

Universidade Católica de Petrópolis
Centro de Engenharia e Computação
Engenharia Elétrica

RELATÓRIO DO PROJETO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Alunos:

Hiago Riba Guedes

11620104

Luis Felipe Ferreira Fagundes

11511340

Trabalho apresentado ao Centro de
Engenharia e Computação de Engenharia da
Universidade Católica de Petrópolis da disciplina
Eletrônica Industrial ministrada
pelo Profº Felipe Baldner na turma E-ELE-A8.

Disciplina: Eletrônica Industrial

Professor: Felipe Baldner

DEZEMBRO/2018

1. INTRODUÇÃO

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um inversor PWM unipolar com capacidade de atuar com tensão de entrada de $6 V_{DC}$. No relatório a seguir serão abordados alguns conceitos relativos ao inversor, bem como as simulações, cálculos e componentes usados no projeto.

1.1 Conversores DC/AC

Inversores, são dispositivos que convertem uma potência disponível em uma fonte DC, para uma carga AC. Existem diversas formas de conseguir essa mudança, uma delas e mais básica, é através de uma ponte H. Nesse método, a transformação DC se faz através de abertura e fechamento de chaves em sequências determinadas, fazendo com que a tensão varie entre +Vdc, -Vdc e zero. O esquema do circuito segue na figura abaixo:

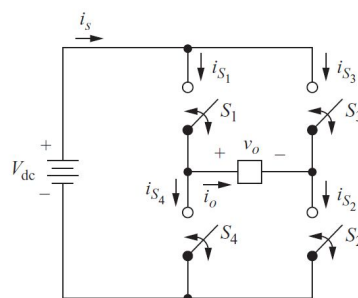


Figura 1: Conversor de ponte H. Fonte: Hart

1.2 Chaveamento unipolar

Um esquema de chaveamento unipolar, consiste em um módulo comparador, que tem como saída um pulso de tensão que controlará as chaves do circuito, fazendo com que as mesmas fechem o contato na presença do sinal. Ao fazer com que a chave feche o contato, o circuito da ponte H entra em funcionamento.

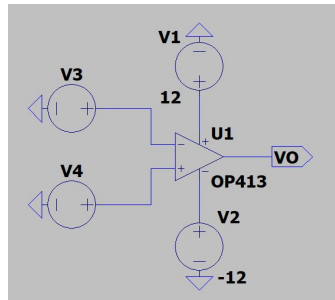


Figura 2: Exemplo de comparador com saída VO.



Figura 3: Sinais de entrada no comparador. Fonte:Hart

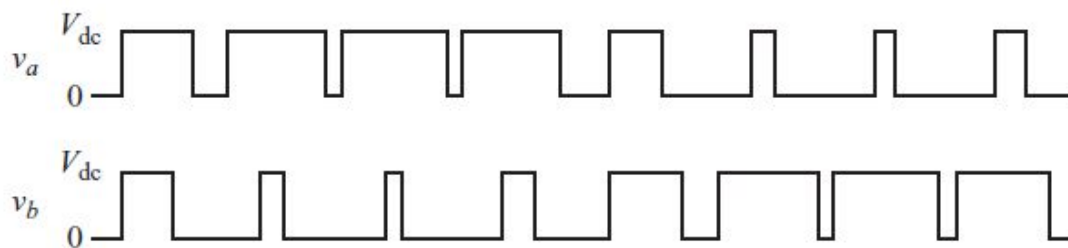


Figura 4: Saída VO do comparador. Fonte:Hart



Figura 5: Forma de onda na saída da ponte H. Fonte:Hart

2.PROJETO

Nesse projeto utilizamos um total de 6 fontes, sendo uma para alimentarem os amplificadores operacionais, duas para a entrada da onda triangular no comparador, e duas para a entrada da onda senoidal. Uma fonte para alimentar o sistema completo, com entrada em Vcc.

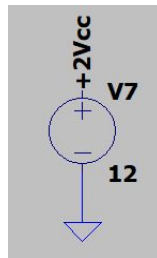


Figura 6: Exemplo de fonte utilizada

Foram definidos de forma arbitrária alguns valores para o desenvolvimento do inversor.

$R=1\text{ k}\Omega$

$L=10\text{ mH}$

Tensão DC: 6 V

Frequência do sinal de referência: 100Hz.

Frequência de portadora: 1.5 KHz

mf=15

É natural que se tenha uma diminuição na tensão em sua saída, tanto por conta dos transistores utilizados quanto dos harmônicos provindos pelo sistema, então sua modulação de amplitude (ma) será feita após a simulação.

Foram utilizados dois amplificadores operacionais, configurados como comparadores, sendo cada um responsável pelo sinal de cada chave na ponte H. O modelo escolhido para simulação foi o LT1018.

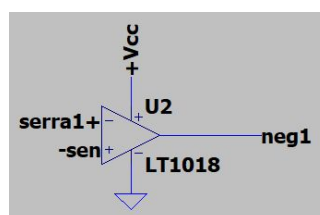


Figura 7: Exemplo amplificador operacional utilizado como fonte em uma das chaves.

Para o chaveamento foram utilizadas Mosfets do tipo N, com VDs de 25V, resistência de $1\text{ m}\Omega$, e tensão de chaveamento Vto de 2.2 V.

O circuito completo, com a utilização de todos os componentes supracitados, podem ser visto na figura abaixo:

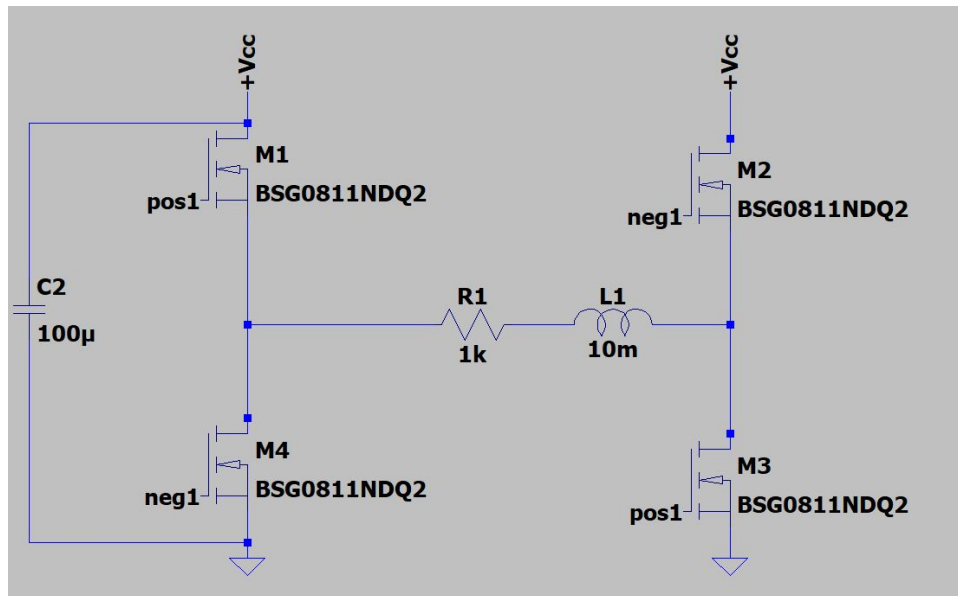


Figura 8: Circuito do inversor de frequência.

3.RESULTADOS

Foram utilizados os sinais de entrada para o controle dos Mosfets, seguindo os padrões da figura abaixo. Como pode ser visto a fonte DC teve seu padrão alterado, para uma forma de onda alternada.

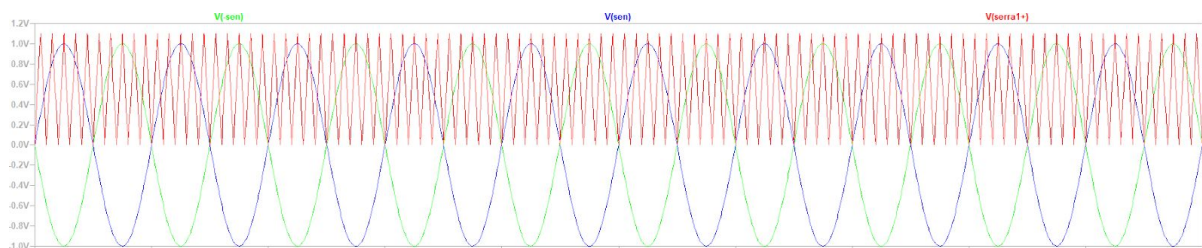


Figura 9: Modulação PWM dos sinais de entrada.

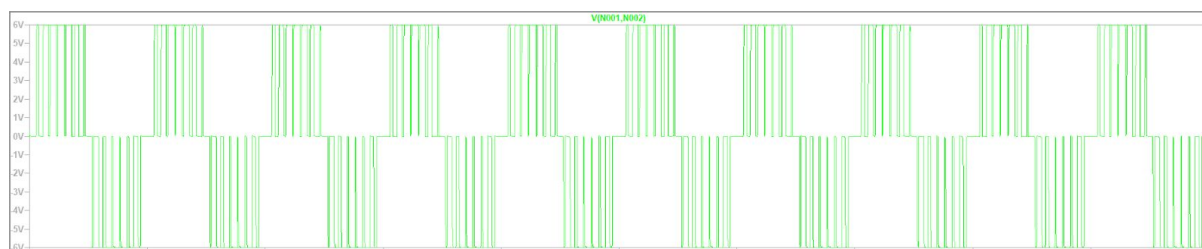


Figura 10: Resposta Esperada.

Com essas características foi escolhido o MOSFET do tipo N presente no LTSpice BSG0811NDQ2 para fins de simulação. Segue o datasheet no link abaixo.

https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-BSG0811ND-DS-v02_02-EN.pdf?fileId=5546d4624bcaebcf014c2d01f1490263

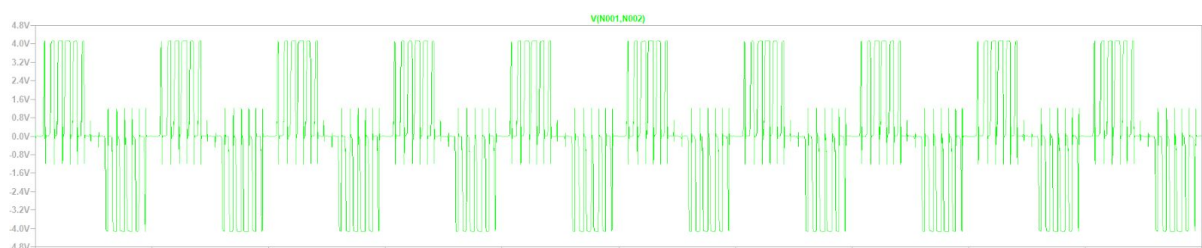


Figura 11: Resposta Obtida na saída do inversor de nome inversor.asc.

Da simulação pega-se que a tensão máxima do inversor é de 4.13 V

$$ma = \frac{4.13}{6} \approx 0.7$$

O Mosfet têm as seguintes características.

$V_{to}=2.2 \text{ V}$

$V_{ds}=25 \text{ V}$

$R_{on}= 1 \text{ m}\Omega$

$I_d=50 \text{ A}$

Cálculo de distorção.

	$m_a=1$	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
$n=1$	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10
$n=2m_f \pm 1$	0.18	0.25	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.27	0.19	0.10
$n=2m_f \pm 3$	0.21	0.18	0.14	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00

Figura 12: Harmônicos no inversor PWM com chaveamento unipolar

n	f[Hz]	ma	Vn [V]	Zn[Ω]	In[mA]	Pn[mW]	Sn[mV a l]
1	100	0.7	4.2	1k	4.2	8.82	18.66
27	2700	0.35	2.1	1.014k	2.07	2.14	248.31
29	2900	0.1	0.6	1.016k	0.59	0.174	76.02
31	3100	0.1	0.6	1.019k	0.588	0.174	80.98
33	3300	0.35	2.1	1.021k	2.06	0.59	302.03

$$THD_v \approx THD_i = 72 \%$$

Caso se queira utilizar componentes mais comerciais para a montagem física do sistema podem ser adquiridos o comparadores LM339, podendo este ser adquirido em qualquer casa de eletrônica.

Para os transistores, fica a cabo do projetista escolher uma que aguento essa tensão e forneça tal corrente.

4.CONCLUSÃO

Como foi visto seguindo os conteúdos visto nas aulas de Eletrônica Industrial, podemos projetar um inversor de frequência e entender o modo de funcionamento do mesmo. A topologia de inversor utilizada nesse projeto é tido como uma das mais simples tendo de complexa apenas o modo de controle para as chaves.

Algumas dificuldades foram encontradas para a confecção de um inversor mais complexo, ou que simule melhor o formato de onda senoidal. O programa utilizado pode ter contribuído para o problema, pois mesmo na tentativa de colocar mais níveis de tensão no circuito, os sinais de tensão não se somavam, assim não possibilitando a variação de tensão na saída do inversor. Por esse motivo não foi possível uma saída mais próxima de uma senóide.

Com a montagem do inversor podemos verificar a eficiência do inversor, uma vez que o mesmo conseguiu fornecer uma saída alternada em sua saída. A alta presença de harmônicos se deve a alta carga colocada em sua saída e dos componentes utilizados, ressaltando nesse aspecto a qualidade do software utilizado.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HART,D.W. Eletrônica de Potência: Análise e Projetos de Circuitos . 1ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2012.;

LM339 datasheet . Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm339.pdf>>.
Acessado em 10 de dezembro de 2018.;