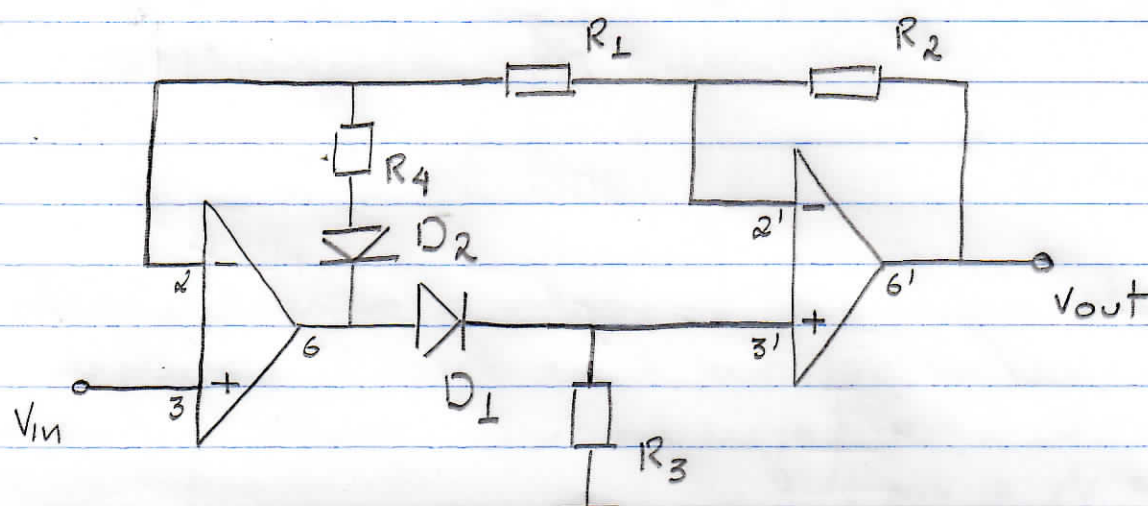


$D_2$  garante a realim. negativa qdo  $D_1$  cortado.  
 $R_3$  garante realim. linear " " " "



## 5. Retificador de Precisão de Onda Completa 1.

Ganho unitário  
Alto  $Z_{in}$



$$V_{in} > 0$$

Nesta condição  $V_6$  sobe,  $D_1$  conduz e  $D_2$  corta.

Quando  $V_6$  sobe provoca a condução de  $D_1$  e faz com que  $V_{3'}$  suba e conseqüentemente  $V_{6'}$  sobe e realimenta negativamente via  $R_2$  o Amp. Oper. 2. e via  $R_2$  e  $R_L$  o Amp. Oper. 1.

Como ambos estão realimentados negativamente podemos dizer que se  $D_2$  está cortado:

$$I_{R_1} = I_{R_2} = 0, \text{ então } V_{3'} = V_{2'} = V_{6'} = V_2 = V_3 = V_{in}$$

e ainda podemos afirmar que  $R_4$  e  $D_2$  estão sob tensão reversa de  $0,7V$ .

se de outra forma poderíamos dizer que:

$$V_{out} = - \frac{R_2}{R_1} (V_2 = V_{in}) + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) (V_3' = V_{in})$$

$$= - \frac{R_2}{R_1} V_{in} + V_{in} + \frac{R_2}{R_1} V_{in} = V_{in}$$

$$V_{in} < 0$$

Nesta condição  $D_1$  corta e a realimentação negativa no Amp. Oper. 1 acontece via  $D_2$  e  $R_4$  fazendo via curto virtual  $V_2 = V_3 = V_{in}$ .

O Amp. Oper. 2 está com a entrada não inversora (pino 3') aterrada via  $R_3$ .

$$\text{Então } V_{out} = - \frac{R_2}{R_1} (V_2 = V_{in}) = - \frac{R_2}{R_1} V_{in}$$

Assim sendo, se  $R_1 = R_2$  teremos um retificador de onda completa e ganho unitário.

$$V_{in} > 0 \quad \longrightarrow \quad V_{out} = V_{in}$$

$$V_{in} < 0 \quad \longrightarrow \quad V_{out} = -V_{in}$$

$R_4$  tem a finalidade de linearizar a realim. quando  $D_2$  conduz.

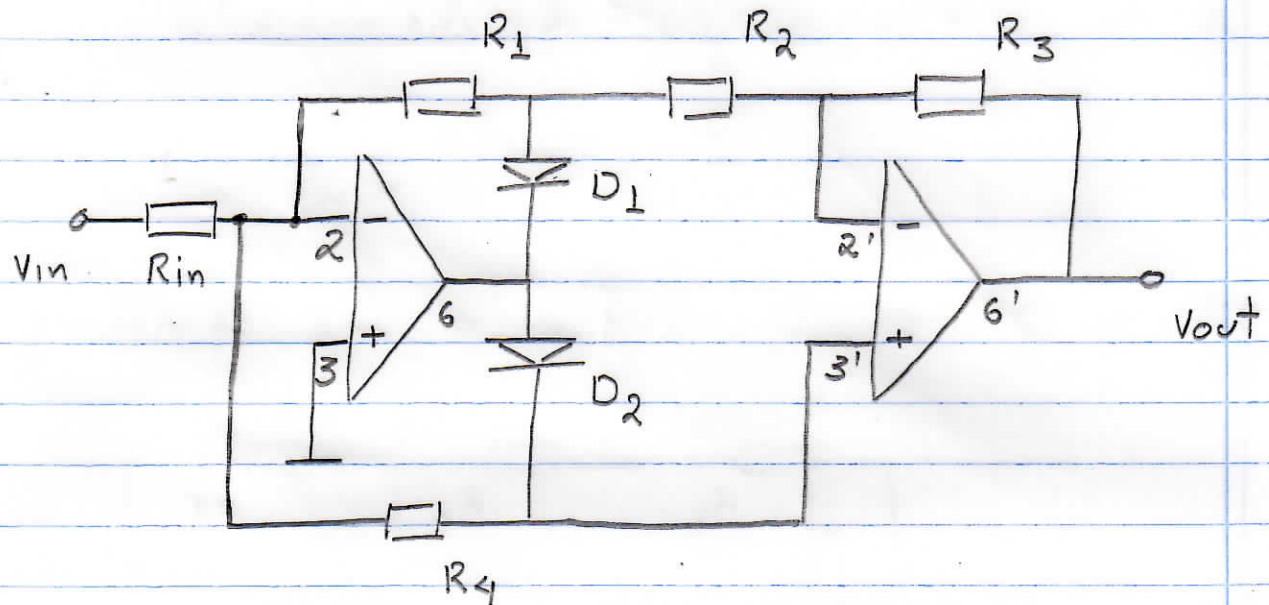
$R_3$  tem a finalidade de aterrar o pino 3'.



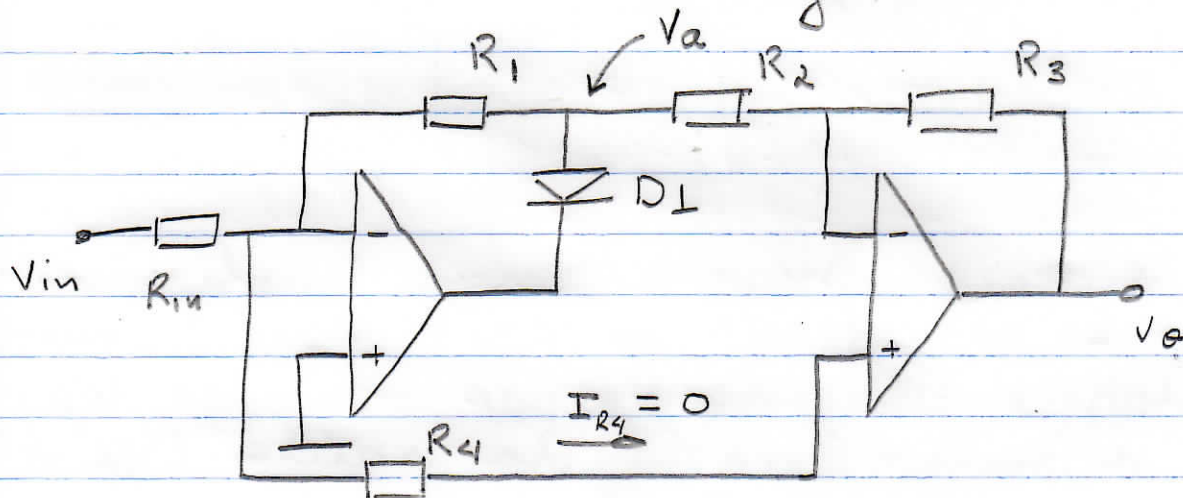
## 6. Retificador de Precisão de Onda Completa 2.

Ganho Regulável

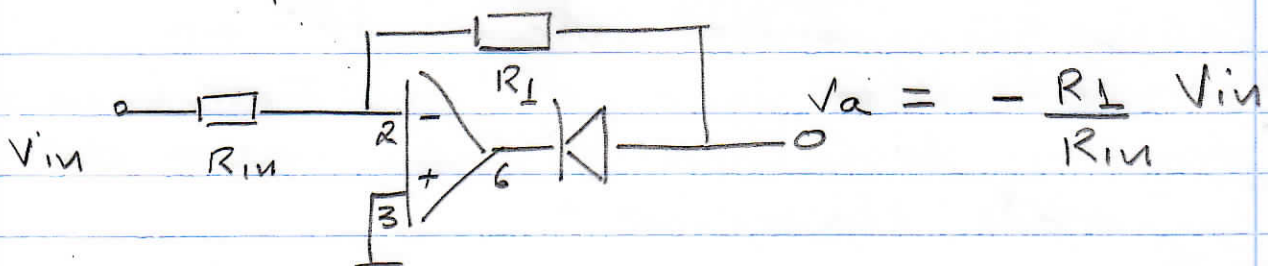
$$Z_{in} = R_{in}$$



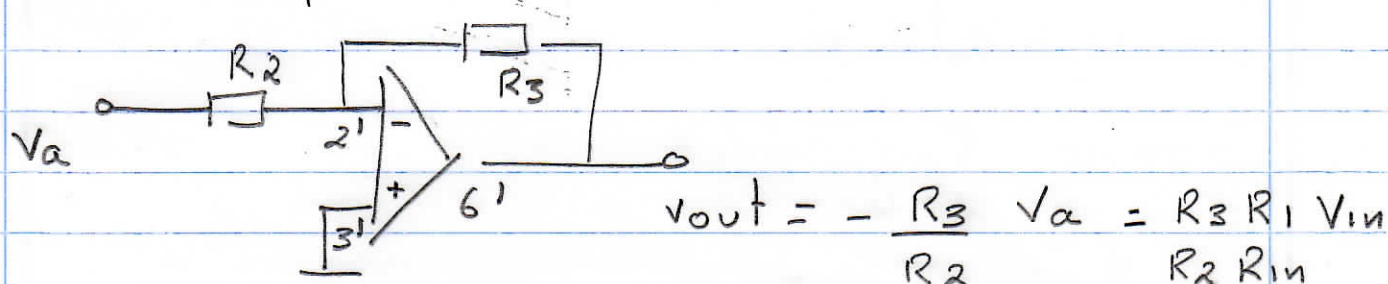
$V_{in} > 0 \rightarrow D_1$  conduz,  $D_2$  corta:



Circuito p/ cálculo de  $V_a$ :



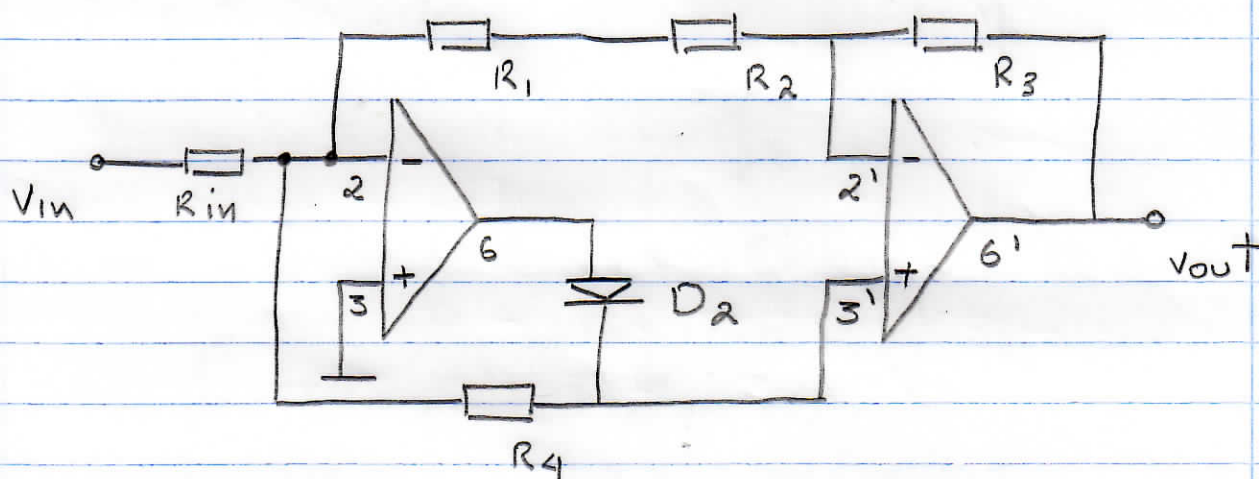
Circuito p/ cálculo de  $V_{out}$ :



e se  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$  A em as

$$V_{out} = \frac{R}{R_{in}} V_{in}$$

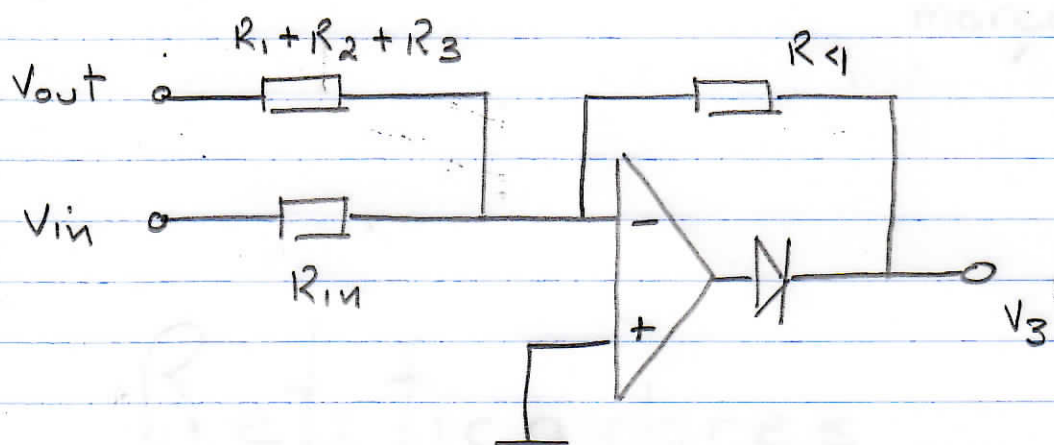
$V_{in} < 0 \rightarrow D_1$  corto e  $D_2$  conduz:



Note que temos duas realimentações negativas no Amp. Oper. 1: Uma delas vindo de  $V_6$  por meio de  $D_2$ , e a outra vindo da saída ( $V_{out}$ ) por meio de  $R_3$ ,  $R_2$  e  $R_1$ .

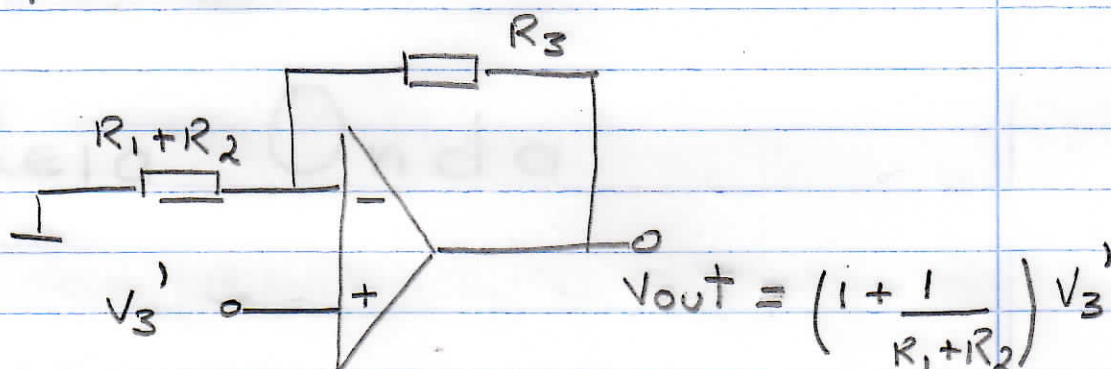
Transformando esta última em entrada para o Amp. Oper. 1 podemos descobrir  $V_{3'}$  por meio do seguinte circuito:





$$V_3' = - \frac{R_4}{R_{in}} V_{in} - \frac{R_4}{R_1 + R_2 + R_3} V_{out}$$

E ainda como  $V_2 = V_3 = 0$  podemos redesenhar o circuito contendo o Amp. Oper. 2, para encontrar  $V_{out}$ , assim:



$$V_{out} = \left(1 + \frac{1}{R_1 + R_2}\right) \left(- \frac{R_4}{R_{in}} V_{in} - \frac{R_4}{R_1 + R_2 + R_3} V_{out}\right)$$

e se fizermos  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$  teremos

$$V_{out} = - \frac{R}{R_{in}} V_{in}$$

E então está demonstrado que o circuito funciona como um retificador de onda completa com ganho  $= \frac{R}{R_{in}}$ .

## 7. Bibliografia: