



PIBIC / PIBITI / ICJr

Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a) SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

ATIVIDADES EXECUTADAS PELO BOLSISTA / VOLUNTÁRIO / OUTROS NO PERÍODO DE AGOSTO DE 2021 A AGOSTO/SETEMBRO DE 2022 - COTA 2020 -

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

I - DO ALUNO:

1 - Nome do Aluno: Marcos Antônio da Silva Viana Júnior

2 - Matrícula UERJ: 201710053611

3 - Nome do Curso de Graduação (se for aluno do CAp-UERJ, indicar o nível de ensino): Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Eletrônicos

4 - Se for externo, informar Curso e Instituição: Não se aplica.

5 - Tempo de permanência do aluno NO PROJETO (formato da data a ser preenchida: dd/mm/aaaa) : 01/02/2022

Número de meses: 8

6 - Tempo de permanência do aluno NA BOLSA (formato da data a ser preenchida: dd/mm/aaaa) : 01/02/2022

Número de meses : 8

7 - Tipo de bolsa ou vínculo (marque com um X):

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - Fomento UERJ (via Bradesco)



PIBIC / PIBITI / ICJr

Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a) SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - Fomento CNPq (via Banco do Brasil)
- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI)
- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - Ações Afirmativas CNPq
- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - Voluntário
- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desen. Tec. e Inovação (PIBITI) - Voluntário
- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica Júnior - Fomento UERJ (via Bradesco)
- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica Júnior - Fomento CNPq (via Banco do Brasil)
- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica Júnior - Voluntário
- Bolsa de Iniciação Científica CNPq de Edital Universal (bolsa balcão)
- Bolsa de Iniciação em Desen. Tecnológico e Inovação do CNPq de Edital Universal (bolsa balcão)
- Bolsa de Iniciação Científica de Editais FAPERJ (bolsa balcão)
- Bolsa de Iniciação Tecnológica de Editais FAPERJ (bolsa balcão)
- Outros (especifique):

II - DO ORIENTADOR:

1 - Nome do orientador:

José Paulo Vilela Soares da Cunha

2 - Matrícula UERJ:

32.640-5

3 - Unidade Acadêmica:

Faculdade de Engenharia (FEN)

4 - Se for de outra IES, informe o nome da Instituição:

Não se aplica.



PIBIC / PIBITI / ICJr
Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a)
SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

III - DO COORIENTADOR (SE HOUVER):

- 1 - Nome do(a) coorientador(a):
- 2 - Matrícula UERJ:
- 3 - Unidade Acadêmica:
- 4 - Se for de outra IES, informe o nome da Instituição:

IV - DOS COLABORADORES:

- COLABORADOR 1

- 1 - Nome:
- 2 - CPF:
- 3 - Unidade/IES (Instituição de Ensino Superior):

- Docente
- Pesquisador(a)
- Doutorando(a)
- Mestrando(a)
- Graduando(a)
- Outro (especifique):



PIBIC / PIBITI / ICJr

Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a) SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

V - DO PROJETO APROVADO PARA BOLSA(S) PIBIC (PROJETO QUE O PROFESSOR SUBMETEU NA SELIC 2020):

1 – Título do Projeto:

Obs: Informar apoio financeiro ao projeto por agências como CNPq, FAPERJ, CAPES, FINEP, PETROBRAS, MCT:

RELATÓRIO (PLANO DE TRABALHO DO ALUNO – SELIC 2020):

1 – TÍTULO DO TRABALHO DO BOLSISTA:

2 – Principais objetivos do plano de trabalho original (plano de trabalho do bolsista):

O principal objetivo é aplicar redes de comunicação sem fios e controle cooperativo em sistemas de propulsão para embarcações teleoperadas. Tem-se em vista o controle dos motores elétricos que acionam hélices e, com isto, o movimento da embarcação. O controle cooperativo permitirá a reconfiguração dos propulsores da embarcação e a tolerância a falhas.

3 – Principais etapas executadas no período da bolsa, visando ao alcance dos objetivos:

Como etapa preliminar para se atingir os objetivos estabelecidos no plano de trabalho original, inicialmente ocorreu a realização estudos dos tópicos descritos a seguir, para que fosse possível controlar os propulsores da embarcação remotamente:

- Utilização do microcontrolador ESP 32 para realizar o controle dos motores CC;
- Acionamento dos motores CC por circuito ponte H e a técnica da modulação por largura de pulso (PWM – *pulse width modulation*), permitindo-se assim controlar a velocidade de rotação das hélices e a propulsão do barco;
- Projeto de placas de circuito impresso.



PIBIC / PIBITI / ICJr

Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a) SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

- Utilização de redes de comunicação para poder conduzir a embarcação à distância.

Após o estudo dos tópicos acima e a leitura do Projeto de Graduação (SOUSA, 2016), em especial a Seção 6.1.2.1 sobre correções de problemas do circuito de acionamento do motor, tomou-se conhecimento dos problemas enfrentados nesse circuito. Logo, faz-se necessário realizar melhorias no projeto do circuito de acionamento, pois o mesmo apresentou desvios que comprometem o seu funcionamento, dentre os quais podemos citar como principal o excessivo aquecimento de trilhas de circuito impresso e de alguns componentes. Assim, foram realizadas pesquisas na *Internet* para selecionar os componentes adequados.

Como os motores da embarcação precisam de correntes elétricas elevadas para seu funcionamento, algumas partes do circuito superaquecem e se danificam. Para resolver isso foram pesquisados MOSFETs que possuam resistência dreno - fonte ($R_{DS(ON)}$) menor que a do utilizado na versão anterior, MOSFETs do tipo SMD (*surface mounted device*) e planejada a confecção de uma nova placa de circuito impresso com trilhas dimensionadas adequadamente para as correntes elétricas.

Para que os MOSFETs sejam acionados é necessário que suas capacitâncias sejam carregadas, dessa forma quanto maior for a capacidade do *driver* para fornecer corrente elétrica, mais rápido será o chaveamento do MOSFET, assim foram avaliados também *drivers* que possuem grande capacidade de fornecimento de corrente elétrica.

Verificou-se também a possibilidade de se utilizar circuitos integrados que unissem no mesmo encapsulamento o *driver* e os MOSFETs para que o circuito ficasse mais compacto.

4 – Apresentação e discussão sucinta dos principais resultados obtidos:

Através da *internet* procurou-se MOSFETs que atendessem algumas restrições, como: Capacidade de fornecimento de corrente acima de 70 *amperes*, tensão dreno-fonte acima de 12 volts, resistência dreno - fonte ($R_{DS(ON)}$) menor que 3,7m Ω . A Tabela 1 apresenta alguns dos MOSFETs encontrados basicamente apenas no mercado internacional. Todos possuem grande capacidade de fornecimento de corrente e os cinco últimos apresentam resistência dreno-fonte menor que a do primeiro, que foi o utilizado no projeto anterior. Essa última característica é fundamental para se reduzir a perda por condução, uma vez que essa perda é dada pelo produto da resistência dreno-fonte com o quadrado da corrente quanto menor for essa resistência menos potência será entregue ao MOSFET, o possibilita a utilização de menores dissipadores de calor ou até em alguns casos a não utilização dos mesmos, fazendo com que o circuito fique mais compacto.



PIBIC / PIBITI / ICJr

Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a) SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

Outras características importantes avaliadas na procura do possível MOSFET a ser utilizado em substituição ao usado anteriormente foram o *Rise-time* e a capacitância de entrada. O primeiro devido ao fato de que o mesmo está associado à perda por chaveamento, sendo essa perda dada pela metade do produto da tensão de operação, pela corrente de dreno, pela frequência de chaveamento por esse tempo, dessa forma quanto menor for o *Rise-time* menores serão as perdas por chaveamento, a segunda devido ao fato de que quanto menor for mais rápido o MOSFET poderá ser chaveado. Analisando as características apresentadas na Tabela 1, foram selecionados os MOSFETs IRF40SC240 e IRL40SC228.

Tabela 1: Parâmetros de alguns dos MOSFETs pesquisados

MOSFET	Corrente contínua máx a 100°C [A]	Tensão [V]	Rise - Time [ns]	Fall - Time [ns]	Rds(ON) máx [mΩ]	Capacitância de entrada [pF]
IRF1401Z	120	40	110	58	3,7	4340
OptiMOS™ 6 power	168	40	6	5	1,7	3500
OptiMOST M6 Power	336	40	22	15	0,6	8800
IRF40SC240	379	40	75	114	0,65	18000
IRL40SC228	360	40	210	176	0,65	19680
IRL40SC209	300	40	182	138	0,8	15270

Um outro componente fundamental no circuito de acionamento é o *driver*, responsável por fazer o acionamento dos MOSFETs. As características de alguns encontrados estão apresentadas na Tabela 2. Algumas restrições estabelecidas na busca foram: Tensão de saída acima de 12V, corrente de saída maior ou igual a um *ampere* e *rise-time* de saída pequeno. Os quatro últimos *drivers* encontrados possuem além dessas características um isolamento entre parte de controle e a parte de potência, sendo isso algo interessante para evitar eventuais interferências eletromagnéticas da parte de potência na parte de controle. Todos apresentam considerável capacidade de fornecimento de corrente, sendo essa uma característica necessária para se chavear mais rápido os MOSFETs. Analisando as características apresentadas na Tabela 2, foi selecionado o *driver* 2EDS8265H.



PIBIC / PIBITI / ICJr
Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a)
SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

Tabela 2: Parâmetros de alguns dos *drivers* pesquisados

<i>driver</i>	Tipo	Corrente de pico de saída [A]	Tensão [V]	Output Rise - Time [ns]	Output Fall - Time [ns]
HIP 4081	Ponte completa	4	80	10	10
2EDF7275K	Meia ponte	4	20	6,5	4,5
2EDF7275F	Meia ponte	4	20	6,5	4,5
2EDS7165H	Meia ponte	1	20	6,5	4,5
2EDS8265H	Meia ponte	4	20	6,5	4,5

5 – Relacione os principais fatores negativos e positivos que interferiram na execução do projeto.

A. FATORES POSITIVOS:

Alguns fatores positivos são a infraestrutura do Laboratório de Eletrônica de Potência e Automação (acesso à *Internet*, bancada reservada para o meu trabalho) e recursos (ferramentas, equipamentos) disponíveis para o desenvolvimento do projeto. Dessa forma é possível dar total atenção às atividades sem a preocupação de não se ter uma determinada ferramenta ou espaço para a realização das mesmas.

Outro fator positivo foi a comunicação rápida entre aluno e professor orientador, isso fez com que as informações, dúvidas, sugestões e orientações fossem conversadas e acordadas em menor tempo. Ainda pode-se citar o vasto material bibliográfico disponível para pesquisa, proporcionando informações fundamentais no prosseguimento do trabalho.



PIBIC / PIBITI / ICJr
Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a)
SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

B. FATORES NEGATIVOS:

Um fator negativo foi a dificuldade de se encontrar no mercado nacional alguns itens do material para o projeto. Após avaliação, foi constatada a necessidade de reprojeter o circuito de acionamento e trocar alguns componentes, para que o mesmo possa funcionar de forma aceitável. No entanto, essa é uma difícil tarefa pois o mercado nacional de componentes eletrônicos é escasso e os preços dos componentes importados junto com o frete torna o projeto praticamente inviável.

VI – Informe se houve produção científica no período de:

Não houve produção científica do aluno no período.

VII - Houve atividades desenvolvidas em outras IES (Instituição de Ensino Superior):

NÃO

VIII - Autoavaliação do bolsista (escala de 1 a 10):

- | | |
|----------------------------------------|--------------------------------|
| a) Dedicção: | <input type="text" value="8"/> |
| b) Capacidade de trabalho em equipe: | <input type="text" value="9"/> |
| c) Iniciativa: | <input type="text" value="7"/> |
| d) Autonomia | <input type="text" value="8"/> |
| e) Amadurecimento acadêmico | <input type="text" value="8"/> |
| f) Competência técnica | <input type="text" value="8"/> |
| g) Desenvolvimento de espírito crítico | <input type="text" value="8"/> |
| h) Domínio do tema de pesquisa | <input type="text" value="7"/> |



PIBIC / PIBITI / ICJr

Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a) SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| i) Domínio da metodologia de pesquisa | <input type="text" value="7"/> |
| J) Capacidade criativa e inovadora | <input type="text" value="8"/> |
| K) Domínio da escrita | <input type="text" value="8"/> |
| L) Desempenho nas disciplinas | <input type="text" value="7"/> |

Observações adicionais (até 2000 caracteres com espaço):

Não há.

IX - Avaliação do bolsista pelo orientador (escala de 1 a 10):

- | | |
|-----------------------------------------|--------------------------------|
| a) Dedicação: | <input type="text" value="8"/> |
| d) Capacidade de trabalho em equipe: | <input type="text" value="7"/> |
| e) Iniciativa: | <input type="text" value="8"/> |
| d) Autonomia: | <input type="text" value="7"/> |
| e) Amadurecimento acadêmico: | <input type="text" value="7"/> |
| f) Competência técnica: | <input type="text" value="7"/> |
| g) Desenvolvimento de espírito crítico: | <input type="text" value="8"/> |
| h) Domínio do tema de pesquisa: | <input type="text" value="7"/> |
| i) Domínio da metodologia de pesquisa: | <input type="text" value="7"/> |
| J) Capacidade criativa e inovadora: | <input type="text" value="8"/> |



PIBIC / PIBITI / ICJr
Relatório das Atividades de Pesquisa do Aluno(a)
SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - “SEMIC UERJ 2022”

K) Domínio da escrita

8

L) Desempenho nas disciplinas

7

Observações adicionais:

O mais importante é que o trabalho que o aluno iniciou antes da pandemia de COVID-19 como voluntário em Iniciação Científica, foi retomado em fevereiro como bolsista e será concluído como seu Projeto de Graduação de Engenharia Elétrica.

São Gonçalo, 30 de setembro de 2022.

Bolsista: Marcos Antônio da Silva Viana Júnior

Orientador: José Paulo Vilela Soares da Cunha

Referências:

MOHAN, N., UNDELAND, T.M., ROBBINS, W.P. (1995). Power Electronics. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, INC.

SOUSA, L. R. (2016), Acionamento dos Motores CC de uma Embarcação Teleoperada. Projeto de Graduação em Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.lee.uerj.br/~jpaulo/PG/2016/PG-Acionamento-Motores-Embarcacao-2016.pdf>