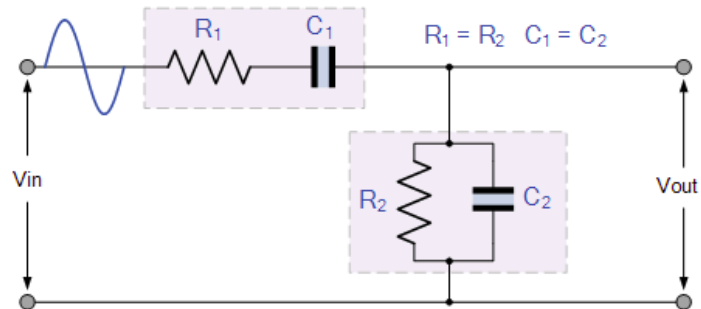
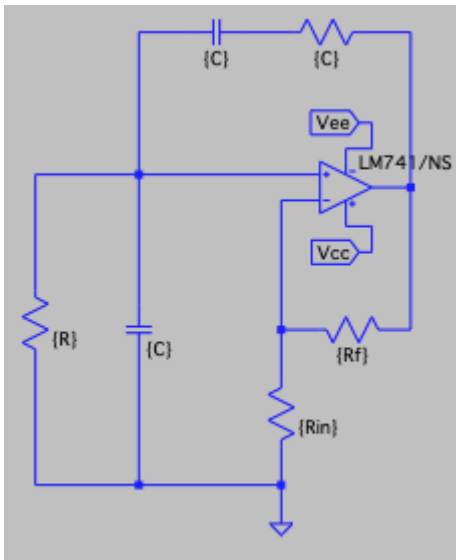


Demonstração da frequencia

```
clear; clc; clearvars;
syms vin vout s c r w H a denHreal denH numH positive
```



Como esse é um circuito mais simples é possível encontrar a relação V_{out}/V_{in} a partir de um divisor de tensão. Para tal é preciso antes simplificar R e C que estão em paralelo.

Em seguida, se usa a formula levando em consideracao que a tensao total é V_{in} e a parcial V_{out}

```
paralRC = paraleloSym(r, 1/(s*c));
eq = vin*paralRC/(paralRC + r + 1/(s*c)) - vout == 0
```

eq =

$$\frac{vin}{\left(cs + \frac{1}{r}\right) \left(r + \frac{1}{cs + \frac{1}{r}} + \frac{1}{cs}\right)} - vout = 0$$

Isolando vin/vout para obter H

```
H = solve(eq, vout) / vin
```

H =

$$\frac{c r s}{c^2 r^2 s^2 + 3 c r s + 1}$$

Feito isso precisamos separar o denominador do numerador

```
[numH, denH] = numden(H)
```

$$\begin{aligned} \text{numH} &= c r s \\ \text{denH} &= c^2 r^2 s^2 + 3 c r s + 1 \end{aligned}$$

Fazendo $s=jw$ para voltar ao domínio do tempo

```
s = 1i*w;
numH = subs(numH);
denH = subs(denH);
H = numH/denH
```

$$H = \frac{c r w i}{-c^2 r^2 w^2 + 3 c r w i + 1}$$

Como o objetivo é que a função de transferência não gere defasagem, igualamos a parte real do denominador a zero.

```
denHreal = subs(denH, 1i, 0);
```

Atualizando a função pai

```
denH = denH - denHreal;
```

No caso dessa função de transferência o valor de H com a parte real anulada já resulta em 1/3, que equivale ao nosso A.

```
H = numH/denH
```

$$H = \frac{1}{3}$$

Agora vamos encontrar a frequência para a qual o A é de 1/3

```
denHreal = denHreal == 0
```

$$\text{denHreal} = 1 - c^2 r^2 w^2 = 0$$

```
w = solve(denHreal, w);
w = simplify(w)
```

$$w = \frac{1}{c r}$$

Como é mais comum trabalharmos com a frequência em Hz a equação pode ser escrita também da seguinte forma:

$$f = \frac{1}{2 \pi C R}$$

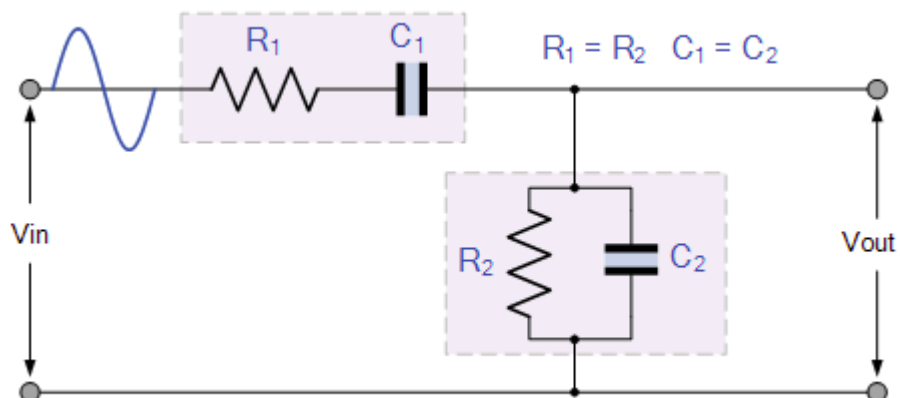
Realiza o paralelo de n argumentos de entrada.

Faz a conversao de celulas para array primeiramente e em seguida realiza o inverso da soma do inverso de cada termo.

```
function rt = paraleloSym(varargin)
rt = cell2sym(varargin);
rt = 1./rt;
rt = 1/sum(rt);
end
```

Impedâncias bloco B

```
clear clc
syms vin vout s c r w H denHreal denH numH positive
```



Impedancia de entrada do bloco RC

Primeiro é feita a simplificação da associação paralelo

```
zinRC = paraleloSym(r, 1/(s*c))
```

zinRC =

$$\frac{1}{cs + \frac{1}{r}}$$

Em seguida, soma-se o resultado com a associação serie R + C

```
zinRC = zinRC + r + 1/(s*c)
```

zinRC =

$$r + \frac{1}{cs + \frac{1}{r}} + \frac{1}{cs}$$

Voltamos ao domínio do tempo

```
s = 1i*w;
zinRC = subs(zinRC);
```

Simplificamos os resultados e obtemos a impedância de entrada final:

```
zinRC = simplify(zinRC)
```

$$\text{zinRC} = -\frac{c^2 r^2 w^2 + 3 c r w i + 1}{c w (c r w - i)}$$

Desfazendo a redefinição de s para o próximo cálculo

```
syms s
```

Impedancia de saída do bloco RC

Primeiro soma-se o elemento serie R+C

```
zoutRC = r + 1/(s*c)
```

$$\text{zoutRC} = r + \frac{1}{c s}$$

Em seguida é feito o paralelo deste com o resto do circuito, que é a associação paralela R//C

```
zoutRC = paraleloSym(zoutRC, r, 1/(s*c))
```

$$\text{zoutRC} = \frac{1}{\frac{1}{r + \frac{1}{c s}} + c s + \frac{1}{r}}$$

Voltamos ao domínio do tempo:

```
s = 1i*w;  
zoutRC = subs(zoutRC);
```

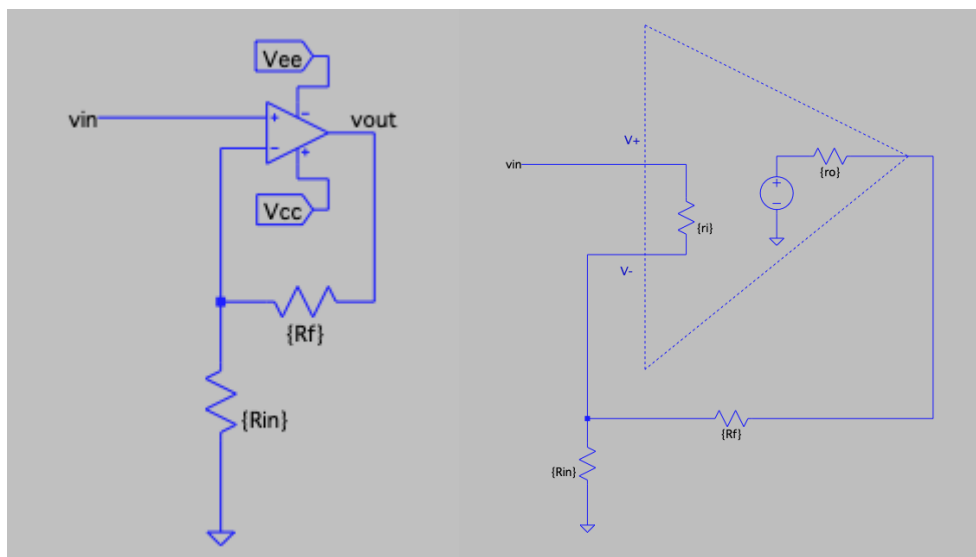
Simplificamos os resultados e obtemos a impedancia de saída final:

```
zoutRC = simplify(zoutRC)
```

$$\text{zoutRC} = \frac{r (c r w - i)}{c^2 r^2 w^2 i + 3 c r w - i}$$

Impedancias bloco A

```
clear clc
syms Rin Rf ri ro positive
```



Impedancia de entrada do ampop

Como a topologia usa a porta não inversora para inserir v_{in} a impedância é expressa como:

$$Z_{inAmp} = r_i$$

$$Z_{inAmp} = r_i$$

Impedancia de saída do ampop

Como R_f e R_{in} estão conectados na porta inversora o cálculo da impedância de saída ignora R_{in} , vez que nessa porta existe um curto circuito virtual. Com essas considerações temos:

$$Z_{outAmp} = \text{paraleloSym}(R_f, r_o)$$

$$Z_{outAmp} =$$

$$\frac{1}{\frac{1}{R_f} + \frac{1}{r_o}}$$

Cálculo dos componentes:

```
clear; clc; clearvars;  
syms s c r w ri ro Rin Rf positive
```

Definindo as equações:

```
s = 1i*w;  
r = 1/(w*c)
```

$$r = \frac{1}{c w}$$

```
zinRC = simplify(subs(paraleloSym(r, 1/(s*c)) + r + 1/(s*c)))
```

$$\text{zinRC} = \frac{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}i}{c w}$$

```
zoutRC = simplify(subs(paraleloSym(r + 1/(s*c), r, 1/(s*c))))
```

$$\text{zoutRC} = \frac{\frac{1}{3} - \frac{1}{3}i}{c w}$$

```
ZinAmp = ri
```

$$\text{ZinAmp} = ri$$

```
ZoutAmp = paraleloSym(Rf, ro)
```

$$\text{ZoutAmp} = \frac{1}{\frac{1}{Rf} + \frac{1}{ro}}$$

F = 65kHz

Antes de tudo definamos os parâmetros do ampop. Nesse caso o ampop utilizado foi o LF351.


```
riDatasheet65k = 10e12;  
roDatasheet65k = 300;  
Rin65k = 100e3;  
Rf65k = Rin65k * 2;
```

Definindo a frequencia de projeto e o capacitor:

```
w65k = 2*pi*65e3;  
c65k = 820e-12
```

```
c65k = 8.2000e-10
```

Assim, obtemos o resistor:

```
r65k = subs(r, {c,w}, {c65k, w65k});  
r65k = double(r65k)
```

```
r65k = 2.9860e+03
```

Agora vamos calcular as impedancias dos blocos com esses valores. Começando pelo bloco B temos:

```
zoutRC65k = subs(zoutRC, {c,w}, {c65k,w65k});  
zoutRC65k = abs(double(zoutRC65k))
```

```
zoutRC65k = 1.4076e+03
```

```
zinRC65k = subs(zinRC, {c,w}, {c65k,w65k});  
zinRC65k = abs(double(zinRC65k))
```

```
zinRC65k = 6.3343e+03
```

Feito isso vamos ao bloco A:

```
ZinAmp65k = subs(ZinAmp, ri, riDatasheet65k);  
ZinAmp65k = double(ZinAmp65k)
```

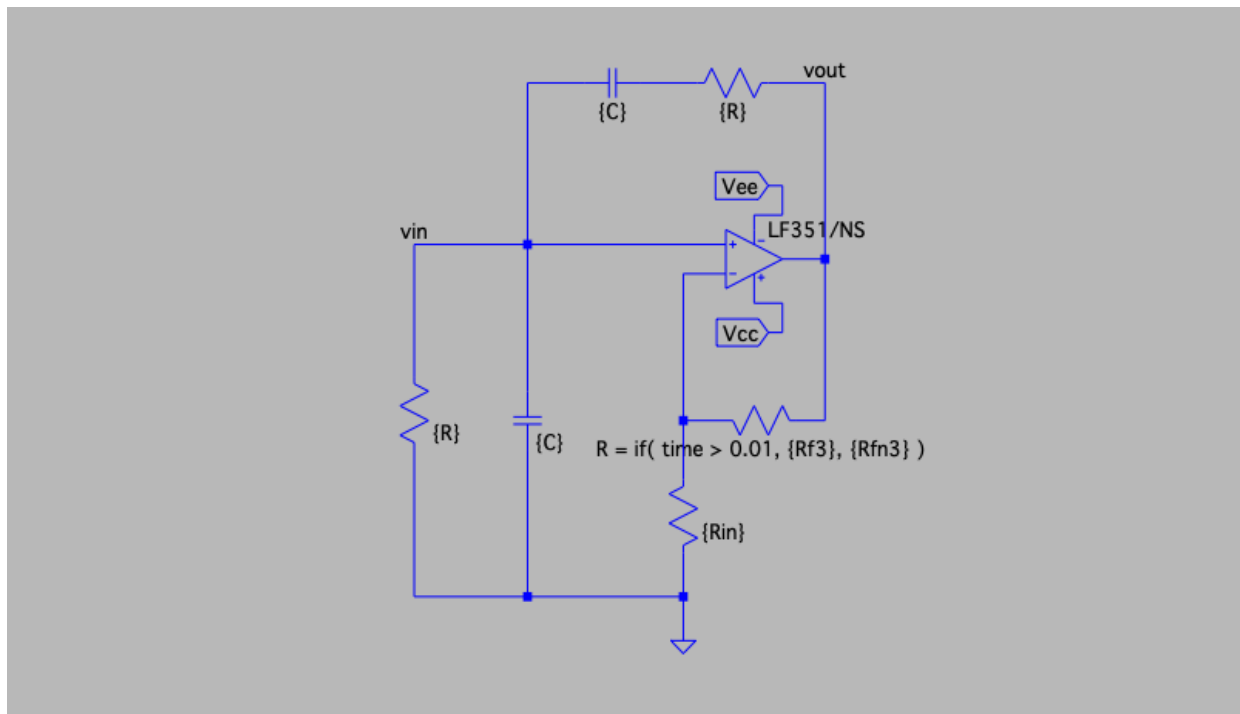
```
ZinAmp65k = 1.0000e+13
```

```
ZoutAmp65k = subs(ZoutAmp, {ro, Rf}, {roDatasheet65k, Rf65k});  
ZoutAmp65k = double(ZoutAmp65k)
```

```
ZoutAmp65k = 299.5507
```

Oscilador por ponte de wien 65kHz

Topologia completa



Índice:

- Diretivas spice
- Medições
- Formas de onda

Diretivas spice

Teórico

```
.meas tran time_period trig V(vout)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=2
.meas frequency param 1/time_period
.meas tran time_delay trig V(vin)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=1
.meas phase param 360*(time_delay / time_period)
.meas t_vin find time when V(vin)=2 rise=1
.meas tran vout find V(vout) AT=t_vin+time_delay
.meas gain param vout/2

.meas max_vin max V(vin)
.meas min_vin min V(vin)
.meas max_vout max V(vout)
.meas min_vout min V(vout)

.tran {1/(10*65k)} {1+3/65k} 1
; tstep tstop tstart

.lib ../../libs/LF351.lib
.param Rin=100k C=820p R=2.986k

.param Rf3=201k Rfn3=500k
```

Prático

```
> .meas tran time_period trig V(vout)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=2
.meas frequency param 1/time_period
.meas tran time_delay trig V(vin)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=1
.meas phase param 360*(time_delay / time_period)
.meas t_vin find time when V(vin)=2 rise=1
.meas tran vout find V(vout) AT=t_vin+time_delay
.meas gain param vout/2

.meas max_vin max V(vin)
.meas min_vin min V(vin)
.meas max_vout max V(vout)
.meas min_vout min V(vout)

.param Rin=98.1k R1=2.93k R2=2.99k Rf3=203k Rfn3=500k
> .param C1=783p C2=754p
.lib ../../libs/LF351.lib
.tran {1/(10*65k)} {1+3/65k} 1 tstep tstop tstart
```

Medições

Teórico - simulação

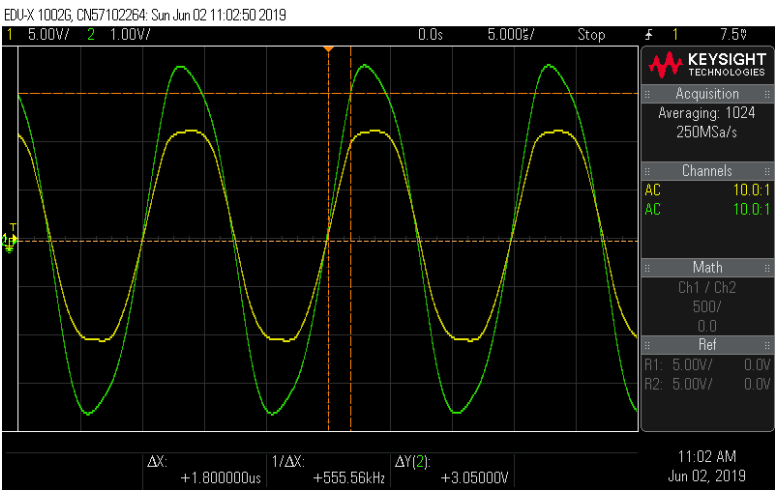
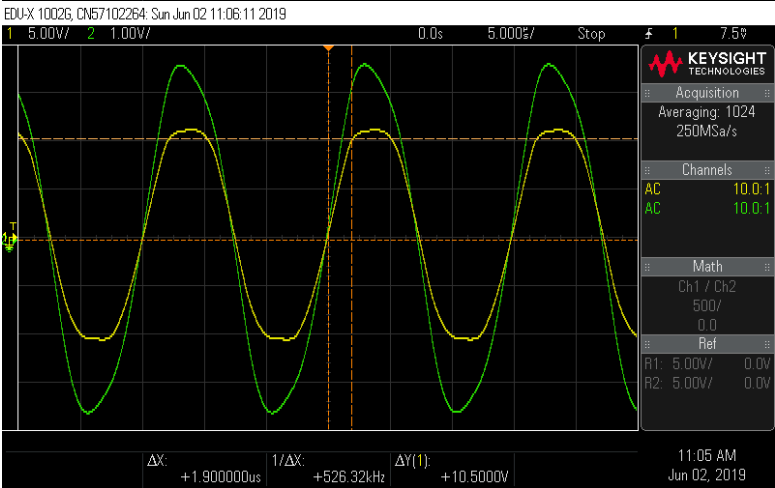
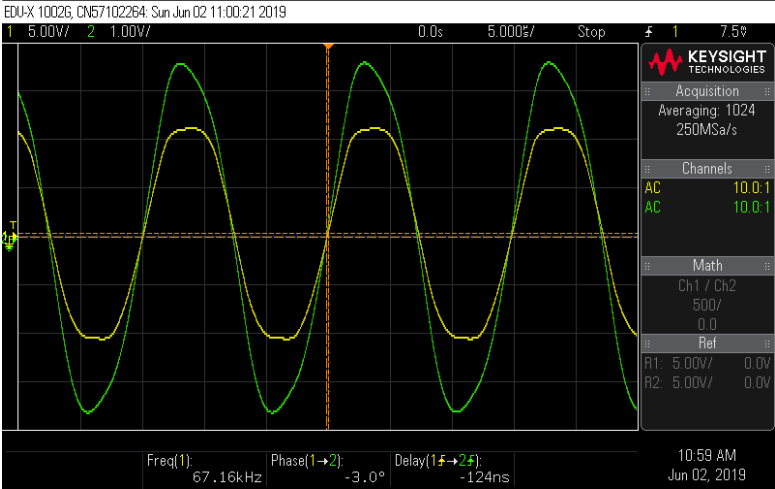
Freq.: 60,396k	Ganho: 3,017	Fase: 2,725
<pre>Direct Newton iteration for .op point succeeded. max_vin: MAX(v(vin))=2.16467 FROM 0 TO 4.61538e-05 min_vin: MIN(v(vin))=-2.16283 FROM 0 TO 4.61538e-05 max_vout: MAX(v(vout))=6.46189 FROM 0 TO 4.61538e-05 min_vout: MIN(v(vout))=-6.45042 FROM 0 TO 4.61538e-05 time_period=1.65572e-05 FROM 6.21626e-06 TO 2.27735e-05 frequency: 1/time_period=60396.6 time_delay=1.25327e-07 FROM 6.09093e-06 TO 6.21626e-06 phase: 360*(time_delay / time_period)=2.72496 t_vin: time=9.21387e-06 at 9.21387e-06 vout: v(vout)=6.03509 at 9.33919e-06 gain: vout/2=3.01755 Date: Thu May 30 08:42:53 2019 Total elapsed time: 87.879 seconds. tnom = 27 temp = 27 method = modified_trap</pre>		

Prático - simulação

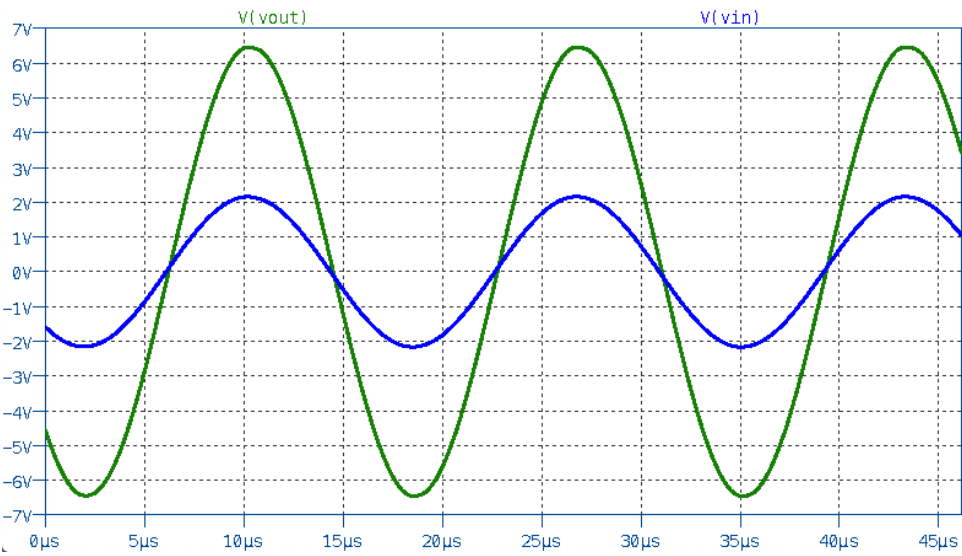
Freq.: 64,591k	Ganho: 3,078	Fase: 3,017
<pre>Direct Newton iteration for .op point succeeded. time_period=1.54818e-05 FROM 6.93882e-06 TO 2.24207e-05 frequency: 1/time_period=64591.8 time_delay=1.29745e-07 FROM 6.80908e-06 TO 6.93882e-06 phase: 360*(time_delay / time_period)=3.01698 t_vin: time=9.89121e-06 at 9.89121e-06 vout: v(vout)=6.15582 at 1.0021e-05 gain: vout/2=3.07791 max_vin: MAX(v(vin))=2.11446 FROM 0 TO 4.61538e-05 min_vin: MIN(v(vin))=-2.11326 FROM 0 TO 4.61538e-05 max_vout: MAX(v(vout))=6.45457 FROM 0 TO 4.61538e-05 min_vout: MIN(v(vout))=-6.43797 FROM 0 TO 4.61538e-05 Date: Thu May 30 06:26:25 2019 Total elapsed time: 174.221 seconds. tnom = 27 temp = 27 method = modified_trap</pre>		

Prático

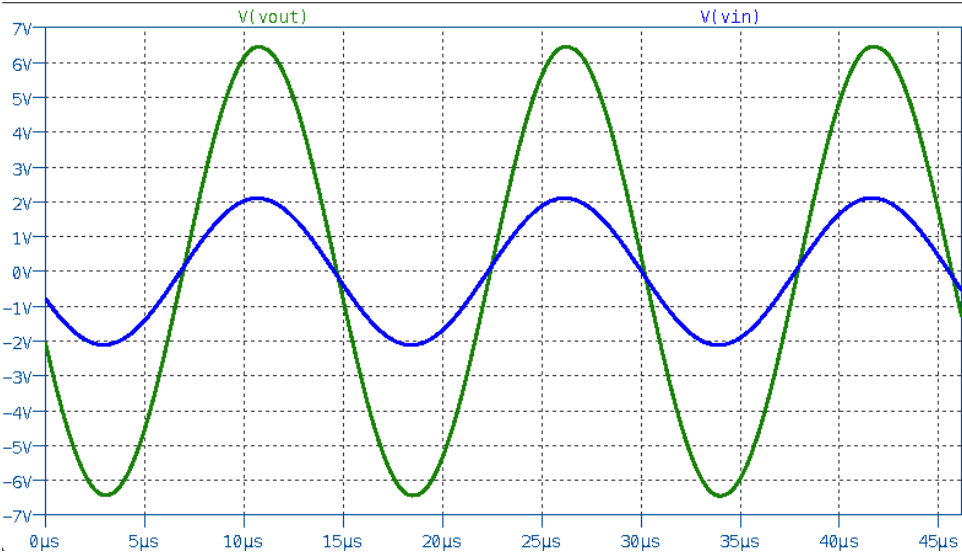
Freq.: 67.16k	Ganho: 3,44	Fase: -3,0
---------------	-------------	------------



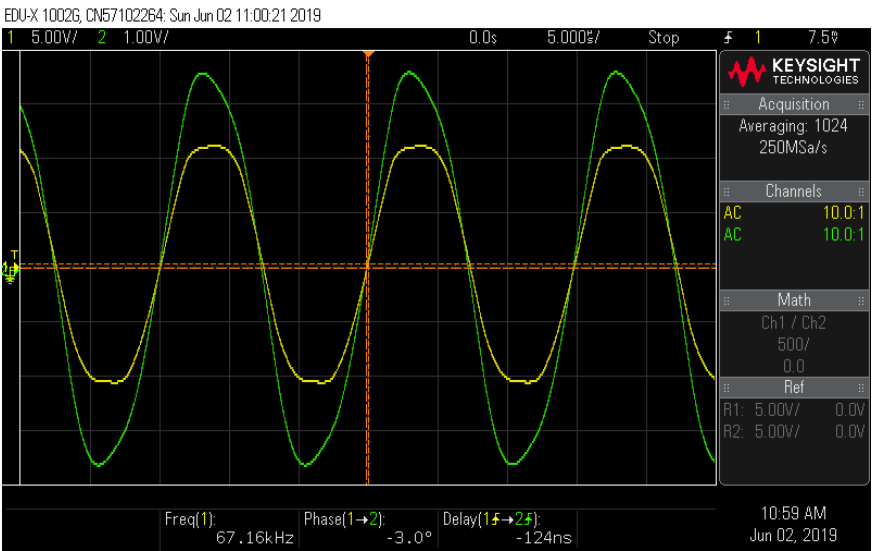
Formas de onda
Teórico - simulação



Prático - simulação

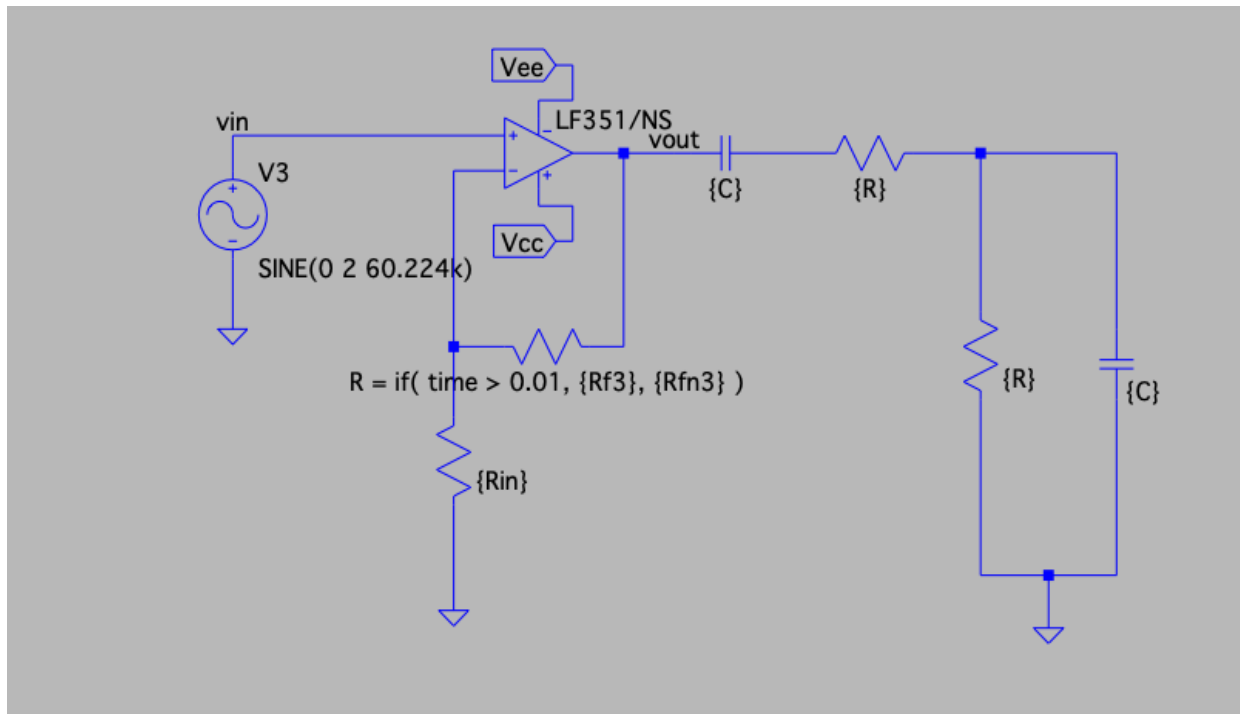


Prático



65kHz

Topologia aberta: Debug A



Indice:

- Diretivas spice
- Medições - com carga
- Formas de onda - com carga
- Medições - sem carga
- Formas de onda - sem carga

Diretivas spice - com carga

Teórico

```
.meas tran time_period trig V(vout)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=2
.meas frequency param 1/time_period
.meas tran time_delay trig V(vin)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=1
.meas phase param 360*(time_delay / time_period)
.meas t_vout find time when V(vout)=6 rise=1
.meas tran vin find V(vin) AT=t_vout-time_delay
.meas gain param 6/vin

.meas max_vin max V(vin)
.meas min_vin min V(vin)
.meas max_vout max V(vout)      .tran {1/(10*65k)} {1+3/65k} 1
.meas min_vout min V(vout)      ; tstep tstop tstart

.lib ../../libs/LF351.lib
.param Rin=100k C=820p R=2.986k

.param Rf3=205k Rfn3=500k
```

Prático

```
.meas tran time_period trig V(vout)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=2
.meas frequency param 1/time_period
.meas tran time_delay trig V(vin)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=1
.meas phase param 360*(time_delay / time_period)
.meas t_vout find time when V(vout)=6 rise=1
.meas tran vin find V(vin) AT=t_vout-time_delay
.meas gain param 6/vin

.meas max_vin max V(vin)
.meas min_vin min V(vin)
.meas max_vout max V(vout)
.meas min_vout min V(vout)

.param Rin=98.1k R1=2.93k R2=2.99k Rf3=203k Rfn3=500k
.param C1=783p C2=754p
.lib ../../libs/LF351.lib
.tran {1/(15*65k)} {1+3/65k} 1 tstep tstop tstart
```


Medições - com carga

Teórico - simulação

Circuito fechado (comparação):

Freq.: 60,396k	Ganho: 3,017	Fase: 2,725
----------------	--------------	-------------

Aquisição teórico (com carga):

Freq.: 60,400k	Ganho: 3,059	Fase: 2,807
<pre>Heightened Def Con from 0.00908083 to 0.00908083 max_vin: MAX(v(vin))=2.16166 FROM 0 TO 4.61538e-05 min_vin: MIN(v(vin))=-2.16199 FROM 0 TO 4.61538e-05 max_vout: MAX(v(vout))=6.47849 FROM 0 TO 4.61538e-05 min_vout: MIN(v(vout))=-6.4729 FROM 0 TO 4.61538e-05 time_period=1.65561e-05 FROM 1.29105e-07 TO 1.66852e-05 frequency: 1/time_period=60400.8 time_delay=1.29105e-07 FROM 3.89935e-17 TO 1.29105e-07 phase: 360*(time_delay / time_period)=2.80729 t_vout: time=3.12758e-06 at 3.12758e-06 vin: v(vin)=1.96138 at 2.99847e-06 gain: 6/vin=3.05908</pre>		

Prático - simulação

Aquisição prático (com carga):

Freq.: 64,591k	Ganho: 3,078	Fase: -356,971
<pre>Heightened Def Con from 1.00002 to 1.00002 time_period=1.54819e-05 FROM 1.30461e-07 TO 1.56123e-05 frequency: 1/time_period=64591.7 time_delay=-1.53516e-05 FROM 1.5482e-05 TO 1.30461e-07 phase: 360*(time_delay / time_period)=-356.971 t_vout: time=3.02491e-06 at 3.02491e-06 vin: v(vin)=1.94956 at 1.83765e-05 gain: 6/vin=3.07762 max_vin: MAX(v(vin))=2.11389 FROM 0 TO 4.61538e-05 min_vin: MIN(v(vin))=-2.11317 FROM 0 TO 4.61538e-05 max_vout: MAX(v(vout))=6.45482 FROM 0 TO 4.61538e-05 min_vout: MIN(v(vout))=-6.44256 FROM 0 TO 4.61538e-05</pre>		

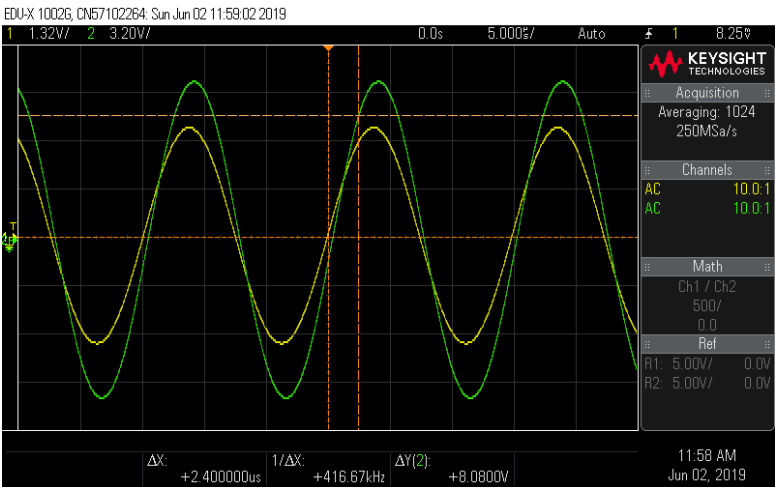
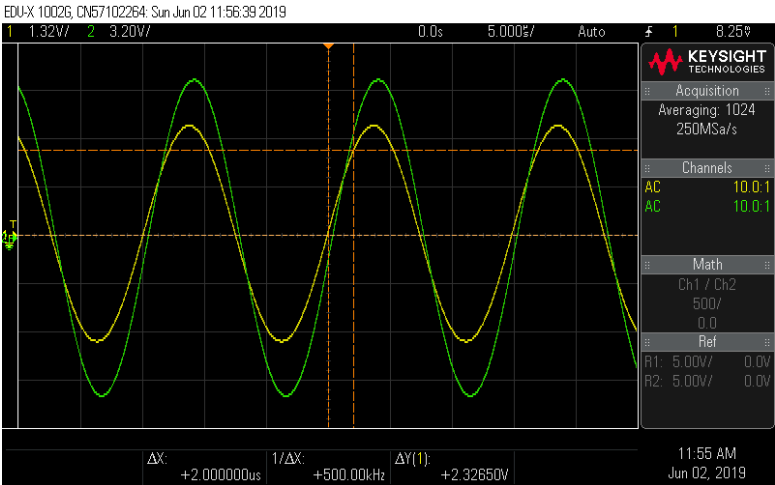
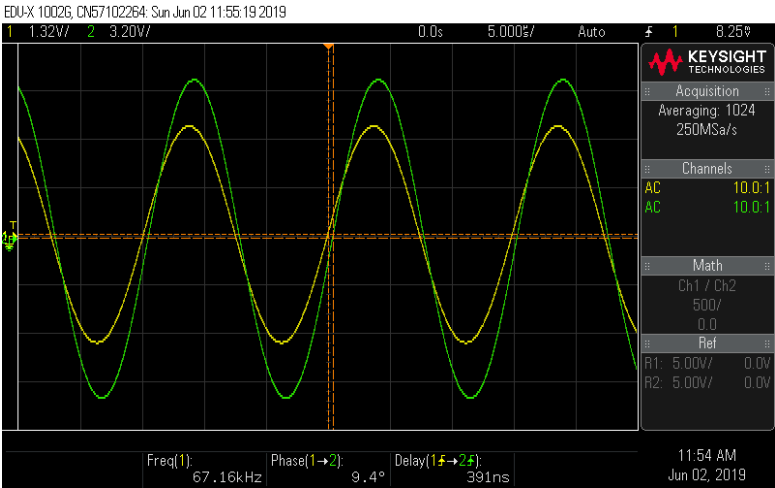
Prático

Comparação fechado

Freq.: 67.16k	Ganho: 3,44	Fase: -3,0
---------------	-------------	------------

Aquisição prática com carga

Freq.: 67.16k	Ganho: 3,48	Fase: 9,4
---------------	-------------	-----------



Medições - com carga

Pratico - F. projetada

Circuito fechado (comparação):

Aquisição pratico simulado (com carga) - F. brakhausen:

Freq.: 64,591k	Ganho: 3,078	Fase: -356,971
----------------	--------------	----------------

Aquisição debug (com carga) - F. projetada:

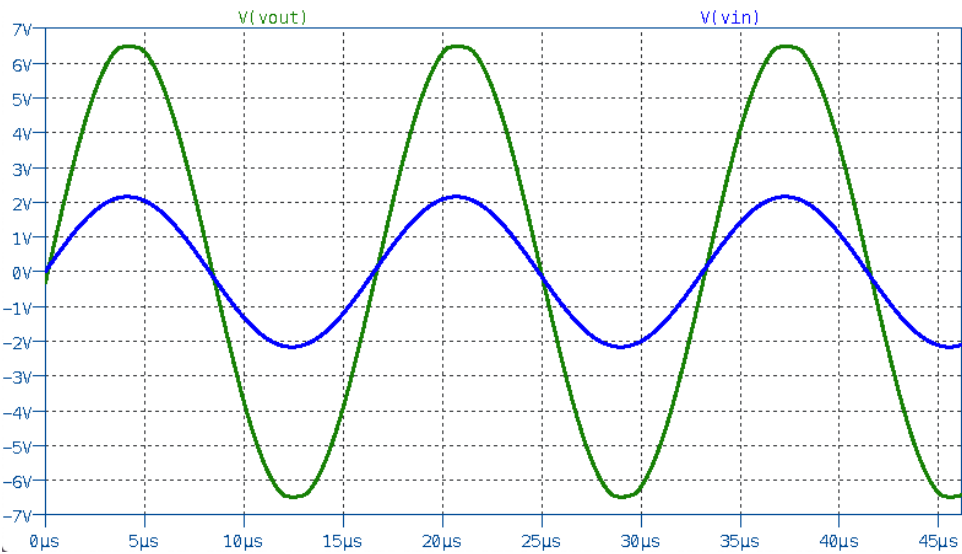
Freq.: 65k	Ganho: 3,077	Fase: 3,064
------------	--------------	-------------

```
Heightened Def Con from 0.00259149 to 0.00259149
Heightened Def Con from 0.00274533 to 0.00274533
Heightened Def Con from 0.00299149 to 0.00299149
Heightened Def Con from 0.00305302 to 0.00305302
Heightened Def Con from 0.00305302 to 0.00305302
Heightened Def Con from 0.00312995 to 0.00312995
Heightened Def Con from 0.00312995 to 0.00312995

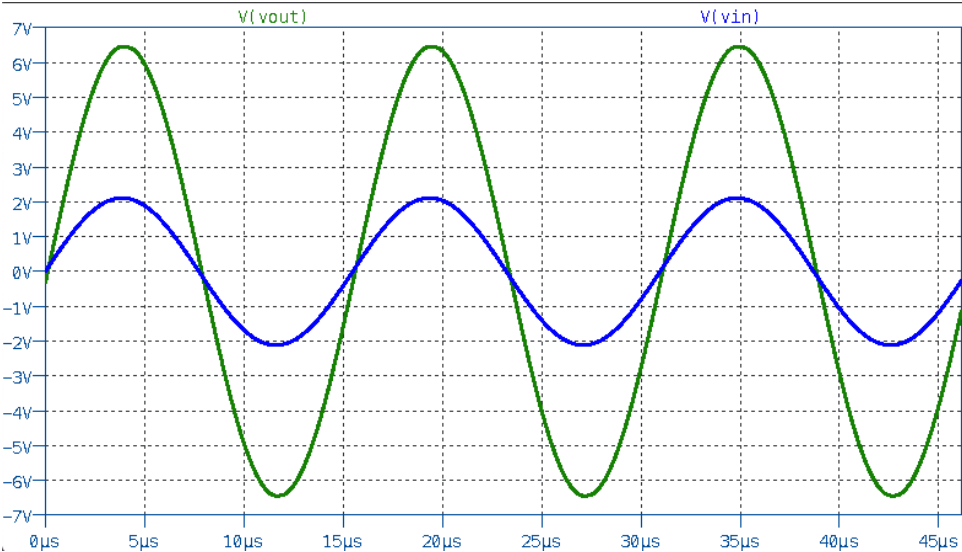
time_period=1.53839e-05 FROM 1.30942e-07 TO 1.55148e-05
frequency: 1/time_period=65003
time_delay=1.30942e-07 FROM 3.90301e-17 TO 1.30942e-07
phase: 360*(time_delay / time_period)=3.06419
t_vout: time=3.01464e-06 at 3.01464e-06
```

Formas de onda - com carga

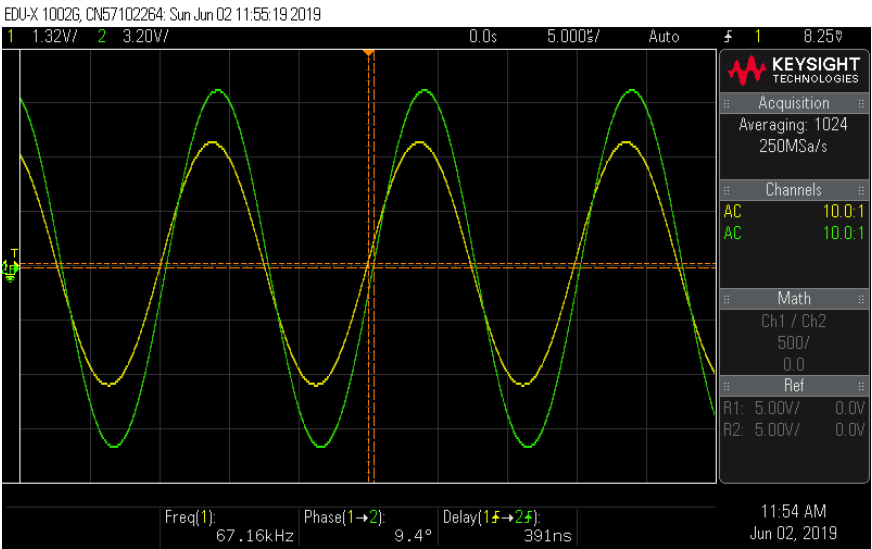
Teórico - simulação



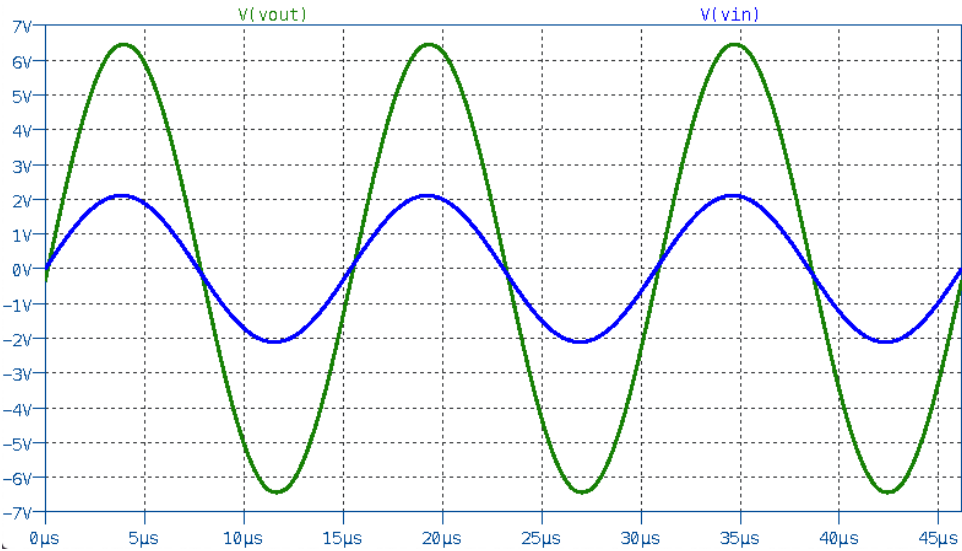
Prático - simulação



Prático



Formas de onda - com carga
Prático - F. projetada



Medições - sem carga

Teórico - simulação

Circuito fechado (comparação):

Freq.: 60,396k	Ganho: 3,017	Fase: 2,725
----------------	--------------	-------------

Aquisição teórico (com carga):

Freq.: 60,400k	Ganho: 3,059	Fase: 2,807
----------------	--------------	-------------

Aquisição teórico (sem carga):

Freq.: 60,339k	Ganho: 3,054	Fase: -357,239
----------------	--------------	----------------

```
min_vin: MIN(v(vin))=-2.16199 FROM 0 TO 4.61538e-05
max_vout: MAX(v(vout))=6.50682 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vout: MIN(v(vout))=-6.49728 FROM 0 TO 4.61538e-05
time_period=1.65565e-05 FROM 1.27911e-07 TO 1.66844e-05
frequency: 1/time_period=60399.3
time_delay=-1.64295e-05 FROM 1.65574e-05 TO 1.27911e-07
phase: 360*(time_delay / time_period)=-357.239
t_vout: time=3.13532e-06 at 3.13532e-06
vin: v(vin)=1.96437 at 1.95648e-05
gain: 6/vin=3.05442
```

Prático - simulação

Aquisição prático (sem carga):

Freq.: 64,607k	Ganho: 3,079	Fase: -356,989
----------------	--------------	----------------

```
time_period=1.54782e-05 FROM 1.3328e-07 TO 1.56115e-05
frequency: 1/time_period=64607.1
time_delay=-1.53487e-05 FROM 1.5482e-05 TO 1.3328e-07
phase: 360*(time_delay / time_period)=-356.989
t_vout: time=3.02315e-06 at 3.02315e-06
vin: v(vin)=1.94853 at 1.83719e-05
gain: 6/vin=3.07924
max_vin: MAX(v(vin))=2.11359 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vin: MIN(v(vin))=-2.11376 FROM 0 TO 4.61538e-05
max_vout: MAX(v(vout))=6.46946 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vout: MIN(v(vout))=-6.4519 FROM 0 TO 4.61538e-05

Date: Thu May 30 07:27:39 2019
```

Prático

Comparação fechado

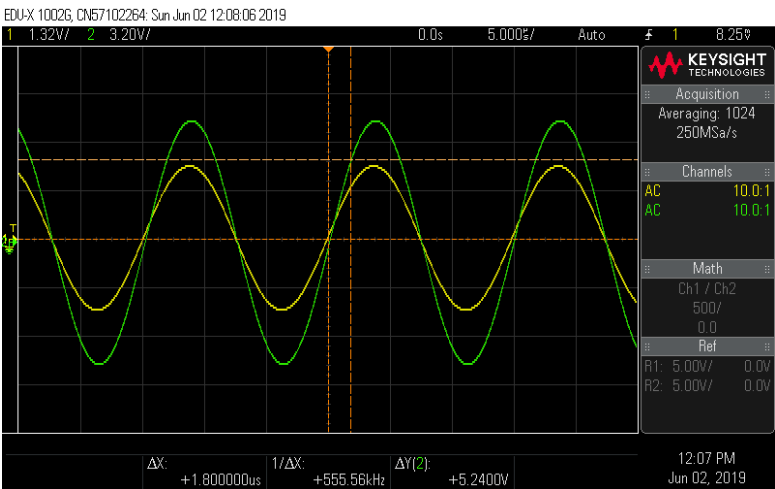
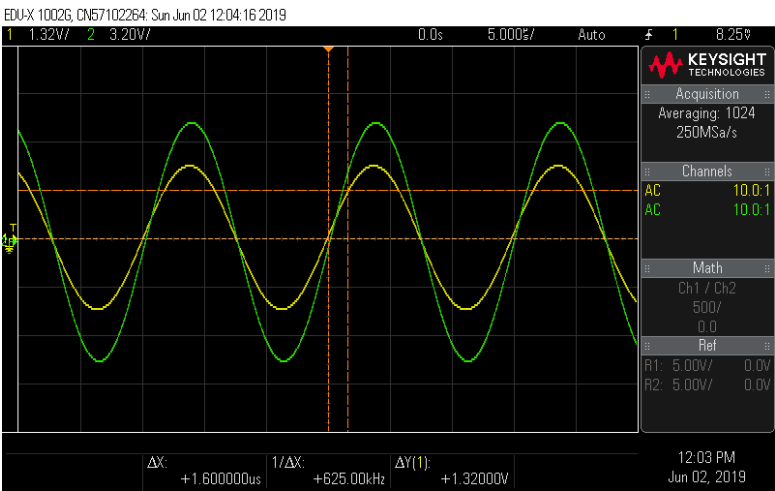
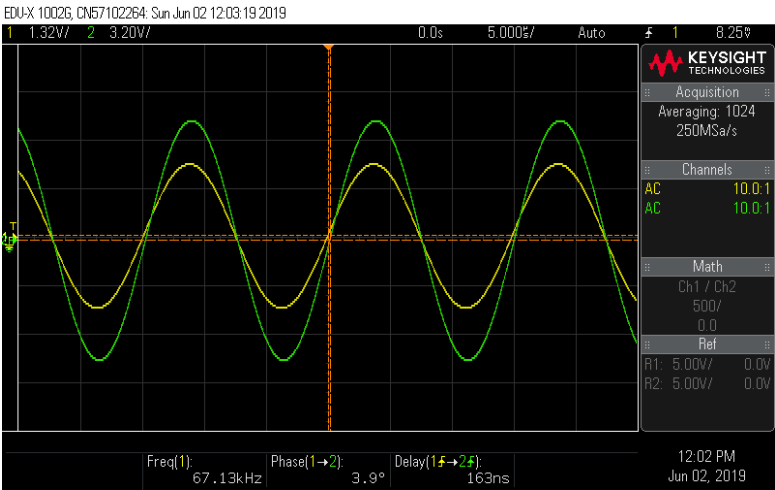
Freq.: 67.16k	Ganho: 3,44	Fase: -3,0
---------------	-------------	------------

Aquisição prática com carga

Freq.: 67.16k	Ganho: 3,48	Fase: 9,4
---------------	-------------	-----------

Aquisição prática sem carga

Freq.: 67.13k	Ganho: 3,96	Fase: 3,9
---------------	-------------	-----------



Medições - sem carga

Pratico - F. projetada

Aquisição prático (sem carga):

Freq.: 64,607k	Ganho: 3,079	Fase: -356,989
----------------	--------------	----------------

Aquisição prático (sem carga) - F. projetada:

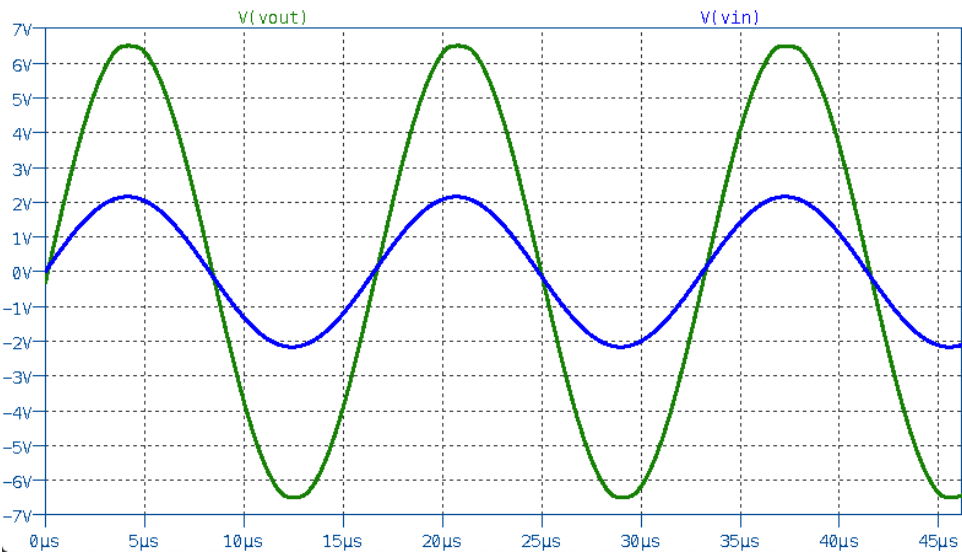
Freq.: 65k	Ganho: 3,076	Fase: -356,966
------------	--------------	----------------

```
time_period=1.53854e-05 FROM 1.28809e-07 TO 1.55142e-05
frequency: 1/time_period=64996.7
time_delay=-1.52557e-05 FROM 1.53845e-05 TO 1.28809e-07
phase: 360*(time_delay / time_period)=-356.966
t_vout: time=3.01547e-06 at 3.01547e-06
vin: v(vin)=1.94999 at 1.82712e-05
gain: 6/vin=3.07694
max_vin: MAX(v(vin))=2.11062 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vin: MIN(v(vin))=-2.11097 FROM 0 TO 4.61538e-05
max_vout: MAX(v(vout))=6.46307 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vout: MIN(v(vout))=-6.44319 FROM 0 TO 4.61538e-05

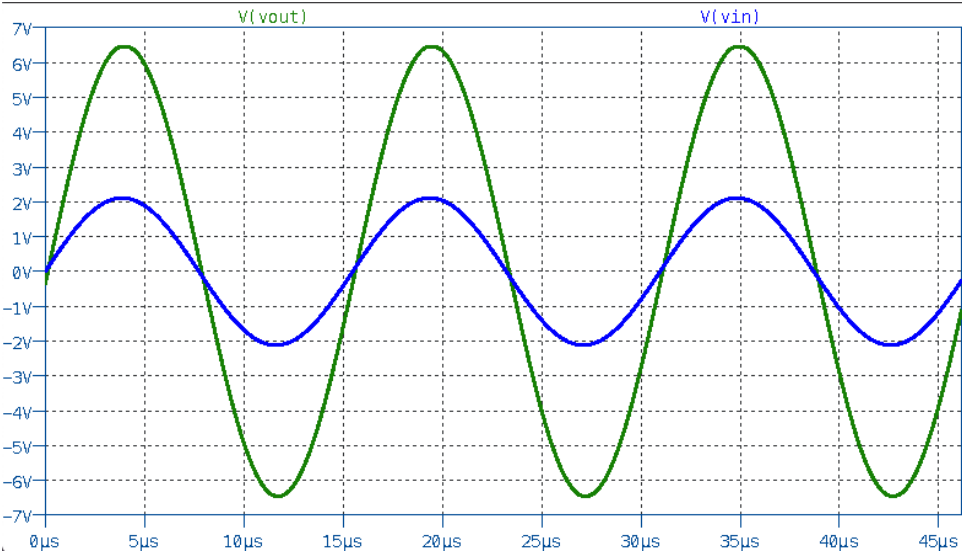
Date: Thu May 30 08:26:31 2019
```


Formas de onda - sem carga

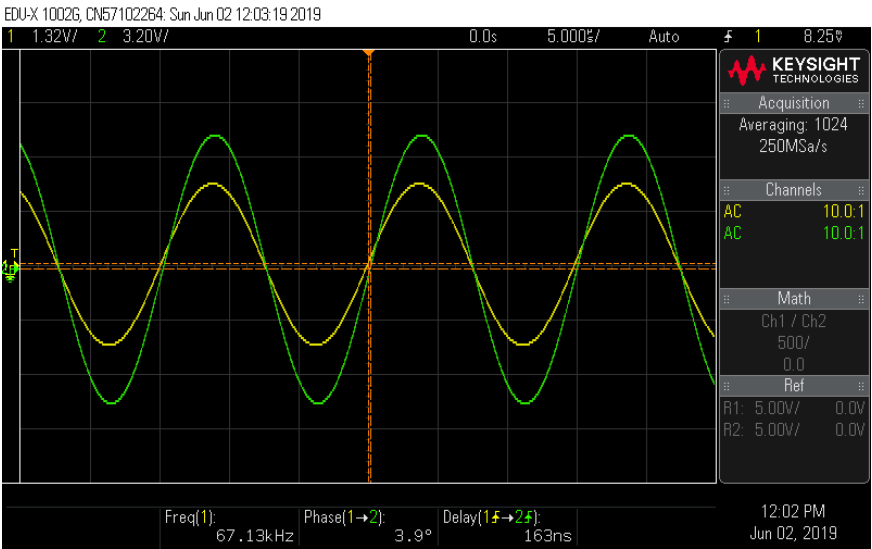
Teórico - simulação



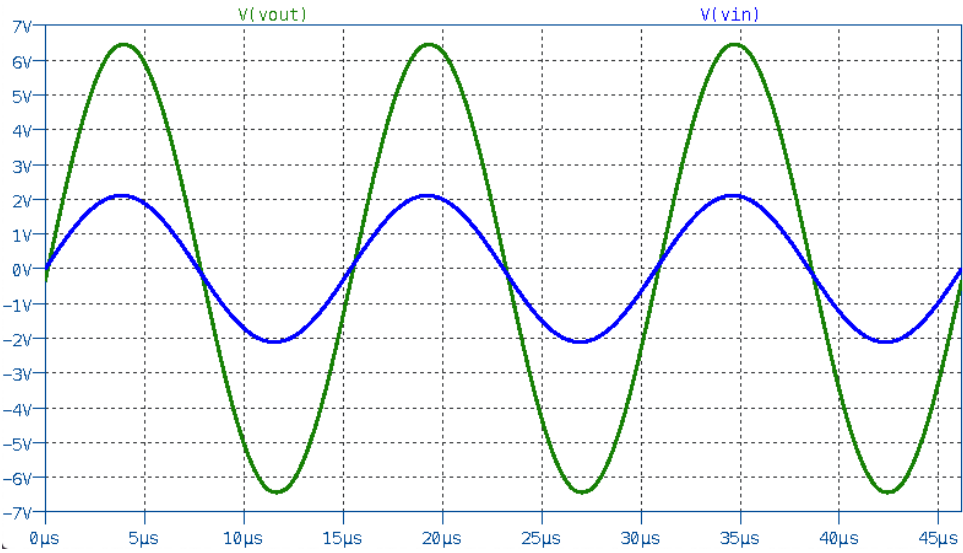
Prático - simulação



Prático

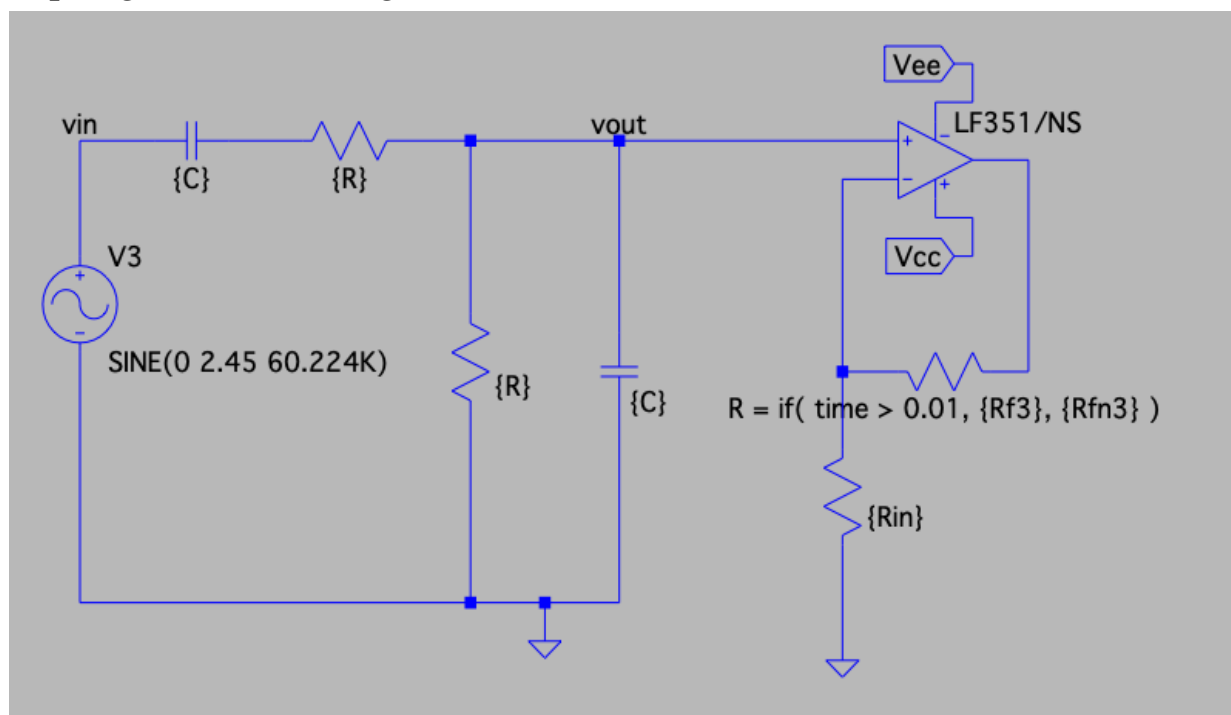


Formas de onda - sem carga
Prático - F. projetada



65kHz

Topologia aberta: Debug B



Indice:

- Diretivas spice
- Medições - com carga
- Formas de onda - com carga
- Medições - sem carga
- Formas de onda - sem carga

Diretivas spice - com carga

Teórico

```
.meas tran time_period trig V(vout)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=2
.meas frequency param 1/time_period
.meas tran time_delay trig V(vin)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=1
.meas phase param 360*(time_delay / time_period)
.meas t_vin find time when V(vin)=6 rise=1
.meas tran vout find V(vout) AT=t_vin+time_delay
.meas gain param 6/vout

.meas max_vin max V(vin)
.meas min_vin min V(vin)
.meas max_vout max V(vout)      .tran {1/(10*65k)} {1+3/65k} 1
.meas min_vout min V(vout)      ; tstep tstop tstart

.lib ../../libs/LF351.lib
.param Rin=100k C=820p R=2.986k
.param Rf3=205k Rfn3=500k
```

Prático

```
.meas tran time_period trig V(vout)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=2
.meas frequency param 1/time_period
.meas tran time_delay trig V(vin)=0 rise=1 targ V(vout)=0 rise=1
.meas phase param 360*(time_delay / time_period)
.meas t_vin find time when V(vin)=6 rise=1
.meas tran vout find V(vout) AT=t_vin+time_delay
.meas gain param 6/vout

.meas max_vin max V(vin)
.meas min_vin min V(vin)
.meas max_vout max V(vout)
.meas min_vout min V(vout)

.param Rin=98.1k R1=2.93k R2=2.99k Rf3=203k Rfn3=500k
.param C1=783p C2=754p
.lib ../../libs/LF351.lib
.tran {1/(10*65k)} {1+3/65k} 1 tstep tstop tstart
```

Medições - com carga

Teórico - simulação

Circuito fechado (comparação):

Freq.: 60,396k	Ganho: 3,017	Fase: 2,725
----------------	--------------	-------------

Aquisição teórico (com carga):

Freq.: 60,398k	1/Ganho: 3,009	Fase: -2,736
----------------	----------------	--------------

```
Direct Newton iteration for .op point succeeded.
max_vin: MAX(v(vin))=6.45899 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vin: MIN(v(vin))=-6.46026 FROM 0 TO 4.61538e-05
max_vout: MAX(v(vout))=2.15108 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vout: MIN(v(vout))=-2.15215 FROM 0 TO 4.61538e-05
time_period=1.65567e-05 FROM 1.64315e-05 TO 3.29883e-05
frequency: 1/time_period=60398.4
time_delay=-1.25853e-07 FROM 1.65574e-05 TO 1.64315e-05
phase: 360*(time_delay / time_period)=-2.73648
t_vin: time=3.15361e-06 at 3.15361e-06
vout: v(vout)=1.99382 at 3.02776e-06
gain: 6/vout=3.0093
```

Prático - simulação

Aquisição teorico (com carga):

Freq.: 64,595k	1/Ganho: 3,078	Fase: -2,993
----------------	----------------	--------------

```
Heightened Def Con from 0.0100001 to 0.0100001
time_period=1.54809e-05 FROM 1.53533e-05 TO 3.08342e-05
frequency: 1/time_period=64595.9
time_delay=-1.28708e-07 FROM 1.5482e-05 TO 1.53533e-05
phase: 360*(time_delay / time_period)=-2.99304
t_vin: time=2.94481e-06 at 2.94481e-06
vout: v(vout)=1.949 at 2.81611e-06
gain: 6/vout=3.0785
max_vin: MAX(v(vin))=6.45398 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vin: MIN(v(vin))=-6.45391 FROM 0 TO 4.61538e-05
max_vout: MAX(v(vout))=2.10626 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vout: MIN(v(vout))=-2.10853 FROM 0 TO 4.61538e-05
```

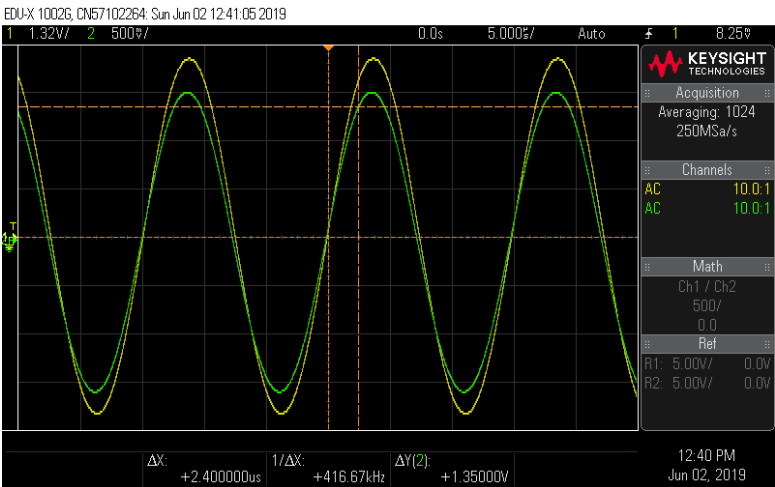
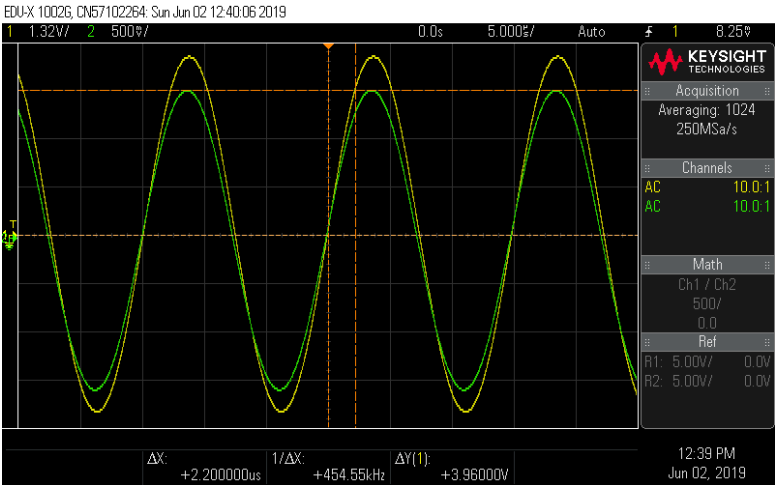
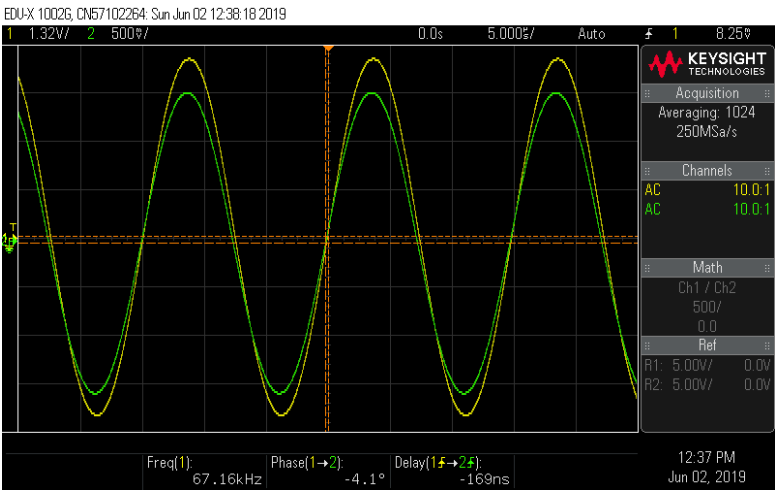
Prático

Comparação fechado

Freq.: 67.16k	Ganho: 3,44	Fase: -3,0
---------------	-------------	------------

Aquisição prática debugB com carga

Freq.: 67.13k	Ganho: 3,96	Fase: 3,9
---------------	-------------	-----------



Medições - com carga

Prático - F. brakhausen

Aquisição teorico (com carga):

Freq.: 64,595k	1/Ganho: 3,078	Fase: -2,993
----------------	----------------	--------------

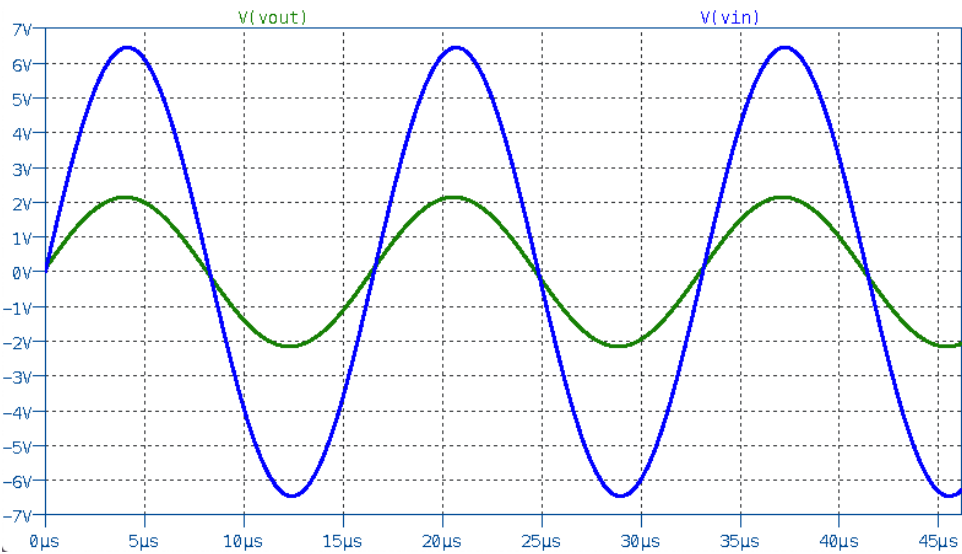
Aquisição teorico (com carga) - F. projetada:

Freq.: 65k	1/Ganho: 3,080	Fase: -2,746
------------	----------------	--------------

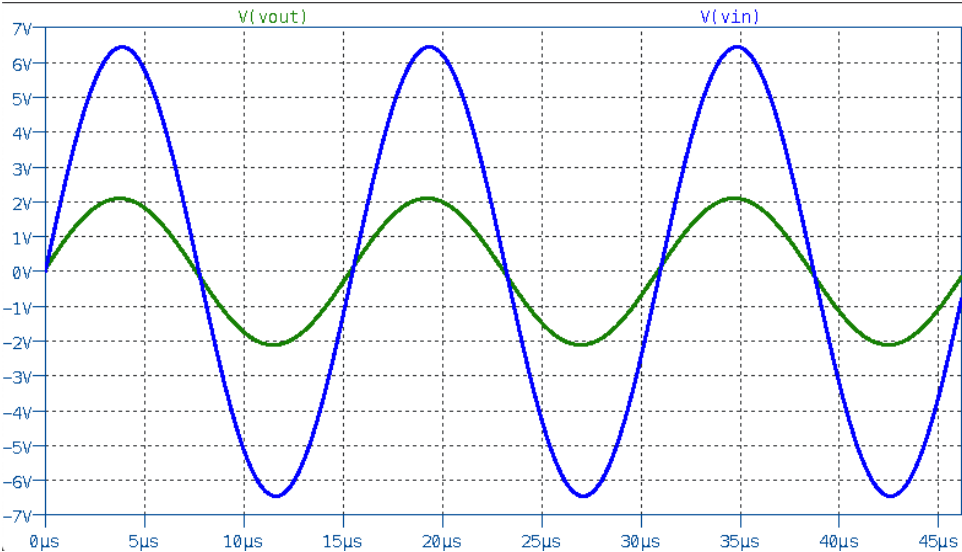
```
Circuit: * /Users/Igor/el3-osc/wien/simulation/proj/debugB_proj.asc
Direct Newton iteration for .op point succeeded.
time_period=1.53834e-05 FROM 1.52673e-05 TO 3.06507e-05
frequency: 1/time_period=65005
time_delay=-1.17361e-07 FROM 1.53846e-05 TO 1.52673e-05
phase: 360*(time_delay / time_period)=-2.74646
t_vin: time=2.92237e-06 at 2.92237e-06
vout: v(vout)=1.94788 at 2.80501e-06
gain: 6/vout=3.08027
max_vin: MAX(v(vin))=6.454 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vin: MIN(v(vin))=-6.45374 FROM 0 TO 4.61538e-05
max_vout: MAX(v(vout))=2.10709 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vout: MIN(v(vout))=-2.10926 FROM 0 TO 4.61538e-05
```

Formas de onda - com carga

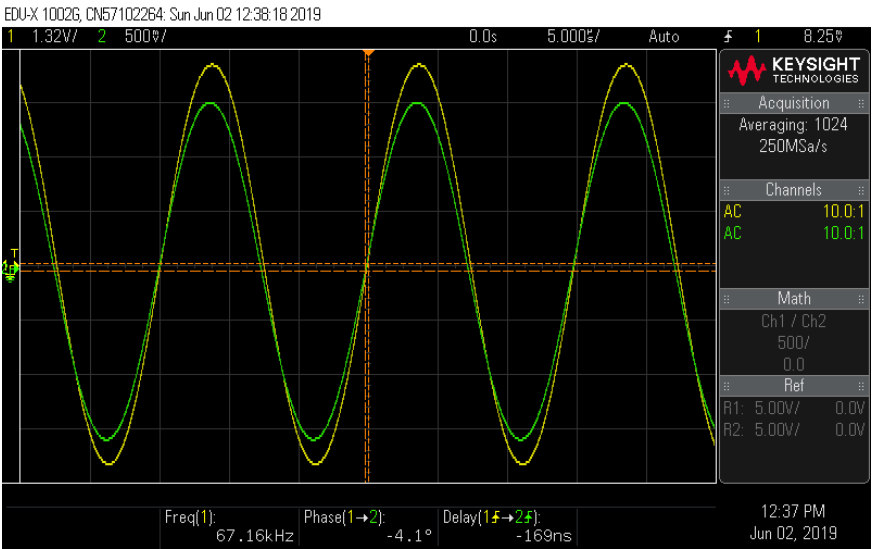
Teórico - simulação



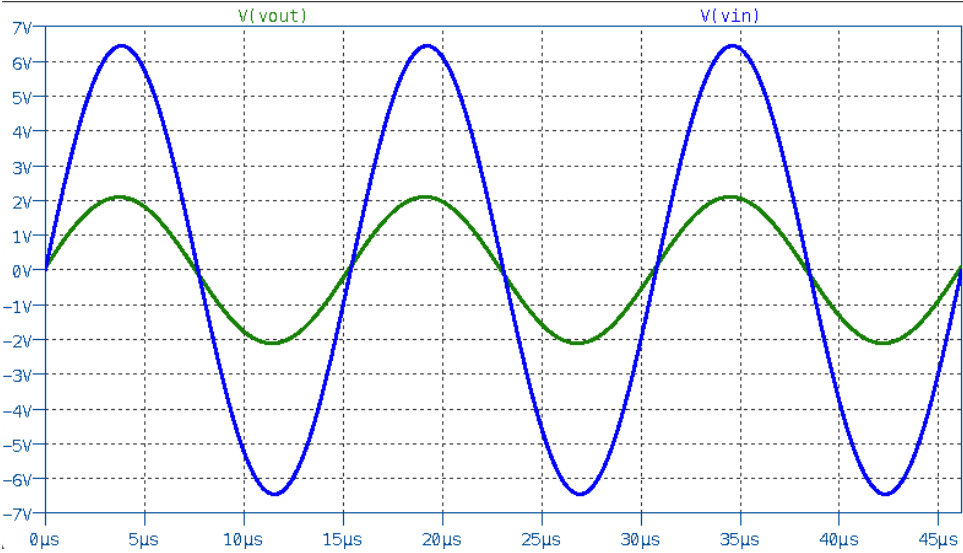
Prático - simulação



Prático



Formas de onda - com carga
Prático - F. projetada



Medições - sem carga

Teórico - simulação

Circuito fechado (comparação):

Freq.: 60,396k	Ganho: 3,017	Fase: 2,725
----------------	--------------	-------------

Aquisição teorico (com carga):

Freq.: 60,398k	1/Ganho: 3,009	Fase: -2,736
----------------	----------------	--------------

Aquisição teorico (sem carga):

Freq.: 60,400k	1/Ganho: 3,019	Fase: -2,718
----------------	----------------	--------------

```

min_vin: MIN(v(vin))=-6.46005 FROM 0 TO 4.61538e-05
max_vout: MAX(v(vout))=2.15045 FROM 0 TO 4.61538e-05
min_vout: MIN(v(vout))=-2.15005 FROM 0 TO 4.61538e-05
time_period=1.65562e-05 FROM 1.64324e-05 TO 3.29886e-05
frequency: 1/time_period=60400.4
time_delay=-1.25025e-07 FROM 1.65575e-05 TO 1.64324e-05
phase: 360*(time_delay / time_period)=-2.71857
t_vin: time=3.14913e-06 at 3.14913e-06
vout: v(vout)=1.98696 at 3.0241e-06
gain: 6/vout=3.01969

```

Prático - simulação

Aquisição pratico (com carga):

Freq.: 64,595k	1/Ganho: 3,078	Fase: -2,993
----------------	----------------	--------------

Aquisição pratico (sem carga):

Freq.: 64,598k	1/Ganho: 3,085	Fase: -2,976
----------------	----------------	--------------

Prático

Comparação fechado

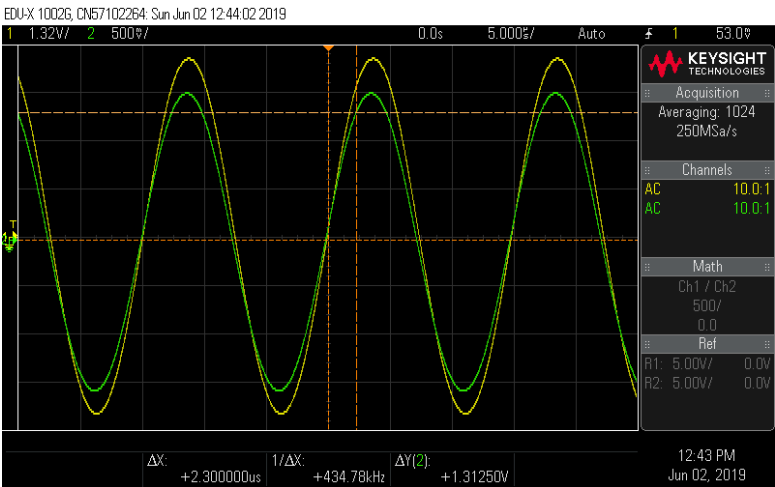
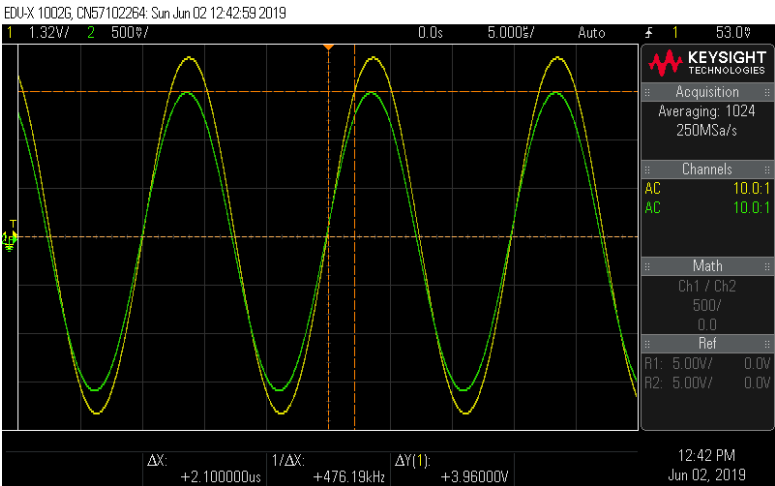
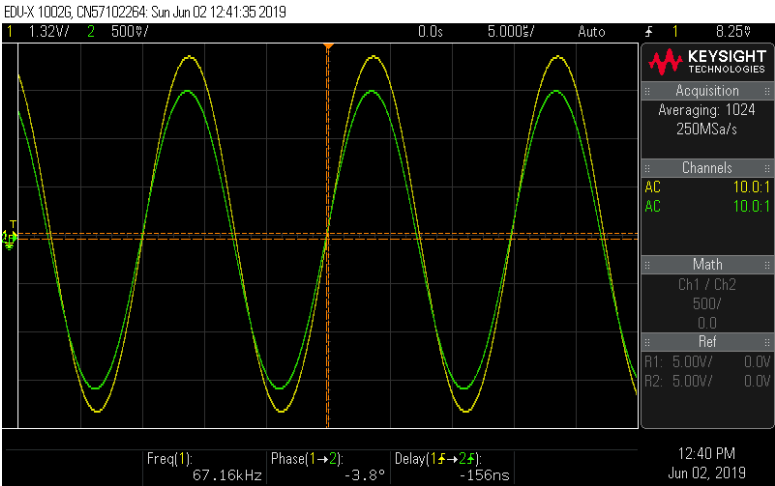
Freq.: 67.16k	Ganho: 3,44	Fase: -3,0
---------------	-------------	------------

Aquisição prática debugB com carga

Freq.: 67.13k	Ganho: 3,96	Fase: 3,9
---------------	-------------	-----------

Aquisição prática debugB com carga

Freq.: 67.13k	Ganho: 3,96	Fase: 3,9
---------------	-------------	-----------



Medições - sem carga

Prático - F. projetada

Aquisição pratico (sem carga) - F. brakhausen:

Freq.: 64,598k	1/Ganho: 3,085	Fase: -2,976
----------------	----------------	--------------

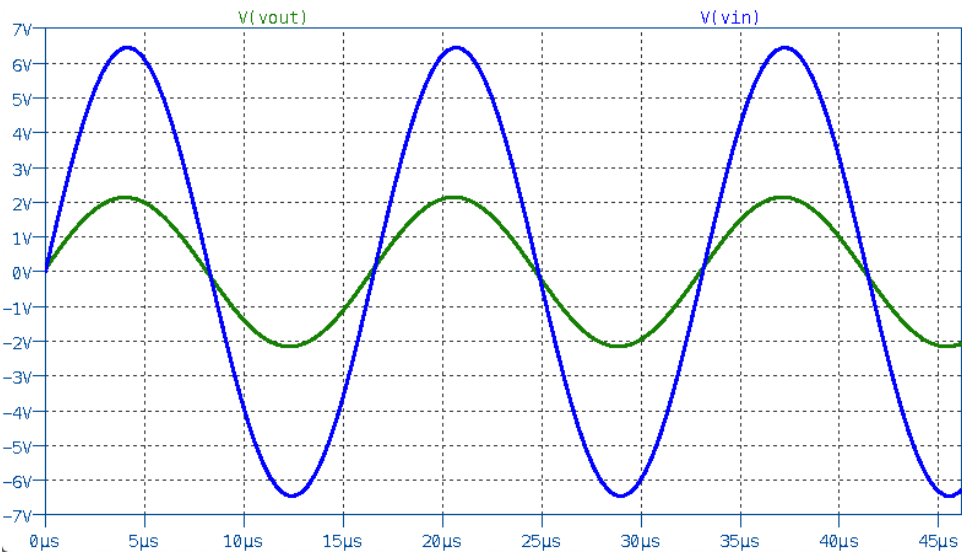
Aquisição pratico (sem carga) - F. projetada:

Freq.: 64,598k	1/Ganho: 3,085	Fase: -2,976
----------------	----------------	--------------

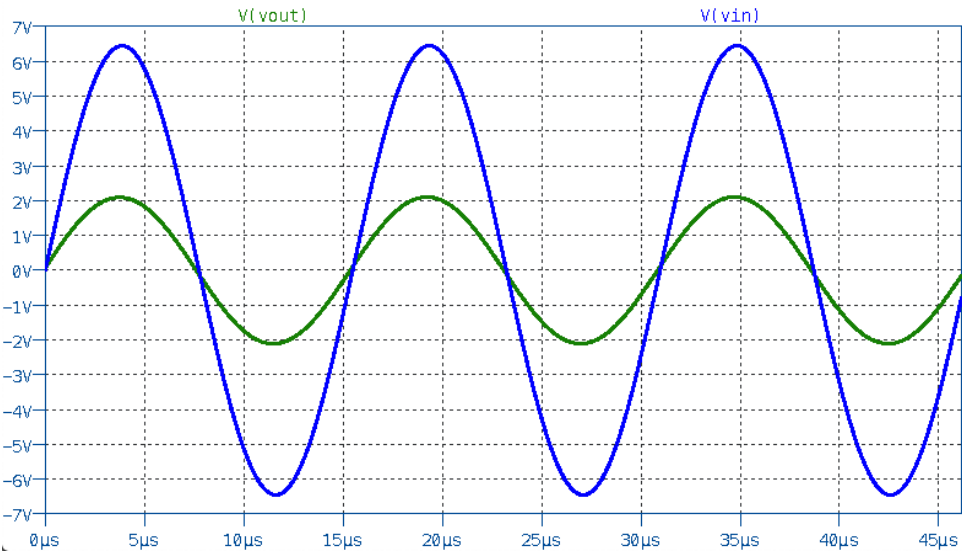
```
.OP point found by inspection.  
  
time_period=1.53829e-05 FROM 1.52679e-05 TO 3.06508e-05  
frequency: 1/time_period=65007.3  
time_delay=-1.16687e-07 FROM 1.53846e-05 TO 1.52679e-05  
phase: 360*(time_delay / time_period)=-2.73077  
t_vin: time=2.92487e-06 at 2.92487e-06  
vout: v(vout)=1.94472 at 2.80819e-06  
gain: 6/vout=3.08527  
max_vin: MAX(v(vin))=6.4535 FROM 0 TO 4.61538e-05  
min_vin: MIN(v(vin))=-6.4535 FROM 0 TO 4.61538e-05  
max_vout: MAX(v(vout))=2.10697 FROM 0 TO 4.61538e-05  
min_vout: MIN(v(vout))=-2.11017 FROM 0 TO 4.61538e-05
```

Formas de onda - sem carga

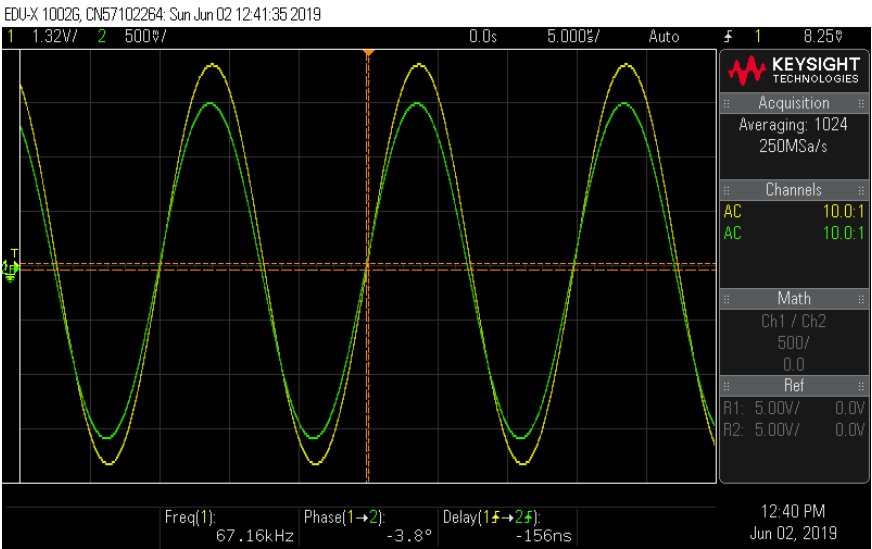
Teórico - simulação



Prático - simulação



Prático



Formas de onda - sem carga
Prático - F. projetada

