

Eletrônica Básica

Aplicação a Sistemas Controlados com Arduino

ELETRO
NICA BÁSICA

Euzivam Sousa Silva Junior

CONCEITOS PARA APLICAÇÃO
COM ARDUINO

EUZIVAM S. SILVA JUNIOR

DESENVOLVIDO PARA
PRÍNCIPIA - PROJETO ROBÓS NA ESCOLA



ICMC-USP

Copyright © 2019 John Smith

PUBLISHED BY PUBLISHER

BOOK-WEBSITE.COM

Licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License (the “License”). You may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>. Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “AS IS” BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

First printing, March 2019

Contents

I

Part One

1	Circuitos Elétricos e Eletrônica Básica	9
1.1	Multiplos e Submúltiplos	9
1.2	Grandezas Elétricas Fundamentais	9
1.2.1	Tensão Elétrica	9
1.2.2	Corrente Elétrica	10
1.2.3	Resistência Elétrica	10
1.2.4	Potência Elétrica	10
1.3	Simbologia	10
1.4	Lei de Ohm	10
	Figure 6.1	11
1.5	Tipos de Circuitos Elétricos	11
1.5.1	Circuito Série	11
	Figure 6.1	12
1.5.2	Circuito Paralelo	12
	Figure 6.1	12
1.5.3	Círculo Misto	12
	Figure 6.1	13
1.6	Leis de Kirchhoff	13
1.6.1	Lei de Kirchoff das Correntes - LKC	13
	Figure 6.1	13
1.6.2	Lei de Kirchoff das Tensões - LKT	13
1.7	Análise de Circuitos - Divisores	13

Figure 6.1	14
1.7.1 Divisor de Tensão	14
Figure 6.1	14
1.7.2 Divisor de Corrente	14
Figure 6.1	14
1.8 Exercícios	15
1.9 Instrumentos para Medidas Elétricas	15
1.9.1 Multímetro Digital	15
Figure 6.1	15
Figure 6.1	16
Figure 6.1	16
Figure 6.1	17
1.10 Ensaio	17
1.11 Diodos	17
Figure 6.1	18
1.11.1 Polarização Direta	18
1.11.2 Polarização Reversa	18
1.11.3 Tipos Especiais de Diodos	18
1.12 Transistores	18
1.12.1 Transistor BJT	19
Figure 6.1	19
Figure 6.1	20
1.13 FET's e MOSFET's	20
Figure 6.1	20
Figure 6.1	21

II

Part Two

2 Atuadores e Sensores	25
2.1 Sinais Elétricos	25
2.1.1 Sinais Digitais	25
2.1.2 Sinais Analógicos	25
Figure 6.1	26
Figure 6.1	26
Figure 6.1	26
2.2 PWM - Pulse Width Modulation	26
Figure 6.1	27
2.3 Atuadores	27
2.3.1 Motores	27
Figure 6.1	28
Figure 6.1	28
Figure 6.1	29
Figure 6.1	29
Figure 6.1	29

Figure 6.1	30
2.4 Sensores	30
2.4.1 Sensor de Presença	30
2.4.2 Sonar	30
2.4.3 Sensor de Temperatura	30
2.4.4 Sensor Capacitivo	30
2.4.5 Sensor Indutivo	30

III

Part Three

3 Arduino	33
3.1 O que é o arduíno?	33
3.2 Breve Histórico	33
3.3 Conhecendo o Hardware	34
3.4 Conhecendo a arduino IDE	35
3.4.1 Void's IDE	35
3.5 Programando o Arduino	35
3.6 Exemplos de códigos	36
3.6.1 Exemplo I - Loop de acendimento led	36
3.6.2 Exemplo II - Loop de acionamento de motor DC	36
3.6.3 Exemplo III - Loop de acendimento sequencial com 4 leds	37
3.6.4 Exemplo IV - Acionamento Motor de passos	38

IV

Part Four

4 Eagle	43
4.1 Instalando o Software	43
4.2 Utilizando o Software	45

V

Part Five

5 In-text Elements	57
5.1 Lists	57
5.1.1 Numbered List	57
5.1.2 Bullet Points	57
5.1.3 Descriptions and Definitions	57
5.2 Theorems	57
5.2.1 Several equations	57
5.2.2 Single Line	58
5.3 Definitions	58
5.4 Notations	58
5.5 Remarks	58
5.6 Corollaries	58

5.7	Propositions	58
5.7.1	Several equations	59
5.7.2	Single Line	59
5.8	Examples	59
5.8.1	Equation and Text	59
5.8.2	Paragraph of Text	59
5.9	Exercises	59
5.10	Problems	59
5.11	Vocabulary	59

VI

Part Six

6	Presenting Information	63
6.1	Table	63
6.2	Figure	63
	Bibliography	65
	Articles	65
	Books	65
	Index	67



Part One

1	Circuitos Elétricos e Eletrônica Básica . . 9
1.1	Multiplos e Submúltiplos
1.2	Grandezas Elétricas Fundamentais
1.3	Simbologia
1.4	Lei de Ohm
1.5	Tipos de Circuitos Elétricos
1.6	Leis de Kirchhoff
1.7	Análise de Circuitos - Divisores
1.8	Exercícios
1.9	Instrumentos para Medidas Elétricas
1.10	Ensaios
1.11	Diodos
1.12	Transistores
1.13	FET's e MOSFET's

1. Circuitos Elétricos e Eletrônica Básica

1.1 Multiplos e Submúltiplos

O uso de múltiplos e submúltiplos é uma prática adotada a fim de tornar mais prático a leitura e escrita de grandezas. Como exemplo uma corrente de 0,000006A, poderia ser escrita como $6\mu A$, facilitando sua leitura e visualização.

NOME	MÚLTIPLOS				BASE	SUBMÚLTIPLOS			
	Tera	Giga	Mega	Kilo		mili	micro	nano	pico
VALOR	10^{12}	10^9	10^6	10^3	-	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
SÍMBOLO	T	G	M	K	-	m	μ	n	p

Exemplos de conversão:(colocar exemplos aqui(imagem))

1.2 Grandezas Elétricas Fundamentais

As grandezas elétricas são grandezas físicas que estão sempre presentes nos circuitos elétricos e que não podem ser dissociadas.

Neste estudo abordaremos as 4 grandezas fundamentais que são:

- Corrente elétrica
- Tensão elétrica
- Resistência elétrica
- Potência elétrica

1.2.1 Tensão Elétrica

Tensão elétrica é a diferença de potencial elétrico (ddp) entre dois pontos responsável por direcionar o movimento ordenado de cargas(corrente elétrica).

É representada pela letra "V" e sua unidade de medida é o volt (V), assim designada em homenagem a Alessandro Volta, que desenvolveu a pilha voltaica, precursora da bateria elétrica.

Notation 1.1. As pilhas e baterias elétricas que são muito utilizados na robótica, são fontes geradoras de tensão constituídas por dois metais imersos em um preparado químico. Esse preparado

reage com os metais, transferindo elétrons de um metal para o outro. Consequentemente um terá potencial positivo e o outro negativo, resultando assim numa ddp (diferença de potencial).



Figure 1.1: Pilhas e Baterias Elétricas

1.2.2 Corrente Elétrica

Corrente elétrica é o fluxo ordenado de cargas por uma unidade de tempo que atravessa um condutor provocado por uma tensão elétrica.

É representada pela letra "I" e sua unidade de medida é o ampère (A), assim designada em homenagem ao físico francês André-Marie Ampère.

1.2.3 Resistência Elétrica

Resistência elétrica é capacidade de oposição de um material ao fluxo de corrente elétrica.

É representada pela letra "R" e sua unidade de medida é o ohm (Ω), assim designada em homenagem ao físico Georg Simon Ohm que formulou a lei de ohm.

1.2.4 Potência Elétrica

Potência elétrica é quantidade de energia utilizada para se realizar um trabalho em um período de tempo.

É representada pela letra "P" e sua unidade de medida é o watt (W), assim designada em homenagem ao matemático e engenheiro James Watts que aprimorou a máquina à vapor.

1.3 Símbologia

1.4 Lei de Ohm

A lei Ohm é responsável por estabelecer a relação entre as grandezas elétricas: Tensão (V), Corrente (I), e Resistência Elétrica. Para entendermos melhor, partiremos da análise dos seguintes experimentos: No primeiro experimento utilizando um resistor de 1Ω disposto no circuito abaixo, foi medido sobre o resistor os seguintes valores: $V_{AB}=5V$ e $I=5A$.

Após isso trocou-se o resistor por um de valor 2Ω e obteve-se os seguintes valores: $V_{AB}=5V$ e $I=2,5A$. Assim observou-se que o valor da corrente variava inversamente proporcional ao valor da resistência, resta saber agora o que acontece com relação a tensão.

No terceiro experimento manteve-se a resistência do primeiro de 1Ω , e trocou-se a fonte de tensão para uma de $9V$, e assim obteve-se: $V_{AB}=9V$ e $I=9V$. Com isso podemos notar que a corrente aumenta proporcionalmente ao valor da tensão, ou seja é diretamente proporcional. Juntando as observações feitas nos experimentos 2 e 3 podemos concluir que a Corrente num resistor é

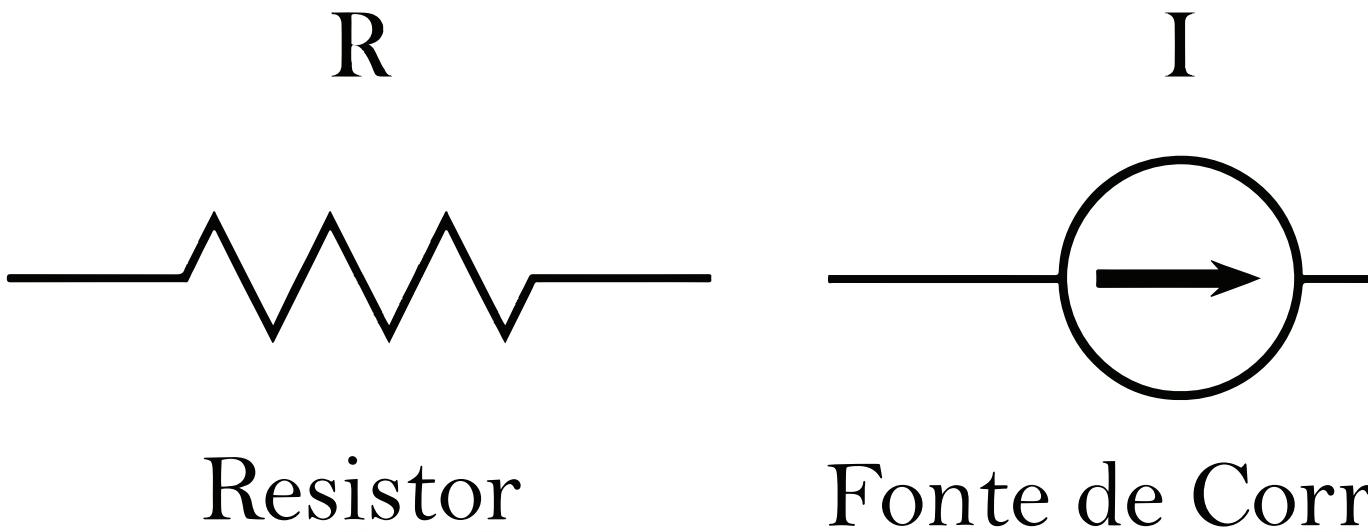


Figure 1.2: Símbologia

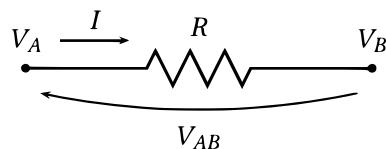


Figure 1.3: Circuito Lei de Ohm

proporcional a tensão aplicada a ele, mas inversamente proporcional ao valor da resistência.

Escrevendo como funções: $I = \frac{V_{AB}}{R}$, lebrando que Tensão elétrica é uma ddp, temos que: $I = \frac{V_A - V_B}{R}$. Também podemos tirar algumas relações importantes da primeira forma, como $V_{AB} = RxI$ e $R = \frac{V}{I}$.

1.5 Tipos de Circuitos Elétricos

Quando temos dois ou mais resistores ligados em conjunto temos uma associação. Essa associação de resistores pode ser representada como uma única resistência, chamada resistência equivalente. Esse é equivalência tem grande importância em circuitos elétricos, pois por meio das associações podemos obter um valor de resistência equivalente, diferente do que é encontrado em mercado. Além disso também é uma ferramenta muito útil na análise de circuitos, uma vez que é possível simplificar um circuito elétrico utilizando de tal artifício. Há três tipos de associações e cada um tem seu próprio comportamento em um circuito, são eles:

- Associação Série
- Associação Paralelo
- Associação Mista

1.5.1 Circuito Série

Na associação os resistores são conectados de forma sequência entre si e a sua resistência equivalente é igual a soma dos resistores, isso se deve ao fato de que nessa configuração temos apenas um

caminho para a corrente e como vimos anteriormente a resistência elétrica é a oposição à esta corrente, assim para uma mesma corrente, cada resistência contribui para uma oposição total.

Ou seja:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_n$$

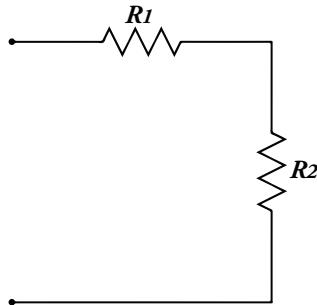


Figure 1.4: Circuito Série

1.5.2 Circuito Paralelo

Nesse tipo de associação temos os resistores com suas extremidades conectadas entre si, e assim a corrente passa a possuir mais de um caminho no circuito, utilizaremos como exemplo o circuito abaixo. Como a corrente em cada resistor é uma fração da corrente total do circuito, a associação equivalente terá então uma corrente maior do que a de qualquer um dos resistores, portanto utilizando os conceitos da lei de ohm para que a corrente tenha uma valor maior a resistência deve ser menor com isso podemos concluir que: " O equivalente paralelo é menor do que qualquer uma das resistências".

Finalmente podemos calculá-la da seguinte forma:

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

E para casos com apenas dois resistores, temos:

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

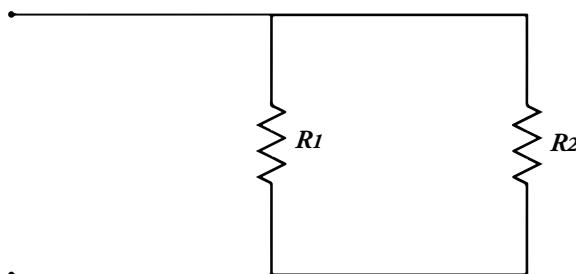


Figure 1.5: Circuito Paralelo

1.5.3 Circuito Misto

Este tipo de circuito nada mais é do que a junção dos dois vistos anteriormente, para simplificação deste num único circuito fazemos a redução por partes, como demonstrado abaixo:

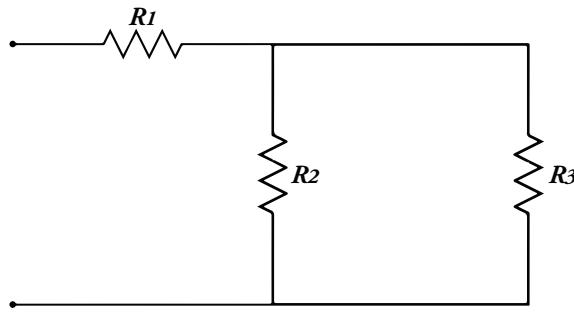


Figure 1.6: Circuito Misto

1.6 Leis de Kirchhoff

Juntamente com a lei de Ohm, as leis de Kirchhoff são a base para qualquer análise envolvendo circuitos elétricos. As duas leis formuladas por Kirchhoff, são:

1.6.1 Lei de Kirchoff das Correntes - LKC

Analizando o comportamento da corrente em circuitos elétricos, Kirchhoff observou que a corrente presente antes de um "nó" era igual a soma das correntes encontrada após ele, e assim baseado nessa ideia de análise tem-se a Lei de Kirchhoff das Correntes afirmando que: "A soma das correntes que entram em um nó é igual à soma das correntes que saem".

Na Figura 1.7: $I = I_{R1} + I_{R2}$

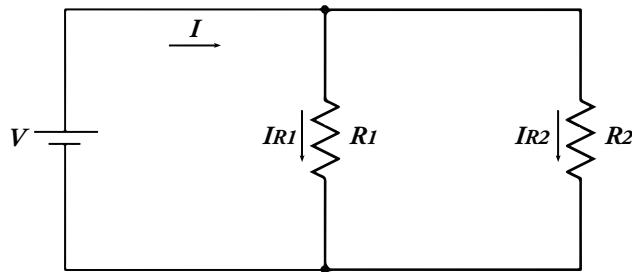


Figure 1.7: Lei de Kirchhoff das Correntes

Notation 1.2. Agora é só chegar na crush e dizer: A soma das correntes que entram em um nó é igual a soma das que saem. Vai por mim é tiro e queda isso aí.

1.6.2 Lei de Kirchoff das Tensões - LKT

Semelhantemente a corrente, Kirchhoff notou que a tensão apresentava um comportamento semelhante ao longo de um circuito fechado, e assim temos a segunda formulação: "A soma algébrica das tensões ao longo de qualquer percurso fechado é igual a zero."

No caso da Figura 1.8: $V - V_{R1} - V_{R2} = 0$.

1.7 Análise de Circuitos - Divisores

Com base nas Leis de Kirchhoff obtemos duas grandes ferramentas para análises de circuitos, conhecidos como divisor de tensão e divisor de corrente.

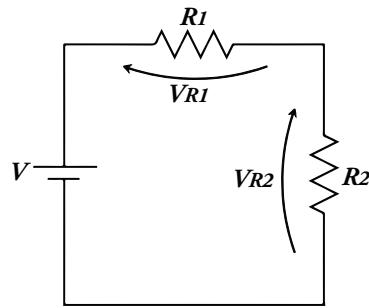


Figure 1.8: Lei de Kirchhoff das Tensões

1.7.1 Divisor de Tensão

O divisor de tensão é aplicado quando temos um caminho fechado num circuito ou seja, onde a corrente é mesma em qualquer ponto.

Empregando as leis de kirchhoff no circuito abaixo podemos obter:

$$VR_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2}V$$

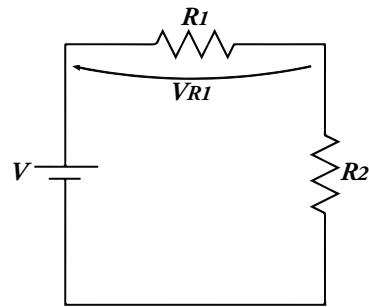


Figure 1.9: Divisor de Tensão

1.7.2 Divisor de Corrente

Semelhante ao anterior temos a aplicação para correntes em circuitos paralelos, dado por:

$$I_{R1} = \frac{R_2}{R_2+R_1}I$$

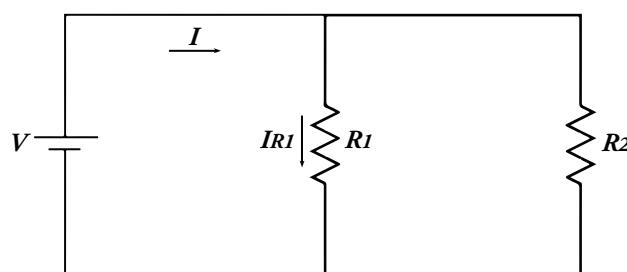


Figure 1.10: Divisor de Corrente

Notation 1.3. Atente-se que, havendo um paralelo, consequentemente haverá um nó.

1.8 Exercícios

Exercise 1.1 Como vimos anteriormente podemos facilmente calcular a corrente sobre um resistor utilizando a lei de ohm, baseado nisso tendo dois coelhos de cores diferentes correndo em sentidos opostos, calcule os números da mega sena.

Colocar Exercícios aqui.....

[Aqui vai alguns exercícios com circuitos]

Colocar Exercícios aqui.....

1.9 Instrumentos para Medidas Elétricas

Ha vários tipos de instrumentação que podem ser encontrados para medidas elétricas, dentre eles: ohmímetros, amperímetros, voltímetros e outros, há também instrumentos que reúnem em sim a junção de vários outros como é o caso do multímetro digital que será o objeto de estudo dessa seção.

1.9.1 Multímetro Digital

O multímetro é um equipamento único de grande utilidade na eletrônica, pois possibilita uma quantidade considerável de medidas de forma rápida e fácil para uma grande variedade de aplicações.

Suas medidas incluem:

- Corrente elétrica
- Tensão elétrica
- Resistência elétrica
- Polarização de Diodo e curto-circuito
- e outros

Além dessas, existem alguns modelos que permitem ainda mais, como medidas de capacitância, temperatura, e outros.

Para apresentação de como realizar algumas medidas utilizaremos o multímetro digital ET-1002 - Minipa.

Notation 1.4. Acho que um patrocínio da Minipa é merecido pela divulgação.



Figure 1.11: Multímetro Minipa ET-1002

Apesar de escolhido um multímetro em específico, As características de outras marcas e modelos, geralmente não diferem muito entre si, contudo uma boa prática a ser adotada é a de se utilizar o manual antes dos primeiros usos.

Medindo Resistência Elétrica

Para obtermos medidas referentes a resistência elétrica, primeiramente devemos nos certificar de que o nosso circuito esteja desconectado da alimentação de energia. Para tais medidas devemos selecionar no painel através do botão central mecânico a faixa de utilização com o símbolo Ω e conectar as pontas de prova conforme figura abaixo, note que há vários valores de medidas caso você tenha noção do valor a ser medido, faça a seleção de uma faixa próxima, caso contrário inicie o processo a partir da maior faixa de medidas e então ir ajustando até conseguir uma boa leitura de valores.



Figure 1.12: Escala para medidas de Resistência Ω

Medindo Tensão Elétrica

Todo o nosso curso é baseado em sistemas com alimentação contínua, ou seja possui tensão e consequentemente corrente com valor constante a qualquer instante. Dito isso observe que o multímetro possui duas escalas para tensão, uma alternada (V) e a com qual trabalharemos: contínua (V...).



Figure 1.13: Escala para medidas de Tensão Contínua

Para este tipo de medidas devemos utilizar os conectores de forma a estar em paralelo com os pontos a serem medidos, atentando para a mesma prática de seleção de escala utilizada na medida

anterior.

Medindo Corrente Elétrica

Este tipo de medida a ser realizada requer algumas observações e maiores cuidados, pois o uso inadequado pode causar sérios danos ao aparelho e até mesmo a integridade física do utilizador.

Primeiramente devemos lembrar que a corrente é igual em todos os pontos de um circuito fechado, logo para efetuarmos medidas devemos utilizar o equipamento em série com o circuito em questão.

Notation 1.5. *Caso o equipamento seja conectado em paralelo ao circuito no modo de corrente, haverá danos ao mesmo, pois tendo o multímetro resistência próxima de zero neste modo, segundo a lei de Ohm a magnitude dessa corrente tenderá ao infinito $I = \lim_{R \rightarrow 0} \left(\frac{V}{R} \right) = \infty$.*

A próxima observação a ser feita é relacionada a conexão da ponta de prova ao multímetro, tendo em vista que há duas conexões diferentes para corrente, a qual está relacionada com a magnitude a ser medida. Nos nossos testes utilizaremos a conexão de 200mA, pois é o suficiente para os ensaios propostos.



Figure 1.14: Escala para medidas de Corrente Contínua

Notation 1.6. *Se em alguma aplicação for necessário a medida de correntes maior que 200mA, leia as instruções especificadas no multímetro, pois há uma série de observações a serem seguidas.*

Notation 1.7. *E você tinha achado que estudar os tipos de circuitos elétricos não serviria para nada, né? Pois bem, agora você sabe o porquê devemos medir corrente em série com o circuito. :D*

1.10 Ensaios

Colocar Ensaios a serem realizados aqui

[Aqui será proposto alguns ensaios maneiros, com uns multímetros, componente eletrônicos e talz. Vai ser massa]

Colocar Ensaios a serem realizados aqui

1.11 Diodos

O diodo é um dispositivo eletrônico formado a partir da junção de dois materiais diferentes, sendo um do tipo "p" e um do tipo "n".

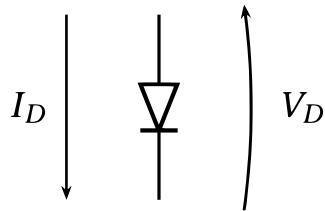


Figure 1.15: Símbolo Diodo

Notation 1.8. As características específicas deste componente não serão abordadas nesta apostila pois envolve alguns conceitos químicos que são de grande importância para o entendimento. Apesar disso, constará na bibliografia, referências para quem desejar mais conhecimento sobre o assunto.

Sob aspectos práticos, este componente eletrônico funciona como uma espécie de válvula de sentido único, ou seja, haverá fluxo de corrente em um único sentido de conexão. Baseado nesse funcionamento o diodo irá, não só atuar possibilitando a passagem de corrente (polarização direta), mas também restringido-a (polarização reversa). Além disso, devemos levar em consideração que a junção P-N, produz uma ddp de cerca de 0,7V, o que influencia diretamente na polarização direta.

1.11.1 Polarização Direta

Na polarização direta o potencial do terminal "p" deve ser maior que o "n" e a ddp entre os dois terminais do diodo deve ser maior que 0,7V, devido a ddp gerada pela junção dos materiais.

Notation 1.9. A primeira impressão que podemos ter é de que o diodo não tem muita utilidade, já que trabalhamos somente em corrente contínua e geralmente haverá uma tensão maior no terminal p, porém serão abordados mais a frente um pouco mais de sua aplicabilidade, além de novas ideias na corrente alternada

1.11.2 Polarização Reversa

Na polarização reversa a tensão aplicada no terminal "p" é menor que a aplicada em "n", consequentemente não haverá passagem de corrente.

As aplicações desse tipo de configuração é muito utilizada quando trabalhos com correntes alternadas, que muda um pouca a ideia de somente possuirmos valores positivos.

Notation 1.10. Adiantando algumas informações, o diodo é de extrema importância na proteção dos nossos circuitos quando fazemos o controle de motores, tal uso será abordado respectivamente na seção de motores.

1.11.3 Tipos Especiais de Diodos

Talvez falar sobre isso...

1.12 Transistores

Aqui a receita é, misture dois diodos e teremos um transistor... Mais ou menos.

Notation 1.11. Toda as informações apresentadas terá em consideração o uso do transistor como chave, por isso não abordará as varias regiões de operação, assim para fins de estudos aprofundados é sugerido leitura dos materiais utilizados como referências bibliográficas apresentados ao fim desta apostila.

1.12.1 Transistor BJT

O transistor BJT (Bipolar Junction Transistor), ou transistor bipolar de junção é um dispositivo formado a partir da junção de dois materiais (um tipo p e um tipo n) de forma alternada, possuindo duas configurações, NPN e PNP. Este dispositivo atua como chaves de acionamento eletrônico,

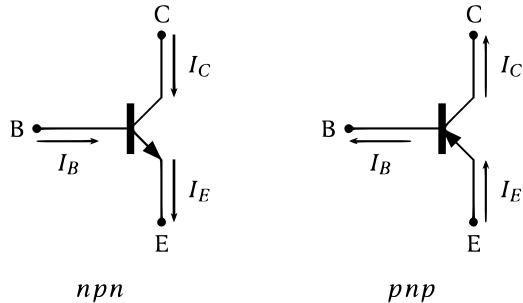


Figure 1.16: Respectivamente: Transistor NPN E PNP

além aplicações como amplificadores, circuitos lógicos, estabilizadores, circuitos de proteção, entre outros.

O transistor possui 3 terminais, sendo eles, base, coletor e emissor, cada um com sua funcionalidade e seu funcionamento consiste em: havendo uma corrente no terminal de base, haverá o fluxo de corrente entre os terminais coletor e emissor.

Notation 1.12. *Este dispositivo tem grande importância na eletrônica e computação uma vez que possibilitou o uso de chaveamentos elétricos em dispositivos pequenos e com baixo consumo. Sua importância é tal, que é considerado por alguns como a "roda" que possibilitou a era digital.*

A seguir veremos as particularidades de cada um dos tipos, bem como seu funcionamento.

PNP

O transistor de junção PNP, tem seu funcionamento baseado na aplicação de tensão no terminal de "base" que seja menor que a encontrada no terminal coletor, possibilitando assim, o fluxo de corrente entre os terminais coletor-emissor, além de corrente entre coletor-base.

NPN

O transistor de junção NPN, funciona com aplicação de uma tensão no terminal base que seja maior que terminal emissor, consequentemente haverá corrente entre terminais coletor-emissor e também entre base-emissor.

Transistor Darlington

Apesar de não apresentarmos um funcionamento detalhado do transistor, tenha em consideração que a corrente do coletor é igual a β vezes corrente de base: $IC = \beta IB$, sendo β um valor característico de cada transistor. Sabendo agora que a corrente do coletor (que é que alimentará nossa carga) tem relação direta com a corrente de base, precisaremos ter um olhar mais cauteloso com alimentação de cargas que consumem grandes correntes, visto que a corrente de base no nosso caso, está ligada diretamente no nosso arduino.

Uma solução para o problema de grandes correntes de base está no uso do transistor do "Tipo Darlington" que nada mais é que uma espécie de dois transistores em série em um só componente.

O benefício que este transistor nos trás, é de que a corrente do coletor é igual a beta ao quadrado vezes corrente de base: $IC = \beta^2 IB$, consequentemente para uma mesma corrente IC, teremos uma corrente de base muito menor se comparado a um transistor normal.

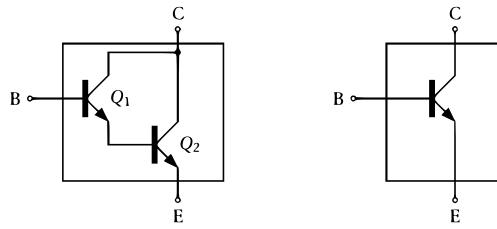


Figure 1.17: Respectivamente: Configuração Darlington e Transistor Equivalente

1.13 FET's e MOSFET's

O FET é um transistor com algumas particularidades em sua estrutura e que influenciam em seu funcionamento. Já o MOSFET é um tipo particular de FET, estudaremos um pouco sobre eles a seguir:

FET

O transistor de efeito de campo (FET), possui muitas semelhanças ao transistor bipolar quanto a uso e aplicação, porém seu controle é baseado no campo elétrico formado a partir da aplicação de tensão no terminal de controle. Vale ressaltar que devido a sua estrutura diferente, seus terminais assumem nominações diferentes que refletem seu funcionamento intrínseco.

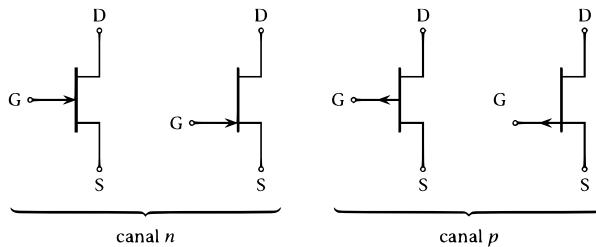


Figure 1.18: Field-Effect Transistor - FET

MOSFET

Este transistor é o tipo FET mais comum encontrado e possui algumas características diferentes, pois o mesmo é feito a partir de óxido metálico, elemento que é responsável pelo acrônimo MOSFET (transistor de efeito de campo de semicondutor de óxido metálico). Seu grande diferencial é a alta resistência encontrada na entrada, isso faz com que a corrente neste terminal seja quase zero e consequentemente seu controle é feito a partir de tensão, isso faz com que seu trabalho com altas correntes seja mais eficiente do que transistores BJT's e FET's no geral, uma vez que não é necessário correntes significativas em sua entrada.

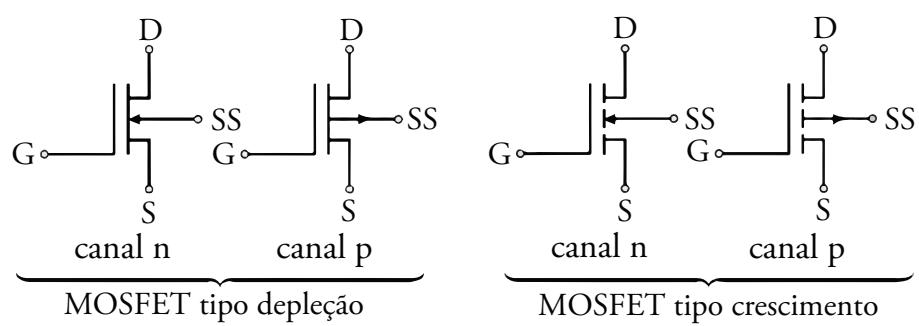
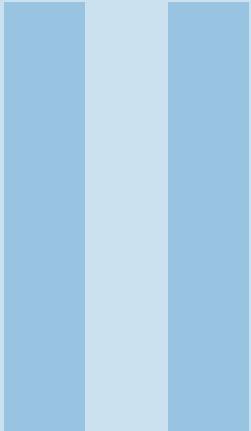


Figure 1.19: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor - MOSFET



Part Two

2	Atuadores e Sensores	25
2.1	Sinais Elétricos	
2.2	PWM - Pulse Width Modulation	
2.3	Atuadores	
2.4	Sensores	

2. Atuadores e Sensores

Neste capítulo abordaremos um pouco sobre atuadores e sensores, que são dispositivos que permitem a interação entre o mundo físico e digital. Enquanto os sensores são responsáveis por transformar grandezas físicas em variáveis digitais, os atuadores têm a função inversa, são eles que fazem a conversão de variáveis digitais para grandezas físicas. Antes de falarmos de fato sobre sensores e atuadores, é necessário abordarmos alguns conceitos que garantirão nosso entendimento e capacitação para controle de tais dispositivos. Por isso falaremos um pouco sobre sinais digitais e analógicos e também sobre a ideia de funcionamento do PWM.

2.1 Sinais Elétricos

No mundo da eletrônica há duas formas de sinais que utilizamos para obtenção de dados e controle de sensores e atuadores. Entender seu funcionamento é de suma importância pois a partir dele poderemos trabalhar da melhor forma com tais dispositivos baseado em seu tipo de sinal, se analógico ou digital.

2.1.1 Sinais Digitais

Sinais Digitais são sinais descontínuos em função da variação no tempo que representam um valor instantâneo numa situação. Sua representação gráfica é dada na forma de histograma. Tomando como exemplo um sinal que possui valores com variação de 0 a 3, o sinal digital irá assumir valores do tipo inteiros (0,1,2 e 3), caso haja um valor entre dois inteiros o sinal digital assumirá o valor discreto mais próximo, exemplo num sinal de valor obtido 2.3 o valor digital seria 2 por ser o valor discreto que mais se aproxima do real. Uma aplicação bem comum para este tipo de sinal se dá na comunicação serial binária que utiliza-se de dois estados: um estado para o bit 0 e um segundo para o bit 1.

2.1.2 Sinais Analógicos

Já os Sinais Analógicos são contínuos no tempo, podendo ou não, assumir característica linear, sua representação gráfica é feita em forma de reta ou curva. Como sua variação é feita de valores

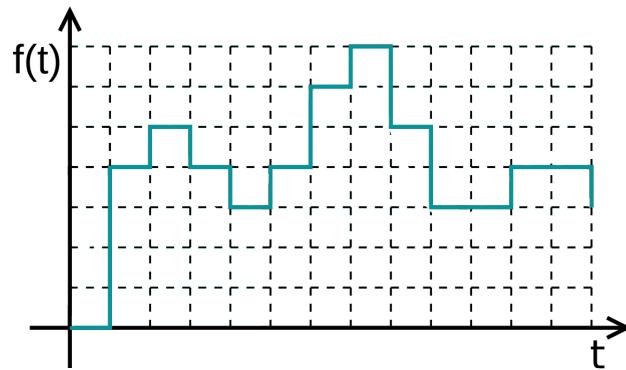


Figure 2.1: Sinal Digital

contínuos, este tipo de sinal pode assumir todos os valores intermediários (0.1 , 2.3 , 5.55).

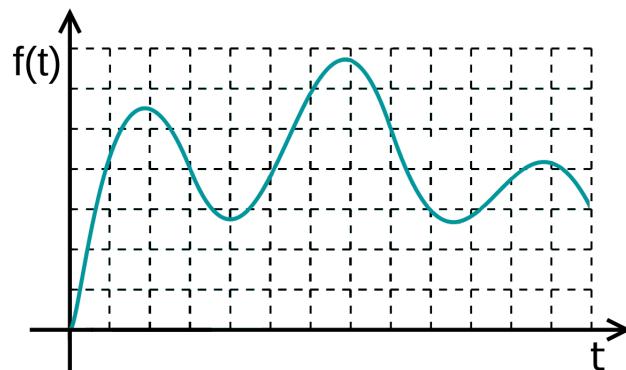


Figure 2.2: Sinal Analógico

E para efeitos de comparação:

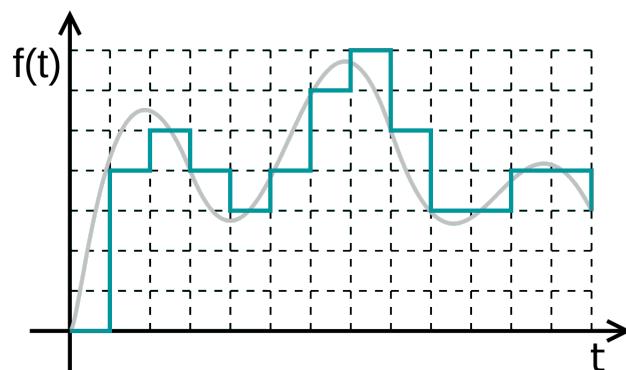


Figure 2.3: Comparação entre sinal Digital e Analógico

2.2 PWM - Pulse Width Modulation

A técnica de PWM (Modulação por largura de pulso), tem diversas aplicações na eletrônica, como no controle de servomotores, luminosidade e velocidade de motores (Farpas: Na maioria das vezes

essa é a maneira correta de controlar a velocidade de um motor). Seu funcionamento é baseado na relação de largura de pulso do sinal com a potência média dissipada num dado período. Para entendermos um pouco melhor, analisaremos o gráfico abaixo.

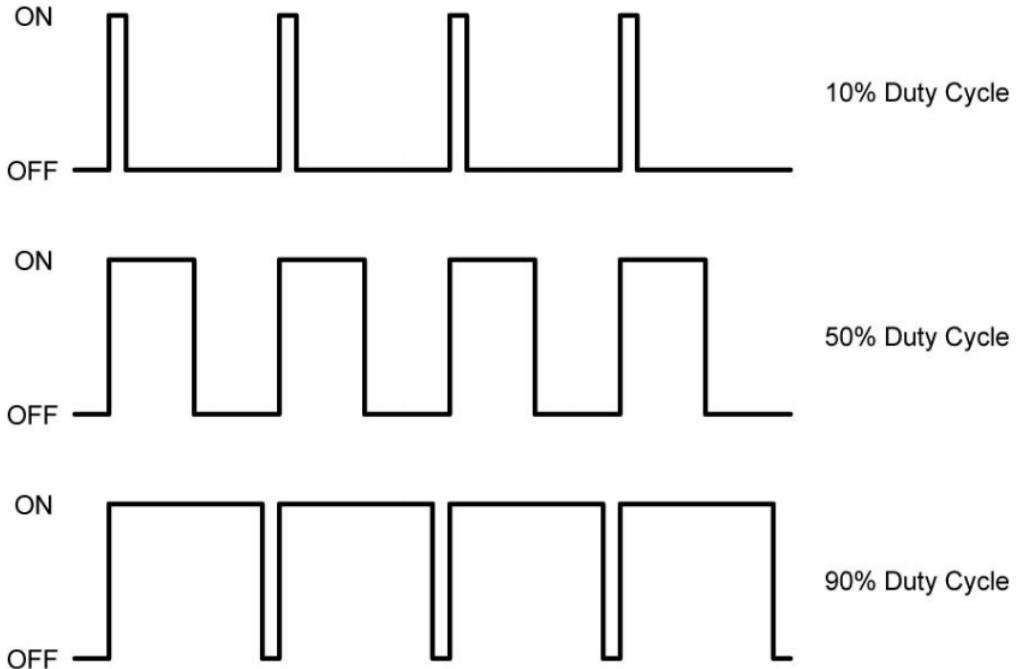


Figure 2.4: Duty Cycle - PWM

Repare que para um mesmo período de tempo, a variação da largura do pulso é diretamente proporcional a valor potência dissipada que nesse caso tem sua relação chamada de Duty-Cycle (valor em percentagem da potência média em relação a potência total disponível). Para calcularmos tais parâmetros a fim de ajustar o PWM para uma devida finalidade temos:

$$\text{DutyCycle} = 100 \frac{\text{LarguraDoPulso}}{\text{Período}}$$

Onde: Duty-Cycle: Valor em (%) que representa a relação de potência. Largura do pulso: Tempo em que o sinal está em estado alto. Período: Tempo de um período de onda.

Notation 2.1. *Calma galera, sei que num primeiro momento não é tão simples de entender, mas a boa notícia é que o arduino tem funções prontinhas para uso, então não se preocupa (tanto) :P*

2.3 Atuadores

Assim como os sensores, existe também uma enorme variedade de atuadores sendo o mais comum, o motor, este será o objeto dos nossos estudos nessa seção.

2.3.1 Motores

Sendo o tipo de atuador mais utilizado, o motor possui inúmeras aplicações, possuindo vários tipos e modelos que o caracterizam para cada uso específico, a seguir abordaremos um pouco dos motores de uso mais comum na aplicação de micro-controlados.

Motor DC

Os motores DC (Direct Current) ou CC (Corrente Contínua) são motores mais comumente encontrados, devido a seu simples funcionamento e controle. Este tipo de motor utiliza da interação de atração e repulsão, geradas por imãs permanentes e eletroimãs. Facilmente encontrados no mercado este tipo de mecanismo possui várias dimensões e tensões de trabalho, além de diversas aplicações.

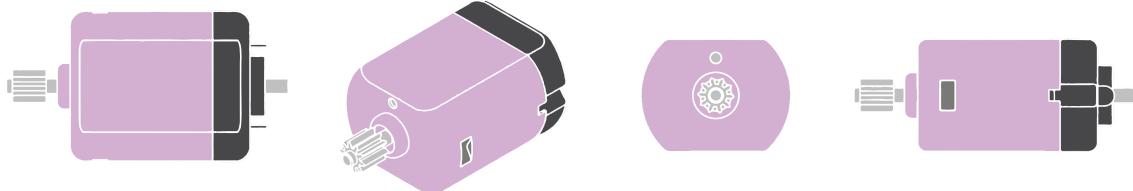


Figure 2.5: @Motor de Corrente Contínua

Motor de Passo

Os motores de passo são dispositivos eletro-mecânicos que convertem pulsos elétricos em variações angulares discretas de forma incremental (passo). De acordo com a forma com que os impulsos elétricos são recebidos pelos terminais pode-se controlar alguns parâmetros como: velocidade de rotação, tipo de passo, e sentido de rotação.

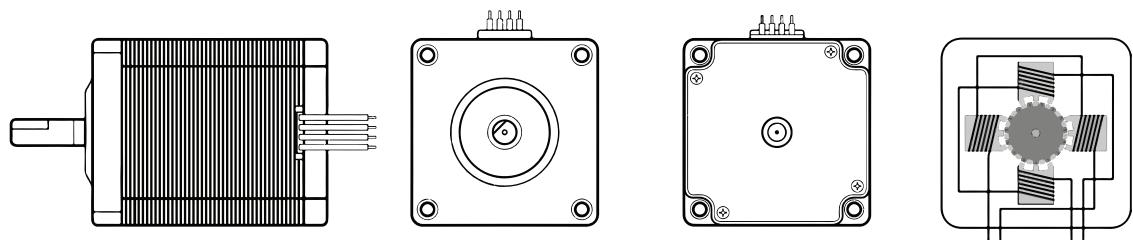


Figure 2.6: Motor de Passo

Os motores de passos são dispositivos indicados para aplicações com movimentos precisos e discretos além de controle de posicionamento.

Seu funcionamento básico consiste em energizar uma solenóide de forma que o rotor se alinhe com o eixo da solenóide. Assim como o motor de passos possui mais de uma bobina, o alinhamento sucessivo e ordenado do rotor à essas bobinas resulta no movimento de giro contínuo.

Há três formas para controle de passos deste tipo de motor que são: passo inteiro, entre-passo inteiro e meio-passo. Os passo inteiro (a) são feitos utilizando da energização de somente uma bobina durante um mesmo período de forma sequência, ou energizando sempre um par de bobinas durante um mesmo período de forma que o ângulo de passo é definido pelo ângulo com a qual as bobinas estão dispostas.

O entre-passo inteiro, possui características semelhantes ao modo anterior, porém o rotor deste se alinha somente entre bobinas.

Já o meio-passo (c) consiste em alinhar o rotor não somente às bobinas mas também entre elas, a lógica para que isso seja feito será apresentada abaixo.

Servo Motor

Os servomotores são dispositivos mecânicos que possuem um circuito integrado com encoder e controlador, ou seja são motores comum mas que possuem acoplados a ele um dispositivo para que seja feito o seu controle. O encoder (codificador ou sensor de velocidade) é responsável por

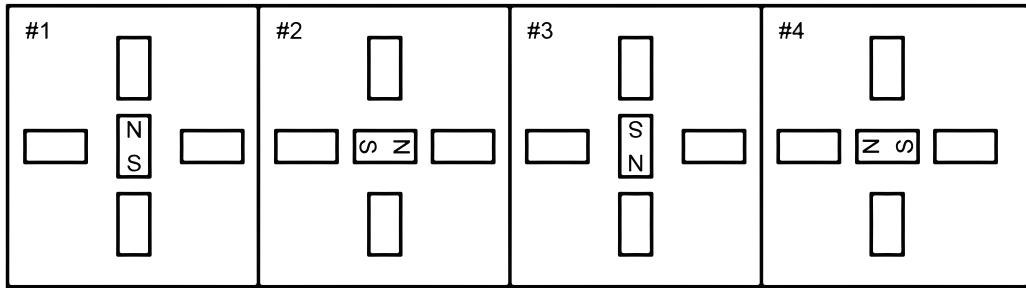


Figure 2.7: (a) Diagrama de Passo Inteiro

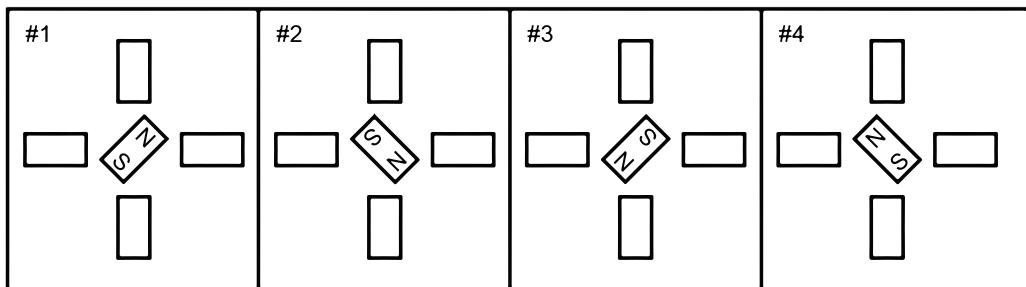


Figure 2.8: (b) Diagrama de Entre-Passo Inteiro

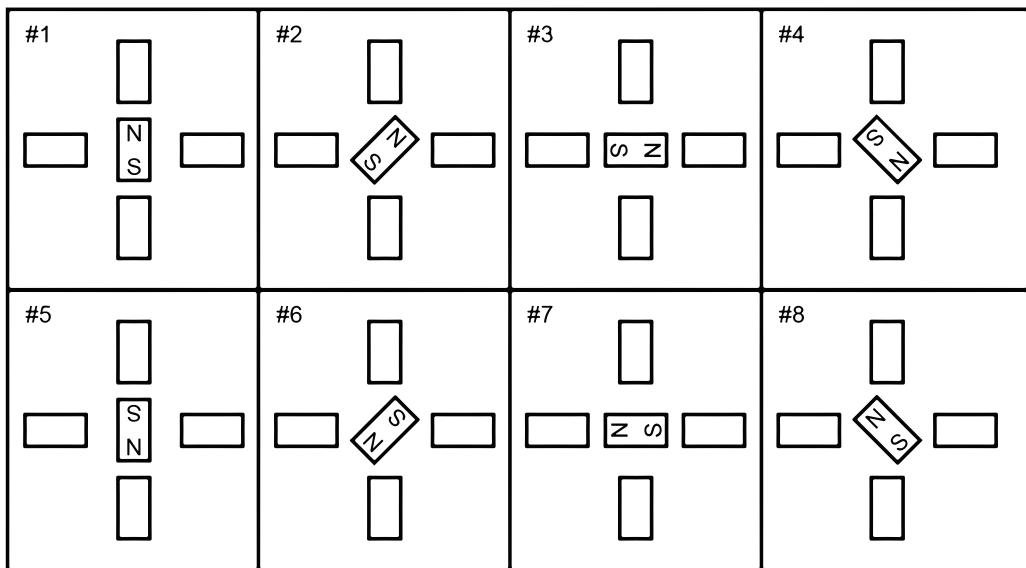


Figure 2.9: (c) Diagrama de Meio Passo

fornecer o feedback de velocidade e posição do motor. Seu controle é feito baseado em sinais elétricos de PWM.

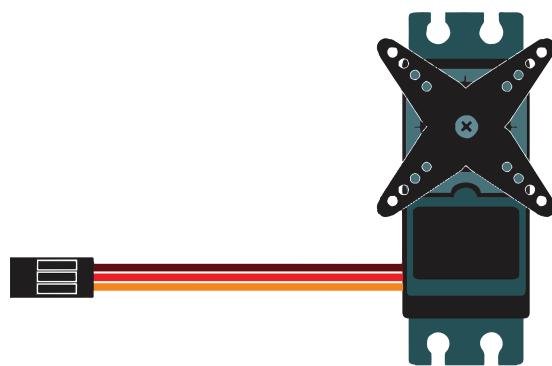
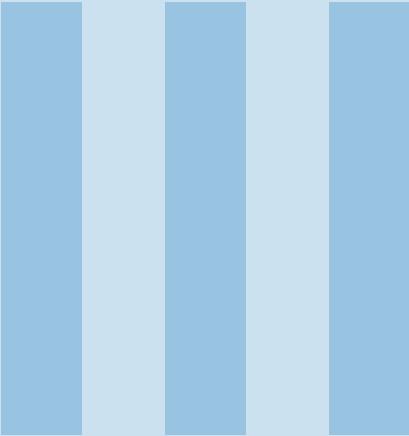


Figure 2.10: Servomotor

2.4 Sensores

- 2.4.1 Sensor de Presença
- 2.4.2 Sonar
- 2.4.3 Sensor de Temperatura
- 2.4.4 Sensor Capacitivo
- 2.4.5 Sensor Indutivo



Part Three

3	Arduino	33
3.1	O que é o arduíno?	
3.2	Breve Histórico	
3.3	Conhecendo o Hardware	
3.4	Conhecendo a arduino IDE	
3.5	Programando o Arduino	
3.6	Exemplos de códigos	

3. Arduino

Neste capítulo abordaremos brevemente o sobre o arduino, inclindo um pouco sobre sua história e alguns exemplos de códigos.

3.1 O que é o arduíno?

Comumente descrito como um microcontrolador, o arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, projetada com um microcontrolador integrado a um circuito de entradas e saídas e possui uma linguagem de programação padrão baseada em C/C++.

3.2 Breve Histórico

Desenvolvido em 2005 para ajudar estudantes de design que não tinham experiência prévia em eletrônica ou programação de microcontroladores, o arduino possibilitou a criação de protótipos funcionais que conectavam o mundo físico ao digital. Também é conhecido como o primeiro projeto de hardware com código aberto amplamente difundido, o qual possibilitou o surgimento de uma comunidade de usuários com desenvolvimento aberto e cooperativo que ajudam a:

- Depurar códigos
- Escrever exemplos
- Criar tutoriais
- Oferecer suporte a outros usuários
- entre outros

Consequentemente a comunidade de desenvolvedores com arduino se tornou uma das mais incríveis comunidades de Open Source.

3.3 Conhecendo o Hardware

Utilizaremos como exemplo o Arduino UNO, pois é o mais conhecido e possui aspectos bem semelhantes à maioria dos arduinos encontrados. Falaremos agora sobre as conexões presentes:

- 1 - Conexão USB.

- 2 - Alimentação de energia do arduino por fonte externa.

- 3 - Conectores de Alimentação

RESET - Utilizado para um reset externo do Arduino.

3,3 V - Fornece uma tensão de 3,3V para alimentação de componente externo.

5 V - Fornece tensão de 5 V para alimentação de componente externo.

GND - pinos de referência, terra.

VIN - pino para alimentação do arduino via conectores diretos.

- 4 - Entradas e Saídas Analógicas

- 5 - Entradas e Saídas Digitais

PWM 3,5,6,9,10 e 11 podem ser usados como saídas PWM de 8 bits através da função `analogWrite()`.

RX e TX - Comunicação serial.

INT0 e INT1 - respectivamente pinos 2 e 3 utilizados para gerar uma interrupção externa através do comando `attachInterrupt()`.

- AREF - Pino para referência de entradas e saídas analógicas.

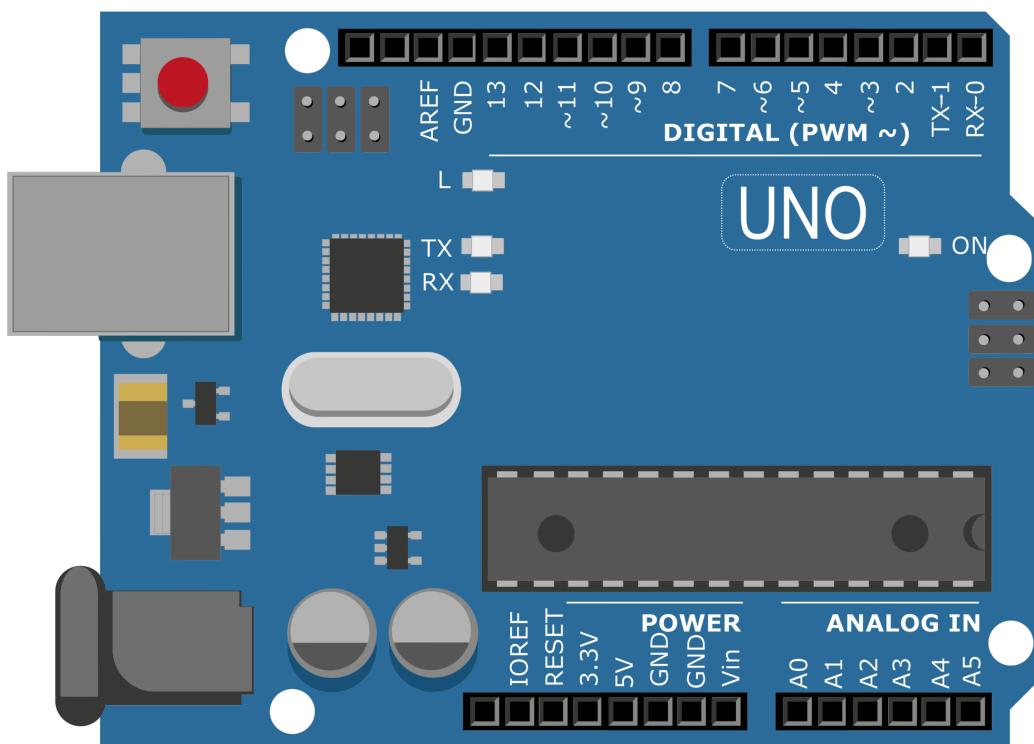


Figure 3.1: Arduino Uno

3.4 Conhecendo a arduino IDE

A arduino IDE é o software utilizado para escrita do código e upload para a placa arduino.

Notation 3.1. *Placas de desenvolvimento semelhantes não produzidas pela arduino, requerem a instalação do driver "CH341SER" para que seja reconhecido pela interface IDE.*

3.4.1 Void's IDE

A escrita do código na arduino IDE é constituída de 3 partes sendo:

- Include
- Void Setup
- Void Loop

O Include é o campo que utilizamos para definir os parâmetros com qual iremos trabalhar, fazer relação de pinos utilizados e definição de variáveis. A relação de pinos consiste em atribuir uma palavra a um pino utilizado a fim de facilitar sua menção no resto do código uma vez que não haverá mais preocupação sobre qual pino físico estaremos utilizando.

O Void Setup é o campo utilizado para definição de parâmetros (como atribuição da função dos pinos, se entrada ou saída) e comandos que serão executados uma única vez.

O Void Loop é geralmente o campo com a maior parte do código pois ali é área utilizada para a parte lógica do programa e que está em constante repetição (loop).

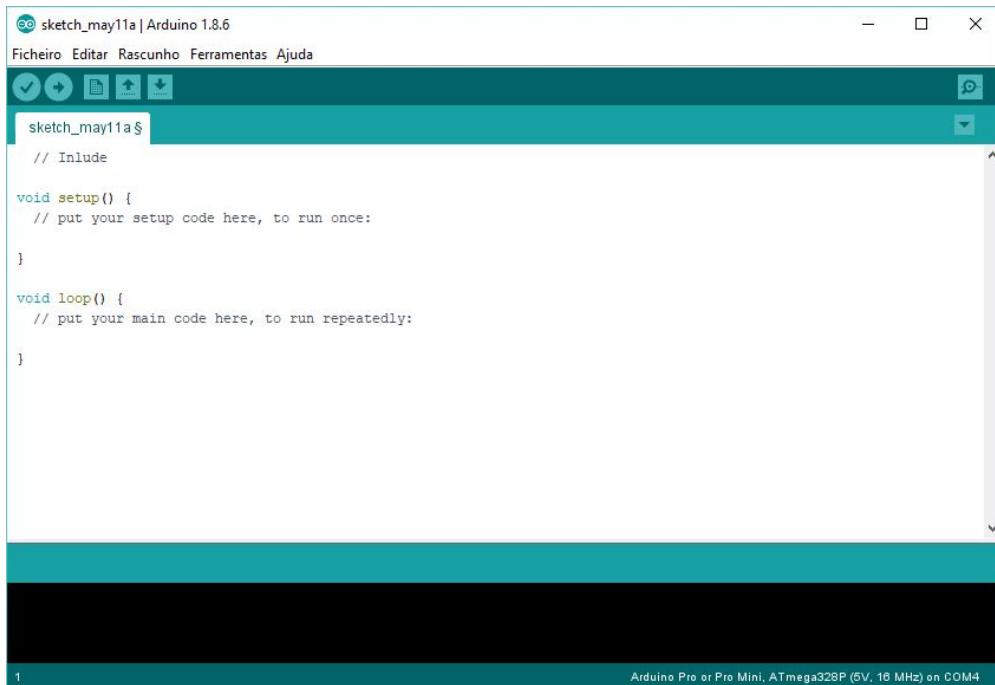


Figure 3.2: Arduino IDE

3.5 Programando o Arduino

Após escrito o código devemos escolher a placa Arduino que será utilizada, seguindo os seguintes passos:

- Ferramentas (localizado na parte superior da IDE)
- Placa:
- Selecione a placa Arduino desejada

- Clique em verificar e após em enviar, então aguarde até o término da gravação.

3.6 Exemplos de códigos

A seguir veremos alguns exemplos de códigos comentados para uso na arduino IDE.

3.6.1 Exemplo I - Loop de acendimento led

A seguir veremos um código que tem por finalidade acender e apagar um led num loop de intervalo com 250 ms.

```
int LED1 = 12; % Atribui o nome LED1 ao pino 12 do arduino
void setup() {
    pinMode(LED1,OUTPUT); % Defini que o pino de LED1 será utilizado como saída
}
void loop() {
    digitalWrite(LED1,LOW); % Coloca o pino LED1 em estado Baixo
    delay(250); % Espera 250 ms (0.25s)
    digitalWrite(LED1,HIGH); % Coloca o pino LED1 em estado Alto
    delay(250); % Espera 250 ms (0.25s)
}
```

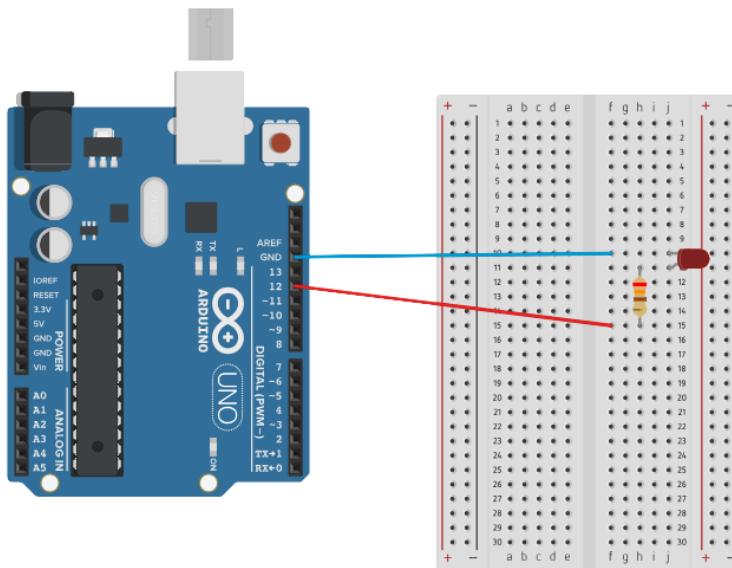


Figure 3.3: Circuito Exemplo I - Tinkercad

3.6.2 Exemplo II - Loop de acionamento de motor DC

Utilizando como base o código anterior, modificaremos as linhas de código: `delay(250)` para `delay(2000)`, a fim de utilizarmos para o acionamento de um motor DC com um intervalo de 2 segundos. Assim, substituindo o circuito para uso do motor teremos:

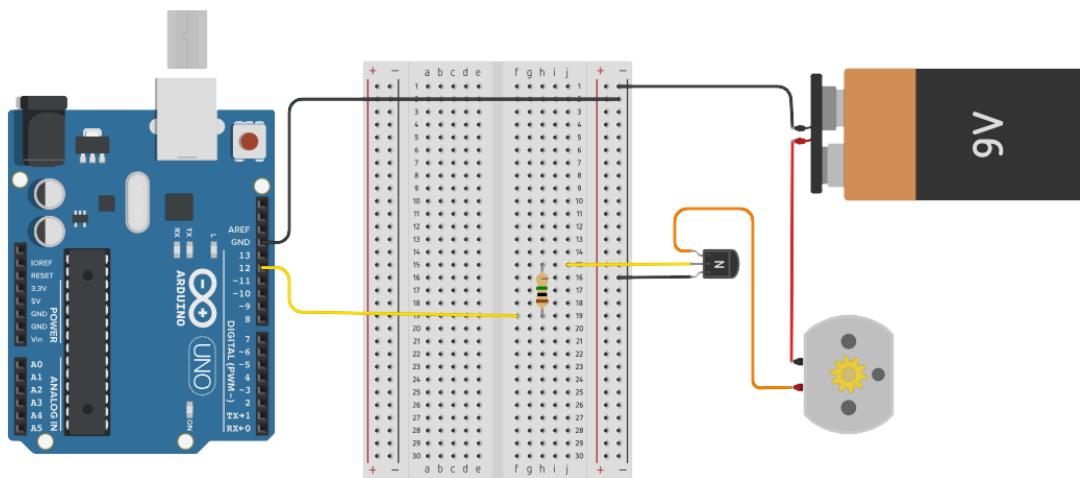


Figure 3.4: Circuito Exemplo II - Tinkercad

3.6.3 Exemplo III - Loop de acendimento sequencial com 4 leds

Este exemplo mostra o acendimento sequencial de 4 leds com intervalos de tempo iguais.

```

int LED1 = 8;                                % Atribui o nome LED1 ao pino 12 do arduino
int LED2 = 7;                                % Atribui o nome LED1 ao pino 12 do arduino
int LED3 = 6;                                % Atribui o nome LED1 ao pino 12 do arduino
int LED4 = 5;                                % Atribui o nome LED1 ao pino 12 do arduino

void setup() {
    pinMode(LED1,OUTPUT);                      % Defini que o pino de LED1 será utilizado como saída
    pinMode(LED2,OUTPUT);                      % Defini que o pino de LED1 será utilizado como saída
    pinMode(LED3,OUTPUT);                      % Defini que o pino de LED1 será utilizado como saída
    pinMode(LED4,OUTPUT);                      % Defini que o pino de LED1 será utilizado como saída
}

void loop() {
    digitalWrite(LED4,LOW);                    % Coloca o pino LED4 em estado Baixo
    digitalWrite(LED1,HIGH);                  % Coloca o pino LED1 em estado Alto
    delay(100);                             % Espera 100 ms (0.1s)
    digitalWrite(LED1,LOW);                  % Coloca o pino LED1 em estado Baixo
    digitalWrite(LED2,HIGH);                % Coloca o pino LED2 em estado Alto
    delay(100);                             % Espera 100 ms (0.1s)
    digitalWrite(LED2,LOW);                  % Coloca o pino LED2 em estado Baixo
    digitalWrite(LED3,HIGH);                % Coloca o pino LED3 em estado Alto
    delay(100);                             % Espera 100 ms (0.1s)
    digitalWrite(LED3,LOW);                  % Coloca o pino LED3 em estado Baixo
    digitalWrite(LED4,HIGH);                % Coloca o pino LED4 em estado Alto
    delay(100);                             % Espera 100 ms (0.1s)
}

```

Exercise 3.1 Baseado no Exemplo III, desenvolva um sistema para um semáforo único com as seguintes especificações: luz verde acesa durante 4 segundos, luz amarela com 1 segundo e luz vermelha com 4 segundos.

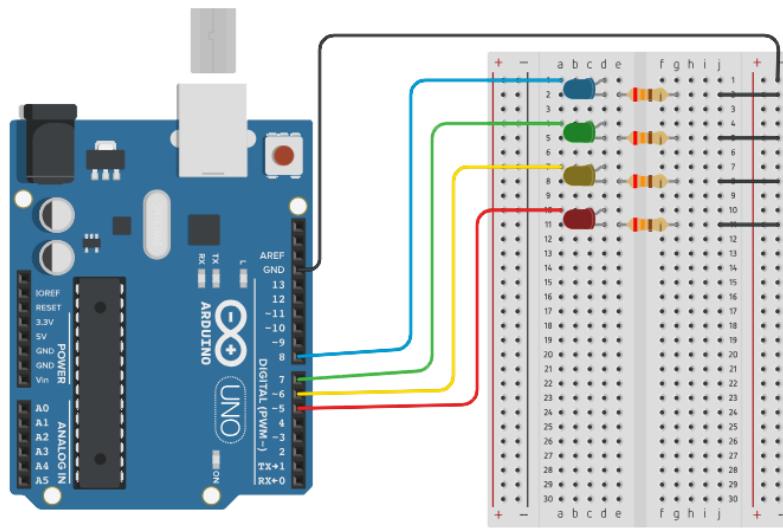


Figure 3.5: Circuito Exemplo III - Tinkercad

3.6.4 Exemplo IV - Açãoamento Motor de passos

Visando observar o funcionamento do motor de passos, utilizaremos o código anterior apenas modificando o circuito elétrico para conexão do motor.

Notation 3.2. *Importante: Como estudamos anteriormente a respeito da forma correta de conexão da carga a ser alimentada ao transistor, podemos notar que o circuito utilizado neste exemplo apresenta conexão entre alimentação do motor e terminal emissor do transistor, esta forma de conexão apesar de errônea é proposital, e visa simplificar o circuito a fim de facilitar sua análise em um primeiro momento.*

Notation 3.3. *Importante: Anteriormente analisamos o uso do diodo em paralelo com a carga do motor com intuito de evitar correntes rotativas que surgem ao desligar a carga do motor. Sendo assim utilizaremos a seguir no circuito elétrico transistores TIP 122, pois já possuem internamente tal diodo.*

Exercise 3.2 Baseado no exemplo IV no qual utilizamos um motor de passos, desenvolva um código para que o motor faça um giro de 360° em um sentido e após, faça um giro de 360° no sentido contrário. ■

Exercise 3.3 Baseado no exemplo IV no qual utilizamos um motor de passos, desenvolva um código para que o motor faça um giro de 360° em 2 segundos. ■

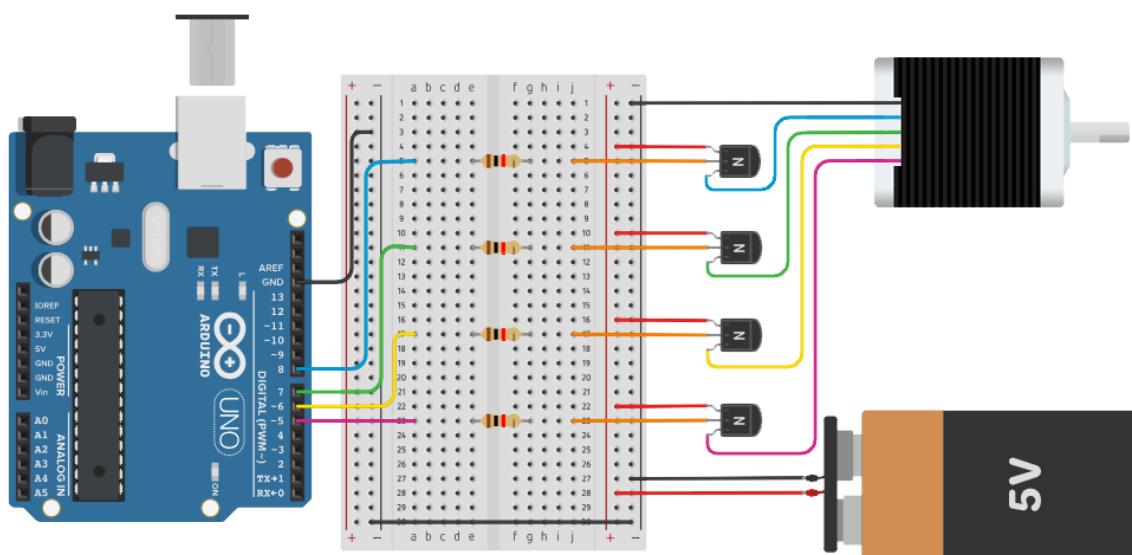


Figure 3.6: Circuito Exemplo III - Tinkercad and Stepper Motor designed in Photoshop

Part Four

IV

4	Eagle	43
4.1	Instalando o Software	
4.2	Utilizando o Software	

4. Eagle

Neste capítulo conhceremos um pouco sobre a criação de esquemáticos para produção de PCB's, utilizando o software livre para educação da Autodesk, Eagle na versão 9.2.0. Utilizaremos como referência o exercício 3.1 que foi proposto no capítulo 3 acerca de um sistema de semáforo com via única. Segue abaixo esquema elétrico para referência.

4.1 Instalando o Software

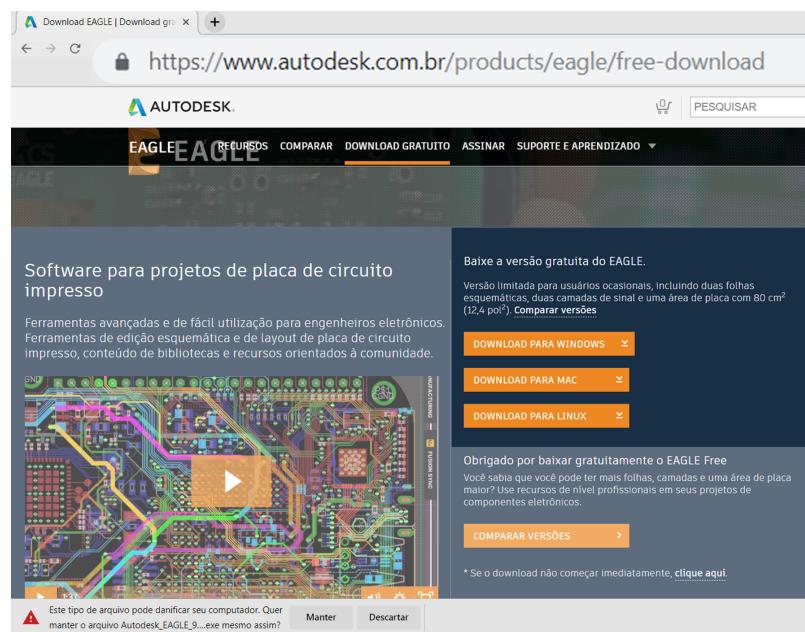


Figure 4.1: Instalando - Site Autodesk > Produtos > Eagle > Download Gratuito

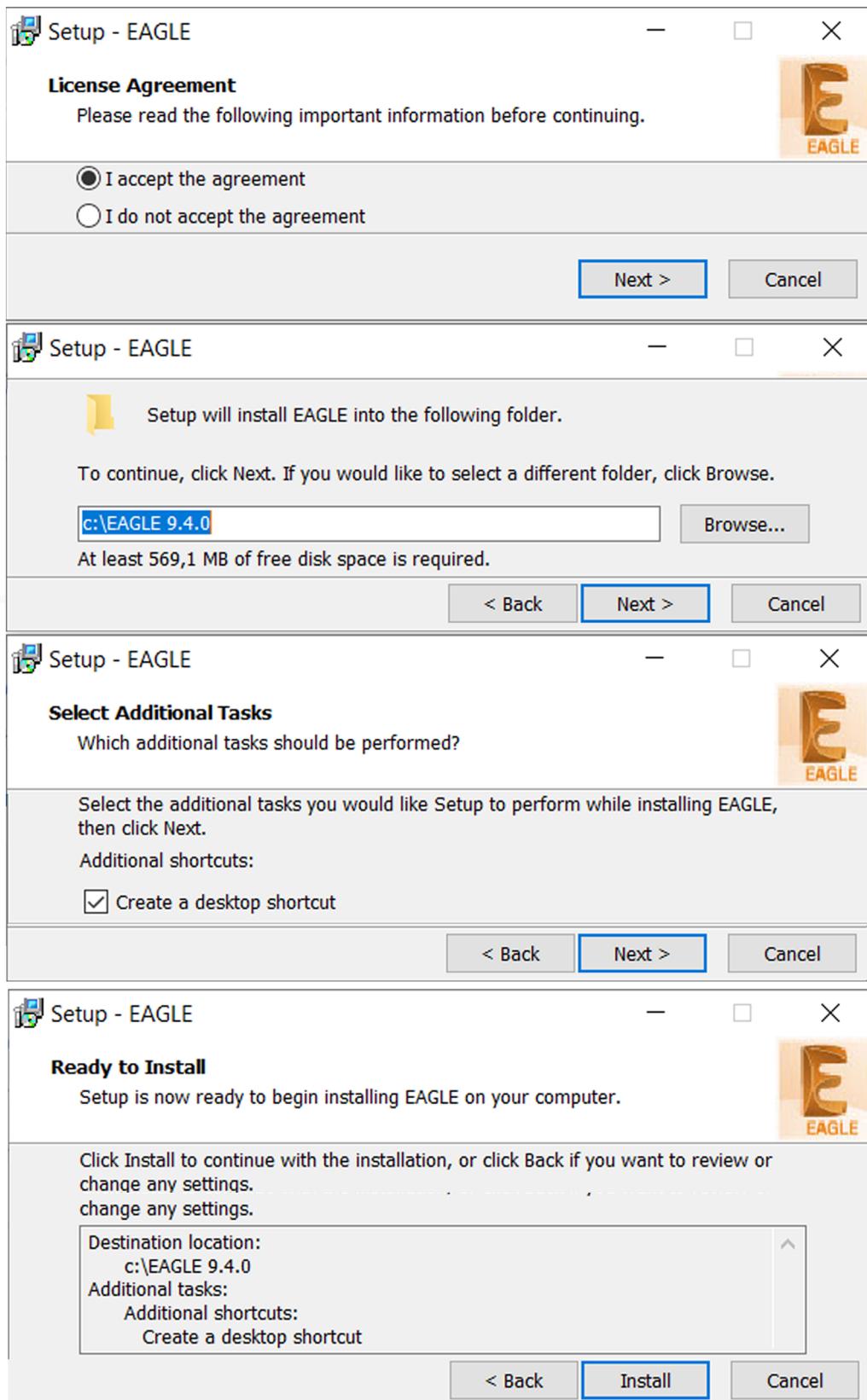


Figure 4.2: Instalando - Agreement > Local Instalation > Desktop Shortcut > Install

4.2 Utilizando o Software

Primeiramente criaremos um novo projeto seguidamente de um novo Esquemático.

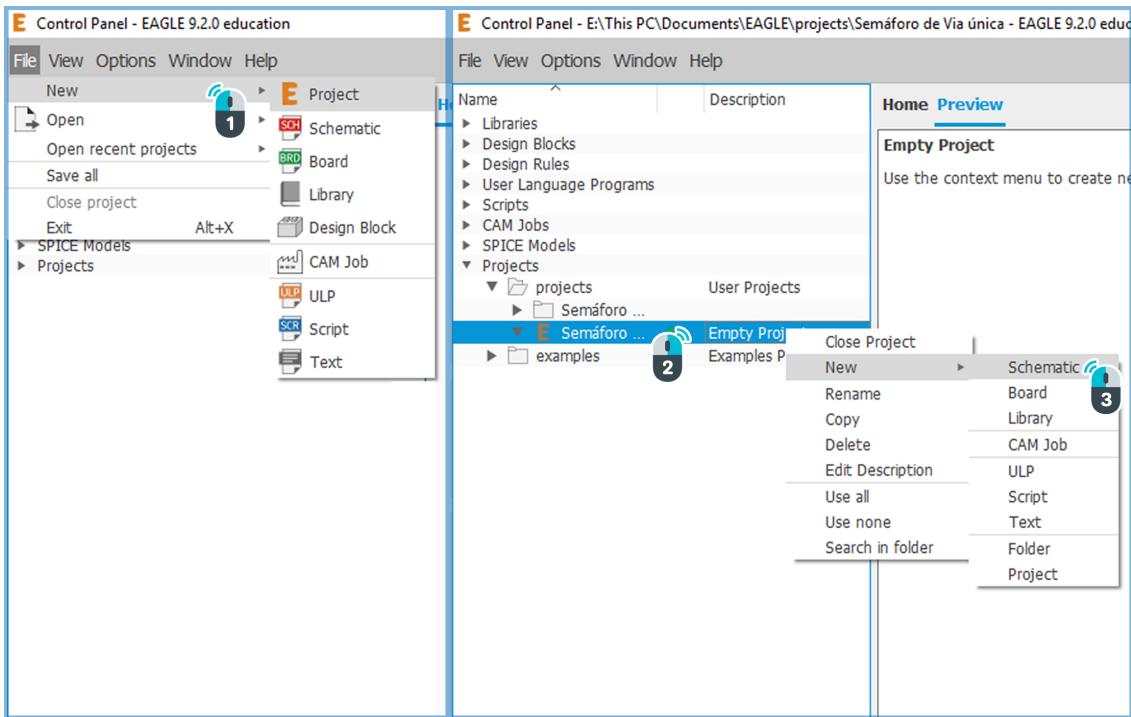


Figure 4.3: Eagle - Novo Projeto

Utilizando a ferramenta "Add Part", adicione o resistor descrito na figura abaixo.

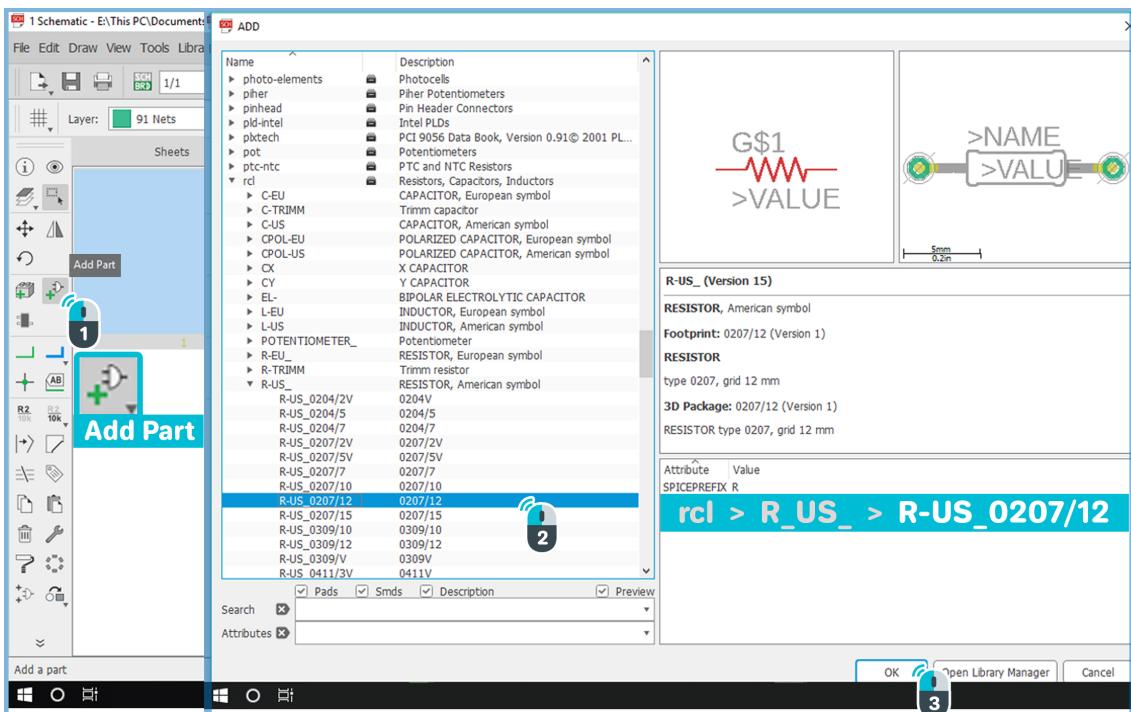


Figure 4.4: Eagle - Add Part - R_US_0207/12

Add Part - Seguidamente adicione o LED de nome: LED5MM

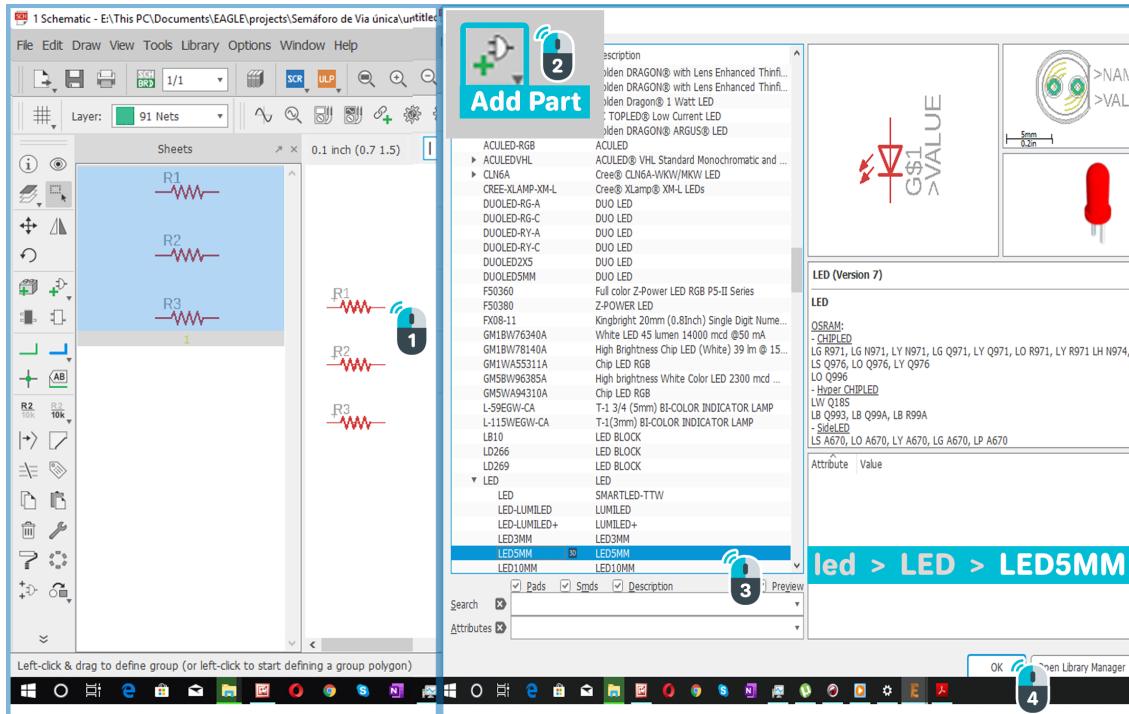


Figure 4.5: Eagle - Add Part - LED5MM

Add Part - Adicione o conector: MA04-1, e a conexão: GND

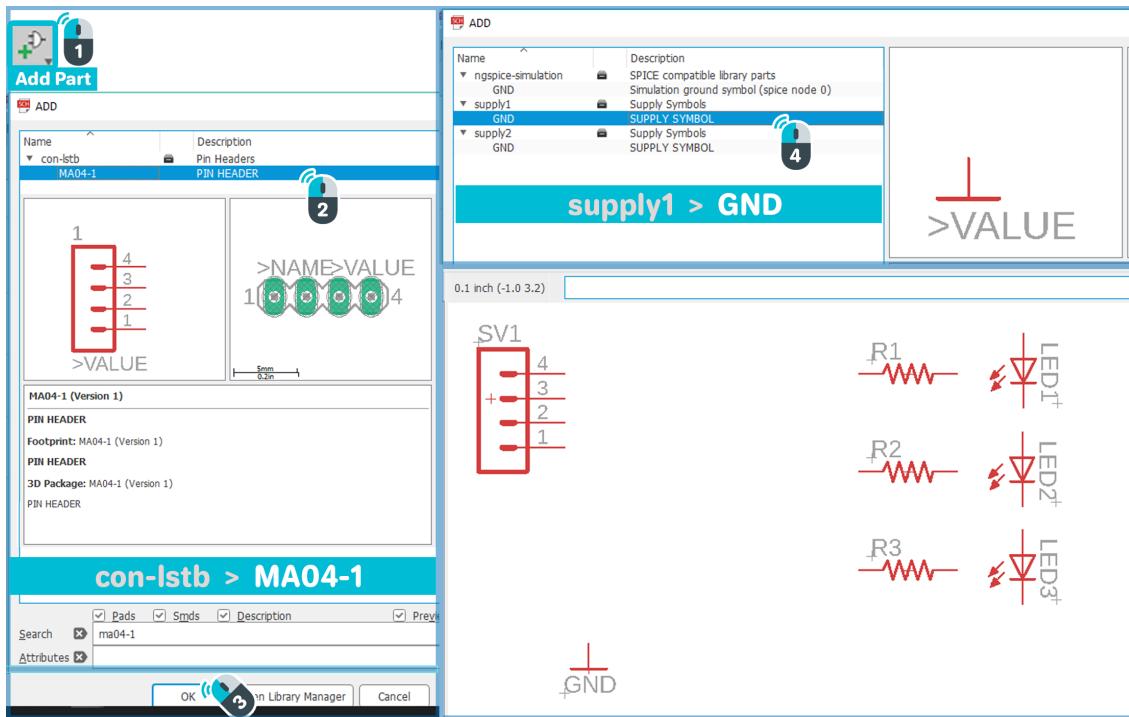


Figure 4.6: Eagle - Add Part - MA04-1 & GND

Selecionado a ferramenta ROTATE, clique no componente para rotacioná-lo, após selecione a ferramenta MOVE, clique sobre o componente e arraste ao local desejado.

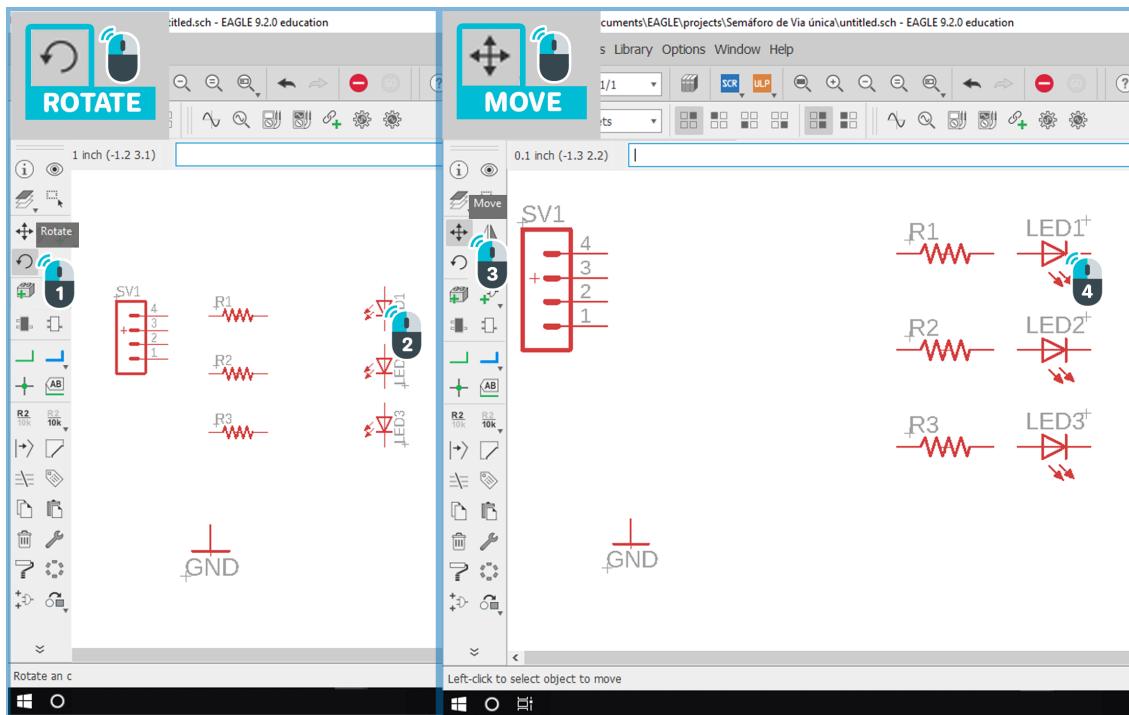


Figure 4.7: Eagle - Rotate & Move

Utilizando a ferramenta NET faça a conexão entre os componentes, note que também foi adicionado uma semi conexão nos pinos de alimentação e GND, pois serão utilizados posteriormente na ferramenta label.

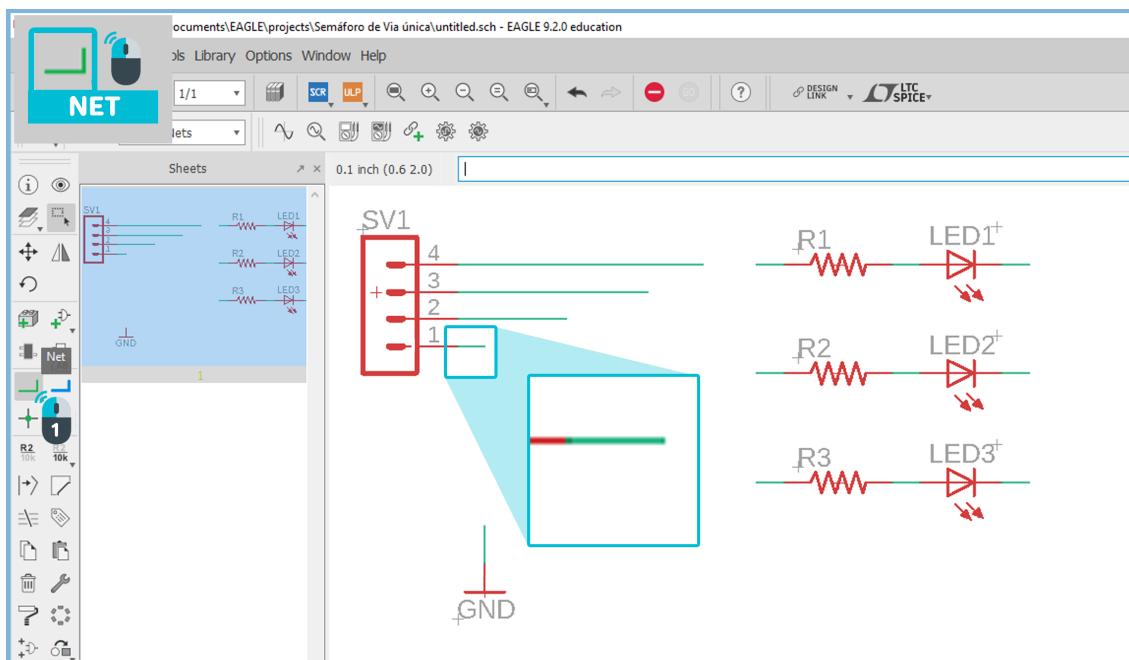


Figure 4.8: Eagle - Net

Utilizando a ferramenta Group, clique e arraste de forma a selecionar os componentes, após selecionado, selecione Move, clique com o direito e então em "Move: Group" e arraste para o local desejado.

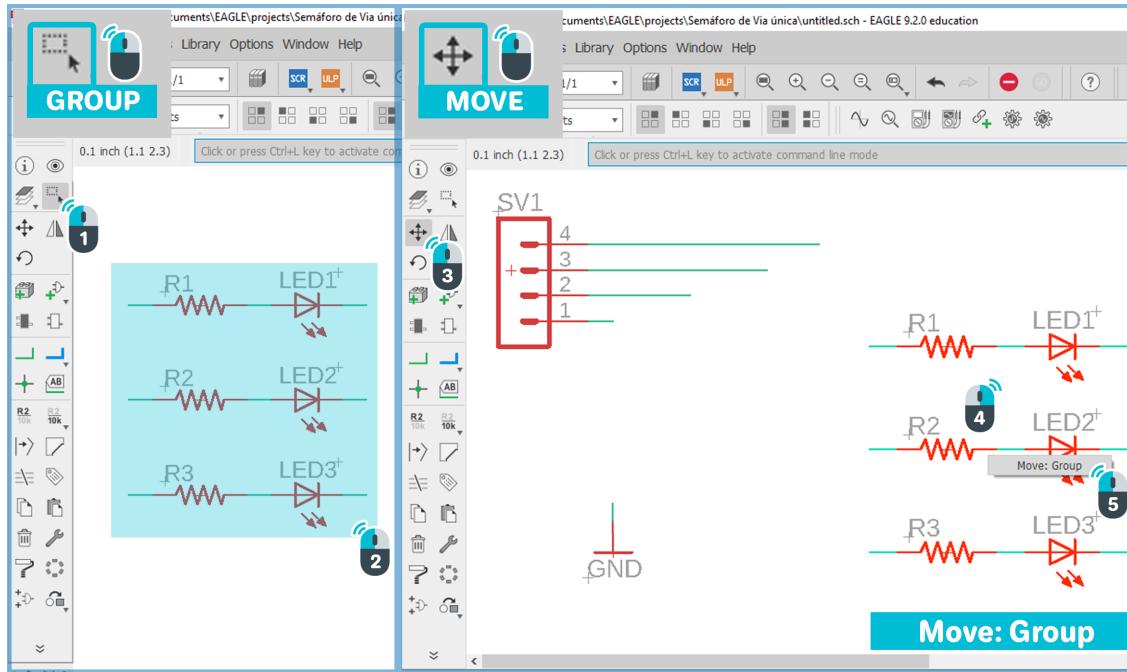


Figure 4.9: Eagle - Move: Group

Selecione a ferramenta Label > Xref On, então clique 2 vezes em cada extremidade de conexão.

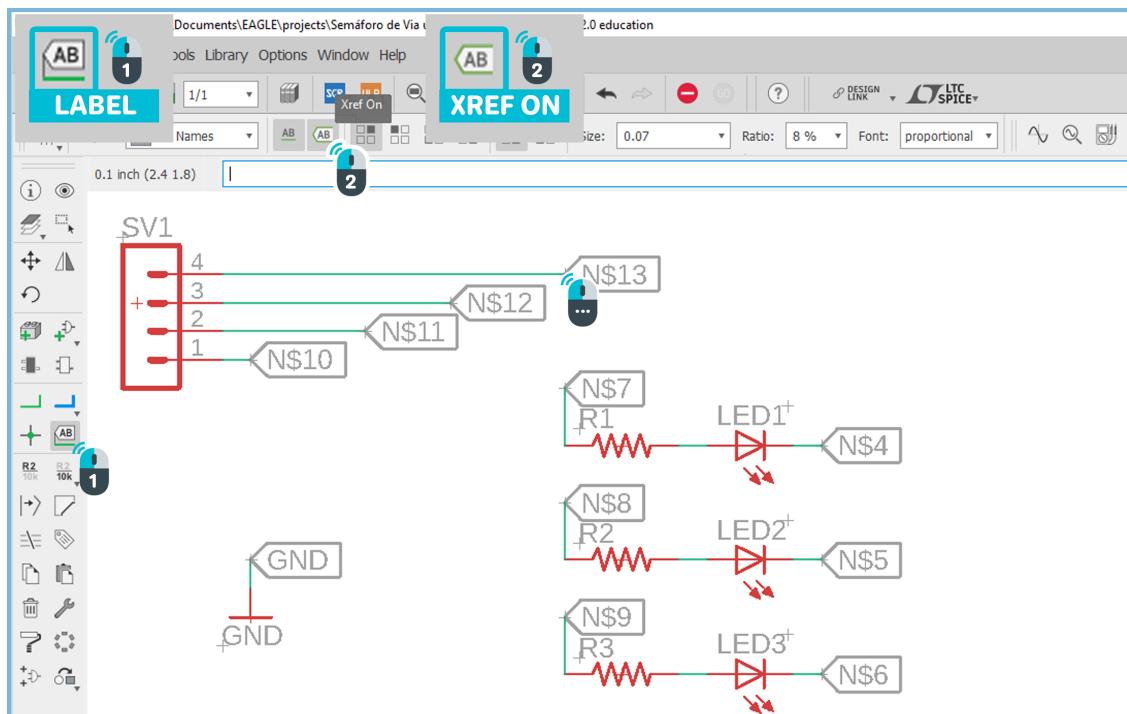


Figure 4.10: Eagle - Label

Com a ferramenta Name, renomeie as labels a fim de conectá-las com seus respectivos terminais.

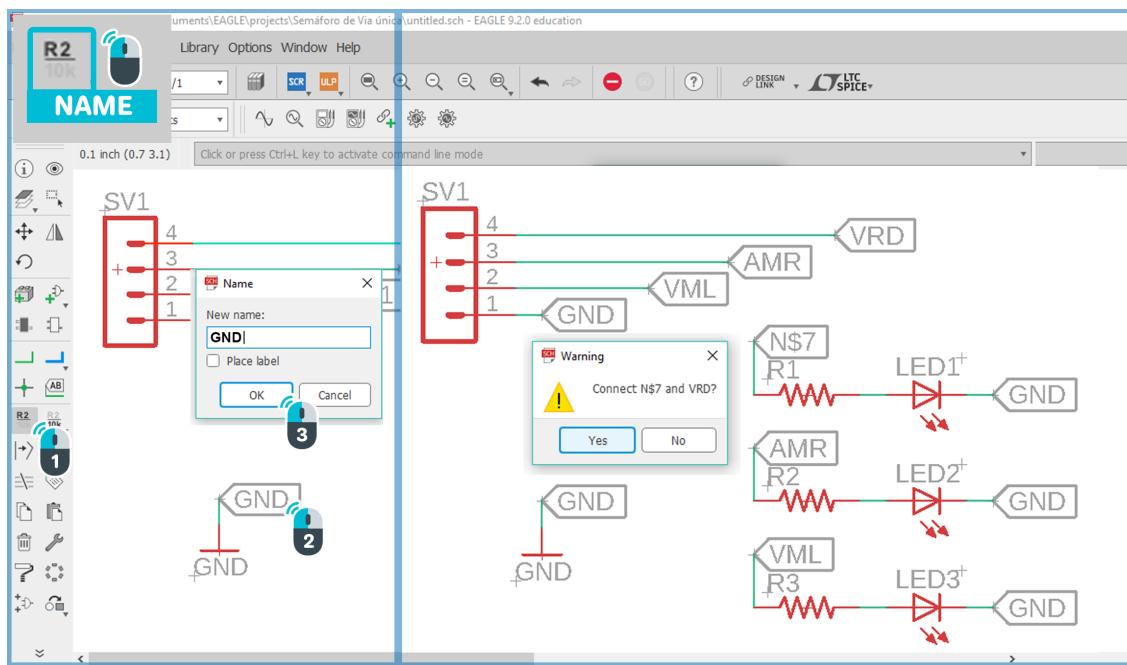


Figure 4.11: Eagle - Name

Utilizando "Value" atribua valores aos resistores (Importante: caso não atribuído valores a componentes será apresentado mensagem de erro ao gerar esquemático para PCB), após isso clique em "Generate/Switch to Board".

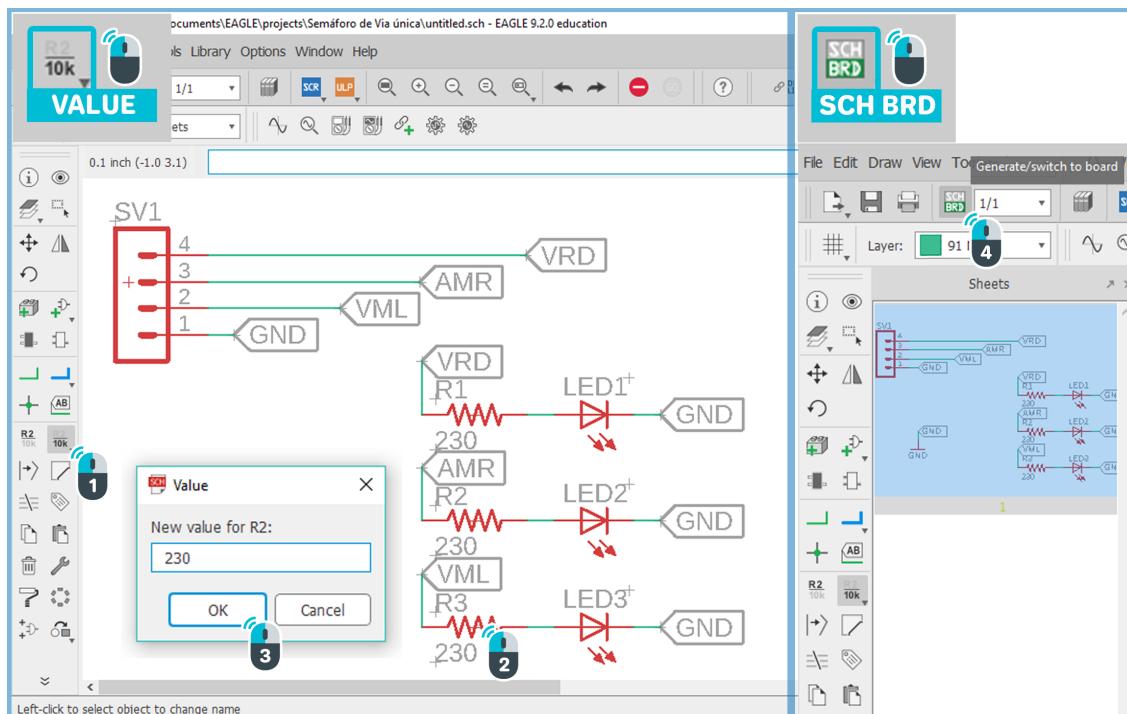


Figure 4.12: Eagle - Value & SCH BRD

Utilizando "Move", move os componentes para área da placa.

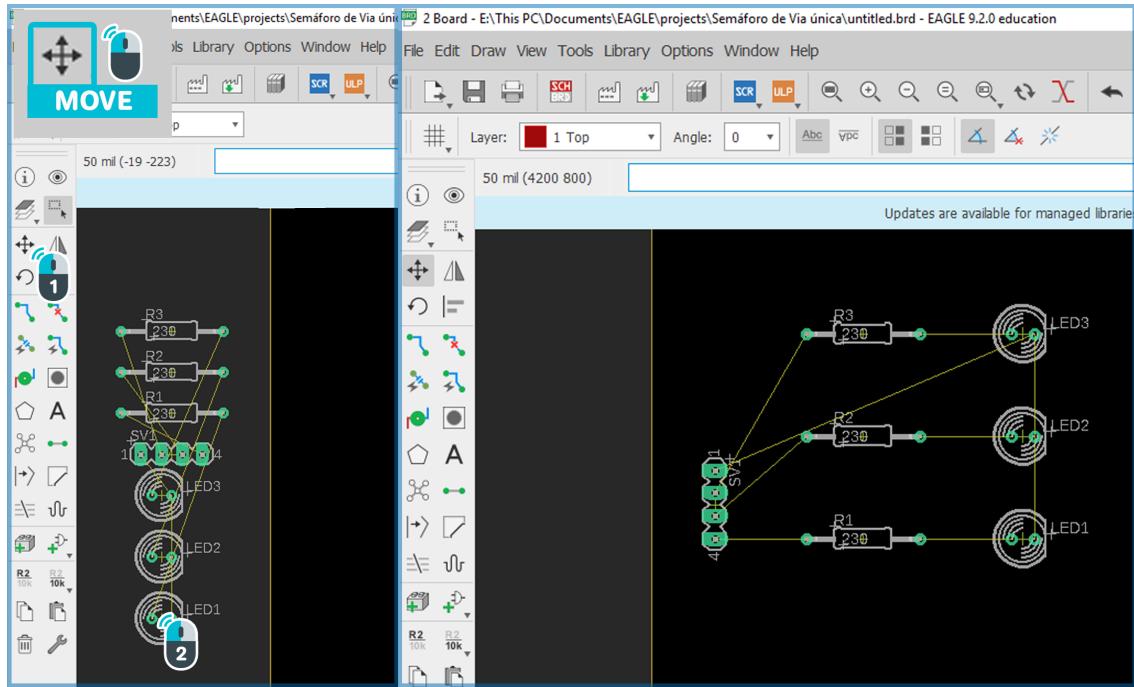


Figure 4.13: Eagle - Move

Em "Grid", defina os parâmetros para referência das réguas. Após isso utilize "Route" com espessura de "40 mil's" para traçar as rotas do circuito e finalize arrastando todo o circuito para o canto esquerdo-inferior da placa.

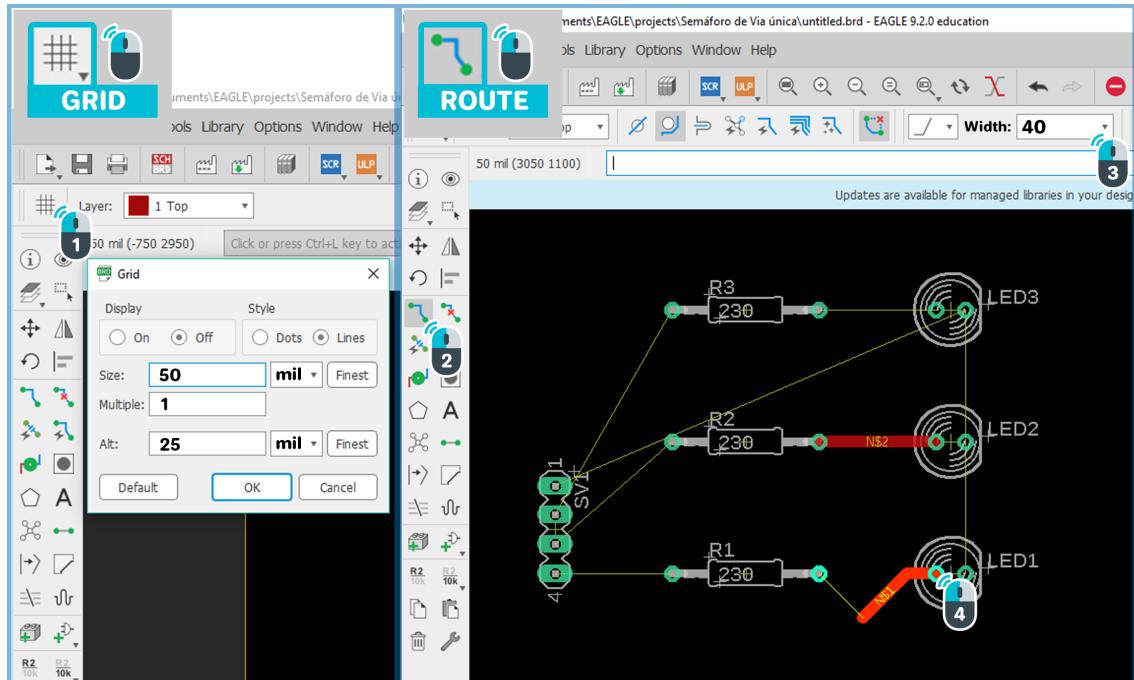


Figure 4.14: Eagle - Grid & Route

Novamente em Grid, altere a unidade de medida de "mil" para "mm", logo após arraste o mouse referenciando a borda inferior direita do "circuito", guarde o calor de referência (valor em azul).

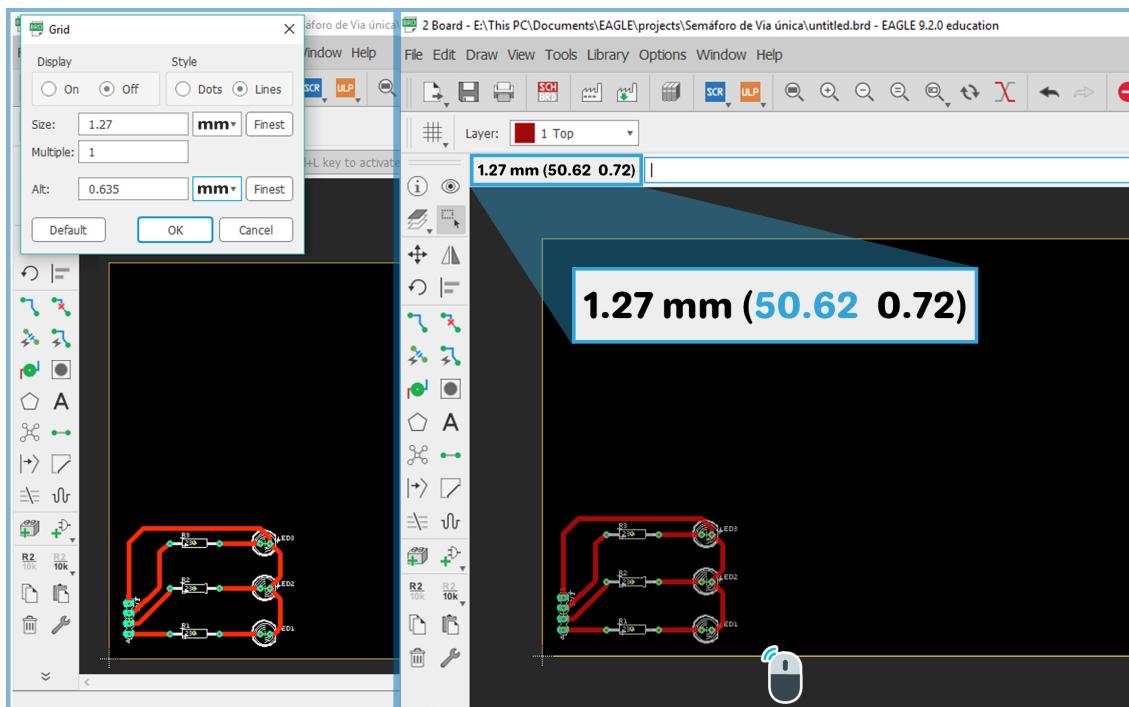


Figure 4.15: Eagle - Grid

Selecionado a ferramenta "Info", clique na borda inferior e altere o respectivo valor mostrado para o valor obtido no passo anterior. Repita o processo para as demais bordas.

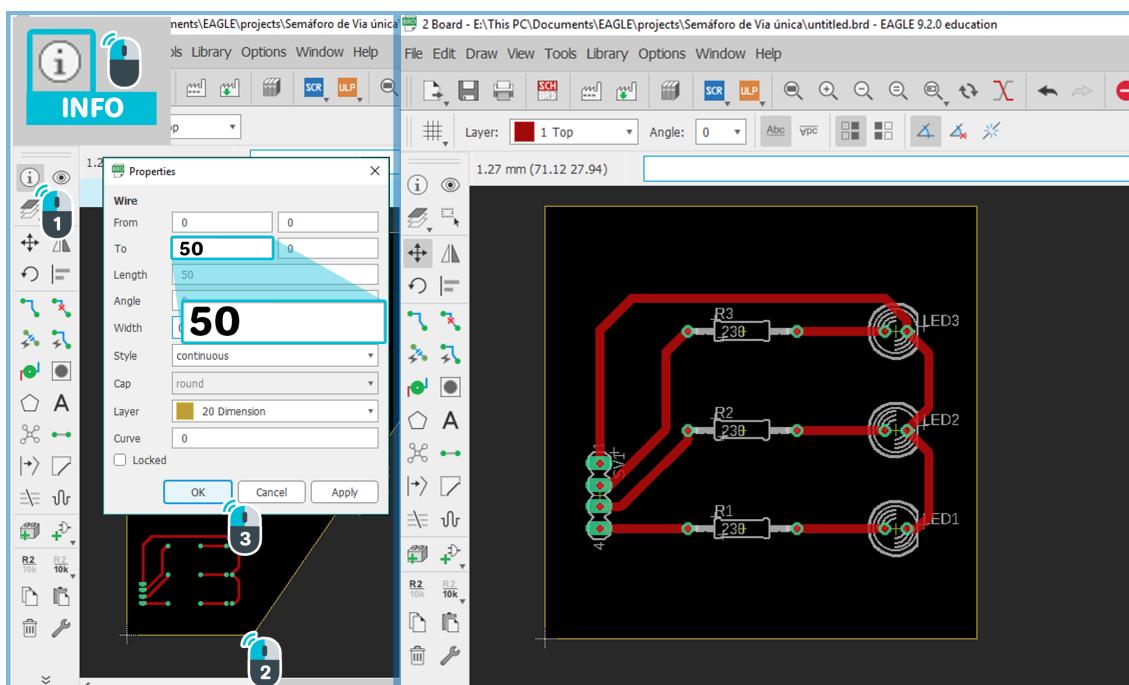


Figure 4.16: Eagle - Move: Info

Agora em "Layers" Selecione de forma a deixar visível apenas os caminhos do circuito e conectores, então aperte "Enter".

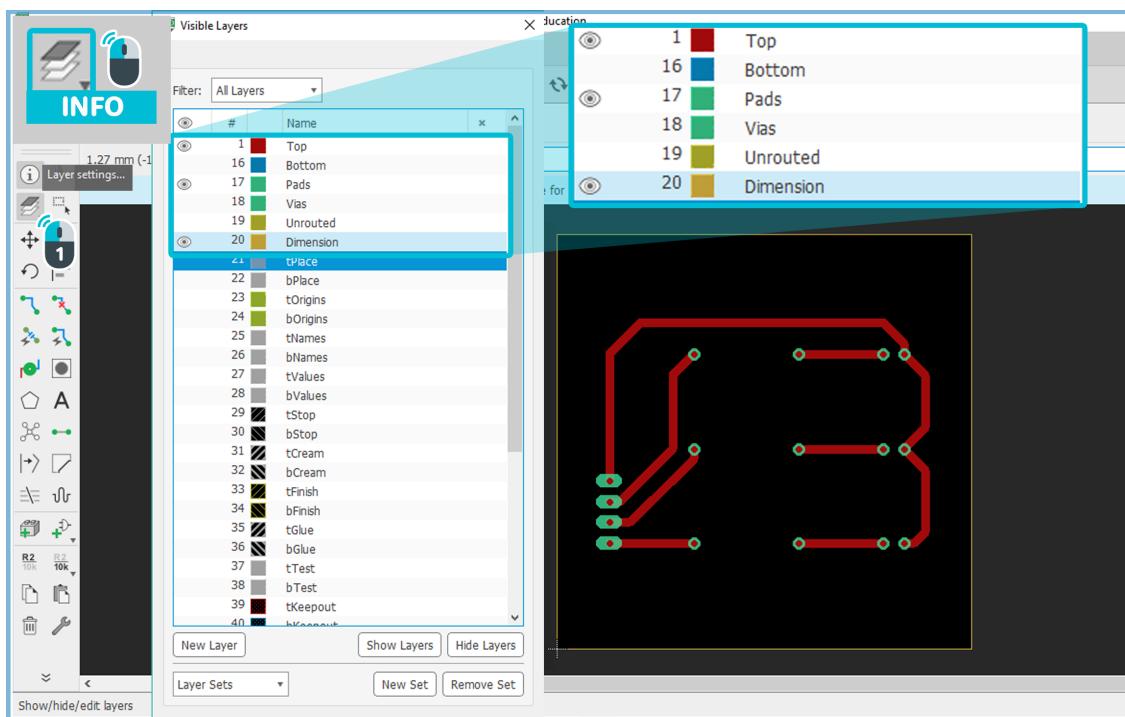


Figure 4.17: Eagle - Layers

Na barra de tarefas selecione File > Print, então centralize a imagem e exporte em PDF.

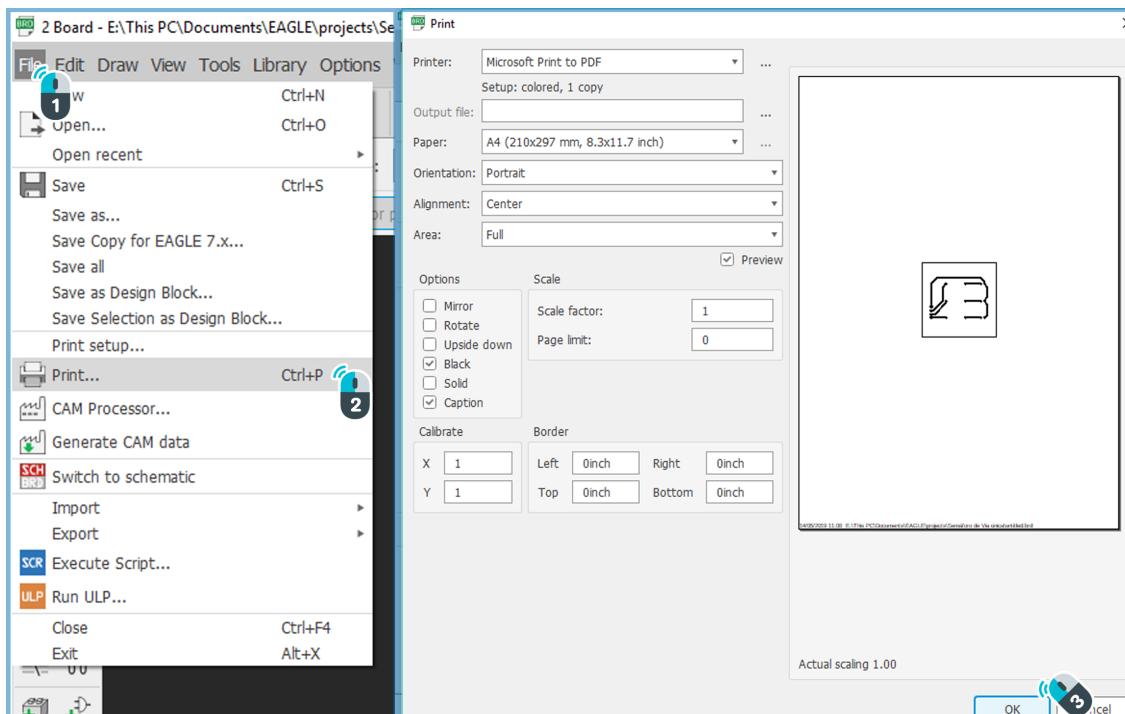


Figure 4.18: Eagle - Print

Finalmente, concluímos este Fucking Circuit Board. Enjoy!

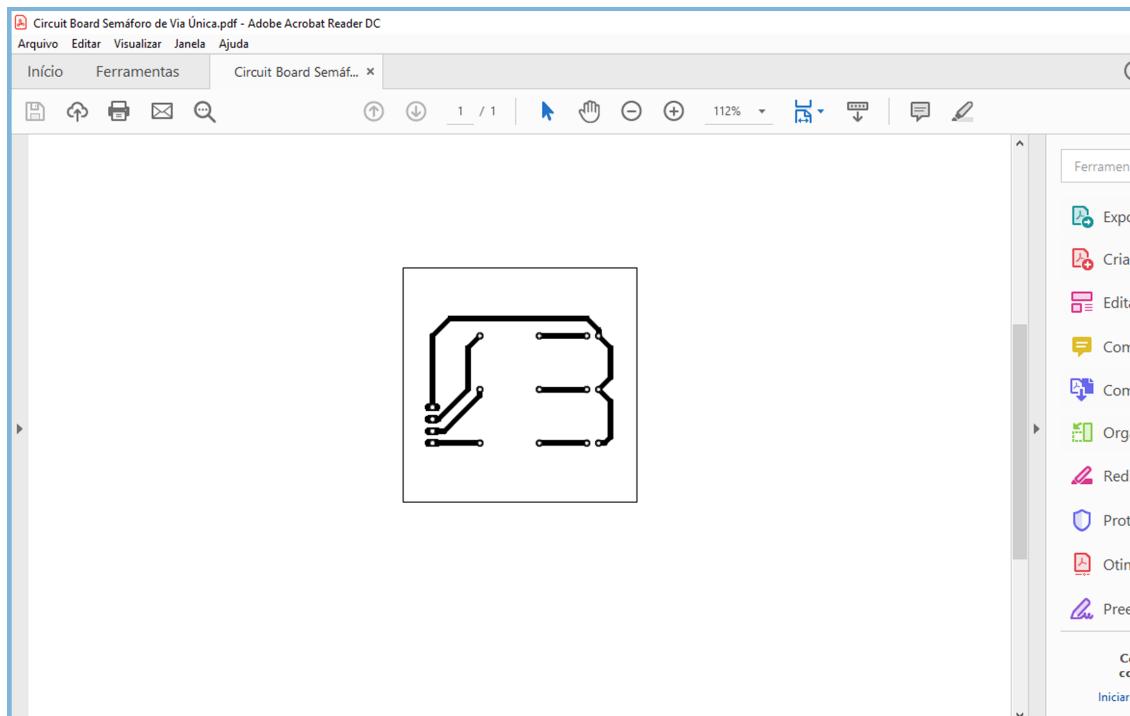


Figure 4.19: Eagle - Fucking Project Concluded

V

Part Five

5	In-text Elements	57
5.1	Lists	
5.2	Theorems	
5.3	Definitions	
5.4	Notations	
5.5	Remarks	
5.6	Corollaries	
5.7	Propositions	
5.8	Examples	
5.9	Exercises	
5.10	Problems	
5.11	Vocabulary	

5. In-text Elements

5.1 Lists

Lists are useful to present information in a concise and/or ordered way¹.

5.1.1 Numbered List

1. The first item
2. The second item
3. The third item

5.1.2 Bullet Points

- The first item
- The second item
- The third item

5.1.3 Descriptions and Definitions

Name Description

Word Definition

Comment Elaboration

5.2 Theorems

This is an example of theorems.

5.2.1 Several equations

This is a theorem consisting of several equations.

¹Footnote example...

Theorem 5.2.1 — Name of the theorem. In $E = \mathbb{R}^n$ all norms are equivalent. It has the properties:

$$\| |\mathbf{x}| - |\mathbf{y}| \| \leq \| \mathbf{x} - \mathbf{y} \| \quad (5.1)$$

$$\left\| \sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i \right\| \leq \sum_{i=1}^n \| \mathbf{x}_i \| \quad \text{where } n \text{ is a finite integer} \quad (5.2)$$

5.2.2 Single Line

This is a theorem consisting of just one line.

Theorem 5.2.2 A set $\mathcal{D}(G)$ is dense in $L^2(G)$, $|\cdot|_0$.

5.3 Definitions

This is an example of a definition. A definition could be mathematical or it could define a concept.

Definition 5.3.1 — Definition name. Given a vector space E , a norm on E is an application, denoted $\| \cdot \|$, E in $\mathbb{R}^+ = [0, +\infty[$ such that:

$$\| \mathbf{x} \| = 0 \Rightarrow \mathbf{x} = \mathbf{0} \quad (5.3)$$

$$\| \lambda \mathbf{x} \| = |\lambda| \cdot \| \mathbf{x} \| \quad (5.4)$$

$$\| \mathbf{x} + \mathbf{y} \| \leq \| \mathbf{x} \| + \| \mathbf{y} \| \quad (5.5)$$

5.4 Notations

Notation 5.1. Given an open subset G of \mathbb{R}^n , the set of functions φ are:

1. Bounded support G ;
 2. Infinitely differentiable;
- a vector space is denoted by $\mathcal{D}(G)$.

5.5 Remarks

This is an example of a remark.



The concepts presented here are now in conventional employment in mathematics. Vector spaces are taken over the field $\mathbb{K} = \mathbb{R}$, however, established properties are easily extended to $\mathbb{K} = \mathbb{C}$.

5.6 Corollaries

This is an example of a corollary.

Corollary 5.6.1 — Corollary name. The concepts presented here are now in conventional employment in mathematics. Vector spaces are taken over the field $\mathbb{K} = \mathbb{R}$, however, established properties are easily extended to $\mathbb{K} = \mathbb{C}$.

5.7 Propositions

This is an example of propositions.

5.7.1 Several equations

Proposition 5.7.1 — Proposition name. It has the properties:

$$|||\mathbf{x}|| - ||\mathbf{y}||| \leq ||\mathbf{x} - \mathbf{y}|| \quad (5.6)$$

$$||\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i|| \leq \sum_{i=1}^n ||\mathbf{x}_i|| \quad \text{where } n \text{ is a finite integer} \quad (5.7)$$

5.7.2 Single Line

Proposition 5.7.2 Let $f, g \in L^2(G)$; if $\forall \varphi \in \mathcal{D}(G)$, $(f, \varphi)_0 = (g, \varphi)_0$ then $f = g$.

5.8 Examples

This is an example of examples.

5.8.1 Equation and Text

■ **Example 5.1** Let $G = \{x \in \mathbb{R}^2 : |x| < 3\}$ and denoted by: $x^0 = (1, 1)$; consider the function:

$$f(x) = \begin{cases} e^{|x|} & \text{si } |x - x^0| \leq 1/2 \\ 0 & \text{si } |x - x^0| > 1/2 \end{cases} \quad (5.8)$$

The function f has bounded support, we can take $A = \{x \in \mathbb{R}^2 : |x - x^0| \leq 1/2 + \varepsilon\}$ for all $\varepsilon \in]0; 5/2 - \sqrt{2}[$. ■

5.8.2 Paragraph of Text

■ **Example 5.2 — Example name.** Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris. ■

5.9 Exercises

This is an example of an exercise.

Exercise 5.1 This is a good place to ask a question to test learning progress or further cement ideas into students' minds. ■

5.10 Problems

Problem 5.1 What is the average airspeed velocity of an unladen swallow?

5.11 Vocabulary

Define a word to improve a students' vocabulary.

Vocabulary 5.1 — Word. Definition of word.

Part Six

VI

6	Presenting Information	63
6.1	Table	
6.2	Figure	
	Bibliography	65
	Articles	
	Books	
	Index	67

6. Presenting Information

6.1 Table

Treatments	Response 1	Response 2
Treatment 1	0.0003262	0.562
Treatment 2	0.0015681	0.910
Treatment 3	0.0009271	0.296

Table 6.1: Table caption

Referencing Table 6.1 in-text automatically.

6.2 Figure

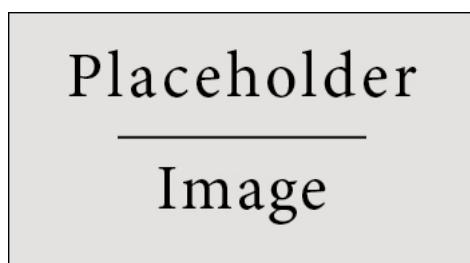


Figure 6.1: Figure caption

Referencing Figure 6.1 in-text automatically.



Bibliography

Articles

Books

Index

C

- Citation 8
- Corollaries 10

D

- Definitions 9

E

- Examples 10
 - Equation and Text 10
 - Paragraph of Text 11
- Exercises 11

F

- Figure 15

L

- Lists 8
 - Bullet Points 8
 - Descriptions and Definitions 8
 - Numbered List 8

N

- Notations 10

P

- Paragraphs of Text 7
- Problems 11
- Propositions 10
 - Several Equations 10
 - Single Line 10

R

- Remarks 10

T

- Table 15
- Theorems 9
 - Several Equations 9
 - Single Line 9

V

- Vocabulary 11