



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Tecnologia

Amauri Amilton Alves de Oliveira

**Desenvolvimento de um kit didático para utilização de
Arduino com componentes eletrônicos de forma
preventiva para aulas práticas de robótica**

Limeira
2024

Amauri Amilton Alves de Oliveira

Desenvolvimento de um kit didático para utilização de Arduino com componentes eletrônicos de forma preventiva para aulas práticas de robótica

Dissertação apresentada à Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia, na área de Sistemas de Informação e Comunicação.

Orientadora: Profa. Dra. Talía Simões dos Santos Ximenes

Este trabalho corresponde à versão final da Dissertação defendida por Amauri Amilton Alves de Oliveira e orientada pela Profa. Dra. Talía Simões dos Santos Ximenes.

Limeira
2024

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
Felipe de Souza Bueno - CRB 8/8577

OL4d Oliveira, Amauri Amilton Alves de, 1966-
Desenvolvimento de um kit didático para utilização de Arduino com componentes eletrônicos de forma preventiva para aulas práticas de robótica / Amauri Amilton Alves de Oliveira. – Limeira, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Talía Simões dos Santos Ximenes.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia.

1. Material didático. 2. Robótica. 3. Arduino. 4. Circuitos eletrônicos - Projetos. 5. Educação STEM (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática). I. Ximenes, Talía Simões dos Santos, 1980-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Development of an educational kit for the preventive use of Arduino with electronic components in practical robotics classes

Palavras-chave em inglês:

Teaching materials

Robotics

Arduino

Electronic circuit design

STEM education

Área de concentração: Sistemas de Informação e Comunicação

Titulação: Mestre em Tecnologia

Banca examinadora:

Talía Simões dos Santos Ximenes [Orientador]

Marli de Freitas Gomes Hernandez

Luiz Ariovaldo Fabri Junior

Data de defesa: 05-02-2024

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-4682-9386>

- Currículo Lattes do autor: <https://lattes.cnpq.br/0817450325848924>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Abaixo se apresentam os membros da comissão julgadora da sessão pública de defesa de dissertação para o Título de Mestre em Tecnologia na área de concentração Sistemas de Informação e Comunicação, a que se submeteu o aluno Amauri Amilton Alves de Oliveira, em 5 de fevereiro de 2024 na Faculdade de Tecnologia – FT/UNICAMP, em Limeira/SP.

Profa. Dra. Talia Simões dos Santos Ximenes

Presidente da Comissão Julgadora

Profa. Dra. Marli de Freitas Gomes Hernandez

FT/UNICAMP

Prof. Dr. Luiz Ariovaldo Fabri Junior

Pesquisador Independente

Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria de Pós-graduação da Faculdade de Tecnologia.

Dedico este trabalho a minha mulher Flávia e a minha filha Thaís, que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e suportando o meu mau humor nos momentos difíceis.

Não deixe os especialistas de um campo lhe
convencerem de que você nunca será um deles.
Ignore-os e, depois, surpreenda-os.
(Massimo Banzi)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me sustentar e me trazer até aqui, agradeço a minha família, que sem o apoio, não seria possível atravessar esses dois anos de estudo no Mestrado, aos meus professores, com quem tive o prazer de adquirir todos os conhecimentos necessários para a conclusão deste curso, em especial, à minha orientadora, Profa. Talía, que me deu a oportunidade de contribuir com este projeto de pesquisa, além de toda a orientação necessária durante o curso, agradeço também, ao meu sobrinho Eric, que teve significativa participação na parte de desenvolvimento e assessoria em eletrônica para este projeto, e por fim, a todas as pessoas, que de alguma forma, participaram dessa longa, porém prazerosa caminhada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Resumo

A metodologia de educação STEAM, conhecida como Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, engloba a multidisciplinaridade como sua definição abrangente. Ao promover a construção do conhecimento através da integração de diversas disciplinas e áreas de estudo, essa abordagem colaborativa resulta em um ambiente de aprendizagem mais estimulante. Nesse contexto, as aulas de robótica ministradas em laboratórios de eletrônica oferecem uma perspectiva adicional e desafiadora, uma vez que envolvem alunos com diferentes níveis de conhecimento e operações suscetíveis a danos em equipamentos e componentes eletrônicos. Neste cenário, são necessárias medidas de proteção eficazes para minimizar a ocorrência desses eventos indesejados. Com esse objetivo em mente, foi proposto o desenvolvimento de um kit didático que integre as proteções necessárias a um ambiente de trabalho com componentes eletrônicos, utilizando a plataforma Arduino. O foco principal é garantir que a placa controladora em si esteja protegida contra possíveis falhas ou descuidos por parte dos alunos. Esse desafio consiste em construir um dispositivo resistente em um ambiente com uma ampla variedade de componentes, onde também ocorre interação humana. Foram adotadas medidas de proteção que envolvem várias abordagens para garantir a segurança do Arduino. A partir de uma lista contendo dez formas de danificar fisicamente a placa principal, foram desenvolvidas contramedidas efetivas para neutralizar tanto ataques intencionais quanto acidentais. Circuitos de proteção contra sobretensão, sobrecorrente, inversão de polaridade e curto-circuito, entre outros, foram cuidadosamente implementados. Além disso, um software especializado, chamado de "Professor" de bancada, foi desenvolvido na mesma plataforma Arduino, complementando as medidas de proteção física. Essa combinação de soluções garante um ambiente seguro e confiável para trabalhar com o kit didático. Este kit para aulas de robótica, se destaca em relação aos outros disponíveis no mercado, principalmente devido ao seu foco especial nas medidas de proteção. Esse é o elemento principal que torna o desenvolvimento deste kit didático único e, possivelmente, o mais completo em termos de proteção aos componentes eletrônicos. Além disso, ele é tecnologicamente atrativo para o aprendizado STEAM. A integração das proteções avançadas e abrangentes faz com que este kit ofereça um ambiente seguro e confiável para os alunos explorarem o mundo da robótica e desenvolverem suas habilidades de forma plena. Implementar mudanças em ambientes complexos requer a adoção de medidas abrangentes e robustas. Através da versatilidade da plataforma Arduino, foi possível projetar e implementar essas aplicações de maneira funcional. Isso proporciona aos alunos a oportunidade de vislumbrar a construção de soluções consistentes para problemas complexos, utilizando recursos de baixo custo e estimulando a criatividade. O uso do Arduino como base para o kit didático ampliou as possibilidades de aprendizado, incentivando a experimentação e o desenvolvimento de habilidades STEAM de maneira prática e acessível.

Palavras-chave: Kit didático; Robótica; Arduino; Circuitos de proteção; Educação STEAM.

Abstract

The STEAM education methodology, known as Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics, encompasses multidisciplinary as its comprehensive definition. By promoting knowledge construction through the integration of various disciplines and fields of study, this collaborative approach results in a more stimulating learning environment. In this context, robotics classes taught in electronics laboratories offer an additional and challenging perspective, as they involve students with different levels of knowledge and operations that are susceptible to damage to equipment and electronic components. In this scenario, effective protective measures are necessary to minimize the occurrence of these unwanted events. With this objective in mind, the development of an educational kit that integrates the necessary protections for a workspace with electronic components, using the Arduino platform, has been proposed. The main focus is to ensure that the controller board itself is protected against possible failures or carelessness on the part of the students. This challenge involves building a resilient device in an environment with a wide variety of components, where human interaction also takes place. Protective measures involving various approaches have been adopted to ensure the safety of the Arduino. Effective countermeasures have been developed based on a list of ten ways to physically damage the main board, neutralizing both intentional and accidental attacks. Protection circuits against overvoltage, overcurrent, polarity reversal, short-circuiting, among others, have been carefully implemented. Additionally, specialized software, called the "Bench Professor," has been developed on the same Arduino platform, complementing the physical protection measures. This combination of solutions ensures a safe and reliable environment for working with the educational kit. This robotics class kit stands out among others available on the market, mainly due to its special focus on protective measures. This is the main element that makes the development of this educational kit unique and possibly the most comprehensive in terms of protection for electronic components. Furthermore, it is technologically appealing for STEAM learning. The integration of advanced and comprehensive protections enables this kit to provide a secure and reliable environment for students to explore the world of robotics and develop their skills to the fullest. Implementing changes in complex environments requires the adoption of comprehensive and robust measures. Through the versatility of the Arduino platform, it was possible to design and implement these applications in a functional manner. This provides students with the opportunity to envision building consistent solutions for complex problems using low-cost resources while stimulating creativity. The use of Arduino as the foundation for the educational kit has expanded the possibilities for learning, encouraging experimentation and the development of practical and accessible STEAM skills.

Keywords: Didactic kit; Robotics; Arduino; Protection circuits; STEAM education.

Lista de Figuras

2.1	Robô Inventor	23
2.2	Arduino UNO R3	24
2.3	Arduino UNO R3a	24
2.4	Vex V5 Classroom Starter Kit	25
2.5	mBot Ultimate	26
2.6	Raspberry Pi	27
2.7	WeMos D1 R2	28
3.1	Placa Proteção - Suporte para a placa Arduino	36
3.2	Placa Interface - Vista superior	37
3.3	Placa Interface - Vista inferior	37
3.4	Placa Controle - Vista superior	38
3.5	Placa Controle - Vista inferior	38
3.6	Circuito de proteção para as entradas e saídas da placa Arduino	39
3.7	Circuito de proteção do pino 5V	41
3.8	Circuito de proteção do pino 3,3V	42
3.9	Circuito de proteção do Conector DC e Pino Vin	43
3.10	Circuito de proteção para a entrada USB	44
3.11	Circuito de proteção do cabo externo de alimentação DC	45
3.12	Circuito utilizado como <i>driver</i> para os Relés de proteção	46
3.13	Circuito Relés de proteção	46
3.14	Circuito indicador de acionamento do Relé	47
3.15	Circuito conexão das placas Interface e Proteção	48
3.16	Circuito conexão das placas Proteção e Arduino	49
3.17	Circuito de conectores fêmea da placa Interface	50
3.18	Circuito CN1 de conexão das placas Interface e Proteção	51
3.19	Circuito LED " <i>On</i> "da placa Interface	52
3.20	Circuito LED " <i>Built in</i> "da placa Interface	53
3.21	Circuito LED "TX"da placa Interface	54
3.22	Circuito LED "RX"da placa Interface	55
3.23	Circuito Botão de " <i>Reset</i> "da placa Interface	56
3.24	Circuito Conector DC da placa Interface	56
3.25	Circuito Conector USB da placa Interface	57
3.26	Circuito Conectores pinos macho da placa Controle	58
3.27	Circuito Conector Proteção CN6 da placa Controle	59
3.28	Circuito Conector <i>Display</i> CN1 da placa Controle	60
3.29	Circuito Conector <i>Reset</i> CN2 da placa Controle	61
3.30	Circuito Conector LED CN3 da placa Controle	62
3.31	Circuito Conector Chave CN24 da placa Controle	63

3.32	Circuito Conector Corrente Fonte CN25 da placa Controle	64
3.33	Circuito Conector Relé CN4 da placa Controle	65
3.34	Circuito Conector Voltímetro CN5 da placa Controle	66
3.35	Circuito Conector Fonte CN0 da placa Controle	67
3.36	Circuito Conector Corrente Arduino H5 da placa Controle	67
3.37	Circuito Conector SD Card H6 da placa Controle	68
3.38	Circuito Conector 5V Auxiliar H7 CN7 da placa Controle	69
3.39	Circuito <i>Driver</i> para acionamento do LED bicolor do kit	70
3.40	Circuito <i>Driver</i> para acionamento do Relé da Fonte Externa	71
3.41	Circuito Divisor de Tensão da placa Controle	72
3.42	Circuito para Utilização do Protocolo I2C na placa Controle	73
3.43	Gabinete do Kit Didático	75
4.1	Teste Conector DC e pino Vin	79
4.2	Teste Pinos 5V e 3,3V	79
4.3	Teste Entradas e Saídas Arduino	79
4.4	Teste Sensor de corrente e Relés	79
4.5	Funcionamento ideal	80
4.6	Estado de sobretensão	80
4.7	Estado de inversão de polaridade	81
4.8	Sensor de corrente e Relé	82
4.9	Estado de sobretensão no pino 5V	83
4.10	Estado de sobretensão no pino 3,3V	84
4.11	Estado de sobretensão no pino de entrada	85
4.12	Estado de inversão de polaridade no pino de entrada	86
4.13	Estado de curto-circuito a terra no pino de saída	86
4.14	Teste de curto-circuito entre pinos nas saídas	87
4.15	Pinos de saídas em níveis lógicos alto e baixo	87
I.1	Included PDF	103
II.1	Included PDF	105
III.1	Included PDF	107
IV.1	Included PDF	109
V.1	Included PDF	111

Lista de Tabelas

3.1	Orçamento Geral do Projeto de Pesquisa	76
3.2	Orçamento específico para um kit didático	76
4.1	Resumo das proteções e resultados	88
4.2	Comparação entre os Kits do projeto e os do mercado	90

Lista de Símbolos

Ω	Ohm, unidade de medida para Resistência elétrica.
A	Ampère, unidade de medida para Corrente elétrica.
V	Volt, unidade de medida para Tensão elétrica.
F	Farad, unidade de medida para Capacitância elétrica.

Lista de Abreviaturas e Siglas

CI	Circuito Impresso
ECSA	<i>Associação Europeia de Ciência Cidadã</i>
SMD	Dispositivos Montados em Superfície
SMT	Tecnologia de Montagem em Superfície
STEAM	Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática

Sumário

1	Introdução	18
1.1	Justificativas	19
1.2	Problematização que Gerou o Projeto	19
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Geral	19
1.3.2	Específicos	20
1.4	Metodologia	20
2	Levantamento Bibliográfico	21
2.1	Kit didático educacional	21
2.2	Robótica educacional	21
2.3	Kits de robótica existentes no mercado	22
2.3.1	Lego Mindstorms	22
2.3.2	Arduino	23
2.3.3	Vex Robotics	25
2.3.4	Makeblock	25
2.3.5	Raspberry Pi	26
2.4	Plataforma Arduino	27
2.5	Plataforma WeMos D1	28
2.6	Circuitos eletrônicos	28
2.7	Alimentação de circuitos	29
2.8	Componentes eletrônicos	29
2.9	Circuitos de proteção	29
2.10	Ciência Cidadã	30
2.10.1	Princípios da Ciência Cidadã	30
2.11	Considerações finais	31
3	Materiais e Métodos	32
3.1	Método do trabalho de pesquisa	32
3.2	Concepção do protótipo	32
3.2.1	Ideia inicial	32
3.2.2	Dez maneiras de destruir o Arduino	33
3.2.3	Circuitos de proteção idealizados	33
3.3	Incorporação de Tecnologia de Terceiro	34
3.3.1	Propriedade intelectual	34
3.3.2	Direitos de utilização	34
3.4	Projeto dos Circuitos de Proteção	35
3.4.1	<i>Softwares</i> para simulação de circuitos eletrônicos	35

3.4.2	Software para desenho esquemático de circuitos eletrônicos	35
3.4.3	Desenho 3D da placa PROTEÇÃO	36
3.4.4	Desenho 3D da placa INTERFACE	37
3.4.5	Desenho 3D da placa CONTROLE	38
3.4.6	Serviços de terceiros - Placas de Circuito Impresso (PCI)	39
3.5	Circuitos da placa Proteção	39
3.5.1	Circuito - Proteção das Entradas e Saídas	39
3.5.2	Circuito - Proteção do Pino 5V	40
3.5.3	Circuito - Proteção do Pino 3,3V	41
3.5.4	Circuito - Proteção do Conector DC e Pino Vin	42
3.5.5	Circuito - Proteção da entrada USB	44
3.5.6	Circuito - Proteção do cabo externo de alimentação DC	44
3.5.7	Circuito - <i>Driver</i> para acionamento dos Relés de Proteção	45
3.5.8	Circuito - Relés de Proteção	46
3.5.9	Circuito - LEDs indicadores do acionamento dos Relés	47
3.5.10	Circuito - Conexão entre as placas Interface e Proteção	48
3.5.11	Circuito - Conexão da placa Proteção e uma placa Arduino real	49
3.6	Circuitos da placa Interface	49
3.6.1	Circuito - Conectores fêmea da placa Interface	50
3.6.2	Circuito - Conector IDC CN1 da placa Interface	51
3.6.3	Circuito - LED "On" da placa Interface	51
3.6.4	Circuito - LED "Built in" da placa Interface	52
3.6.5	Circuito - LED "TX" da placa Interface	53
3.6.6	Circuito - LED "RX" da placa Interface	54
3.6.7	Circuito - Botão "Reset" da placa Interface	55
3.6.8	Circuito - Conector DC da placa Interface	56
3.6.9	Circuito - Conector USB da placa Interface	57
3.7	Circuitos da placa Controle	58
3.7.1	Circuito - Conectores Pinos Macho da placa Controle	58
3.7.2	Circuito - Conector Proteção CN6 da placa Controle	59
3.7.3	Circuito - Conector <i>Display</i> CN1 da placa Controle	59
3.7.4	Circuito - Conector <i>Reset</i> CN2 da placa Controle	60
3.7.5	Circuito - Conector LED CN3 da placa Controle	61
3.7.6	Circuito - Conector Chave CN24 da placa Controle	62
3.7.7	Circuito - Conector Corrente Fonte CN25 da placa Controle	63
3.7.8	Circuito - Conector Relé CN4 da placa Controle	64
3.7.9	Circuito - Conector Voltímetro CN5 da placa Controle	65
3.7.10	Circuito - Conector Fonte CN0 da placa Controle	66
3.7.11	Circuito - Conector Corrente Arduino H5 da placa Controle	67
3.7.12	Circuito - Conector SD Card H6 da placa Controle	68
3.7.13	Circuito - Conector 5V Auxiliar H7 CN7 da placa Controle	69
3.7.14	Circuito - <i>Driver</i> para acionamento do LED bicolor do Kit	69
3.7.15	Circuito - <i>Driver</i> para acionamento do Relé da Fonte Externa	70
3.7.16	Circuito - Divisor de Tensão da placa Controle	71
3.7.17	Circuito - Utilização do Protocolo I2C na placa Controle	72
3.8	Desenvolvimento do Protótipo	73
3.8.1	Passo 1 - Concepção	73
3.8.2	Passo 2 - Desenvolvimento	74

3.8.3	Passo 3 - Montagem	74
3.8.4	Passo 4 - Ajustes	75
3.8.5	Passo 5 - <i>Software</i>	75
3.9	Orçamento do Projeto de Pesquisa	76
3.10	Considerações Finais	77
4	Resultados e Análises	78
4.1	Elaboração e aplicação dos Testes de bancada	78
4.1.1	Projeto das placas de teste	78
4.1.2	Teste de sobretensão no conector DC ou pino Vin	80
4.1.3	Teste de inversão de polaridade no conector DC ou pino Vin	80
4.1.4	Teste de sobrecorrente no conector DC ou pino Vin	81
4.1.5	Teste de sobretensão no pino 5V	82
4.1.6	Teste de sobretensão no pino 3,3V	83
4.1.7	Teste de sobretensão nas entradas digitais ou analógicas	84
4.1.8	Teste de inversão de polaridade nas entradas digitais ou analógicas	85
4.1.9	Teste de curto-circuito a terra nas saídas digitais ou analógicas	86
4.1.10	Teste de curto-circuito entre pinos nas saídas digitais ou analógicas	87
4.1.11	Resumo dos testes e resultados	87
4.2	Comparação entre os Kits de Robótica	89
4.2.1	Contextualização	89
4.2.2	Critérios de Comparação	89
4.2.3	Resultados da Comparação	89
4.2.4	Conclusão da Comparação	91
4.3	Considerações Finais	91
5	Discussão dos Resultados	92
5.1	Nossos resultados foram validados	92
5.2	Resumo das implementações de proteção	92
5.3	Respostas às lacunas de proteção	93
5.4	Considerações finais	93
6	Conclusões	94
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	94
	Referências Bibliográficas	96
I	Desenho esquemático da placa Proteção	102
II	Desenho esquemático da placa Interface	104
III	Desenho esquemático da placa Controle	106
IV	Desenho esquemático - Arduino Uno Rev3	108
V	Desenho esquemático - Arduino Professor - WeMos D1 R2	110
VI	Código do Sistema de Proteção do Kit Didático	112

Capítulo 1

Introdução

Atividades em laboratório de robótica, são ferramentas fundamentais para construir, desenvolver e fixar o conhecimento. Os chamados programas multidisciplinares em, Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (STEAM), aliados à robótica, têm sido aplicados com muito sucesso, através de sua metodologia colaborativa, (CONDE et al., 2021).

O que se encontra em salas de aula, é uma disparidade no nivelamento do conhecimento dos alunos, ocasionando falhas nas montagens dos circuitos. As atividades em laboratório de robótica, causam inconvenientes como a queima de componentes, devido aos descuidos na alimentação, inversão de polaridade, sobretensão, sobrecorrente e dimensionamento incorreto dos circuitos.

A prevenção de danos, em componentes eletrônicos, são deficiências em kits didáticos de robótica educacional, que têm como foco, a montagem do circuito da atividade em si e pressupõe um conhecimento prévio dos alunos, sobre segurança e procedimentos corretos em práticas de laboratório.

Dentro deste contexto, fazem-se necessárias medidas de contenção para manter um ambiente, relativamente controlado e seguro, em relação a danos em componentes eletrônicos.

A proposta deste projeto de pesquisa é desenvolver um kit didático, para aulas de robótica em laboratório, que contemple, preventivamente, a proteção dos vários componentes eletrônicos envolvidos na montagem da atividade. Para tanto, utilizou-se da plataforma Arduino e toda a sua versatilidade para experimentos e prototipagem eletrônica.

1.1 Justificativas

Foram consideradas as recorrentes queimas de componentes eletrônicos em salas de aulas de robótica, de modo geral, devido aos níveis de aprendizado entre os alunos iniciantes ser desigual, e os kits de desenvolvimento existentes no mercado, não oferecerem meios de controlar os experimentos com sistemas de proteção nativos. Considerou-se também, o aspecto motivacional, tornando a aula mais tecnológica e mais atrativa, chamando a atenção para as potencialidades da plataforma Arduino, que além da prototipagem básica também oferece suporte a sistemas mais complexos.

1.2 Problematização que Gerou o Projeto

Os desafios impostos para minimizar os danos, causados a materiais eletrônicos em aulas de robótica, são complexos e de difícil implantação, uma vez que estamos falando de milhões de componentes diferentes e suas variações, e também, estamos trabalhando com a interação humana no processo de montagem dos circuitos e que por um descuido ou falta de informação, podem ocorrer falhas e impor perdas a materiais e equipamentos. Levantou-se então a seguinte questão a ser respondida por este estudo: **“Como construir um dispositivo para ser utilizado em aulas de robótica, que ofereça segurança aos componentes eletrônicos e, ao mesmo tempo, torne o aprendizado mais interessante e desafiador?”**

1.3 Objetivos

Nesta seção, foram descritos os objetivos, geral e específicos para este trabalho de pesquisa.

1.3.1 Geral

Desenvolver um kit didático utilizando a plataforma Arduino, com o propósito de proteção aos componentes eletrônicos do projeto, incluindo a própria placa Arduino, preventivamente, para ser utilizado nas atividades práticas em laboratório de robótica.

1.3.2 Específicos

- Projetar um dispositivo onde serão incorporadas todas as proteções físicas, envolvendo as mais variadas formas de alimentação da placa Arduino;
- Construir um esquema de proteção, por meio de circuitos eletrônicos, para todas as entradas e saídas da placa controladora;
- Desenvolver um sistema na plataforma de desenvolvimento, Arduino IDE, a fim de interagir com o aluno e guiá-lo durante toda a atividade no laboratório;
- Criar uma interface de comunicação *Wi-Fi* entre a placa Professor e o computador, a fim de possibilitar a interação e uma experiência imersiva para o aluno.

1.4 Metodologia

Um dos aspectos essenciais da pesquisa qualitativa, metodologia empregada nesta pesquisa, é a sua variedade de métodos e abordagens, (FLICK, 2008) e através da pesquisa bibliográfica, buscou-se por artigos que fundamentassem os conceitos aqui mencionados, a saber, kits didáticos, plataforma Arduino e circuitos de proteção para componentes eletrônicos.

Em pesquisa bibliográfica, busca-se pela verdade e também por respostas, às questões propostas, (MARCONI; LAKATOS, 2001).

Este estudo contempla no Capítulo 1, uma visão geral dos seus aspectos principais e a sua estrutura. No Capítulo 2, são abordados os fundamentos teóricos, enquanto o Capítulo 3 explora os métodos, materiais e o passo a passo para o desenvolvimento do protótipo. No Capítulo 4, são apresentados os resultados e análises teóricas alcançados até o momento dos testes de bancada. O Capítulo 5 aborda a discussão da proposta do projeto em resposta às lacunas existentes em outros kits didáticos, incluindo também, um breve resumo. No Capítulo 6, são feitas conclusões sobre os avanços, limitações e sugestões para futuros estudos.

Capítulo 2

Levantamento Bibliográfico

Neste capítulo foram abordados, o embasamento teórico para este trabalho, o estado da arte em kits didáticos para aulas de robótica, uma breve descrição sobre a plataforma Arduino e conceitos de eletrônica e de proteção para componentes eletrônicos em montagens e atividades de laboratório. Também será abordado o conceito de ciência cidadã que este estudo se utiliza.

2.1 Kit didático educacional

Kit didático ou material didático é todo tipo de recurso adaptado para um assunto específico e um público-alvo, deve ser de fácil entendimento, ter uma estrutura coerente entre as suas partes e oferecer meios para avaliar e exercitar o conhecimento, (CONCEITO.DE, 2011).

A preocupação de um utilizador de material didático deve ser com o universo das possibilidades da aquisição do conhecimento e não com a sua segurança, portanto, deve ter um sistema de proteção consolidado, (PEROVANO; MELO, 2019).

2.2 Robótica educacional

A robótica educacional abrange uma variedade de abordagens fascinantes que podem ser divididas em quatro aspectos-chave. O primeiro aspecto destaca a importância de compreender o funcionamento das coisas, incentivando os alunos a não se contentarem com uma postura passiva de meros usuários de tecnologia.

O segundo aspecto envolve a capacidade de construir tecnologias próprias, indo além do simples conhecimento sobre o funcionamento das coisas. Os alunos são incentivados a explorar e criar soluções inovadoras.

O terceiro aspecto está relacionado ao desenvolvimento de ideias criativas e à sua implementação prática. A robótica educacional proporciona um ambiente propício para transformar conceitos em realidade, estimulando a imaginação e a concretização dos projetos.

Por fim, o quarto aspecto destaca a contribuição valiosa da robótica educacional para a aprendizagem, tanto individualmente quanto em colaboração com outras pessoas. Ela promove um ambiente inclusivo, no qual as diferenças e habilidades de cada membro da equipe são respeitadas e valorizadas, (BARBOSA; BLIKSTEIN et al., 2020).

2.3 Kits de robótica existentes no mercado

Aqui foi desenvolvido um breve resumo, de alguns dos vários kits de robótica, disponíveis no mercado.

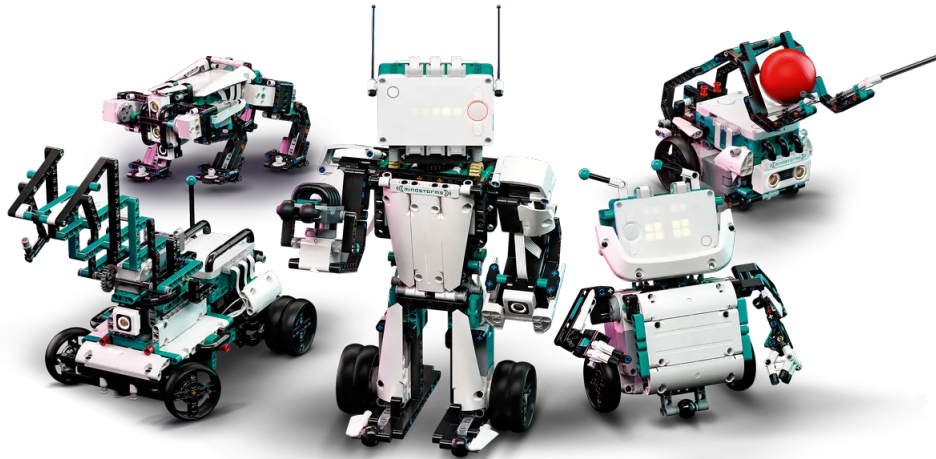
2.3.1 Lego Mindstorms

A empresa Lego é de origem dinamarquesa, foi fundada em 1932 e ainda é controlada pela família do fundador Ole Kirk Kristiansen. Seu principal produto é o tijolinho de montar, que oferece muitas possibilidades à criatividade.

Ao longo destes 90 anos, a empresa saiu de artefatos construídos por um carpinteiro para ser uma empresa global e uma das maiores fabricantes de brinquedos, (GROUP, 2023).

Dentre os produtos educacionais, destacamos o Lego Mindstorms – Robô Inventor, conforme a Figura 2.1.

Figura 2.1: Robô Inventor



Fonte: Grupo Lego

2.3.2 Arduino

O Arduino é uma plataforma ampla, de código aberto, que serve para prototipagem eletrônica. Fornece acesso às tecnologias modernas, através da sua integração com as várias áreas do conhecimento, (ARDUINO, 2023).

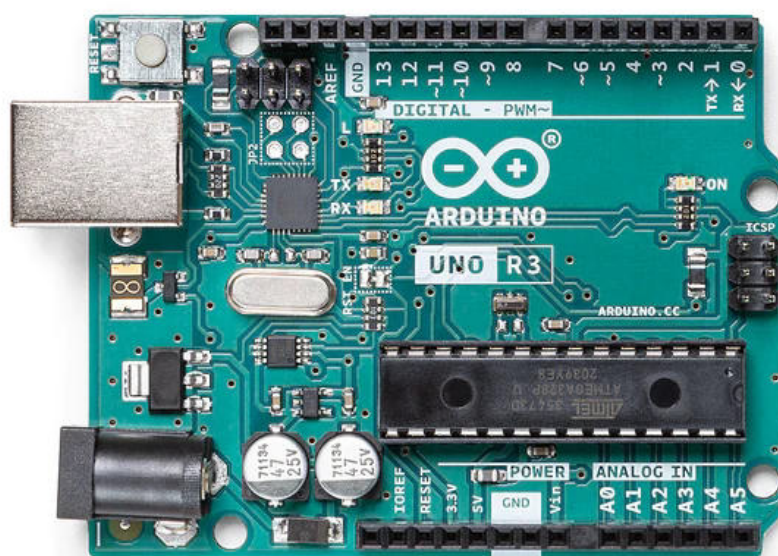
Embora o Arduino, Figura 2.2 e Figura 2.3, não seja um kit de robótica, a sua poderosa interface, utilizando o microcontrolador ATmega328P (ATMEGA328P, 2018), permite que ele seja utilizado para desenvolver projetos robóticos.

Figura 2.2: Arduino UNO R3



Fonte: Arduino Store

Figura 2.3: Arduino UNO R3a



Fonte: Arduino Store

2.3.3 Vex Robotics

A empresa Vex Robotics é uma subsidiária, desde 1996, da norte americana Innovation First International, Inc. Baseada no Texas, Estados Unidos e é líder mundial em sistemas de controle para competições de robótica em todo o mundo, (INTERNATIONAL, 2023).

Dentre os kits que desenvolve para a área educacional podemos citar o VEX V5 Classroom Starter Kit, Figura 2.4.

Figura 2.4: Vex V5 Classroom Starter Kit



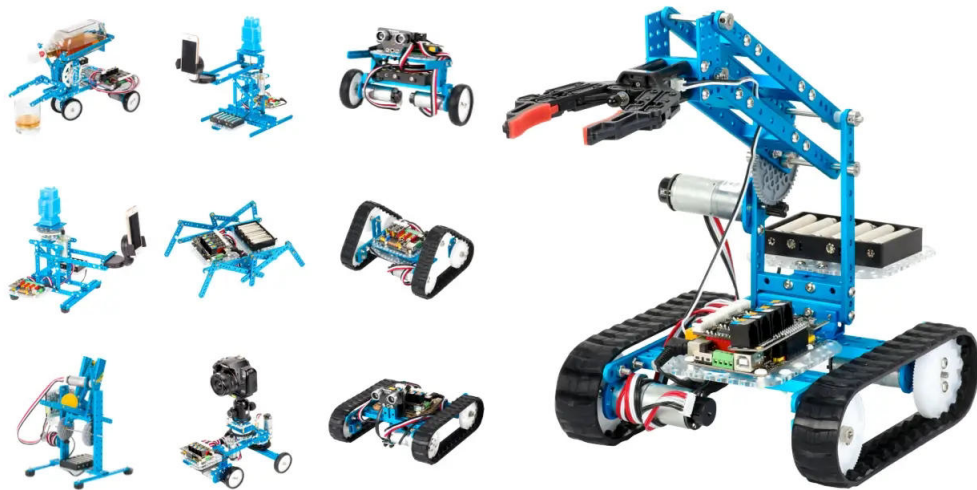
Fonte: Vex Robotics

2.3.4 Makeblock

A Makeblock é uma empresa dos Estados Unidos, fundada em 2013 e sediada na Califórnia. Produz kits de robótica educacional e soluções para atender as disciplinas do sistema STEAM de educação, (MAKEBLOCK, 2023).

Dentre os produtos podemos destacar o kit de robótica mBot Ultimate, conforme a Figura 2.5.

Figura 2.5: mBot Ultimate



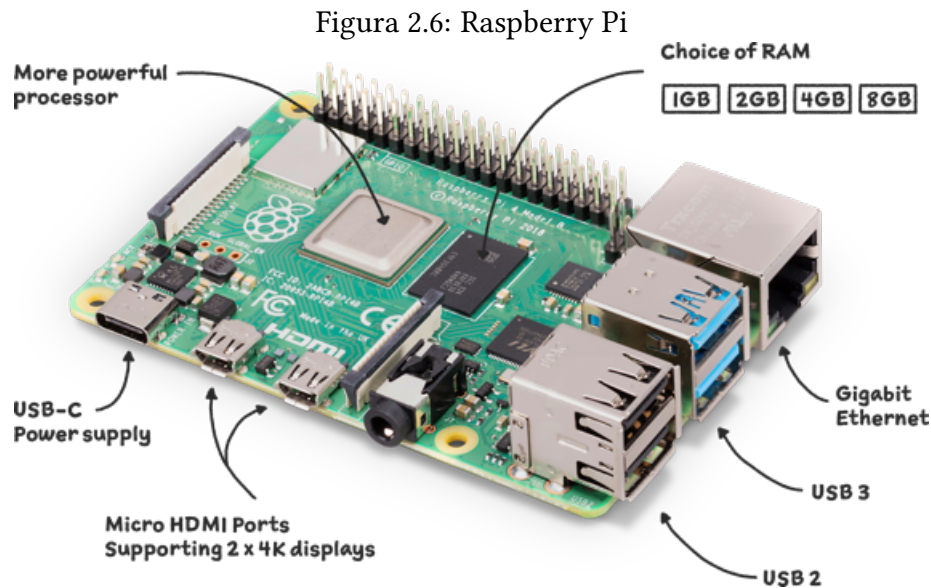
Fonte: Makeblock

2.3.5 Raspberry Pi

A marca Raspberry Pi é de propriedade da Raspberry Pi Foundation, do Reino Unido, fundada em 2012 com o propósito de levar acesso ao conhecimento computacional.

Com uma série de minicomputadores de placa única, a um custo próximo a US\$ 35, a empresa busca através da inclusão, levar o maior número de pessoas ao redor do mundo, a ter contato com a computação, democratizando a tecnologia e beneficiando crianças e adultos, (FOUNDATION, 2023).

Dentre os modelos de computadores de placa única, destacamos o Raspberry Pi 4, conforme a Figura 2.6.



Fonte: Raspberry Pi

2.4 Plataforma Arduino

O Arduino nasceu em 2005 como um projeto para ensinar *design* de interação em dispositivos eletrônicos, para pessoas que não tivessem tanto conhecimento em eletrônica. Massimo Banzi foi um dos cofundadores do Projeto Arduino, foi professor do Interaction Design Institute Ivrea, na cidade de Ivrea, norte da Itália. Por ser uma plataforma aberta, *marketing* muito bem-sucedido da marca, teve um grande alcance entre os alunos e posteriormente entre as pessoas do mundo todo (SEVERANCE, 2014).

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica e juntamente com a sua interface de programação, Arduino IDE, (ARDUINO_IDE, 2023), o torna uma ferramenta muito poderosa, integrando simplicidade, baixo custo e com um microcontrolador muito conhecido, que na versão R3 utiliza o ATmega328P (ATMEGA328P, 2018). O Arduino foi desenvolvido em ambiente educacional, portanto, é uma ferramenta didática muito utilizada, (BANZI; SHILOH, 2015).

2.5 Plataforma WeMos D1

A plataforma WeMos D1, (WEMOS.CC, 2021) é compatível com a plataforma Arduino, o seu modelo WeMos D1 R2, figura 2.7, tem o mesmo tamanho e formato da placa Arduino UNO R3. Utiliza um microcontrolador muito conhecido e poderoso, o ESP8266, (ESP8266, 2023), que está no mercado desde 2014, desenvolvido pela empresa chinesa *Espressif Systems*, (ESPRESSIF-SYSTEMS, 2023), o microcontrolador conta com um diferencial muito importante, a comunicação *Wi-fi* (*Wireless Fidelity*) nativa, com baixo consumo de energia e é um dispositivo de baixo custo, (MESQUITA et al., 2018).

Figura 2.7: WeMos D1 R2



Fonte: Fermarc Robótica

2.6 Circuitos eletrônicos

Um circuito eletrônico simples, é formado por vários componentes interconectados, alimentados por uma fonte de energia e dispostos em um caminho fechado, por onde a energia percorre e realiza um trabalho qualquer através de seus componentes e da sua lógica, (BRAGA, 2005).

Existem três tipos de circuitos eletrônicos: série, paralelo e misto. Na plataforma Arduino, os circuitos mais utilizados incluem LED, sensores, motor DC, servo motores e *Displays* LCD. Esses circuitos oferecem funcionalidades como indicar situação, medir

grandezas físicas, controlar movimentos mecânicos e exibir informações claramente. Combinados com o Arduino, permitem criar protótipos eletrônicos personalizados e inovadores.

2.7 Alimentação de circuitos

Pilhas, baterias e fontes de alimentação variável, são exemplos de dispositivos que fornecem energia para circuitos eletrônicos e chamados de fontes de tensão ou de alimentação, eles levam essa energia para os componentes e esses executam algum tipo de trabalho, como acender uma lâmpada ou um LED, (MARKUS et al., 2018).

2.8 Componentes eletrônicos

Os circuitos eletrônicos usam todo tipo de componentes, cada um com as suas características e funções, acabam fazendo algum tipo de trabalho e o conjunto dessas ações é o que faz com que o circuito seja necessário em um projeto.

Os componentes podem ser divididos em três categorias: Passivos, Ativos e Acessórios. Os passivos não geram sinais, são utilizados em polarização e acoplamento de circuitos. Para citar alguns tipos: Resistores, Capacitores, Indutores, Diodos, (BRAGA, 2005).

Os ativos, são componentes geradores de sinais, tais como: Transistores bipolares, Transistores de efeito de campo, Tiristores, Circuitos integrados, Transdutores e Sensores. Os acessórios, estão no projeto, mas não fazem parte dos circuitos, como as placas de circuito impresso, utilizadas como base de suporte para os circuitos, (BRAGA, 2005).

2.9 Circuitos de proteção

Circuitos de proteção são dispositivos projetados para interromper a alimentação do circuito, preservando os componentes e o projeto na totalidade, de uma perda total ou parcial. As proteções básicas, mais utilizadas, são para inversão de polaridade, sobretensão e sobrecorrente.

Um dos componentes eletrônicos mais utilizados em circuitos de proteção é o Diodo, um componente versátil que compõe circuitos de proteção contra sobretensão e inversão de polaridade, entre outros, (BRAGA, 2016).

2.10 Ciência Cidadã

A Ciência Cidadã é a união de cientistas amadores com cientistas em plena atividade, é a ajuda mútua entre estes dois segmentos da pesquisa científica que colaboram para o aumento do conhecimento e a qualidade em trabalhos acadêmicos, também colaboram para que a sociedade se inclua e se beneficie com os avanços tecnológicos, (VOHLAND et al., 2021).

2.10.1 Princípios da Ciência Cidadã

Os dez princípios da ciência cidadã, através da *Associação Europeia de Ciência Cidadã* (ECSA), (ASSOCIATION, 2015):

1. Projetos científicos recrutam os cidadãos e dessa união são gerados novos conhecimentos.
2. Resultados autênticos, são produzidos com a ciência cidadã.
3. Cidadãos e cientistas são beneficiados com a ciência cidadã.
4. Cidadãos podem participar de todas as etapas do projeto.
5. Cidadãos recebem todas as informações do projeto.
6. Na ciência cidadã há abordagens investigativas, que sofrem com limitações, vieses e controles.
7. Os dados da pesquisa devem ser publicados e ter livre acesso.
8. Cidadãos devem ser reconhecidos pelas suas contribuições.
9. A ciência cidadã é avaliada pelos resultados, volume de dados e impactos sociais e políticos.
10. Há responsabilidades nos projetos da ciência cidadã, com os aspectos de direito autoral, propriedade intelectual, dados, confidencialidade, ética e impactos de qualquer natureza.

2.11 Considerações finais

Ao longo deste capítulo, empreendeu-se a construção dos fundamentos deste estudo, embasando-se em fontes bibliográficas que abordam os temas pertinentes. Essa revisão teórica fornece suporte aos métodos adotados, os quais serão detalhados no próximo capítulo, para a elaboração de uma proposta didática voltada à questão das proteções em atividades de laboratório de robótica.

Capítulo 3

Materiais e Métodos

Neste capítulo, foram abordados os aspectos em relação ao desenvolvimento geral do trabalho. Os métodos de pesquisa científica utilizados neste projeto, os materiais e instruções para desenvolver e reproduzir o protótipo do console de proteção, que tem dupla função, é responsável pela proteção do Arduino, dos componentes eletrônicos e interagir com o aluno no passo a passo da atividade em sala de aula. Também foi disponibilizado um orçamento, dos materiais e serviços envolvidos no projeto de pesquisa.

3.1 Método do trabalho de pesquisa

Utilizou-se do método Hipotético-Dedutivo, partindo do problema real e formulando hipóteses, que devem ser testadas para validação ou, simplesmente, descartadas, onde o ciclo do método é reiniciado até que a pesquisa atinja o seu objetivo, (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

3.2 Concepção do protótipo

Aqui foram mencionadas as primeiras respostas ao desafio de desenvolver as proteções para os componentes eletrônicos, em aulas de robótica, utilizando o Arduino.

3.2.1 Ideia inicial

A ideia inicial foi proteger os componentes eletrônicos do próprio Arduino, por haver milhões de componentes eletrônicos e suas possíveis variações, disponíveis no mercado.

Sendo assim, é impossível desenvolver uma proteção comum a todos. Portanto, delimitaram-se as proteções físicas ao próprio Arduino, agora para proteger outros componentes durante as atividades em aula, contou-se com a proteção do passo a passo, o *software* que orienta o aluno durante todo o processo e só libera a energização do circuito após a vistoria pelo professor responsável.

Com a implementação desse conjunto de proteções, podemos assegurar que a construção do kit didático será robusta e abrangente, garantindo ao dispositivo uma vida útil substancial. E também, pelo emprego de um método que permite a substituição ágil de placas de circuito impresso e módulos, sem a necessidade de processos de manutenção complexos, mas sim por meio de encaixes e conexões rápidas que dispensam soldagem.

3.2.2 Dez maneiras de destruir o Arduino

Há inúmeros vídeos e páginas na internet testando e submetendo a placa controladora Arduino, a todo tipo de ataques e testes destrutivos, no sentido de verificar as suas fraquezas e pontos críticos onde a levariam a uma destruição parcial ou total.

Vídeo 1: *"5 Maneiras de Destruir um Arduino"* - (PROGRAMMING ELECTRONICS ACADEMY, 2015b)

Vídeo 2: *"Mais 5 Maneiras de Destruir um Arduino"* - (PROGRAMMING ELECTRONICS ACADEMY, 2015a)

Vídeo 3: *"As 10 principais maneiras de destruir um Arduino - Eu fiz todas as 10 de uma vez só"* - (ANOTHERMAKER, 2020)

Página Web: *"10 Maneiras de Destruir um Arduino"* - (RUGGED CIRCUITS, 2022).

Este projeto de pesquisa, se utiliza de circuitos de proteção baseados, em parte, nesses experimentos e suas contramedidas de proteção e também, de outras implementações, desenvolvidas exclusivamente para este projeto.

3.2.3 Circuitos de proteção idealizados

1. Circuito de proteção para as entradas e saídas do Arduino.
2. Circuito de proteção para os meios de alimentação, USB, Entrada DC, Vin e Pino 5V do Arduino.

3. Circuito de proteção para inversão de polaridade e sobretensão na entrada DC do Arduino.
4. Circuitos de proteção baseados em sensor de corrente, limitador de tensão, relés, fusíveis, resistores, transistores, diodos e potenciômetro.

3.3 Incorporação de Tecnologia de Terceiro

Nesta seção, foram abordadas as questões do uso de tecnologia de terceiros, baseado nos conceitos da Ciência Cidadã.

3.3.1 Propriedade intelectual

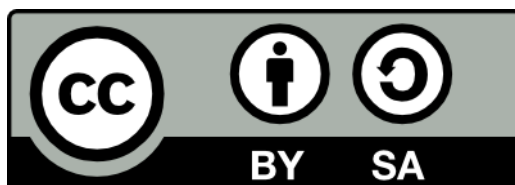
A tecnologia de proteção utilizada, concepção, desenvolvimento dos circuitos de proteção, projetos e montagem do protótipo, é de propriedade do especialista em engenharia eletrônica, Eric Nunes da Costa.

3.3.2 Direitos de utilização

O especialista em eletrônica, Eric Nunes da Costa, cedeu gentilmente o direito de uso da sua tecnologia para ser incorporado a este projeto de pesquisa, baseado na Ciência Cidadã. O licenciamento da sua tecnologia é nos moldes da Ciência aberta e pública:

Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

International (CC BY-SA 4.0)



Para visualizar uma cópia desta licença, visite:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Contato com o autor: Eric Nunes da Costa ericnc76@gmail.com

3.4 Projeto dos Circuitos de Proteção

Nesta seção foram abordadas as etapas de projeto e solicitação de serviços de terceiros para confecção das placas de circuito impresso, onde serão acoplados os componentes dos circuitos de proteção do dispositivo do kit didático.

3.4.1 *Softwares* para simulação de circuitos eletrônicos

Foram utilizados dois *softwares* para simulação de circuitos e componentes eletrônicos. O *software* Proteus, (LABCENTER ELECTRONICS, 2023) e o *software* Multisim, (NATIONAL INSTRUMENTS, 2023). Ambos os *softwares* são de plataformas pagas, porém são muito utilizados entre os desenvolvedores de projetos eletrônicos, para *design*, testes e simulação de circuitos.

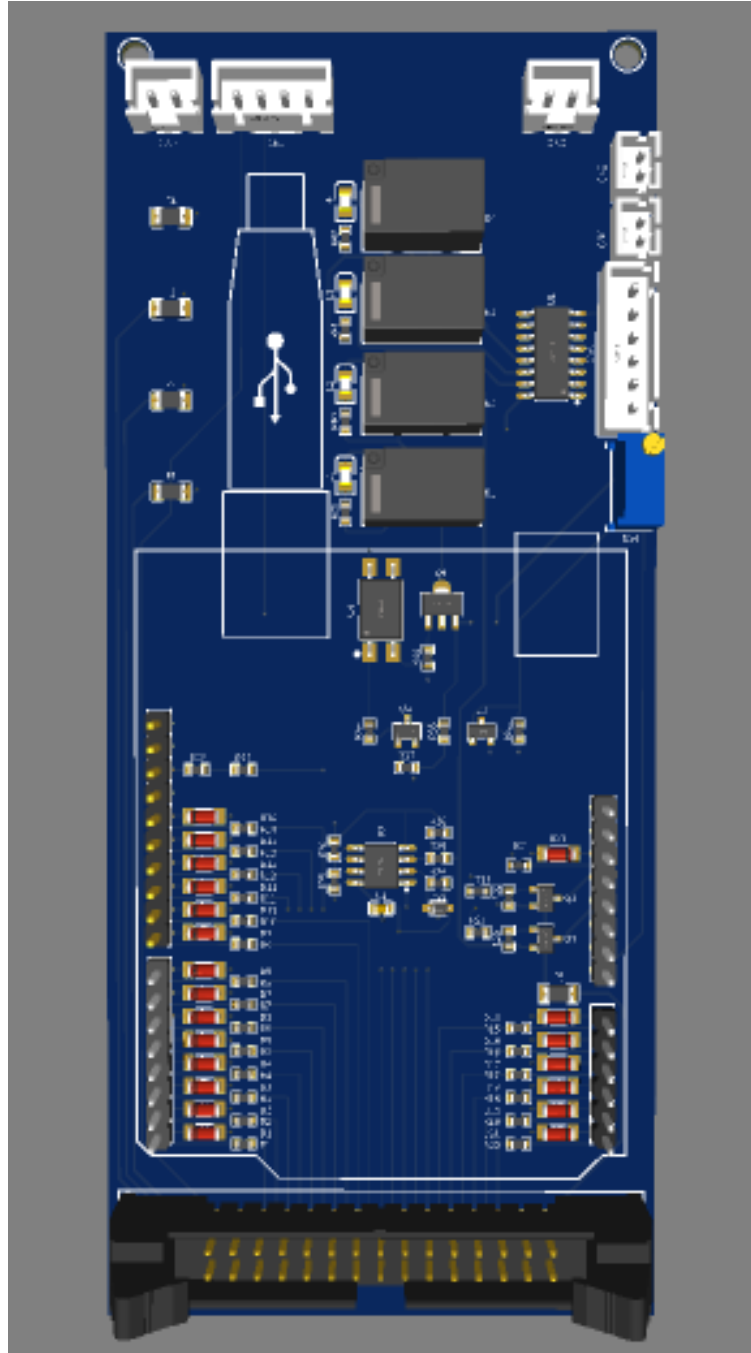
3.4.2 *Software* para desenho esquemático de circuitos eletrônicos

Foi utilizado um *software* para fazer o desenho esquemático dos circuitos eletrônicos. O *software* EasyEDA, (EASYEDA, 2023), que pertence a uma plataforma integrada com as empresas LCSC e JLCPCB, empresas que comercializam componentes eletrônicos e fabricação de placas de circuito impresso, respectivamente, ambas estão localizadas na China e com essa união entre as empresas, a comercialização tende a ser muito mais assertiva e rápida, com a logística e a qualidade do produto final. Serviços muito utilizados entre os desenvolvedores de projetos eletrônicos, para fazer o design, simulação e confecção de placas de circuito impresso.

3.4.3 Desenho 3D da placa PROTEÇÃO

Desenho em 3D com o software EasyEDA, Figura 3.1, vista da placa de circuito impresso (Proteção) utilizada para acomodar todos os circuitos de proteção e ficar entre a placa Interface e a placa Arduino.

Figura 3.1: Placa Proteção - Suporte para a placa Arduino

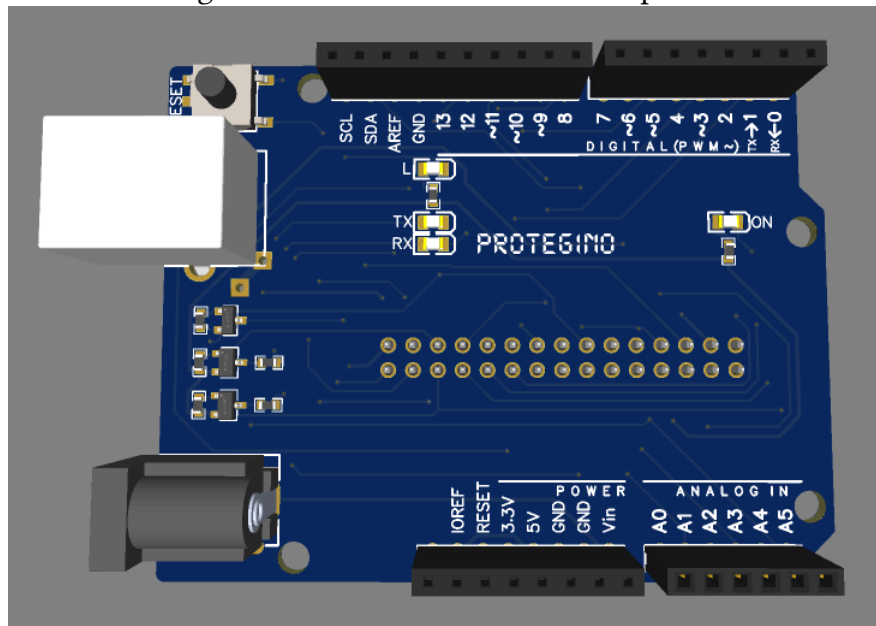


Fonte: Desenvolvida por Eric Nunes da Costa, 2023.

3.4.4 Desenho 3D da placa INTERFACE

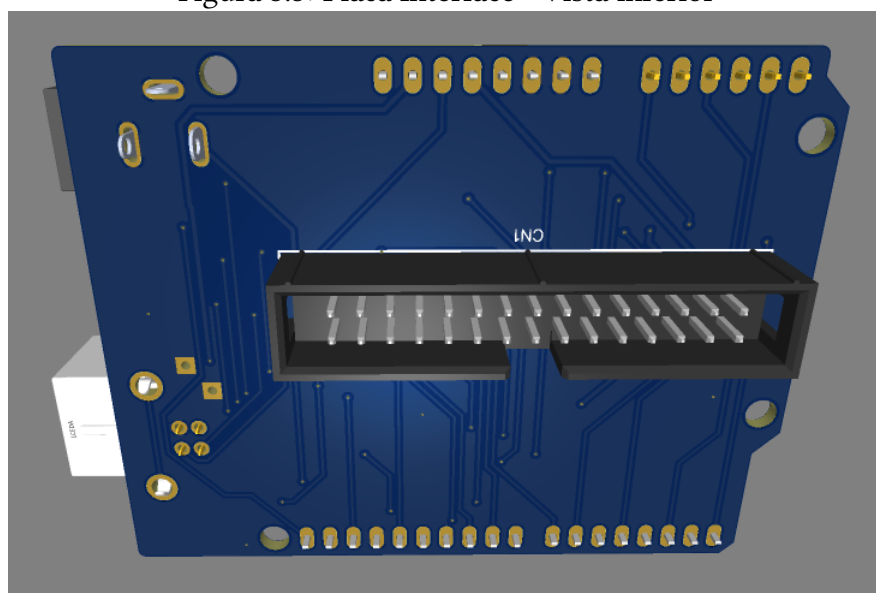
Desenho em 3D com o software EasyEDA, Figura 3.2 vista superior e Figura 3.3 vista inferior, da placa de circuito impresso (Interface) utilizada para as atividades de montagens dos projetos em laboratório.

Figura 3.2: Placa Interface - Vista superior



Fonte: Desenvolvida por Eric Nunes da Costa, 2023.

Figura 3.3: Placa Interface - Vista inferior



Fonte: Desenvolvida por Eric Nunes da Costa, 2023.

3.4.6 Serviços de terceiros - Placas de Circuito Impresso (PCI)

A empresa que fornecerá as placas de Circuito Impresso (CI), é a JLCPCB, (JLCPCB, 2023), uma empresa chinesa especializada na confecção de placas de circuito impresso. E também, a empresa LCSC, (LCSC, 2022), de Hong Kong que comercializa componentes eletrônicos e é a proprietária da plataforma de desenho *on-line* EasyEDA. A parceria entre as empresas de desenhos e projetos EasyEDA com as empresas JLCPCB e a LCSC, faz com que estes processos sejam mais rápidos e precisos.

3.5 Circuitos da placa Proteção

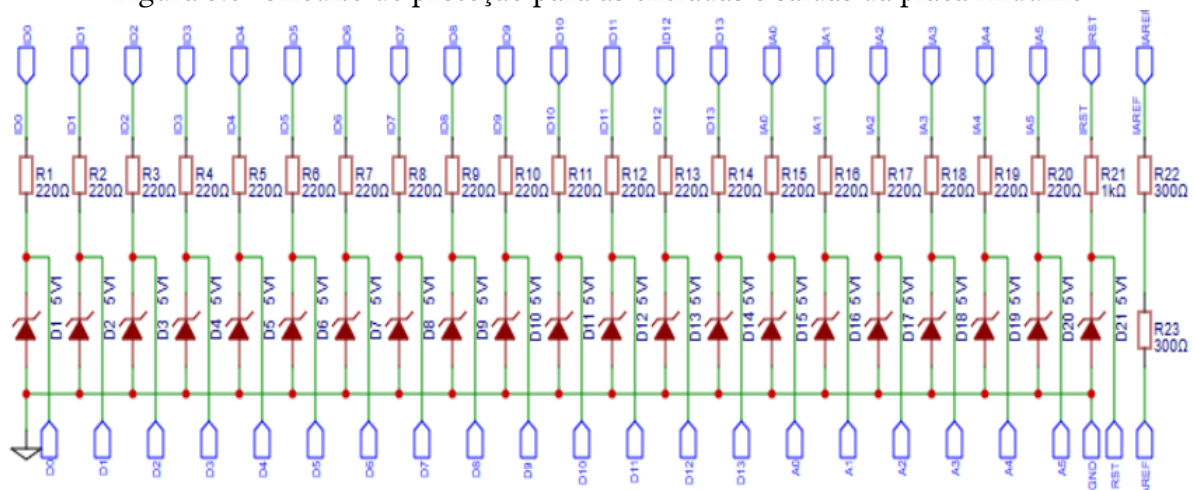
Nesta seção, foram explicados cada um dos circuitos que compõem o sistema principal de proteção deste trabalho de pesquisa, a placa Proteção, ver desenho esquemático no Anexo I. Para melhor compreensão da descrição dos circuitos, foi disponibilizado o desenho esquemático da placa Arduino no Anexo IV.

A placa Proteção está conectada diretamente com a placa Arduino (ARDUINO, 2023), antes passando por todos os circuitos de proteção.

3.5.1 Circuito - Proteção das Entradas e Saídas

O circuito de proteção para as entradas e saídas do Arduino, Figura 3.6, utiliza os seguintes componentes eletrônicos: Diodo Zener de 5V1 (ZMM5V1-M, 2005), Resistor de 220Ω, Resistor de 300Ω, Resistor de 1kΩ (RESISTORES, 2019).

Figura 3.6: Circuito de proteção para as entradas e saídas da placa Arduino



Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

Funcionamento do circuito: Para proteger os pinos digitais de D0 a D13 e os pinos analógicos de A0 a A5, a função do circuito de proteção é a mesma. Na configuração dos pinos como entrada, o Diodo Zener 5.1V, inversamente polarizado, em conjunto com o Resistor de 220Ω , atua como um regulador de tensão, estabilizando a tensão em 5,1V, valor abaixo da máxima (5,5V a 6V), suportada pelo microcontrolador ATmega328P (ATMEGA328P, 2018). Na configuração dos pinos como saída, o Resistor de 220Ω vai limitar a corrente a 23mA, portanto, abaixo da máxima (40mA), suportada pelo microcontrolador ATmega328P.

Com essa configuração, entre Diodo Zener e Resistor, o circuito protege contra curto-circuito de pino para o terra, entre pinos e uma possível inversão de polaridade.

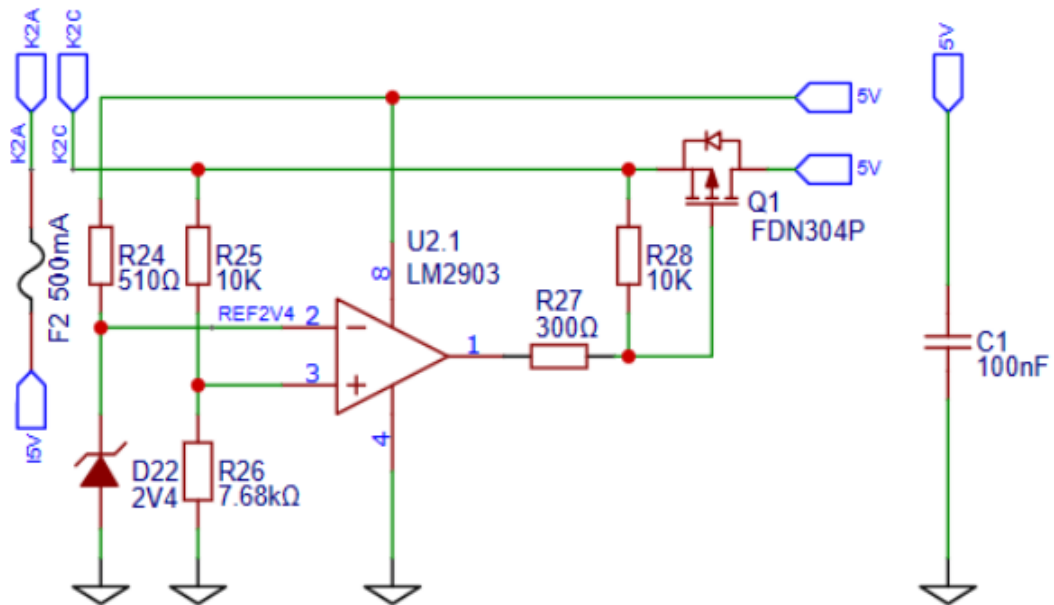
Neste mesmo circuito há o pino do Reset, que tem comportamento diferente, suporta até 13V segundo as informações do *datasheet* do ATmega328P. A proteção foi feita por meio de um Resistor de 1k, que limita a corrente a 13mA.

O último pino deste bloco de proteção é o pino Aref (*Analog Reference*), este pino é utilizado como referência externa para as entradas analógicas, ele está ligado internamente a uma tensão de 5V e se for colocada uma tensão neste pino e não for "desligado", via código, haverá um curto-circuito com o microcontrolador. Para proteger este pino, caso não haja o desligamento via código, foram colocados dois Resistores de 300Ω em série, para evitar danos ao microcontrolador.

3.5.2 Circuito - Proteção do Pino 5V

Este é o circuito de proteção do pino 5V Figura 3.7, onde foram utilizados os seguintes componentes eletrônicos: Fusível 500mA (NSMD005, 2012), Diodo Zener 2V4 (BZT52-B2V4S_R1_00001, 2018), Resistor 510Ω , Resistor $7,68k\Omega$, Resistor 300Ω , Resistor $10k\Omega$ (RESISTORES, 2019), Amplificador Operacional (LM2903QDRQ1, 2018), Transistor Mosfet canal P (FDN304P, 2001) e Capacitor 100nF (CAPACITOR-50V-100NF, 2016).

Figura 3.7: Circuito de proteção do pino 5V



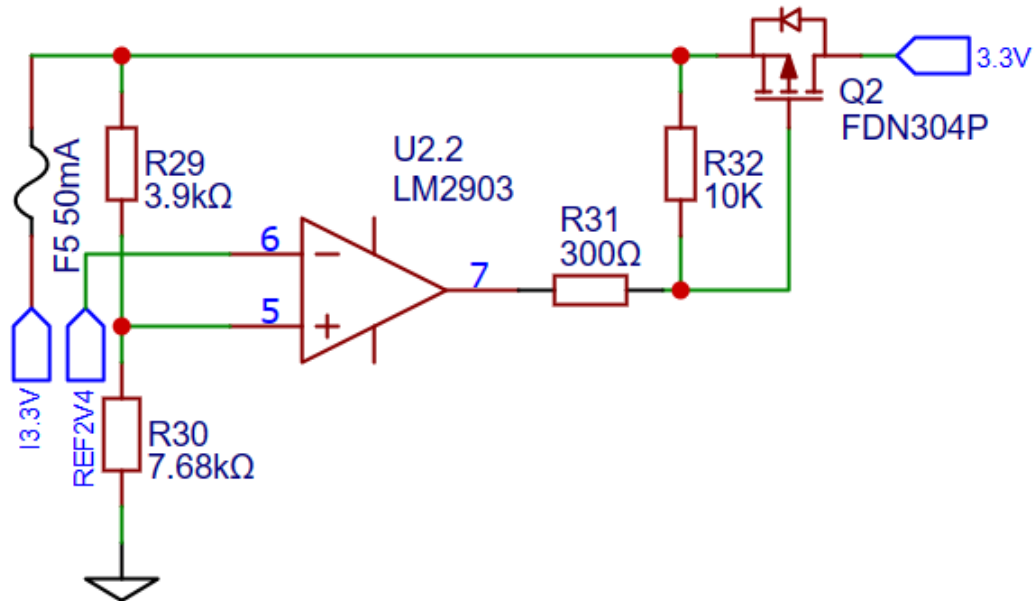
Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

Funcionamento do circuito: A proteção do pino 5V, ocorre com a informação que vem da placa Interface, passa por um Fusível de 500mA, depois passa pelo Relé de proteção, que deve estar acionado pelo Arduino Professor. O circuito entre R24 e D22 fornece a referência ao Amplificador Operacional *LM2903* e o circuito entre R25 e R26 fornece a voltagem que está sendo utilizada no pino 5V. Caso a voltagem no pino 5V seja de 5,6V ou mais, o Mosfet *FDN304P*, entra em ação abrindo e isolando a sobretensão. O Capacitor, ao lado do circuito, é necessário ao desacoplamento da tensão, comumente onde há circuitos integrados.

3.5.3 Circuito - Proteção do Pino 3,3V

Este é o circuito de proteção do pino 3,3V Figura 3.8, foram utilizados os seguintes componentes eletrônicos: Fusível 50mA (NSMD005, 2012), Resistor 3,9kΩ, Resistor 7,68kΩ, Resistor 300Ω, Resistor 10kΩ (RESISTORES, 2019), Amplificador Operacional (*LM2903QDRQ1*, 2018), Mosfet canal P (*FDN304P*, 2001).

Figura 3.8: Circuito de proteção do pino 3,3V



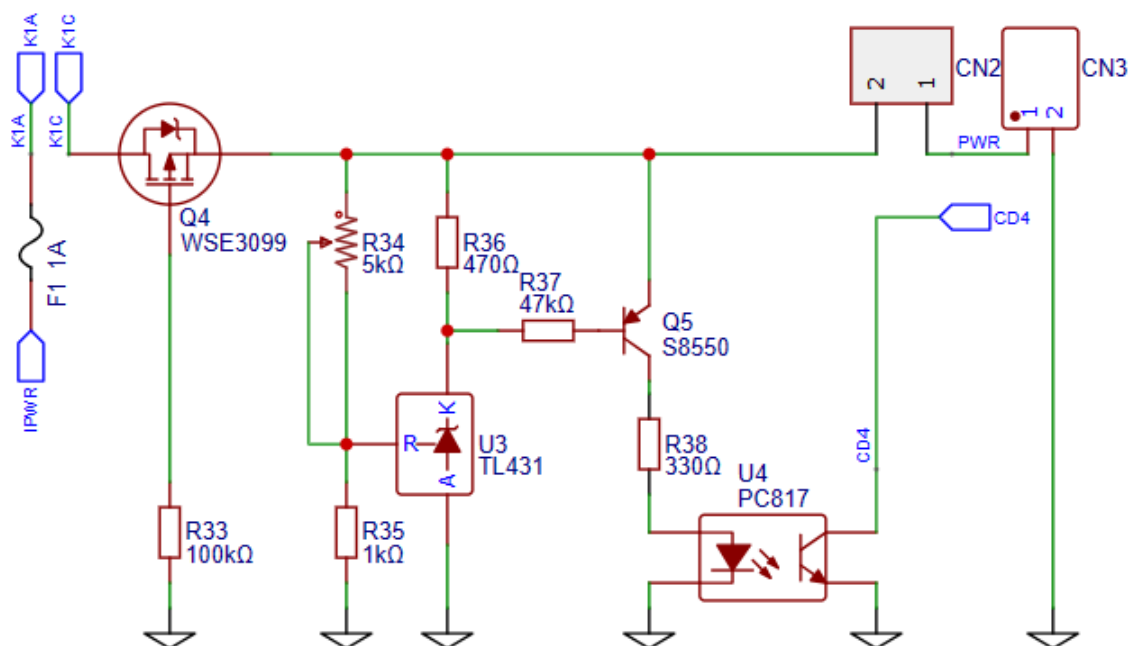
Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

Funcionamento do circuito: A proteção do pino 3,3V ocorre com a informação que vem da placa Interface, passa por um Fusível de 50mA, porém não há necessidade de passar pelo Relé de proteção, pois este pino não tem contato algum com os 5V, esta tensão do pino 3,3V fica isolada na saída do regulador de voltagem. O circuito que fornece a referência ao Amplificador Operacional *LM2903* é o mesmo do circuito anterior, para proteção do pino de 5V, e o circuito divisor de tensão, entre os componentes *R29* e *R30*, fornece a voltagem que está sendo utilizada no pino 3,3V. Caso a voltagem no pino 3,3V seja de 3,6V ou mais, o Mosfet *FDN304P*, entra em ação abrindo e isolando a sobretensão.

3.5.4 Circuito - Proteção do Conector DC e Pino Vin

Este circuito é o responsável pela proteção do Conector DC e do Pino Vin, Figura 3.9. Foram utilizados os seguintes componentes eletrônicos em sua construção: Fusível de 1A (NSMD005, 2012), Mosfet canal P (MOSFET-WSE3099, 2014), Resistor 100kΩ, Potenciômetro 5kΩ (3296W-1-502, 2017), Resistor 1kΩ, Comparador de tensão *TL431* (*TL431*, 2021), Resistor 470Ω, Resistor 47kΩ, Resistor 330Ω (RESISTORES, 2019), Transistor *S8550* (*S8550*, 2014), Acoplador LED Infravermelho interno *PC817* (*PC817X2CSP9F*, 2014), Conector CN2 (*B2B-PH-K-S(LF)(SN)*, 2015) e CN3 (*B2B-XH-A(LF)(SN)*, 2016).

Figura 3.9: Circuito de proteção do Conector DC e Pino Vin



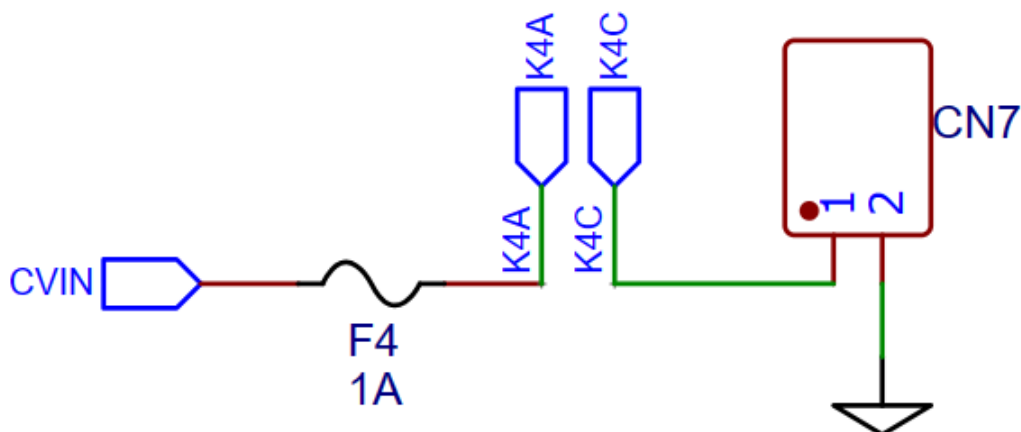
Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

Funcionamento do circuito: A entrada deste circuito provem da placa Interface, passa pelo Fusível de 1A, já prevendo o consumo do circuito, a alimentação do Arduino e da própria montagem do aluno. Depois passa pelo Relé de proteção, que deve estar acoplado pelo Arduino Professor, da placa Controle. Após isso, passa pelo Transistor Mosfet canal P, que está atuando como inversão de polaridade, até este momento, temos a tensão que está sendo aplicada no conector DC ou pino Vin.

O próximo passo é o circuito formado pelos componentes R34, R35 e U3 TL431, ou seja, é o nosso controle de sobretensão. Neste circuito é comparada a tensão aplicada com a referência e se for maior, o Transistor S8550 aciona o Acoplador LED Infravermelho Interno e o Arduino Professor desliga o circuito. Quando o circuito tiver uma tensão acima de 12,5V, é enviado um sinal para o Arduino Professor que fará o desacoplamento dos Relés, desligando o circuito.

O Conector CN2 está ligado ao sensor de sobrecorrente, que está conectado à placa Controle, onde o Arduino Professor faz o monitoramento da corrente do circuito que está sendo montado pelo aluno. A informação sobre a corrente do circuito da montagem, do plano de aula, estará inserida em um SD Card, juntamente com o plano da aula. Essas informações serão utilizadas pelo Arduino Professor para interromper a alimentação dos circuitos quando houver uma sobrecorrente.

Figura 3.11: Circuito de proteção do cabo externo de alimentação DC



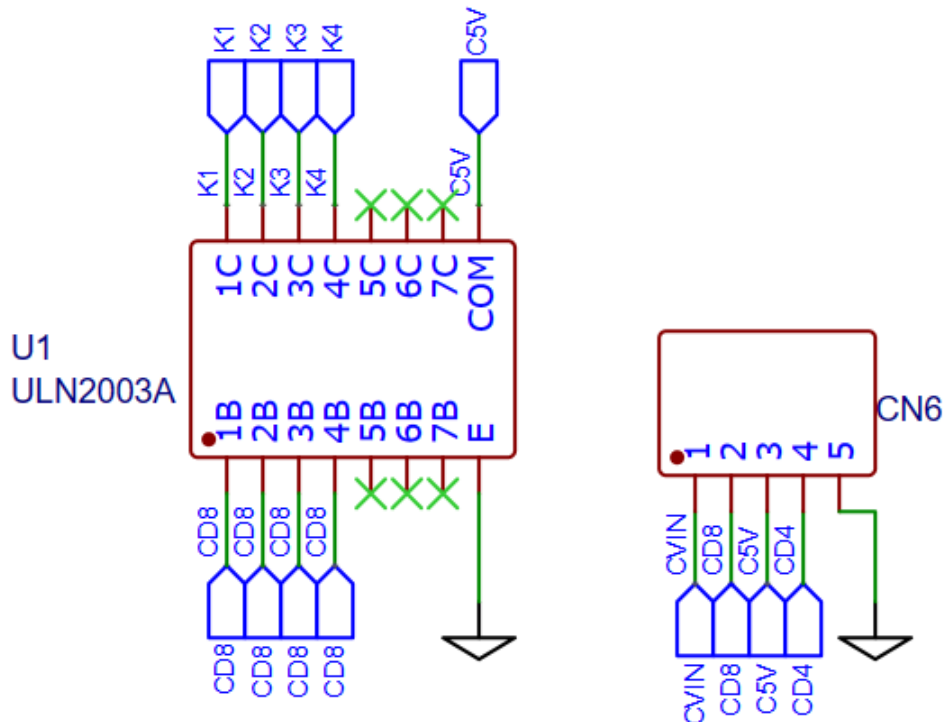
Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

Funcionamento do circuito: Este circuito é uma proteção adicional para o cabo de alimentação DC, que vem do dispositivo de proteção, pois provem do Arduino Professor e de uma fonte já dimensionada para fornecer a Tensão recomendada de 12V. Mesmo assim, passa pelo Fusível F4 de 1A, depois passa pelo Relé K4, que deve estar acionado pelo Arduino Professor, segue então, através do Conector CN7, que já é o próprio cabo com o conector DC, para alimentação da placa Interface.

3.5.7 Circuito - *Driver* para acionamento dos Relés de Proteção

Este circuito integrado, funciona como *Driver* para o acionamento dos quatro Relés de Proteção, Figura 3.12, utilizando o componente *ULN2003A* (ULN2003A, 2021). Este circuito integrado é acionado pelo Arduino Professor, que necessita do *Driver* por não ter corrente suficiente para acionar os Relés. Este *Driver* é muito utilizado no acionamento de motores, pois já conta, internamente em seus circuitos, com um Diodo fazendo a proteção contra as cargas indutivas reversas, geradas a partir de desligamentos de motores e bobinas.

O desenho ao lado é um conector CN6 (B5B-XH-A-LF-SN, 2016), utilizado para fazer a conexão entre a placa Controle, que está acoplada ao Arduino Professor e a placa Proteção. Este conector é o responsável pela comunicação de sinais e energia, vindos da placa Controle para o acionamento dos quatro Relés de Proteção.

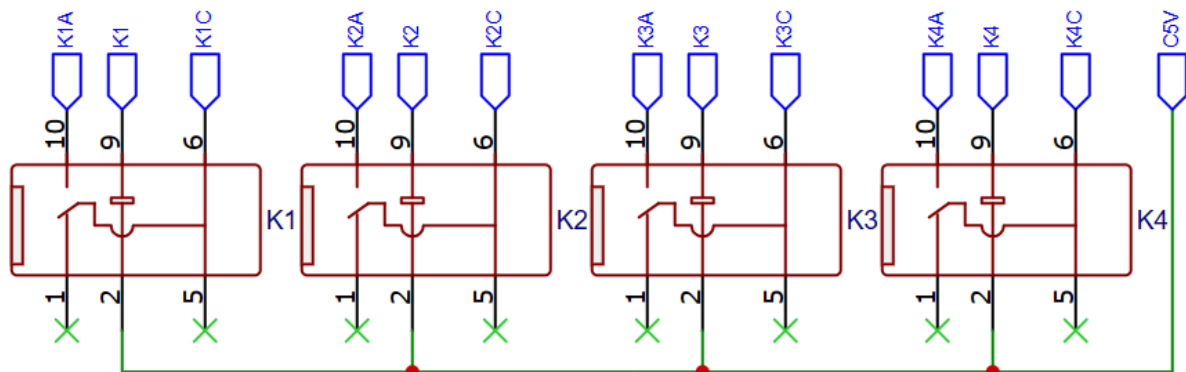
Figura 3.12: Circuito utilizado como *driver* para os Relés de proteção

Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

3.5.8 Circuito - Relés de Proteção

Este é um circuito de proteção baseado no componente eletrônico Relé G5V – 1 – DC5 (G5V-1-DC5, 2016). A função principal é a interrupção da alimentação dos circuitos de proteção, Figura 3.13.

Figura 3.13: Circuito Relés de proteção



Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

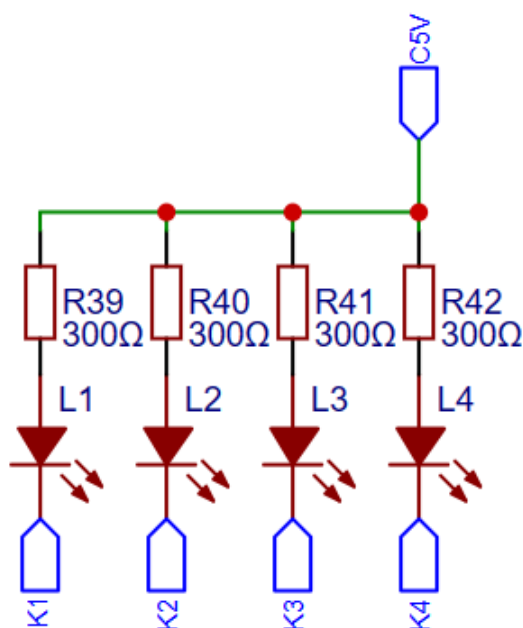
Funcionamento do circuito: Este circuito é acionado pelo Arduino Professor através do *Driver ULN2003A*, que faz o acionamento dos quatro Relés simultaneamente, energizando o circuito após todos os passos serem concluídos, no final da montagem

realizada pelo aluno. Este é um circuito de interrupção que está interligado a todos os outros circuitos de proteção.

3.5.9 Circuito - LEDs indicadores do acionamento dos Relés

Este circuito, faz o acionamento dos LEDs indicadores de acoplamento dos Relés de proteção, Figura 3.14. Os componentes do circuito são: Resistor de 300Ω (RESISTORES, 2019) e LED (NCD0805G1, 2020).

Figura 3.14: Circuito indicador de acionamento do Relé



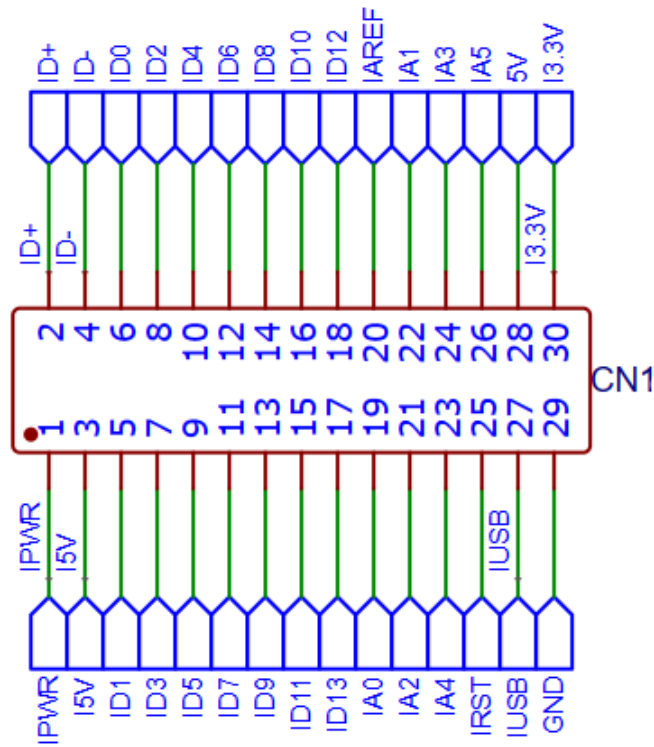
Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

Funcionamento do circuito: Este circuito é apenas um indicador, quando os LEDs estiverem ligados, é sinal de que o acoplamento dos Relés de proteção estão ativos, ou seja, estão fechados e permitindo a energização dos circuitos de proteção e dos circuitos das montagens das aulas. Os Relés de proteção são componentes de interrupção dos circuitos, quando as montagens são finalizadas pelos alunos, o Arduino Professor liga os Relés e energiza os circuitos e caso haja algum problema, os circuitos são desligados, preservando os componentes.

3.5.10 Circuito - Conexão entre as placas Interface e Proteção

Este circuito é onde ocorre a conexão da placa Interface e a placa Proteção, Figura 3.15. A conexão é feita através do Conector IDC 30 vias CN1 (331030SG0ABLA02, 2019). Os pinos deste conector correspondem a todos os pinos de uma placa Arduino.

Figura 3.15: Circuito conexão das placas Interface e Proteção



Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

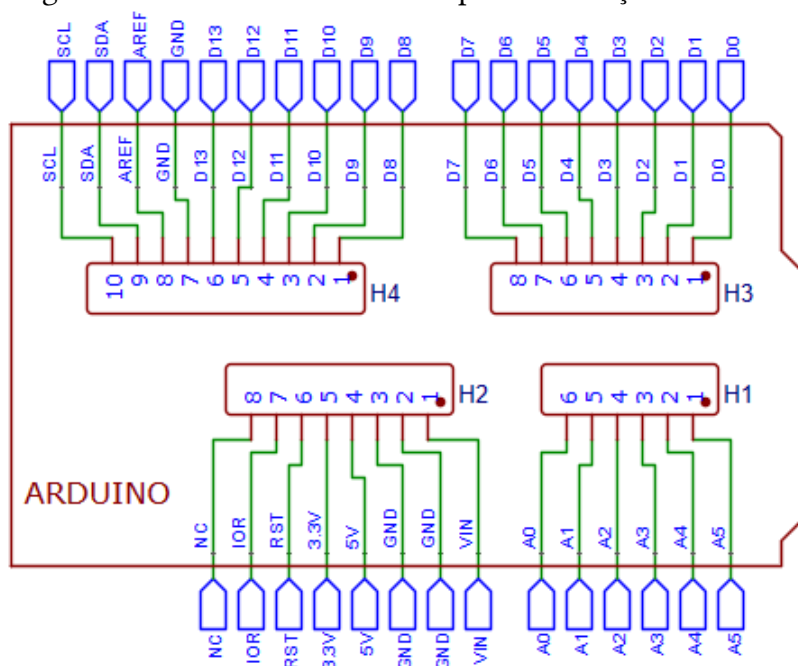
Funcionamento do circuito: A conexão entre as placas Interface e a placa Proteção são permitidas através deste Conector CN1. Utilizando um *Flat Cable* de 30 vias, todas as funcionalidades da placa Arduino real poderão ser acessadas, através da placa Interface.

Esta conexão, resume de uma certa forma, todo o sistema de proteção idealizado por este projeto de pesquisa. Temos a placa Interface, idêntica a uma placa Arduino, mas é apenas um meio (Interface) de interagir com a placa Arduino real, que está conectada sobre a placa Proteção, ou seja, para ter acesso a placa Arduino real, antes será preciso passar por todas as proteções da placa Proteção.

3.5.11 Circuito - Conexão da placa Proteção e uma placa Arduino real

Este é o circuito que faz a conexão de uma placa Arduino real com a placa Proteção, Figura 3.16. Os componentes que fazem a conexão são os conectores pinos macho H1, H2, H3 e H4 (PZ254V-11-10P, 2010). Este tipo de conexão garante a estabilidade do componente, facilidade na troca e manutenção e otimização do espaço, tornando as placas empilháveis.

Figura 3.16: Circuito conexão das placas Proteção e Arduino



Fonte: Adaptado do esquema da placa Proteção do Anexo I

Funcionamento do circuito: O circuito funciona apenas como conexão entre as placas Arduino real e a placa Proteção, através dos conectores pinos macho, para uma conexão estável e que permita a substituição da placa Arduino sem a necessidade de solda ou ferramentas.

3.6 Circuitos da placa Interface

Nesta seção, foram explicados cada um dos circuitos da placa Interface, ver desenho esquemático no Anexo II.

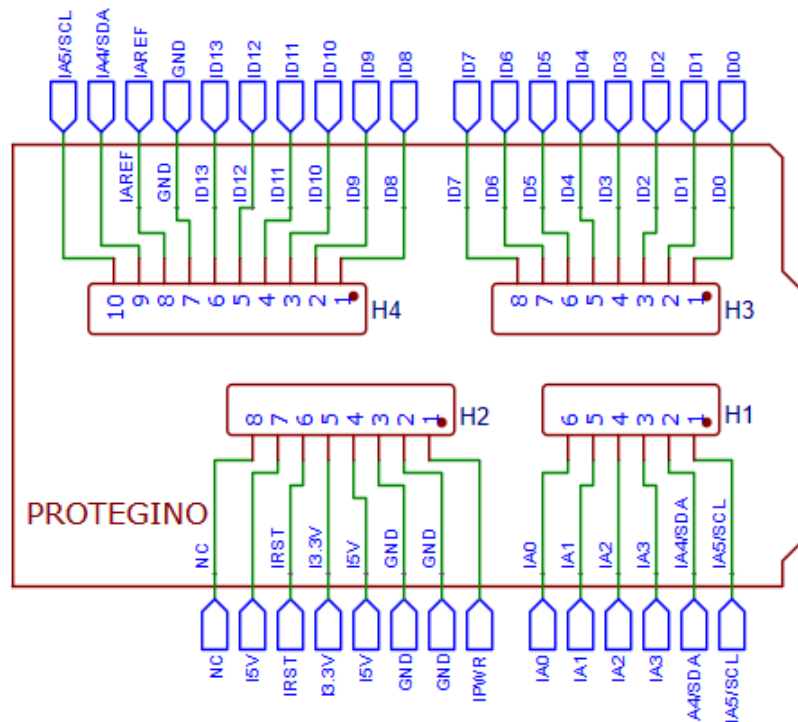
A placa Interface é um meio pelo qual o aluno interage com a plataforma Arduino, então, o dispositivo foi concebido de maneira idêntica a uma placa Arduino real, com todas as funcionalidades como se o aluno estivesse interagindo diretamente com a placa. Na verdade, a

placa Interface está conectada, por meio de um *Flat Cable* com uma placa Arduino real, antes passando pela placa Proteção e todos os seus circuitos de proteção, descritos na seção 3.5.

3.6.1 Circuito - Conectores fêmea da placa Interface

Os conectores fêmea, H1, H2, H3, H4, (HCTL PM254-1-10-Z-8.5, 2023), são os circuitos de conexão da placa Interface, Figura 3.17. Esta placa tem o mesmo formato e tamanho de uma placa Arduino real.

Figura 3.17: Circuito de conectores fêmea da placa Interface



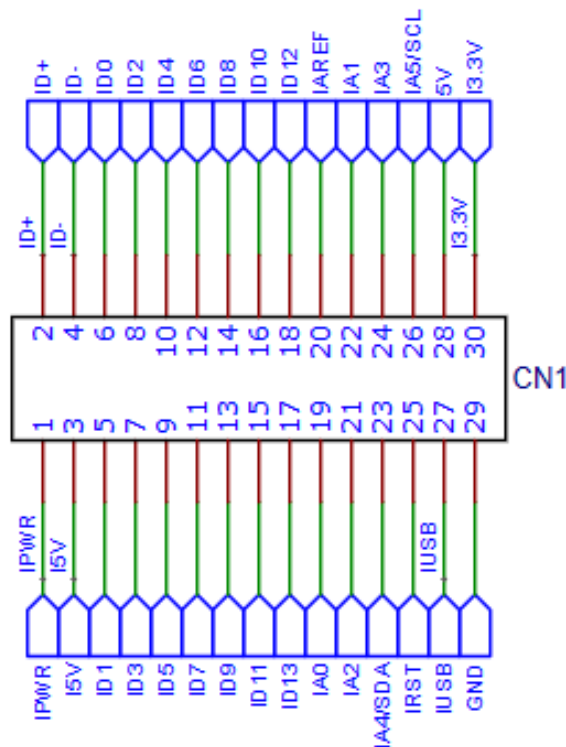
Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: Estes conectores fêmea têm a mesma função dos conectores da placa Arduino real, ou seja, possibilitar a prototipagem de circuitos eletrônicos para as mais diversas funcionalidades e possibilidades da plataforma Arduino, mas com um grande diferencial, a proteção pelos circuitos de proteção, contra uma grande variedade de problemas que podem ocorrer com a placa Arduino real e os componentes dos circuitos das montagens das aulas de robótica.

3.6.2 Circuito - Conector IDC CN1 da placa Interface

O conector IDC CN1, (2.54MM STRAIGHT 2X15P 15 PUSH, 2023), é o circuito que faz a conexão da placa Interface com a placa Arduino real, antes passando pela placa Proteção e seus circuitos de proteção. O conector CN1, Figura 3.18, é onde vai conectado o *Flat Cable* responsável pela comunicação entre a placa Interface e a placa Proteção, onde se encontra o Arduino real.

Figura 3.18: Circuito CN1 de conexão das placas Interface e Proteção



Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: Este conector IDC CN1, tem a função de possibilitar o acesso entre as placas Interface e Proteção, acessando todas as funcionalidades da placa Arduino, que está conectada na placa Proteção.

3.6.3 Circuito - LED "On" da placa Interface

Na busca de uma aparência idêntica à placa Arduino, foram utilizados, na placa Interface, componentes com tamanho igual e na mesma posição e funcionalidade de uma placa Arduino real. Este é o circuito do LED "On" da placa Interface, Figura 3.19, que utilizou os componentes: Resistor R1 300Ω, (RESISTORES, 2019), Diodo LED, (NCD0805G1, 2020).

Figura 3.19: Circuito LED "On" da placa Interface



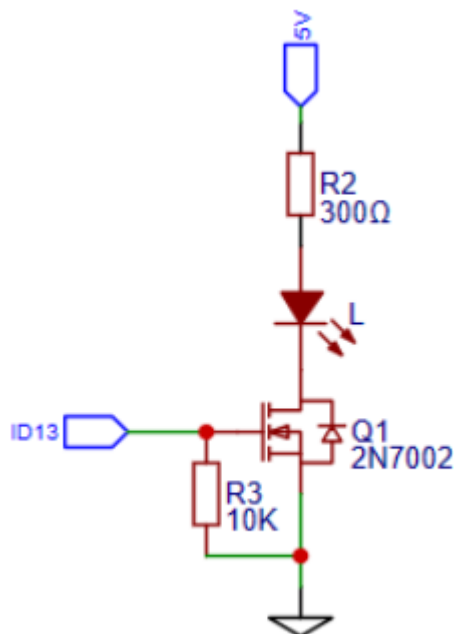
Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: O funcionamento do circuito é basicamente de identificação de atividade, quando está energizado e pronto para utilização.

3.6.4 Circuito - LED "*Built in*" da placa Interface

Na busca de uma aparência idêntica à placa Arduino, foram utilizados, na placa Interface, componentes com tamanho igual e na mesma posição e funcionalidade de uma placa Arduino real. Este é o circuito do LED "*Built in*" da placa Interface, Figura 3.20, que utilizou os componentes: Resistor R2 300Ω, (RESISTORES, 2019), Diodo LED, (NCD0805G1, 2020), Transistor Mosfet Canal N 2N7002, (2N7002, 2016), Resistor R3 10kΩ, (RESISTORES, 2019).

Figura 3.20: Circuito LED "Built in" da placa Interface



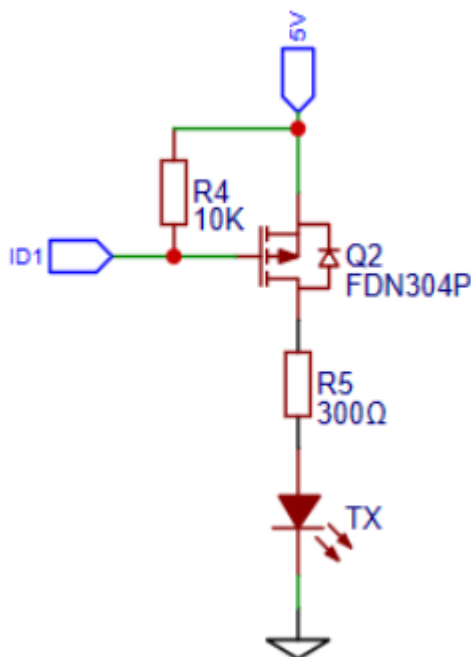
Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: O LED *Built in*, no Arduino, funciona como um primeiro componente eletrônico para ser testado em uma programação simples, como piscar um LED. Esse LED é ligado ao pino 13 do Arduino e já vem na placa. O componente, Transistor Mosfet Canal N 2N7002, foi utilizado para que o chaveamento do LED não impacte na montagem de circuitos, não consumindo corrente do pino do Arduino, pois o componente faz o chaveamento por tensão e não por corrente.

3.6.5 Circuito - LED "TX" da placa Interface

Na busca de uma aparência idêntica à placa Arduino, foram utilizados, na placa Interface, componentes com tamanho igual e na mesma posição e funcionalidade de uma placa Arduino real. Este é o circuito do LED "TX" da placa Interface, Figura 3.21, que utilizou os componentes: Resistor R4 10kΩ, (RESISTORES, 2019), Diodo LED, (NCD0805G1, 2020), Transistor Mosfet Canal P FDN304P, (FDN304P, 2001), Resistor R5 300Ω, (RESISTORES, 2019).

Figura 3.21: Circuito LED "TX" da placa Interface



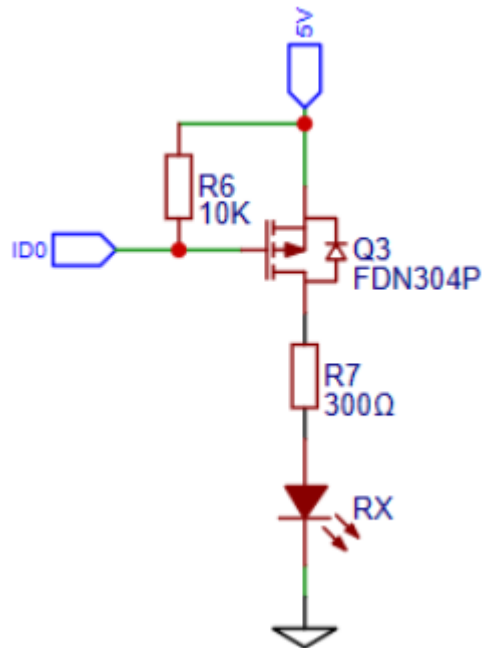
Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: O LED "TX" da placa Arduino é utilizado para comunicação serial com o computador ou outro dispositivo e na placa Interface, tem o mesmo funcionamento. Neste circuito, foi utilizado para chaveamento, um Transistor Mosfet Canal P FDN304P, que também usa a tensão para fazer o chaveamento e não a corrente, para não haver impacto na corrente do circuito da montagem e nem no pino 1, ao qual o LED TX está ligado, se bem que a utilização comum deste pino esteja ligada apenas à comunicação.

3.6.6 Circuito - LED "RX" da placa Interface

Na busca de uma aparência idêntica à placa Arduino, foram utilizados, na placa Interface, componentes com tamanho igual e na mesma posição e funcionalidade de uma placa Arduino real. Este é o circuito do LED "RX" da placa Interface, Figura 3.22, que utilizou os componentes: Resistor R6 10kΩ, (RESISTORES, 2019), Diodo LED, (NCD0805G1, 2020), Transistor Mosfet Canal P FDN304P, (FDN304P, 2001), Resistor R7 300Ω, (RESISTORES, 2019).

Figura 3.22: Circuito LED "RX" da placa Interface



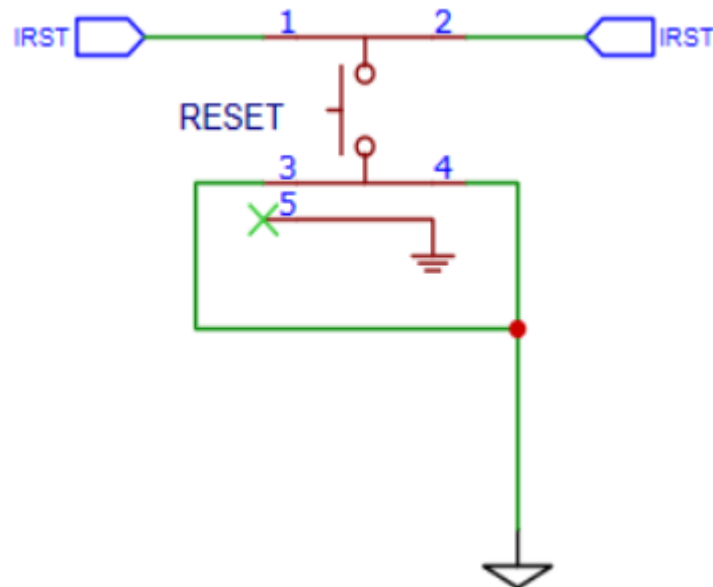
Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: O LED "RX" da placa Arduino é utilizado para comunicação serial com o computador ou outro dispositivo e na placa Interface, tem o mesmo funcionamento. Neste circuito, foi utilizado para chaveamento, um Transistor Mosfet Canal P FDN304P, que também usa a tensão para fazer o chaveamento e não a corrente, para não haver impacto na corrente do circuito da montagem e nem no pino 0, ao qual o LED RX está ligado, se bem que a utilização comum deste pino esteja ligada apenas à comunicação.

3.6.7 Circuito - Botão "*Reset*" da placa Interface

Na busca de uma aparência idêntica à placa Arduino, foram utilizados, na placa Interface, componentes com tamanho igual e na mesma posição e funcionalidade de uma placa Arduino real. Este é o circuito do Botão "*Reset*" da placa Interface, Figura 3.23, que utilizou o componente: Botão "*Reset*", (TS-1080W-A2B3-D1, 2023).

Figura 3.23: Circuito Botão de "Reset" da placa Interface



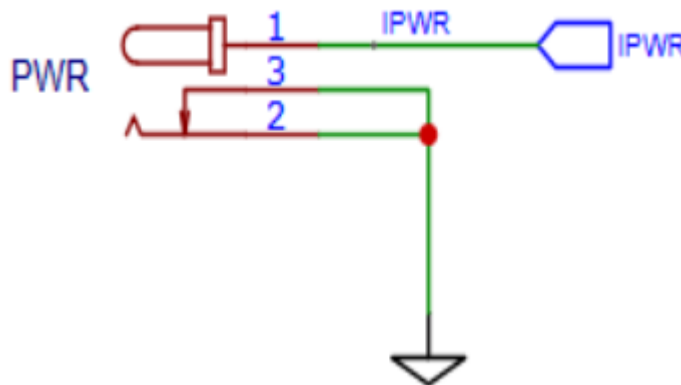
Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: Este Botão, conforme a sua utilização, faz a reinicialização da placa. Tem o mesmo efeito de desligar a alimentação e ligá-la novamente.

3.6.8 Circuito - Conector DC da placa Interface

Na busca de uma aparência idêntica à placa Arduino, foram utilizados, na placa Interface, componentes com tamanho igual e na mesma posição e funcionalidade de uma placa Arduino real. Este é o circuito do Conector DC da placa Interface, Figura 3.24, que utilizou o componente: Conector DC-005-20A, (DC-005-20A, 2021)

Figura 3.24: Circuito Conector DC da placa Interface



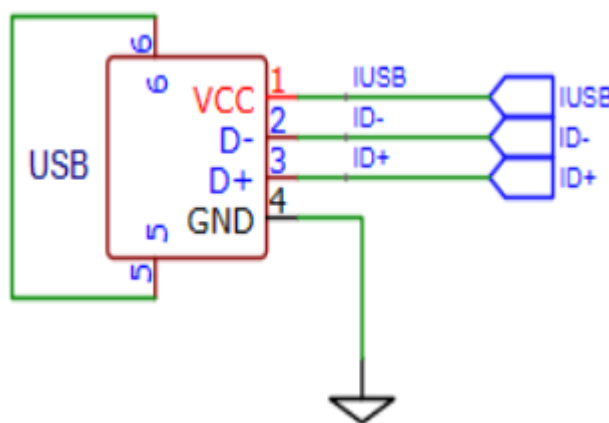
Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: A função deste circuito, como na placa Arduino, é a alimentação externa através deste conector fêmea DC. Em nosso caso, o dispositivo de proteção do Kit já fornece uma alimentação adequada para este conector, mas caso o aluno faça uso de uma fonte qualquer, este conector estará protegido pelos circuitos da placa Proteção.

3.6.9 Circuito - Conector USB da placa Interface

Na busca de uma aparência idêntica à placa Arduino, foram utilizados, na placa Interface, componentes com tamanho igual e na mesma posição e funcionalidade de uma placa Arduino real. Este é o circuito do Conector USB da placa Interface, Figura 3.25, que utilizou o componente: Conector MOLEX-670688000, (MOLEX-670688000, 2007).

Figura 3.25: Circuito Conector USB da placa Interface



Fonte: Adaptado do esquema da placa Interface do Anexo II

Funcionamento do circuito: Conforme a sua função na placa Arduino, aqui tem a mesma funcionalidade, conexão para comunicação de dados e alimentação através do cabo USB, entre a placa Interface e o computador. Na realidade, tudo o que é feito através da placa Interface é realizado pela placa Arduino real, após passar pelas proteções da placa Proteção.

3.7 Circuitos da placa Controle

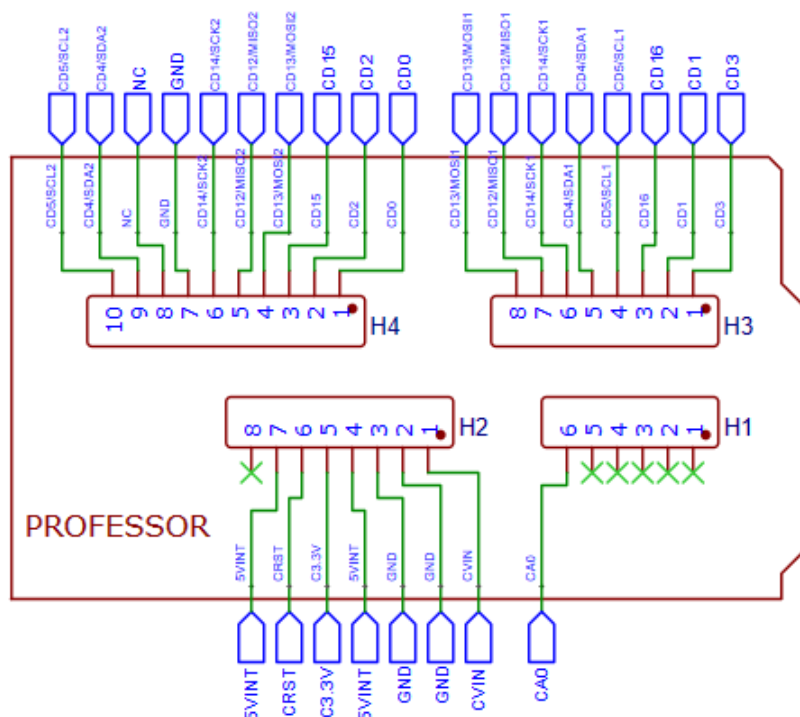
Nesta seção, foram explicados cada um dos circuitos da placa Controle, ver desenho esquemático no Anexo III.

A placa Controle é instalada sobre a placa Professor, através de seus conectores pinos macho e é responsável por fazer a conexão e a comunicação entre todas as placas e dispositivos do kit didático.

3.7.1 Circuito - Conectores Pinos Macho da placa Controle

Este é o circuito conectores pinos macho da placa Controle, Figura 3.26, que utilizou o componente: Conectores H1, H2, H3, H4, Conectores Pinos Macho (PZ254V-11-10P, 2010). A placa Controle é conectada sobre a placa Arduino Professor, através destes conectores pinos macho, são placas empilháveis para otimizar o espaço interno do kit didático.

Figura 3.26: Circuito Conectores pinos macho da placa Controle



Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

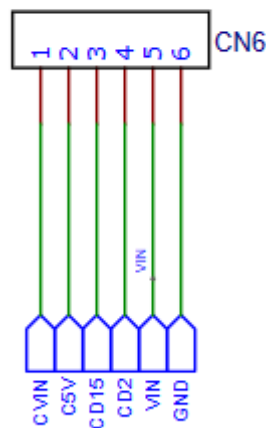
Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle, é fazer a conexão entre a placa Controle sobre a placa Arduino Professor, através do sistema de empilhamento de placas.

3.7.2 Circuito - Conector Proteção CN6 da placa Controle

Este é o circuito Conector CN6, Figura 3.27, que utilizou o componente: Conector JST B6B-XH-A(LF)(SN), (B6B-XH-A-LF-SN, 2023).

Figura 3.27: Circuito Conector Proteção CN6 da placa Controle

PROTECAO CN6

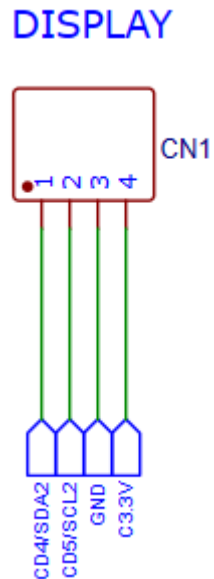


Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle, é fazer a comunicação entre a placa Arduino Professor e a placa Proteção, através da lógica dos circuitos do projeto.

3.7.3 Circuito - Conector *Display* CN1 da placa Controle

Este é o circuito Conector *Display* CN1, Figura 3.28, que utilizou o componente: Conector JST B4B-XH-A(LF)(SN), (B4B-XH-A(LF)(SN), 2016), para conectar-se a um *display* na parte externa do kit didático.

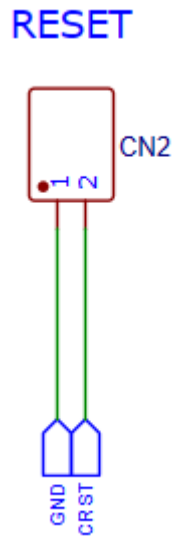
Figura 3.28: Circuito Conector *Display* CN1 da placa Controle

Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é fazer a conexão com um *display* de 1,3", localizado na parte externa do kit didático, utilizando o protocolo I2C, para mostrar informações básicas de utilização ao usuário.

3.7.4 Circuito - Conector *Reset* CN2 da placa Controle

Este é o circuito Conector *Reset* CN2, Figura 3.29, que utilizou o componente: Conector JST B2B-XH-A(LF)(SN), (B2B-XH-A(LF)(SN), 2016), para conectar a placa Controle a uma chave de *Reset*, localizada na frente do dispositivo.

Figura 3.29: Circuito Conector *Reset* CN2 da placa Controle

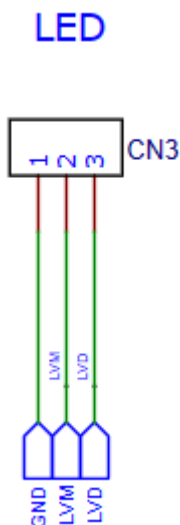
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é verificar se o kit está sendo iniciado sem a inserção do SD Card no leitor. Caso isso ocorra, aparecerá uma mensagem no *display* solicitando a inserção do SD Card e na sequência, devendo acionar a chave de *Reset*, localizada na frente do dispositivo, para reiniciar o sistema do kit didático.

3.7.5 Circuito - Conector LED CN3 da placa Controle

Este é o circuito Conector LED CN3, Figura 3.30, que utilizou o componente: Conector JST B3B-XH-A(LF)(SN), (B3B-XH-A-LF-SN, 2023). Conector do LED indicador de estado do kit didático.

Figura 3.30: Circuito Conector LED CN3 da placa Controle



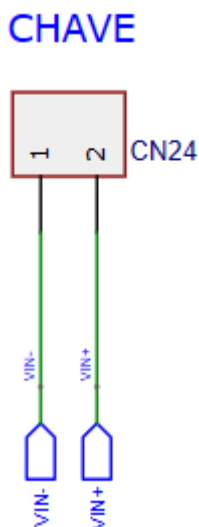
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é a de indicar o estado de funcionamento do kit didático, na frente do kit há um LED indicador que permanece aceso na cor vermelho quando o kit está desenergizado e na cor verde quando o kit está liberado e energizado para testar a montagem do aluno.

3.7.6 Circuito - Conector Chave CN24 da placa Controle

Este é o circuito Conector Chave CN24, Figura 3.31, que utilizou o componente: Conector JST B2B-PH-K-S(LF)(SN), (B2B-PH-K-S(LF)(SN), 2015). Este circuito liga a placa Controle a uma chave, localizada na parte frontal do kit didático.

Figura 3.31: Circuito Conector Chave CN24 da placa Controle



Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

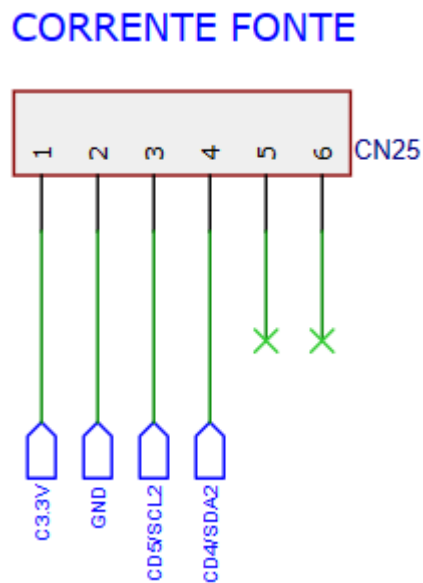
Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é fazer a ligação entre a placa Controle e uma chave seletora, que fica na frente do kit didático, e esta chave é responsável por fazer a seleção de qual fonte de energia o Arduino, placa Interface de montagem, está sendo alimentado, se é pela conexão USB ou o conector DC.

A identificação da origem da fonte de alimentação é feita por um sensor de corrente, que fica conectado à placa Controle. Se a seleção da alimentação, pela chave, estiver correta, o kit funciona, caso contrário, não funciona.

3.7.7 Circuito - Conector Corrente Fonte CN25 da placa Controle

Este é o circuito Conector Corrente Fonte CN25, Figura 3.32, que utilizou o componente: Conector JST B6B-PH-K-S(LF)(SN), (B6B-PH-K-S-LF-SN, 2023). Conector utilizado para conectar a placa Controle a um sensor de corrente, que monitora a corrente fonte de alimentação externa.

Figura 3.32: Circuito Conector Corrente Fonte CN25 da placa Controle



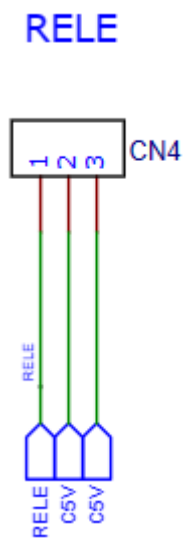
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é a de conexão a um segundo sensor de corrente, exclusivo da fonte de alimentação externa, que faz o seu monitoramento.

3.7.8 Circuito - Conector Relé CN4 da placa Controle

Este é o circuito Conector Relé CN4, Figura 3.33, que utilizou o componente: Conector JST B3B-XH-A(LF)(SN), (B3B-XH-A-LF-SN, 2023).

Figura 3.33: Circuito Conector Relé CN4 da placa Controle



Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

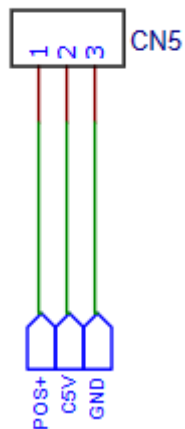
Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é conectar a placa a um relé, que faz a liberação para a utilização da fonte de alimentação externa, apenas habilita a utilização da fonte externa, quando for necessário em algumas montagens que assim a exijam.

3.7.9 Circuito - Conector Voltímetro CN5 da placa Controle

Este é o circuito Conector Voltímetro CN5, Figura 3.34, que utilizou o componente: Conector JST B3B-XH-A(LF)(SN), (B3B-XH-A-LF-SN, 2023). Este circuito conecta a placa Controle a um *display* LED na parte frontal do kit didático.

Figura 3.34: Circuito Conector Voltímetro CN5 da placa Controle

VOLTIMETRO



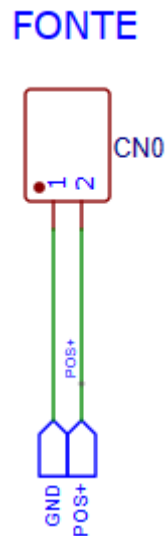
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é fazer a conexão entre a placa e um *display* LED, que fica localizado na parte frontal do dispositivo, sobre os bornes banana da fonte de alimentação externa, que faz o monitoramento e mostra o valor da tensão que vem desta fonte de alimentação externa.

3.7.10 Circuito - Conector Fonte CN0 da placa Controle

Este é o circuito Conector Fonte CN0, Figura 3.35, que utilizou o componente: Conector JST B2B-XH-A(LF)(SN), (B2B-XH-A(LF)(SN), 2016). Conector que traz a informação da tensão da fonte externa de alimentação.

Figura 3.35: Circuito Conector Fonte CN0 da placa Controle



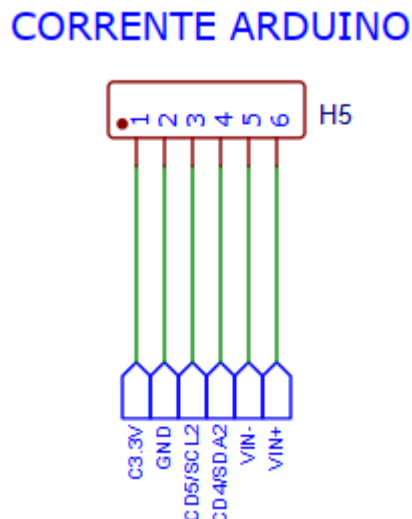
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é receber a informação do valor da tensão que está sendo utilizado da fonte externa de alimentação. Esta informação é mostrada pelo *display* LCD do Voltímetro do kit didático.

3.7.11 Circuito - Conector Corrente Arduino H5 da placa Controle

Este é o circuito Conector Corrente Arduino H5, Figura 3.36, que utilizou o componente: Conector HCTL PM254-1-06-Z-8.5, (HCTL PM254-1-10-Z-8.5, 2023).

Figura 3.36: Circuito Conector Corrente Arduino H5 da placa Controle



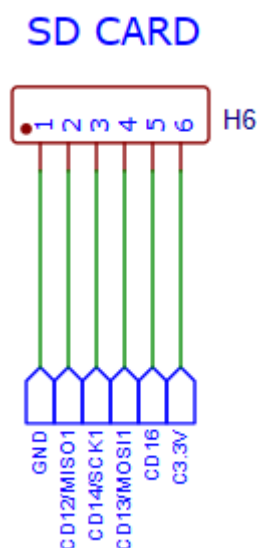
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é receber a conexão do sensor de corrente do Arduino, que também trabalha no protocolo I2C e é o responsável por receber a informação da corrente que vem da chave seletora. Este sensor de corrente é encaixado sobre a placa Controle, na parte central.

3.7.12 Circuito - Conector SD Card H6 da placa Controle

Este é o circuito de instalação do SD Card H6, Figura 3.37, que não utilizou nenhum componente: Na verdade, este não é um conector, pois é apenas a indicação do local onde será instalado o leitor de SD Card na placa Controle.

Figura 3.37: Circuito Conector SD Card H6 da placa Controle



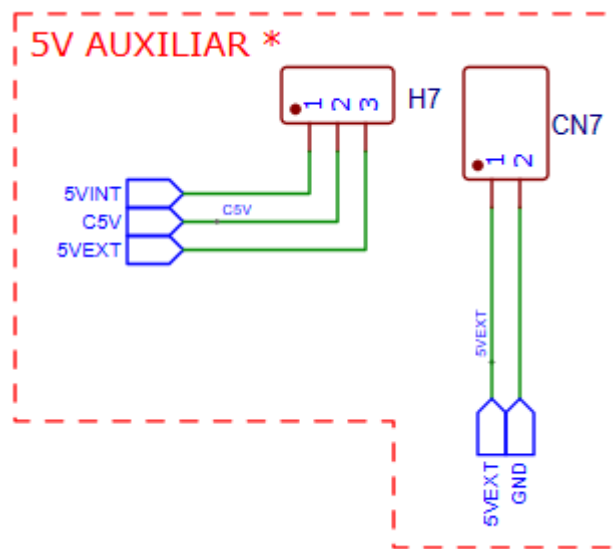
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é receber a instalação do SD Card, que por motivos de estabilidade do componente e utilização, será soldado à placa, pois o SD Card é posicionado na placa Controle e parte do leitor passa para a parte de fora do kit didático, para ser utilizado para inserir o *SD Card* com as aulas de montagem robótica.

3.7.13 Circuito - Conector 5V Auxiliar H7 CN7 da placa Controle

Este é o circuito 5V Auxiliar H7 CN7, Figura 3.38, que utilizou o componente: Conector pino macho XFCN PZ254V-11-03P, (PZ254V-11-10P, 2010) e o conector JST B2B-XH-A(LF)(SN), (B2B-XH-A(LF)(SN), 2016), respectivamente.

Figura 3.38: Circuito Conector 5V Auxiliar H7 CN7 da placa Controle



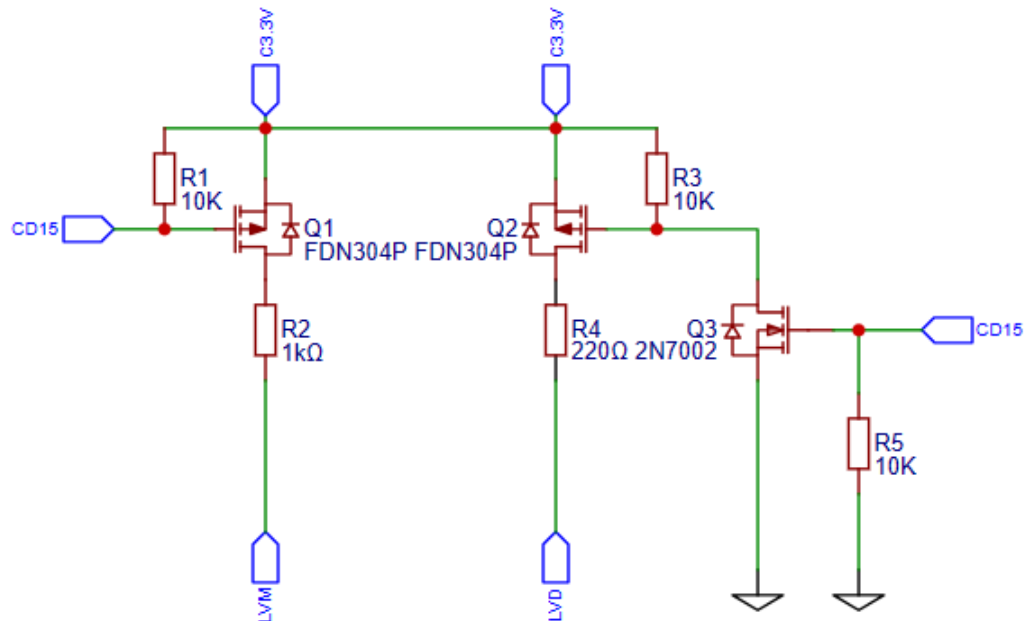
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é prever uma possível situação onde será necessário utilizar uma fonte de 5V auxiliar, para suprir uma possível demanda devido ao número excessivo de componentes utilizando 5V, porém da mesma fonte de alimentação do kit didático, que é de 12V e 2A, portanto, de capacidade mais que suficiente.

Havendo a necessidade de mais energia, o jumper H7 é selecionado e será possível ter mais 5V auxiliar para utilização no kit. A obtenção dos 5V auxiliar será feita por meio de um módulo de conversão DC / DC.

3.7.14 Circuito - *Driver* para acionamento do LED bicolor do Kit

Este é o circuito de *Driver* para o acionamento do LED bicolor da frente do kit didático, Figura 3.39, que utilizou os componentes: Resistor de 220Ω, 1kΩ, 10kΩ, (RESISTORES, 2019), Transistor Mosfet canal P e canal N, (FDN304P, 2001), (2N7002, 2016), respectivamente.

Figura 3.39: Circuito *Driver* para acionamento do LED bicolor do kit

Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

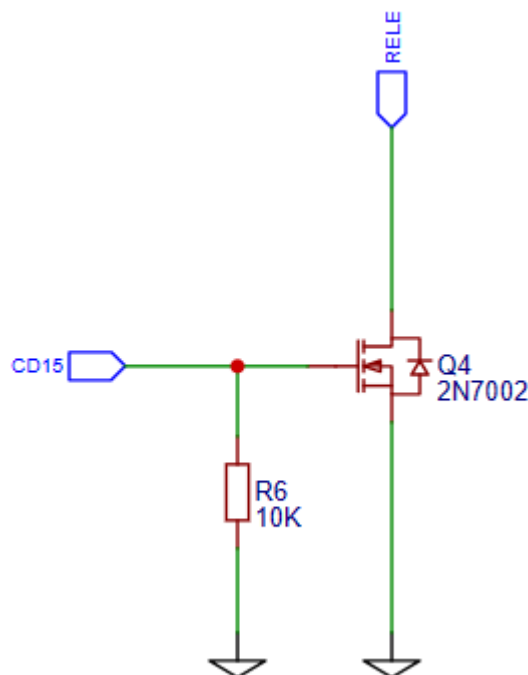
Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é fazer o acionamento do LED bicolor da frente do kit, através deste circuito de *driver*.

Foi utilizado um circuito de *driver*, para o acionamento do LED, devido à economia de corrente do pino do Arduino, pois com um *driver*, utiliza-se uma pequena porção da corrente para fazer o acionamento das cargas.

O LED bicolor funciona como indicador do funcionamento do kit, quando em montagem ou por algum problema detectado pelas proteções, o LED permanece aceso em vermelho e o kit sem energia nas montagens, mas quando liberado, o LED permanece aceso na cor verde e o kit energizado e liberado para teste das montagens.

3.7.15 Circuito - *Driver* para acionamento do Relé da Fonte Externa

Este é o circuito de *Driver* para acionamento do relé da fonte de alimentação externa, Figura 3.40, que utilizou os componentes: Resistor de 10kΩ, (RESISTORES, 2019) e Transistor Mosfet Canal N, (2N7002, 2016).

Figura 3.40: Circuito *Driver* para acionamento do Relé da Fonte Externa

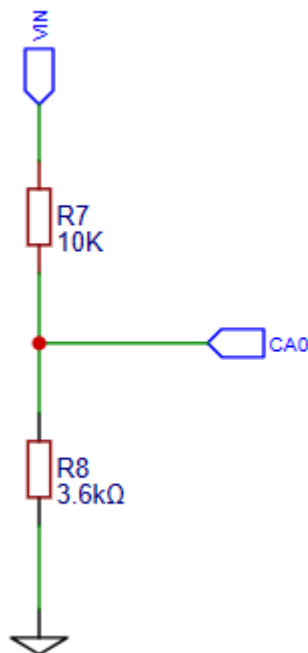
Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é ser um circuito de *Driver* para fazer o acionamento de um relé, que por sua vez habilita a utilização da fonte externa de alimentação. Quando for necessário trabalhar com fonte de alimentação externa em alguma montagem de circuito, como o acionamento de motores, por exemplo.

3.7.16 Circuito - Divisor de Tensão da placa Controle

Este é o circuito Divisor de Tensão da placa Controle, Figura 3.41, que utilizou os componentes: Resistores 3, $6k\Omega$, $10k\Omega$, (RESISTORES, 2019). Este circuito é o responsável por informar o Arduino professor, qual é a fonte de alimentação, USB ou conector DC, que está sendo utilizada pelo Arduino.

Figura 3.41: Circuito Divisor de Tensão da placa Controle



Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

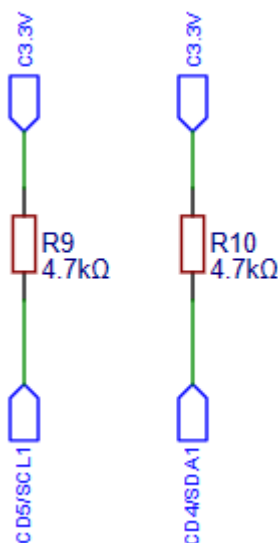
Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é ser um circuito divisor de tensão, método utilizado para determinar a origem da fonte de alimentação da placa Arduino. Através desta lógica, o circuito determina de onde vem a alimentação, se é da conexão USB ou se é do conector DC.

Uma vez determinada de onde vem a alimentação da placa Arduino, o sistema seleciona por meio de um arquivo de texto inserido no *SD Card*, qual é a corrente máxima que a montagem da aula permite para aquele experimento, para haver um controle da atividade pelo sensor de corrente e havendo qualquer alteração, o sistema é bloqueado e a energia é desligada, preservando o sistema todo.

3.7.17 Circuito - Utilização do Protocolo I2C na placa Controle

Este é um circuito utilizado pelo protocolo I2C, Figura 3.42, quando se faz uso de dispositivos que utilizam este protocolo, é necessário utilizar um circuito como este para não ter problemas de comunicação. O circuito utilizou o componente: Resistor de $4,7k\Omega$, (RESISTORES, 2019).

Figura 3.42: Circuito para Utilização do Protocolo I2C na placa Controle



Fonte: Adaptado do esquema da placa Controle do Anexo III

Funcionamento do circuito: A sua função na placa Controle é a de possibilitar o uso de dispositivos que utilizam o protocolo I2C, a saber, o sensor de corrente da placa Arduino, o sensor de corrente da fonte de alimentação externa e o *display* LCD, todos usam o protocolo I2C.

O protocolo I2C utiliza-se de apenas duas linhas de comunicação, no nosso caso são três dispositivos utilizando as mesmas linhas de comunicação, apenas com endereços diferentes. Então, para não haver problemas, dadas as inúmeras informações que trafegam nessas linhas, se faz necessário um circuito como este.

3.8 Desenvolvimento do Protótipo

Nesta seção, foram descritos todos os passos para o desenvolvimento do protótipo, replicação dos experimentos e consequentemente, chegar aos mesmos resultados deste trabalho de pesquisa, garantindo a reprodutibilidade do projeto do kit didático.

3.8.1 Passo 1 - Concepção

- Concepção do projeto;
- Idealização dos circuitos de proteção;
- Delimitação e abrangência das proteções;

- Determinação das interações entre os circuitos de proteção;
- Elaboração de uma lógica geral de funcionamento do kit.

3.8.2 Passo 2 - Desenvolvimento

- Desenvolvimento das placas Proteção "Arduino", Interface "Proteginho", Controle "Professor";
- Determinação dos componentes eletrônicos e suas especificações;
- Desenvolvimento do esquema elétrico das placas;
- Simulação dos circuitos em *Softwares* e *Protoboard*;
- Testes de bancada para validação dos circuitos de proteção, em materiais e componentes específicos;
- Submissão do projeto, ao fornecedor, para orçamento das placas e componentes.

Neste ponto do projeto, foi determinado que a montagem dos componentes nas placas, deveria ser feita por seu idealizador, Eric Nunes da Costa. O motivo é econômico, pois cada ponto de solda, de cada componente, de cada placa, num total de três placas, totalizando quinze placas, pois existe uma quantidade mínima de cinco placas para cada modelo do projeto, é cobrado separadamente, o que elevaria consideravelmente o custo do projeto, portanto, foi uma questão de adequar o projeto ao menor custo de produção, não fazendo a montagem dos componentes à placa de circuito impresso com a empresa JLCPCB.

Também existe uma regra, de quantidade mínima, em relação a alguns componentes, que determina uma quantidade de no mínimo cem unidades.

3.8.3 Passo 3 - Montagem

Os componentes eletrônicos utilizados no projeto, são Dispositivos Montados em Superfície (SMD). Tais dispositivos exigem experiência e conhecimento em Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT). Também exigem equipamentos de soldagem específicos, por se tratar de projeto complexo e em tamanho reduzido.

A confecção de um protótipo inicial, tem a finalidade de adequar o projeto ao modelo real, que tem limitações de espaço interno em seu estojo, Figura 3.43, (PATOLA,

2023), e também, para servir como modelo real para os testes de validação, dos circuitos de proteção do projeto.

Figura 3.43: Gabinete do Kit Didático



Fonte: Patola Eletroplásticos

3.8.4 Passo 4 - Ajustes

Neste ponto do projeto, foram implementados os ajustes necessários de adequação do *Hardware*, em componentes e circuitos, e também, a montagem especial envolvendo dispositivos como o leitor de *SD Card*, que envolveu a adaptação da parte externa da caixa do projeto para acesso e uso do dispositivo.

3.8.5 Passo 5 - *Software*

Foi implementado o código de programação do *Software*, responsável pelo funcionamento básico do sistema de proteções e demonstração do acompanhamento de uma aula simples de montagem robótica, apenas a título de demonstração do funcionamento do Kit Didático.

O código do *Software*, Anexo VI, foi desenvolvido na plataforma de programação do Arduino, através do Arduino IDE, (ARDUINO_IDE, 2023), um editor e navegador de código de programação, que atualmente está na versão 2.2.1.

3.9 Orçamento do Projeto de Pesquisa

Aqui foram apresentados um orçamento geral simplificado, conforme a Tabela 3.1, de todos os componentes e serviços, utilizados para a conclusão deste trabalho de pesquisa e um orçamento específico, conforme a Tabela 3.2, para o desenvolvimento do protótipo de um kit didático. Estes orçamentos contemplam os materiais, serviços de terceiros, impostos e taxas que incidiram diretamente no desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

Para acessar o orçamento geral detalhado do projeto, contendo todas as informações de fabricante, modelo, quantidades, especificações, valores unitários, etc., acesse o repositório de dados do projeto de pesquisa através da referência a seguir, (OLIVEIRA, 2023).

Tabela 3.1: Orçamento Geral do Projeto de Pesquisa

Orçamento Simplificado - Valores em (US\$)				
Descrição / (Total de unidades)	Quant.	Unid.	Unitário	Total
Componentes eletrônicos (1270)	1	PÇ	22,32	22,32
Conectores em geral (543)	1	PÇ	20,22	20,22
Placas de circuito impresso (15)	1	PÇ	13,20	13,20
Módulos em geral e Gabinete (190)	1	PÇ	63,79	63,79
Fiação e cabos em geral (31)	1	PÇ	17,61	17,61
Materiais para a fase de testes (69)	1	PÇ	11,30	11,30
Fretes totais	1	PÇ	69,98	69,98
Impostos totais	1	PÇ	72,29	72,29
Total geral				290,71

Fonte: O autor

Tabela 3.2: Orçamento específico para um kit didático

Orçamento Simplificado - Valores em (US\$)				
Descrição / (Total de unidades)	Quant.	Unid.	Unitário	Total
Componentes eletrônicos (114)	1	PÇ	6,07	6,07
Conectores em geral (173)	1	PÇ	16,54	16,54
Placas de circuito impresso (3)	1	PÇ	2,64	2,64
Módulos em geral e Gabinete (135)	1	PÇ	60,36	60,36
Fiação e cabos em geral (28)	1	PÇ	17,52	17,52
Fretes proporcionais	1	PÇ	60,29	60,29
Impostos proporcionais	1	PÇ	15,33	15,33
Total geral				178,75

Fonte: O autor

3.10 Considerações Finais

Neste capítulo, foram abordados o método de pesquisa utilizado, uma explicação detalhada de cada um dos circuitos das placas Proteção, Interface e Controle, placas que compõem todo o funcionamento interno do dispositivo, foram mostradas todas as fases do desenvolvimento do protótipo do Kit Didático, dos passos para a confecção do protótipo e outros aspectos relacionados aos materiais, como um orçamento geral, simplificado, do projeto de pesquisa e um orçamento específico do protótipo de um kit didático.

Capítulo 4

Resultados e Análises

Neste capítulo, foram abordados, os resultados obtidos em testes de bancada, para validar as proteções implementadas na proposta, e também, foi feita uma comparação com alguns dos Kits educacionais disponíveis no mercado.

4.1 Elaboração e aplicação dos Testes de bancada

Nesta seção, foram projetados, aplicados e obtidos os resultados, dos testes realizados em bancada.

Os testes, têm caráter didático e explicativo, pois todos os circuitos de proteção já foram testados e validados em simuladores e *protoboard*, ao longo do desenvolvimento das proteções. Os resultados obtidos são produtos de réplicas dos circuitos da placa Proteção, que já foram explicados no capítulo de Materiais e Métodos, 3.

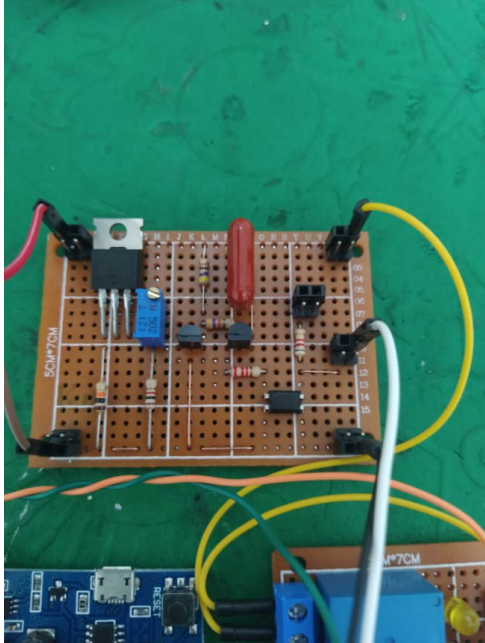
Para validar os circuitos de proteção, foram utilizados eventos que premeditadamente causassem sobretensão, sobrecorrente, inversão de polaridade e curto-circuito.

4.1.1 Projeto das placas de teste

Foi necessária a confecção de placas de testes que contemplassem os circuitos da placa Proteção para validar e aferir a lógica e a eficácia dos circuitos. Para tanto, foram desenvolvidas quatro placas, cada uma representando um conjunto de circuitos de proteção e controle do kit. Teste para a alimentação através do conector DC e pino Vin, Figura 4.1, para

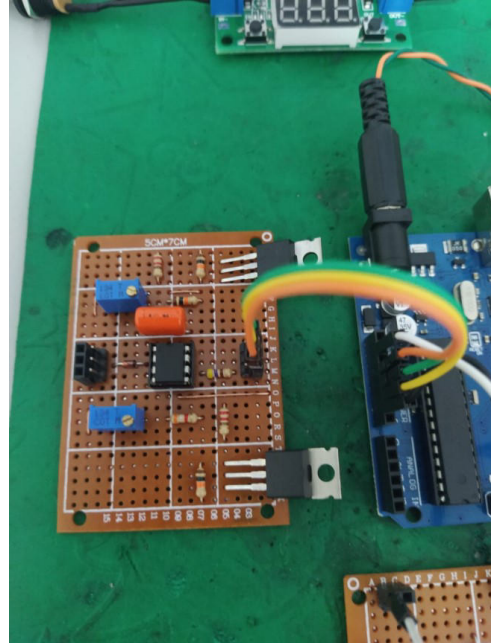
a alimentação através dos pinos 5V e 3,3V, Figura 4.2, para as entradas e saídas, Figura 4.3 e para o sensor de corrente, relés e controle do kit, Figura 4.4.

Figura 4.1: Teste Conector DC e pino Vin



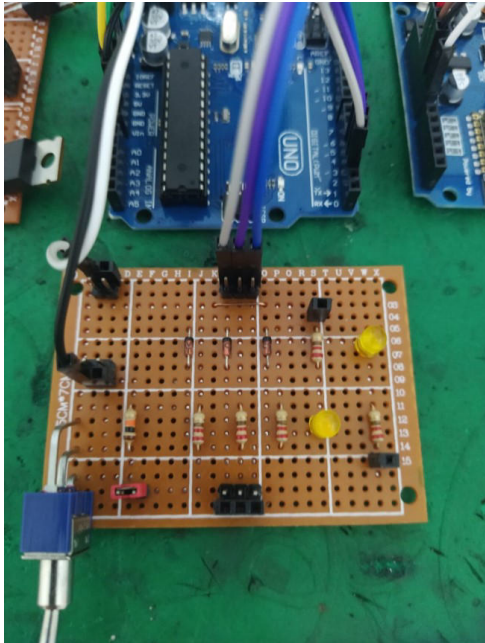
Fonte: Desenvolvida por Eric Nunes da Costa, 2023.

Figura 4.2: Teste Pinos 5V e 3,3V



Fonte: Desenvolvida por Eric Nunes da Costa, 2023.

Figura 4.3: Teste Entradas e Saídas Arduino



Fonte: Desenvolvida por Eric Nunes da Costa, 2023.

Figura 4.4: Teste Sensor de corrente e Relés



Fonte: Desenvolvida por Eric Nunes da Costa, 2023.

4.1.2 Teste de sobretensão no conector DC ou pino Vin

A Figura 4.5, se trata do kit em funcionamento ideal, ou seja, tensão de 12V na entrada DC ou pino Vin e saída de 3,3V para o Arduino Professor. Já a Figura 4.6, mostra um estado de sobretensão com uma tensão de 12,5V na entrada e saída de 0V para o Arduino Professor, indicando que a proteção atuou corretamente, na faixa de 12,5V até 20V.

Figura 4.5: Funcionamento ideal



Fonte: O autor

Figura 4.6: Estado de sobretensão



Fonte: O autor

4.1.3 Teste de inversão de polaridade no conector DC ou pino Vin

Este teste consiste em aplicar uma tensão de -12V invertida no conector DC ou pino Vin, o transistor corta a tensão de saída para 0V desligando todo o sistema, Figura 4.7. A faixa de atuação da proteção vai até -20V, inversamente polarizado.

Figura 4.7: Estado de inversão de polaridade



Fonte: O autor

4.1.4 Teste de sobrecorrente no conector DC ou pino Vin

O sensor de corrente atua conforme a informação de corrente da atividade, que está informada em um arquivo dentro do *SD Card*, então, qualquer alteração superior à corrente estipulada, o circuito é desligado preservando o kit e a atividade, o sensor de corrente e o Relé, estão na placa de teste, da Figura 4.8, representando a placa Controle.

Figura 4.8: Sensor de corrente e Relé

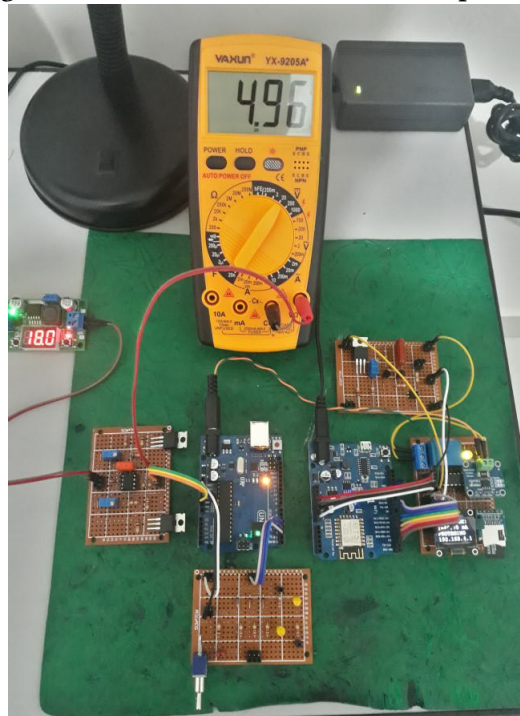


Fonte: O autor

4.1.5 Teste de sobretensão no pino 5V

Este é um teste de sobretensão, aplicado ao pino 5V da placa Interface. Pode-se ver pelo voltímetro da fonte que está sendo aplicada uma tensão de 18V e no pino do Arduino, temos a tensão estabilizada em 4,96V, Figura 4.9, portanto, a proteção atuando na faixa de 5,6V a 20V.

Figura 4.9: Estado de sobretensão no pino 5V



Fonte: O autor

4.1.6 Teste de sobretensão no pino 3,3V

Este é um teste de sobretensão aplicado ao pino 3,3V da placa Interface. Pode-se ver pelo voltímetro da fonte que está sendo aplicada uma tensão de 15V e no pino do Arduino, temos a tensão estabilizada em 3,33V, Figura 4.10, portanto, a proteção atuando na faixa de 3,6V a 20V.

Figura 4.10: Estado de sobretensão no pino 3,3V



Fonte: O autor

4.1.7 Teste de sobretensão nas entradas digitais ou analógicas

Este é um teste de sobretensão aplicado ao pino configurado como entrada, na placa Interface. Pode-se ver pelo voltímetro da fonte que está sendo aplicada uma tensão de 10V e no pino correspondente do Arduino, temos a tensão estabilizada em 5,19V, Figura 4.11, portanto, a proteção atuando na faixa de 5,1V a 20V.

Figura 4.11: Estado de sobretensão no pino de entrada

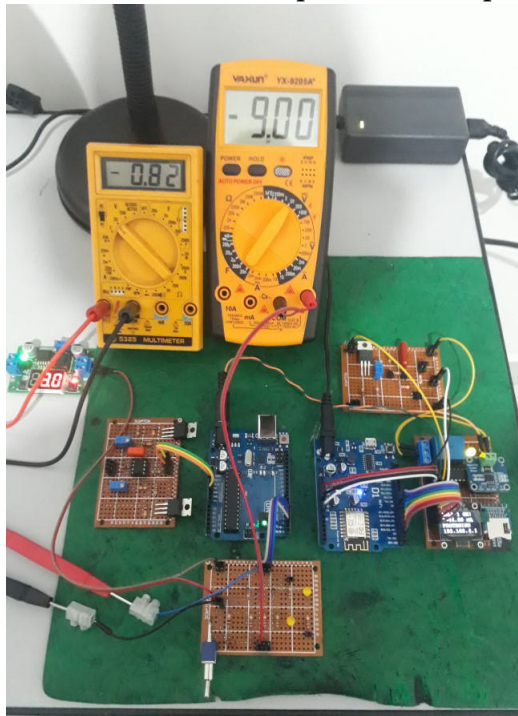


Fonte: O autor

4.1.8 Teste de inversão de polaridade nas entradas digitais ou analógicas

Este é um teste de inversão de polaridade aplicado ao pino configurado como entrada, na placa Interface. Pode-se ver pelo voltímetro da fonte que está sendo aplicada uma tensão de -9V e no pino correspondente do Arduino, temos a tensão estabilizada em -0,82V, Figura 4.12, portanto, a proteção atuando na faixa até -20V.

Figura 4.12: Estado de inversão de polaridade no pino de entrada



Fonte: O autor

4.1.9 Teste de curto-circuito a terra nas saídas digitais ou analógicas

Este é um teste de curto-circuito a terra aplicado ao pino configurado como saída, na placa Interface. Pode-se ver pelo multímetro, na escala de corrente, utilizado para dar o curto no pino correspondente do Arduino, temos a corrente estabilizada em 21,6mA, Figura 4.13, portanto, a proteção do resistor atuando na faixa até 23mA.

Figura 4.13: Estado de curto-circuito a terra no pino de saída

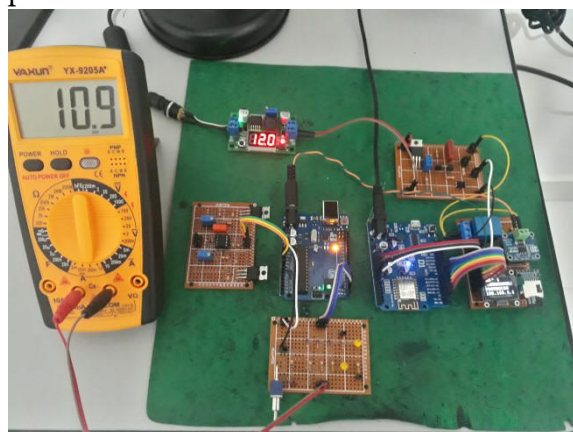


Fonte: O autor

4.1.10 Teste de curto-circuito entre pinos nas saídas digitais ou analógicas

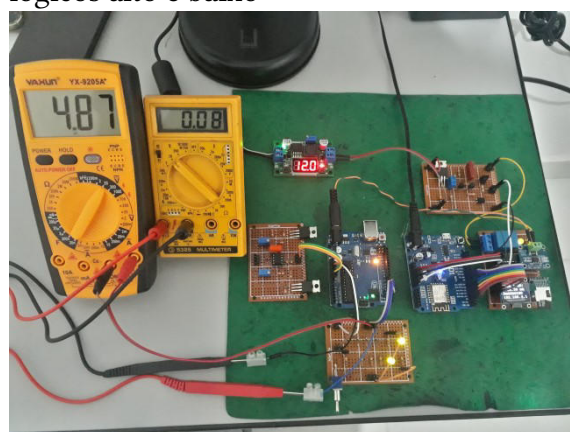
Este é um teste de curto-circuito entre pinos, configurados como saída, porém, um em nível lógico alto e outro em nível lógico baixo. Pode-se ver pelo multímetro, na escala de corrente, utilizado para dar o curto nos pinos correspondentes do Arduino e assim temos a corrente estabilizada em 10,9mA, Figura 4.14, portanto, a proteção dos resistores atuando na faixa até 11mA. A Figura 4.15 é apenas uma demonstração de que os dois pinos utilizados, estão em níveis lógicos diferentes, alto e baixo.

Figura 4.14: Teste de curto-circuito entre pinos nas saídas



Fonte: O autor

Figura 4.15: Pinos de saídas em níveis lógicos alto e baixo



Fonte: O autor

Estes foram os circuitos que precisavam ser validados, a lógica e o funcionamento são mais complexos, porém há outros circuitos de proteção que têm funcionamento mais simples e direto como os fusíveis e relés, que atuam desligando totalmente o sistema do kit de proteção, quando há a ação de algum evento indesejado.

4.1.11 Resumo dos testes e resultados

Aqui foi apresentado um resumo, Tabela 4.1, dos circuitos de proteção e dos testes, que foram executados para validar as proteções e exibir os resultados obtidos.

Tabela 4.1: Resumo das proteções e resultados

Resumo dos Testes e Resultados				
Circuitos de proteção	Tipos de teste	Condição de teste	Faixa de atuação das proteções	Resultados na placa Arduino
Alimentação pelo conector DC ou pino Vin	Sobretensão	Aplicar tensão de 12,5V ou mais	12,5V a 20V	Interrompe a alimentação do Arduino real
Alimentação pelo conector DC ou pino Vin	Inversão de Polaridade	Aplicar tensão invertendo os polos negativo e positivo	Até -20V	Transistor cortou a tensão de saída 0V
Alimentação pelo conector DC ou pino Vin	Sobrecorrente	Corrente acima do permitido na atividade do SD Card	Até a corrente estipulada no SD Card	Interrompe a alimentação do Arduino real
Alimentação pelo pino 5V	Sobretensão	Aplicar tensão de 5,6V ou mais	5,6V a 20V	Estabiliza a tensão em 4,96V
Alimentação pelo pino 3,3V	Sobretensão	Aplicar tensão de 3,6V ou mais	3,6V a 20V	Estabiliza a tensão em 3,33V
Entradas digitais ou analógicas	Sobretensão	Aplicar tensão de 5,1V ou mais	5,1V a 20V	Estabiliza a tensão em 5,19V
Entradas digitais ou analógicas	Inversão de Polaridade	Aplicar tensão invertendo os polos negativo e positivo	Até -20V	Estabilizou a tensão em -0,82V
Saídas digitais ou analógicas	Curto-circuito	De pino a terra: Ligar pino de saída ao GND	Limita em 23mA	Limitou a corrente em 21,6mA
Saídas digitais ou analógicas	Curto-circuito	De pino a pino: Ligar 2 pinos de saída entre si	Limita em 11mA	Limitou a corrente em 10,9mA

Fonte: O autor

4.2 Comparação entre os Kits de Robótica

Nesta seção, foram realizadas as comparações entre todos os kits educacionais envolvidos neste estudo, juntamente com o protótipo desenvolvido. Analisou-se as suas características, funcionalidades e o desempenho, visando identificar as suas diferenças e limitações em relação ao protótipo deste trabalho de pesquisa.

4.2.1 Contextualização

Comparou-se três kits didáticos, das empresas Lego, Vex Robotics e Makeblock, com uma plataforma de prototipagem eletrônica, Arduino e uma empresa de computadores, Raspberry Pi. O kit desenvolvido neste trabalho de pesquisa, se alinha com a plataforma Arduino. A intenção é mostrar as suas diferenças, pois todos são indicados para a educação STEAM.

4.2.2 Critérios de Comparação

- Preços dos kits com valores em dólares americanos;
- Proteção aos componentes eletrônicos;
- Facilidade de implementação e uso;
- Adaptabilidade a diferentes contextos de aprendizagem;
- Plataforma de desenvolvimento aberta.

4.2.3 Resultados da Comparação

Os valores dos kits comparados, com exceção do kit desenvolvido por este trabalho, não contemplam o cálculo do frete e os impostos, pois se tratam de valores em lojas *on-line*, internacionais.

Com exceção do kit desenvolvido por este trabalho, todos os outros não têm proteções de fábrica, contra danos em componentes eletrônicos.

Em relação à facilidade de implementação e uso, os kits B e D, tiveram avaliação Alta, enquanto os kits A, C, E, tiveram avaliação Média, e o kit F, Baixa.

Todos os kits, sem exceção, tiveram avaliação positiva em relação à adaptabilidade a diferentes contextos de aprendizagem.

Com exceção dos kits B e D, todos os outros kits possuem plataforma de desenvolvimento aberta, conforme a Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Comparação entre os Kits do projeto e os do mercado

Crítérios de comparação	Kit A	Kit B	Kit C	Kit D	Kit E	Kit F
Preço dos Kits Valores em US\$	178,75	958,22	23,46	749,00	339,99	122,33
Proteção aos Componentes Eletrônicos	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Facilidade de Implementação e Uso	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	ALTA	MÉDIA	BAIXA
Adaptabilidade a Diferentes Contextos de Aprendizagem	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Plataforma de Desenvolvimento Aberta	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM

Fonte: O autor

Legenda dos Kits:

- A - Kit Didático desenvolvido por este projeto de pesquisa**
- B - Lego Mindstorms – Robô Inventor**
- C - Arduino UNO R3**
- D - Vex Robotics - Vex V5 Classroom Starter Kit**
- E - Makeblock - mBot Ultimate**
- F - Raspberry Pi - Raspberry Pi 4**

4.2.4 Conclusão da Comparação

Considerando a questão das proteções nativas, aos componentes eletrônicos, ser de extrema necessidade para as aulas de robótica e ser o ponto central deste trabalho de pesquisa, o único kit didático a oferecer esta funcionalidade é o desenvolvido por este trabalho. Portanto, esta é a maior diferença entre todos os kits comparados.

Destaca-se, ainda, a notável extensão da vida útil do kit didático desenvolvido neste trabalho, alcançada através da implementação de circuitos de proteção destinados a preservar sua integridade, bem como a dos componentes eletrônicos utilizados nos experimentos de robótica. Adicionalmente, o kit foi projetado para facilitar a substituição de módulos, placas e componentes de maneira simplificada, utilizando conexões rápidas que dispensam a necessidade de soldagem.

4.3 Considerações Finais

Neste capítulo, foram abordados os testes para validar as implementações de proteção no protótipo, de kit didático para aulas de robótica, objeto deste estudo. Também foi feito um comparativo entre os kits disponíveis no mercado e o kit da nossa proposta de desenvolvimento.

Capítulo 5

Discussão dos Resultados

Neste capítulo foram discutidos os resultados, foi feito um breve resumo dos circuitos de proteção do kit didático, e dadas as respostas às lacunas de proteção, existentes em outros Kits de robótica.

5.1 Nossos resultados foram validados

Os testes utilizados são réplicas dos circuitos de proteção existentes no kit didático, foram criados com o intuito de validar as proteções de forma clara e objetiva, que anteriormente já haviam sido testadas em simuladores e *protoboard*, com resultados positivos.

Os resultados positivos, provaram ser possível construir um dispositivo capaz de proteger a própria placa Arduino e também todos os outros componentes eletrônicos, envolvidos na atividade de robótica.

5.2 Resumo das implementações de proteção

Foram incorporados mecanismos de proteção contra sobretensão, sobrecorrente, inversão de polaridade e curto-circuito. Além disso, a proteção suplementar fornecida pelo *software* orienta o aluno durante cada etapa do processo. Por fim, a inspeção realizada pelo professor responsável, que concede a senha para energizar o experimento, assegurando a proteção integral de todos os componentes envolvidos na atividade.

5.3 Respostas às lacunas de proteção

Com a inclusão deste conjunto exclusivo de circuitos de proteção no kit desenvolvido, a preocupação com a falta de segurança para os componentes eletrônicos, uma deficiência presente em todos os kits disponíveis no mercado, foi completamente superada. A eficácia e abrangência desses circuitos garantem uma proteção completa para os componentes, destacando-se como a principal característica distintiva do kit didático desenvolvido em comparação com outros disponíveis no mercado.

5.4 Considerações finais

Considerou-se neste capítulo os aspectos do projeto de pesquisa em consonância com as proteções de segurança implementadas no kit didático, criado para este estudo, foi feito um breve resumo e destacou-se a resposta sobre a questão da falta de segurança, para componentes eletrônicos, em todos os outros kits disponíveis no mercado.

Capítulo 6

Conclusões

Neste capítulo foram abordados os avanços, as limitações e as recomendações para estudos futuros.

As expectativas em relação aos objetivos deste trabalho de pesquisa foram completamente alcançadas, uma vez que foram implementadas proteções abrangentes e essenciais para os componentes eletrônicos das aulas de robótica, utilizando a plataforma Arduino. Foi concebido um kit didático inovador, singular e eficaz, viabilizando o aprendizado STEAM com inovação tecnológica e a um custo acessível.

Limitações existem, por mais que se desenvolva um dispositivo de proteção, nunca será perfeito, sempre há espaço para novas implementações e funcionalidades.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

- Aprimorar as existentes e implementar novas proteções e funcionalidades ao kit didático.
- Incentivar atividades mais complexas, com a utilização e integração de sensores compatíveis com o Arduino e desenvolver as habilidades de programação.
- Desenvolver interfaces intuitivas e acessíveis, a fim de facilitar o aprendizado de alunos com diferentes níveis de conhecimento e experiência em robótica.
- Adaptar o kit didático para ambientes específicos, como a indústria, utilizando conceitos de comunicação e Internet das Coisas (IoT).
- Explorar formas de utilização do kit em ambientes de educação a distância, com colaboração *on-line* entre alunos e professores.

-
- Criar uma metodologia completa de aulas de robótica, tendo como base, este kit didático e suas proteções nativas.

Referências Bibliográficas

DC-005-20A. **Datasheet Conector DC-005-20A**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2108131730_Korean-Hroparts-Elec-DC-005-20A_C136744.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

TS-1080W-A2B3-D1. **Datasheet Botão Reset TS-1080W-A2B3-D1**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2003182043_Yuandi-TS-1080W-A2B3-D1_C499301.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

2.54MM STRAIGHT 2X15P 15 PUSH. **Datasheet Conector IDC 2.54mm Straight 2x15P 15 Push**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1811151411_BOOMELE-Boom-Precision-Elec-C18417_C18417.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

2N7002. **Datasheet Mosfet Canal N 2N7002**. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_Jiangsu-Changjing-Electronics-Technology-Co---Ltd--2N7002_C8545.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

3296W-1-502. **Datasheet Resistor variavel 3296W-1-502**. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1811011704_BOCHEN-Chengdu-Guosheng-Tech-3296W-1-502_C118907.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

331030SG0ABLA02. **Datasheet Conector IDC 331030SG0ABLA02**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2007011533_JILN-331030SG0ABLA02_C601986.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

ANOTHERMAKER. **Top 10 ways to destroy an Arduino - I did all 10 at once**. [S.l.: s.n.], 25 dez. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tLv1wfRoXEs>>. Acesso em: 4 jul. 2023.

ARDUINO (Ed.). **About Arduino**. 2023. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/about>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ARDUINO. **A000066-datasheet.pdf**. Datasheet Arduino. 2023. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf?_gl=1*_jgacap*_ga*MjEzMtG5NDc0OS4xNjg4ODI5Nzk0*_ga_NEXN8H46L5*MTY4ODkyMjc3Ni43LjEuMTY4ODkyMzgwNy4wLjAuMA..>. Acesso em: 9 jul. 2023.

ARDUINO_IDE. **Software**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

ASSOCIATION, E. C. S. (Ed.). **Ten Principles of Citizen Science. Berlin**. 2015. Disponível em: <<http://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ATMEGA328P. **ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061A.pdf**. Datasheet Atmega328P. 2018. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061A.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

B2B-PH-K-S(LF)(SN). **Datasheet Conector B2B-PH-K-S(LF)(SN)**. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_JST-Sales-America-B2B-PH-K-S-LF-SN_C131337.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

B2B-XH-A(LF)(SN). **Datasheet Conector B2B-XH-A(LF)(SN)**. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_JST-Sales-America-B2B-XH-A-LF-SN_C158012.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

B3B-XH-A-LF-SN. **Datasheet Conector B3B-XH-A-LF-SN_C144394.pdf**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_JST-B3B-XH-A-LF-SN_C144394.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2023.

B4B-XH-A(LF)(SN). **Datasheet Conector B4B-XH-A(LF)(SN)**. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_JST-Sales-America-B4B-XH-A-LF-SN_C144395.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

B5B-XH-A-LF-SN. **2304140030_JST-Sales-America-B5B-XH-A-LF-SN_C157991.pdf**. Datasheet B5B-XH-A-LF-SN. 2016. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_JST-Sales-America-B5B-XH-A-LF-SN_C157991.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

B6B-PH-K-S-LF-SN. **Datasheet Conector B6B-PH-K-S-LF-SN_C131342.pdf**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1811151524_JST-B6B-PH-K-S-LF-SN_C131342.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2023.

B6B-XH-A-LF-SN. **Datasheet Conector B6B-XH-A-LF-SN_C144397.pdf**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_JST-B6B-XH-A-LF-SN_C144397.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros Passos com o Arduino–2ª Edição: A plataforma de prototipagem eletrônica open source**. [S.l.]: Novatec Editora, 2015.

BARBOSA, R.; BLIKSTEIN, P. et al. **Robótica Educacional: experiências inovadoras na educação brasileira**. [S.l.]: Penso Editora, 2020.

BRAGA, N. C. **Eletrônica Analógica**. [S.l.]: Editora Newton C. Braga, 2016.

BRAGA, N. C. **Eletrônica básica para mecatrônica**. [S.l.]: Saber São Paulo, 2005.

BZT52-B2V4S_R1_00001.

1912111437_PANJIT-International-BZT52-B2V4S-R1-00001_C268469.pdf. Datasheet Diodo BZT52-B2V4S_R1_00001. 2018. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1912111437_PANJIT-International-BZT52-B2V4S-R1-00001_C268469.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

CAPACITOR-50V-100NF. **2211101700_YAGEO-CC0603KRX7R9BB104_C14663.pdf**. Datasheet Capacitor-50V-100nF. 2016. Disponível em:

<https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2211101700_YAGEO-CC0603KRX7R9BB104_C14663.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

CONCEITO.DE (Ed.). **Equipe editorial de Conceito.de. (11 de maio de 2011). Atualizado em 22 de julho de 2020. Material didático - O que é, conceito e definição.** 2011. Disponível em: <<https://conceito.de/material-didactico>>. Acesso em: 2 jun. 2023.

CONDE, M. Á. et al. Fostering STEAM through challenge-based learning, robotics, and physical devices: A systematic mapping literature review. **Computer Applications in Engineering Education**, Wiley Online Library, v. 29, n. 1, p. 46–65, 2021.

EASYEDA. **EasyEDA - Online PCB design & circuit simulator.** [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://easyeda.com/>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

ESP8266. **Datasheet ESP8266.** [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

ESPRESSIF-SYSTEMS. **ESP8266 Wi-Fi MCU I Espressif Systems.** 2023. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

FDN304P. **FDN304P P-Channel 1.8V Specified PowerTrench® MOSFET.** Datasheet Mosfet FDN304P. 2001.

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa - 3.** [S.l.]: Artmed editora, 2008. P. 23.

FOUNDATION, R. P. (Ed.). **About us.** 2023. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

G5V-1-DC5. **Datasheet Relé G5V-1-DC5.** [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1811071811_Omron-Electronics-G5V-1-DC5_C152705.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

GROUP, T. L. (Ed.). **About us.** 2023. Disponível em: <<https://www.lego.com/pt-br/product/robot-inventor-51515>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

HCTL PM254-1-10-Z-8.5. **Datasheet Conectores Fêmea HCTL PM254-1-10-Z-8.5.** [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2306091006_HCTL-PM254-1-10-Z-8-5_C2897373.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

INTERNATIONAL, I. F. (Ed.). **VEX V5 Classroom Starter Kit.** 2023. Disponível em: <<https://www.vexrobotics.com/support>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

JLCPCB (Ed.). **Welcome to JLCPCB: Why JLCPCB?** 2023. Disponível em: <<https://jlcpcb.com/aboutUs>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

LABCENTER ELECTRONICS. **Circuit Simulation Software with SPICE.** [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://www.labcenter.com/simulation/>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

LCSC. **About LCSC - Electronics Component Distributor**. 2022. Disponível em: <<https://www.lcsc.com/about/company>>. Acesso em: 7 jul. 2023.

LM2903QDRQ1. **2001162132_Texas-Instruments-LM2903QDRQ1_C475499.pdf**. Datasheet Amplificador LM2903QDRQ1. 2018. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2001162132_Texas-Instruments-LM2903QDRQ1_C475499.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

MAKEBLOCK (Ed.). **Education Page: Steam Education**. 2023. Disponível em: <<https://www.makeblock.com/pages/steam-education>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. Metodologia do trabalho científico. **São Paulo: Atlas**, v. 6, 2001.

MARKUS, O. et al. **Circuitos Elétricos Corrente Contínua e Corrente Alternada**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2018.

MESQUITA, J. et al. Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things. In: 2018 IEEE 23RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION (ETFA). **2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)**. [S.l.: s.n.], set. 2018. v. 1, p. 784–791. ISSN: 1946-0759. DOI: 10.1109/ETFA.2018.8502562.

MOLEX-670688000. **Datasheet Conector USB MOLEX 670688000**. [S.l.: s.n.], 2007. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1811131825_MOLEX-670688000_C114097.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

MOSFET-WSE3099. **Datasheet Mosfet WSE3099**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/1809211424_Winsok-Semicon-WSE3099_C148359.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Multisim Live Online Circuit Simulator**. NI Multisim Live. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://www.multisim.com/>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

NCD0805G1. **Datasheet Diodo Emissor de Luz (LED) NCD0805G1**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2008201032_Foshan-NationStar-Optoelectronics-NCD0805G1_C84260.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

NSMD005. **2304140030_TECHFUSE-nSMD005_C70064.pdf**. Datasheet Fusível nSMD005. 2012. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_TECHFUSE-nSMD005_C70064.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

OLIVEIRA, A. A. A. d. **Orçamento completo de projeto de pesquisa**. [S.l.]: Zenodo, nov. 2023. DOI: 10.5281/zenodo.10214422. Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.10214422>>.

PATOLA. **Caixa de projeto PB-209**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.patola.com.br/index.php?route=product/product&product_id=122>. Acesso em: 23 nov. 2023.

PC817X2CSP9F. **Datasheet Acoplador LED Infevermelho interno PC817X2CSP9F**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em:

<https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_Sharp-Microelectronics-PC817X2CSP9F_C66405.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

PEROVANO, L. P.; MELO, D. C. F. de. **Práticas Inclusivas: saberes, estratégias e recursos didáticos**. [S.l.]: Encontrografia Editora, 2019.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. [S.l.]: Editora Feevale, 2013.

PROGRAMMING ELECTRONICS ACADEMY. **5 More Ways to Destroy an Arduino**. [S.l.: s.n.], 30 jun. 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=P_fb6njcaoU>. Acesso em: 4 jul. 2023.

PROGRAMMING ELECTRONICS ACADEMY. **5 Ways to Destroy an Arduino**. [S.l.: s.n.], 23 jun. 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=WmcMrKELkcs>>. Acesso em: 4 jul. 2023.

PZ254V-11-10P. **Datasheet Pinos Macho PZ254V-11-10P**. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2003191006_XFCN-PZ254V-11-10P_C492409.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

RESISTORES. **2206010130_UNI-ROYAL-Uniroyal-Elec-0603WAF2200T5E_C22962.pdf**. Datasheet Resistores. 2019. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2206010130_UNI-ROYAL-Uniroyal-Elec-0603WAF2200T5E_C22962.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

RUGGED CIRCUITS. **10 Ways to Destroy an Arduino**. Rugged Circuits. 2022. Disponível em: <<https://www.rugged-circuits.com/10-ways-to-destroy-an-arduino>>. Acesso em: 4 jul. 2023.

S8550. **Datasheet Transistor S8550**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_Jiangsu-Changjing-Electronics-Technology-Co---Ltd--S8550_C105432.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

SEVERANCE, C. Massimo Banzi: Building Arduino. **Computer**, v. 47, n. 1, p. 11-12, 2014. DOI: 10.1109/MC.2014.19.

TL431. **Datasheet Comparador de tensão TL431**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2112011530_JSMSEMI-TL431_C963380.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

ULN2003A. **2212301709_Mixic-ULN2003A_C181730.pdf**. Datasheet ULN2003A. 2021. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2212301709_Mixic-ULN2003A_C181730.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

VOHLAND, K. et al. **The science of citizen science**. [S.l.]: Springer Nature, 2021.

WEMOS.CC. **HOME — WEMOS documentation**. 2021. Disponível em: <<https://www.wemos.cc/en/latest/index.html>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

ZMM5V1-M. **2304140030_ST-Semtech-ZMM5V1-M_C8061.pdf**. Datasheet Diodo Zener ZMM5V1-M. 2005. Disponível em: <https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_ST-Semtech-ZMM5V1-M_C8061.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

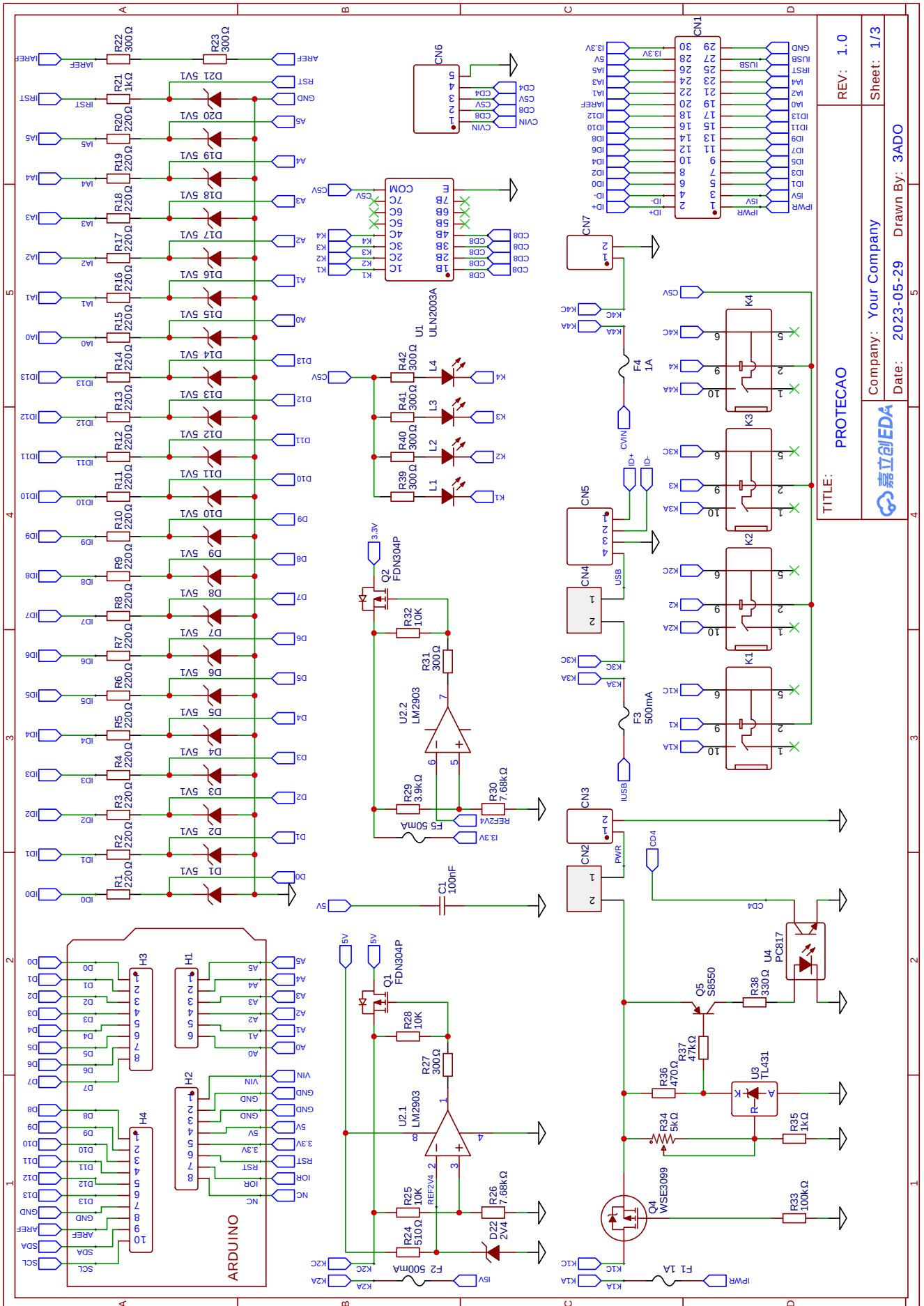
[//datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_ST-Semtech-ZMM5V1-M_C8061.pdf](https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2304140030_ST-Semtech-ZMM5V1-M_C8061.pdf)>.
Acesso em: 1 jul. 2023.

Anexo I

Desenho esquemático da placa Proteção

Desenho esquemático dos circuitos da placa Proteção, Figura 3.1, elaborado através do software EasyEDA, por Eric Nunes da Costa. Este desenho é necessário para a confecção da placa pela empresa JLCPCB e é a base de todo o sistema de proteção deste projeto de pesquisa.

Uma placa Arduino, versão comercial, Figura 2.2, é plugada sobre a placa Proteção e é esta placa Arduino, a responsável pelo controle real das montagens eletrônicas nas aulas de laboratório.



REV: 1.0
Sheet: 1/3
Company: Your Company
Date: 2023-05-29
Drawn By: 3ADO

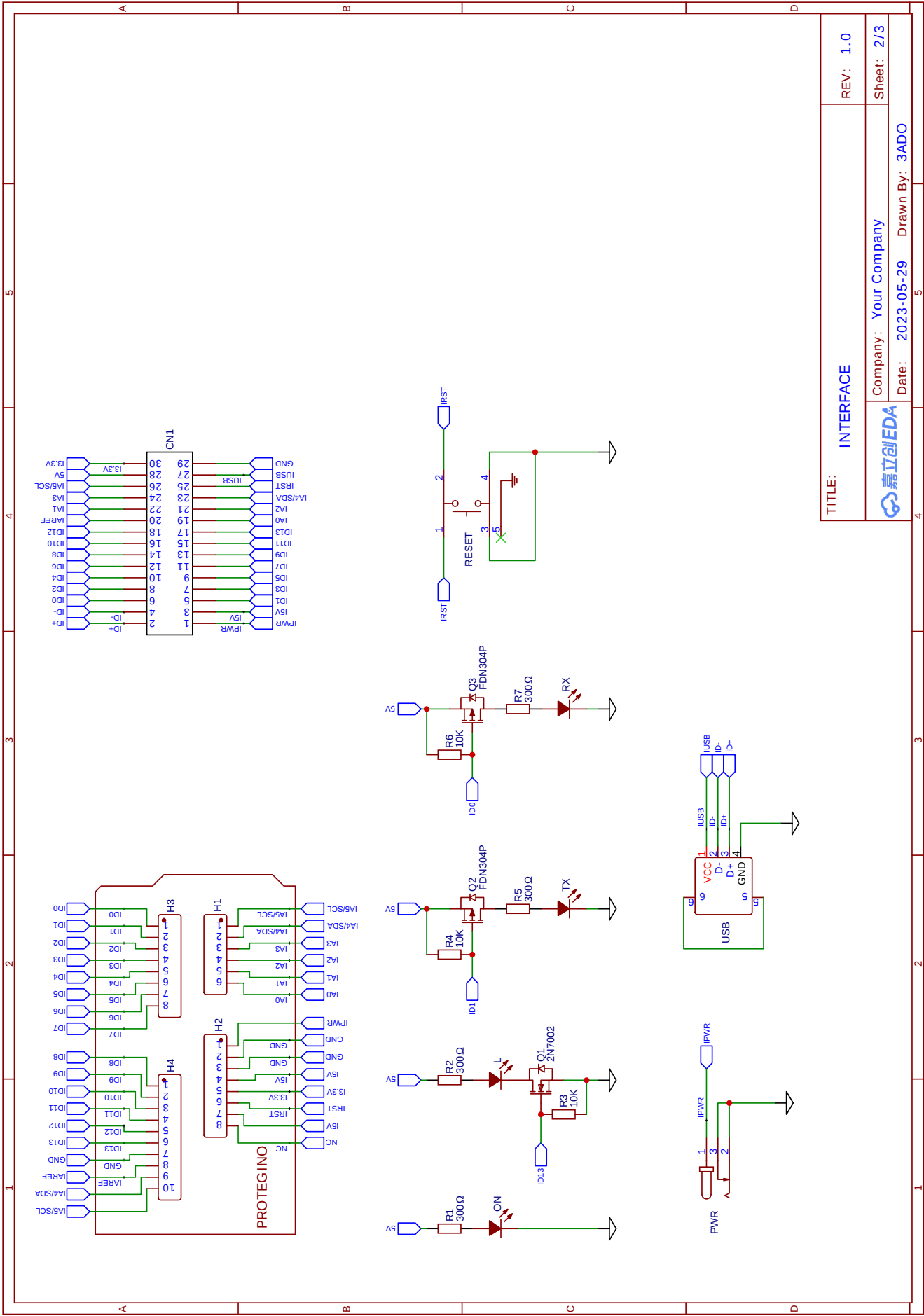
TITLE: PROTECAO

Anexo II

Desenho esquemático da placa Interface

Desenho esquemático dos circuitos da placa Interface, Figura 3.2, elaborado através do software EasyEDA, por Eric Nunes da Costa. Este desenho é necessário para a confecção da placa pela empresa JLCPCB. Essa placa é a responsável pela interação com o usuário, pois ela é idêntica a uma placa Arduino, é através dela que o aluno irá fazer as montagens das aulas de laboratório.

Esta placa está conectada, por meio de um cabo *flat* de 30 vias à placa Proteção, que por sua vez está conectada a uma placa Arduino real, portanto, entre a placa Interface e a placa Arduino real, está a placa Proteção, fazendo a interceptação dos circuitos e implementando as proteções necessárias.



TITLE: INTERFACE

REV: 1.0

Company: Your Company

Sheet: 2/3

Date: 2023-05-29

Drawn By: 3ADO

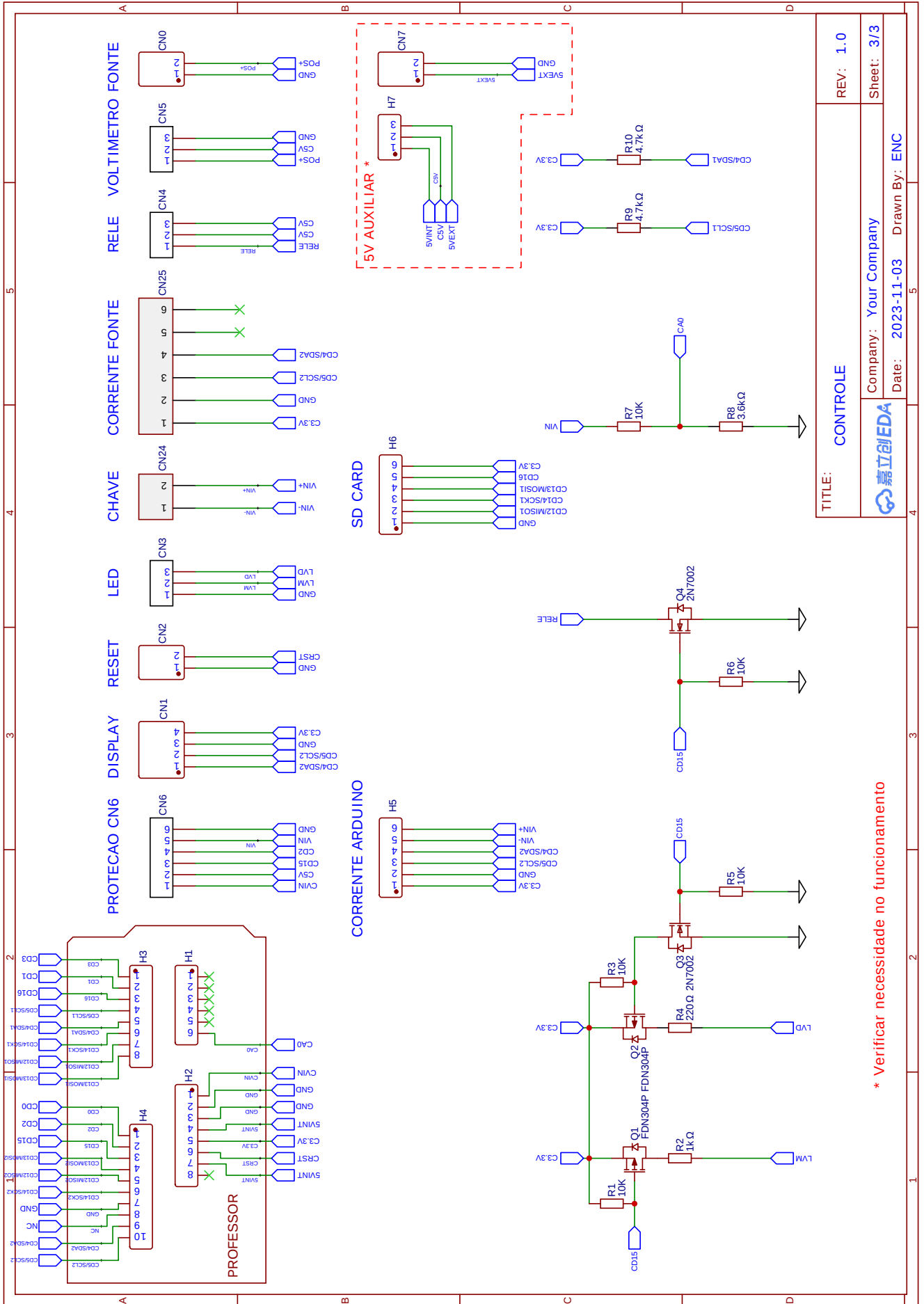


Anexo III

Desenho esquemático da placa Controle

Desenho esquemático da placa Controle, Figura 3.4, responsável pela comunicação entre a placa Professor, Figura 2.7 e a placa Proteção, Figura 3.1 e também com outros dispositivos contidos no kit didático, através de seus circuitos de conexão. Esta placa é plugada sobre a placa Professor, através de seus contatos, pinos macho.

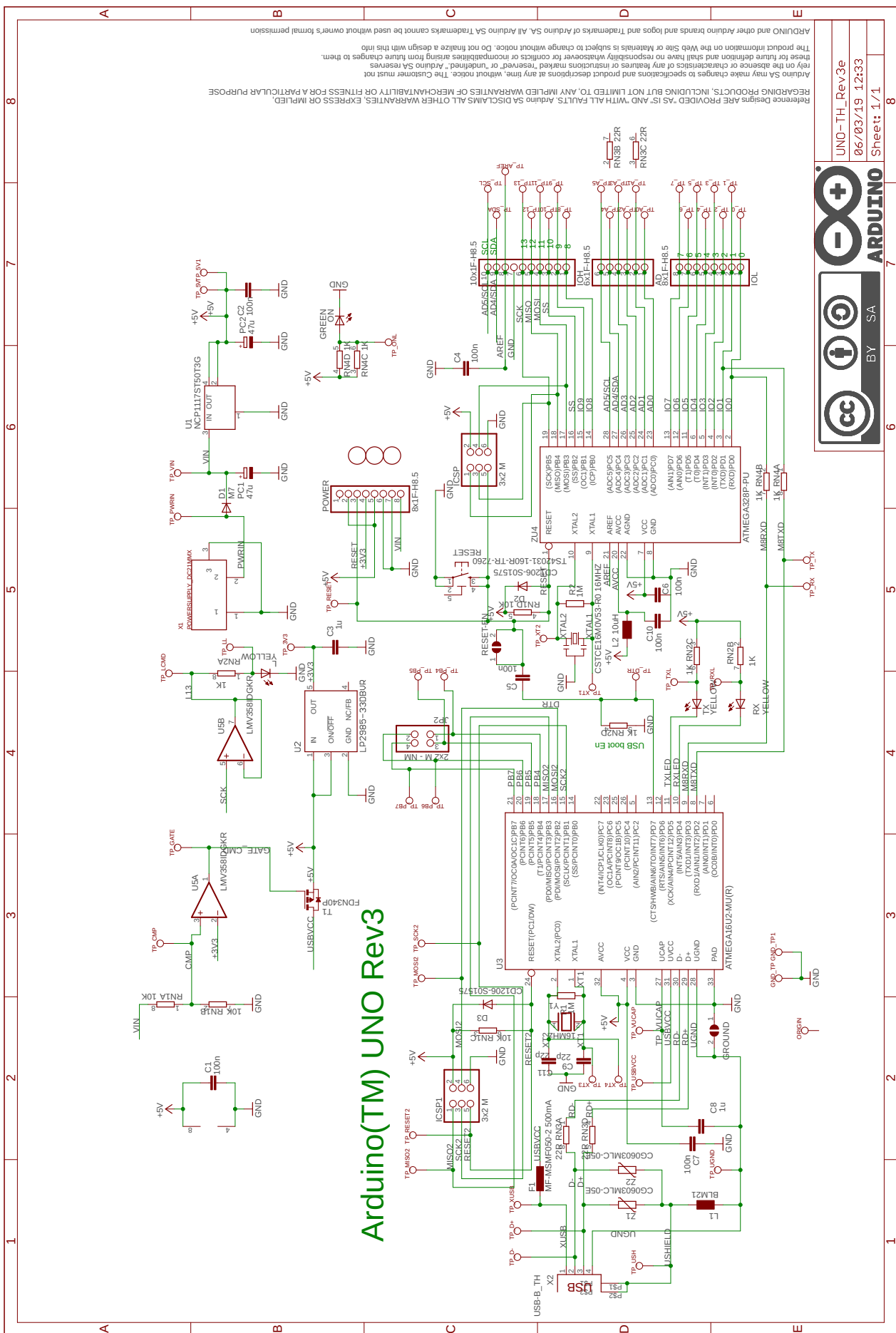
Este esquema se faz necessário por disponibilizar uma visão completa e ampla de todos os circuitos que compõem a placa Controle.



Anexo IV

Desenho esquemático - Arduino Uno Rev3

Desenho esquemático da placa Arduino Uno Rev3 ou revisão de número 3, Figura 2.2. Este esquema se faz necessário devido às constantes consultas aos dados técnicos da placa Arduino e seus componentes, para a confecção e desenvolvimento dos circuitos de proteção baseados nas limitações e especificações do Arduino.

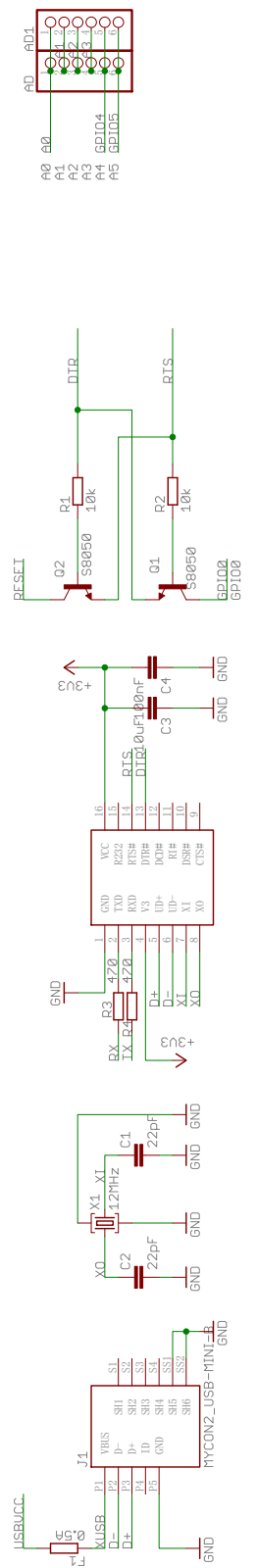
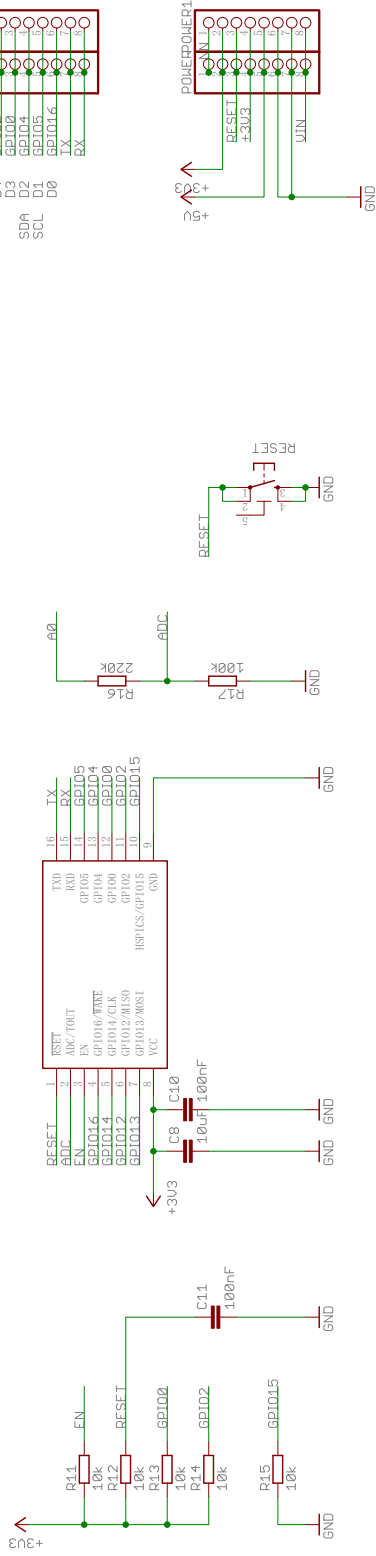
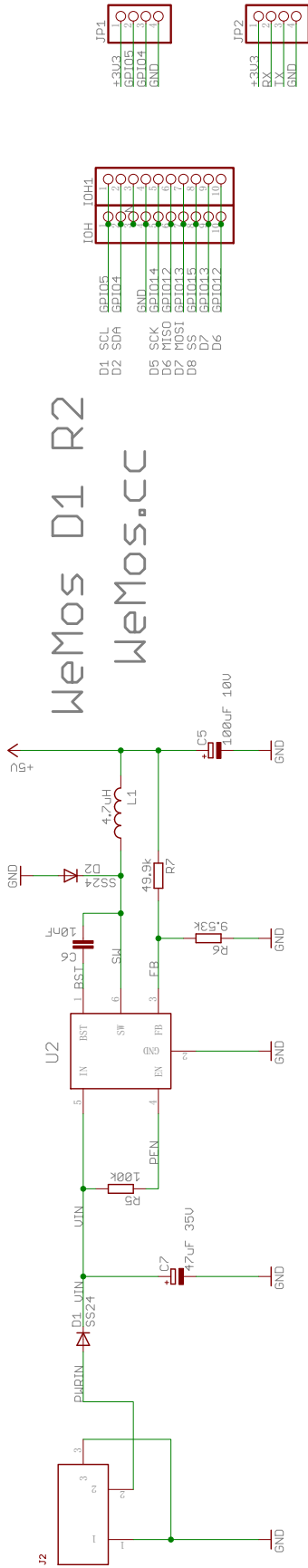
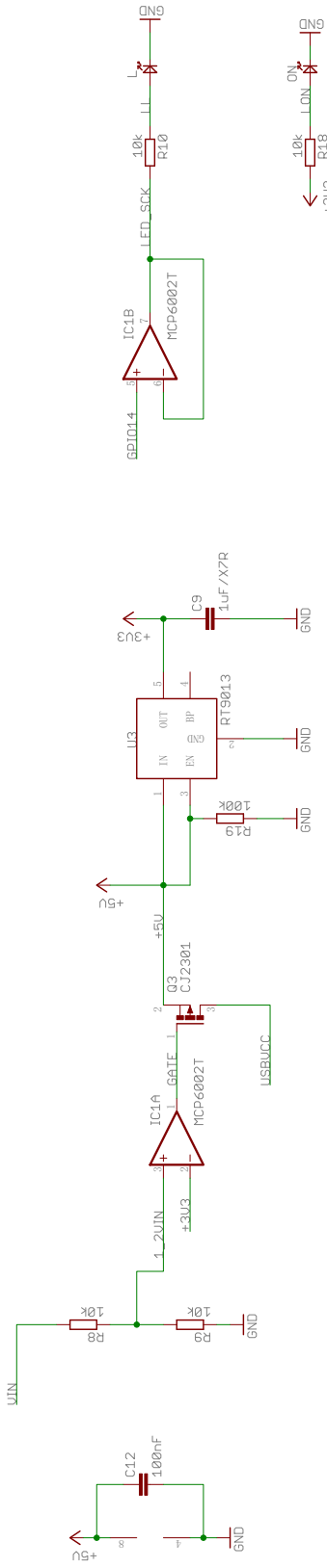


Anexo V

Desenho esquemático - Arduino

Professor - WeMos D1 R2

Desenho esquemático da placa Arduino Professor - WeMos D1 R2, Figura 2.7 - Esta é uma placa compatível com a plataforma Arduino e seu processador é o famoso ESP8266, com vasta literatura, experimentos e comunidades ativas na Internet. Este esquema se faz necessário devido às constantes consultas aos dados técnicos da placa WeMos D1 R2 e seus componentes, para a confecção e desenvolvimento dos circuitos da placa Controle.



Anexo VI

Código do Sistema de Proteção do Kit Didático

```
1 #include <ESP8266WiFi.h>
2 #include <WiFiClient.h>
3 #include <ESP8266WebServer.h>
4 #include <SPI.h>
5 #include <SD.h>
6 #include <Wire.h>
7 #include <Adafruit_GFX.h>
8 #include <Adafruit_SSD1306.h>
9 #include <Adafruit_INA219.h>
10 #include <Fonts/FreeMono9pt7b.h>
11
12 #define VERTICAL 64
13 #define HORIZONTAL 128
14
15 const char* rede = "PROTEGINO";
16 const char* senha = "00000000";
17 const int rele = 15;
18 const int sensor = 2;
19 static bool sdcard = false;
20 static bool liberado = false;
21 int pwd;
22 int estado;
23 int corrente = 0;
24 unsigned long currentTime = 0;
```

```
25 unsigned long previousTime = 0;
26 float current_mA_A = 0;
27 File arquivo;
28 File arquivo2;
29
30 Adafruit_SSD1306 display(HORIZONTAL, VERTICAL, &Wire, -1);
31 Adafruit_INA219 ina219_A;
32
33 ESP8266WebServer server(80);
34
35 bool leiturasdcard(String path) {
36   String extensao = "text/plain";
37   if (path.endsWith("/")) path += "01.html";
38   if (path.endsWith(".html")) extensao = "text/html";
39   else if (path.endsWith(".js")) extensao = "application/javascript";
40   else if (path.endsWith(".jpg")) extensao = "image/jpeg";
41   else if (path.endsWith(".ico")) extensao = "image/x-icon";
42
43   File conteudo = SD.open(path.c_str());
44   if (conteudo.isDirectory()) {
45     path += "/01.html";
46     extensao = "text/html";
47     conteudo = SD.open(path.c_str());
48   }
49
50   if (!conteudo) return false;
51
52   if (path == "/") passo("PASSO 1");
53   else if (path == "/01.html") passo("PASSO 1");
54   else if (path == "/02.html") passo("PASSO 2");
55   else if (path == "/senha.html") passo("ENTRE SENHA");
56   else if (liberado && path == "liberado.html") passo("LIBERADO");
57
58   if (server.streamFile(conteudo, extensao) != conteudo.size()) {
59     //Serial.println("Envio insuficiente!");
60   }
61
62   conteudo.close();
63   return true;
```

```
64 }
65
66 void liga() {
67   if (liberado) {
68     digitalWrite(rele, HIGH);
69     server.send(200, "text/plain", "Ligado");
70   }
71 }
72
73 void desliga() {
74   if (liberado) {
75     digitalWrite(rele, LOW);
76     server.send(200, "text/plain", "Desligado");
77   }
78 }
79
80 void passo(String passo) {
81   display.clearDisplay();
82   display.setCursor(0, 9);
83   display.println("AULA 2");
84   display.println(passo);
85   display.println(rede);
86   display.println("192.168.4.1");
87   display.display();
88 }
89
90 void verifica() {
91   String val;
92   for (uint8_t i = 0; i < server.args(); i++) {
93     val += server.arg(i);
94   }
95
96   if (val == String(pwd)) {
97     liberado = true;
98     leiturasdcard("liberado.html");
99     digitalWrite(rele, HIGH);
100   }
101   else {
102     leiturasdcard("senha.html");
```

```
103 }
104 return;
105 }
106
107 void request() {
108   if (sdcard && leiturasdcard(server.uri())) return;
109   if (sdcard && leiturasdcard("404.html")) return;
110 }
111
112 void iniciawifi() {
113   delay(1000);
114   WiFi.softAP(rede, senha);
115   IPAddress IP = WiFi.softAPIP();
116   server.on("/on", HTTP_GET, liga);
117   server.on("/off", HTTP_GET, desliga);
118   server.on("/pwd", HTTP_GET, verifica);
119   server.onNotFound(request);
120   server.begin();
121   display.clearDisplay();
122   display.setCursor(0, 9);
123   display.println("WIFI:");
124   display.println(rede);
125   display.println("IP:");
126   display.println(IP);
127   display.display();
128 }
129
130 void iniciasdcard() {
131   if (SD.begin(16)) {
132     display.clearDisplay();
133     display.setCursor(0, 9);
134     display.println("INICIANDO");
135     display.println("SD CARD");
136     display.println("");
137     display.println("AGUARDE...");
138     display.display();
139     sdcard = true;
140     delay(4000);
141     iniciawifi();
```

```
142
143 if (SD.exists("pwd.txt")) {
144     arquivo = SD.open("pwd.txt", FILE_READ);
145     if (arquivo) {
146         while (arquivo.available()) {
147             pwd = arquivo.parseInt();
148         }
149         arquivo.close();
150     }
151     else {
152         pwd = 9999;
153     }
154 }
155 else {
156     pwd = 9999;
157 }
158
159 if (SD.exists("corrente.txt")) {
160     arquivo2 = SD.open("corrente.txt", FILE_READ);
161     if (arquivo2) {
162         while (arquivo2.available()) {
163             corrente = arquivo2.parseInt();
164         }
165         arquivo2.close();
166     }
167     else {
168         corrente = 200;
169     }
170 }
171 else {
172     corrente = 200;
173 }
174 }
175 else {
176     display.clearDisplay();
177     display.setCursor(0, 10);
178     display.println("INSIRA O");
179     display.println("SD CARD!");
180     display.println("PRESSIONE");
```

```
181 display.println("RESET");
182 display.display();
183 }
184 }
185
186 void setup(void) {
187   Serial.begin(115200);
188
189   if (!ina219_A.begin()) {
190     Serial.println("Falha Sensor de Corrente");
191     while (1) {
192       delay(10);
193     }
194   }
195
196   if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
197     for (;;)
198       ;
199   }
200
201   display.setFont(&FreeMono9pt7b);
202   display.setTextColor(WHITE);
203   display.clearDisplay();
204   display.display();
205
206   pinMode(sensor, INPUT);
207   pinMode(rele, OUTPUT);
208   // digitalWrite(rele, LOW);
209   iniciasdcard();
210 }
211
212 void loop(void) {
213   if (sdcard) server.handleClient();
214
215   if (liberado) {
216     estado = digitalRead(sensor);
217     //current_mA_A = ina219_A.getCurrent_mA();
218     //Serial.print("Current_A:          "); Serial.print(current_mA_A); Serial.println
      (" mA");
```

```
219 //Serial.print("Corrente SD Card:      "); Serial.print(corrente); Serial.println("
    mA");
220
221 if (current_mA_A > corrente) {
222   digitalWrite(rele, LOW);
223   liberado = false;
224   passo("SOBRECARGA!");
225 }
226
227 if (estado == LOW) {
228   digitalWrite(rele, LOW);
229   liberado = false;
230   passo("SOBRETENSAO!");
231 }
232
233 currentTime = millis();
234 if((currentTime - previousTime) > 1000) {
235   previousTime = currentTime;
236   current_mA_A = ina219_A.getCurrent_mA();
237   display.clearDisplay();
238   display.setCursor(0, 9);
239   display.println("AULA 2");
240   display.print("I="); display.print(current_mA_A); display.println(" mA");
241   display.println(rede);
242   display.println("192.168.4.1");
243   display.display();
244 }
245 }
246 //delay(1000);
247 }
```
