

Projeto aplicado 1 (Aula prática/Atividade de laboratório):  
Condicionamento de sinais e Sensor de corrente

**Nome:** Rafael Anderson Dalmolin RA:1436287

**Data:** 12/07/21

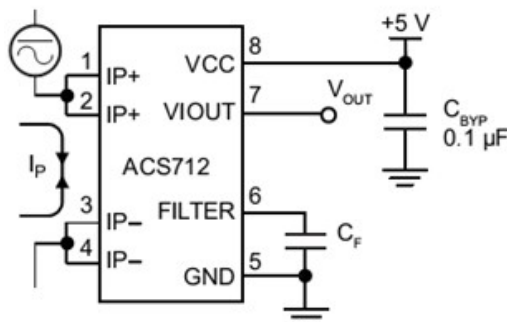
## 1 Objetivos

- 1.1 Projetar um sistema eletrônico para condicionamento de sinal;
- 1.2 Que permita medir uma corrente alternada com valor de pico de  $2A@60Hz$ ;
- 1.3 Deve-se utilizar o sensor de corrente *Allegro ACS712ELCTR-05B-T*;
- 1.4 O sinal de saída deve ser compatível com os níveis de tensão do ADC (10 bits) do microcontrolador *Texas MSP430*.

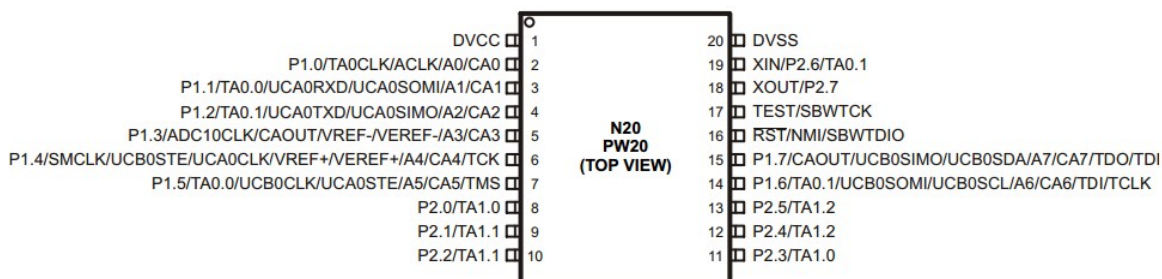
## 2 Análise do circuito

### 2.1 Sensor e microcontrolador

Para essa atividade considerar os circuitos da Figura 1 e Figura 2.



**Figura 1 - Sensor de corrente Allegro ACS712.**



**Figura 2 - Microcontrolador Texas MSP430G2x13 e MSP430G2x53.**

A tensão de alimentação (VCC) para o MSP430 pode variar entre 1,8 V e 3,6V. Considere:

- $V_{CC}=3,3V$
- $V_{REF+}=3,3V$
- $V_{REF-}=0V$

### 3 Desenvolvimento

a) Qual o capacitor  $C_F$  utilizado no sensor de corrente? Qual a sensibilidade do sensor (V/A)? Qual a largura de banda do sensor?

$$C_F = 47 \text{ nF}$$

$$S = 185 \text{ mV/A}$$

$$BW = 2 \text{ kHz}$$

b) Considerando a faixa de corrente desejada, qual o será valor máximo e mínimo da tensão de saída do sensor? Prove.

De acordo com o datasheet *ACS712ELCTR-05B-T*.

Temos:

- Fonte de alimentação para o sensor será de  $V_{cc} = 5V$ ;
- $OFF\_SET \rightarrow V_{cc}/2$ ;
- Sensibilidade do sensor 185 mV/A;
- Corrente Max 2A;
- Corrente Min -2A;

O cálculo sera feito através das equações a baixo.

$$V_{o_{max}} = OFF_{SET} + (sens * CURRENT_{MAX})$$

$$V_{o_{min}} = OFF_{SET} + (sens * CURRENT_{MIN})$$

$$V_{o_{max}} = 2.87 \text{ V}$$

$$V_{o_{min}} = 2.13 \text{ V}$$

c) Os valores encontrados em (b) permitem um total aproveitamento do conversor AD do microcontrolador? Qual seria a resolução de cada bit do ADC em Amperes? Justifique.

Segundo o datasheet do MSP ele possui um conversor AD de 10 bits, e suas referências externas, são de 0V até 3V3.

Com isso obtemos uma resolução:  $\frac{3V3}{1024(10\text{ bits})} = 3.22 \text{ mV/bit}$

Como o valor mínimo da saída do sensor é 2.13V e o valor máximo é 2.87V.

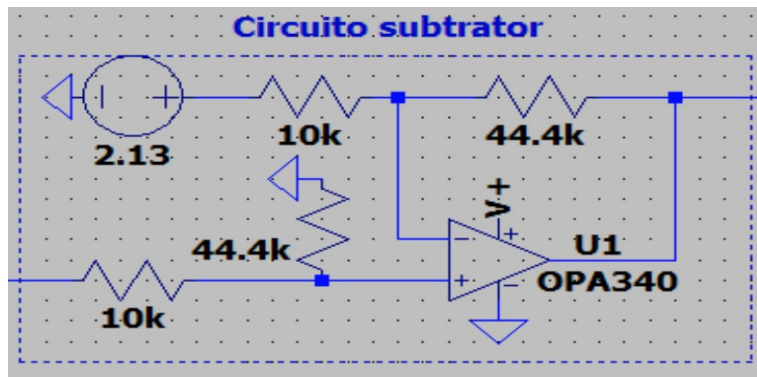
Observa-se que não é utilizado todos os bits do conversado ADC do MSP.

Para o cálculo da resolução do ADC em A/bit, temos:

$$Resolução_{ADC} = \frac{3V3}{1024(10\text{ bits}) * 0.185} = 17.42 \text{ mA/bit}$$

d) Desenvolva um circuito para condicionamento de sinal que apresente uma saída compatível com os níveis de tensão do ADC e permitam um total aproveitamento desse. Descrever todas as etapas do circuito.

Foi implementado um amplificador subtrator.



Para fazer com que o sinal da saída do sensor ficasse adequado com a entrada do MSP, foi subtraído do sinal o valor de 2.13V que representa o offset do sensor menos o valor mínimo de corrente, sobrando apenas o sinal que representa o valor mensurado da corrente.

Assim o sinal, foi amplificado em 4.46 vezes, ficando compatível com a entrada do MSP de 0V à 3V3.

para o encontrar os valores foi utilizado as equações a seguir:

$$\text{Subtrator} \rightarrow V_o = R_2 / R_1 * (V_2 - V_1);$$

$$\text{Offset a ser removido do sinal.} \rightarrow V_1 = 2.13V$$

$$\text{Sinal da saída do sensor} \rightarrow V_2$$

Ganho do amplificador, foi calculado pela seguinte equação:

$$V_{REF+} / (V_{omax} - V_{omin}) = 3.3 / (2.87 - 2.13) = 4.46$$

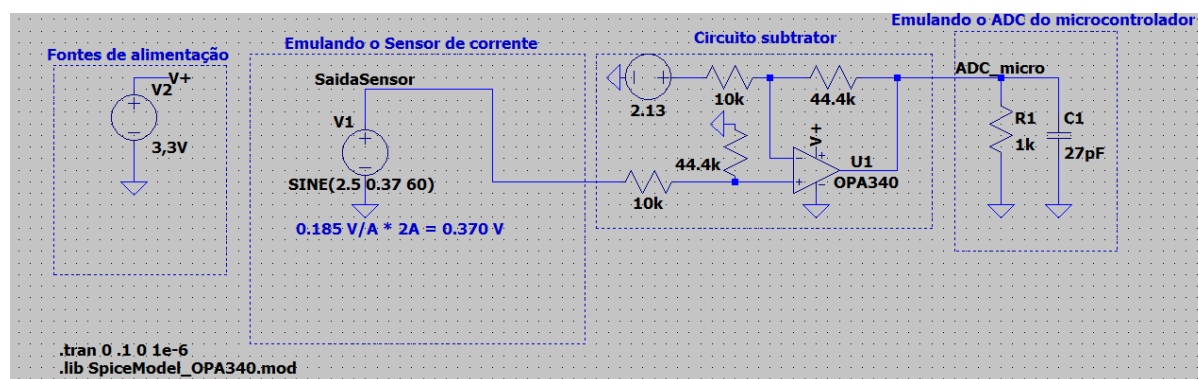
como o Ganho =  $R_2/R_1$ , selecionando um valor adequado de  $R_1 = 10K \text{ Ohm}$ , encontramos  $R_2 = 44.4K \text{ Ohm}$ .

e) Especifique quais as fontes (e os níveis das tensões) necessárias nesse projeto. Especifique qual é o modelo de AmpOp utilizado e qual a tensão de saturação (na saída) desse.

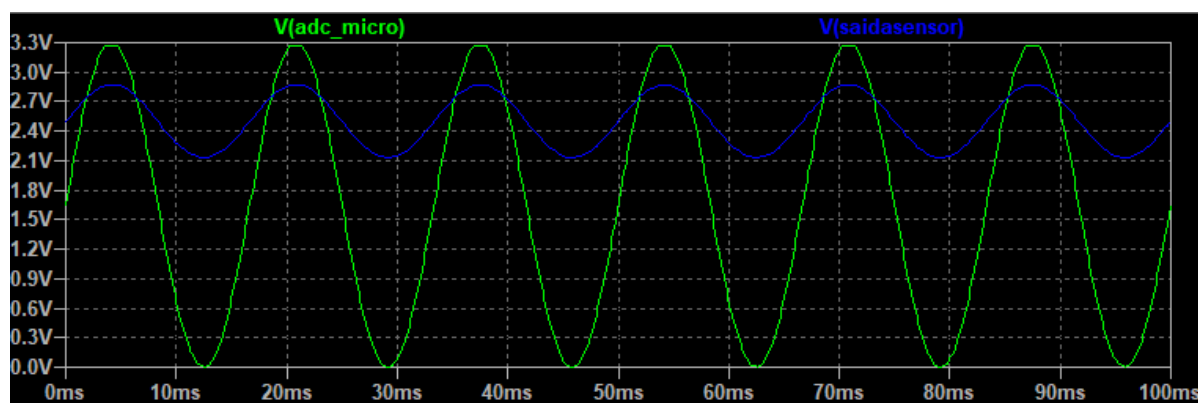
Foram necessárias 3 Fontes de tensão para a implementação desse projeto. Sendo elas:

1. Fonte de alimentação CC de 2V13 para o Offset da parte do subtrator;
2. Fonte de alimentação CC de 3V3 para o microcontrolador MSP e para a alimentação do ampOp (OPA340);
3. Fonte de alimentação CC de 5V para o sensor de corrente (ACS712ELCTR-05B-T). Modelo de AmpOp utilizado para o projeto: OPA340.

f) Simule o circuito proposto e apresente os resultados.



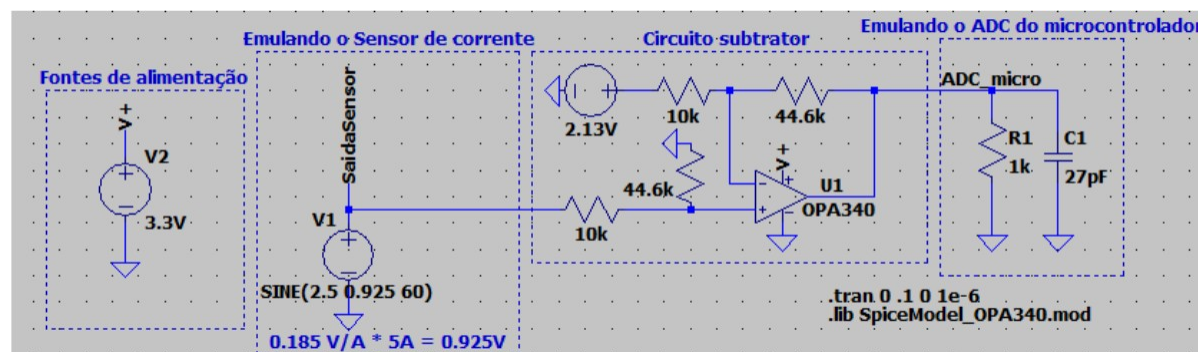
**Figura 3 - Circuito simulado no software LTSpice versão XVII (17.0.23.0).**



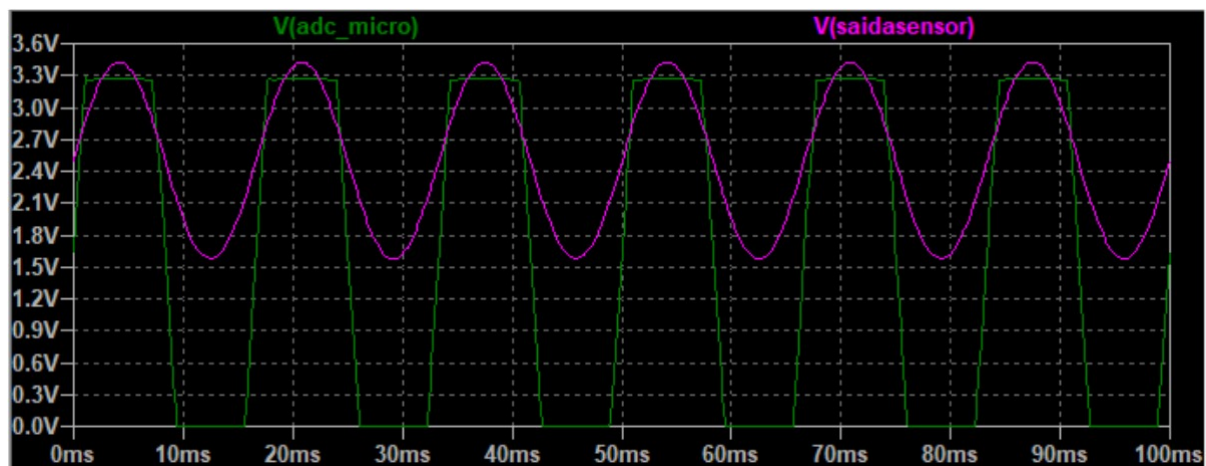
**Figura 4 - Resultado de simulação. Canal 1 (Verde) adc\_micro (0.3V/div). Canal 2 (Azul) saída do sensor (0.3V/div). Escala de tempo de 100ms.**

g) O circuito proposto apresenta algum tipo de proteção para sobrecorrente? Apresente a simulação para uma corrente de entrada de 5A (valor de pico).

Sim, como foi utilizado um amplificador operacional Rail-to-Rail, assim alimentado com tensão de 3V3, Fazendo que qualquer sinal que chegue na sua entrada com valor maior que  $V_{max}=2.87V$ , será amplificado e saturado em 3V3, com isso temos uma proteção contra qualquer sinal com corrente maior que 2A.



**Figura 5 - Circuito simulado.**



**Figura 6 - Resultado de simulação. Canal 1 (Verde) adc\_micro (0.3V/div). Canal 2 (Rosa) saidasensor (0.3V/div). Escala de tempo de 100ms.**

h) Qual é a sensibilidade (V/A) do sensor após a instrumentação? E qual é a resolução de cada bit do ADC em Amperes após a instrumentação?

Como o valor máximo obtido na saída do amplificador após a instrumentação é de 3V3 e a corrente máxima na entrada é de 4A, calculamos a sensibilidade.

$$S = \frac{3.3V}{4A} = 825mV/A$$

$$Resolução_{ADC} = \frac{3.3}{1024(10bits) * 0.825} = 3.91mA/bit$$