

## **Dedicatória**

*Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, por todas bençãos que me fizeram continuar e todas dificuldades que me fizeram crescer. Dedico este trabalho também à minha família, que esteve comigo em todos momentos da minha formação.*

*Luiz Fernando de Andrade Gadêlha*

## Agradecimentos

*Agradeço a meus colegas de curso, projetos e ao meu professor orientador por este trabalho*

*Luiz Fernando de Andrade Gadêlha*

---

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo propor um curso prático em Algoritmos e Programação de Computadores Utilizando a placa Intel® Galileo voltada para alunos de graduação dos curso de engenharia mecatrônica, elétrica e de computação. Tal proposta se fundamenta na noção de que a inclusão de práticas laboratoriais . A disciplina tem como base de desenvolvimento o microcontrolador Galileo e conceitos de eletrônica de todos níveis.

---

## **ABSTRACT**

This work aims to propose a discipline aimed at undergraduate students for learning development of embedded circuits. This proposal is based on the growing need and popularization of embedded circuits geared to various purposes, such as home automation, building and industrial. The course has the development of basic microcontroller Galileo and electronics concepts of all levels.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVO . . . . .	2
1.2	APRESENTAÇÃO DO MANUSCRITO . . . . .	3
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .</b>	<b>4</b>
2.1	TEORIAS PEDAGÓGICAS . . . . .	4
2.1.1	APRENDIZAGEM ATIVA . . . . .	4
2.1.2	APRENDIZAGEM POR MASTERIZAÇÃO . . . . .	6
2.1.2.1	INTRODUÇÃO . . . . .	6
2.1.2.2	TAXONOMIA DOS OBJETIVOS EDUCACIONAIS - TAXONOMIA DE BLOOM . . . . .	9
2.1.2.3	PROGRAMA DESENVOLVIDO EM QT PARA AUXÍLIO NA DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS EDUCACIONAIS . . . . .	10
2.2	METODOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS . . . . .	15
2.2.1	METODOLOGIA CASCATA . . . . .	15
2.2.2	METODOLOGIA SCRUM . . . . .	16
2.3	ALGORITMOS E PROGRAMAÇÃO DE COMPUTADORES . . . . .	21
2.3.1	INTRODUÇÃO . . . . .	21
2.3.2	CURRÍCULOS . . . . .	21
2.4	PLACA INTEL ® GALILEO . . . . .	24
2.4.1	PINAGEM DA PLACA INTEL ® GALILEO . . . . .	24
2.4.2	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E ELETRÔNICAS DA PLACA INTEL ® GALILEO . . . . .	26
2.4.2.1	SINAL PWM . . . . .	26
2.4.2.2	CONVERSÃO ANALÓGICO-DIGITAL . . . . .	28
2.4.2.3	BARRAMENTO SERIAL I2C . . . . .	30
2.4.2.4	COMUNICAÇÃO SERIAL SPI . . . . .	31
2.4.2.5	PORTA SERIAL UART . . . . .	33
2.4.2.6	MEMÓRIA CACHE . . . . .	35
2.4.2.7	MEMÓRIA SRAM . . . . .	36
2.4.2.8	MEMÓRIA DRAM . . . . .	38
2.4.2.9	MEMÓRIA EEPROM . . . . .	39
2.4.2.10	CLOCK DE TEMPO REAL - RTC . . . . .	39
2.4.2.11	BARRAMENTO MINI PCI-EXPRESS . . . . .	39
2.4.2.12	USB . . . . .	40

2.4.2.13	JTAG .....	41
2.5	PROPOSTA DE CURSO .....	44
2.5.1	APRENDIZAGEM POR MASTERIZAÇÃO E SCRUM ADAPTADOS AO CURSO DE ALGORITMOS E PROGRAMAÇÃO DE COMPUTADORES .....	46
2.5.1.1	DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS EDUCACIONAIS NA FORMA DA METODOLOGIA SCRUM	49
2.5.1.2	DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS EDUCACIONAIS PARA A DISCIPLINA <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i> .....	53
2.5.1.3	DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS EDUCACIONAIS PARA A DISCIPLINA <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i> COM RELAÇÃO ÀS ATIVIDADES PRÁTICAS.....	56
2.5.2	PROPOSTA DE USO DE PLACAS DE PROTOTIPAGEM ELETRÔNICA .....	58
2.5.3	FORMA DE AVALIAÇÃO .....	58
<b>3</b>	<b>ELEMENTOS DE CIRCUITOS E PROGRAMAÇÃO .....</b>	<b>60</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	60
3.2	CIRCUITOS ELETRÔNICOS.....	60
3.2.1	RESISTOR .....	60
3.2.2	CIRCUITO - FÓRMULAS E TOPOLOGIAS BÁSICAS .....	62
3.2.2.1	PRIMEIRA LEI DE KIRCHOFF - LEIS DAS NÓS .....	63
3.2.2.2	SEGUNDA LEI DE KIRCHOFF - LEIS DAS MALHAS .....	64
3.2.2.3	LEI DE OHM .....	64
3.2.2.4	LIGAÇÃO EM SÉRIE .....	65
3.2.2.5	LIGAÇÃO EM PARALELO .....	66
3.2.2.6	RESUMO - LIGAÇÃO EM SÉRIE X PARALELO .....	67
3.2.3	DIODO-LED .....	67
3.2.4	PROTOBOARD.....	70
3.2.5	DIVISOR DE TENSÃO.....	71
3.2.6	POTENCIÔMETRO .....	73
3.2.7	LDR .....	76
3.2.8	INTERRUPTORES .....	79
3.2.9	REGISTRADOR DE DESLOCAMENTO (SHIFT REGISTER) .....	81
3.2.10	SENSOR DE TEMPERATURA - LM35.....	84
3.2.11	CAPACITORES.....	86
3.2.12	FILTRO RC .....	88
3.2.13	INVERSOR SCHMITT TRIGGER .....	90
3.2.14	DEBOUNCING - ESTABILIZAÇÃO DE SINAIS DE INTERRUPTORES .....	93
3.2.15	MATRIZ DE LEDS .....	96
3.2.16	DRIVER DE MATRIZ DE LED .....	97
3.3	SOFTWARE .....	100
3.3.1	PROGRAMAÇÃO ESTRUTURADA .....	100
3.3.2	PROGRAMAÇÃO PARA ARDUINO.....	101
3.3.2.1	PADRÃO DE PROGRAMAÇÃO EM ARDUÍNO.....	101
3.3.3	USO DE PORTAS DIGITAIS .....	102

3.3.4	PROCESSO DE COMPILAÇÃO .....	102
3.3.4.1	PRÉ-PROCESSAMENTO.....	104
3.3.4.2	ANÁLISE LÉXICA.....	105
3.3.4.3	ANÁLISE SINTÁTICA .....	105
3.3.4.4	ANÁLISE SEMÂNTICA.....	105
3.3.5	DIRETIVAS DE COMPILAÇÃO .....	106
3.3.6	TIPOS BÁSICOS DE VARIÁVEIS.....	107
3.3.7	CONVERSÃO ENTRE TIPOS DE VARIÁVEIS .....	109
3.3.8	LEITURA ANALÓGICA - CONVERSÃO ANALÓGICO/DIGITAL .....	110
3.3.9	ESTRUTURAS CONDICIONAIS .....	110
3.3.9.1	OPERADORES RELACIONAIS.....	111
3.3.9.2	OPERADORES LÓGICOS .....	111
3.3.9.3	CONTROLE DE FLUXO DE EXECUÇÃO DE UM PROGRAMA (CONDICIONAIS) .....	113
3.3.10	LAÇOS DE REPETIÇÃO.....	119
3.3.10.1	LAÇO FOR .....	120
3.3.10.2	LAÇO WHILE .....	123
3.3.10.3	LAÇO DO-WHILE .....	124
3.3.11	VETORES E MATRIZES .....	126
3.3.11.1	VETORES .....	126
3.3.11.2	MATRIZES .....	128
3.3.12	TIPOS AVANÇADOS DE VARIÁVEIS.....	129
3.3.12.1	BOOLEAN .....	130
3.3.12.2	PONTEIROS.....	131
3.3.12.3	STRING E ARRAYS .....	133
3.3.12.4	REGISTROS - STRUCT .....	136
3.3.13	CONVERSÃO CÓDIGO BINÁRIO PARA DECIMAL E VICE-VERSA.....	140
3.3.14	SUBALGORITMOS (FUNÇÕES) .....	142
3.3.15	INTERRUPÇÃO .....	145
3.3.15.1	INTERRUPÇÃO DE HARDWARE .....	146
3.3.15.2	INTERRUPÇÃO DE SOFTWARE - TIMER .....	149
3.3.16	NUMERO RANDÔMICO .....	152
3.3.17	FUNÇÕES E BIBLIOTECAS DIVERSAS - ARDUINO .....	153
3.3.17.1	FUNÇÃO SHIFTOUT .....	153
3.3.17.2	BIBLIOTECA LEDCONTROL.H .....	154
<b>4</b>	<b>LABORATÓRIOS PROPOSTOS.....</b>	<b>158</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	158
4.2	PRÁTICA 1: COMEÇANDO A USAR O <i>Galileo</i> .....	158
4.2.1	PROCEDIMENTOS.....	159
4.2.1.1	INSTALAÇÃO DA IDE ARDUINO .....	159
4.2.1.2	INSTALAÇÃO DO DRIVER PARA A PLACA INTEL® GALILEO .....	162
4.2.1.3	PRÁTICA 1 - PROCEDIMENTOS .....	165

4.2.2	ESQUEMA DE MONTAGEM.....	166
4.2.3	CÓDIGO FONTE.....	166
4.2.4	COMENTÁRIOS .....	167
4.3	PRÁTICA 2: INTRODUÇÃO A LEITURA DE SENsoRES E TIPOS DE VARIÁVEIS ...	167
4.3.1	PROCEDIMENTOS.....	169
4.3.2	ESQUEMA DE MONTAGEM.....	169
4.3.3	CÓDIGO FONTE.....	170
4.3.4	COMENTÁRIOS .....	171
4.4	PRÁTICA 3: USO DE CHAVES/BOTÕES E CONTROLADORES DE FLUXO(CONDICIONAIS) 171	
4.4.1	PROCEDIMENTOS.....	171
4.4.2	ESQUEMA DE MONTAGEM.....	173
4.4.3	CÓDIGO FONTE.....	173
4.4.4	COMENTÁRIOS .....	175
4.5	PRÁTICA 4: USO DE LAÇOS DE REPETIÇÃO .....	175
4.5.1	PROCEDIMENTOS.....	175
4.5.2	ESQUEMA DE MONTAGEM.....	177
4.5.3	CÓDIGO FONTE.....	177
4.5.4	COMENTÁRIOS .....	181
4.6	PRÁTICA 5: USO DE VETORES, SHIFT REGISTER E TIPOS VARIADOS DE DADOS 181	
4.6.1	PROCEDIMENTOS.....	183
4.6.2	ESQUEMA DE MONTAGEM.....	183
4.6.3	CÓDIGO FONTE.....	184
4.6.4	COMENTÁRIOS .....	186
4.7	PRÁTICA 6: USO DE FUNÇÕES E SENSOR DE TEMPERATURA .....	186
4.7.1	PROCEDIMENTOS.....	187
4.7.2	ESQUEMA DE MONTAGEM.....	188
4.7.3	CÓDIGO FONTE.....	189
4.7.4	COMENTÁRIOS .....	191
4.8	PRÁTICA 7: USO DE STRUCTS, INTERRUPÇÃO DE HARDWARE E CIRCUITO DE DEBOUNCE DE SINAIS.....	191
4.8.1	PROCEDIMENTOS.....	192
4.8.2	ESQUEMA DE MONTAGEM.....	193
4.8.3	CÓDIGO FONTE.....	194
4.8.4	COMENTÁRIOS .....	198
4.9	PRÁTICA 8: PRÁTICA FINAL .....	198
4.9.1	ESQUEMA DE MONTAGEM.....	199
4.9.2	CÓDIGO FONTE.....	200
4.9.3	COMENTÁRIOS .....	206
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>208</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>211</b>

# LISTA DE FIGURAS

2.1	Níveis de aprendizagem no domínio cognitivo .....	9
2.2	Verbos de descrição de objetivos educacionais a serem usados em cada nível cognitivo.	10
2.3	Tela inicial do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivos educacionais.	10
2.4	Tela inicial do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivos educacionais, retângulo vermelho marcando a região onde o objetivo educacional definido é mostrado.	11
2.5	Definindo uma unidade de ensino.....	11
2.6	Definindo um objetivo de estudo para a unidade de estudo. ....	12
2.7	Retângulo amarelo destacando os níveis cognitivos. ....	12
2.8	Selecionando um verbo de um nível cognitivo. ....	13
2.9	Selecionando a amplitude do estudo a ser realizado. ....	13
2.10	Selecionando o recursos a ser utilizado para alcançar o obejtivo educacional especificado.....	14
2.11	Selecionando um produto a ser desenvolvido como atividade de masterização.....	14
2.12	Selecionando a quantidade de pessoas por grupo.....	15
2.13	Fluxo da metodologia de desenvolvimento de projeto <i>Cascata</i> .....	16
2.14	Papel <i>Product Owner</i> , metodologia <i>Scrum</i> .....	18
2.15	Metodologia Scrum, intersecção entre os papéis .....	18
2.16	Fluxo da metodologia Scrum .....	19
2.17	Fluxo de um Sprint dentro da metodologia Scrum.....	20
2.18	Percentagem dos conteúdos tratados na UnB e <i>California Institute of Tecnology</i> que podem ser ensinados utilizando a placa Galileo.....	23
2.20	Descrição dos pinos da placa Galileo - parte traseira[21] .....	24
2.19	Descrição dos pinos da placa Galileo - parte frontal[21] .....	24
2.21	Sinal PWM.....	27
2.22	Figura esquemática do processo de conversão analógico para digital.....	29
2.23	Figura esquemática do barramento serial I2C.....	30
2.24	I2C - Clock Stretching .....	31
2.25	Barramento SPI - Um <i>dispositivo mestre</i> para <i>dispositivos escravos</i> .....	32
2.26	Modelo simplificado de um dispositivo UART .....	34
2.27	Frame UART para transmissão de 1 byte .....	34
2.28	Modelo completo de um dispositivo UART .....	35
2.29	Organização da memória num sistema computacional .....	36
2.30	Estrutura da célula de memória SRAM.....	37

2.31	Estrutura da célula SRAM com dois inversores.....	37
2.32	Estrutura da célula de memória DRAM .....	38
2.33	Estrutura da célula de memória DRAM .....	40
2.34	Exemplo: Topologia Estrela USB .....	41
2.35	Pinos USB .....	42
2.36	JTAG monitorando a conexão de um CPU com uma FPGA .....	42
2.37	Máquina de estados - JTAG .....	43
2.38	Fluxo de dados num debug JTAG.....	43
2.39	Plataforma scrumdo: Formato dos quadros Scrum planejados para a disciplina <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i> .....	51
2.40	Plataforma scrumdo: Quadros Scrum criados e objetivos educacionais, segundo a Taxonomia de Bloom escritos <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i> .....	51
2.41	Plataforma scrumdo: Definição de sub-objetivos de um objetivo listado no <i>Product Backlog Algoritmos e Programação de Computadores</i> .....	52
2.42	Uso do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivo educacional para o nível <i>Conhecimento</i> .....	52
3.1	Exemplo de resistor utilizado em circuitos eletrônicos. ....	61
3.2	Simbolos de resistor utilizado em circuitos eletrônicos. ....	61
3.3	Como ler o códido de cores de um resistor. ....	62
3.4	Circuito Simples.....	63
3.5	Primeira Lei de Kirchoff. ....	64
3.6	Segunda Lei Kirchhoff. ....	65
3.7	Ligaçāo em série de n resistores. ....	65
3.8	Mesma corrente percorrendo resistores em série. ....	66
3.9	Componentes conectados em paralelo. ....	67
3.10	Junção N-P em um diodo.....	68
3.11	Símbolo Diodo.....	68
3.12	Relaçāo tensāo, corrente num diodo e suas regiões de operação .....	69
3.13	Modelo simplificado de um diodo em polarizaçāo direta.....	70
3.14	Protoboard. ....	71
3.15	Esquemático de um circuito e sua construçāo numa protoboard. ....	71
3.16	Modelo de um circuito divisor de tensāo .....	72
3.17	Símbolo de um potenciômetro. ....	73
3.18	Estrutura de um potenciômetro angular.....	74
3.19	Potenciômetro linear. ....	74
3.20	Formas de variaçāo da resistênciā em um potênciometro.....	75
3.21	Formas de uso de um potênciometro angular. ....	75
3.22	Circuito integrado de um joystick que utiliza dois potenciômetros para traduçāo de sua posicāo em tensāo. ....	76
3.23	Circuito esquemático de um circuito utilizando um joystick similar ao mostrado na Figura 3.22 com a placa Galileo.....	76

3.24 LDR .....	77
3.25 Símbolo do LDR .....	77
3.26 Gráfico LDR : Resistência X Luminância .....	78
3.27 Possível circuito a ser utilizado num sensor de luz .....	78
3.28 Circuito aberto. ....	79
3.29 Circuito fechado. ....	80
3.30 Símbolo de um interruptor. ....	80
3.31 Mini botões de pressão, de 2 e 4 pinos. ....	81
3.32 Circuito simples utilizando um botão de 4 pinos de contato .....	81
3.33 Esquema resumido: Série para Paralelo com um registrador de deslocamento.....	82
3.34 Cascata de <i>flip-flops</i> num registrador de deslocamento. ....	82
3.35 Pinagem Registrador de Deslocamento 74HC595.....	83
3.36 Sensor de Temperatura LM35. ....	85
3.37 Pinagem LM35. ....	85
3.38 Circuito sensor de temperatura feito com LM35 e com a placa Galileo.....	86
3.39 Estrutura básica de um capacitor .....	86
3.40 Circuito com um capacitor .....	87
3.41 Filtro RC.....	88
3.42 Evolução da tensão no capacitor e no resistor no tempo, num circuito RC.....	89
3.43 Diagrama de bode de um filtro RC. ....	89
3.44 Sinal com histerese. ....	90
3.45 Implementação de um inversor com histerese com amplificador operacional e diodos zener. ....	91
3.46 Inversor Schmitt trigger 74HC14 [34] - pinos. ....	92
3.47 Inversor Schmitt trigger 74HC14 [34] - diagramas lógicos.....	93
3.48 Inversor Schmitt trigger 74HC14 [34] - parâmetros eletrônicos e curva de histerese....	93
3.49 Fenômeno de <i>bouncing</i> de um sinal de um interruptor.....	94
3.50 Interrupções de rampa de subida causadas pelo fenômeno do <i>bouncing</i> . ....	94
3.51 Circuito para <i>debouncing</i> de um sinal de um interruptor.....	95
3.52 Resultado do uso do circuito de <i>debouncing</i> de um sinal de um interruptor.....	96
3.53 Estrutura esquemática de uma matriz de leds 8x8. ....	97
3.54 Pinos do circuito integrado MAX7219.....	98
3.55 Conexão dos pinos do MAX7219 à placa Galileo. ....	99
3.56 Placa matriz 8x8 + MAX7219. ....	99
3.57 Fluxograma de um programa escrito para Arduino. ....	101
3.58 Fluxograma de um programa escrito para Arduino.....	103
3.59 Etapas de interesse para a disciplina <i>Algoritmos e Programação de computadores</i> ....	104
3.60 Exemplo do processo de pré-processamento .....	104
3.61 Exemplo de substituição de macro no pré-processamento.....	105
3.62 Resumo do controle de fluxo de um programa .....	114
3.63 Sintaxe de uso do loop for. ....	121
3.64 Exemplo de uso do loop for. ....	121

3.65 Sintaxe comum de uso do loop while. ....	123
3.66 Sintaxe comum de uso do loop do-while. ....	125
3.67 Alocação de memória para um vetor declarado para N espaços de memória. ....	126
3.68 Endereço de memória e conteúdo de um vetor <i>v</i> de 8 espaços. ....	132
3.69 Após a atribuição do endereço do vetor ao ponteiro ptrInt. ....	132
3.70 Exemplo de aplicação da técnica de divisões sucessivas. ....	142
3.71 Fluxo normal de um programa com uma interrupção. ....	146
3.72 Interrupções de rampa de subida e descida. ....	147
3.73 Circuito associado à interrupção de rampa de subida. ....	147
3.74 Circuito associado à interrupção de rampa de descida. ....	148
3.75 Website - <a href="http://playground.arduino.cc/Code/Timer1">http://playground.arduino.cc/Code/Timer1</a> . ....	150
3.76 Download e instruções para instalação da biblioteca Timer1.....	150
3.77 GUI do Arduino aberta. ....	154
3.78 Caminho para a aba <i>Manage Libraries</i> .....	154
3.79 Janela <i>Manage Libraries</i> . ....	155
3.80 Resultado da busca por <i>LedControl</i> . ....	155
3.81 Clique no <i>Install</i> . ....	156
3.82 Biblioteca LedControl.h instalada. ....	156
4.1 Site para baixar a IDE do Arduino para programação em Galileo.....	160
4.2 Adicionando o Firmware para programar a placa Galileo. ....	160
4.3 Realizando o download do Firmware para programação da placa Galileo.....	161
4.4 Selecionando a placa Galileo. ....	161
4.5 Serial Galileo: Gadget Serial v2.4 .....	162
4.6 Site para download do Serial da placa <i>Galileo</i> .....	162
4.7 Atualizando o Driver para a placa Galileo .....	163
4.8 Selecionando o Driver baixado para atualização. ....	163
4.9 Selecionando a pasta onde se encontra o driver baixado.....	164
4.10 Driver atualizado.....	164
4.11 Selecionando a porta COM apropriada .....	165
4.12 Circuito da prática 1.....	166
4.13 Esquemático do circuito da prática 2.....	169
4.14 Circuito da prática 2 construído numa protoboard. ....	170
4.15 Esquemático do circuito da prática 3.....	173
4.16 Circuito da prática 3 construído numa protoboard. ....	173
4.17 Esquemático do circuito da prática 4.....	177
4.18 Circuito da prática 4 construído numa protoboard. ....	177
4.19 Esquemático do circuito da prática 5.....	183
4.20 Circuito da prática 5 construído numa protoboard. ....	184
4.21 Esquemático do circuito da prática 6.....	188
4.22 Circuito da prática 5 construído numa protoboard. ....	189
4.23 Esquemático do circuito da prática 7.....	193

4.24 Circuito da prática 7 construído numa protoboard. ....	194
4.25 Esquemático do circuito da prática 8.....	200
4.26 Circuito da prática 8 construído numa protoboard. ....	200

# LISTA DE TABELAS

2.1	Pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projetos <i>Cascata</i>	17
2.2	Pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projetos <i>Scrum</i> ..	21
2.3	Tabela com scores de avaliação das 5 melhores universidades do mundo e das 5 melhores universidades brasileiras.....	22
2.4	Tabela listando as disciplinas na UnB e na <i>California Institute of Technology</i> que possuem currículo similar a disciplina <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i> ...	22
2.5	Tabela listando parte dos conteúdos tratados pelas disciplinas na <i>California Institute of Technology</i> e na UnB e levantanto a questão da metodologia de ensino ser uma <i>metodologia ativa</i> e se tal conteúdo pode ser ensinado usando a placa Galileo. ....	23
2.6	Pinos Galileo[21] .....	25
2.7	Proposta de ementa .....	45
2.8	Scrum aplicado à <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i> .....	46
3.1	Tabela de leitura de valor e tolerância de um resistor.....	62
3.2	Resumo - Ligação em série X Ligação em paralelo.....	67
3.3	Tamanho e faixa de uso para os tipos básicos variáveis.....	108
3.4	Todos os Tipos de dados definidos pelo Padrão ANSI C, seus tamanhos em bytes e suas faixa de valores.....	109
3.5	Operadores relacionais.....	111
3.6	Operadores <b>E</b> , <b>OU</b> e <b>Negação</b> .....	112
3.7	Tabela verdade do operador <b>  </b> .....	112
3.8	Tabela verdade do operador <b>&amp;&amp;</b> .....	113
3.9	Tabela verdade do operador <b>!</b> .....	113
3.10	Tipos básicos e avançados ( destacados em vermelho) de variáveis. ....	130
4.1	Prática 1 - Tabela de descrição.....	159
4.2	Prática 2 - Tabela de descrição.....	168
4.3	Prática 3 - Tabela de descrição.....	172
4.4	Prática 4 - Tabela de Descrição.....	176
4.5	Prática 5 - Tabela de Descrição.....	182
4.6	Prática 6 - Tabela de Descrição.....	187
4.7	Prática 7 - Tabela de Descrição.....	192
4.8	Prática 8 - Tabela de Descrição.....	199

# LISTA DE SÍMBOLOS

## Símbolos Latinos

$A$	Área	$[m^2]$
$C_p$	Calor específico a pressão constante	$[kJ/kg.K]$
$h$	Entalpia específica	$[kJ/kg]$
$\dot{m}$	Vazão mássica	$[kg/s]$
$T$	Temperatura	$[^\circ C]$
$U$	Coeficiente global de transferência de calor	$[W/m^2.K]$

## Símbolos Gregos

$\alpha$	Difusividade térmica	$[m^2/s]$
$\Delta$	Variação entre duas grandezas similares	
$\rho$	Densidade	$[m^3/kg]$

## Grupos Adimensionais

$Nu$	Número de Nusselt
$Re$	Número de Reynolds

## Subscritos

$amb$	ambiente
$ext$	externo
$in$	entrada
$ex$	saída

## Sobrescritos

.	Variação temporal
$-$	Valor médio

## **Siglas**

ABNT      Associação Brasileira de Normas Técnicas

# Capítulo 1

## Introdução

A economia mundial está passando por uma grande revolução neste século. As bases econômicas de muitos países, outrora baseadas em *extração de matérias-primas* e *indústrias de transformação* de tais matérias primas, são agora baseadas em *conhecimento e transmissão de informação* [1]. O desenvolvimento tecnológico da Ciência da Computação é a principal responsável por tal revolução e todas Engenharias e Ciências Exatas são, direta ou indiretamente, influenciados por ela. Neste contexto, são fundamentais os conhecimentos e habilidades relacionadas a Ciência da Computação para o desenvolvimento de todas as Engenharias. Em especial, é importante a revisão da sua forma de ensino e aprendizagem para a realidade na qual vivemos atualmente.[2].

A educação como a conhecemos atualmente foi idealizada na Prússia, no final do século XVII. Tal modelo educacional é chamada de *aprendizagem centrada no professor* ou *aprendizagem passiva*. No modelo de *aprendizagem passiva*, os estudantes são meros receptores do conhecimento oriundo do professor. Tal modelo se adequou bem às

Hoje em dia, principalmente por causa da revolução engredada pela computação, boa parte das universidades no mundo já começaram a modificar seus paradigmas educacionais realizando uma transição da *aprendizagem passiva*) para o modelo de *aprendizagem ativa*) ou *aprendizagem centrada no aluno*). Nesse modelo, o estudante é o principal responsável pelas necessidades econômicas da época. Nessa época, era exigido do trabalhador habilidades ligadas à pura repetição e obediência[3]. Por sua aprendizagem e o professor é o orientador das experiências de ensino. Com esse modelo, tem-se conseguido obter altos índices de paradigmas ligados à criatividade, liderança, trabalho em equipe, gerenciamento e auto-gerenciamento além de um aumento substancial na motivação dos estudantes, visto que eles podem se apropriar verdadeiramente de seu processo de aprendizagem além de terem se mostrado prontos para a aprendizagem e ensino de conceitos ligados à computação[4].

A realidade da educação brasileira, no entanto, não tem acompanhado as tendências supracitadas. Técnicas eficientes de ensino de conhecimentos relacionados ao ensino de Ciências Exatas e Engenharia são parte estratégica para o desenvolvimento de qualquer país. Entretanto, as mudanças nos cursos de engenharia, no Brasil, em geral têm sido relacionadas a simples adição ou supressão de conteúdos, mas não uma revisão profunda das bases de ensino, levando em consideração as

transformações atuais[5].

Segundo o jornal *A Gazeta do Povo*, a taxa de evasão no curso de engenharia no Brasil é de aproximadamente 57% [6] e em geral a evasão ocorre nas partes iniciais dos cursos, onde os alunos têm seu primeiro contato com computação . Pode-se afirmar, tendo em vista essa estatística, que o paradigma educacional atual é o maior responsável pelo grande déficit de engenheiros qualificados no Brasil.

Com relação ao ensino de habilidades e conceitos de computação básica, no mundo se observa - não apenas no Brasil - que os estudantes usualmente têm grandes dificuldades de aprendizagem, que o conhecimento e aprendizagem dos alunos tende a se estagnar nos níveis mais rasos de entendimento, de forma que os conhecimentos não são interconectados, mas são apenas específicos ao contexto estudado[7] além de, muitas vezes, se sentirem desmotivados devido a fragmentação do conhecimento nas disciplinas[5, 4]. Tais problemas de aprendizagem também se mostram presentes nos profissionais que saem das faculdades. Boa parte dos profissionais, no Brasil, possuem formação deficiente. Não tem capacidade plenamente desenvolvida para serem *aprendizes-estudantes autônomos*. Tal habilidade é essencial para terem sucesso na economia mundial atual, que é centrada em conhecimento e informação[2].

Para realizar a transição entre o modelo *aprendizagem-passiva* para o modelo *aprendizagem-ativa* , muitas universidades já se utilizam de placas eletrônicas com microcontroladores como Arduino e similares[8]. Nas referências citadas, o ensino de computação básica aliada a projetos práticos tem alcançados grande aumento nos índices acadêmicos dos alunos e diminuição nas taxas de evasão.

Este trabalho tem como objetivo primário a proposta de um curso prático para a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores* utilizando a placa de desenvolvimento *Intel® Galileo* com dinâmicas pedagógicas próprias do paradigma de *aprendizagem-ativa* de formar a atacar os problemas elencados anteriormente de forma a propor uma disciplina factível a realidade da Universidade de Brasília (UnB).

## 1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é propor para a disciplina de *Algoritmos e Programação de Computadores* um modelo de curso prático de programação.

Busca-se, por meio desta proposta de curso, oferecer um modelo pedagógico mais eficiente para o ensino de programação na linguagem C e o básico de circuitos embarcados. Tal proposta tem como motivação buscar tratar do problema da usual baixa profundidade na aprendizagem de programação e o problema da desmotivação dos alunos, causada por diversos fatores, dentre eles a separação artificial entre as disciplinas.

Neste trabalho são expostas 8 aulas práticas que contêm uma explicação aprofundada de todos conceitos tratados no laboratório - tanto os conceitos diretamente ligados a programação na linguagem C, quanto os conceitos ligados a circuitos eletrônicos. Em todas descrições do plano de

laboratório são também sugeridas formas de organização pedagógicas para ampliar e aprofundar a aprendizagem dos alunos.

## 1.2 Apresentação do manuscrito

Neste manuscrito, é feito um estudo da teorias pedagógicas modernas, metodologias de desenvolvimento de projetos, currículos similares à disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores* e as características eletrônicas da placa Intel ® Galileo.

O objetivo de tais estudos é a proposta de um curso similar ao curso de *Algoritmos e Programação de Computadores* agregando a ela o ensino de eletrônica básica de forma torna o ensino mais dinâmico, amplo e sólido. O objetivo de tais proposta é, em primeiro lugar, adequar a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores* às habilidades e conhecimentos exigidos no século XXI e, em segundo lugar, fazer com que a qualidade do curso aumente de forma que o índice de desistência em cursos de engenharia diminua.

A organização deste documento é a seguinte: no capítulo 2 são apresentados: as teorias pedagógicas de aprendizagem ativa (seção 2.1.1) e aprendizagem por masterização (seção 2.1.2). Na seção 2.1.2, é apresentada uma ferramenta desenvolvida para auxílio na definição de objetivos educacionais. São apresentados também as metodologias de desenvolvimento e projetos em cascata (seção 2.2.1) e Scrum (seção 2.2.2).

Após esses capítulos, é feito um estudo de currículos similares à *Algoritmos e Programação de Computadores* nas 5 melhores do mundo e das 5 melhores universidades no Brasil verificando a possibilidade de revisão metodológica com a inclusão de uma placa de prototipagem similar a placa Intel ® Galileo (seção 2.3).

Após os estudos dos currículos similares à *Algoritmos e Programação de Computadores*, é apresentada a estrutura eletrônica da placa Intel ® Galileo (seção 2.4) em detalhes.

Finalmente, é apresentada a proposta de curso (Seção 2.5) tendo como fundamentação as teorias de aprendizagem ativa e aprendizagem por masterização sob a ótica de planejamento de projeto Scrum.

O capítulo 4 apresentada 8 práticas com a placa Galileo, partindo de conhecimentos iniciais até conhecimentos avançados de programação em C.

# Capítulo 2

## Revisão Bibliográfica

O objetivo deste capítulo é explicitar todos conceitos relevantes deste trabalho relativos a ensino e aprendizagem de Ciências Exatas e Engenharia e a estrutura detalhada da placa Intel® Galileu. Esses estudos servirão de base para a proposição um modelo de aula de programação básica para estudantes de graduação levando em conta os paradigmas de educação mais eficientes dentre os elencados.

### 2.1 Teorias Pedagógicas

Este trabalho tem como proposta a atualização dos curso de *Algoritmos e Programação de Computadores* seguindo as transformações atuais que apontam para métodos de ensino focados em *educação ativa*, Nesta seção, são apresentados:

- Estudo da teoria pedagógica de aprendizagem ativa focando na teoria de *aprendizagem por masterização*
- Estudo da metodologia SCRUM para desenvolvimento agil de projetos
- Estudo de currículos relacionadas a *Algoritmos e Programação de Computadores*

#### 2.1.1 Aprendizagem Ativa

A aprendizagem ativa é geralmente definida como qualquer método de instrução que envolve os alunos diretamente no processo de aprendizagem. Sob o método de aprendizagem ativa, é demandado dos alunos que eles façam atividades de aprendizagem significativas e constantemente reflitam sobre o que estão aprendendo, como estão aprendendo, dificuldades no processo e aplicações de tais conhecimentos[9].

Apesar dessa definição poder incluir atividades tradicionais como a lição de casa, na prática, aprendizagem ativa se refere a a atividades que são introduzidos na sala de aula. O principal

elemento da aprendizagem ativa são a atividade dos alunos e seu envolvimento no processo de aprendizagem.

A literatura indica que esse de modo de instrução possui efetividade similar à tradicional com relação a retenção de muitas informações fatuais a serem relembradas em curto espaço de tempo. Por outro lado, se o objetivo é facilitar a retenção de longo prazo, ajudar os estudantes a desenvolverem habilidades de raciocínio e resolução de problemas ou estimulá-los a aprender um conteúdo em específico a aprendizagem ativa é mais efetiva[10].

A aprendizagem ativa pode ser engredada de diversas formas, mas a mais tradicional é na forma de prática de laboratório. Segundo [11], a implementação de práticas laboratoriais é importante pelos seguintes quesitos:

- Com práticas laboratoriais, o estudante aprende a ser um investigador/experimentador.
- Por meio do laboratório, o estudante pode solidificar, ampliar e até aprender conceitos além dos propostos.
- O laboratório ajuda o estudante a ter discernimento da aplicação dos conceitos aprendidos no mundo real.

Os paradigmas mais utilizados na promoção da aprendizagem ativa são os seguintes:

## **1. Aprendizagem Baseada em Problema**

A Aprendizagem Baseada em Problemas é um método de aprendizagem no qual, inicialmente, o professor apresenta aos alunos, sem aula expositiva anterior, um problema o qual é sucedido por uma investigação em um processo de aprendizagem centrada no estudante. Junto com um ou mais professores facilitadores (tutores) para identificar e definir problemas correntes, desenvolver hipóteses para explicar o(s) problema(s), e explorar os conhecimentos preexistentes relevantes aos assuntos. Os estudantes estabelecem e exploram o que já conhecem e o que necessitam aprender de forma a progredir no entendimento do(s) problema(s). Os elementos chave do Aprendizagem Baseada em Problema são a formulação de questões que podem ser exploradas e respondidas através da investigação sistemática e auto-dirigida e o teste e a revisão das hipóteses, pela aplicação dos conhecimentos recentemente adquiridos. Essenciais ao processo são a discussão ativa, a análise dos problemas, das hipóteses, dos mecanismos e dos tópicos de aprendizagem, os quais capacitam os estudantes a adquirir e aplicar conhecimentos e a colocar em prática as habilidades de comunicação individual e do grupo, críticas para o ensino/aprendizagem.

## **2. Aprendizagem Baseada em Projetos**

Aprendizagem Baseada em Projeto ou Aprendizagem por Projeto é uma abordagem pedagógica de caráter ativo que enfatiza as atividades de projeto e tem foco no desenvolvimento de competências e habilidades. Assenta-se sobre a aprendizagem colaborativa e a interdisciplinariedade.

Pode-se dizer, pela natureza do que é um projeto, que a Aprendizagem Baseada em Projeto é um conjunto de aprendizagens interligadas realizadas por meio da Aprendizagem Baseada em Problema, citada anteriormente. Além de todas características da Aprendizagem Baseada em Problemas, a Aprendizagem Baseada em Projetos também oferece ao aluno aprendizagem mais profunda nos seguintes quesitos:

**Desenvolvimento de habilidades para o século 21:**

**Desenvolvimento expírito de exploração:**

**Organizar-se em torno de questões abertas:**

**Incluir processos de revisão e reflexão:**

**Apresentar-se para um público:**

Os resultados de se utilizar as metodologias de aprendizagem ativa são excelentes [12]. Entretanto, a aplicação de tais metodologias é complexa. Alguns dos principais desafios ao se utilizar o paradigma de instrução ativa é conseguir envolver todos os estudantes em atividades produtivas sem sacrificar tempo e recursos importantes no ensino dos conteúdos da disciplina em questão.

## **2.1.2 Aprendizagem por masterização**

### **2.1.2.1 Introdução**

Esta seção trata do paradigma de aprendizagem por masterização e da Taxonomia de definição de objetivos educacionais propostas por Benjamin S. Bloom. Além disso, é descrito um aplicativo, desenvolvido do ambiente de programação QT, cujo objetivo é auxiliar a definição de objetivos educacionais de forma mais clara e precisa.

*Aprendizagem por Masterização* é uma metodologia de ensino proposta por Benjamin S. Bloom em 1968 juntamente com uma Taxonomia própria. Essa metodologia se baseia nas pesquisas de Bloom relacionadas aos *níveis cognitivos de aprendizagem*.

Como mostrado na seção 2.1.2.2, Os níveis cognitivos de aprendizagem são crescente do mais simples ao mais complexo. Isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior. Ao ensinar uma turma sob o paradigma da masterização, a maioria dos alunos (80 a 90%) deve ter masterizado a habilidade proposta para que outro conteúdo possa ser tratado.

Só após conhecer um determinado assunto, alguém poderá compreendê-lo e aplicá-lo. Nesse sentido, a taxonomia proposta não é apenas um esquema para classificação, mas uma possibilidade de organização hierárquica dos processos cognitivos de acordo com níveis de complexidade e objetivos do desenvolvimento cognitivo desejado e planejado.

Os processos categorizados pela Taxonomia dos Objetivos Cognitivos de Bloom, além de representarem resultados de aprendizagem esperados, são cumulativos, o que caracteriza uma relação de dependência entre os níveis e são organizados em termos de complexidades dos processos mentais.

Encerrando um modo de utilização bastante prático, uma vez que permite, a partir da utilização de uma tabela Domínio Cognitivo perceber qual o verbo a utilizar / aplicar, em função do comportamento esperado, organizando os objectivos de aprendizagem em seis níveis, os quais são, por ordem crescente de complexidade os seguintes.

A metodologia de aprendizagem sob masterização se baseia sob 2 crenças fundamentais:

1. Virtualmente todos estudantes podem aprender todos conteúdos acadêmicos importantes ao nível de excelência
2. A função primária das escolas é definir objetivos de aprendizagem e ajudar todos estudante a alcançá-los.

Para que um curso baseado em masterização tenha sucesso, são seguintes características são mandatórias:

- Indicar claramente objetivos e metas instrucionais.
- Garantir clara ligação entre objetivos, ensino e testes.
- Comunicar grandes expectativas de sucesso aos alunos.
- Unidades de ensino pequenas e sequenciadas.
- Manter o ciclo básico de ensino-teste-correção-teste.
- Predefinir os padrões de maestria de conhecimento.
- Manter registros claros e atualizados de progresso dos alunos de forma comprehensível para os estudantes para fornecer feedback imediato.
- Comprometimento ao desenvolvimento da equipe nas práticas de *masterização*.

A chave para a eficácia do método de aprendizagem por masterização reside na disponibilização sistemática e uso de testes e instruções corretivas. corretiva.

Instrução corretiva, por sua própria natureza, deve ser direcionada a alunos pessoalmente e em portanto a problemas e dificuldades pessoais. Este processo será flexível em termos de:

- a) Tempo: O tempo necessário, nas unidades iniciais, para utilização de instruções corretivas irá reduzir tal necessidade em unidades futuras e mais complexas, permitindo que a turma, possa, em sua maioria, atingir o nível de masterização.
- b) Estratégias de Grupo:

As estratégias de agrupamento devem incluir a instrução grupo inteiro, aulas em grupo pequeno,tutoria entre pares, e tutoria individual. As decisões serão tomadas à luz dos testes de formação e recursos disponíveis. O agrupamento de alunos para corretivos será depende

unicamente no feedback de teste de formação com permissão de movimento de maestria para subgrupos de não-mestria, caso seja identificada a necessidade. A associação a grupos não deve permanecer constante.

- c) Variedade: Os professores e instrutores devem possuir uma gama diversificada de teste e instruções corretivas. Estudantes que masterizaram o conteúdo no primeiro teste formativo, devem ser envolvidos em atividades de ampliação de conhecimento no mesmo conteúdo masterizado, preferencialmente, e em atividades de tutoria em par para estudantes que ainda não masterizarão o conteúdo.

O fluxo da metodologia de masterização é o seguinte:

**1. Definição de objetivos educacionais:** Neste ponto, os objetivos educacionais são determinados pelo professor usando um currículo especificado ou não. Tanto professor quanto alunos devem compreender e focar nos objetivos especificados.

**2. Ensino:** Inicialmente, uma turma seguindo a metodologia de masterização se assemelhará com a metodologia tradicional. O material poderá ser apresentado via aulas, apresentações, demonstrações, discussões ou qualquer forma que o professor considerar mais conveniente. As duas características mais importantes de diferenciação em sala de aula da teoria de masterização em relação a teoria tradicional rapidamente devem ser evidenciados. A primeira característica é a seguinte: **O objetivo de cada aula deve ser claramente exposto.** A segunda característica é a seguinte: **O professor deve explicitar aos estudantes que ele acredita que todos estudantes podem aprender bem o material e espera que eles assim o façam.**

**3. Primeiro teste formativo:**

Depois que todo material foi passado (o que pode levar um dia ou várias semanas), o professor realiza o teste formativo para verificar a aprendizagem dos alunos. Esse teste não conta como nota para graduação final. Ele serve para que tanto professor quanto alunos saibam onde mais trabalho é necessário. Esse passo é necessário para a existência de feedback contínuo e identificação de erros na dinâmica de grupo.

**4. Alternativas de aprendizagem:**

Após o primeiro teste formativo, é fornecido aos estudantes alternativas de aprendizagem. Aquelas que tiveram problemas no teste formativo serão reensinadas de formas diferentes para corrigir os erros. Aquelas que já masterizaram o material participarão de atividades de enriquecimento e/ou ajudarão os estudantes que não masterizaram o conteúdo.

**5. Segundo teste formativo (ou reteste):**

Depois que as alternativas de aprendizagem foram concluídas, o professor deve realizar um segundo teste relacionando ao mesmo material. Assumindo que após isso, a maioria dos estudantes pode masterizar o material, então, a turma está pronta para o processo de conteúdo e o fluxo volta para o primeiro ponto da enumeração.

## 6. Teste geral:

Esse teste deve ser realizado após a masterização de um número predeterminado de unidades.

Esse teste informará ao professor e estudantes o que foi aprendido até então

### 2.1.2.2 Taxonomia dos objetivos educacionais - Taxonomia de Bloom

A taxonomia dos objetivos educacionais (Taxonomia de Bloom) é um modelo de estruturação de objetivos educacionais segundo níveis hierárquicos e crescentes de níveis de aprendizagem. A taxonomia de Bloom foi planejada para três domínios distintos de aplicação [13]. São eles:

- Domínio cognitivo, cuja abrangência é a aprendizagem intelectual.
- Domínio afetivo, cuja abrangência está ligado aos aspectos de sensibilização, socialização e graduação de valores
- Domínio psicomotor, cuja abrangência está ligada a habilidades de execução de tarefas que envolvem o aparelho motor.

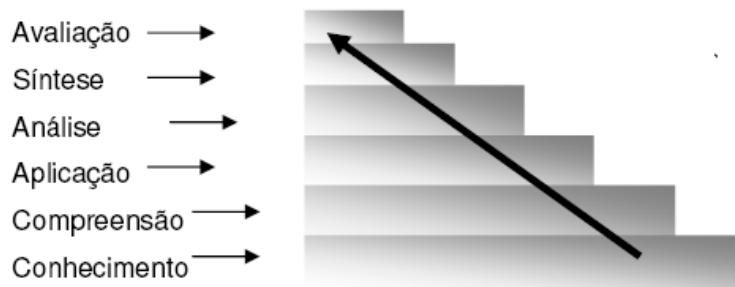


Figura 2.1: Níveis de aprendizagem no domínio cognitivo

Cada um destes domínios tem diversos níveis de profundidade de aprendizado. Por isso a classificação de Bloom é denominada hierarquia: cada nível é mais complexo e mais específico que o anterior como mostrado na Figura 2.1.

Os níveis cognitivos de Bloom são usados para definir *objetivos educacionais* de forma precisa. A Figura 2.2 mostra os verbos a serem usados para se definir objetivos educacionais para cada dos níveis citados de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Um objetivo educacional definido segundo a taxonomia de Bloom segue o seguinte padrão:

"O(s) aluno(s) será(ão) capaz(es) de (**Verbo próprio do nível cognitivo considerado**) (**Conteúdo estudado**)."

Um exemplo de aplicação para o caso de primeiro nível cognitivo, no estudo de equações diferenciais:

"O aluno será capaz de **definir** o que são **equações diferenciais**."

	<b>COMPREENSÃO</b>	<b>APLICAÇÃO</b>	<b>ANÁLISE</b>	<b>SÍNTSE</b>	<b>AVALIAÇÃO</b>	
<b>CONHECIMENTO</b>	Apontar Arrolar Definir Enunciar Inscriver Marcar Recordar Registrar Relatar Repetir Sublinhar Nomear	Descrever Discutir Esclarecer Examinar Explicar Expressar Identificar Localizar Narrar Reafirmar Traduzir Transcrever	Aplicar Demonstrar Dramatizar Empregar Ilustrar Interpretar Inventariar Manipular Praticar Tracar Usar	Analisar Calcular Classificar Comparar Contrastar Criticar Debater Diferenciar Distinguir Examinar Provar Investigar Experimentar	Armar Articular Compor Constituir Coordenar Criar Dirigir Reunir Formular Organizar Planejar Prestar Propor Esquematizar	Ajuizar Apreciar Avaliar Eliminar Escolher Estimar Julgar Ordenar Preferir Selecionar Taxar Validar Valorizar

Figura 2.2: Verbos de descrição de objetivos educacionais a serem usados em cada nível cognitivo.

### 2.1.2.3 Programa desenvolvido em QT para auxílio na definição de objetivos educacionais

Para este trabalho, foi criado um aplicativo na plataforma de programação QT® para facilitar a definição de objetivos educacionais de acordo com a Taxonomia de Bloom.

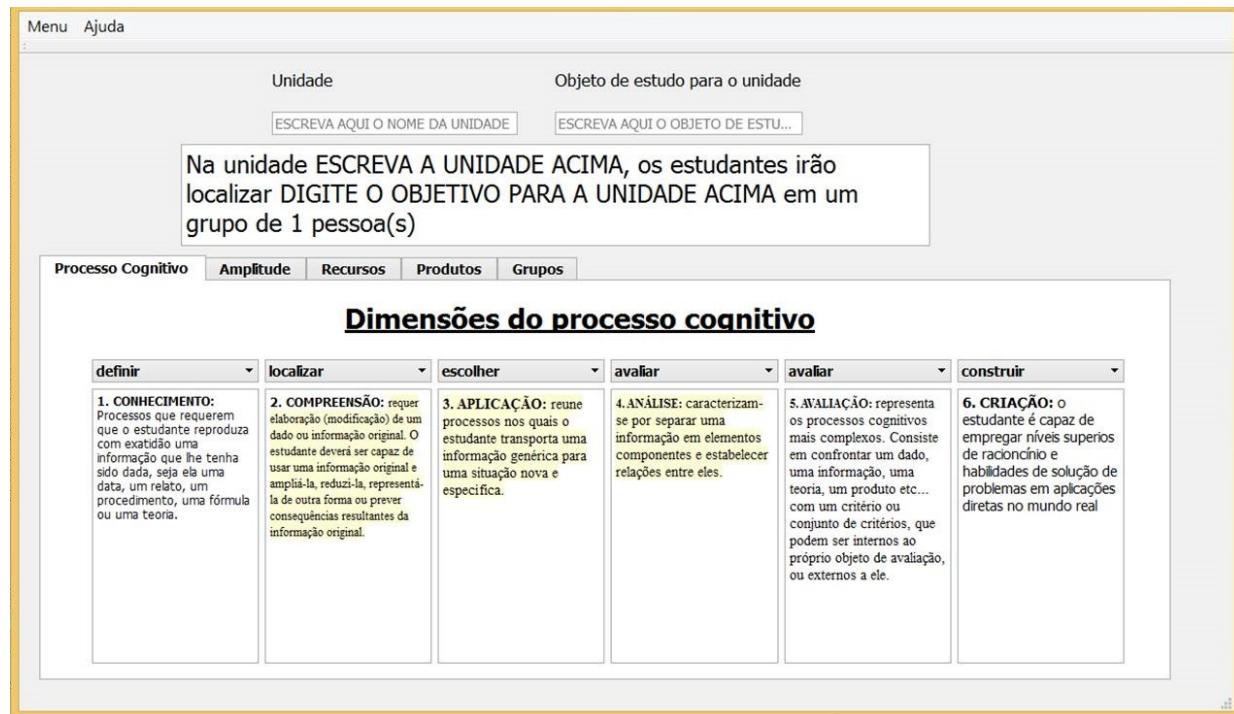


Figura 2.3: Tela inicial do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivos educacionais.

A Figura 2.3 mostra a tela inicial do aplicativo desenvolvido. Na região de inserção de texto Descrita por **Unidade**, deve-se escrever de qual unidade de ensino se está tratando. Na região textual central, marcada na Figura 2.4, é mostrado resultado do objetivo educacional definido.

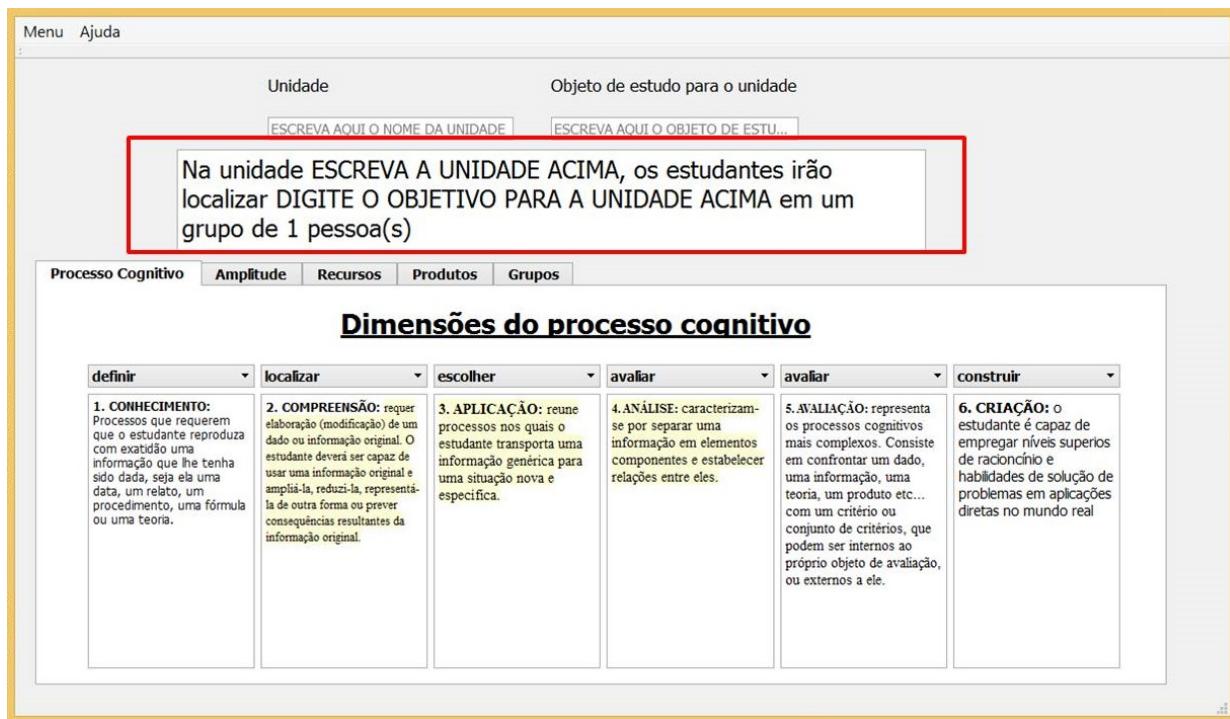


Figura 2.4: Tela inicial do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivos educacionais, retângulo vermelho marcando a região onde o objetivo educacional definido é mostrado.

A Figura 2.5 mostra o resultado, na região textual central , da definição do **Unidade**.

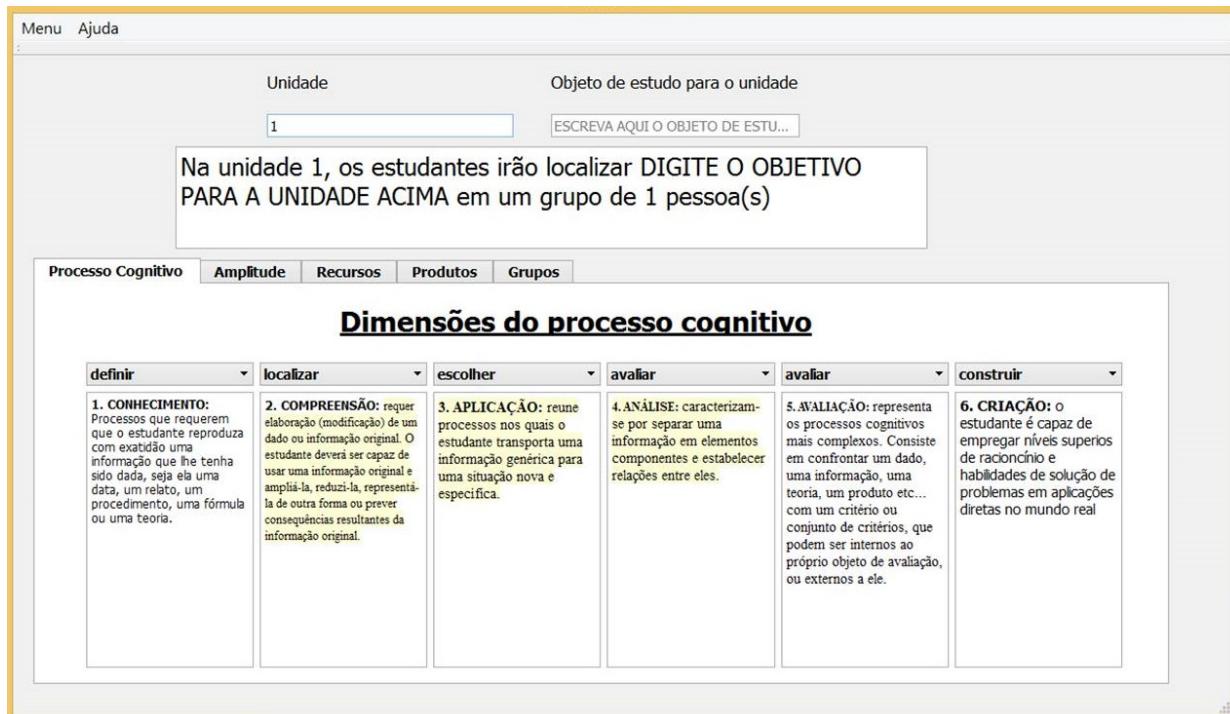


Figura 2.5: Definindo uma unidade de ensino.

A Figura 2.6 mostra o resultado, na região textual central , da definição do **Objeto de estudo** específico para a **Unidade** definida.

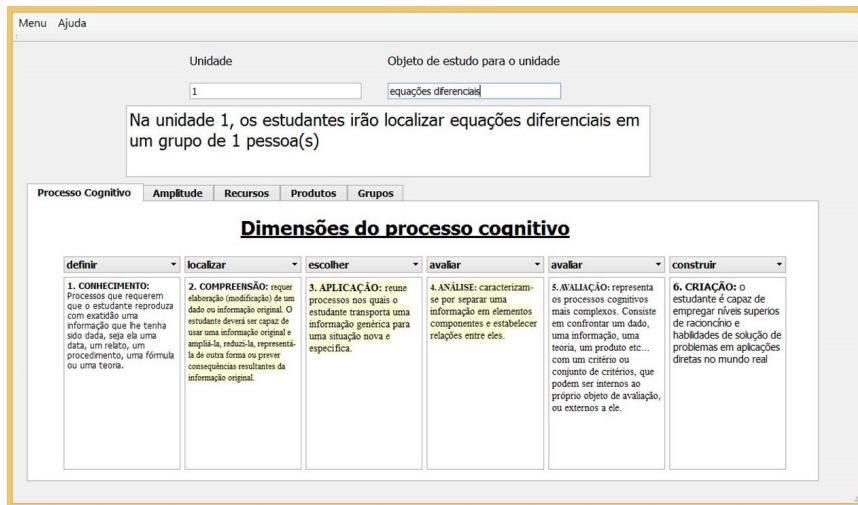


Figura 2.6: Definindo um objetivo de estudo para a unidade de estudo.

A Figura 2.7 mostra os níveis do processos cognitivos da Taxonomia de Bloom.

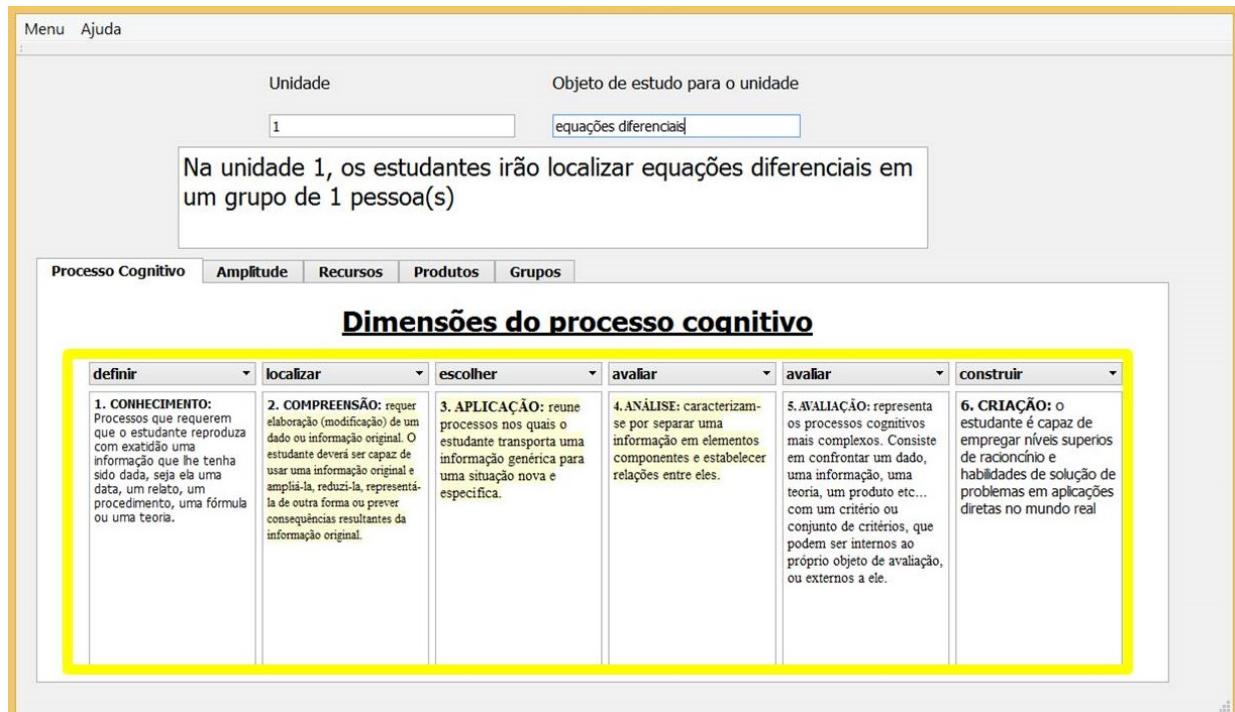


Figura 2.7: Retângulo amarelo destacando os níveis cognitivos.

Cada *Combo-box* mostrado possui os verbos associados a cada nível cognitivo. Quando um verbo é selecionado, o objetivo educacional exposto na região retangular é alterado, como exposto na Figura 2.8.

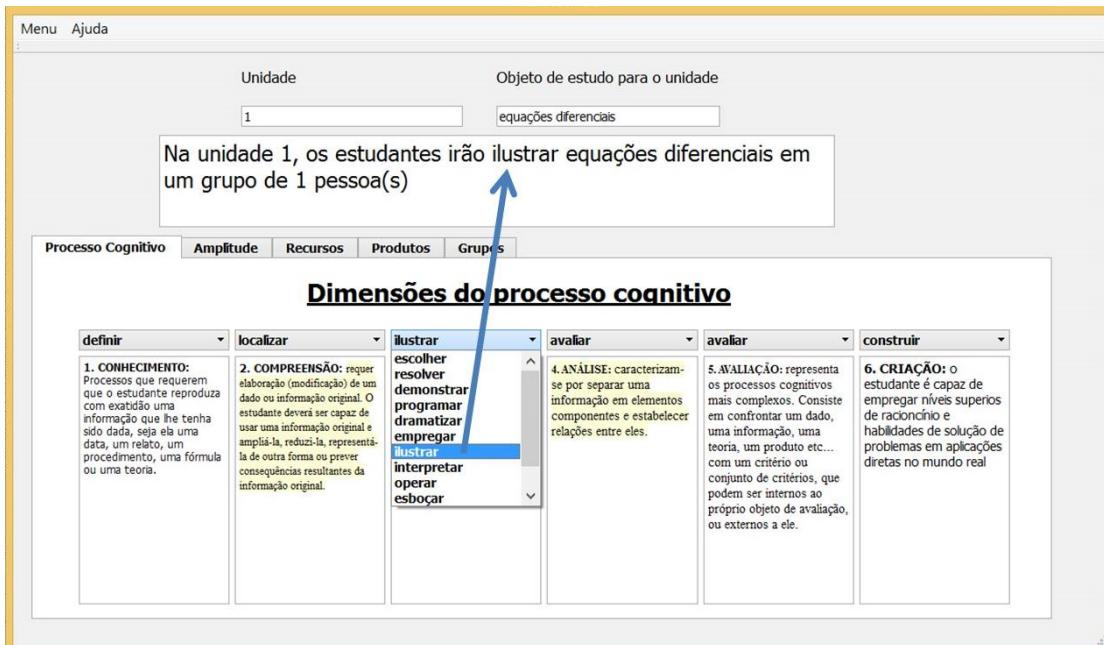


Figura 2.8: Selezionando um verbo de um nível cognitivo.

Na aba *Amplitude*, são selecionados modificadores para especificação do objetivo educacional. A Figura 2.9 mostra o uso do modificador para alterar o objetivo educacional adicionando o modificador "o objetivo geral".

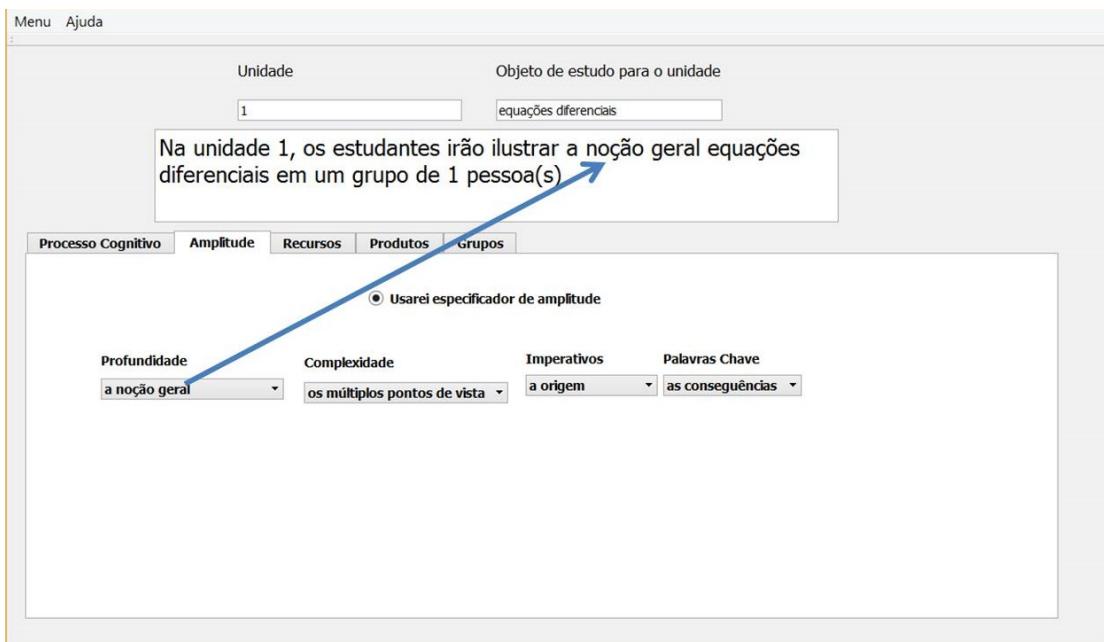


Figura 2.9: Selezionando a amplitude do estudo a ser realizado.

Na aba *Recursos*, são especificados recursos com os quais os estudantes realizarão atividades em direção à masterização do conteúdo. A Figura ?? mostra o uso do especificador para alterar o objetivo educacional adicionando o recurso "livro".

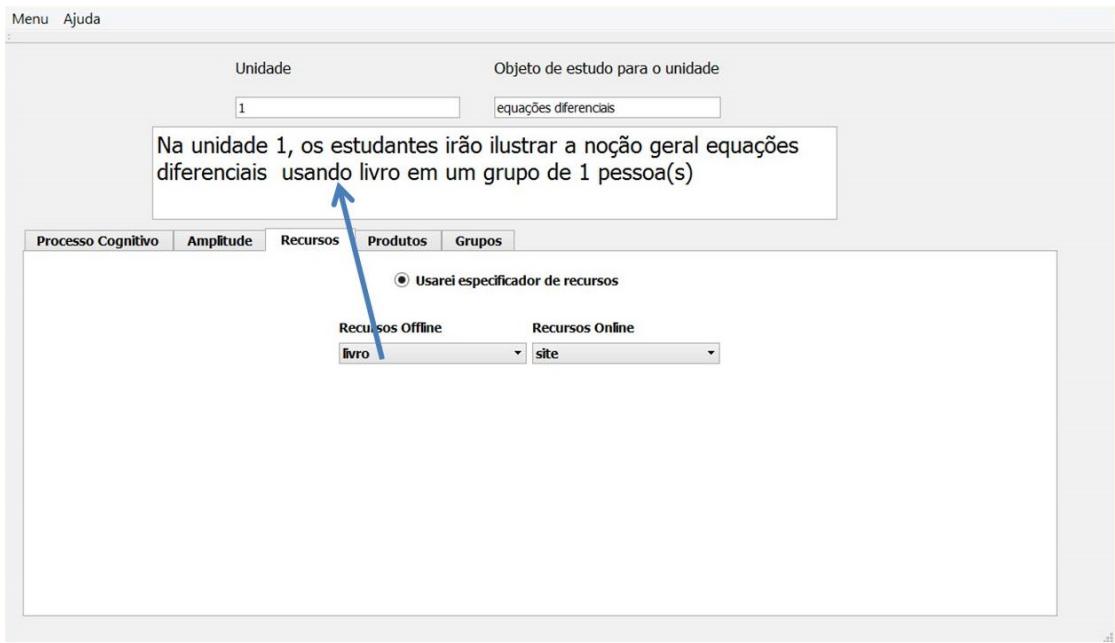


Figura 2.10: Selecionando o recursos a ser utilizado para alcançar o obejtivo educacional especificado.

Na aba *Produtos*, é especificado o que os alunos desenvolverão para atingir o objetivo educacional especificado. A Figura 2.11 mostra o uso do especificador de produto a ser desenvolvido para alterar o objetivo educacional adicionando o objetivo de produzir um "artigo".

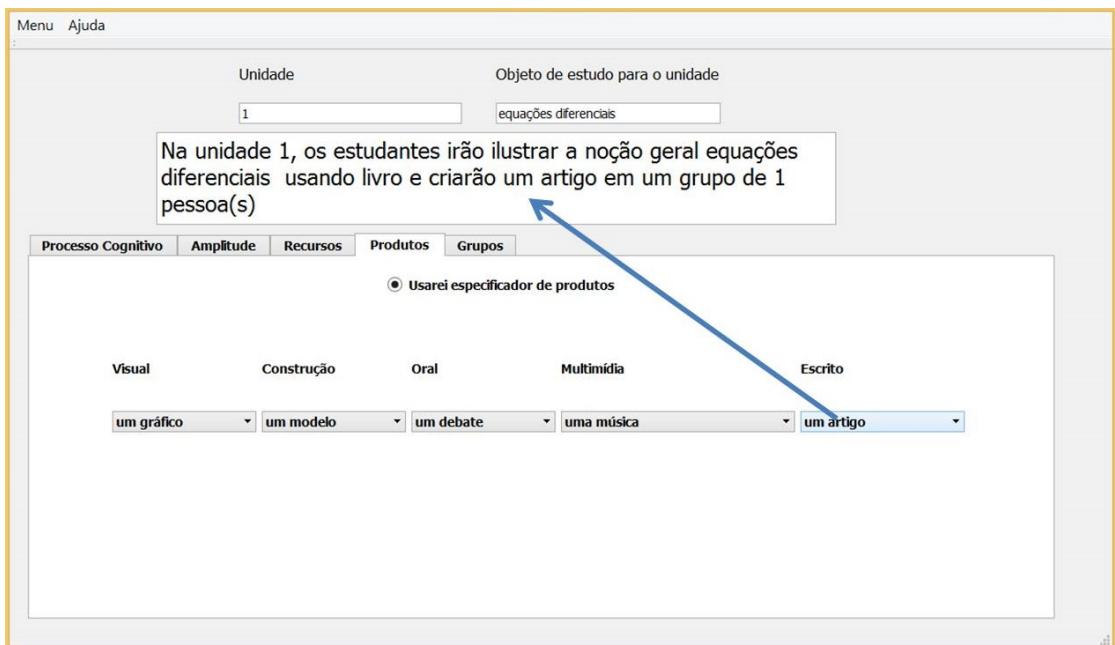


Figura 2.11: Selecionando um produto a ser desenvolvido como atividade de masterização.

Finalmente, na aba *Grupos*, é especificado a quantidade de alunos por grupo que realizarão, conjuntamente as atividades de masterização. A Figura 2.12 mostra a alteração da quantidade de

pessoas por grupo para, por exemplo, 4 pessoas.

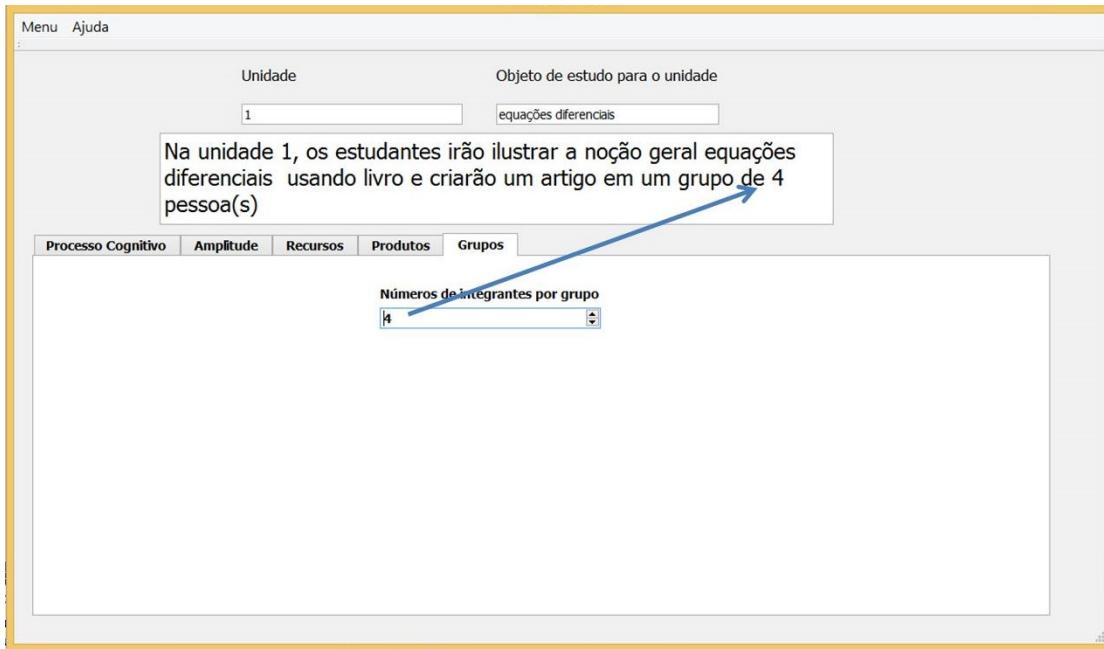


Figura 2.12: Selecionando a quantidade de pessoas por grupo.

## 2.2 Metodologias para desenvolvimento de projetos

Scrum é um metodologia ágil de desenvolvimento de projeto que surgiu no contexto de engenharia de software. O termo ágil se aplica nesse contexto para ser um contraste a metodologia em *Cascata* (metodologia clássica) de desenvolvimento de projetos de software. Enquanto na metodologia *Cascata*, foca-se principalmente em *processos* e na obediência a eles, na metodologia Scrum, foca-se na *melhora contínua* e *entrega constante de valor*.

Apesar de suas origens, tanto a metodologia em *Cascata* com o *Scrum* são amplamente utilizados no mais diversos campos.

Nesta seção, descreve-se rapidamente a metodologia de desenvolvimento de projetos *Cascata*, para depois apresentar uma descrição detalhada da metodologia de desenvolvimento de projetos *Scrum*, a qual é a metodologia a ser aplicada no curso *Algoritmos e Programação de Computadores* proposto.

### 2.2.1 Metodologia Cascata

A Figura 2.13 mostra um breve resumo das fases que devem ser obedecidas na metodologia de desenvolvimento de projetos *Cascata*. São elas:

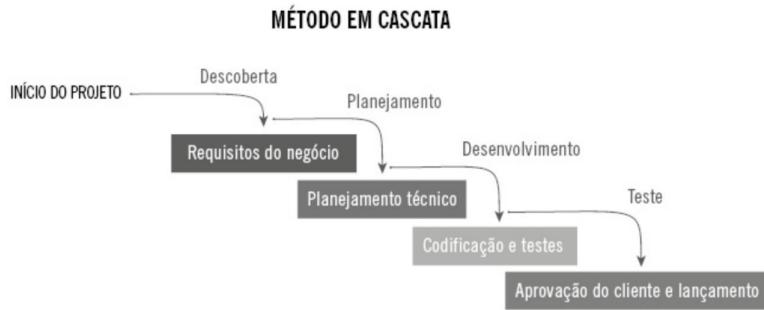


Figura 2.13: Fluxo da metodologia de desenvolvimento de projeto *Cascata*

1. Análise e descoberta de requisitos de negócio
2. Planejamento de produto (Design)
3. Implementação (codificação)
4. Testes
5. Entrega do produto ao cliente (instalação)
6. Manutenção

Todas etapas mostradas nessa figura são sequenciais planejadas extensivamente pela equipe de projeto, produzindo, nesse intervalo entre etapas, um conjunto amplo de documentos.

Muitos argumentam que a metodologia em *Cascata* torna o desenvolvimento do projeto muito engessado [14]. Os pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projeto *Cascata* são mostrados na tabela 2.1.

O principal problema, pontuado por pesquisadores [15], quanto à metodologia *Cascata*, é, como mostrado na tabela 2.1 a falta de dinamicidade, especialmente quanto a definição de pre-requisitos de projeto. Uma vez que a primeira fase do projeto, colhimento de requisitos, é concluída, não mais os requisitos são revistos. Isso causa, muitos problemas de retrabalho, em especial, nas fases finais e atrasos grandes.

### 2.2.2 Metodologia Scrum

A metodologia *Scrum* de gerenciamento de projeto surgiu como contraste à metodologia *Cascata* tratada na seção 2.2.1 sendo uma metodologia ágil de desenvolvimento de projetos.

A metodologia Scrum é uma metodologia a ser desenvolvida em pequenas equipes, chamadas *Time ou Equipe Scrum* e suas principais características são a revisão frequente dos **requisitos de projeto**, a melhora contínua e o **acréscimo de valor direto** acima da obediência a cronogramas e processos (Próprios de metodologias similares a metodologia Cascata).

Os papéis, na metodologia Scrum, são os seguintes:

Tabela 2.1: Pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projetos *Cascata*

Pontos positivos	Pontos negativos
Documentação detalhada	Começo de projeto lento
Requerimentos de projeto totalmente colhidos e acordados no início do projeto	Requerimentos fixos e dificilmente modificáveis
O projeto pode ser desenvolvido por pessoas ainda inexperientes.	Sem acompanhamento do projeto pelo cliente e outros stakeholders até o projeto estar concluído
Número de defeitos reduzido por meio de planejamento e desenvolvimento mais rigoroso	Pouca flexibilidade para mudar a direção e modus-operandi do projeto.
Início e fim de cada estágio plenamente definidos, permitindo acompanhamento mais eficiente do progresso.	Clientes e Stakeholders possivelmente podem alterar os requisitos de projeto após a fase de início de projeto

- **Scrum Master:** O *Scrum Master* é o responsável por manter a *Equipe Scrum* nas diretrizes do processo Scrum. Ele deve treinar e orientar os demais participantes. Além disso, ele é responsável por proteger a equipe Scrum de pertubações externas alheias ao projeto incentivando tal equipe na tomada de decisões para torná-la progressivamente mais autogerenciável. Com relação a todos envolvidos no projeto, além da equipe Scrum, o *Scrum Master* deve zelar pela visibilidade do progresso do projeto para que a verificação e gerência sejam processos compartilhados.
  - **Product Owner:** O *Product Owner* é representado a "voz do cliente". Como a Figura 2.14 mostra, o *Product Owner* atua como "ponte" entre a equipe desenvolvimento e os *Stakeholders* (*Pessoa com interesse direto no produto*). Ele deve entender as necessidades e prioridades dos *Stakeholders* e passar claramente os ***critérios de aceitação*** para a equipe de desenvolvimento
  - **Equipe Scrum:** As equipes Scrum são auto-organizadas e multidisciplinares. Como tal, ela deve escolher a melhor forma de desenvolver seus trabalhos ao invés de serem comandadas por outros de fora da equipe. Equipes multidisciplinares possuem todas as competências necessárias para desenvolverem seus trabalhos sem dependerem de outros que não fazem parte da Equipe Scrum. O modelo da Equipe Scrum é desenvolvido para otimizar a flexibilidade, criatividade e produtividade.
- Equipes Scrum entregam produtos iterativamente e incrementalmente maximizando a oportunidade de feedback. Entregas incrementais de produto "pronto" garantem que uma versão do produto potencialmente utilizável está sempre disponível para uso.

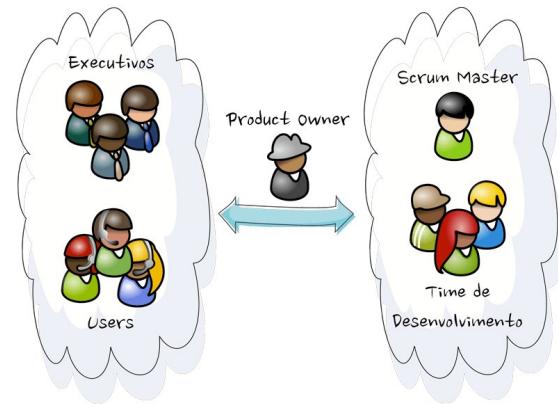


Figura 2.14: Papel *Product Owner*, metodologia *Scrum*

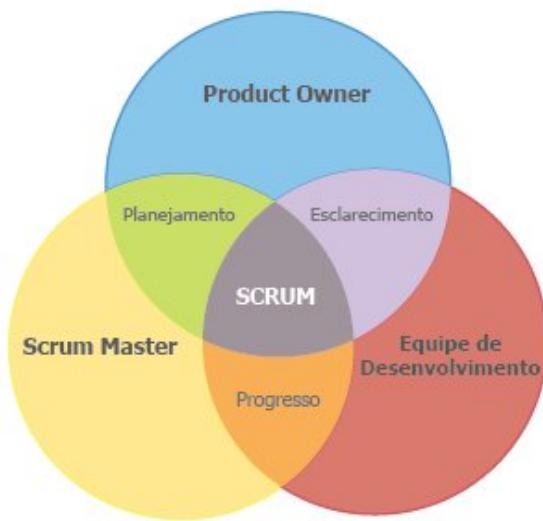


Figura 2.15: Metodologia Scrum, intersecção entre os papéis

A Figura 2.15 mostra a intersecção entre os papéis da metodologia Scrum de acordo com suas respectivas tarefas.

A Figura 2.16 mostra em resumo o fluxo a ser estabelecido na metodologia Scrum. Tal fluxo segue a seguinte enumeração:

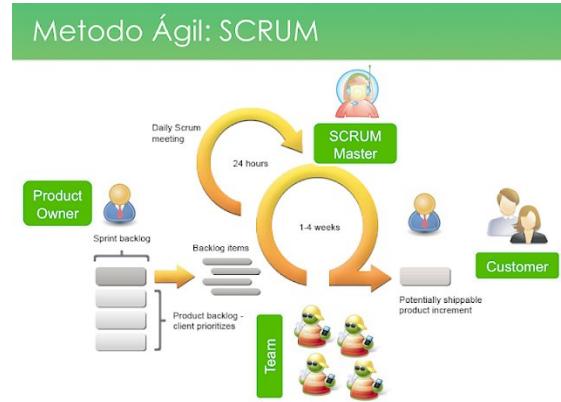


Figura 2.16: Fluxo da metodologia Scrum

- **Fase 1 - Início:** Para a fase inicial de um projeto Scrum, devem se desenvolvidas as seguintes passos:

**1.1) Criar Visão de Projeto:** Descrição da necessidade ou desejo dos clientes e as características do produto que resolvem as necessidades. Sendo elas necessidades relacionadas a:

**Características funcionais:** Características que descrevem uma funcionalidade direta do produto.

**Características não funcionais:** Características ligadas a eficiência e eficácia do produto ao realizar uma de suas características funcionais.

1.2) Para descrever as necessidades ou desejo dos clientes, devem ser criadas *User Stories* no formato: "Como um (*Tipo de Usuário*), eu quero, poder fazer (*Característica Funcional*)".

- **Fase 2 - Plano de Projeto e Estimações:**

2.1) Critérios de aceitação são criados (a ser feito pelo Product Owner juntamente com o Scrum Team).

2.2) Scrum Master e time estimam o esforço necessário para desenvolver as User Stories.

2.3) Scrum master e time se comprometem a desenvolver o produto de acordo com as Epics (Conjunto de User Stories) e critérios de aceitação.

2.4) User Stories são divididas em subtarefas para criar uma Task List.

2.5) Time Scrum se reune para decidir quais tarefas serão realizadas na Sprint (Sprint Backlog).

- **Fase 3 - Implementação:**

Na fase de implementação, o trabalho é dividido em ciclos curtos de trabalho, de 1 a 4 semanas de duração, como mostrado na Figura 2.17. Esse ciclos são chamados de *Sprints*. Cada Sprint tem sua lista de tarefas (*Task List*) própria.

As responsabilidades da Equipe Scrum na Fase 3, são as seguintes:

- 3.1) Criar os "entregáveis" do SPRINT.
- 3.2) Realizar reuniões diárias rápidas de no máximo 15 minutos para discutir problemas e progresso.
- 3.3) Atualizar o quadro Scrum de ( A FAZER , FAZENDO, FEITO) a cada dia de trabalho.

- **Fase 4 - Revisão e Retrospecto :**

A fase de *Revisão e Retrospecto* é realizada ao final de cada Sprint. As responsabilidades da equipe Scrum na Fase 4 são"

- 4.1) Os entregáveis do Sprint são mostrados para os Stakeholders.
- 4.2) Essas reuniões são feitas para garantir a aprovação do produto desenvolvido e fazer os ajustes necessários o mais rápido possível.
- 4.3) O Scrum Master e o time Scrum se reunem para discutir o que foi aprendido no Sprint.
- 4.4) Informação é documentada para futuros Sprints.

Após a conclusão dessas 4 fases, o projeto Scrum chega a sua finalização. As informações colhidas a cada Sprint são guardadas para projetos Scrum futuros.

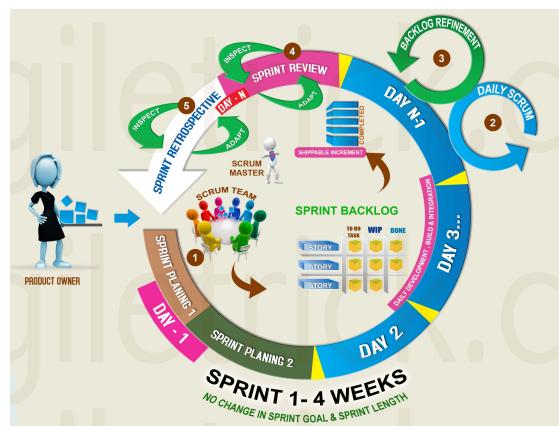


Figura 2.17: Fluxo de um Sprint dentro da metodologia Scrum

Fonte: agilelucero.com

A tabela 2.2 faz um resumo dos pontos positivos e negativos próprios de metodologias ágeis de desenvolvimento de projeto, como a metodologia Scrum.

Tabela 2.2: Pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projetos *Scrum*

Pontos positivos	Pontos negativos
Início rápido, entrega de produto realizada incrementalmente com revisão de clientes e feedback frequentes	Muitas vezes, o planejamento Scrum pode ser interpretado como mau-planejado e indisciplinado
Verificação frequente da evolução dos requerimentos do cliente	Necessita de um time altamente qualificado e pronto a interagir com clientes diretamente
Resposta rápida a mudanças	É necessário um alto nível de envolvimento dos clientes no projeto.
Menos retrabalho a ser feito, por causa do envolvimento do cliente, testes contínuos e feedback frequente.	Falta de planejamento de longo prazo detalhado
Comunicação de tempo real entre time de desenvolvimento e clientes	Pouca documentação produzida

## 2.3 Algoritmos e Programação de Computadores

### 2.3.1 Introdução

Este capítulo é destinado ao estudo da importância da computação no contexto do ensino e aprendizagem de ciências exatas. É apresentado neste capítulo um breve estudo de currículos das melhores universidades mundiais e as melhores universidades brasileiras.

Tomando o que foi apresentado nas seções anteriores a este capítulo sobre os efeitos positivos da aprendizagem ativa e suas técnicas de implementação é urgente uma revisão das disciplinas, currículos, métodos de avaliação de forma a incluir formas mais dinâmicas de ensino e aprendizagem.

### 2.3.2 Currículos

Fez-se, para os estudos de currículo, uma breve pesquisa das 5 melhores universidade mundiais e as cinco melhores universidades no Brasil. Os resultados de tal estudo são mostrados na tabela 2.3. A universidade de Brasília (UnB) está, atualmente, entre as 800 melhores universidades e é a quinta melhor universidade brasileira.

Os índices utilizados pela instituição de pesquisa *timeshighereducation* são os seguintes:

1. Score Ensino
2. Score Panorama Internacional
3. Score Impacto na Indústria

#### 4. Score Pesquisa

#### 5. Score Citação

Como dito em [16], pode-se concluir, sem perda de exatidão, que tais índices são totalmente dependentes e proporcionais à qualidade de ensino nas universidades em questão.

UNIVERSIDADE	PAÍS	POSIÇÃO	SCORE MÉDIO	SCORE ENSINO	SCORE PANORAMA INTERNACIONAL	SCORE IMPACTO NA INDÚSTRIA	SCORE PESQUISA	SCORE CITAÇÃO
<b>Universidade de Brasília</b>	Brasil	800	20	21.9	24.1	20	7.4	10.4
Universidade Pontifícia Católica do Rio de Janeiro	Brasil	600	20	24.5	31.3	100	24.1	23.1
Universidade Federal do Rio de Janeiro	Brasil	600	20	32.4	25.1	42.9	19.7	18.3
Universidade de Campinas	Brasil	400	20	44.6	21.1	49.4	42.3	22.6
Universidade de São Paulo	Brasil	300	20	59.1	25.3	30.5	57.1	20.4
University of Chicago	EUA	10	87.9	85.7	65	36.6	88.9	99.2
ETH Zurich – Swiss Federal Institute of Technology Zurich	Suíça	9	88.3	77	97.9	80	95	91.1
Imperial College London	Reino Unido	8	89.1	83.3	96	53.7	88.5	96.7
Princeton University	EUA	7	90.1	85.1	78.5	52.1	91.9	99.3
Harvard University	EUA	6	91.6	83.6	77.2	45.2	99	99.8
Massachusetts Institute of Technology	EUA	5	92	89.4	84	95.4	88.6	99.7
University of Cambridge	Reino Unido	4	92.8	88.2	91.5	55	96.7	97
Stanford University	EUA	3	93.9	92.5	76.3	63.3	96.2	99.9
University of Oxford	Reino Unido	2	94.2	86.5	94.4	73.1	98.9	98.8
<b>California Institute of Technology</b>	EUA	1	95.2	95.6	64	97.8	97.6	99.8

Tabela 2.3: Tabela com scores de avaliação das 5 melhores universidades do mundo e das 5 melhores universidades brasileiras.

Pesquisou-se o currículo da UnB e o currículo da universidade *California Institute of Technology* para disciplinas com ementa similar ao de *Algoritmos e Programação de Computadores*. O resultado de tal pesquisa é mostrado na tabela 2.4.

Fez, também, uma pesquisa mais aprofundada do conteúdo programático de tais disciplinas. O resultado de tal pesquisa é mostrado na tabela 2.5.

Universidade - Curso	Disciplina
CalTech - Applied + Computacional Mathematics	Introduction to Matlab and Mathematica
CalTech - Computer Science	Introduction to Computer Programming
UnB - Engenharia Mecatrônica	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia de Computação	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia de Produção	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Ciência Da Computação	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia Eletrônica	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia de Software	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia AeroEspacial	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia Automotiva	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia de Energia	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia Engenharia de Redes	Computação para Engenharia

Tabela 2.4: Tabela listando as disciplinas na UnB e na *California Institute of Technology* que possuem currículo similar a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*.

CONTEÚDOS CALTECH	JÁ ENSINADO COM APRENDIZAGEM ATIVA	PODE SER ENSINADO COM GALILEU?	CONTEÚDOS UNB	JÁ ENSINADO COM APRENDIZAGEM ATIVA	PODE SER ENSINADO COM GALILEU?
Desenvolvimento de programas em Python	No	Yes	Linguagem C	No	Yes
Resolução de equações diferenciais não-lineares, Transformada rápida de Fourier, EDO	No	No	Introdução Hardware. Software.	No	Yes
vetorização, scripts e funções, arquivos de entrada e saída, arrays, estruturas, strings	No	Yes	Iteração e recursão	No	Yes
Desenvolvimento de programas em Matlab	No	Yes	Entrada e saída de dados	No	Yes
Estruturas de controle: condicional e repetição	No	Yes	Estruturas de controle: condicional e repetição	No	Yes
Noções de programação estruturada e orientada a objeto	No	Yes	Noções de programação estruturada	No	Yes
Testes e depuração	No	Yes	Testes e depuração	No	Yes

Tabela 2.5: Tabela listando parte dos conteúdos tratados pelas disciplinas na *California Institute of Technology* e na UnB e levantanto a questão da metodologia de ensino ser uma *metodologia ativa* e se tal conteúdo pode ser ensinado usando a placa Galileo.

Para cada conteúdo identificado, procurou-se saber também se ele era tratado de seguindo algum paradigma moderno de *Educação Ativa* e, se pela natureza do conteúdo, seria possível utilizar a placa Galileo no processo de *ensino-aprendizagem*.

A proporção de conteúdos que poderiam ser ensinados com a placa Galileo é mostrada na Figura 2.18.

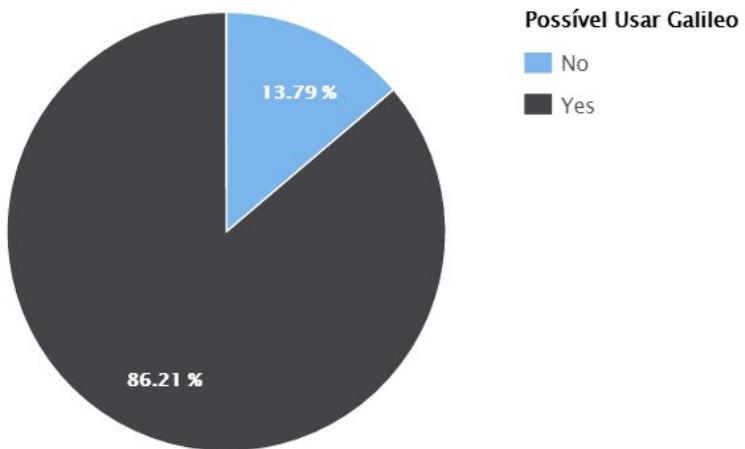


Figura 2.18: Percentagem dos conteúdos tratados na UnB e *California Institute of Technology* que podem ser ensinados utilizando a placa Galileo.

Pode-se concluir, pelas informações colhidas nesta seção, que a mudança currricular da disciplina



Figura 2.20: Descrição dos pinos da placa Galileo - parte traseira[21]

*Algoritmos e Programação de Computadores* e disciplinas similares em outras faculdades é possível. Tal mudança curricular em direção à aprendizagem ativa, além de trazer grandes benefícios à qualidade do ensino [17][18], também pode ajudar a formação de novos profissionais alinhados com as competências mais exigidas no século XXI, como proatividade e independência [19].

## 2.4 Placa Intel ® Galileo

A placa Intel® Galileo é uma *placa de desenvolvimento* com microcontrolador baseado processador Intel® Quark SoC X1000[20]. A placa Galileo possui software e hardware compatível com a placa *Arduino* com relação aos pinos digitais e analógicos. Um programa escrito para Arduino pode ser usado no Galileu por causa dessa compatibilidade. As Figura 2.19 e 2.20 mostram a placa Intel ® em suas visão frontal e traseira.

Nesta seção são apresentadas, enumeradas e explicadas todas características da placa Intel® Galileo.

Primeiramente são apresentados os pinos da placa Galileo juntamente com uma breve descrição de seu uso. Após isso são descritas as enumeradas e explicadas todas características eletro-eletrônicas da placa. Para cada tecnologia na placa é reservada uma pequena sub-seção neste capítulo para sua devida elucidação.

### 2.4.1 Pinagem da placa Intel ® Galileo

Os pinos da placa Galileo nas partes frontal e traseira são mostrados nas figuras 2.19 e 2.20

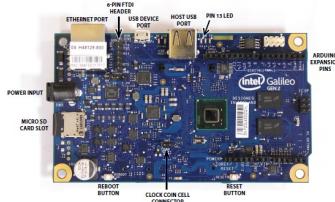


Figura 2.19: Descrição dos pinos da placa Galileo - parte frontal[21]

A descrição de cada um desses pinos é a descrita na tabela 2.6:

Tabela 2.6: Pinos Galileo[21]

Pino	Descrição
Micro SD Card Slot	Pino no qual se pode um SD Card para permitir ao Galileo a execução de uma versão de Linux com mais recursos
Arduino Expansions Pins	Pinos de entrada e saída da placa Galileo. Esses pinos são compatíveis com os pinos do Arduino e Shields relacionadas.
USB Device Port	Pino para conectar um cabo USB do Galileo ao computador para carregar o Galileo com um programa Arduino
Host USB Port ( como webcam, caixa de som, etc)	Pino para conectar um dispositivo periférico
6-Pin FTDI Header - Linux instalado no Galileo	Adaptador para comunicação serial computador
Power Input	Conexão para bateria de 12V. ATENÇÃO, a bateria sempre deve ser conectada ao Galileo antes de conectar um cabo USB do Galileo ao computador para evitar danos a placa.
Ethernet Port	Pino para conectar o Galileo à Internet pelo cabo Ethernet
Mini PCI Express Slot	Pino para conectar um cartão WiFi
Clock Baterry Power	Conexão para uma bateria de relógio de 3V de forma a fazer com Galileo guarde informações de data e hora
Reboot Button	Botão para realizar a placa, inclusive o sistema operacional
Reset Button	Botão para resetar o código que foi carregado no Galileo

## 2.4.2 Características Elétricas e Eletrônicas da placa Intel ® Galileo

As características elétricas e eletrônicas da placa são enumeradas a seguir. As características que têm uma sub-seção para explicação mais aprofundada estão marcadas com *italico* e **negrito**:

- Clock de 400 MHz
- Arquitetura Intel® 32 bits
- 14 pinos digitais para entrada e saída, 6 das quais podem ser usadas para saída **PWM**
- 6 pinos para entrada analógica utilizando o *conversor analógico-digital AD7298*
- Barramento Serial **I2C**
- Comunicação serial com periféricos **SPI**
- Porta Serial **UART**
- 16KBytes de memória **L1 Cache**
- 512KBytes de memória **SRAM**
- Clock de tempo real integrado (**RTC**)
- Barramento **PCI Express**
- Conexão para **USB Host e USB Client**
- 10 pinos padrões **JTAG** para debug
- 256 MBytes de memória **DRAM**
- 11 KBytes de memória **EEPROM**

### 2.4.2.1 Sinal PWM

Pulse Width Modulation (PWM) ou Modulação por Largura de Pulso é uma técnica que modulação de impulso utilizada principalmente para codificar uma mensagem num sinal pulsante[22]

Para o caso do Intel Galileo, as aplicações do sinal PWM são principalmente relacionadas ao controle da tensão DC fornecida a um circuito.

O sinal PWM é gerado com ondas quadradas, de período  $T$  de ciclo. Durante parte do período, o sinal terá amplitude  $V_{max}$ . O intervalo de tempo no qual no sinal tem amplitude  $V_{max}$  é chamado *Duty-Cicle* como mostra a Figura 2.21. O valor DC de um sinal periódico é calculado como a média aritmética da amplitude do sinal no período. O valor da tensão DC fornecida ao circuito pelo Sinal PWM é calculado com a equação 2.1:

$$V_{dc} = 1/T() \int_0^{DutyCycle} V_{max} dt + \int_{DutyCycle}^T V_{min} dt \quad (2.1)$$

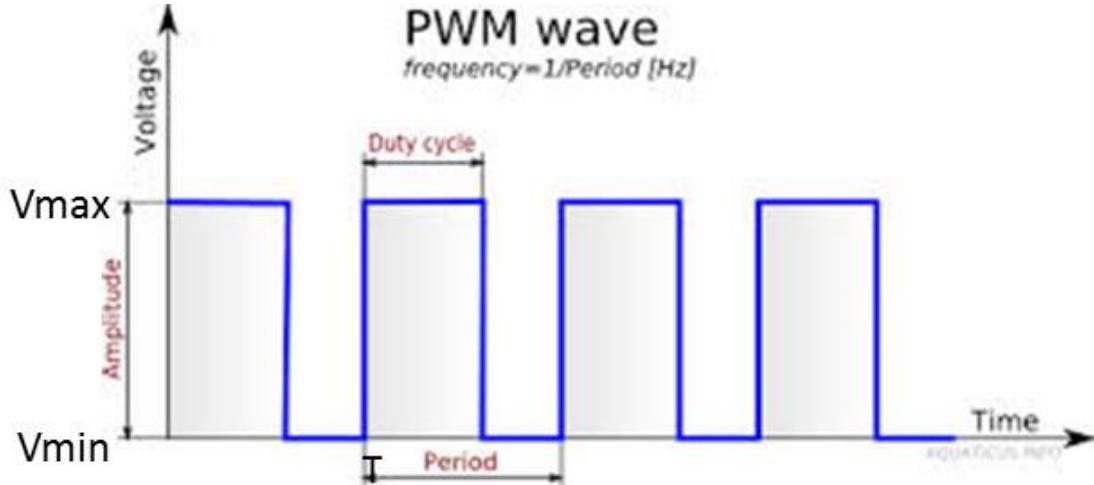


Figura 2.21: Sinal PWM

Fonte: Figura adaptada de <http://www.zembedded.com/avr-introduction-to-pwm-part-i/>

$$V_{dc} = \frac{1}{T}(DutyCicle * V_{max} + T * V_{min} - DutyCicle * V_{min}) \quad (2.2)$$

Se a tensão mínima ( $V_{min}$ ) for igual a zero, o valor DC do sinal PWM é dado por:

$$V_{dc} = \frac{DutyCicle * V_{max}}{T} \quad (2.3)$$

A equação 2.3 mostra que quanto maior for o tempo que o sinal permanecer no seu valor máximo ( $V_{max}$ ), mais próximo de  $V_{max}$  será o valor DC fornecido ao circuito.

O sinal PMW é gerado na placa Galileo utilizando o clock interno máximo de 400 MHz e registradores de Timer específicos para contagem de pulsos do clock.

Como exemplo para a geração do sinal PWM, digamos que o clock da placa foi setado para a frequência 1kHz. Isso significa que a cada 1ms, o clock gerará um pulso, como indicado na equação 2.4.

$$f = 1Khz \rightarrow T = 1ms \rightarrow 1000 \text{ pulsos de clock por segundo} \quad (2.4)$$

Como a tensão de operação da placa Galileo é 5 V, então:

$$V_{max} = 5V \quad (2.5)$$

Caso se queria gerar um sinal PWM cujo componente DC seja 2.5, é necessário então que durante metade do ciclo do sinal PWM, a amplitude do sinal seja 5 V e durante a outra metade

do ciclo, a amplitude seja 0V. Para criar tal sinal, o microcontrolador realiza contagem de pulsos de clock.

Para gerar 2.5 V, o microcontrolador( para a frequência exemplo de 1kHz) realiza a contagem de 500 pulsos de clock no intervalo de *DutyCycle* e realiza, após isso, a contagem de 500 pulsos no período no qual a amplitude será de 0 V.Dessa forma, é gerado digitalmente o sinal PWM na placa Galileo.

Como dito no ínicio desta seção, placa Galileo é compatível com a placa Arduíno, tanto a nível de hardware quanto a nível de software. Daí, para executar a criação de um sinal PWM na placa galileu deve-se chamar a função *analogWrite(int porta, int valor)*.

A função *analogWrite(int porta, int valor)* recebe como parâmetros dois inteiros. O inteiro *porta* indica quais dos pinos digitais, habilitados para saída PWM, foi selecionado. O inteiro *valor* deve ser um inteiro entre 0 e 255.

```
1 //Comando para setar na porta digital 5 o valor 5*(127/255) = 2.5 Volts
2 analogWrite(5, 127);
```

A tensão DC que estará presente no pino digital segue a formula: 2.6

$$V_{dc} = \frac{5 * valor}{255} \quad (2.6)$$

#### 2.4.2.2 Conversão analógico-digital

A placa Galileo utiliza para a conversão analógico-digital o circuito integrado *AD7298* [23]. O conversor analógico-digital AD7298 é um conversor de 12 bits e usa para a conversão a técnica de *aproximações sucessivas*.

A figura 2.22 mostra uma figura esquemática para o processo de conversão analógico-digital utilizando a técnica de *aproximações sucessivas* e os termos chave para essa técnica são os seguintes:

- Registrador de aproximação sucessiva (SAR)
- Circuito de amostragem e retenção ( Track and Hold)
- Tensão de entrada  $V_{IN}$
- Tensão de referência  $V_{REF}$
- Registrador de N bits (N-BIT REGISTER)
- Conversor digital para analógico de N bits(N-BIT DAC)
- Circuito Comparador

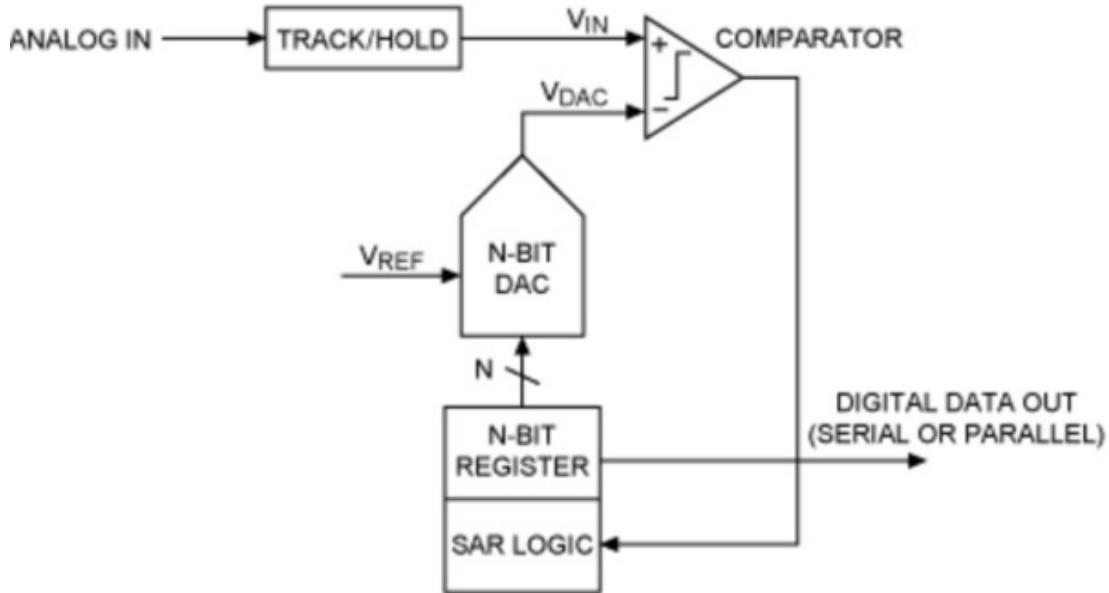


Figura 2.22: Figura esquemática do processo de conversão analógico para digital

Fonte: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/1080>

Num primeiro instante, o bit mais significante do conversor D/A é setado para 1, enquanto os outros  $N-1$  bits são setados para 0. Essa configuração inicial dos  $N$  bits do conversor D/A força com que na saída exista  $1/2$  da tensão de referência  $V_{REF}$ , ou seja  $V_{DAC} = 1/2 V_{REF}$ .

Caso a tensão  $V_{DAC}$  seja maior que a tensão de entrada  $V_{IN}$ , o bit mais significativo será mantido, caso o contrário, esse bit será setado no valor 0. Depois disso, registrador SAR grava o resultado obtido no comparador no bit avaliado. O processo se repete para os  $N$  bits, sempre comparando a tensão de entrada  $V_{IN}$  com a tensão de conversão  $V_{DAC}$ , fazendo com que a saída da conversão se aproxime progressivamente a cada iteração[24].

A eficiência do processo de conversão analógico-digital está intimamente ligada ao processo interno de conversão digital-analógico. Há diversos processos de conversão digital-analógico, entretanto, para todos, a quantidade de bits a serem convertidos influencia diretamente na linearidade do processo. Por isso se escolhe, em geral, um conversor digital-analógico de 12 bits.

O conversor A/D utilizado na placa Galileo, segundo seu respectivo datasheet [23], possui características implementadas que, entre outras incluem:

- Sensor de temperatura integrado para devidos ajustes às variações de parâmetros causados pela variação de temperatura
- Taxa de saída de conversões completadas superior a 1 MSPS ( Million Samples Per Second)

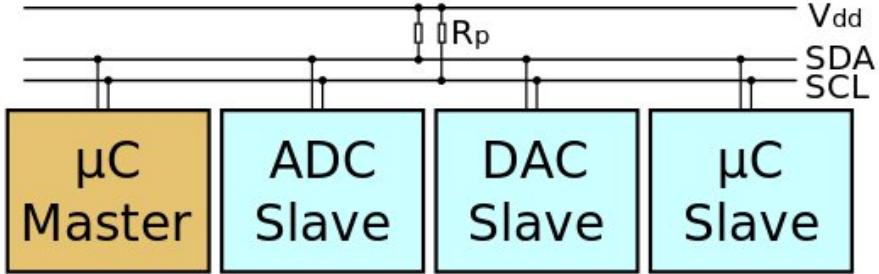


Figura 2.23: Figura esquemática do barramento serial I2C

Fonte: <http://docplayer.com.br/7275040-Monografia-de-graduacao.html>

#### 2.4.2.3 Barramento Serial I2C

I2C(Inter-Integrated-Circuit) é um protocolo de comunicação serial desenvolvida originalmente pela *NXP Semiconductor*. Ela permite a comunicação direta entre diversos componentes utilizando apenas três barramentos: um barramento para transmissão de bits dados - *Serial Data Line(SDA)* - um barramento para o sinal de clock - *Serial Clock Line(SCL)* e um barramento para o uso de um resistor de *pull-up* ligado diretamente uma tensão  $V_{dd}$  de 5V ou 3.3V. O endereçamento no protocolo I2C pode ser de 7 ou 10 bits. A velocidade de transmissão de dados variam de 10kbits/s - para o modo *low speed*- 400 kbits/s - para o modo *Fast mode* - e 3.4Mbit/s para o *modo Fast mode plus* [25].

O resistor *pull-up* serve para ter como valor alto de tensão( lógico 1) tanto o barramento de clock como o barramento de dados, Fig.2.23. Para trocar o valor lógico enviado nos barramentos, os dispositivos devem chavear suas respectivas conexões com os barramentos.

No protocolo I2C, sempre existem os dispositivos que agem como *dispositivos mestres*(Masters) e os dispositivos que agem como *dispositivos escravos*(Slaves).

Um *dispositivo mestre* pode escolher com qual dos *dispositivos escravos* ele deseja se comunicar realizando a "mensagem de início".Após isso mandando os bits de endereço do *dispositivo escravo* são enviados no barramento de dados. É enviada, juntamente com uma mensagem do endereço, uma indicação, por parte do *dispositivo mestre* mostrando se ele deseja escrever ou ler do *dispositivo escravo*. Após isso, o *dispositivo escravo* deve enviar uma mensagem ACK para completar o estabelecimento da comunicação.Para enviar uma mensagem ACK, o *dispositivo escravo* seta o barramento de dados para o valor 0.

Tendo sido estabelecida a comunicação entre *dispositivo mestre* e *dispositivo escravo*, é incumbência do *dispositivo escravo* enviar, a cada 8 bits recebidos, uma mensagem ACK.

Os *dispositivos mestres* sempre retêm o controle do barramento de clock. Quando um *dispositivo mestre* faz com que o barramento de clock tenha o valor lógico 0, é indicado para os *dispositivos escravos* que eles devem setar o barramento de dados com um bit 0 ou 1.

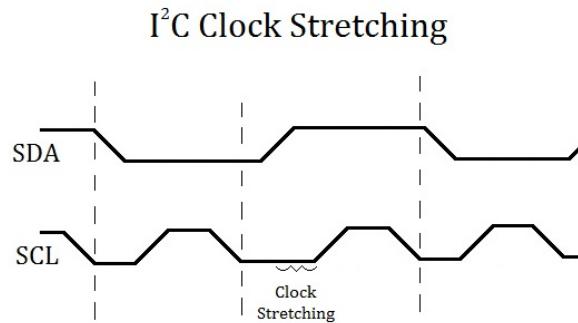


Figura 2.24: I2C - Clock Stretching

Fonte: <https://blog.digilentinc.com/index.php/i2c-how-does-it-work/>

Para assegurar o recebimento dos dados, os *dispositivo escravos* podem, possivelmente, realizar o chamado *Clock Stretching*, Fig 2.24, o qual consiste em manter o barramento de clock no nível 0, mesmo que o mestre o tenha setado para o nível 1. Isso é feito para, ampliar o tempo do processo de recebimento dos dados, por parte dos *dispositivo escravos*, para assegurar o sucesso de tal processo.

I2C oferece um bom suporte para a comunicação entre dispositivos eletrônicos que são acessados de forma ocasional. A vantagem competitiva da I2C sobre outros protocolos de comunicação de curta distância de baixa velocidade é que seu custo e complexidade não aumenta com o número de dispositivos no barramento.

Por outro lado, a complexidade dos componentes de software I2C de suporte pode ser significativamente mais elevada do que a de vários protocolos concorrentes (SPI e MicroWire, por exemplo) com uma configuração muito simples. Entretanto, seu modelo de endereçamento próprio, aliado com a forma de transferência simples de bytes para necessidades de comunicação simples.

O protocolo I2C é muito utilizado em projetos no placas Galileo utilizando a biblioteca: *Wire.h*

#### 2.4.2.4 Comunicação serial SPI

Assim como o protocolo I2C, o protocolo de Interface Serial com Periféricos - Serial Peripheral Interface (SPI) - tem como utilidade a comunicação de curta distância entre dispositivos eletrônicos[26].

No protocolo SPI, há apenas um *dispositivo mestre* para vários *dispositivo escravos*. A comunicação entre os *dispositivo mestre* e os *dispositivos escravos* é *full-duplex*, ou seja, os dispositivos citados podem se comunicar entre si em ambas direções. Os pinos *dispositivo mestre* e nos *dispositivos escravos*, como mostrados na Figura 2.25, são os seguintes:

- SCLK: Barramento Serial para o sinal de Clock originado no *dispositivo mestre*
- MOSI: *Master Output Slave Input*; sinal originado no *dispositivo mestre*

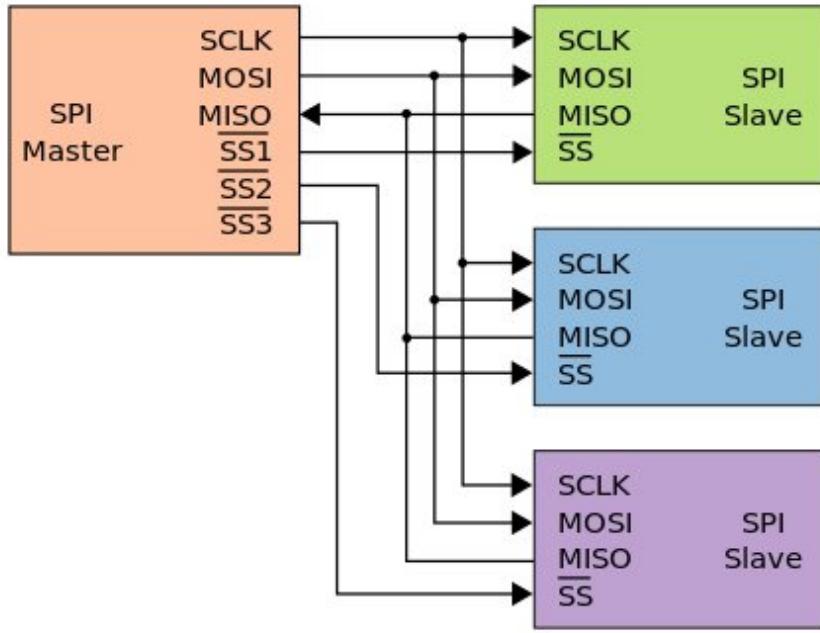


Figura 2.25: Barramento SPI - Um *dispositivo mestre* para *dispositivos escravos*

Fonte: <http://docplayer.com.br/3514866-Pratica-8-comunicacao-spi-8-1-introducao-e-objetivos-8-2-principios-basicos-do-protocolo-spi.html>

- MISO: *Master Input Slave Output*; sinal originado em um dos *dispositivos escravos*
- SS: *Slave Select*; sinal originado no *dispositivo mestre*

O pino SS é utilizado pelo *dispositivo mestre* para selecionar com qual dos *dispositivos escravos* ele se comunicará (seja para receber mensagens ou enviar). Usualmente, quando um dos *dispositivos escravos* é selecionado, todos outros, pela lógica *tri-state* das entradas SS, assumem altas impedâncias de entrada - o que significa que virtualmente tais escravos estão desconectados do circuito com o *dispositivo mestre*.

Primeiramente, no começo da comunicação com o dispositivo selecionado, é configurado no *dispositivo mestre* a frequência do clock que sai da pino SCLK.

Após isso, começa a ocorrer a troca de bits entre os dispositivos. Para cada bit que o pino MOSI recebe, é também recebido um bit no pino MISO.

Comparado a outros protocolos de inter-comunicação, o protocolo SPI oferece uma das maiores taxas de saída de bits. Isso se deve, dentre outros fatores, a não limitação do tamanho da palavra binária transmitida. As taxas de transmissão são, em geral, da ordem de MHz, entretanto tal taxa é intimamente ligada a velocidade do clock no *dispositivo mestre*, podendo portanto ser livremente aumentada. Além disso, os *dispositivos escravos* não necessitam de um endereço único como no

protocolo I2C, daí, todas fase de reconhecimento e estabelecimento de comunicação é facilitada. Entretanto, tais facilidades tornam o protocolo com difícil deburação de erros e não há controle de fluxo nem nos *dispositivos escravos*.

SPI é utilizado em muitas aplicações. Dentre elas, por exemplo:

- Aplicações com sensores:
  - Comunicação com sensores de temperatura
  - Comunicação com sensores de pressão
  - Comunicação com sensores de toque
- aplicações com tipos específicos de memória
  - Flash
  - EEPROM

Para fazer projetos com SPI na placa Galileo deve ser utilizada a biblioteca *SPI.h*

#### 2.4.2.5 Porta Serial UART

UART significa *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (Receptor/Transmissor Universal Assíncrono). Um dispositivo UART é um microchip que tem como responsabilidade controlar a comunicação de um computador ou microcontrolador conectados serialmente. Essencialmente, um dispositivo UART é a dispositivo intermediário entre interfaces seriais e paralelas[27].

A Figura 2.26 mostra um modelo simplificado do que consiste um dispositivo UART. Na parte esquerda da figura, são mostrados os pinos de comunicação paralela pelo barramento de dados (Data Bus). O pino R/W é utilizado para setar entre modos de leitura e escrita (Read/Write). O pino CLK é o pino do sinal de clock. O pino INT é o pino usado para interrupção de software para avisar o sistema que há dados para serem lidos/escritos no dispositivo UART.

A Figura 2.27 mostra o chamado *frame* de dados da placa UART. O *frame* é composto de 10 bits. O primeiro bit é o bit de *start* utilizado para indicar o início do envio ou recebimento de um byte (8 bits) de dados. O bit *stop* indica o fim do frame.

Já a Figura 2.28 mostra em detalhes o processo que ocorre num dispositivo UART. Na figura, *UART\_DR\_D* é o *registrator de dados (Data Register)*, o qual é preenchido pela dispositivo que deseja realizar a comunicação utilizando o dispositivo UART. FIFO é a fila de recebimento(RX) ou transmissão de dados(TX). Ambas as filas tem 16 bits de tamanho. No caso da fila de recebimento de dados, 4 dos 16 bits são bits de flags para indicar erros na transmissão.

RXFE é uma flag que indica se a fila de recebimento está vazia e RXFF é outra flag que indica que a fila de recebimento está vazia. Quanto as filas de transmissão, TXEF indica que a fila está vazia e TXFF indica que a fila está cheia. UOTX e UORX são *shift register* são os responsáveis pela transformação da comunicação em série para paralela e vice-versa.

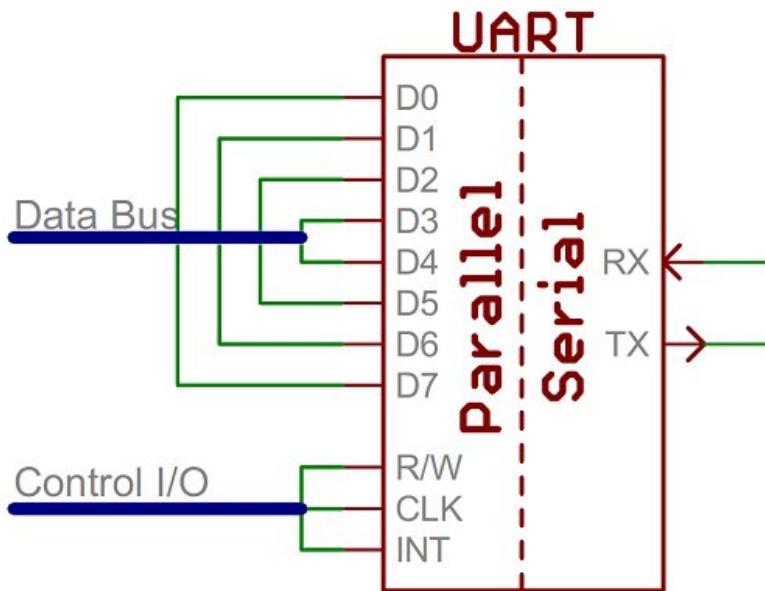


Figura 2.26: Modelo simplificado de um dispositivo UART

Fonte: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication/uarts>

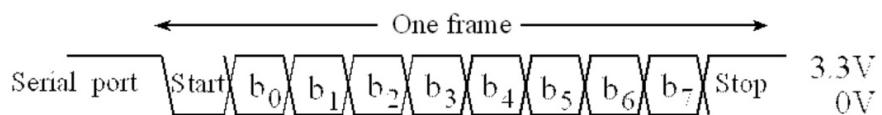


Figura 2.27: Frame UART para transmissão de 1 byte

Fonte: <http://www.mathworks.com/help/hdlverifier/examples/generate-fifo-interface-dpi-component-for-uart-receiver.html?requestedDomain=www.mathworks.com>

O processo de transmissão de dados é o seguinte:

- 1) Dados armazenados no registrador de dados são enviados para a fila
- Caso a fila esteja vazia( flag TX), a fila recebe os bits do registrador de dados
- 2) Os bits são enviados para o shift register UOTX, começando no b0 e sendo "shiftados" até o bit b7.
- 3) Os bits armazenados no UOTX são enviados de forma serial para o shift register receptor UORX.
- 4) Caso a fila de recepção esteja vazia (flag RX), os dados são colocados na pilha e lá permanecem até serem lidos.

UART é muito utilizado para projetos que requerem comunicação serial com Galileo ou projeto

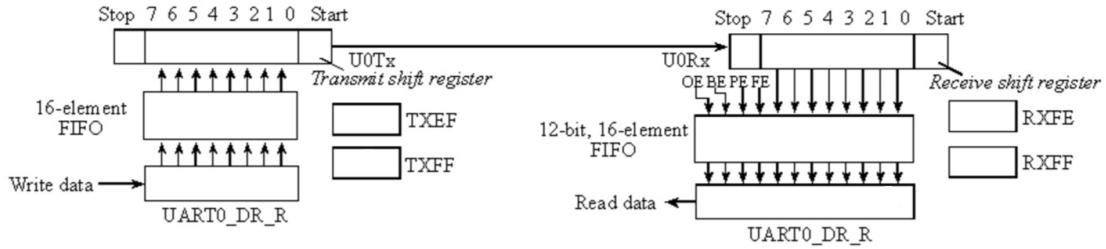


Figura 2.28: Modelo completo de um dispositivo UART

Fonte: [http://users.ece.utexas.edu/valvano/Volume1/E-Book/C11\\_SerialInterface](http://users.ece.utexas.edu/valvano/Volume1/E-Book/C11_SerialInterface)

de Multiplas Entradas e Saída Única (MISO) ou projeto com Entrada Única e Saída Múltipla (SIMO). Para trabalhar com UART, deve usar a biblioteca *SoftwareSerial.h*

#### 2.4.2.6 Memória Cache

Dentre as operações num sistema computacional, a operação mais demorada é o acesso à memória. Para evitar tais operações, é usada a chamada memória cache[28].

A memória cache faz parte da organização da memória de um sistema computacional. A memória num sistema computacional é organizada da seguinte forma, Fig.2.29:

- Memória de armazenamento(Storage Device - Memória ROM): Este nível de memória é o que possível mais espaço, entretanto é a memória que demanda mais tempo para ser modificada, por isso, em geral, nesse nível ficam armazenados sistemas operacionais, arquivos de BOOT do sistema, firmwares, etc. A memória nesse nível não-volátil, o que significa que ela não é perdida ao se desligar o sistema.
- RAM(Random Access Memory): Este nível de memória é utilizado como memória principal. A memória RAM é de leitura e escrita. Essa memória é utilizada pelo CPU para armazenar e ler dados, arquivos e programas que estão sendo utilizados no momento. A memória RAM é uma memória volátil, o que significa que o conteúdo armazenado nela é perdido após o desligamento do sistema.
- A memória cache é a parte da memória utilizada pela unidade de processamento central (CPU) de um computador para reduzir o tempo médio necessário para ler ou escrever aos dados a partir da memória principal. A memória cache é uma memória menor, mais rápida que armazena cópias dos dados de localizações de memória principais utilizados com frequência para evitar a repetição de acessos lentos. A maioria dos processadores têm diferentes caches independentes, incluindo instruções e dados caches, onde o cache de dados é normalmente organizadas como uma hierarquia de níveis mais cache (L1, L2, etc).
- CPU: Na CPU está armazenada toda arquitetura de instruções do sistema computacional. A CPU é responsável pela gerência de todos processos que ocorrem no computador e ela utiliza

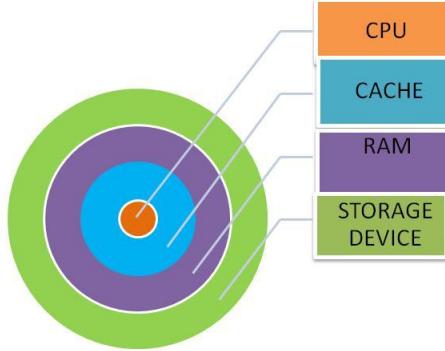


Figura 2.29: Organização da memória num sistema computacional

a memória cache para realizar a maior parte de suas operações

Para toda operação que a CPU executa a qual necessita de certo dado da memória, é sempre verificadp, primeiramente, se o dado já se encontra na memória cache. Caso o dado não se encontre na cache, é solicitado dos níveis mais baixos da memória o dado em questão. Caso o dado já se encontre na cache, ele é lido e processado rapidamente pela CPU.

Microcontroladores simples, em geral, não possuem a memória cache, visto que toda sua estrutura é simplificada. No caso da placa Galileo e placas similares, a memória cache é necessária, visto que tais sistemas podem, inclusive, executar sistemas operacionais e tem grande quantidade de memória de armazenamento.

Atualmente, vem-se dividindo a mémoria cache em níveis: cache L1, cache L2, cache L3, etc. Tal divisão é feita para amplificar o efeito de manter na cache os dados de memória usualmente acessados. A cache L1 contém os dados acessados mais frequentemente, a cache L2 contêm os dados acessados frequentemente, mas não tanto quanto os dados na cache L1, etc.

No caso da placa Galileo, há apenas um nível de cache: a cache L1 com 16 KBytes, como mostrado na seção 2.4.2.

#### 2.4.2.7 Memória SRAM

Memória SRAM (Static Random Access Memory) é o tipo de memória de acesso aleatório geralmente utilizado no nível de memória cache. Ser de de acesso aleatório significa que qualquer porção da memória é acessada num tempo igual. SRAM é uma memória estática, o que significa que o dados se manterá armazenado durante um largo intervalo de tempo depois do desligamento do sistema.

A memória SRAM é construída utilizando com flip-flops com transistores MOSFETs. A Figura 2.30 mostra a estrutura básica de armazenamento de uma célula de um bit da memória SRAM.

Resumidamente, os transistores M1, M2, M3 e M4 são os responsáveis por guardar o bit[29].

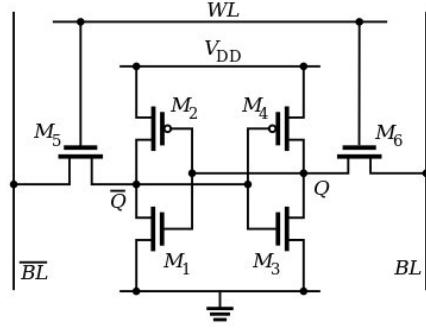


Figura 2.30: Estrutura da célula de memória SRAM

Fonte: <http://web.sfc.keio.ac.jp/~rdv/keio/sfc/teaching/architecture/architecture-2009/lec08-cache.html>

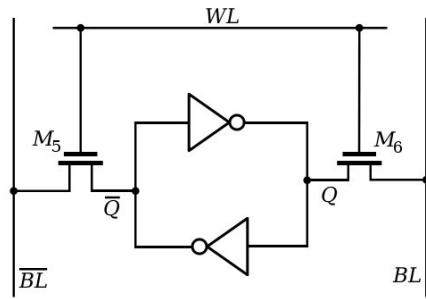


Figura 2.31: Estrutura da célula SRAM com dois inversores

Fonte: <http://web.sfc.keio.ac.jp/~rdv/keio/sfc/teaching/architecture/architecture-2009/lec08-cache.html>

A estrutura do circuito formada por M1, M2, M3 e M4 realiza a realimentação do bit, sendo responsável pelo qualidade de memória estática que a SRAM possui. A Figura 2.31 mostra como os transistores M1, M2, M3 e M4 podem ser vistos como um par de emissores. Quando um  $Q$ , na Figura 2.31, é igual a 1, seu oposto,  $\bar{Q} = 0$ , é criado na saída do inversor e o sinal  $Q = 1$  é realimentado pelo segundo inversor.

Dessa maneira, a estrutura da célula de um bit de memória SRAM torna desnecessário *recarregamento* do dado armazenado. Os transistores M5 e M6 são usados para ler ou escrever da célula de memória por meio das linhas de bit BL e  $\overline{BL}$ . Tal processo de leitura ou escrita pode ser realizado, em média, em 2ns, velocidade a qual é bastante alta para sistemas computacionais.

A memória SRAM é utilizada nos mais variados ambientes como: computadores pessoais, microcontroladores, FPGAs, etc. Na placa Galileo, existem 512 Kbytes de SRAM integrados, tornando a placa Galileo altamente eficiente no tocante ao acesso e atualização da memória.

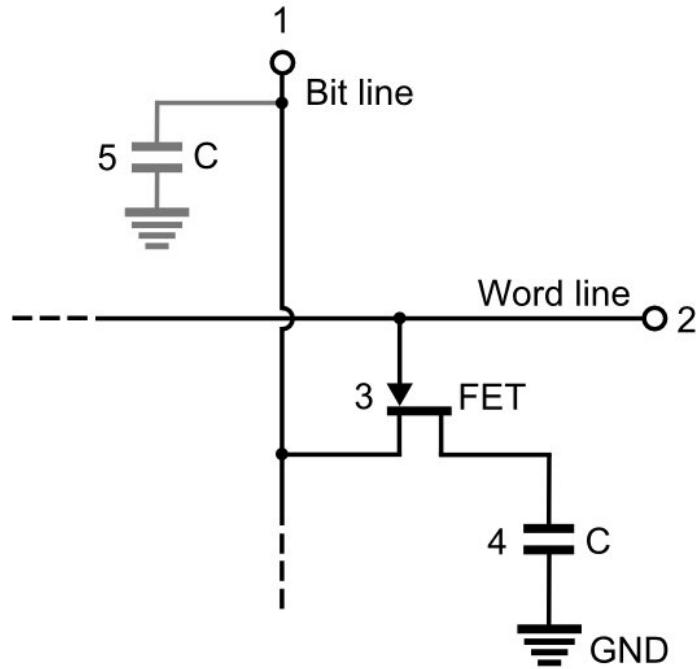


Figura 2.32: Estrutura da célula de memória DRAM

Fonte: <http://users.ece.gatech.edu/sudha/academic/class/ece2030/Lectures/memory/>

#### 2.4.2.8 Memória DRAM

Dynamic Random Access Memory (DRAM) é uma memória de acesso aleatório como a SRAM. Ao contrário da memória SRAM, a memória DRAM é uma memória *dinâmica*, o que significa que os dados armazenados precisam ser periodicamente recarregados.

Os bits, na memória DRAM, são armazenados numa estrutura de um capacitor juntamente com um transistor. O capacitor estar carregado significa o bit 1, e o capacitor está descarregado significa o bit 0. Na Figura 2.33 é mostrada a estrutura de uma célula de memória DRAM. O capacitor marcado pelo número 4 é onde o bit é armazenado.

O processo de escrita no bit é da seguinte forma:

- 1) Na linha marcada pelo número 1(Bit Line) é escrito um bit lógico 0 ou 1( 0 ou +Vcc Volts)
- 2) A linha marcada pelo número 2 ativa o transistor conectando a Bit line com o capacitor C (marcado pelo número 4)

O processo de leitura é feita da mesma forma que o processo de escrita, entretanto, a Bit line possui capacitância parasita apreciável. Na figura, essa capacitância é marcada pelo número 5. Tal capacitância parasita diminui a velocidade do processo de leitura por tomar parte da carga armazenada no capacitor marcado pelo número 4 para si.

O descarregamento natural dos capacitores, ainda que em circuito aberto, e a existência de capacitores parasitas na célula de memória trazem a necessidade de circuitos responsáveis por recarregar, a cada leitura, as células DRAM.

O tempo médio de leitura na memória DRAM é de 64 ns. Pelo tempo de leitura e pela necessidade de recarregamento, em geral, a memória DRAM é usada para memórias menos acessadas.

A placa Galileo possui 256 MByte de memória DRAM gerenciados pelo sistema operacional.

#### **2.4.2.9 Memória EEPROM**

EEPROM, Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory é uma memória não volátil, o que significa que os dados não são apagados após o desligamento do sistema. A memória EEPROM é similar à memória FLASH. Assim como ela, a memória EEPROM escrita aproximadamente 100.000 vezes. A principal vantagem que a memória EEPROM apresenta em relação a memória FLASH é que ela deve escrever em bytes individualmente, enquanto na memória FLASH é necessário escrever um setor inteiro para alterar bytes individuais. Tal característica torna a memória FLASH mais rápida e com vida-útil menor que a memória EEPROM.

Na placa Galileo há 11 Kbytes memória EEPROM. A EEPROM pode ser programada na placa Galileo com a biblioteca *EEPROM.h*.

#### **2.4.2.10 Clock de tempo real - RTC**

Um clock de tempo (RTC) é um clock comum de um sistema computacional com a funcionalidade de ter armazenado nele tempo atual, mesmo que o sistema esteja desligado. Quase todos equipamentos eletrônicos atuais, como computadores, celulares, etc, possuem um clock de tempo real integrado. O tempo atual pode ser adquirido com outros equipamentos além do RTC, entretanto, o RTC têm as seguintes vantagens:

- Baixo consumo de energia
- O fato de ser um sistema independente do sistema central, faz com este tenha seu processamento livre para outras tarefas

#### **2.4.2.11 Barramento Mini PCI-Express**

Mini PCI-Express é um barramento de alta velocidade de transmissão de dados com 52 pinos. Por meio desses 52 pinos, existem as seguintes conexões:

- Conexões para o barramento PCI Express x1
- Conexões para USB 2.0
- Conexões para SMBus

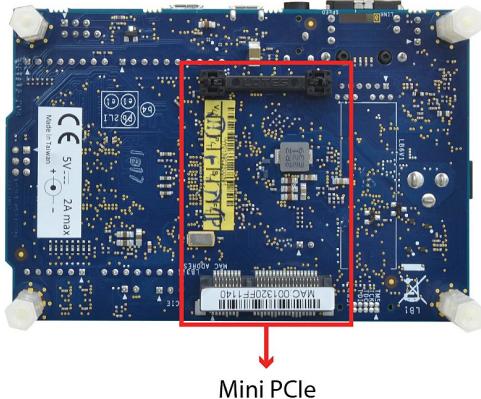


Figura 2.33: Estrutura da célula de memória DRAM

- Conexões para LEDs de diagnóstico de conexões wireless
- Conexões para SIM Card
- Conexões para outras extensões PCI
- Saída de 1.5V e 3.3 V

#### 2.4.2.12 USB

USB ou *Universal Serial Bus* é um padrão de cabos, conectores e protocolos. O propósito do USB é padronizar a comunicação com equipamentos periféricos como teclados, cameras, impressoras, telefones, etc. USB já passou por três padronizações:

- USB 1.0 com velocidade máxima de transmissão de dados de 12 Mbits/s
- USB 2.0 com velocidade máxima de transmissão de dados 480 Mbits/s
- USB 3.1 com velocidade máxima de transmissão de dados Gbits/s

Para comunicação com periféricos, USB já tem conseguido substituir com sucesso a comunicação serial e paralela.

A topologia USB é assimétrica em formato de estrela com um dispositivo central (Host), como mostrado no exemplo da Figura 2.34.

Quando um novo equipamento é conectado, o sistema operacional do dispositivo central, a placa Galileo por exemplo, detecta a nova conexão e solicita o driver do equipamento para possibilitar a comunicação. Como mostrado na Figura 2.35, os cabos e conexões USB obedecem os padrões de duas classes: a classe A e a classe B.

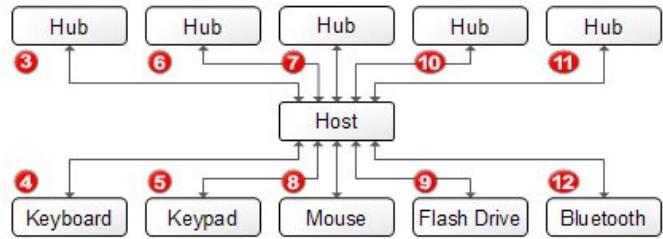


Figura 2.34: Exemplo: Topologia Estrela USB

Fonte: <http://www.usblyzer.com/usb-topology.htm>

Quando o dispositivo central é ligado, é definido para cada dispositivo conectado um endereço. Tal processo inicial é chamado de *enumeração*. Durante a *enumeração*, é também solicitado a cada equipamento o tipo de transferência de dados a ser realizado com ele:

- Transferência de dados por meio de interrupção: Transferência de dados pouco frequente e de baixa quantidade, como transferência com teclado e mouse. Nesse caso, vale a pena interromper o sistema operacional.
- Transferência de dados por meio de pacotes: Transferência de dados pouco frequentes e de grande quantidade de dados, como, por exemplo, a transferência realizada para impressoras. Nesse caso, um bloco de dados é transferido de uma vez só pela porta USB.
- Transferência de dados isócrono(tempo real): Transferência de dados frequente e contínua, como as necessárias num alto falante.

Para cada uma das formas de transferência de dados supracitadas, é reservado pelo USB a largura de banda necessária em frames de largura de banda.

#### 2.4.2.13 JTAG

JTAG(Joint Test Action Group) é a padronização IEEE-1149.1 usada para testes de circuitos impressos. JTAG foi criada para ajudar no problema da crescente dificuldade de testar circuitos associada com a crescente diminuição dos tamanhos dos circuitos. Como mostrado na Figura 2.36, a implementação mais simples de JTAG requer 4 fios para sinalização:

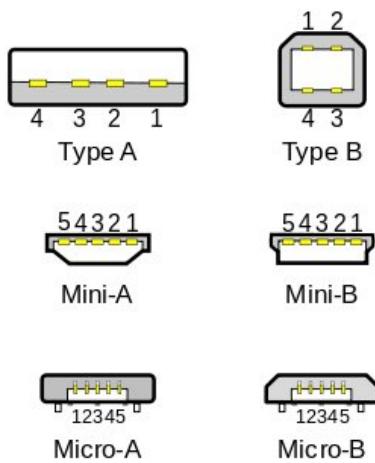


Figura 2.35: Pinos USB

Fonte: [http://www.robotizando.com.br/pinagem\\_usb.php](http://www.robotizando.com.br/pinagem_usb.php)

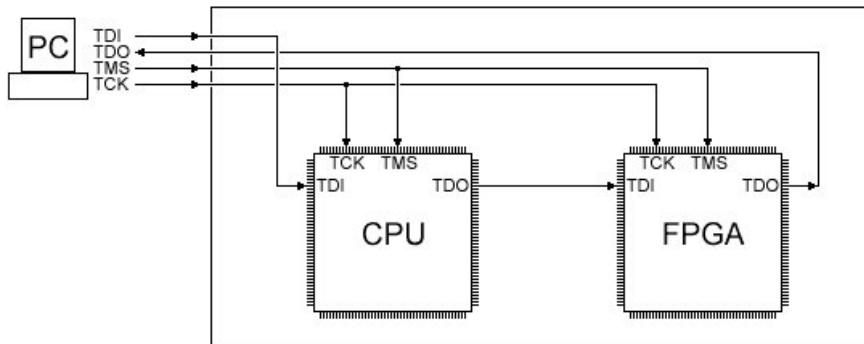


Figura 2.36: JTAG monitorando a conexão de um CPU com uma FPGA

Fonte: [https://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2009/jgs33\\_rrw32/Final20Paper/](https://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2009/jgs33_rrw32/Final20Paper/)

- TDI: Pino para sinal de entrada para a query de teste.
- TDO: Pino para sinal de saída para a query de teste.
- TCK: Sinal do relógio de sincronização do JTAG. Todos outros sinais(TDI, TDO, TMS) são síncronos a esse sinal.
- TMS: Sinal para controlar o estado da máquina de estados interna ao JTAG, a qual tem 16 estados distintos, como mostrado na figura 2.37.

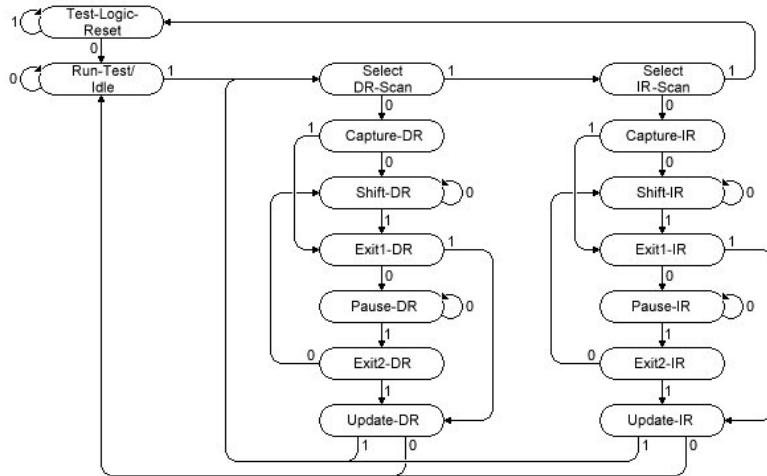


Figura 2.37: Máquina de estados - JTAG

Fonte: [https://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2009/jgs33\\_rrw32/Final20Paper/](https://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2009/jgs33_rrw32/Final20Paper/)

Na máquina de estados mostrada em 2.37, geralmente a JTAG é levada para os estados *Shift-DR*, em primeira instância, e, após isso, levada para o estado *Shift-IR*, onde o dado é coletado. *Shift-DR* e *Shift-IR* tem o mesmo tamanho  $N$  de bits. Por exemplo, se *Shift-DR* e *Shift-IR* tiverem 6 bits de tamanho, após 6 clock realizados no TCK, o dado que chegou no *Shift-IR* chega no *Shift-DR*.

A figura 2.38 mostra fluxo de dados de ida e volta num debug JTAG: PC -> CPU -> FPGA. O dado saí pelo pino TDI, percorre a CPU e a FPGA e volta no pino TDO sendo tudo isso controlado pelo pino TMS tendo todos esses pinos sincronizados pelo pino TCK.

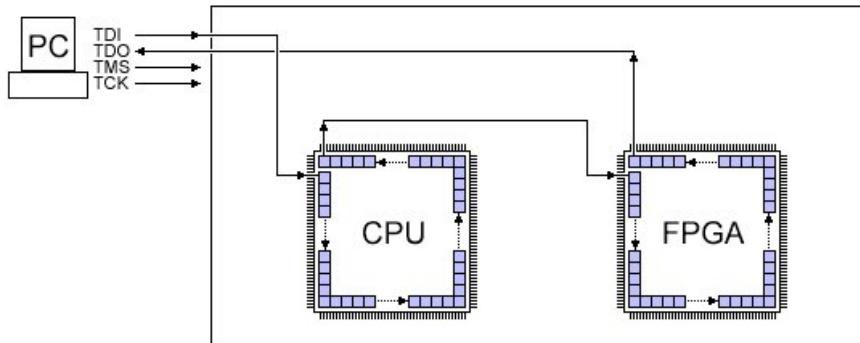


Figura 2.38: Fluxo de dados num debug JTAG

Fonte: <http://www.fpga4fun.com/JTAG.html>

A verificação de entrada e saída, incluindo o tempo de tais eventos, com testes JTAG tornou possível testes complexos em circuitos integrados.

A placa Galileo, como grande partes dos circuitos integrados atuais, possui 9 pinos próprio para debug com JTAG.

## 2.5 Proposta de curso

A disciplina proposta seguirá a ementa proposta na tabela 2.7. Na ementa antiga, na qual está se baseia, a proporção entre horas de aulas teóricas e práticas é de 4 para 2 horas. Foi proposta a troca para 4 horas de atividades práticas e 2 horas de atividades teóricas.

As atividades práticas não devem ser apenas laboratórios, mas devem contemplar, também, os seguintes aspectos relativos a gerência de projetos seguindo a metodologia Scrum:

1. Reuniões das equipes Scrum formadas pelos alunos para:

Atualização do quadro de atividades Scrum (*Scrum Backlog*).

Reuniões de revisão de *Sprint*

Aprendizagem colaborativa.

Desenvolvimento de projetos propostos.

Reuniões com o professor que atuará como *Scrum Master*.

Tabela 2.7: Proposta de ementa

<b>CIC - Computação básica e tópicos em aprendizagem ativa e eletrônica</b>	
<b>Créditos</b>	6 (Teoria:2, Prática:4), 1º período
<b>Ementa</b>	<p>Estudo dos seguintes tópicos de computação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Histórico da computação. Sistemas de numeração.</li> <li>2) Arquitetura de Computadores. Linguagens formais.</li> <li>3) Algoritmos e programas. Programação estruturada.</li> <li>4) Identificadores tipos.</li> <li>5) Operadores e expressões.</li> <li>6) Estruturas de controle: condicional e repetição.</li> <li>7) Entrada e saída de dados.</li> <li>8) Estruturas de dados estáticas:</li> <li>9) agregados homogêneos heterogêneos.</li> <li>10) Iteração e recursão.</li> <li>11) Subalgoritmos.</li> <li>12) Implementação de soluções utilizando o fragmento estruturado de uma linguagem de programação</li> </ul> <p>Aplicando os seguintes conceitos de eletrônica básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Circuitos</li> <li>2) Resistores e Capacitores</li> <li>3) Lei de Ohm</li> <li>4) Leis de Kirschoof</li> <li>5) Sensores</li> <li>6) Interruptores</li> <li>7) Programação de microcontroladores baseados em Arduino</li> </ul>
<b>Bibliografia</b>	<p>Basic Electronics. New York: Dover Publications, 1973. ISBN 978-0486210766.[33]</p> <p>KERNIGHAN, B. The C programming language. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1988. ISBN 978-0131103627.</p>
<b>Pré-requisitos</b>	Sem pré-requisitos

Para se construir um projeto Scrum, como exposto na seção 2.2, para o contexto educacional da teoria de masterização de habilidades proposta por Bloom, os seguintes passos são necessários:

1. Realizar adaptação dos princípios e fluxo da metodologia Scrum, em conjunto com os princípios da metodologia de *masterização de habilidades* para o contexto educacional desejado.
2. Definir os objetivos educacionais na forma de *características de produto* utilizando a taxonomia de Bloom para criar as *User Stories* e *Epics* e definir os critérios de aprovação para cada objetivo de masterização.

- Criar atividades com a placa Galileo de acordo com o conteúdo programático estabelecido

Cada uma das atividades listadas acima será tratada, neste trabalho, em uma seção em separado.

### **2.5.1 Aprendizagem por masterização e Scrum adaptados ao curso de Algoritmos e Programação de Computadores**

Nesta seção é apresentada uma proposta de adaptação da metodologia Scrum para aplicação na disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*.

A tabela 2.8 mostra um resumo de todo fluxo mostrado na figura 2.17 e, ao lado, a proposta de adaptação:

Tabela 2.8: Scrum aplicado à *Algoritmos e Programação de Computadores*

	<b>Scrum</b>	<b>Scrum + Masterização de habilidades</b>
<b>Por que utilizar Scrum?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Uso de ciclo curtos de desenvolvimento e revisão(Sprints)</li> <li>-Revisão frequente dos requisitos de projeto a cada Sprint</li> <li>- Melhoria contínua</li> <li>-Valor agregado acima de obediência a cronograma e processos</li> <li>- Entrega contínua de Valor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1)Verificação, de níveis de aprendizagem frequentes</li> <li>2)Aumento, a cada Sprint, da responsabilização pessoal dos alunos com relação a seus estudos</li> </ul>

	<b>Scrum</b>	<b>Scrum + Masterização de habilidades</b>
<b>Papéis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Product Owner Representante da voz do cliente</li> <li>-Scrum Master Gerente do time Scrum responsável por certificar-se que os princípios Scrum estão sendo seguidos pela equipe e também responsável por coletar os requisitos de projeto junto ao Product Owner</li> <li>-Time Scrum -&gt;Equipe responsável por desenvolver os requisitos de projeto descritos, inclusive, por meio de User Stories</li> </ul>	<p>Product Owner - Professor</p> <p>Scrum Master - Professor (enquanto os alunos não estiverem familiarizados com a metodologia Scrum e prontos para auto-gerência de seus estudos)</p> <p>Time Equipe Scrum - Equipe de até 4 estudantes responsáveis (sem contar o professor) por concluir, conjuntamente, os objetivos de aprendizagem descritos por meio da taxonomia de Bloom.</p> <p>A equipe Scrum deve eleger um representante novo a cada Sprint para se comunicar diretamente com o professor (Scrum Master) e planejar as atividades e meios de verificação conjuntamente</p>

	<b>Scrum</b>	<b>Scrum + Masterização de habilidades</b>
<b>Fase 1 - Início Definição de projeto</b>	<p>1) Criar visão de projeto      2) Identificar Scrum Master e Stakeholders      3) Formar Time Scrum      4) Desenvolver Epics (Conjunto de user stories)      5) Criar conjunto prioritário de características do produto      6) Criar um plano de desenvolvimento do produto em Sprints sequenciais</p>	<p>1),Criar objetivos educacionais com a taxonomia de Bloom      2)Scrum Master = Professor Stakeholders =,alunos, familias, governo,etc      3) Formar grupos de 3 ou 4 alunos , preferencialmente não amigos e com características complementares      4) Dividir os objetivos educacionais em módulos      5) Criar plano de ascenção dos alunos nos níveis cognitivos de bloom para os conteúdos especificados      6) Criar especificação de Sprint com os objetivos educacionais</p>
<b>Fase 2 - Plano de Projeto e Estimação</b>	<p>1)Critérios de aceitação são criados (a ser feito pelo Product Owner juntamente com o Scrum Team)      2) Scrum Master e time estimam o esforço necessário para desenvolver as User Stories      3)Scrum master e time se comprometem a desenvolver o produto de acordo com as Epics (Conjunto de User Stories) e critérios de aceitação      4)User Stories são divididas em subtarefas para criar uma Task List      5) Time Scrum se reune para decidir quais tarefas serão realizadas na Sprint (Sprint Backlog)</p>	<p>1) O professor, a cada Sprint, deve deixar claro quais serão os critérios de masterização de habilidades preferencialmente utilizandoa taxonomia de Bloom      2)Professor é responsável, a cada Sprint, por estimar o esforço necessário por parte da turma para as masterizações desejadas.</p> <p>A participação dos representantes de equipes com relação à definição de planos Sprint é crescente ao longo dos Sprints.</p>

	Scrum	Scrum + Masterização de habilidades
<b>Fase 3 - Implementação</b>	<p>1) Criar os "entregáveis" do Sprint</p> <p>2) Realizar reuniões diárias rápidas de no máximo 15 minutos para discutir problemas e progresso</p> <p>3) Atualizar o quadro Scrum antes de iniciar o dia de trabalho</p>	<p>1) Estudar o conteúdo especificado em grupo com a ajuda do Scrum Master (Professor)</p> <p>2) Realizar reuniões diárias rápidas de no máximo 15 minutos para discutir problemas e progresso</p> <p>3) A equipe Scrum decide os meios de aprendizagem que usarão com auxílio do professor. A cada Sprint, a equipe Scrum deve ficar mais livre para decidir os meios mais eficientes de aprendizagem</p> <p>4) Atualizar o quadro Scrum de (A FAZER, FAZENDO, FEITO)</p>
<b>Fase 4 - Fim de Sprint; Revisão e Retrospecto</b>	<p>1) Os entregáveis são mostrados aos Stakeholders</p> <p>2) Essas reuniões são feitas para garantir a aprovação do produto desenvolvido e fazer os ajustes necessários o mais rápido possível</p> <p>3) O Scrum Master e o time Scrum se reunem para discutir o que foi aprendido no Sprint</p> <p>4) Informação é documentada para futuros Sprints</p>	<p>1) A equipe Scrum desenvolve testes rápidos (para serem resolvidos em no máximo 20 minutos) para que as outras equipes resolvam do conteúdo estudado no Sprint. O gabarito deve ser entregue ao professor antes da aplicação dos testes para que este verifique-os e decida quais testes serão aplicados</p> <p>2) A equipe resolve, no tempo estipulado, os testes compartilhados</p> <p>3) Após os testes de unidade, o professor e os alunos tem uma aula para revisar o que foi aprendido de acordo com os objetivos educacionais traçados</p>

#### 2.5.1.1 Definição de objetivos educacionais na forma da metodologia Scrum

Para realizar a definição dos objetivos educacionais, foi utilizada a plataforma web scrumdo® sendo cadastrados os seguintes objetivos educacionais próprios da disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*:

1. O histórico da computação
2. Organização básica de um computador
3. Introdução ao conceito de algoritmo
4. Pseudocódigo e Fluxograma
5. Tipos de variáveis de memória
6. Operadores e expressões
7. Algoritmos sequenciais
8. Algoritmos com alternativas (simples, compostas, aninhadas e de múltipla escolha)
9. Algoritmos com repetição (com teste no início, com teste no fim e com variável de controle)
10. Algoritmos com vetores e matrizes
11. Subalgoritmos, passagem de parâmetros,
12. Ponteiros
13. Recursividade
14. Registros
15. Arquivos
16. Ordenação e busca

Aos objetivos listados, devem ser incluídos os seguintes objetivos educacionais relativos a placa Intel® Galileo e eletrônica básica:

1. Leis básicas de eletrônica( Leis de Kirschoff)
2. Sistema da placa Galileo
3. Ferramentas básicas de prototipação eletrônica
4. Fundamentos de programação em Galileo
5. Introdução a sensores
6. Interação com sensores
7. Uso de displays
8. Motores

9. Tópico mais avançado em eletrônica a ser escolhido com a Turma (Comunicação Ethernet ou Internet, Comunicação sem fio, Uso de placa SD de armazenamento de dados, uso de interrupções, Circuitos integrados periféricos, controle de altas cargas, etc)

A Figura 2.39 mostra o plataforma web scrumdo<sup>®</sup> para cadastramento de quadros scrum pertinentes.

Figura 2.39: Plataforma scrumdo: Formato dos quadros Scrum planejados para a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*

A Figura 2.40 mostra os quadros *Dificuldades Algoritmos e Programação de Computadores, Aplicação com Galileo*. A disposição dos 3 quadros deve refletir a prioridade da turma. As reuniões de Sprint devem servir para resolver questões pendentes posta no quadro *Dificuldades*.

Figura 2.40: Plataforma scrumdo: Quadros Scrum criados e objetivos educacionais, segundo a Taxonomia de Bloom escritos *Algoritmos e Programação de Computadores*

Pode-se, por meio da plataforma, selecionar sub-objetivos. No caso deste trabalho, para cada tópico listado para as práticas com a placa Galileo, foram criados objetivos educacionais para os três primeiros níveis cognitivos identificados por Bloom( Nível de Conhecimento, Compreensão a Aplicação).

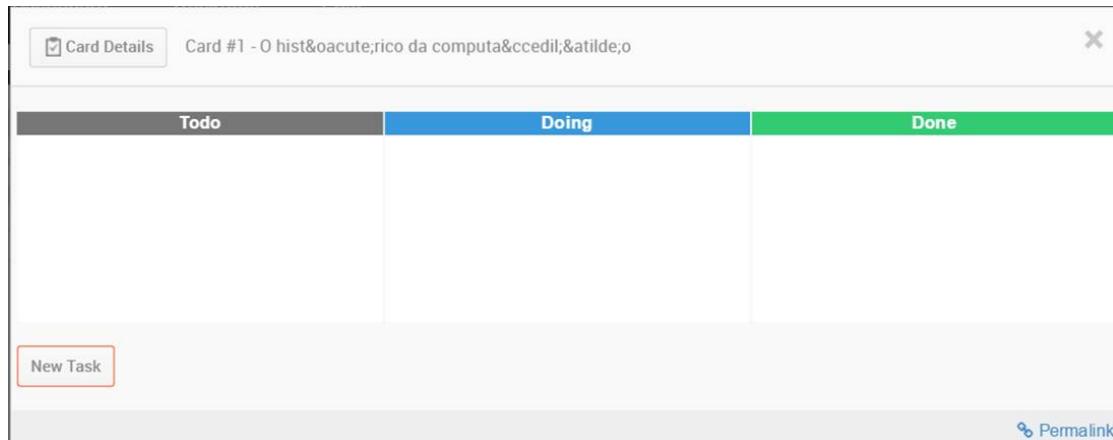


Figura 2.41: Plataforma scrumdo: Definicação de sub-objetivos de um objetivo listado no *Product Backlog Algoritmos e Programação de Computadores*

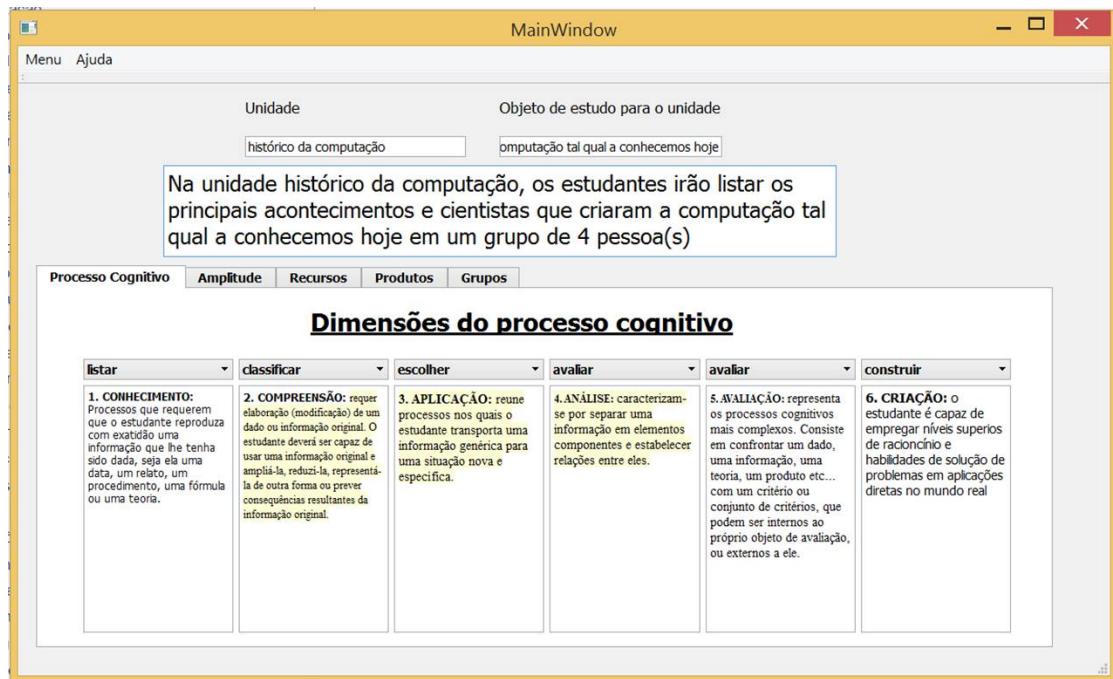


Figura 2.42: Uso do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivo educacional para o nível *Conhecimento*

### **2.5.1.2 Definição de objetivos educacionais para a Disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores***

Para especificar cada objetivo educacional, foi utilizado o aplicativo desenvolvido em QT, como descrito anteriormente e como mostrado na Figura 2.42.

A seguinte enumeração mostra uma possível especificação de cada um dos módulos de aprendizagem definidos anteriormente seguindo a *Taxonomia de Bloom*:

#### **1. O histórico da computação**

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade **histórico da computação**, os estudantes irão listar os principais acontecimentos e cientistas que criaram a computação tal qual a conhecemos hoje em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade histórico da computação, os estudantes irão explicar a relevância da computação no mundo moderno em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade histórico da computação, os estudantes irão escolher, dentre certos sistemas computacionais exposto, qual seria aquele(s) que mais se adequariam ao contexto exposto em um grupo de 4 pessoa(s).

#### **2. Organização básica de um computador**

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade organização básica de um computador, os estudantes irão enumerar e explicar o funcionamento de todos os sistemas que compõem um computador em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade organização básica de um computador, os estudantes irão classificar computadores quanto a parâmetros de desempenho entre outros em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade organização básica de um computador, os estudantes irão ilustrar a dinâmica de funcionamento de um computador e criarião um diagrama em um grupo de 4 pessoa(s).

#### **3. Introdução ao conceito de algoritmo**

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade introdução ao conceito de algoritmo, os estudantes irão definir conceitualmente o que são algoritmos em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade introdução ao conceito de algoritmo, os estudantes irão identificar vários tipos diferentes algoritmos em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade introdução ao conceito de algoritmo, os estudantes irão empregar um determinado tipo de algoritmo para cada situação dada em um grupo de 4 pessoa(s).

#### **4. Pseudocódigo e Fluxograma**

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade pseudocódigo e fluxograma, os estudantes irão duplicar por meio das ferramentas citadas, situações do cotidiano em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade pseudocódigo e fluxograma, os estudantes irão selecionar por meio dos pseudocódigos e fluxogramas já construídos quais são os mais eficientes para cada situação dada em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade pseudocódigo e fluxograma, os estudantes irão programar os primeiros algoritmos em um grupo de 4 pessoa(s).

## 5. Tipos de variáveis de memória

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade tipos de variáveis de memória, os estudantes irão listar todos os tipos de variáveis em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade tipos de variáveis de memória, os estudantes irão explicar as diferenças de usabilidade entre todos os tipo de variáveis em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade tipos de variáveis de memória, os estudantes irão escolher dentre todos os tipos de variável de memória, aquelas que melhor se aplicam às situações propostas e explicar o motivo em um grupo de 4 pessoa(s).

## 6. Operadores e expressões

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade operadores e expressões, os estudantes irão enumerar os vários tipos de operadores e expressões na linguagem C e demonstrar seu uso em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade operadores e expressões, os estudantes irão descrever o resultado de várias expressões escritas, explicitando os passos desenvolvidos em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade operadores e expressões, os estudantes irão desenvolver programas para solução de diversas situações propostas em um grupo de 4 pessoa(s).

## 7. Algoritmos sequenciais

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade algoritmos sequenciais, os estudantes irão definir o conceito, todas expressões e operadores utilizados em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade algoritmos sequenciais, os estudantes irão definir o resultado esperado na utilização de um algoritmo sequencial em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade algoritmos sequenciais, os estudantes irão empregar algoritmos sequencias na solução de situações diversas em um grupo de 4 pessoa(s).

## 8. Algoritmos com alternativas (simples, compostas, aninhadas e de múltipla escolha)

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade algoritmos com alternativas, os estudantes irão definir os vários de operadores condicionais utlizados em C quanto a sua dinâmica e utilização em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade algoritmos com alternativas, os estudantes irão identificar o resultado de uma série de condicionais aplicados num algoritmo sequencial em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade algoritmos com alternativas, os estudantes irão construir programas complexos com alternativa condicional em um grupo de 4 pessoa(s).

9. Algoritmos com repetição (com teste no início, com teste no fim e com variável de controle)

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade algoritmos com repetição, os estudantes irão lembrar a sintaxe correta de todas formas de laços de repetição em C em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade algoritmos com repetição, os estudantes irão explicar a diferença de usabilidade das formas de laços de repetição em C em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade algoritmos com repetição, os estudantes irão construir programas complexos com laços de repetição em um grupo de 4 pessoa(s).

10. Algoritmos com vetores e matrizes

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade algoritmos com vetores e matrizes, os estudantes irão construir programas complexos com utilizando tais conceitos em um grupo de 4 pessoa(s).

11. Subalgoritmos e passagem de parâmetros

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade subalgoritmos e passagem de parâmetros, os estudantes irão expor por meio de exemplo e aplicações, a forma sintaticamente correta de escrita de subalgoritmos e passagem de parâmetros em um grupo de 4 pessoa(s)

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade subalgoritmos e passagem de parâmetros, os estudantes irão identificar todos parâmetros e requisitos de para correta escrita de tais rotinas computacionais em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade subalgoritmos e passagem de parâmetros, os estudantes irão construir programas complexos, construídos sob diversos subalgoritmos, em um grupo de 4 pessoa(s)

12. Ponteiros

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade ponteiros, os estudantes irão listar todas características que definem por completo um ponteiro em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade ponteiros, os estudantes irão identificar os resultados de diversas operações utilizando ponteiros em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade ponteiros, os estudantes irão construir programas complexos utilizando ponteiros em um grupo de 4 pessoa(s).

13. Recursividade

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade recursividade, os estudantes irão denominar o conceito associado, a usabilidade e aplicações de recursividade em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade recursividade, os estudantes irão reconhecer o resultado final da aplicação da recursividade em diversas situações propostas em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade recursividade, os estudantes irão construir programas complexos utilizando tal conceito em um grupo de 4 pessoa(s).

#### 14. Registros

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade registros, os estudantes irão definir todos conceitos e aplicações relacionadas a registros em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade registros, os estudantes irão selecionar formas de registros mais adequadas para cada situação dada em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade registros, os estudantes irão construir programas complexos com laços de repetição em um grupo de 4 pessoa(s).

#### 15. Arquivos

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade registros, os estudantes irão definir todos conceitos e aplicações relacionadas a registros em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade registros, os estudantes irão selecionar formas de registros mais adequadas para cada situação dada em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade registros, os estudantes irão construir programas complexos com laços de repetição em um grupo de 4 pessoa(s).

#### 16. Ordenação e busca

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade ordenação e busca, os estudantes irão enumerar e definir diversas algoritmos de enumeração e busca em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade ordenação e busca, os estudantes irão descrever todos passos dos algoritmos de ordenação e busca estudados anteriormente em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade algoritmos com repetição, os estudantes irão construir programas complexos com laços de repetição em um grupo de 4 pessoa(s)

### **2.5.1.3 Definição de objetivos educacionais para a Disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores* com relação às atividades práticas**

Nesta seção, define-se um possível planejamento de módulos de aprendizagem relacionadas a eletrônica básica utilizando a placa Galileo em paralelo à aprendizagem de programação estruturada na linguagem C.

#### 1. Leis básicas de eletrônica (Leis de Kirschoff)

**Nível 1 Conhecimento:** Na unidade leis básicas de eletrônica( Leis de Kirschoff), os estudantes irão enumerá-las todas e com dados exemplos e situações, escreve-lás propriamente em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 2 Compreensão:** Na unidade leis básicas de eletrônica( Leis de Kirschoff), os estudantes irão reconhecer todos parâmetros das leis de Kirschoff, nos circuitos elétricos exemplificados, em um grupo de 4 pessoa(s).

**Nível 3 Aplicação:** Na unidade leis básicas de eletrônica( Leis de Kirschoff), os estudantes irão empregar diferentes dispositivos eletrônicos em circuitos desenvolvidos em simulações e observar as relações das leis de Kirschoff estudadas anteriormente em um grupo de 4 pessoa(s).

## 2. Sistema da placa Galileo

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:**

## 3. Ferramentas básicas de prototipação eletrônica

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:**

## 4. Fundamentos de programação em Galileo

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:**

## 5. Introdução a sensores

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:**

## 6. Interação com sensores

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:**

## 7. Uso de displays

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:**

## 8. Motores

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:**

## 9. Tópico mais avançado em eletrônica a ser escolhido com a Turma (Comunicação Ethernet ou Internet, Comunicação sem fio, Uso de placa SD de armazenamento de dados, uso de interrupções, Circuitos integrados periféricos, controle de altas cargas, etc)

**Nível 1 Conhecimento:**

**Nível 2 Compreensão:**

**Nível 3 Aplicação:**

### 2.5.2 Proposta de uso de placas de prototipagem eletrônica

O uso da metodologia de aprendizagem por masterização, seja ela pelo vies do uso da metodologia classica de ensino, pelo uso da metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas ou pelo vies da Aprendizagem Baseada em Projetos citadas na seção 2.1.1, tem sido feito, progressivamente mais, usando placas de prototipagem eletrônica.

No caso citado em [30], os alunos estavam em início de curso e passaram por uma revisão de modelo de curso. Nessa revisão, foi incluído o uso da placa Arduino para aprendizagem de programação básica. Os alunos que estudaram sob o novo formato, comparados a turmas anteriores, tiveram níveis mais altos de aprendizagem e retenção do conhecimento.

Já em [31], foi proposto, para alunos de ensino médio, um projeto de ensino de robótica baseado em aprendizagem ativa pelo vies da Aprendizagem Baseada em Projetos. Nesse caso citado, foram utilizadas placas Arduino, por causa da sua facilidade de programação e prototipação, o que a tem feito progressivamente mais popular.

Assim como em [30], em [31] as práticas proposta melhoraram consideravelmente os índices acadêmicos dos estudantes, assim como sua motivação a aprender e retenção do conhecimento exposto.

No caso desta proposta para a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*, escolheu-se o uso da Placa Intel® Galileo.

A placa Intel® Galileo, além de possuir todas funcionalidades da placa Arduino supracitada, tem funcionalidades mais diversas as quais permitem a ampliação dos conteúdos tratados não só para cursos de programação básica, mas para as mais diversas disciplinas de computação.

### 2.5.3 Forma de avaliação

Como a metodologia de ensino proposta é distinta da metologia clássica , centrada no professor, deve ser também distinta a forma de avaliação dos alunos.

Levando em consideração as teorias expostas nas seção 2.1.2, 2.1.1 e 2.2 deve ser parte majoritária das avaliações os seguintes aspectos:

- Masterização dos conteúdos propostos prática a prática proposta
- Masterização de habilidades de trabalho em grupo por meio de:
  - Auto-avaliação
  - Peer-review (Avaliação dos outros integrantes do grupo)
- Quantidade e Qualidade dos *Entregáveis* de cada Sprint
- Qualidade dos trabalhos solicitados, não apenas com relação ao produto final, mas com relação também a:
  - Apresentação
  - Documentação apresentada

Além disso, é totalmente de acordo com o proposto na teoria de masterização se houver alguma forma de avaliação, pontuação e premiação aos alunos mais engajados em processos de aprendizagem colaborativa.

As percentagens de cada dos critérios sugerido na nota final dos alunos deve ser decidida a critério do professor, o qual está agindo no papel de orientador e *Scrum Master*.

# Capítulo 3

## Elementos de Circuitos e Programação

### 3.1 Introdução

Este capítulo é destinado a explicação detalhada dos conceitos teóricos que embassam as práticas propostas no capítulo 4 deste trabalho.

### 3.2 Circuitos eletrônicos

Nesta seção são tratados todos conceitos relativos a circuitos eletrônicos e hardwares que embassam as práticas propostas na seção 3.

#### 3.2.1 Resistor

Num circuito elétrico, chama-se por resistor o elemento que oferece *resistência* a passagem de corrente elétrica entre seus terminais.

Resistores são elementos *passivos* num circuito eletrônico. Isso significa que eles são apenas consumidores de energia.

Com o uso de resistores e suas ligações (subseções 3.2.2.4 e 3.2.2.5) , é possível controlar as correntes e tensões num circuito de forma a : limitar seus valores, ajustar nível de sinais, polarizar elementos ativos, entre outras diversas aplicações.

Tais funcionalidades do resistor estão sempre associadas à *Lei de Ohm*, descrita com mais detalhes na seção 3.2.2.3.

A Figura 3.1 mostra um exemplo de resistor utilizado em circuitos eletrônicos.

Há vários tipos de resistores fabricados de diversas maneiras e, como dito, para as mais diversas aplicações. O resistor mostrado na Figura 3.1 é chamado de resistor de valor fixo e geralmente é utilizado para prototipagem de circuitos eletrônicos.

Resistores de valor fixo são geralmente fabricados utilizando carbono, metal, ou películas de

óxidos metálicos.



Figura 3.1: Exemplo de resistor utilizado em circuitos eletrônicos.

A simbologia para resistores num circuito elétrico é também extensa. A Figura 3.2 mostra todos os tipos de simbologia utilizado para várias aplicações.

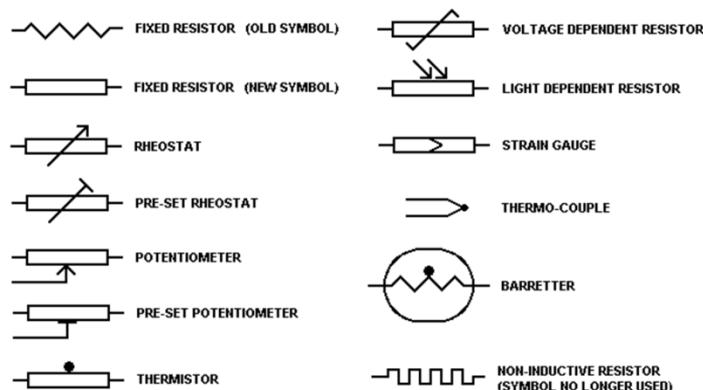


Figura 3.2: Simbolos de resistor utilizado em circuitos eletrônicos.

Fonte: [www.vegyelgep.bme.hu](http://www.vegyelgep.bme.hu)

Resistores de valor fixo, como o mostrado na Figura 3.3, tem como resistência a seguinte expressão:

$$R = (Digito_1 + 10 * Digito_2) * Multiplicador \pm Tolerancia\% \quad (3.1)$$

Os valores *Dígito<sub>1</sub>*, *Dígito<sub>2</sub>*, *Multiplicador* e *Tolerância* são mostrados na Tabela 3.1 para cada cor utilizada no código.

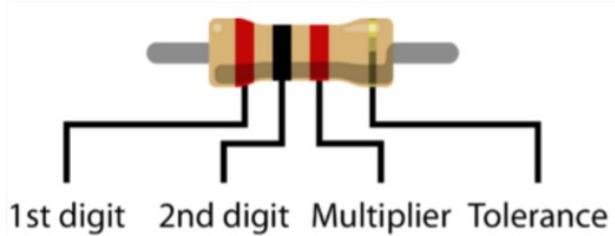


Figura 3.3: Como ler o código de cores de um resistor.

Fonte: <http://education.rec.ri.cmu.edu/content/electronics/common/resistors/1.html>

Tabela 3.1: Tabela de leitura de valor e tolerância de um resistor

Cor	Multiplicador	Dígito 1	Dígito 2	Tolerância
Preto	$10^0$	0	0	
Marrom	$10^1$	1	1	$\pm 1\%$
Vermelho	$10^2$	2	2	$\pm 2\%$
Laranja	$10^3$	3	3	
Amarelo	$10^4$	4	4	
Verde	$10^5$	5	5	
Azul	$10^6$	6	6	
Violeta	$10^7$	7	7	
Cinza	$10^8$	8	8	
Branco	$10^9$	9	9	
Ouro				$\pm 5\%$
Prata				$\pm 10\%$

Cada resistor tem um limite que corrente que pode circular entre seus terminais. Geralmente esse limite é dado em relação à potência dissipada. Para saber qual potência será dissipada num resistor com resistência de valor  $R$  Ohms deve-se aplicar a seguinte fórmula:

$$P = IU \text{ (Potência dissipada num resistor de valor R)} \quad (3.2)$$

Onde  $P$  é a potência dissipada em Watts,  $I$  é a corrente elétrica que passa no resistor em Ampéres e  $U$  é a tensão elétrica entre os terminais do resistor em Volts.

### 3.2.2 Circuito - fórmulas e topologias básicas

Nomeia-se por circuito elétrico, um caminho fechado entre dois ou mais pontos formado por componentes eletrônicos no qual corrente elétrica pode circular. A Figura 3.4 mostra um circuito elétrico simples formado por uma bateria que fornece uma diferença de potencial (Tensão) entre seus terminais de valor  $V$  Volts e um resistor com valor de resistência  $R$  Ohms.

Os pontos A e B da figura mostram, respectivamente, o ponto de maior potencial elétrico (+ da bateria) e o ponto de menor potencial elétrico (- da bateria).

Para descrever o comportamento a dinâmica de tensões, correntes existem as seguintes leis:

- Primeira lei de Kirchoff - Leis das Malhas
- Segunda lei de Kirchoff - Leis dos Nós
- Lei de Ohm

E para descrever a topologia dos circuitos, existem duas ligações básicas entre componentes a serem tradadas neste documento:

- Ligação Série
- Ligação Paralelo

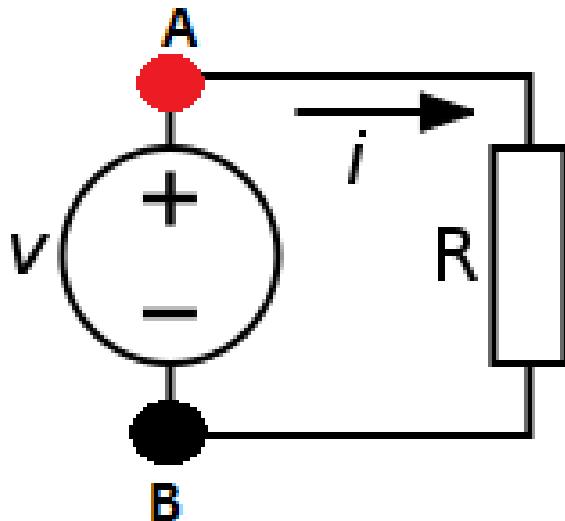


Figura 3.4: Circuito Simples.

### 3.2.2.1 Primeira lei de Kirchoff - Leis das Nós

A primeira lei de Kirchoff diz que a soma da correntes elétricas que entram num nó  $I_{entram}$  é igual a soma das correntes que saem,  $I_{saem}$ , ou seja:

$$\sum I_{entram} = \sum I_{saem} \quad (3.3)$$

Usando a Figura 3.5 como exemplo, a primeira, nesse caso, é escrita da seguinte forma:

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5 \quad (3.4)$$

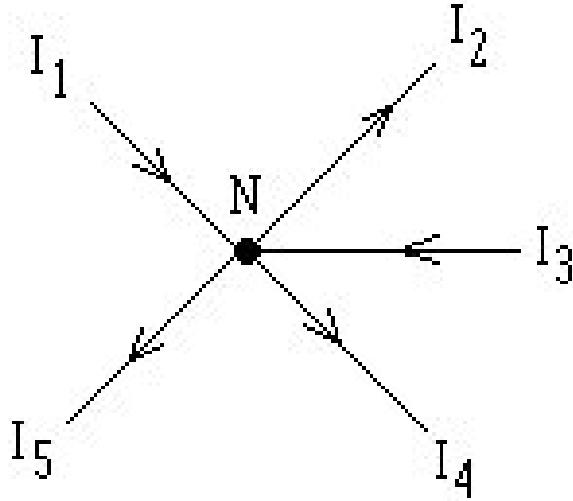


Figura 3.5: Primeira Lei de Kirchoff.

### 3.2.2.2 Segunda lei de Kirchoff - Leis das Malhas

A segunda lei de Kirchoff diz que a soma das tensões  $u_i$  num caminho fechado, num circuito elétrico é igual a zero, ou seja:

$$\sum u_i = 0 \quad (3.5)$$

Usando a Figura 3.6 como exemplo, onde as tensão em cada componentes são descritas pela letra  $u$ , a primeira lei Kirchoff é escrita na seguinte forma

$$\begin{aligned} u - u_1 - u_2 &= 0 \\ u &= u_1 + u_2 \end{aligned} \quad (3.6)$$

### 3.2.2.3 Lei de Ohm

A lei de Ohm[22] diz que num circuito fechado, sob um componente eletrônico que com valor resistência  $R$  que esteja submetido a uma diferença de potencial entre seus terminais de valor  $V$ , circulará uma corrente elétrica de  $I$  segundo a seguinte fórmula:

$$I = \frac{V}{R} \quad (3.7)$$

Essa expressão não depende da natureza de tal condutor: ela é válida para todos os condutores. Para um dispositivo condutor que obedeça à lei de Ohm, a diferença de potencial aplicada é proporcional à corrente elétrica, isto é, a resistência é independente da diferença de potencial e da corrente. Um dispositivo muito utilizado em aparelhos eletrônicos, como rádios, televisores e amplificadores, que obedece à essa lei é o resistor (componente descrito mais detalhadamente na seção ??) cuja função é controlar a intensidade de corrente elétrica que passa pelo aparelho.

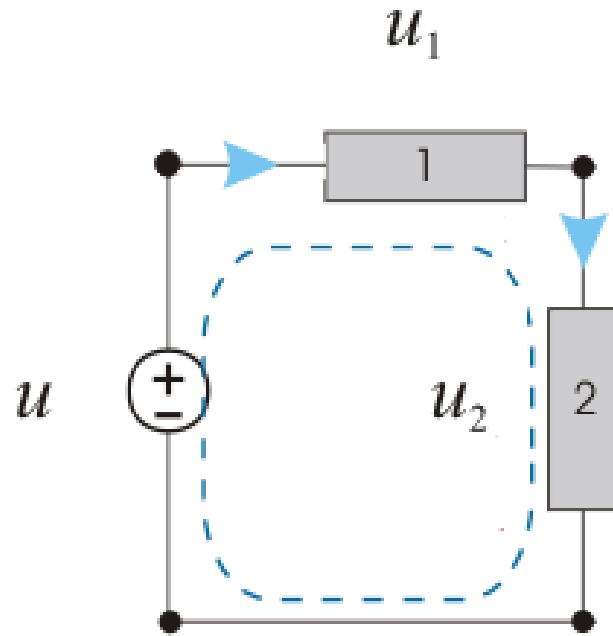


Figura 3.6: Segunda Lei Kirchhoff.

Entretanto, para alguns materiais, por exemplo os semicondutores, a resistência elétrica não é constante, mesmo que a temperatura seja, ela depende da diferença de potencial  $V$ . Estes são denominados condutores não ôhmicos. Um exemplo de componente eletrônico que não obedece à lei de Ohm é o diodo(componente descrito mais detalhadamente na seção ??).

### 3.2.2.4 Ligação em Série

Quando dois ou mais componentes estão conectados num circuito, um após ao outro, diz que tais componentes estão conectados em série, como mostrado em 3.7.

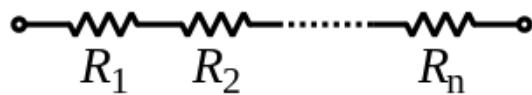


Figura 3.7: Ligação em série de  $n$  resistores.

Para elementos que se encontram em série, a mesma corrente  $I$  os percorre, como mostrado na Figura 3.8.

Aplicando a segunda lei de Kirchoff, apresentada na seção 3.2.2.2, e a lei de Ohm, apresentada na seção 3.2.2.3, tem-se a seguinte sequência de expressões para a demonstração da resistência equivalente de resistores em série:

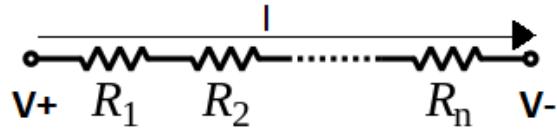


Figura 3.8: Mesma corrente percorrendo resistores em série.

$$V_+ - V_- = V_{R1} + V_{R2} + \dots + V_{Rn} \quad (\text{Aplicando a lei de Kirchoff das malhas}) \quad (3.8)$$

$$I * R_{eq} = I * (R1 + R2 + \dots + Rn) \quad (\text{Aplicando a Lei de Ohm}) \quad (3.9)$$

$$R_{eq} = (R1 + R2 + \dots + Rn) \quad (\text{Fórmula de resistor equivalente - ligação série}) \quad (3.10)$$

A resistência equivalente de uma ligação em série de resistores pode ser vista como a "resistência exagerada" pela fonte de diferença de potencial entre os pontos V+ e V- mostrados na Figura 3.8.

### 3.2.2.5 Ligação em Paralelo

Numa conexão em paralelo, os componentes se encontram conectados com seus terminais conectados em comum e possuem sobre eles a mesma tensão elétrica, como mostrado na Figura 3.9.

A primeira lei de Kirchoff, como mostrado na seção 3.2.2.1, mostra que a soma das correntes que entram num nó é igual a soma das correntes que por ele saem.

Na Figura 3.9, os resistores  $R_1, R_2, \dots, R_n$  encontram-se em paralelo. A soma das correntes que entram no nó A é igual a soma das correntes que dele saem, ou seja:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (\text{Primeira Lei de Kirchoff}) \quad (3.11)$$

Utilizando a Lei de Ohm e sabendo que, numa ligação em paralelo, todos elementos encontram-se sob a mesma Tensão elétrica, tem-se que:

$$\frac{V_{in}}{R_{eq}} = \frac{V_{in}}{R_1} + \frac{V_{in}}{R_2} + \dots + \frac{V_{in}}{R_n} \quad (\text{Lei de Ohm aplicada à ligação em paralelo}) \quad (3.12)$$

Disso, tem -se que:

Tabela 3.2: Resumo - Ligação em série X Ligação em paralelo

	Tensão elétrica nos elementos	Corrente elétrica pelos elementos	Resistência Equivalente entre N elementos conectados
Ligação em Série	Diferente	Igual	$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$
Ligação em Paralelo	Igual	Diferente	$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (\text{Fórmula de resistor equivalente - ligação paralelo}) \quad (3.13)$$

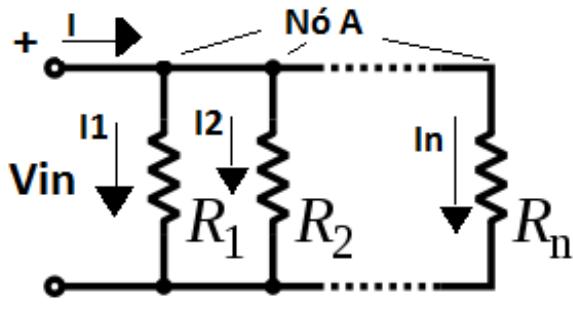


Figura 3.9: Componentes conectados em paralelo.

### 3.2.2.6 Resumo - Ligação em série X paralelo

A tabela mostrada em 3.2 o resumo das características da ligação em série e da ligação em paralelo entre resistores:

### 3.2.3 Diodo-LED

Um **Diodo Emissor de Luz** (LED) é um dispositivo semicondutor o qual, ao passar de corrente elétrica do seu *Ánodo* para seu *Cátodo* emite luz. A Figura 3.11 mostra o símbolo de um LED.

Como todo diodo, o LED bloqueia a passagem de corrente elétrica na direção do seu cátodo ao seu ánodo e permite a passagem de corrente na direção contrária.

Como mostrado na Figura 3.10, diodos são construídos com duas junções de semicondutores dopados: uma junção N e uma junção P. A junção P possui falta de portadores negativos, ou seja, está positivamente dopado. A junção N possui excesso de portadores negativos, ou seja, está negativamente dopada.

A dinâmica dos portadores entre as junções N - P criam o comportamento de bloqueio e liberação da passagem de corrente no diodo.

Para um diodo com tensão positiva entre ánodo e cátodo, existe uma região chamada região de depleção a qual deve ser superada para que exista fluxo de corrente, ainda que o diodo esteja positivamente polarizado, como mostrado também no gráfico da Figura 3.12.



Figura 3.10: Junção N-P em um diodo.

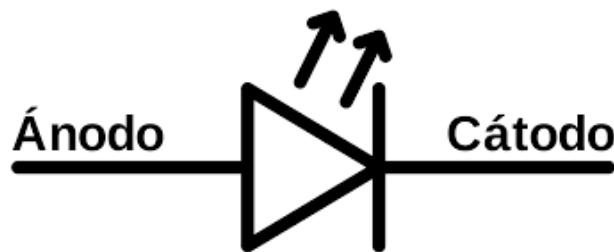


Figura 3.11: Símbolo Diodo

A Figura 3.12 mostra a relação entre tensão aplicada entre o ánodo e o cátodo e a corrente que atravessa um diodo. Quando a diferença de tensão entre ánodo e cátodo é positiva, o diodo se encontra sob polarização direta. Nessa polarização, o diodo permite passagem de corrente entre seus terminais. A fórmula que expressa essa relação é a seguinte:

$$i_D = I_s(e^{v_d/nkT} - 1) \quad (3.14)$$

Onde  $i_D$  é a corrente se passar pelo diodo,  $v_D$  é a tensão entre ánodo e cátodo, T é a temperatura, k é a constante de Boltzmann, N é o coeficiente de não linearidade e  $I_s$  é a corrente de saturação.

Como mostrado na Figura 3.12, quando em polarização reversa, o diodo não permite passagem de corrente com intensidade apreciável.

Caso a diferença de tensão entre cátodo e ánodo seja maior que a tensão de quebra  $V_{br}$ , o diodo entrará na região de quebra e não mais bloqueará a passagem de corrente.

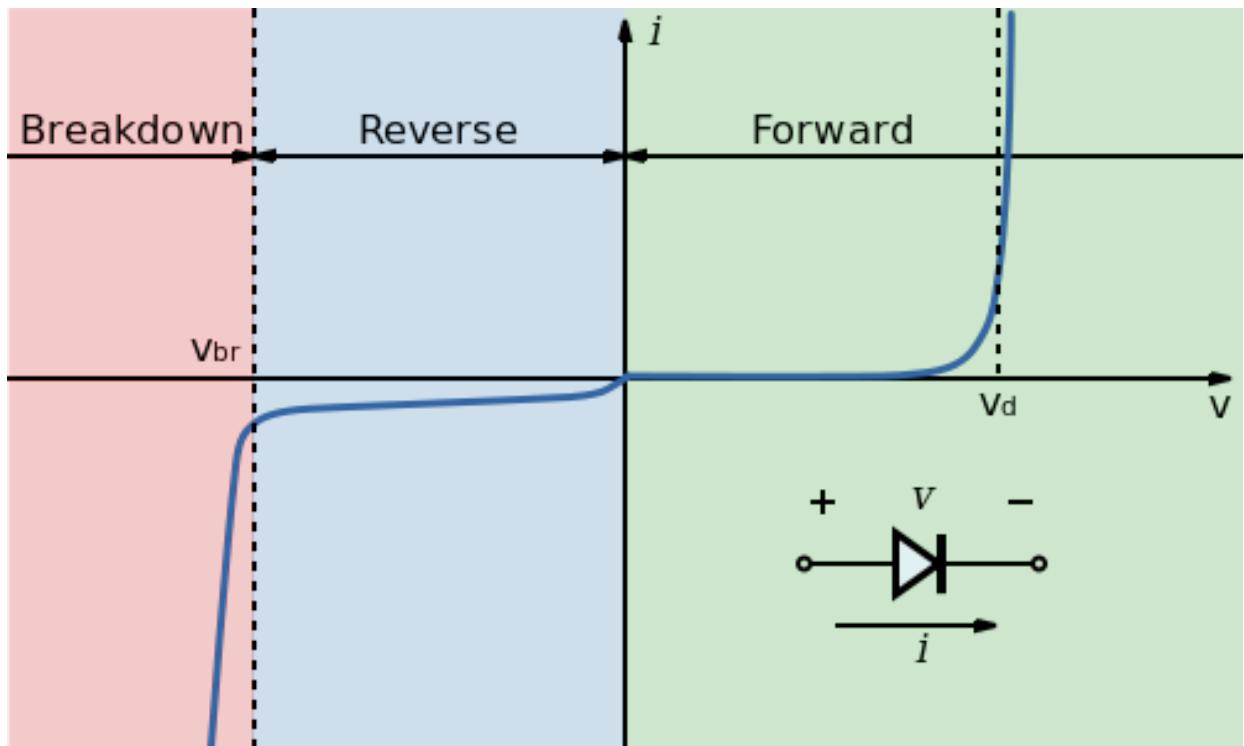


Figura 3.12: Relação tensão, corrente num diodo e suas regiões de operação

Fonte: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---diodo-semicondutor.pdf>

Para aplicações simples em eletrônica, usualmente se adota um modelo simplificado para a operação do diodo mostrado na Figura 3.13.

Nesse modelo, para uma polarização direta, o diodo é substituído por um diodo ideal (sem queda de tensão) com uma bateria em série com valor de tensão de 0.7 a 0.6 de tensão significando a queda de tensão entre os terminais do diodo.

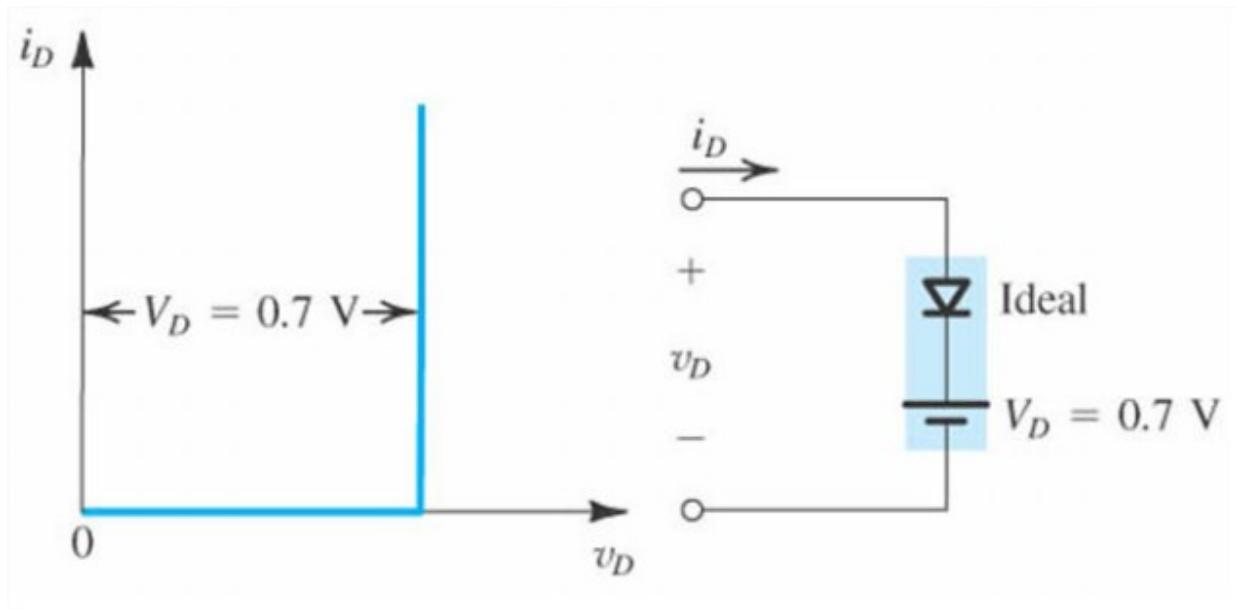


Figura 3.13: Modelo simplificado de um diodo em polarização direta.

Fonte: <https://digitalsignal.files.wordpress.com/2008/09/aula05.pdf>

Diodo são utilizados em várias aplicações em eletrônica. Alguns exemplo de aplicações seriam:

- Retificação de tensão (Transformação de um sinal AC (Corrente Alternada) para DC (Corrente Contínua))
- Isolamento de sinais de fonte de potência
- Referência de voltagem
- Controle e limitação da amplitude de sinais
- Detecção de sinais

### 3.2.4 Protoboard

Protoboard ou *BreadBoard* é um componente essencial na prototipação de circuitos eletrônicos. Com uma protoboard, é possível criar circuitos temporários, sem necessidade de realizar soldagem.

As protoboards foram criadas para simplificar a prototipação e testes de circuitos eletrônicos anteriormente a sua efetiva produção por meio em máquinas de circuitos impressos. Em geral, as protoboards apresentam a estrutura mostrada na Figura 3.14. As trilhas verticais + e - marcadas na Figura são trilhas contínuas de alumínio. Usualmente, mas não obrigatoriamente, as trilhas + e - são usadas como polos positivo e negativo da bateria. A região central, com as trilhas na horizontal, geralmente é utilizada para a construção do circuito desejado.

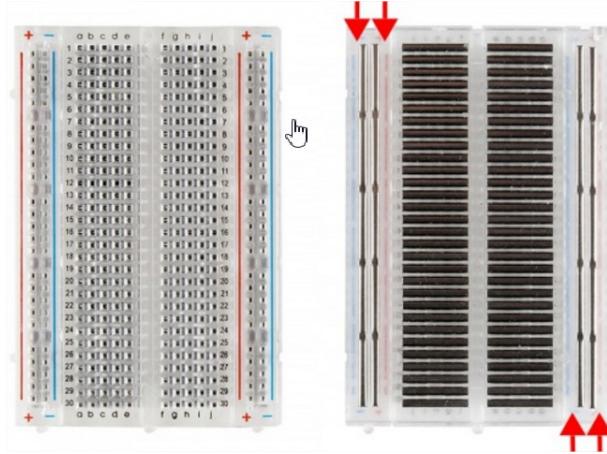


Figura 3.14: Protoboard.

Fonte: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-breadboard>

A Figura 3.15 mostra o esquemático de circuito simples formado por uma fonte de 9V, uma resistor de 1k ohm e um LED e sua construção numa protoboard.

Na parte direita da Figura 3.15, é mostrado os polos positivo e negativos da bateria de 9V conectado à trilha contínua e a região central foi usada para conectar tais polos ao LED e resistor em série. Além disso, a parte direita da Figura mostra o sentido convencional da corrente elétrica.

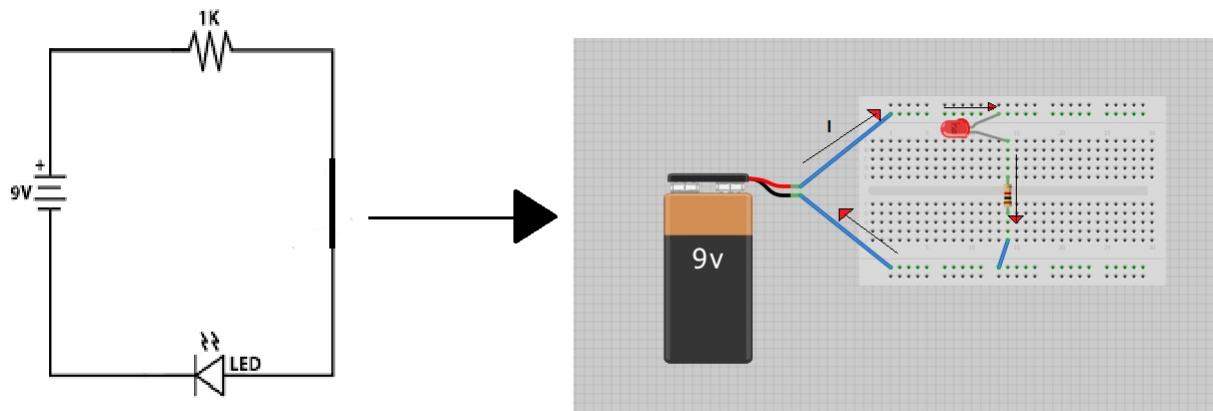


Figura 3.15: Esquemático de um circuito e sua construção numa protoboard.

### 3.2.5 Divisor de tensão

Em eletrônica, chama-se divisor de tensão um circuito com estrutura similar ao mostrada na Figura 3.16.

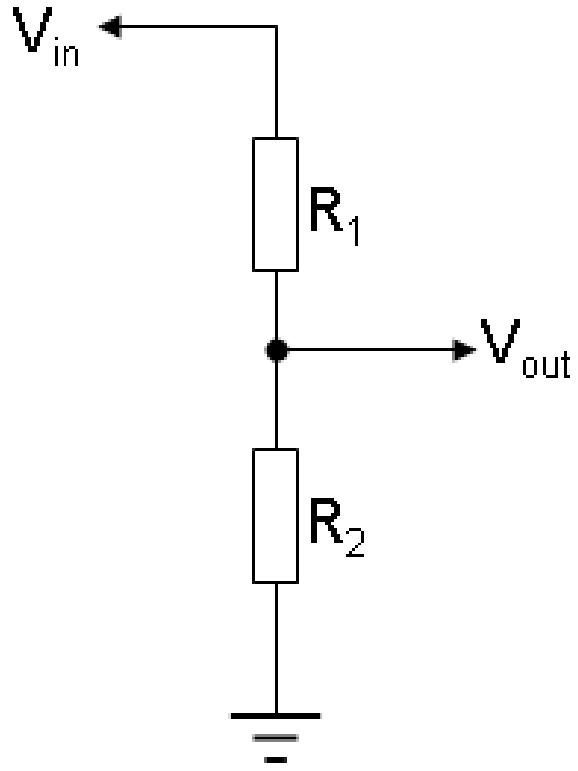


Figura 3.16: Modelo de um circuito divisor de tensão

Pela segunda lei de Kirchoff (seção 3.2.2.2) tem-se a seguinte expressão:

$$V_{in} - V_{R1} - V_{R2} = 0 \quad (3.15)$$

A corrente que circulará nesse circuito é igual a:

$$I = \frac{V_{in}}{(R1 + R2)} \quad (3.16)$$

Calculando o valor da tensão de saída, tem-se:

$$V_{out} = V_{in} - I * R1 \quad (3.17)$$

Portanto, a tensão de saída será igual a:

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{in} \quad (3.18)$$

O fator  $\frac{R2}{R1+R2}$  é o fator da divisão de tensão, no circuito exemplificado pela Figura 3.16.

Divisores de tensão tem várias aplicações em eletrônica, dentre elas, destacam-se as seguintes:

- **Medição de sensores:** Um divisor de tensão pode ser usado como forma de medição para sensores resistivos ( Sensores que alteram sua resistência de acordo com o fator de sensitividade).
- **Medição de altas tensões:** Um divisor de tensão pode ser usado para utilizar voltímetros para tensões além de sua respectivas escala de medição.
- **Mudança de escala de sinais:** Um divisor de tensão pode ser usado para adeguar a escala de um sinal para sinais que podem ser lidos e processados por um microprocessador em suas faixa operação própria.

### 3.2.6 Potenciômetro

Um potenciômetro é um componente de circuitos elétricos que possui resistência elétrica ajustável mecanicamente. Num esquemático de um circuito, o símbolo usado para potenciômetro é mostrado na Figura 3.17.



Figura 3.17: Símbolo de um potenciômetro.

Potenciômetros são muito usados para controlar / alterar as características de entrada / saída de aparelhos eletrônicos, como volume, balanço, graves, brilho, contraste, cor, tempo de funcionamento (em tv's, dvd's, monitores, relógios, ... ). São também conhecidos como resistores variáveis, ou ainda, reostatos.

Para criar tal característica de variação de resistência, os potêniometros possuem internamente uma trilha resistiva (de níquel-cromo ou de carbono), sobre a qual desliza um cursor , que altera a resistência elétrica entre seu conector central e um dos dois laterais(normalmente são três conectores).

Os potenciômetros podem ser classificados em duas categorias: quanto a forma de deslocamento do curso e quanto a forma de variação da resistências entre seus terminais.

Em relação a forma de deslizamento do curso, os potenciômetros podem ser angulares, Figura 3.18, e lineares, Figura 3.19.

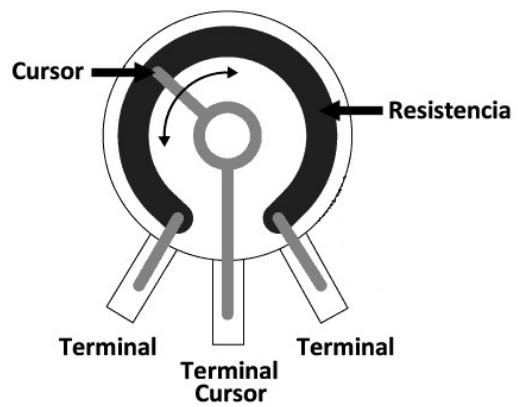


Figura 3.18: Estrutura de um potenciômetro angular.

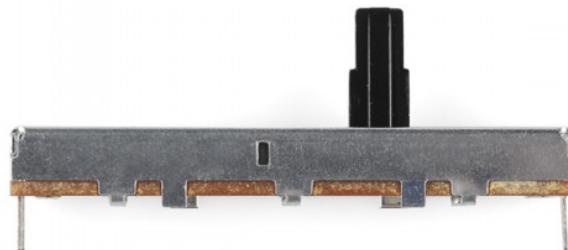


Figura 3.19: Potenciômetro linear.

Em relação a a forma de variação da resistência entre seus terminais, os potênciometros podem ter variação linear ou variação logarítmica. A Figura 3.20 mostra tais formas de variação.

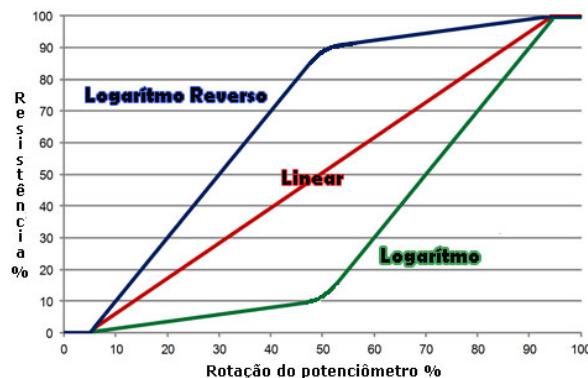


Figura 3.20: Formas de variação da resistência em um potênciometro.

Assumindo que a resistência entre os terminais externos do potênciometro da Figura 3.21 é fixa e igual a 10 k ohms tem-se as seguintes formas de uso dos terminais:

- **Ponteciômetro 1:** está com os terminais 1 e 2 ligados, neste caso ele varia sua resistência entre 0 ohm e 10 k ohms, nessa ligação quando o eixo é girado para a esquerda ele diminui a sua resistência e quando ele é girado para a direita aumenta a sua resistência.
- **Ponteciômetro 2:** Nesse caso, os terminais 2 e 3 encontram-se ligados, ele varia sua resistência entre 0 ohm e 10 k ohms, nessa ligação quando o eixo é girado para a esquerda ele aumenta a sua resistência e quando é girado para a direita diminui a sua resistência.
- **Ponteciômetro 3:** a resistência é fixa, no caso 10 k ohms. Girar o curso não alterará a resistência observada.



Figura 3.21: Formas de uso de um potênciometro angular.

Um exemplo de utilização de potenciômetros são os *joysticks* utilizados em jogos eletrônicos. A Figura 3.22 mostra um circuito integrado de um joystick.

O joystick mostrado é implementado utilizando dois potenciômetros. Um dos potenciômetros é traduz em tensão X em relação à posição inicial e o outro traduz a posição Y.



Figura 3.22: Circuito integrado de um joystick que utiliza dois potenciômetros para tradução de sua posição em tensão.

A Figura 3.23 mostra um circuito esquemático utilizando um joystick construído com 2 potenciômetros.

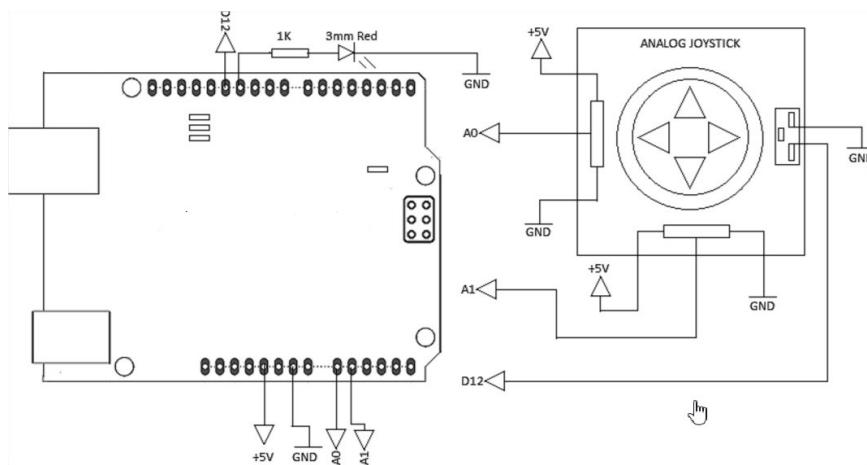


Figura 3.23: Circuito esquemático de um circuito utilizando um joystick similar ao mostrado na Figura 3.22 com a placa Galileo.

Para o circuito mostrado na Figura 3.23, os potenciômetros estão sob 5V de tensão. Na posição inicial, ambas portas analógicas 0 e 1 ,que leêm as posições X e Y, lerão 2.5 V. Ao se movimentar o joystick, as portas analógicas lerão algum valor entre 0 e 5V.

### 3.2.7 LDR

Um foto-resistor ou LDR (Light Dependent Resistor) é um resistor cuja resistência é dependente da luz que incide sobre ele. A Figura 3.24 mostra um LDR simples, muito utilizado em circuitos eletrônicos e a Figura 3.25 mostra a símbolo para o LDR usado em esquemáticos.

Resistores dependentes de luz podem ser de diferentes tipos. Eles variam em material sensível à luz usada. Um resistor dependente da luz no espectro visível é feita através de sulfureto de cádmio (CdS) ou seleneto de cádmio (CdSe). Este material é sensível ao comprimento de onda de 400 nm - 850 nm. Por perto faixa do infravermelho (1  $\mu$ m - 3  $\mu$ m), existem PBS ou materiais PBSE usado.



Figura 3.24: LDR



Figura 3.25: Símbolo do LDR

Fonte: [www.electrical4u.com](http://www.electrical4u.com)

Um LDR pode de dezenas de Megaohms (Escuro) para algumas centenas de ohms (claro) dependendo da intensidade da luz incidente, como mostrado no gráfico da Figura 3.26.

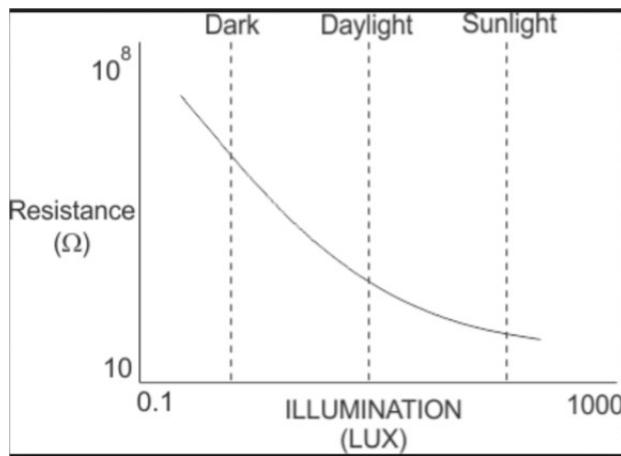


Figura 3.26: Gráfico LDR : Resistência X Luminância

Fonte: [www.electrical4u.com](http://www.electrical4u.com)

Como dito na seção 3.2.5, um divisor de tensão pode ser usado em conjunto com sensores resistivos como o LDR. A Figura 3.27 mostra um sensor de luz implementado com um circuito formado por uma fonte DC, um resistor fixo de 10k ohms e um LDR.

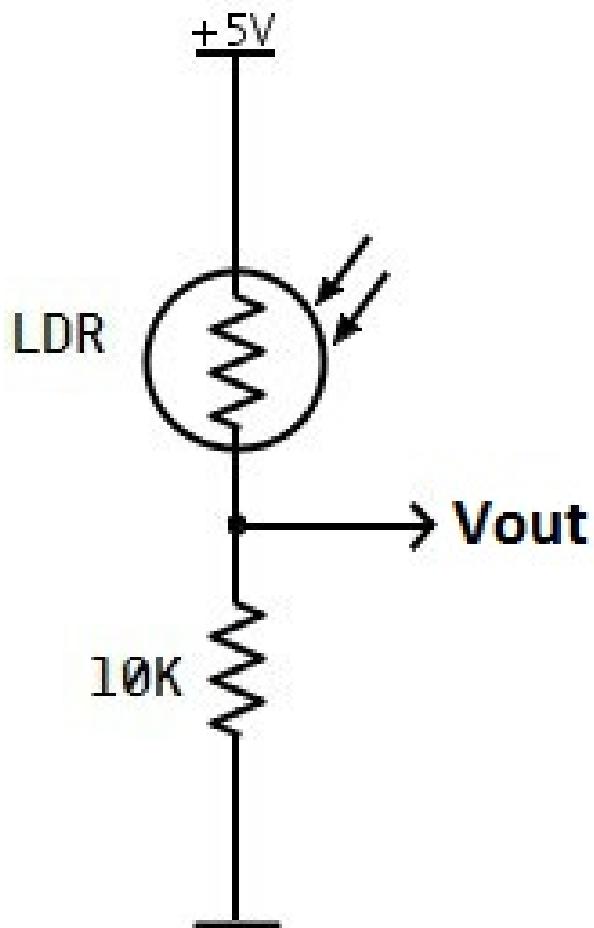


Figura 3.27: Possível circuito a ser utilizado num sensor de luz

A tensão de saída  $V_{out}$  é dada segundo a seguinte expressão:

$$V_{out} = \frac{10k}{10k + R_{LDR}} * 5 \quad (3.19)$$

Onde  $R_{LDR}$  obedece ao gráfico mostrado na Figura 3.26.

### 3.2.8 Interruptores

Ao se desenvolver circuitos eletrônicos, existem duas expressões muita comuns: circuito aberto e circuito fechado.

Um circuito aberto é mostrado na Figura 3.28. Nesse circuito, corrente alguma sai da fonte e passa pela lâmpada.

Pode-se dizer que a região entre A e B é uma resistor com resistência que tende ao infinito. Usando essa suposição, ao se calcular a corrente que circula numa região de circuito aberto tem-se a seguinte expressão:

$$I = \lim_{R_{AB} \rightarrow \infty} \frac{V_{bateria}}{R_{lampada} + R_{AB}} = 0A \quad (3.20)$$

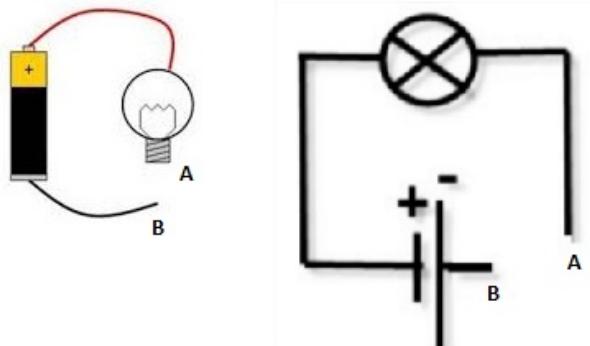


Figura 3.28: Circuito aberto.

Um circuito fechado, é um circuito que se encontra caminho efetivo, para passagem de corrente elétrica. Na Figura 3.29 é mostrado o mesmo circuito da Figura 3.28 fechado.

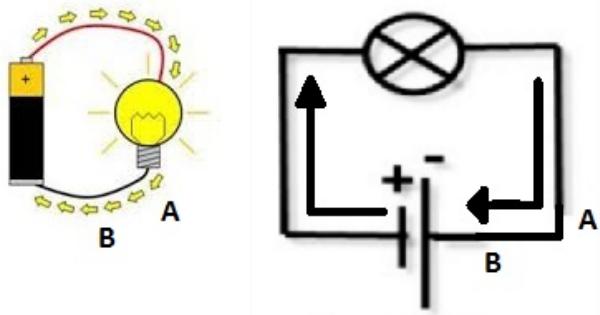


Figura 3.29: Circuito fechado.

Abrir ou fechar uma região de um circuito ou ele por completo pode-ser feito utilizando interruptores ou chaves.

Interruptores ou chaves tem por propósito abrir ou fechar um circuito ou certa região de um circuito de acordo com a vontade de um agente externo. A Figura 3.30 mostra o símbolo de um interruptor num circuito elétrico.

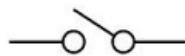


Figura 3.30: Símbolo de um interruptor.

Um tipo especial de interruptor é o botão. A Figura 3.31 mostra a imagem e esquemático de mini botões.

Os Mini Push Buttons são também chamados de interruptores tendenciosos ou momentâneos, porque após precionados, eles retornam ao estado de origem (aberto ou fechado).

Existem 2 tipos de Mini Botões de Pressão quanto ao seu estado:

- NO (abreviação de Normally Open), esse interruptor momentâneo fica normalmente aberto (desligado), mas quando pressionado e segurado o botão, o interruptor fecha (liga). Ao soltar o botão, o interruptor abre novamente. Utilizado em teclados de computadores, calculadoras, etc.
- NC (abreviação de Normally Closed), esse interruptor momentâneo fica normalmente fechado (ligado), mas quando apertado e segurado o botão, o interruptor abre (desliga). Ao soltar o botão, o interruptor fecha novamente. Utilizado na iluminação interna das geladeiras, veículos, etc. (ao abrir a porta, o interruptor é acionado, fechando o circuito).

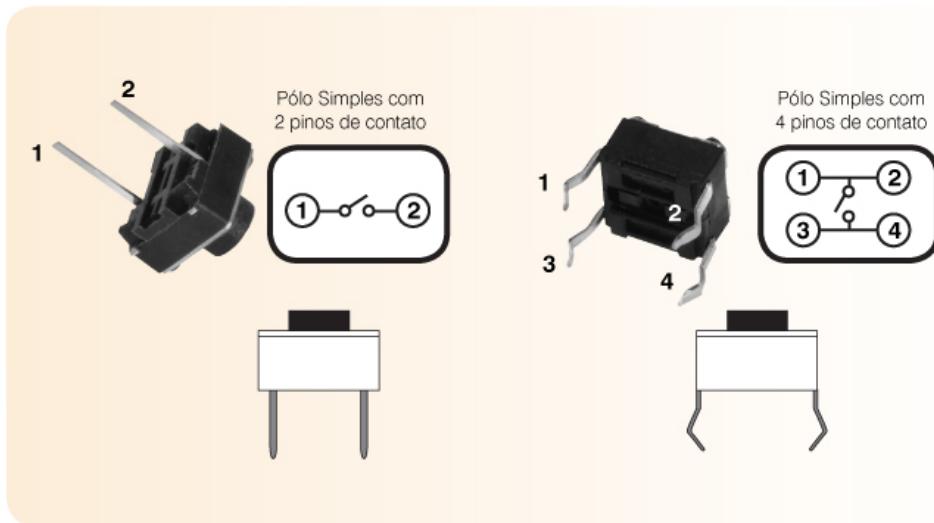


Figura 3.31: Mini botões de pressão, de 2 e 4 pinos.

Fonte: [http://www.dreaminc.com.br/sala\\_de\\_aula/9b-interruptores-mini-botao-de-pressao/](http://www.dreaminc.com.br/sala_de_aula/9b-interruptores-mini-botao-de-pressao/)

O mini botão de 4 pinos de contato é muitas vezes utilizado para oferecer tensão alta (HIGH) e baixa (LOW) para uma porta de uma placa como a placa Galileo.

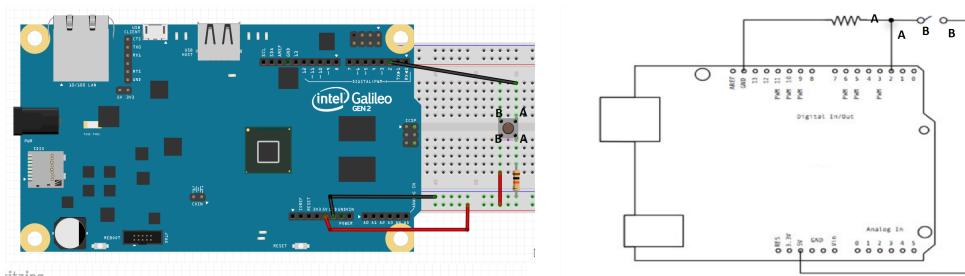


Figura 3.32: Circuito simples utilizando um botão de 4 pinos de contato .

A Figura 3.32 mostra um exemplo de um circuito construído em conjunto com a placa Galileo. Nesse circuito, a porta digital 2 pode ler um nível de tensão alta (HIGH) ou baixa(LOW) dependendo do botão estar pressionado ou não. Como mostrado no esquemático, quando o botão é pressionado, os ponto A e B se encostam e na porta digital passa a existir a tensão alta.

As aplicações para botões em eletrônica são diversas. Neste trabalho, muitas práticas usarão botões no seu desenvolvimento.

### 3.2.9 Registrador de deslocamento (Shift Register)

Registadores de deslocamento são muito utilizados na conversão entre interfaces seriais para interfaces paralelas. A Figura 3.33 mostra um resumo do funcionamento de um registrador de

deslocamento.

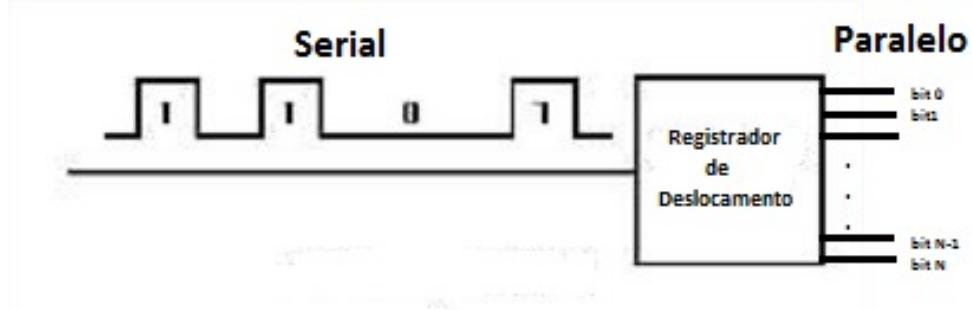


Figura 3.33: Esquema resumido: Série para Paralelo com um registrador de deslocamento.

Fonte: Adaptado de <http://electriciantraining.tpub.com/14185/css/Serial-And-Parallel-Transfers-And-Conversion-Continued-151.htm>

Cada bit que chega no registrador de deslocamento é escrito nas portas paralelas sequencialmente.

Tal comportamento é realizado por meio de uma cascata de *flip-flops*. Um flip-flop é um dispositivo que armazena ou reseta um bit de acordo com sinais nas suas portas.

A figura 3.34 mostra a estrutura interna de um registrador de deslocamento com mais detalhes. Cada vez que um salto alto é posto no pino de Clock, um novo bit que entra no pino *Data in* e os que estavam armazenados nos *flip-flops* são levados para os flip-flops da frente.

Os pinos *Q<sub>1</sub>*, *Q<sub>2</sub>*, *Q<sub>3</sub>*, ..., *Q<sub>N</sub>* são os pinos a serem utilizados para leitura paralela.

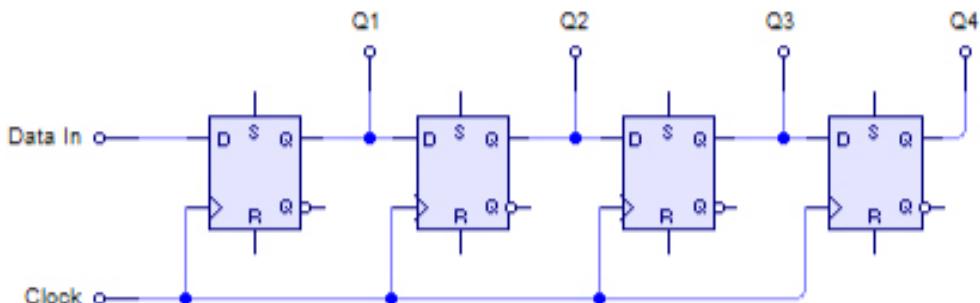


Figura 3.34: Cascata de *flip-flops* num registrador de deslocamento.

Uma arquitetura similar pode ser usada para realizar a conversão entre comunicação paralela para serial.

Registradores de deslocamento são muito utilizada para controlar diversas entradas e saídas para além das entradas e saídas disponibilizadas por um microcontrolador.

Geralmente, os registradores de deslocamento tratam apenas de valores digitais ( $V_{cc}$  ou  $GND$ ) em seus pinos.

Para os propósitos deste trabalho, será usado o registrador de deslocamento 74HC595 [32]. A Figura 3.35 mostra a pinagem desse circuito integrado:

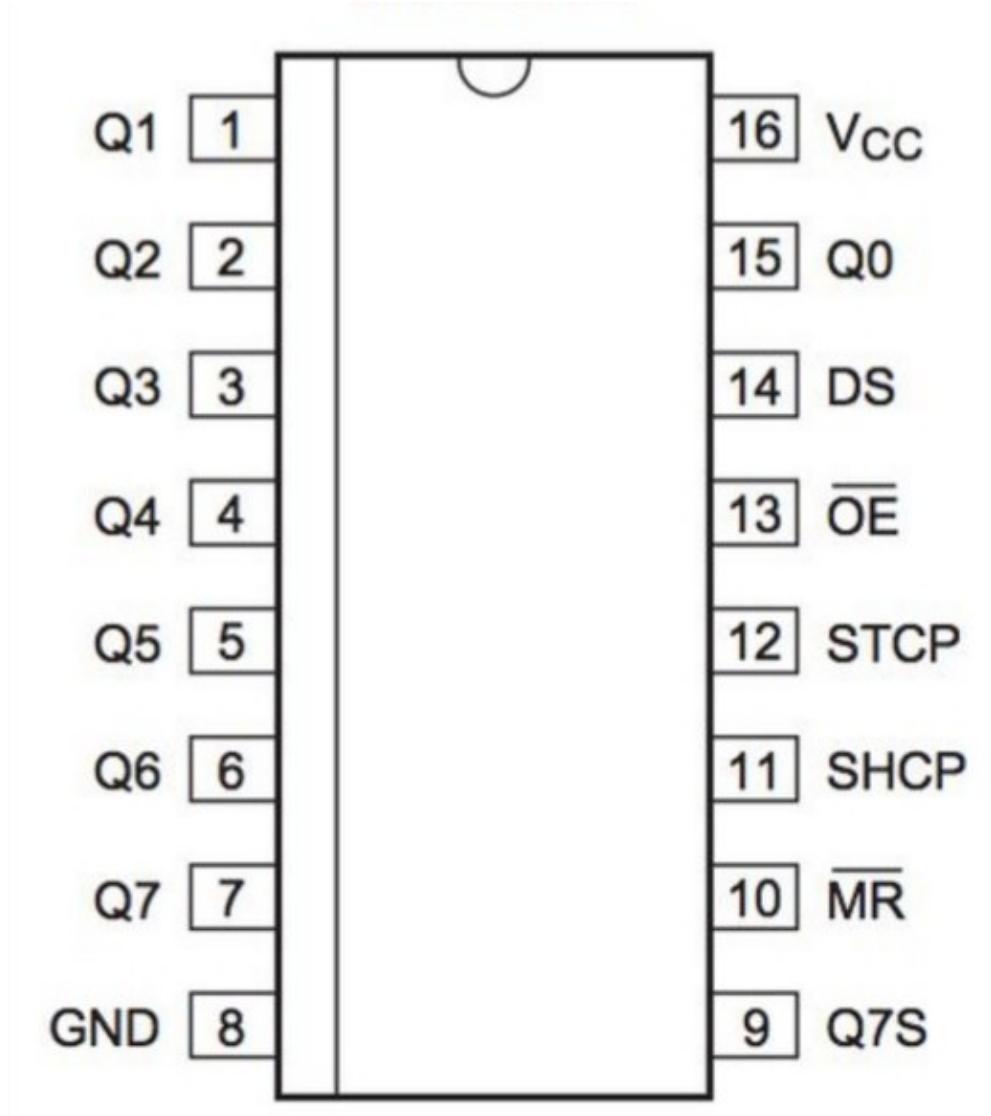


Figura 3.35: Pinagem Registrador de Deslocamento 74HC595.

A descrição dos pinos é a seguinte:

- **Pino 14:** Pino para entrada de dados seriais.
- **Pino 16:** Pino de alimentação V<sub>CC</sub>.
- **Pino 8:** Pino de referência GND.
- **Pinos 1 a 7 e 15 (Q1 a Q7 e Q0):**
- **Pino 10:** O pino 10 é chamado de *Master Reset (MR)*. Quando um valor baixo de tensão é identificado nesse pino, o registrador de deslocamento é resetado e todos dados que ainda estiverem nele são perdidos.

- **Pino 11:** O pino 11 é destinado para o sinal do clock do sistema, que determinará qual será a frequência com que os bits são deslocados pelo registrador.
- **Pino 12:** O pino 12 é o *Latch Pin*. Quando este pino está no estado de LOW, o registrador de deslocamento está pronto para receber dados na sua pino de entrada. Quando este pino está no estado de HIGH, o registrador de deslocamento é configurado para escrever os dados lidos nos pinos Q1 a Q7 e Q0.
- **Pino 13:** O pino 13 é o pino responsável por permitir ou bloquear a transmissão dos dados para as portas de saída. Quando o pino está no estado LOW (GND), a transmissão está permitida, quando está em estado HIGH, a transmissão está bloqueada.

Os bits que entram no pino 14 de forma serial e saem, como dito, sequencialmente nos pinos Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7.

### 3.2.10 Sensor de Temperatura - LM35

Sensores de temperatura são dispositivos os quais possuem alguma propriedade mensurável alterada pela alteração de temperatura.

Sensores são extremamente importantes para sistemas de automação, em qualquer escala ou ambiente.

Em industrias, onde há processos de produção automatizados, temos muitos tipos de sensores medindo as mais diversas variáveis do processo: temperatura, pressão, peso, pH, dentre muitos outros. Devido a importância da leitura dessas variáveis, existe uma área responsável por instrumentos de medição, a Instrumentação Industrial.

Em ambientes comerciais, sensores de temperatura são muito utilizados para controle de ar-condicionados e verificação de incêndios. Sensores de presença são importantes para segurança.

Com relação a sensores de temperatura, um dos mais usados e baratos é o sensor LM35. O sensor LM35 possui as seguintes características:

- Entrada temperatura, saída Tensão elétrica: Alguns sensores de temperatura são sensores resistivos. Se esse fosse o caso, seria necessário a construção de um tipo de divisor de tensão (seção - 3.2.5) para tratar com os dados do sensor na forma de tensão de forma a ter uma variável processável pela placa Galileo.
- Sem necessidade de calibração da escala Kelvin para Celsius: Muitas vezes, os sensores possuem respostas calibradas para a escala Kelvin, mas o LM35 já é calibrado para Celsius. **A sensibilidade do LM35 é  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$**
- O LM35 consome apenas 60 uA na faixa de 4 a 20 V de alimentação, portanto, pouca influência na leitura ocorre por auto-aquecimento[33].

A Figura 3.36 mostra o LM35 e a Figura 3.37 mostra sua pinagem.

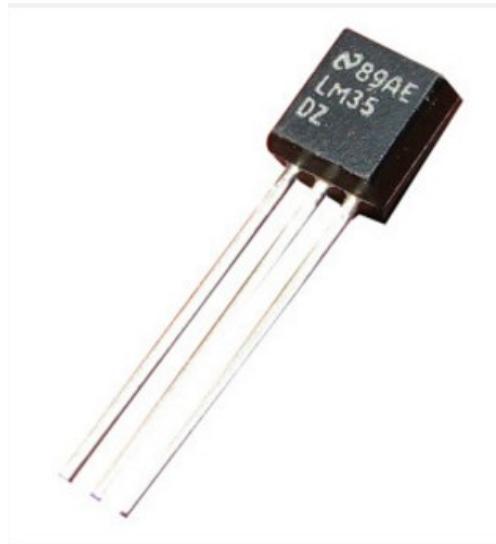


Figura 3.36: Sensor de Temperatura LM35.

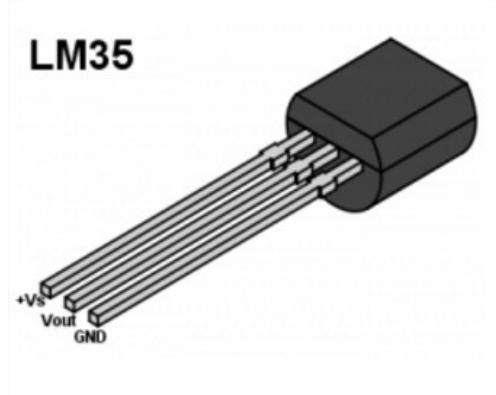


Figura 3.37: Pinagem LM35.

Na Figura 3.37, os pinos indicam o seguinte:

- **+Vs**: Pino de alimentação. Para aplicações com a placa Galileo, a alimentação 5V já é adequada.
- **GND**: Pino para se conectar ao terra.
- **Vout**: Pino de saída da leitura realizada.

A Figura 3.38 mostra a forma adequada de se conectar o LM35 à placa Galileo.

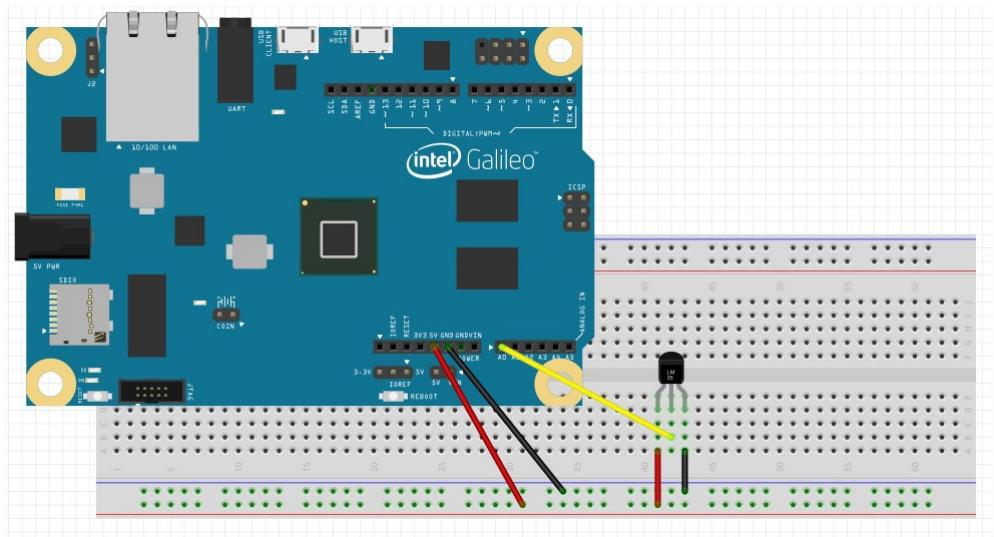


Figura 3.38: Circuito sensor de temperatura feito com LM35 e com a placa Galileo.

Nesse circuito, a temperatura é lida no pino analógico A0.

### 3.2.11 Capacitores

Capacitores, ao contrário dos resistores que apenas dissipam energia, são dispositivos ativos num circuito elétrico, ou seja, eles armazenam energia. Tal armazenagem é realizada pelo manti-  
mento de cargas elétricas num campo elétrico.

Tipicamente, os capacitores consistem em dois eletrodos ou placas que armazenam cargas de polaridades opostas e um dielétrico isolando tais placas. A Figura 3.39 mostra a estrutura de um capacitor formados por duas placas.

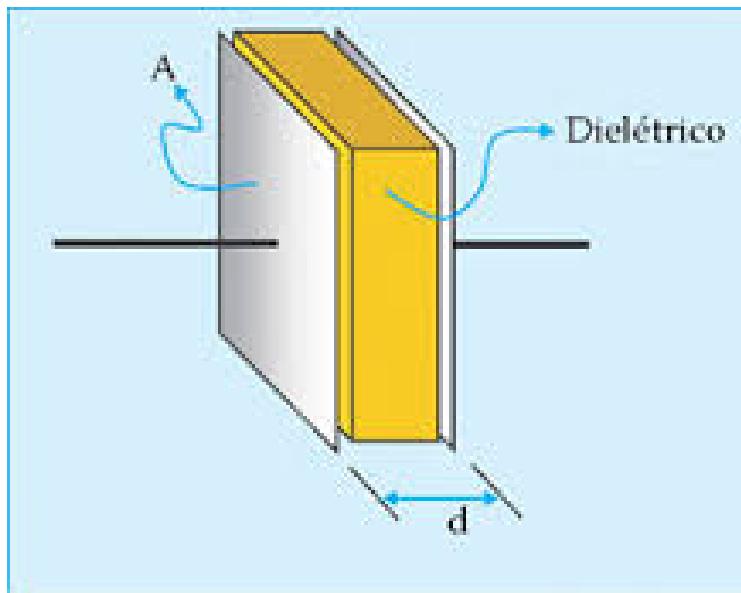


Figura 3.39: Estrutura básica de um capacitor

Para calcular a capacidade de um capacitor semelhante ao da Figura 3.39, usa-se a seguinte expressão:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (3.21)$$

Onde C é a capacidade dada em *Farad*,  $\epsilon_0$  é a permissividade eletrostática do meio e  $\epsilon_r$  é a constante dielétrica do isolante.

A Figura 3.40 mostra um circuito com uma fonte de tensão, um resistor e um capacitor. A placa do capacitor mais próxima do potencial elétrico mais elevado, será carregada com cargas positivas e a outra placa será carregada com cargas negativas.

A tensão entre os terminais do capacitor é dada pela seguinte expressão:

$$V = \frac{q}{C} \quad (3.22)$$

Onde q é a carga acumulada entre os terminais e C é a capacidade do capacitor.

A energia elétrica acumulada num capacitor é dada pela seguinte expressão:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad (3.23)$$

Onde U é a energia acumulada, C é a capacidade e V é a tensão entre os terminais do capacitor.

Capacitores são comumente usados em fontes de energia onde elas suavizam a saída de uma onda retificada completa ou meia onda.

As aplicações dos capacitores para transmissão de energia elétrica são comumente relacionadas à correção de fator de potência. Fator de potência é um indicador do quanto da energia produzida é efetivamente transmitida. Também podem ser usados em circuitos como filtro passa-baixa, passa-alta ou passa-banda, dependendo da configuração.

Neste trabalho, será explicado o filtro passa-baixa que tem aplicações diretas de processamento de sinais para circuitos como os utilizados em micro-controladores como a placa Galileo.

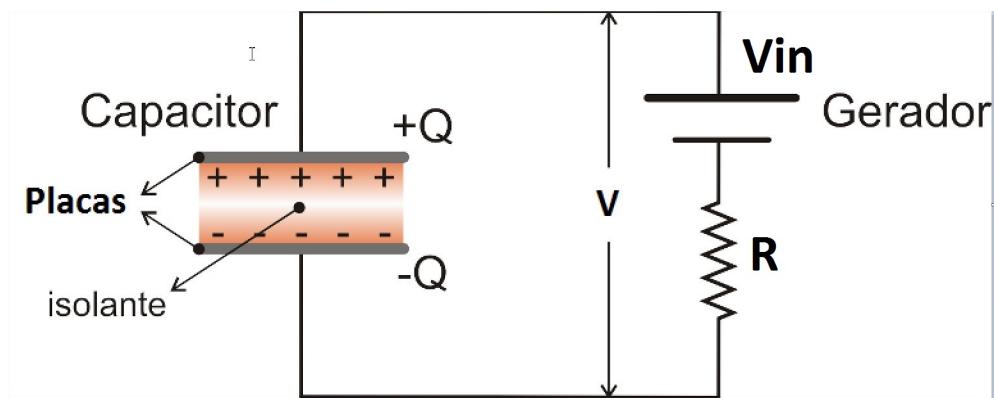


Figura 3.40: Circuito com um capacitor

### 3.2.12 Filtro RC

Um circuito formato com um resistor e um capacitor (filtro RC) é um dos mais simples filtros de sinais elétricos.

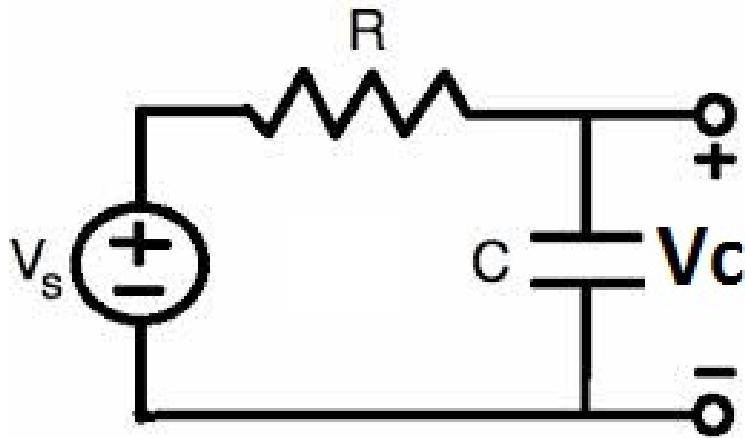


Figura 3.41: Filtro RC.

Utilizando a fórmula da tensão entre os terminais de um capacitor (equação 3.22 ) e a lei das tensões numa malha fechada (equação 3.5) para o circuito mostrado da Figura 3.41, tem -se a seguinte expressão:

$$V_s - V_R - V_C = 0 \quad (3.24)$$

$$V_s = \frac{q}{C} + I * R \quad (3.25)$$

Muitas vezes, a fórmula da tensão elétrica apresentada na equação essa mesma expressão é tomada em função da corrente elétrica. Daí, tem-se a seguinte expressão

$$V_s = \frac{\int I dt}{C} + I * R \quad (3.26)$$

Tomando-se a derivada da equação 3.26, assumindo que  $V_s$  é uma tensão constante, tem-se:

$$0 = \frac{I}{C} + \frac{dI}{dt} * R \quad (3.27)$$

A solução dessa equação para a tensão sobre o capacitor, assumindo condições iniciais de tensão e corrente nulas, é a seguinte:

$$V_c = V_s(1 - e^{\frac{t}{RC}}) \quad (3.28)$$

O gráfico mostrado na Figura 3.42 mostra a evolução da tensão sobre o capacitor e sobre o resistor num circuito RC. A constante  $\tau$  é igual a  $RC$ .

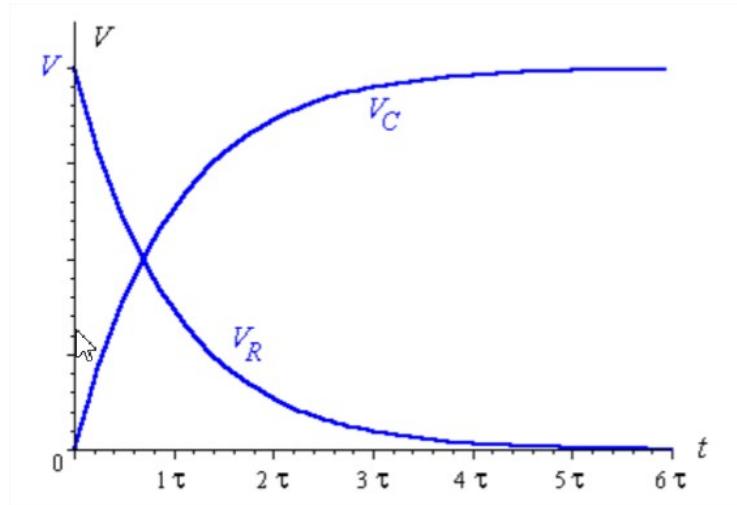


Figura 3.42: Evolução da tensão no capacitor e no resistor no tempo, num circuito RC.

A exp  $RC$  da equação 3.28 indica quanto tempo o capacitor leva para carregar 69 por cento do seu valor final. Quando o tempo tende para o infinito, o capacitor num circuito RC tende a se comportar como um circuito aberto. A tensão sobre o capacitor tende a tensão de alimentação e a corrente tende a zero, ou seja,

$$\lim_{t \rightarrow \infty} V_c = V_s \quad (3.29)$$

Com relação a sinais AC, circuitos RC são muito utilizados como filtros passa-baixa, como mostrado no diagrama de bode da Figura 3.43. Para frequências acima da frequência de corte  $\frac{1}{2\pi RC}$  a amplitude do sinal é atenuada.

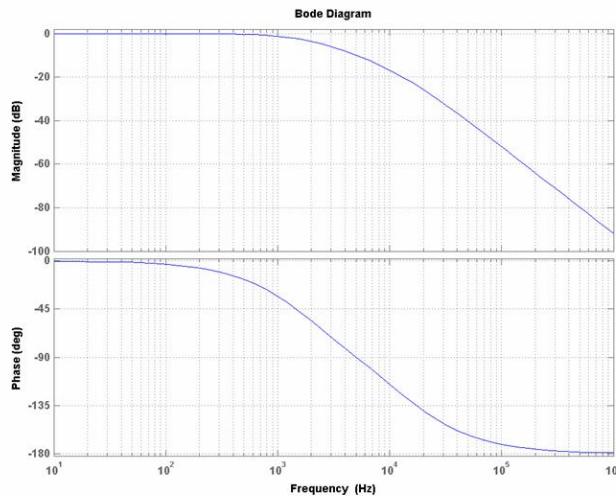


Figura 3.43: Diagrama de bode de um filtro RC.

Para os propósitos deste trabalho, o filtro RC será utilizado para atenuar ruídos de alta frequência e realização a estabilização de sinais enviados à placa Galileo por meio de interruptores.

### 3.2.13 Inversor Schmitt trigger

Um inversor é um circuito comparador com histerese com feedback na entrada positiva de um comparador ou um amplificado operacional. Define-se histerese como um comportamento relativo a variável de saída que é distinto nos caminho de aumento da variável de entrada e subsequente diminuição desta.

A Figura 3.44 mostra um sinal com histerese. Tendo a variável de entrada *in* partindo do valor  $-T$  a até o valor  $T$ , a variável de saída *out* terá valor  $-M$ . Após isso, caso a variável de entrada *in* volte para o valor  $-T$ , a variável de saída terá como valor  $+M$ .

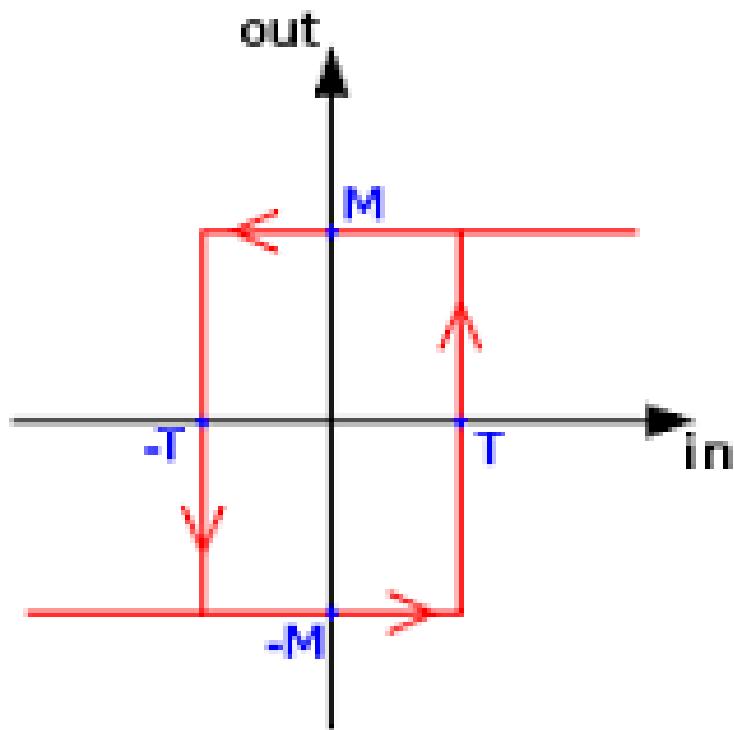


Figura 3.44: Sinal com histerese.

Um inversor *Schmitt trigger* pode ser implementado utilizando, como dito, feedback na entrada positiva de um amplificado operacional como mostrado na Figura 3.45.

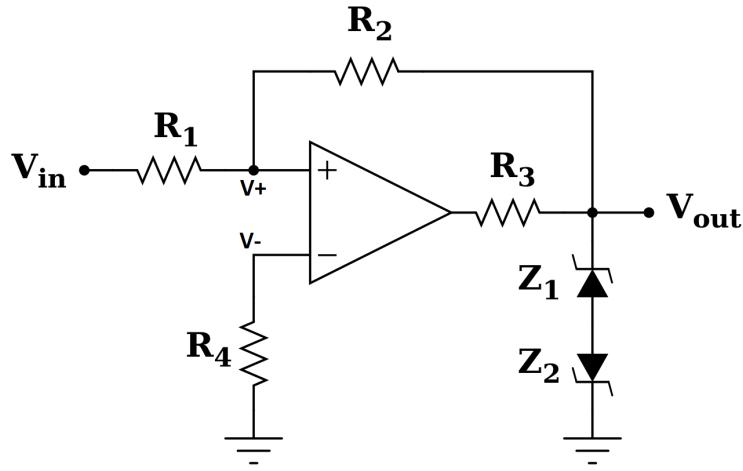


Figura 3.45: Implementação de um inversor com histerese com amplificador operacional e diodos zener.

Fonte: Adaptado de Alessio Damato - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1178935>

O circuito mostrado na Figura 3.45 é um comparador implementado com um amplificador operacional. A saída do amplificador  $V_{out}$  obedece às seguintes expressões

$$V_{out} = +V_z, \text{ quando } V_+ > V_- \quad (3.30)$$

e

$$V_{out} = -V_z, \text{ quando } V_+ < V_- \quad (3.31)$$

$V_z$  é a tensão de quebra dos diodos zeners, conectados na saída do amplificador operacional.

As tensões de ida e volta de histerese para esse circuito são encontradas seguindo a seguinte expressão:

$$V_+ = V_{in} \cdot \frac{R2}{R1 + R2} + V_{out} \cdot \frac{R1}{R1 + R2} \quad (3.32)$$

A expressão da equação 3.32 é obtida utilizando a segunda lei de Kirchoff (equação 3.5) e o teorema da superposição.

Os pontos de quebra  $+M$  e  $-M$  são obtidas da equação 3.32 quando  $V_+$  é igual a  $V_-$ , ou seja:

$$+T = V_{in} = V_- \cdot \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) - V_{out} \cdot \frac{R1}{R2} \quad (3.33)$$

e

$$-T = -V_{in} = -V_{-} \cdot (1 + \frac{R1}{R2}) + V_{out} \cdot \frac{R1}{R2} \quad (3.34)$$

Caso a tensão  $V_{-}$  seja igual a zero, tem-se:

$$T = V_{in} \cdot \frac{R1}{R2} \quad (3.35)$$

e

$$-T = V_{in} \cdot \frac{R1}{R2} \quad (3.36)$$

As expressões 3.32, 3.33 e 3.34 são válidas para o caso de  $V_{-} = 0$ . Caso  $V_{-}$  seja diferente de zero, o gráfico mostrado na Figura 3.44 será deslocado para direita ou esquerda a depender do valor de  $V_{-}$  e resistores  $R1$  e  $R2$  como indicado pelas equações 3.32 e 3.33.

Em resumo, a saída de tensão do Schmitt trigger mostrado na Figura 3.45 se resumirá apenas aos valores  $+V_z$  e  $-V_z$  independentemente de ruídos na entrada.

O inversor Schmitt trigger a ser usado nas práticas propostas neste trabalho é o 74HC14 [34].

A Figura 3.46 mostra os pinos do chip 74HC14. No 74HC14, 6 inputs distintos podem ser invertidos usando os pinos de 1 a 12.

## 6. Pinning information

### 6.1 Pinning

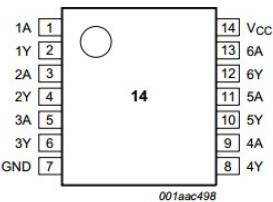


Fig 4. Pin configuration SO14 and (T)SSOP14

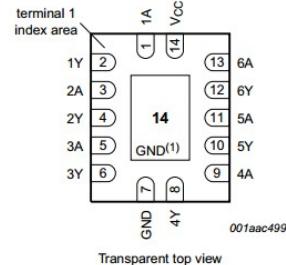


Fig 5. Pin configuration DHVQFN14

Figura 3.46: Inversor Schmitt trigger 74HC14 [34] - pinos.

A Figura 3.47 mostra diagramas lógicos do chip 74HC14.

## 5. Functional diagram

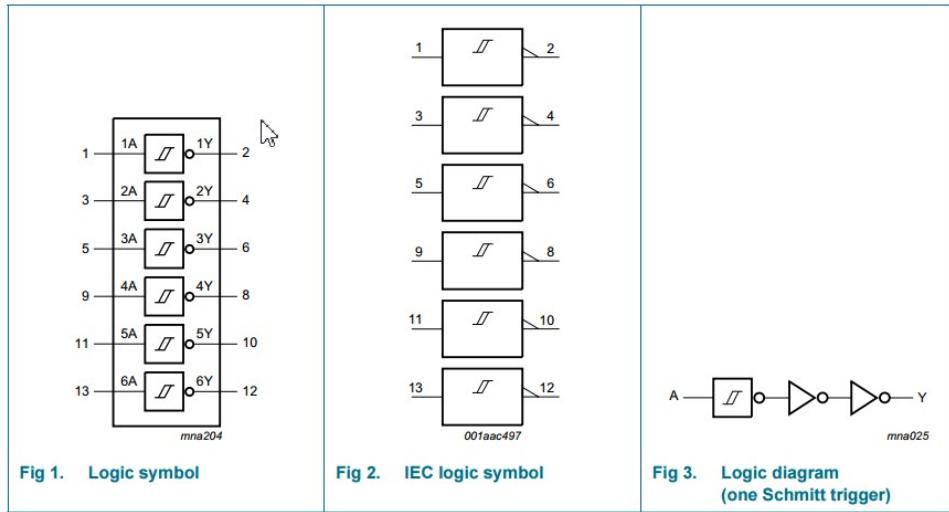


Figura 3.47: Inversor Schmitt trigger 74HC14 [34] - diagramas lógicos.

A Figura 3.48 mostra parâmetros eletrônicos e a curva de histerese do chip 74HC14.

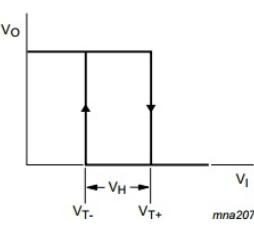
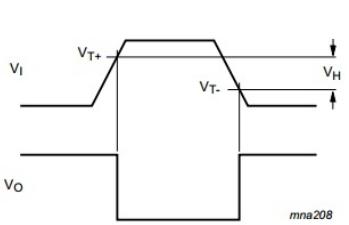
Symbol	Parameter	Conditions	$T_{amb} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{amb} = -40 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ to } +85 \text{ }^{\circ}\text{C}$		$T_{amb} = -40 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ to } +125 \text{ }^{\circ}\text{C}$		Unit	
			Min	Typ	Max	Min	Max	Min	Max		
<b>74HC14</b>											
$V_{T+}$	positive-going threshold voltage	$V_{CC} = 2.0 \text{ V}$	0.7	1.18	1.5	0.7	1.5	0.7	1.5	V	
		$V_{CC} = 4.5 \text{ V}$	1.7	2.38	3.15	1.7	3.15	1.7	3.15	V	
		$V_{CC} = 6.0 \text{ V}$	2.1	3.14	4.2	2.1	4.2	2.1	4.2	V	
$V_{T-}$	negative-going threshold voltage	$V_{CC} = 2.0 \text{ V}$	0.3	0.52	0.9	0.3	0.9	0.3	0.9	V	
		$V_{CC} = 4.5 \text{ V}$	0.9	1.4	2.0	0.9	2.0	0.9	2.0	V	
		$V_{CC} = 6.0 \text{ V}$	1.2	1.89	2.6	1.2	2.6	1.2	2.6	V	
$V_H$	hysteresis voltage	$V_{CC} = 2.0 \text{ V}$	0.2	0.66	1.0	0.2	1.0	0.2	1.0	V	
		$V_{CC} = 4.5 \text{ V}$	0.4	0.98	1.4	0.4	1.4	0.4	1.4	V	
		$V_{CC} = 6.0 \text{ V}$	0.6	1.25	1.6	0.6	1.6	0.6	1.6	V	
 <b>Fig 4. Transfer characteristics</b>											
 <b>Fig 5. Transfer characteristics definitions</b>											

Figura 3.48: Inversor Schmitt trigger 74HC14 [34] - parâmetros eletrônicos e curva de histerese.

### 3.2.14 Debouncing - estabilização de sinais de interruptores

Um dos grandes problemas ao se trabalhar com interruptores ligados a interrupções de hardware é o fenômeno do *bouncing*. *Bouncing* é uma oscilação num sinal de um botão no momento que a tecla é apertada ou solta.

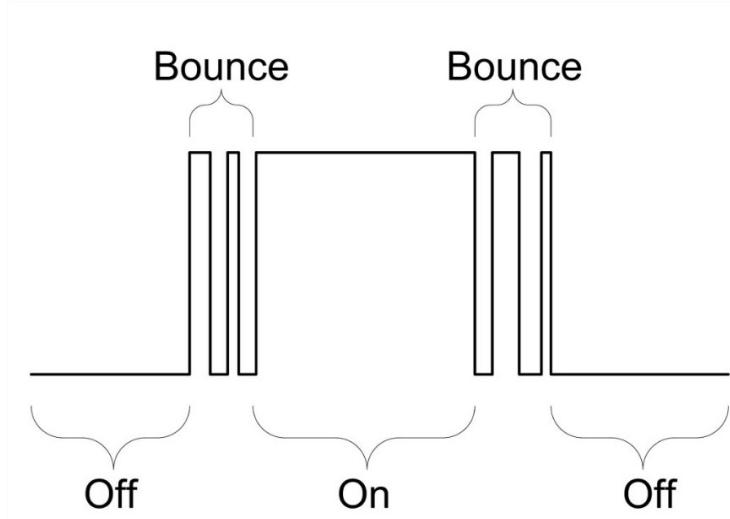


Figura 3.49: Fenômeno de *bouncing* de um sinal de um interruptor.

A Figura 3.49 mostra um exemplo do fenômeno do *bouncing*. Quando uma pessoa fecha um interruptor, o sinal deveria, quase instantaneamente, ir para o valor alto, entretanto, o sinal vai e volta aos nível baixo e alto até se estabilizar.

O mesmo fenômeno se repete quando o interruptor é aberto. O sinal vai e volta aos níveis alto e baixo até eventualmente se estabilizar.

O fenômeno do *bouncing* associado a interruptores causa problemas nas leituras de interrupções de hardware. Tomando a Figura 3.50 como exemplo, não apenas uma interrupção de rampa de subida (seção 3.3.15.1) será identificada pelo micro-controlador, mas 5.

Ao se identificar mais de uma rampa de subida, a rotina associada à tal interrupção será executada mais de uma vez.

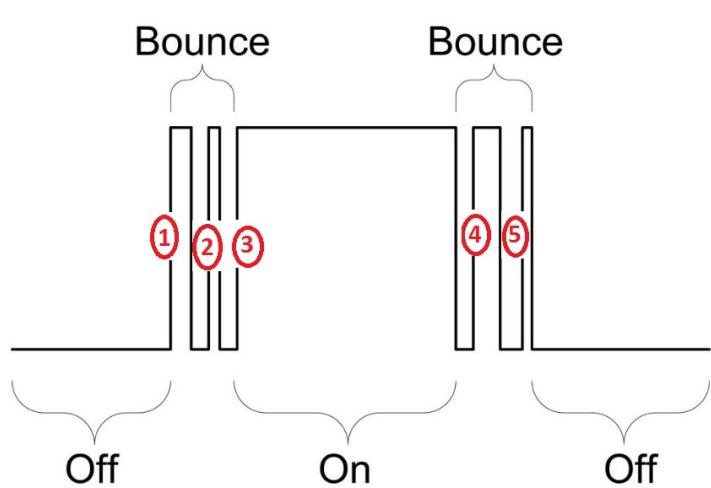


Figura 3.50: Interrupções de rampa de subida causadas pelo fenômeno do *bouncing*.

Para evitar o fenômeno do *bouncing*, deve-se utilizar um filtro RC (seção 3.2.12) associado a

um inversor Schmitt triger (seção 3.2.13).

O esquemático do circuito de debouncing é mostrado na Figura 3.51.

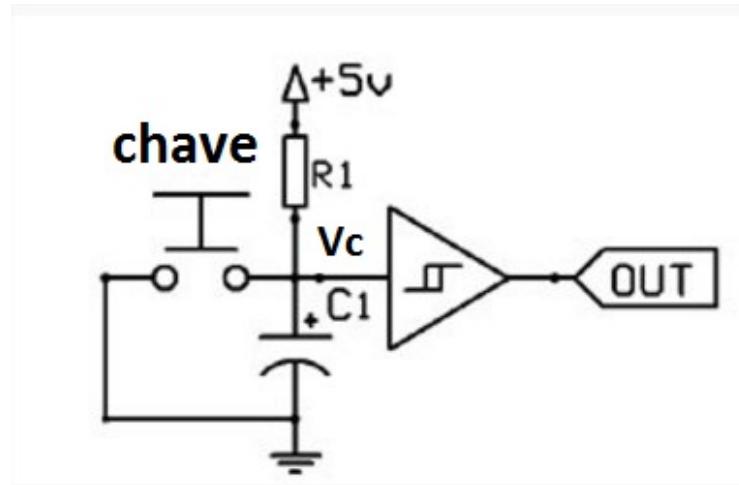


Figura 3.51: Circuito para *debouncing* de um sinal de um interruptor.

A tensão de saída é o inversor da tensão lida no capacitor  $V_c$ , obedecendo a curva de histerese do Schmitt trigger mostrada na Figura 3.48. Com o botão aberto, a tensão sobre o capacitor será 5 V, e a tensão de saída  $V_{out}$  será 0V ou 0 lógico

Quando a chave é fechada, o capacitor começa a descarregar. No final desse processo, a tensão sobre o capacitor será próxima a 0V e a tensão de saída será 5V ou lógico 1.

A Figura 3.52 mostra o resultado do uso do circuito de debounce. Aparte qualquer *bouncing* que ocorrer no sinal do interruptor, o uso do capacitor suavizará tais efeitos e o uso do inversor adequará os níveis lógicos do sinal de saída para a leitura de interrupções com apenas uma rampa de subida ou descida como sinal do interruptor.

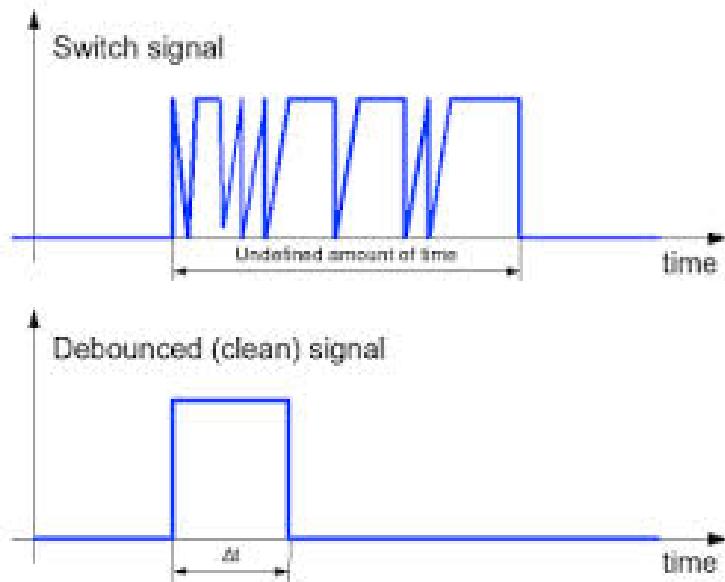


Figura 3.52: Resultado do uso do circuito de *debouncing* de um sinal de um interruptor.

Fonte: <http://www.carlitoscontraptions.com/2007/03/switch-debouncer/>

Uma escolha adequada para os valores do capacitor e resistor são respectivamente 10kohm e 10 uF. Com essa escolha a constante RC tem como valor 0.1 segundos para. Tem valor é mais que adequada ao tempo de resposta humana.

### 3.2.15 Matriz de Leds

Muitas vezes, se deseja trabalhar com um conjunto de leds dispostos na formato de uma matriz como mostrado na Figura 3.53.

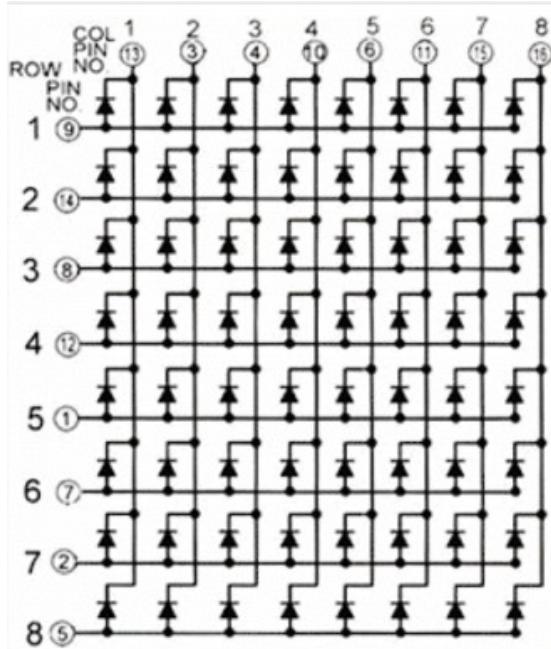


Figura 3.53: Estrutura esquemática de uma matriz de leds 8x8.

Para acender um LED em específico na estrutura da matriz de leds, deve-se setar uma das linhas com valor alto de tensão (valor lógico 1) e uma das colunas com valor baixo de tensão (valor lógico 0).

Caso se queria, por exemplo, acender o led localizado na linha 7 e coluna 2, deve-se colocar na trilha da linha 7 5 Volts (valor lógico 1).

Ao se setar linha ou coluna ao certo estado (0 ou 1 lógico), toda a linha ou coluna fica comprometida a esse estado, daí, não será possível acender uma linha e uma coluna ao mesmo tempo.

Para poder acender uma linha e uma coluna, deve-se multiplexar tais estados, ou seja, acender e apagar, alternadamente, linhas e colunas rapidamente, de forma que a visão humana seja incapaz de perceber tal alternação de estados.

### 3.2.16 Driver de matriz de led

Uma matriz de leds NxN (seção 3.2.15) pode ser controlado utilizando  $2N$  portas digitais. Por exemplo, se for usada uma matriz de led 8X8 serão necessárias 16 portas digitais para controlar tal matriz.

Caso fosse usada uma matriz 16X16, seriam necessários 32 portas digitais para controle de tal matriz. Não há placa que seja capaz de oferecer tal quantidade de portas.

Para possibilitar o controle de tantos led sem utilizar tantas portas digitais, é necessário utilizar um circuito integrado que, como o chip 74HC595 (seção 3.2.9), transforme comunicação serial em comunicação paralela.

Para realizar o propósito de controlar uma matriz de leds usando poucas portas digitais, deve-se

usar um *driver de display*.

Neste trabalho, será usado o circuito integrado MAX7219 como *driver de display*. A Figura 3.54 mostra os pinos do MAX7219.

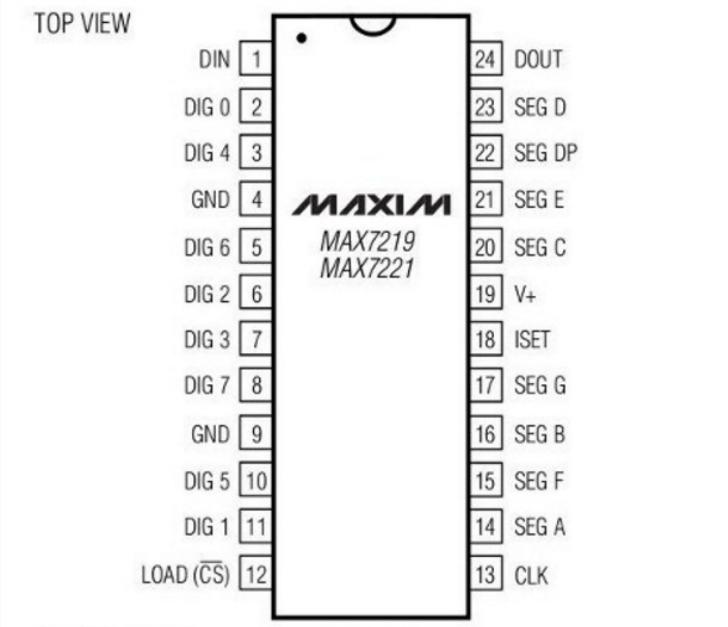


Figura 3.54: Pinos do circuito integrado MAX7219.

A conexão dos pinos é a seguinte:

- Pinos 2, 11, 6, 7, 3, 10, 5 e 8 : DIG0, DIG1, DIG2, DIG3, DIG4, DIG5, DIG6 respectivamente.
- Pinos 14, 16, 20, 23, 21 e 15: SEG A, SEG B, SEG C, SEG D, SEG E e SEG F respectivamente.
- Pino 1 (Din): Pino digital 12 da placa Galileo.
- Pino 13 (Clk): Pino digital 11 da placa Galileo.
- Pino 12 (LOAD(cs)): Pino digital 10 da placa Galileo.
- Pinos 4 e 9: Pino GND
- Pinos 18 e 19: Pino 5V

A Figura 3.55 mostra um esquemático de tais conexões realizadas.

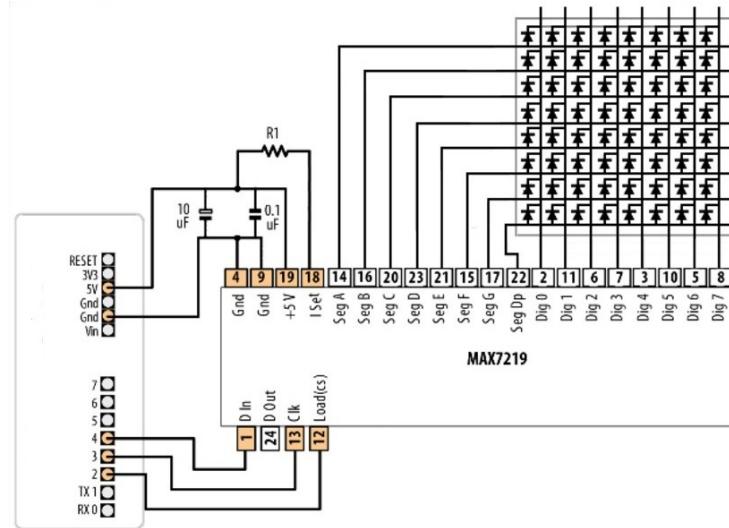


Figura 3.55: Conexão dos pinos do MAX7219 à placa Galileo.

O circuito da Figura 3.56 mostra um circuito integrado com a maioria das conexões mostradas na Figura 3.55 já feitas exceto os pinos Vcc, GND, Din, CS, e CLK.

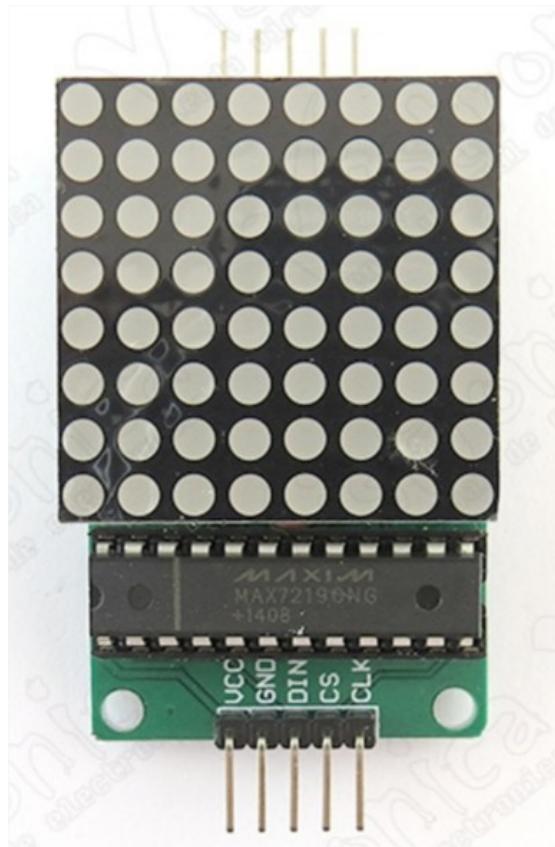


Figura 3.56: Placa matriz 8x8 + MAX7219.

A seção

### 3.3 Software

Nesta seção são tratados todos conceitos relativos a programação que embasam as práticas propostas na seção 3.

#### 3.3.1 Programação estruturada

Programação estruturada é um paradigma de programação cujo objetivo é claridade do código, qualidade e tempo de desenvolvimento de software e tempo de execução de algoritmo.

Para alcançar tais objetivos, linguagens de programação que se baseiam no paradigma de programação estruturada possuem as seguintes características:

- **Sequência** bem definida de passos a serem seguidos utilizando:

Condicionais  
Loops  
Chamadas a funções iterativas e recursivas

- **Modularização** do código, em:

Funções.  
Estruturas de dados.  
Uso de bibliotecas.

Para se resolver um determinado problema sob o paradigma de programação estruturada, deve-se subdividir tal problema em problemas menores.

A solução final é a junção sequencial e lógica dos problemas menores.

A subdivisão proposta pelo paradigma estruturado oferece as seguintes vantagens:

- Cada parte menor tem um código mais simples
- Facilidade de entendimento do código, uma vez que os subprogramas podem ser analisados como partes independentes (legibilidade)
- Códigos menores são mais facilmente modificáveis para satisfazer novos requisitos do usuário e para correção de erros (manutenibilidade)
- Simplificação da documentação de sistemas
- Desenvolvimento de software por equipes de programadores
- Reutilização de subprogramas através de bibliotecas de subprogramas, na linguagem C, sob a forma dos arquivos de cabeçalhos (.h)

### 3.3.2 Programação para Arduino

Nesta sub-seção são explicados os conceitos relevantes para as práticas propostas na seção 4.

#### 3.3.2.1 Padrão de programação em Arduíno

Todo programa escrito para Arduíno deve ter, obrigatoriamente, duas funções: função **setup** e a função **loop**.

A função **setup** é a primeira a ser executada pela plataforma programada em Arduino. Em geral, essa função serve para realizar configurações e definições iniciais.

A função **loop** é executada após a **setup** ser executada. A função **loop** será repetida indefinidamente, até a placa Galileo ser desligada ou o botão *reset* ser apertado. Caso o botão *reset* seja apertado, a execução do programa volta a seu início.

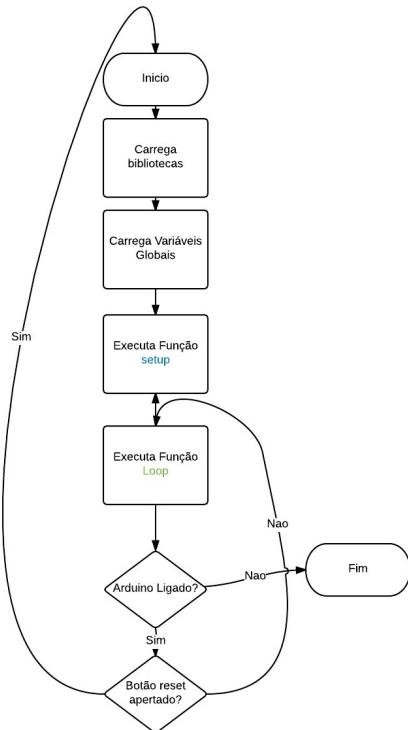


Figura 3.57: Fluxograma de um programa escrito para Arduino.

O fluxo comum de um programa escrito para Arduino é mostrado na Figura 3.57. Quanto ao botão *reset*, a Figura 3.57 é simplificada. O botão *reset* pode ser apertado a qualquer momento. Ao ser apertado, o botão, é ativado uma *interrupção de hardware* a qual faz com que a execução do programa volte ao ínicio.

### 3.3.3 Uso de portas digitais

Diz-se por porta digital, um pino, de entrada ou saída de tensão, que por ele podem ser lidos ou escritos apenas 0 ou 1 lógicos.

Para uma placa Galileo, 0 lógico é identificado como 0 Volts(GND) e 1 lógico é identificado como 3.3 ou 5 Volts entrando ou saindo da porta digital selecionada.

Seleciona-se 3.3 ou 5 Volts como valor de referência de tensão com o pino **IOREF**.

Deve-se tomar cuidado ao utilizar uma porta digital como entrada(*input*). Caso a tensão aplicada à porta for maior que a tensão selecionada em IOREF, pode-se inutilizar a porta.

Para se utilizar uma porta digital, deve-se seleciona-lá na função setup. No código mostrado em 3.1, mostra-se a seleção da porta digital 13 como saída (OUTPUT) de tensão.

```
1
2 void setup() {
3 // Seleciona a porta digital 13 como saida de tensao
4 pinMode(13, OUTPUT);
5
6 }
```

Code 3.1: Selecionando a porta digital 13 para saída de tensão

Para selecionar uma porta digital como porta de entrada de tensão, deve-se usar o comando *pinMode(NúmeroPorta, INPUT);*:

O exemplo a seguir, código 3.2 mostra a porta digital 13 sendo selecionada para entrada de tensão:

```
1
2 void setup() {
3 // Seleciona a porta digital 13 como entrada de tensao
4 pinMode(13, INPUT);
5
6 }
```

Code 3.2: Selecionando a porta digital 13 para entrada de tensão

Com relação a porta digital 13, deve-ser apontado que nela já está conectado, automaticamente, um resistor de 13kOhms. Dessa forma, por nela pode ser diretamente ligado um LED, sem correr o risco de queimá-lo.

### 3.3.4 Processo de Compilação

Todo programa de computador, escrito em passa de uma tradução de uma linguagem compreensível por um ser humano para uma linguagem comprehensível para um sistema computacional, ou seja, uma série de bits.

A Figura 3.58 mostra os passos realizados nesse processo. Para fins deste trabalho e desta seção será focado apenas nos passos pré-compilação e nos passos de análise léxica, sintática e semântica

de um código.

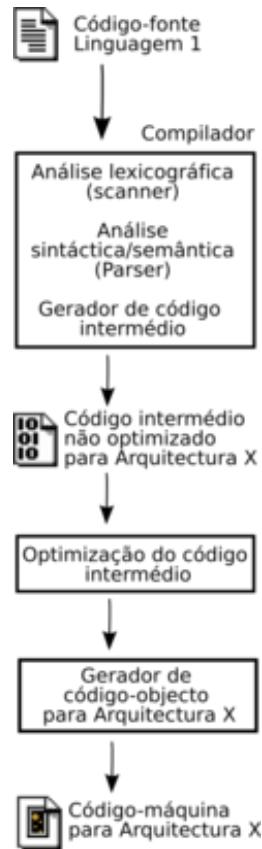


Figura 3.58: Fluxograma de um programa escrito para Arduino.

As etapas a serem tratadas nesta seção são, portanto, os seguintes, como mostrado na Figura 3.59 :

1. Pré-processamento
2. Análise Léxica
3. Análise Sintática
4. Análise Semântica

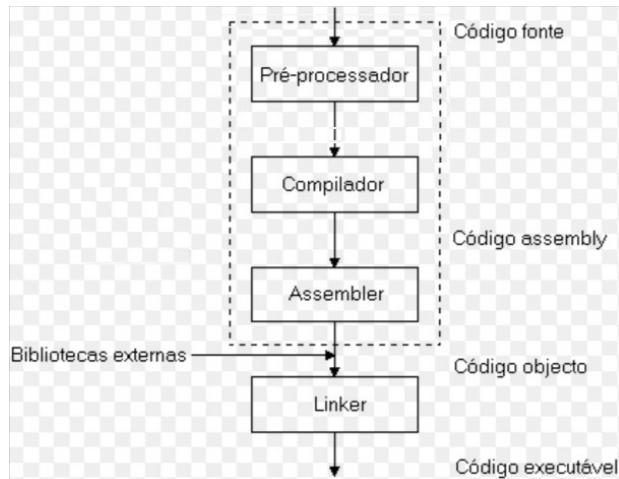


Figura 3.59: Etapas de interesse para a disciplina *Algoritmos e Programação de computadores*

### 3.3.4.1 Pré-processamento

Na etapa de pré-processamento, as diretivas de compilação são resolvidas como mostrado no exemplo da Figura 3.60. Tudo aquilo que foi definido usando a diretiva `#define` é substituído, no texto do código fonte, por aquilo que foi definido no `#define`.

```

#include <stdlib.h>      // Incluindo no código fonte a |
                        // /biblioteca de sistema stdlib.h
#include "minhaBiblioteca1.h" //Incluindo no código
                            // /fonte a biblioteca
                            // /desenvolvida por mim mesmo

#define numero1 1
#define nome "Luiz"
#define portaUsada 13

void setup()
{
pinMode(portaUsada, INPUT);
Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
Serial.print("Meu nome eh");
Serial.print(nome);

Serial.print("Número = ");
Serial.print(numero1);
}

```

Pré - Processamento

```

#include <stdlib.h>
#include "minhaBiblioteca1.h"

void setup()
{
pinMode(13, INPUT);
Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
Serial.print("Meu nome eh");
Serial.print("Luiz");

Serial.print("Número = ");
Serial.print(1);
}

```

Figura 3.60: Exemplo do processo de pré-processamento

Além disso, no pré-processamento são removidos comentários e também substituídos no código fonte as macros definidas, como mostrado na Figura 3.61.

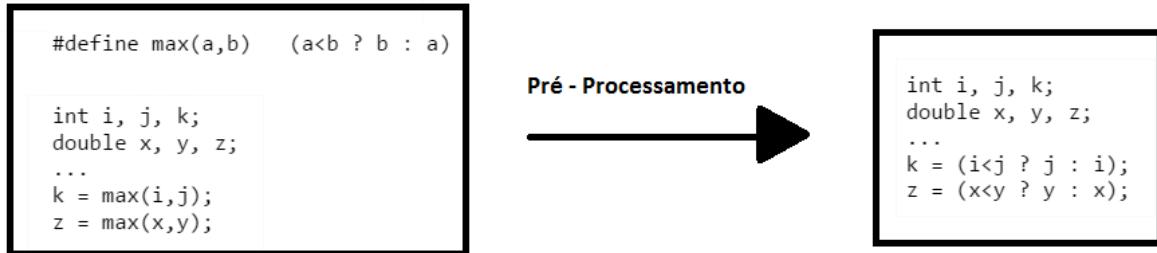


Figura 3.61: Exemplo de substituição de macro no pré-processamento.

### 3.3.4.2 Análise Léxica

Após a fase de pré-processamento, o compilador realiza a análise léxica do código fonte.

A análise léxica é feita por módulo chamado *analisador léxico* ou scanner. Nessa fase, o programa é lido da esquerda para a direita agrupando os caracteres de maneira a forma *tokens*. Os tokens são sequências de caracteres que em conjunto possuem um significado, como palavras numa linguagem humana.

Na análise léxica, cada *token* identificado é analisado de acordo com as regras da linguagem de programação. Na linguagem de programação C, não é permitido a nenhum token ser iniciado com um número e tão pouco podem os tokens possuir caracteres especiais como \$ , %, #, etc.

### 3.3.4.3 Análise Sintática

Após a análise léxica, onde os tokens identificados são validados, é realizada a análise sintática do código fonte.

A análise sintática resume-se na análise das expressões construídas com os tokens. Um exemplo de erro sintático é mostrado no código 3.3. Nesse exemplo é mostrado o uso do operador + feito incorretamente.

```

1 int numero;
2
3 numero = 1 + ; //erro sintatico, o operador + espera dois termos, mas o segundo
4                   // nao explicitado

```

Code 3.3: Erro sintático no uso do operador +

### 3.3.4.4 Análise Semântica

Após a análise léxica, é feita a análise semântica. A análise semântica pode ser resumida como a "análise do relacionamento entre todas as partes do código". O exemplo mostra erros semânticos de referência indefinidas no código.

```

1 void setup()
2 {
3 int a = funcao1(); // erro semantico , referencia indefinida a funcao1()
4
5 }
6
7 void loop()
8 {
9 int num;
10
11 num = num + k; //erro semantico , referencia indefinida a k
12 }

```

Code 3.4: Erro referência indefinida

### 3.3.5 Diretivas de Compilação

Como mencionado na seção 3.3.4, o processo de compilação é iniciado pelo pré-processamento. No pré-processamento, as diretivas de compilação são resolvidas.

As diretivas de compilação mais comuns são `# include`, `# define`, `# ifdef`, `# else` e `# endif`.

- **#include:** A diretiva `#include` é utilizada para adicionar códigos fontes externos ao código fonte no qual se está trabalhando. As formas de uso da diretiva são as seguintes:

`#include <bibliotecaDoSistema.h>` : Nessa forma se adiciona uma biblioteca já nativa do sistema, como por exemplo a `stdlib.h`. A inclusão de tal biblioteca se daria pelo seguinte comando `#include <stdlib.h>`

`#include "bibliotecaDoDesenvolvedor.h"`: Nessa forma se adiciona uma biblioteca já desenvolvida pelo programador ou equipe relacionada. Caso o arquivo não se encontre na mesma pasta que o programa que o está adicionando, deve ser fornecido o caminho para ele no `include`. Por exemplo: `#include "/pasta1/pasta2/bibliotecaDoDesenvolvedor.h"`

- **# define:** A diretiva `# define` é usada para informar ao compilador quais token serão substituídos por determinadas expressões no processo de pré-processamento, como mostrado na seção 3.3.4.1 ou para criar tokens com o status de **defined** que influenciaram a definição de diretivas posteriores.
- **# ifdef, # else e #endif:** As diretivas `# ifdef`, `# else` e `#endif` são usadas em conjunto para realizar definições de diretivas e macros condicionalmente. Um exemplo disso é mostrado no código 3.5, onde o valor da diretiva *constante* é definida de acordo com a definição da diretiva *teste*.

Um uso muito comum do padrão de diretivas mostrados no código 3.5, é mostrado no código 3.6. Na primeira vez que o compilador ver o arquivo de cabeçalho **bibliotecaExemplo.h**, a diretiva **BIBLIOTCAEXEMPLO** será definida e as funções definidas nesse arquivo passaram a ser

reconhecidas pelo compilador. Após essa definição e reconhecimento de funções, não haverá mais erros de redefinição de funções (erro semântico), pois as diretivas `# ifdef BIBLIOTECAXEMPLO` `# define BIBLIOTECAXEMPLO` impedirão isso.

```
1 #define teste // define a token teste
2
3 #ifdef teste // executa a acao dfinida dentro deste #ifdef, pois teste estah //
4     definido
5 #define constante 3 // define diretiva constante com o valor 3
6 #else // nao entra nessa secao pois teste estah definido
7 #define constante 4 // // define diretiva constante com o valor 4
8#endif
```

Code 3.5: Uso de diretivas condicionais

```
1
2 #ifdef BIBLIOTECAXEMPLO
3 #define BIBLIOTECAXEMPLO // define a token teste
4
5 void funcao1()
6 {
7 }
8
9 void funcao2()
10 {
11 }
12
13 .
14 .
15 .
16 void funcaoN()
17 {
18 }
19
20#endif
```

Code 3.6: Uso de diretivas para evitar erro de compilação de repetição de inclusão de arquivos

### 3.3.6 Tipos básicos de variáveis

Variáveis são os elementos básicos que um programa manipula. Uma variável é um espaço reservado na memória do computador para armazenar um tipo de dado determinado. Variáveis devem receber nomes para poderem ser referenciadas e modificadas quando necessário. Muitas linguagens de programação exigem que os programas contenham declarações que especifiquem de que tipo são as variáveis que ele utilizará e as vezes um valor inicial. Tipos podem ser por exemplo: inteiros, reais, caracteres, etc. As expressões combinam variáveis e constantes para calcular novos valores.

Os tipos básicos de variáveis são os seguintes:

- **char:** Caracter: O valor armazenado é um caractere. Caracteres geralmente são armazenados em códigos (usualmente o código ASCII).
- **int:** Número inteiro é o tipo padrão e o tamanho do conjunto que pode ser representado normalmente depende da máquina em que o programa está rodando.
- **float:** Número em ponto flutuante de precisão simples. São conhecidos normalmente como números reais.
- **double:** Número em ponto flutuante de precisão dupla
- **void:** Este tipo serve para indicar que um resultado não tem um tipo definido. Uma das aplicações deste tipo em C é criar um tipo vazio que pode posteriormente ser modificado para um dos tipos anteriores.

Cada um desses tipos é codificado diferentemente para cada arquitetura computacional para a qual o programa será compilado. A tabela 3.3 mostra o uso de espaço de memória normalmente empregado nas arquiteturas computacionais.

Tabela 3.3: Tamanho e faixa de uso para os tipos básicos variáveis

<b>Tipo</b>	<b>Tamanho em Bytes</b>	<b>Faixa Mínima</b>
<b>char</b>	1	-127 a 127
<b>int</b>	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
<b>float</b>	4	Seis dígitos de precisão
<b>double</b>	8	Dez dígitos de precisão

Muitas vezes, as faixas para os tipos de variáveis mostradas na tabela 3.3 não são suficientes ou adequadas para o algoritmo em desenvolvimento. Para resolver tais problemas, podem ser utilizados *modificadores* para ampliar, reduzir ou adequar a faixa de valores que a variável pode guardar no endereço de memória reservado.

Os modificadores de variáveis e seus respectivos efeitos sobre a faixa de valores de cada tipo são mostrados na tabela

Tabela 3.4: Todos os Tipos de dados definidos pelo Padrão ANSI C, seus tamanhos em bytes e suas faixa de valores.

<b>Tipo</b>	<b>Tamanho em Bytes</b>	<b>Faixa Mínima</b>
<b>char</b>	1	-127 a 127
<b>unsigned char</b>	1	0 a 255
<b>signed char</b>	1	-127 a 127
<b>int</b>	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
<b>unsigned int</b>	4	0 a 4.294.967.295
<b>signed int</b>	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
<b>short int</b>	2	-32.768 a 32.767
<b>unsigned short int</b>	2	0 a 65.535
<b>signed short int</b>	2	-32.768 a 32.767
<b>long int</b>	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
<b>signed long int</b>	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
<b>unsigned long int</b>	4	0 a 4.294.967.295
<b>float</b>	4	Seis dígitos de precisão
<b>double</b>	8	Dez dígitos de precisão
<b>long double</b>	10	Dez dígitos de precisão

### 3.3.7 Conversão entre tipos de variáveis

Conforme explicado na seções anteriores, variáveis vêm em diferentes tipos. O tipo determina o tipo de dados que uma variável pode conter. Uma variável Integer pode conter somente dados numéricos sem pontos decimais. Uma variável char pode conter somente uma letra ou símbolo contido na tabela ASCII.

Muitas vezes, faz-se necessário ou mais conveniente realizar a conversão de um tipo de variável para outro mais conveniente. Para realizar a conversão, deve-se utilizar o comando escrever, ao lado da variável que será convertida a seguinte expressão (NOVOTIPO) variável. O código 3.7 mostra duas situações onde uma variável inteira é convertida para um char.

Na primeira, não se perde informação, pois o conteúdo da variável *num* pode ser expresso em

1 byte. Na segunda situação, no entanto, se perde informação, pois 10000 (conteúdo da variável num2) não pode ser expresso em 1 byte.

```
1 int num = 1; // variavel ocupando 32 bits(4 bytes)
2
3 char a = (char)num; // conversao para variavel contendo 8 bits (1 byte)
4 // conversao sem perda de informacao
5
6 int num2 = 100000;
7
8 char b = (char) num2; // conversao com perda de informacao
9 // uma variavel char so pode guardar ate 127
```

Code 3.7: Convertendo int para char

### 3.3.8 Leitura Analógica - Conversão Analógico/Digital

Para ler o sinal de tensão analógico num dos 6 pinos destinados a conversão Analógico/Digital deve ser utilizada a função *analogRead()*. O código 3.8 mostra um exemplo da utilização da função *analogRead()*, conversão de int para float, e ajuste de escala.

A função *analogRead* tem como argumento de entrada o número do pino que será lido. O tempo de leitura é aproximadamente 100 µs. O retorno dessa função estará entre 0 e 1023, devido ao tamanho do registrador de conversão A/D mencionado na sub-seção 2.4.2.2.

Para calcular o valor da tensão no pino de entrada na faixa de 0 a 5V é necessário realizar a conversão de variável citada na seção 3.3.7.

```
1 void setup()
2 {
3 }
4
5 int sensor;
6 float valorReal
7 void loop()
8 {
9 sensor = analogRead(A0); // 0<= sensor <=1023
10
11 ValorReal = (float)(5*sensor)/1023 // conversao de tipo de variavel e conversao //
12 //de escala usando uma regra de 3
13 }
```

Code 3.8: Uso da função *analogRead*

### 3.3.9 Estruturas Condicionais

Chama-se de estrutura condicional as instruções para testar se uma condição é verdadeira ou falsa.

Para expressar uma condição, deve-se utilizar operadores relacionais e, se necessário operadores lógicos.

### 3.3.9.1 Operadores Relacionais

A tabela 3.5 mostra todos operadores relacionais possíveis. É mostrado, na coluna exemplo, que as expressões entre os operadores podem ser quaisquer, desde que não incorreram em erros léxicos, sintáticos ou semânticos.

Tabela 3.5: Operadores relacionais

Operador relacional	Exemplo de aplicação	Explicação do exemplo
$==$	$a == b$	verifica se a é igual a b
$!=$	$a != b * 3$	verifica se a é diferente de b multiplicado por 3
$>$	$a > (b + a)$	verifica se a é maior do que b + a
$\geq$	$(a - b + 5) \geq (b / 2)$	verifica se $(a - b + 5)$ é maior ou igual a $b/2$
$<$	$a < b$	verifica se a é menor do que b
$\leq$	$a \leq b$	verifica se a é menor ou igual a b

Toda vez que uma operação lógica é aplicada, é retornado TRUE ou FALSE. Os sistemas computacionais identificam FALSE com o valor zero e TRUE como qualquer valor diferente de zero (inclusive valores negativos).

### 3.3.9.2 Operadores Lógicos

Operadores lógicos são usados para combinar 2 ou mais operações relacionais. A tabela 3.6 mostra os operadores lógicos, exemplo e explicação de tais exemplos.

Tabela 3.6: Operadores **E**, **OU** e **Negação**

Operador lógico	Exemplo de aplicação	Explicação do exemplo
(Operador E) <code>&amp;&amp;</code>	<code>((a == b)&amp;&amp;( a &gt;0))</code>	<p>verifica se a é igual b E</p> <p>verifica se a é maior que 0 se as duas expressões forem verdadeiras, retorna-se TRUE nessa operação lógica do contrário, retorna FALSE</p>
(Operador OU) <code>  </code>	<code>(a &gt;b )   ( b &gt;3)</code>	<p>verifica se a é maior do que b OU</p> <p>se b é maior que 3 se qualquer uma das expressões for verdadeira , retorna-se TRUE</p> <p>Se as duas expressões forem FALSE, retorna FALSE</p>
(Operador negação) <code>!</code>	<code>!(a &gt;b)</code>	<p>verifica se a é maior do que b. Caso isso seja verdadeiro, retorna FALSE</p> <p>Caso a expressão lógica seja falsa, retorna TRUE</p>

As tabelas verdades das tabelas 3.7, 3.8 e 3.9 mostram as mesmas relações exemplificadas na tabela 3.6.

Tabela 3.7: Tabela verdade do operador `||`.

A	B	A    B
0(FALSE)	0(FALSE)	0(FALSE)
0(FALSE)	1(TRUE)	1(TRUE)
1(TRUE)	0(FALSE)	1(TRUE)
1(TRUE)	1(TRUE)	1(TRUE)

Tabela 3.8: Tabela verdade do operador `&&` .

A	B	A && B
0(FALSE)	0(FALSE)	0(FALSE)
0(FALSE)	1(TRUE)	0(FALSE)
1(TRUE)	0(FALSE)	0(FALSE)
1(TRUE)	1(TRUE)	1(TRUE)

Tabela 3.9: Tabela verdade do operador `!` .

A	!A
0(FALSE)	1(TRUE)
1(TRUE)	0(FALSE)

### 3.3.9.3 Controle de fluxo de execução de um programa (Condicionais)

Os operações lógicas construídas juntamente a operadores relacionais são a base para o controle do fluxo com os seguintes operadores:

- if
- if - else
- if - (else if) - else (if-else aninhados)
- switch - case
- operador ? (ternário)

A Figura 3.62 mostra o resumo do que acontece ao se utilizar qualquer dos operadores de controle de fluxo supracitado. Se certa condição lógica é verdadeira (TRUE) se executa uma série de instruções específicas, senão se executa as intruções especificadas para o caso adverso e então se continua o fluxo normal do programa.

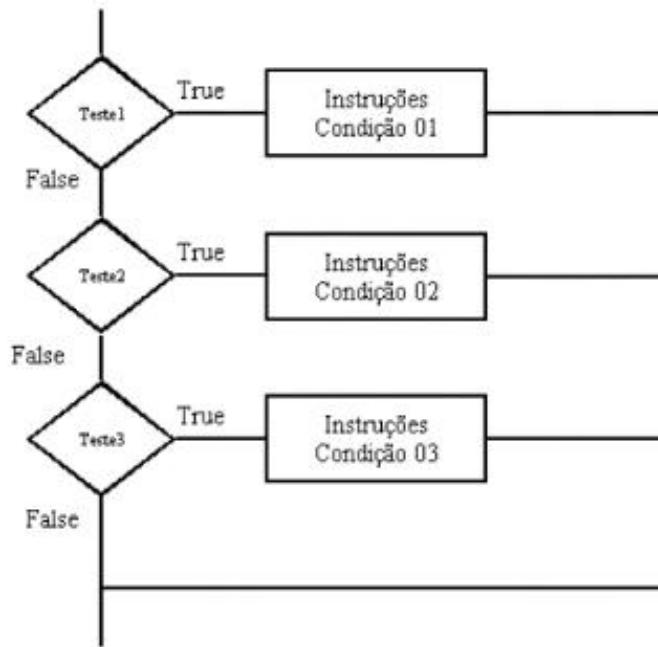


Figura 3.62: Resumo do controle de fluxo de um programa

O operador **if** possui a sintaxe mostrada no código 3.9. Caso a condição lógica especificada por *condicao1* seja verdadeira, ou seja, caso tal condição retorne verdadeiro (TRUE), os procedimentos dentro das chaves ({} ) devem ser executados.

```

1 if(condicao1)// verifica se as condições lógicas especificadas em
2 { //condicao1 sao
3     // verdadeira(TRUE). Caso sejam , executa os
4     // procedimentos dentro da chave
5     condicao1Procedimento1;
6     condicao1Procedimento2;
7     .
8     .
9     .
10    condicao1ProcedimentoN;
11 }.
  
```

Code 3.9: Sintaxe do if

O código 3.10 mostra um exemplo de uso do if. Supondo que exista uma certa variável chamada *sensor*, caso ela seja maior que 300, a placa Galileo deve escrever na porta digital 2 um valor alto (HIGH) de tensão.

```

1 if(sensor > 300)
2 {
  
```

```
3   digitalWrite(2,HIGH);  
4 }
```

Code 3.10: Exemplo de uso do if

O operador if - else segue o mesmo padrão mostrado nos códigos 3.9 e 3.10. A diferença, nesse caso, é a adição do else (senão) ao bloco. Caso a condição especificada no if não seja verdadeira, o programa deve executar a série de instruções especificadas dentro do bloco do else. O código 3.13 mostra a sintaxe de uso do bloco if - else e o código 3.14 mostra um exemplo de aplicação do bloco if - else.

```
1 if(condicao1)  
2 {  
3   condicao1Procedimento1;  
4   condicao1Procedimento2;  
5   .  
6   .  
7   .  
8   condicao1ProcedimentoN;  
9 }.  
10 else // caso a condição especificada por condicao1 seja falsa (FALSE), deve se  
11 {   // executar a série de instruções especificadas dentro do else  
12   elseCondicao1Procedimento1;  
13   elseCondicao1Procedimento2;  
14   .  
15   .  
16   .  
17   elseCondicao1ProcedimentoM;  
18 }
```

Code 3.11: Sintaxe do bloco if - else

```
1 if(sensor > 300)  
2 {  
3   digitalWrite(2,HIGH);  
4 }  
5 else  
6 {  
7   digitalWrite(2,HIGH);  
8   contador = contador + 1;  
9 }  
10 }
```

Code 3.12: Exemplo de uso do bloco if - else

O bloco if-else pode ser extendido indefinidamente com condições intermediárias entre o if e o else final. Como mostrado no código 3.13, o programa continuará verificando as condições especificadas dentro dos if's enquanto não for encontrada uma condição verdadeira. Se nenhuma condição verdadeira for encontrada, executar-se-ão os procedimentos dentro do else, caso este tenham sido especificado (pode-se escrever uma série de else -if's sem um else final).

```
1 if(condicao1)
```

```

2 {
3     procedimentos1;
4 }
5 else if(condicao2)// verifica a condicao2 se a condicao1 eh falsa
6 {
7     procedimentoElse1;
8 }
9 else if(condicao3) // verifica a condicao3 se as condicoes 1 e 2 sao falsas
10 {
11     procedimentosElse2;
12 }
13 .
14 .
15 .
16 else if(condicaoN)// verifica a condicaoN se as condicoes 1,2...N-1 sao falsas
17 {
18     procedimentosElseN
19 }
20 else // executa os procedimento especificados se todos condicoes 1, 2, ... N
21 {    // sao falsas
22
23     procedimentosElse;
24 }

```

Code 3.13: Sintaxe do bloco if - (else if) - else (if-else aninhados)

O código 3.14 mostra um exemplo de uso do bloco if - (else if) - else (if-else aninhados).

```

1 if(sensor > 300)
2 {
3     digitalWrite(2,HIGH);
4 }
5 else if(sensor2 > 300)
6 {
7     digitalWrite(3,HIGH);
8     contador2 = contador + 1;
9 }
10 else
11 {
12     digitalWrite(2,LOW);
13     digitalWrite(3,LOW);
14     contador = 0;
15     contador2 =0;
16 }

```

Code 3.14: Exemplo de uso do bloco if - (else if) - else

Pode-se usar blocos condicionais dentro de blocos condicionais. O código 3.15 mostra um exemplo disso:

```

1 if(sensor > 300)
2 {
3     digitalWrite(2,HIGH);

```

```

4  if (sensor2 > 100)
5  {
6      if (sensor3 > 100) // executa essa verificacao apenas se a verificao
7          // (sensor2 > 100) for verdadeira
8      digitalWrite(3,HIGH);
9  }
10 else
11 {
12     digitalWrite(3,LOW);
13 }
14 }
15 }
16 else if (sensor2 > 300) // executa essa verificacao se a condicao (sensor > 300)
17 {
    // for falsa
18 digitalWrite(3,HIGH);
19 contador2 = contador + 1;
20 }

```

Code 3.15: Exemplo de uso do bloco if - (else if) - else

O operador switch - case opera segundo a sintaxe mostrada no código 3.16. O bloco switch - case realiza a verificação da igualdade da variável especificada dentro dos parênteses do switch com relação aos valores especificados nos case's.

Quando uma das verificações propostas nos case's se mostra verdadeira, os procedimentos especificados. Após a execução de tais procedimentos, encontra-se o procedimento **break;**. O procedimento break faz com que o programa pule para fora do bloco switch, ignorando todos os outros case's não verificados.

Caso nenhum dos case's seja verdadeiro, executa-se os procedimentos especificados no bloco *default:*.

```

1 switch (var) { // seleciona a variavel var para ser comparada em todos os
2     // case's ate achar um que seja verdadeiro, caso nenhum seja
3     // achado, executa-se os procedimentos default
4 case Valor1 : // if (var == Valor1)
5
6 procedimentos1;
7
8 break;
9
10 case Valor2 : // if (var == Valor2)
11
12 procedimentos2;
13
14 break;
15
16 .
17 .
18 .
19
20 case ValorN : // if (var == ValorN)

```

```

21
22 procedimentosN ;
23
24 break ;
25
26 default :
27
28 procedimentosDefault ;
29 }
```

Code 3.16: Sintaxe do switch - case

O código 3.17 mostra um exemplo de aplicação do bloco switch - case.

```

1
2 int botao = digitalRead(4); // ler o pino digital 3
3 switch (botao) { // seleciona a variável botao para ser comparada em todos os
4 // case's até achar um que seja verdadeiro, caso nenhum seja
5 // achado, executa-se os procedimentos default
6 case HIGH:
7
8 digitalWrite(2, HIGH);
9 digitalWrite(3, LOW);
10
11 break;
12
13 case LOW:
14
15 digitalWrite(2, LOW);
16 digitalWrite(3, HIGH);
17
18 break;
19
20 default :
21
22 digitalWrite(2, LOW);
23 digitalWrite(3, LOW);
24 }
```

Code 3.17: Exemplo de uso do bloco switch - case

O operador ? ou *ternário* possui a sintaxe mostrada no código 3.18. Caso a condição especificada for verdadeira, o valor ou variável especificada à esquerda dos dois pontos (:) é escolhida para ser atribuída a variável *var*. Caso a condição especificada for falsa, o valor ou variável especificada à direita dos dois pontos (:) é escolhida para ser atribuída a variável *var*.

```

1 var = (condicao) ? selecionaSeCondicaoVerdadeira : selecionaSeCondicaoFalsa ;
2
3 //O ternário acima é equivalente a
4
5 if (condicao)
6 {
7     var = selecionaSeCondicaoVerdadeira ;
```

```

8 }
9 else
10 {
11     var = selecionaSeCondicaoFalsa;
12 }

```

Code 3.18: Sintaxe de utilização do operador ?

Um exemplo da aplicação do operador : é mostrado no código 3.19.

```

1 int i = 2;
2 int var;
3 var = (i > 1) ? 100 : 200;
4
5 //O ternário acima é equivalente a
6
7 if( i > 1)
8 {
9     var = 100;
10 }
11 else
12 {
13     var = 200;
14 }

```

Code 3.19: Exemplo de uso do operador ?

### 3.3.10 Laços de repetição

No codificação de muitos algoritmos, é usual existir a necessidade de repetir certos comandos um determinado número de vezes ou até que certa condição seja atingida.

Uma solução rápida para conseguir realizar certos comandos um número determinado de vezes seria repetir o código o número de vezes desejado, simplesmente copiado as linhas de código desejadas, como mostrado no código 3.20.

```

1 // REPETINDOS OS COMANDO1 até COMANDON 3 VEZES
2 // COPIANDO E COLANDO AS LINHAS DESEJADAS
3
4
5 comando1;
6 comando2;
7 .
8 .
9 .
10 comandoN;
11
12 comando1;
13 comando2;
14 .
15 .
16 .

```

```

17 comandoN;
18
19 comando1;
20 comando2;
21 .
22 .
23 .
24 comandoN;
25
26

```

Code 3.20: Uma possível solução para repetir um comando um número determinado de vezes

Isso tipo de solução para o problema da necessidade de repetição de código, além de poder trazer diversas erros na produção do código, deixa o código grande e limitado.

Para facilitar a codificação de trechos de códigos que devem ser repetidos certo números de vezes ou até que certa condição seja atingida, existem os *laços de repetição*.

Na linguagem de programação C, existem os seguintes estruturas para criar laços:

1. Laço for
2. Laço while
3. Laço do-while

Nesta seção, essas 3 estruturas serão apresentadas.

### 3.3.10.1 Laço for

O laço *for* serve, primariamente, para repetir certos comando um determinado número de vezes. A Figura 3.63 mostra a sintaxe para o uso do operador *for*. Primeiramente, deve-se escrever a palavra **loop** e abrir parênteses.

A região na Figura 3.63 indicada por **Inicialização de contador** será usada, como dito, para atribuir à variável responsável por contar quantas vezes o loop já foi executado com alguma valor.

A região na Figura 3.63 indicada por **atualização de contador** será usada, como dito, para, de alguma maneira desejada, atualizar a variável responsável por contar quantas vezes o loop já foi executado. Usualmente se executa  $contador = contador + 1$  nessa região a cada vez que o loop é executado.

A região na Figura 3.63 indicada por **teste de condição de fim de loop** será usada, como dito, para verificar se o loop deve continuar a ser executado ou não. Caso a verificação lógica executada nessa região resulte em FALSE, o loop será encerrado e o programa continuará a executar as instruções abaixo do loop .

```

INSTRUÇÕES A SEREM EXECUTADAS ANTES DO LOOP
//Início do loop
for( inicialização de contador ; teste de condição de fim de loop; atualização de contador )
{
    procedimento1;
    procedimento2;
    .
    .
    .
    procedimentoN;
}
//fim do loop
INSTRUÇÕES A SEREM EXECUTADAS APÓS O LOOP

```

Figura 3.63: Sintaxe de uso do loop for.

Um exemplo de uso de um loop for é mostrado na Figura 3.64. Nesse exemplo, uma inteira variável chamada *cont*, foi inicializada com o valor 0, na região indicada por **inicialização de contador** na Figura 3.63.

Num primeiro instante, a verificação lógica da região descrita por **teste de condição de fim de loop** *cont* < 10 será executada. Ou seja, a verificação  $0 < 10$  será verificada. Tal verificação lógica resultará em TRUE, portanto o loop continuará.

Dentro do loop, existe a instrução *digitalWrite(cont, HIGH);*. Como o valor atual de *cont* é 0, a instrução é equivalente, nesse instante a *digitalWrite(0, HIGH);*, ou seja, a porta digital 0 apresentará um valor alto de tensão após isso.

Após todas instruções internas ao loop serem executadas, será executada a instrução relativa a região **atualização contador**. No exemplo mostrado, a atualização do contador é a seguinte *cont = cont + 1*, ou seja, *cont = 0(antigo valor de cont) + 1 - > cont = 1*.

Esse mesmo padrão se repetirá, fazendo com que as portas 0 até 9 sejam setadas com valor alto de tensão.

Quando a variável *cont* chegar ao valor 10, a verificação lógica *cont < 10* não mais será verdadeira, e o laço será finalizado.

```

int cont;
for( cont = 0 ; cont < 10; cont = cont + 1 )
{
    digitalWrite(cont, HIGH);// aciona a porta digital numerada por cont
                           // para valor alto de tensão
}

```

Figura 3.64: Exemplo de uso do loop for.

Um aspecto importante a ser destacado para todas estruturas de repetição na linguagem C

é que todas variáveis usadas nas regiões que definem a estrutura do loop devem ser declaradas anteriormente ao loop.

As variáveis declarada anteriormente ao loop não poderão fazer parte das regiões que definem o loop.

O código 3.21 mostra alguns erros comuns na utilização do loop for

```
1  for( i = 0; i < 10; i = i -1)
2  {
3      int soma;
4      soma = soma + i;
5
6      //ERRO 1: variavel i não declarada antes do loop
7      //ERRO 2: Esse erro possivelmente não será detectado pelo
8      // pelo compilador. Ao executar esse loop , a condição de fim
9      // de loop nunca será falsa , devido a forma de atualização
10     // contador
11     //ERRO 3: A variavel definida no interior do loop é somada
12     // consigo mesma e com o contador , entretanto , a variável
13     // soma não possui valor inicial , causando um possível erro
14     // em tempo de execução
15 }
16
17
18 soma = soma + 10;
19 // ERRO 4: A variável soma é definida apenas interiomente ao //loop referênciá-la
20     // fora do loop não é possível
21
22
```

Code 3.21: Alguns erros comuns a utilizar loops em C

Já o código 3.22 mostra o mesmo código mostrado em 3.21 corrigido.

```
1
2 //DEFININDO CONTADOR E VARIÁVEL A SER USADA FORA DO
3 //LOOP ANTES DO LOOP
4 int soma = 0;
5 int i;
6
7 for( i = 0; i < 10; i = i +1)// USANDO UMA APROPRIADA DE ATUALIZA
8 {                      //CAO DE CONTADOR
9     soma = soma + i;
10 }
11
12 soma = soma + 10;
```

Code 3.22: Código sem erros

### 3.3.10.2 Laço while

O laço *while* serve, primariamente, para repetir certos comando enquanto certa condição não for atingida. A Figura ?? mostra a sintaxe comum de utilização do laço *while*.

**Inicialização e definição de contador ou variável para verificação de fim loop;**  
**while( teste de condição de fim de loop)**  
{  
    **comando1;**  
    **comando2;**  
    .  
    .  
    .  
    **comandoN;**  
    **Atualização de contador ou variável de verificação;**  
}

Figura 3.65: Sintaxe comum de uso do loop while.

A região na Figura 3.66 indicada por **Inicialização de contador ou variável para verificação de quebra de fim loop** será usada, como dito, para atribuir à variável responsável por contar quantas vezes o loop já foi executado com alguma valor ou inicializar a variável que a cada loop irá servir para verificar se a condição de fim de loop já foi atinginda.

A região na Figura 3.66 indicada por **teste de condição de fim de loop** será usada, como dito, para verificar se o loop deve continuar a ser executado ou não. Caso a verificação lógica executada nessa região resulte em FALSE, o loop será encerrado e o programa continuará a executar as instruções abaixo do loop .

A região na Figura 3.66 indicada por **atualização de contador** será usada, como dito, para , de alguma maneira desejada, atualizar a variável responsável por indicar que o loop chegou ao fim.

O código 3.23 mostra um exemplo de uso do while.

```
1 // Inicialização de contador ou variável para verificação de //quebra de fim loop
2 int soma = 0;
3 int i = 0;
4
5 while (i < 100) //teste de condição de fim de loop
{
    soma = soma + 1 // procedimento1
8
9     i = i + 1; //Atualizacao de contador ou variavel de
10        // verificacao
11 }
```

Code 3.23: Exemplo de uso do laço while

Ao iniciar o loop *while*, a primeira coisa que acontece é a verificação da condição de fim de loop.

No exemplo mostrado no código 3.23, a variável usada como contador é a variável **i**. Ela é inicializada com o valor 0. O teste de fim de loop, no primeiro instante, é, portanto, o seguinte: ( $0 < 100$ ). Essa verificação lógica terá como resultado TRUE, daí, o loop será executado.

A cada iteração do loop while citado, a variável **i** terá seu valor incrementado por uma unidade.

Quando **i** for igual a 100, o loop while será finalizado.

Um dos usos muito comuns para o loop while, é a verificação do estado de certa variável de software ou de hardware. O código 3.25 mostra essa aplicação para o loop while num programa feito para a placa Galileo.

```
1 #define botao1 2
2 #define led 3
3 void setup()
4 {
5
6 pinMode(botao1, INPUT);
7 pinMode(led, OUTPUT);
8 }
9
10 void loop()
11 {
12     delay(100);
13     digitalWrite(led, LOW);
14
15     //Enquanto o botao conectado a porta digital 2
16     //nao for apertado
17     //repete o loop while sem fazer coisa alguma
18     //alem de verificar o estado do botao
19     while(digitalRead(botao1) != HIGH)
20     {
21     }
22
23
24     //botao apertado, pisca LED
25     digitalWrite(led, HIGH);
26
27 }
```

Code 3.24: Exemplo de uso do laço while para a placa Galileo

### 3.3.10.3 Laço do-while

O laço *do-while* possui o mesmo comportamento do laço *while*. A única diferença é que, ao usar o *do-while* é garantido que as instruções internas ao loop serão executadas pelo menos uma vez. Isso deve ao fato de que a verificação de fim de loop só ocorre ao final do loop.

A sintaxe do *do-while* é como mostrado na Figura ??

## Inicialização e definição de contador ou variável para verificação de fim loop;

```
do {  
    comando1;  
    comando2;  
    .  
    .  
    .  
    comandoN;  
    Atualização de contador ou variável de verificação;  
} while( teste de condição de fim de loop);
```

Figura 3.66: Sintaxe comum de uso do loop do-while.

Um exemplo de uso do *do-while* é mostrado no código ??:

```
1 #define botao1 2  
2 #define led 3  
3 void setup()  
4 {  
5     pinMode(botao1, INPUT);  
6     pinMode(led, OUTPUT);  
7 }  
8  
9  
10 int flag = 0;  
11 void loop()  
12 {  
13     if (flag == 0)  
14     {  
15         do{  
16             delay(100);  
17             digitalWrite(led, LOW);  
18             delay(100);  
19             digitalWrite(led, HIGH);  
20         } while(digitalRead(botao1) != HIGH);  
21     }  
22     flag = 1;  
23 }  
24  
25 }
```

Code 3.25: Exemplo de uso do laço while para a placa Galileo

Esse exemplo possui o comportamento contrário ao comportamento do código 3.25. Nesse exemplo, o LED piscará continuamente até que o botão seja apertado. Quando o botão for apertado, o programa sairá do loop e a variável *flag* será setada com o valor 1. Ao fazer isso, não mais o programa executará o laço do-while, por causa da verificação *if( flag == 0)*.

### 3.3.11 Vetores e Matrizes

Vetores, também chamados de arrays, e matrizes são conjunto de dados de mesmo tipo. São usadas para tratar grandes quantidades de dados sem a necessidade de declaração de muitas variáveis.

Nesta seção, serão tratados os conceitos de vetores e matrizes alocadas estaticamente na memória (antes da execução do programa) de forma detalhada. Na seção 3.3.12 serão tratadas, além de outros tipos mais avançados de variáveis, vetores e matrizes alocadas dinamicamente, ou seja, durante o tempo de execução do programa.

#### 3.3.11.1 Vetores

Vetores são conjuntos de dados para serem tratados em apenas uma dimensão de indexação. A Figura 3.67 mostra a alocação para *N* espaços de memória para um vetor.



Figura 3.67: Alocação de memória para um vetor declarado para *N* espaços de memória.

Fonte: Adaptado de <http://www.tiexpert.net/programacao/c/vetores.php>

O código 3.26 mostra a sintaxe de declaração de um vetor em C.

```
1 tipo nome_da_variavel [quantidade_de_elementos];
```

Code 3.26: Sintaxe de declaração de um vetor em C

Exemplo de declaração de vetores de vários tipos de dados são mostrados no código ??.

```
1
2 //DECLARACAO DE VETORES DE VARIOS TIPOS DE VARIAVEIS
3
4 int v_int [100]; //declara um vetor de 100 inteiros
5 char v_char[100];//declara um vetor de 100 caracteres
```

```

6
7 float v_float[100]; //declara um vetor de 100 numero racionais

```

Code 3.27: Exemplos de declaração de um vetor em C

Nos exemplos de declaração do código ??, são declarados conjuntos de dados sequenciais.

Para acessar, atribuir ou modificar os elementos de um vetor, a sintaxe do código ?? é usada.

```

1 tipo nome_da_variavel [quantidade_de_elementos];
2
3 nome_da_variavel[indice] = valor;

```

Code 3.28: Sintaxe de atribuição de um valor a certo índice num vetor

Exemplos de atribuição de valor a certos índices em vetores são mostrados no código 3.29.

```

1
2 int v_int [100]; //declara um vetor de 100 inteiros
3 int vetor_digitos [10]; //declara um vetor de 10 inteiros
4 char v_char[100]; //declara um vetor de 100 caracteres
5 float v_float[100]; //declara um vetor de 100 numero racionais
6
7 v_int[0] = 1; // atribuicao do valor 1 ao primeiro elemento do
8      // do vetor v_int
9
10 vetor_contagem = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9}; // atribuicao de um
11          // bloco completo de
12          // dados ao vetor
13
14 v_char[0] = 'd'; // atribuicao do char 'd' no primeiro espaco de
15      // memoria reservado para a variavel v_char
16
17 v_int{9} = 234567; // atribuicao do valor 234567 ao espaco de
18      // memoria 10 da variavel v_int
19
20 v_float[49] = 0.52 // atribuicao do valor 0.52 ao espaco 50
21      // do vetor v_float

```

Code 3.29: Exemplos de declaração de um vetor em C

Um fato extremamente importante a ser pontuado com relação à indexação de vetores e matrizes é que a contagem sempre começa pelo valor 0. O código acima mostra vários exemplos nos quais tal fato foi pontuado nos comentários.

Vetores e matrizes são muitas vezes utilizados em conjuntos com laços de repetição.

O exemplo do código 3.30 mostra a utilização de um laço for em conjunto com o um vetor de 10 números inteiros.

```

1
2 //SUPONDO QUE EXISTE UM VETOR De INTEIROS int vetor[10]
3 //JAH COM VALORES SETADOS EM TODOS INDICES
4
5 int i;

```

```

6 int soma = 0;
7 for(i = 0; i < 10; i++)
8 {
9     soma += vetor[i];
10}
11
12 //A VARIAVEL soma TEM AGORA A SOMA DE TODOS FATORES

```

Code 3.30: Exemplos de uso de um for com um vetor

O exemplo acima também mostra o acesso de cada índice do vetor.

### 3.3.11.2 Matrizes

Pode-se dizer que matrizes são vetores bidimensionais. Há 2 ou mais dimensões de indexação numa matriz.

```

1 tipo nome_da_variavel [quantidade_de_elementos_dimensao1][
    quantidade_de_elementos_dimensao2]...[quantidade_de_elementos_dimensaoN];

```

Code 3.31: Sintaxe de declaração de uma matriz em C

O código 3.32 mostra um exemplo de declaração e iniciação de uma matriz 5x3. Nessa matriz há 15 números inteiros organizados em 5 linhas e 3 colunas.

```

1 int alunos_notas [5][3] = { 9,7,9;
2                         10,8,6;
3                         5,4,5;
4                         6,6,6;
5                         7,9,8;
6 };

```

Code 3.32: Exemplo de declaração e iniciação de uma matriz de inteiros em C

A primeira atribuição do exemplo 3.32 (número 9) é destinada ao elemento (0,0), ou seja, *alunos\_notas[0][0]* = 9. Cada vírgula simboliza atribuição à próxima coluna, na linha atual, ou seja, *alunos\_notas[0][1]* = 7. Todo ponto e vírgula simboliza "pulo de linha". Após o primeiro ponto e vírgula, tem-se a atribuição do número 10, ou seja, *alunos\_notas[1][0]* = 10.

O exemplo 3.33 usa a mesma matriz declarada e iniciada no código 3.32, para calcular a média de 5 alunos em 3 provas e atribuir tal média a um vetor de floats chamado *medias*.

```

1
2 int alunos_notas [5][3] = { 9,7,9;
3 10,8,6;
4 5,4,5;
5 6,6,6;
6 7,9,8;
7 }; //Declaracao e atribuicao de valores de notas de 3 provas a 5 //alunos
8
9 float medias [5]; //media dos 5 alunos a serem calculadas
10 int i,j; // variaveis a serem usadas como contadores de lacos

```

```

11 // e indices de matriz
12
13 for (i = 0; i < 5; i++)
14 {
15     for (j = 0; < 3; j++)
16     {
17         // Calculando a media do aluno i
18         // notar a conversao de variavel
19         medias[i] = (float)alunos_notas[i][j]/3;
20     }
21 }
```

Code 3.33: Exemplo de uso de matriz bidimensional

No exemplo, é executado o comando `medias[i] = (float)alunos_notas[i][j]/3;`. A conversão para float, como explicado na seção 3.3.7, é necessária. A primeira razão é que a variável `medias` é uma matriz de floats. Em geral, os compiladores já fazem essa compilação automaticamente. A segunda, e mais relevante para este exemplo, é que a operação `alunos_notas[i][j]/3` resultaria, sem a conversão, num número inteiro, não num número racional, causando erros no cálculo.

### 3.3.12 Tipos avançados de variáveis

Além dos tipos básicos de variáveis (seção 3.3.6), existem tipos mais complexos e com usabilidade muitas vezes mais úteis na codificação de programas.

Para a plataforma de programação utilizada com Arduino e Galileo são utilizados os tipos mostrados na tabela 3.10. Os tipos destacados em vermelho são os tipos mais avançados a serem tratados nesta seção.

Datatype	RAM usage
<code>void keyword</code>	N/A
<b><code>boolean</code></b>	<b>1 byte</b>
<code>char</code>	1 byte
<code>unsigned char</code>	1 byte
<code>int</code>	2 byte
<code>unsigned int</code>	2 byte
<code>word</code>	2 byte
<code>long</code>	4 byte
<code>unsigned long</code>	4 byte
<code>float</code>	4 byte
<code>double</code>	4 byte
<b><code>string</code></b>	<b>1 byte + x</b>
<code>array</code>	1 byte + x
<code>enum</code>	N/A
<code>struct</code>	N/A
<b><code>pointer</code></b>	<b>N/A</b>

Tabela 3.10: Tipos básicos e avançados (destacados em vermelho) de variáveis.

Fonte: Adaptado de <http://playground.arduino.cc/Code/DatatypePractices>

### 3.3.12.1 boolean

O tipo `boolean` é um tipo muito simples de dado utilizado para programação em Arduino.

Muitas vezes, se deseja saber do estado atual de algo e para isso se pode manipular variáveis do tipo `boolean`.

Variáveis do tipo `boolean` podem armazenar apenas dois valores: *true ou false*.

Como a unidade mínima de endereços de variáveis nas arquiteturas atuais é o byte, o qual possui 8 bits, portanto, o boolean, como mostrado na tabela 3.10 ocupa 1 byte de memória e não apenas 1 bit, como esperado.

O código 3.34 mostra um exemplo de uso de uma variável boolean.

```
1 #define pinoBotao 2
2 boolean botaoApertado = false;
3
4 if (digitalRead(pinoBotao) == HIGH)
5 {
6     botaoApertado = true;
7 }
```

Code 3.34: Exemplo de uso de uma variável boolean em Arduino

### 3.3.12.2 Ponteiros

Ponteiros, são, como qualquer variável em C, variáveis que armazenam no espaço de memória a ela reservado uma série de bits com algum significado determinado.

A diferença de um ponteiro para uma variável normal é que ele tem como conteúdo, não um número qualquer ou caractere, mas um **endereço de memória**.

A sintaxe para declaração de um ponteiro é mostrado no código 3.35.

```
1 tipo *nome_do_ponteiro;
```

Code 3.35: Sintaxe de declaração de um ponteiro em C

Exemplos de ponteiros para vários tipos de memória são mostrados no código ??.

```
1 int * ptrInt; // ponteiro para armazenar o endereço de um int
2 char * ptrChar; // ponteiro para armazenar o endereço de um char
3 float *ptrFloat; // ponteiro para armazenar o endereço de um float
4 double *ptrDouble; // ponteiro para armazenar o endereço de um
5 // double
```

Code 3.36: Exemplos de declaração de um ponteiro em C

```
1 int * ptrInt; // ponteiro para armazenar o endereço de um int
2 char * ptrChar; // ponteiro para armazenar o endereço de um char
3 float *ptrFloat; // ponteiro para armazenar o endereço de um float
4 double *ptrDouble; // ponteiro para armazenar o endereço de um
5 // double
6
7
8 char c = 'f';
9 ptrChar = &c; // no ponteiro ptrChar tem agora o endereço da
10 // variável c
11
12 int v[10] = {5,10,15,3,10,76,5,13,33,45};
13 ptrInt = &v; // ptrInt APONTA para o endereço
```

```

14     // inicial do vetor v, cujo
15     // conteúdo eh igual a 5

```

Code 3.37: Exemplos de atribuição de endereços de variáveis a ponteiros

No código 3.38, o ponteiro *ptrChar* recebe o endereço de memória da variável *c* e o ponteiro *ptrInt* recebe o endereço do primeiro inteiro do vetor de inteiros *v*.

A Figura 3.68 a alocação de memória para o vetor *v* supondo que o endereço de memória atribuído para *v* se deu a partir de 108.

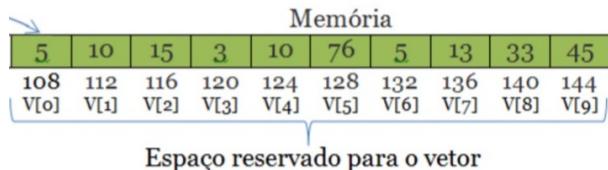


Figura 3.68: Endereço de memória e conteúdo de um vetor *v* de 8 espaços.

Após o comando *ptrInt = &v* se executado, o ponteiro *ptrInt* passou a apontar para o endereço da primeira variável do vetor *v* como mostrado na Figura 3.38.

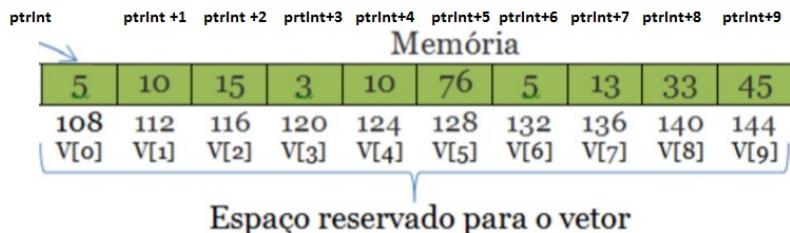


Figura 3.69: Após a atribuição do endereço do vetor ao ponteiro *ptrInt*.

Ponteiros permitem que você se referem ao mesmo espaço na memória de vários locais no programa. Isso significa que se pode atualizar a memória em um local e a mudança pode ser vista em outros escopos.

Ponteiros também podem ser interessantes para economizar espaço por possibilitar o compartilhamento de componentes em estruturas de dados.

Ponteiros também podem ser usados para navegar em matrizes e vetores. Usando o mesmo exemplo do código 3.68 no código ??, ao ser executar o laço mostrado, o conteúdo do vetor seria 7, 12, 17, 5, 12, 78, 7, 15, 35, 47. O operado *\*ptrInt* refere-se ao conteúdo armazenado no endereço de inteiro apontado por *ptrInt*, assim como *\*(ptrInt + 1)*, se refere do próximo endereço de ponteiro apontado por *ptrInt*.

```

1 int * ptrInt; // ponteiro para armazenar o endereço de um int
2 char * ptrChar; // ponteiro para armazenar o endereço de um char
3 float *ptrFloat; // ponteiro para armazenar o endereço de um float
4 double *ptrDouble; // ponteiro para armazenar o endereço de um
5                      // double

```

```

6
7 char c = 'f';
8 prtChar = &c; // no ponteiro ptrChar tem agora o endereço da
9 // variável c
10
11 int v[10] = {5,10,15,3,10,76,5,13,33,45};
12 prtInt = &v; //prtInt APONTA para o endereço
13 // inicial do vetor v, cujo
14 // conteúdo é igual a 5
15
16 int i;
17
18 for(i = 0; i < 10; i++)
19 {
20     *(ptrInt + i) = *(ptrInt + i) + 2; //adiciona 2 ao i-esimo
21             // conteúdo do vetor v
22
23 //comando com efeito igual ao comando anterior
24 //ptrInt[i] += 2;
25
26 }

```

Code 3.38: Exemplos de atribuição de endereços de variáveis a ponteiros

### 3.3.12.3 String e Arrays

String e array são nada mais do que vetores de caracteres ou vetores de qualquer tipo de variável (visto que array se define para qualquer tipo de variável).

Esta subseção está escrita após a subseção relativa a ponteiros ( subseção 3.3.12.2) devido ao fato de que o comando relativo a alocação dinâmica de memória ( alocação quando o programa já passou a ser executado) necessitar de conceito de atribuição de endereço de blocos de memória.

String em C são tratadas com o tipo *char\**, ou seja, um ponteiro de *char*.

O código 3.39 mostra uma alocação estática de uma string. O conjunto de caracteres "MINHASTRING" é alocado em certo espaço do heap de memória pelo compilador e o ponteiro *string* aponta para o primeiro caractere do conjunto de caracteres.

```

1
2 char * string = "MINHASTRING";
3
4 //          +-----+
5 // string -> |M|I|N|H|A|S|T|R|I|N|G|   ponteiro string aponta para
6 //          +-----+ esse bloco de memoria
7 //                  // no heap de memoria

```

Code 3.39: Exemplos de uma alocação estática de uma string em C

O código 3.40 mostra uma alocação dinâmica de uma string. Para se alocar dinamicamente um bloco de memória deve-se utilizar o comando *malloc(NUMBYTES)*. O comando *malloc* reserva,

em tempo de execução, a quantidade de bytes especificados como argumento de entrada e atribui o endereço inicial do bloco ao ponteiro especificado.

```

1
2 char * string = (char *)malloc(11);
3
4 //           +---+---+---+---+---+---+
5 //string -> |X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|  ponteiro string aponta para
6 //           +---+---+---+---+---+---+   esse bloco de memoria
7 //                           // reservado para 11 bytes
8
9 //           +---+---+---+---+---+
10 //          |X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|
11 //           +---+---+---+---+---+
12 //
13 //           +---+---+---+---+---+
14 //string -> |M| I |N|H|A|S|T|R| I |N|G|  ponteiro string aponta para
15 //           +---+---+---+---+---+---+   esse bloco de memoria, nao
16 //                           // o reservado acima

```

Code 3.40: Exemplos de uma alocação dinâmica de uma string em C

O conjunto de caracteres "MINHASTRING", caso atribuído à variável string (*string* = "MINHASTRING") não será atribuído aos 11 bytes alocados, mas para outro bloco, não reservado. É possível que ao tentar acessar o conteúdo da string após o comando *string* = "MINHASTRING" cause um erro em tempo de execução.

A forma correta de atribuição uma string para um ponteiro de char é mostrado 3.41.

```

1
2 char * string = (char *)malloc(11);
3
4 //           +---+---+---+---+---+---+
5 //string -> |X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|  ponteiro string aponta para
6 //           +---+---+---+---+---+---+   esse bloco de memoria
7 // reservado para 11 bytes
8
9 strcpy(string, "MINHASTRING");
10 //
11 //string -> |M| I |N|H|A|S|T|R| I |N|G|
12 //           +---+---+---+---+---+

```

Code 3.41: Atribuição de string a um ponteiro de char alocado dinamicamente

Como dito, arrays alocados dinamicamente podem ser criados, utilizando o comando malloc, para qualquer tipo de variável.

O código 3.43 mostra a alocação dinâmica de um array de 11 floats. O comando sizeof(*TIPO*) retorna a quantidade de bytes que o tipo de variável especificado por *TIPO* possui. No caso do exemplo, uma variável float ocupa 4 bytes, portanto, serão reservados 44 bytes de memória e o endereço de tal bloco atribuído ao ponteiro arrayFloats.

```
1 int numFloats = 11;
```

```

2 float * arrayFloats = (float *)malloc(11*sizeof(float));
3
4 // +-----+
5 //arrayFloats -> |X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|X|
6 // +-----+ esse bloco de memoria
7 // reservado para 11 espaços ocupados por floats(4*11 bytes)

```

Code 3.42: Alocação dinâmica de um array de 11 floats

Para se acessar os elementos de um array, pode-se utilizar qualquer uma das sintaxes mostrada no exemplo 3.44. Caso a operação *arrayFloats++*; seja executada, o ponteiro *arrayFloats* passará a apontar não mais para o primeiro endereço alocado, mas para o segundo. A letra N no comentário mostrado após o comando *arrayFloats ++*; simboliza um espaço de memória não alocado com o comando *malloc*.

Abaixo do comando *arrayFloats ++*; é mostrado uma série de comandos que podem causar erros em tempo de execução por causa da tentativa de acesso a espaço de memória não reservados.

```

1 int numFloats = 11;
2 float * arrayFloats = (float *)malloc(numFloats*sizeof(float));
3
4 arrayFloats[2] = 7.8;
5 *(arrayFloats + 1) = 0.5;
6
7 // +-----+
8 //arrayFloats -> |X|0.5|7.8|X|X|X|X|X|X|X|X|
9 // +-----+ esse bloco de // memoria
10 // reservado para 11 espaços ocupados por floats(4*11 bytes)
11
12 arrayFloats++;
13
14 // +-----+
15 //arrayFloats -> |0.5|7.8|X|X|X|X|X|X|X|X|N| // arrayFloats
16 // +-----+//passa a apontar
17 // para o endereco do
18 // 0.5
19
20 if(arrayFloats[10] == 0.0)//possível erro em tempo de execucao
21     arrayFloats[10] = 1.0; //

```

Code 3.43: Alocação dinâmica de um array de 11 floats

Para alocar dinamicamente uma matriz, deve-se usar ponteiro de ponteiros e laços de repetição, como mostrado no código 3.44. Pode-se ver um *int \*\** (ou um ponteiro de ponteiro de qualquer tipo de variável) como um array de ponteiros de int. Cada um desses ponteiros nesse array deve-se ter seu espaço de memória alocado, como mostrado no código.

```

1
2 int **matriz = (int **)malloc(2*sizeof(int *));
3 int i, j;
4

```

```

5 for( i = 0; i <2;i++)
6 {
7     matriz[ i ] = ( int * ) malloc( 2* sizeof( int ) );
8 }
9
10 //      +---+
11 // matriz ->|X|X|
12 //      +---+
13 //      |X|X|
14 //      +---+
15
16 for( i = 0; i <2;i++)
17 {
18     for( j = 0; j <2;j++)
19     {
20         matriz[ i ][ j ] = i + j ;
21     }
22 }
23
24 //      +---+
25 // matriz ->|0|1|
26 //      +---+
27 //      |1|2|
28 //      +---+

```

Code 3.44: Alocação dinâmica de uma matriz 2x2 de inteiros

### 3.3.12.4 Registros - Struct

Em C, registros são nomeados por *structs*. Chama-se por registro um conjunto de variáveis de tipos quaisquer. Cada variável em um registro é chamado de *campo*.

O exemplo 3.45 mostra a sintaxe de uma struct em C.

```

1 // Definicao de uma struct
2 typedef struct {
3 TIPO1 VAR1;
4 TIPO2 VAR2;
5 .
6 .
7 .
8 TIPON VARN;
9 } NOME_STRUCT;
10
11 // variavel do tipo NOME_STRUCT
12 NOME_STRUCT struct1;
13
14 void setup()
15 {
16 struct1.VAR1 = ...;
17 struct1.VAR2 = ...;

```

```

18 .
19 .
20 .
21 struct1.VARN = ...;
22 }
23
24 void loop()
25 {
26 struct1.VAR1 = ....
27 if(struct1.VAR2....)
28 .
29 .
30 .
31 //Outros procedimentos
32 }
```

Code 3.45: Sintaxe de definição de uma struct

O uso dos símbolos *typedef* não é obrigatório para definição e uso de struct, entretanto, ao utilizá-lo, pode-se declarar uma variável do tipo da estrutura como um novo tipo de dados semelhantes aos tipos básicos (int, char, etc).

O código 3.46 mostra um exemplo de uma struct que acumula variáveis relevantes para um programa que lide com dados de estudantes, por exemplo.

```

1 //Definicao de uma struct com dados relevantes a um estudante
2 typedef struct {
3     char * nome;
4     int turma;
5     float notaTrabalho1;
6     float notaProva1;
7     float media;
8
9 } estudante;
10
11 //variavel do tipo NOME_STRUCT
12 estudante aluno1;
13
14 float calculaMedia(estudante est)
15 {
16     return (est.notaTrabalho1 + est.notaProva1)/2;
17 }
18
19 void setup()
20 {
21     aluno1.nome = "Luiz"; // setando a variavel nome (cuidado com //possivel erro de
22                         // memoria nessa setagem de ponteiro de char )
23
24     aluno1.turma = 25;
25     aluno1.notaTrabalho1 = 10;
26     aluno1.notaProva1 = 0;
```

```

27 aluno1.media = calculaMedia(aluno1); //chama função calculaMedia
28             // para setar o campo media
29
30 Serial.begin(9600);
31 }
32
33 void loop()
34 {
35 Serial.print("Nome Estudante : ");
36 Serial.println(aluno1.nome);
37 Serial.print("Nota Trabalho 1 : ");
38 Serial.println(aluno1.notaTrabalho1);
39 Serial.print("Nota Prova 1 : ");
40 Serial.println(aluno1.notaProva1);
41 Serial.print("Media : ");
42 Serial.println(aluno1.media);
43
44 if(aluno1.media >= 5.0)
45 {
46     Serial.println("Aprovado");
47 }
48 else
49 {
50     Serial.println("Reprovado");
51 }
52
53
54 }
```

Code 3.46: Exemplo de definição e uso de uma struct

Nesse, foi definida uma struct para guardar os dados de um estudante. Os dados são os seguintes :

- Nome
- Turma
- Nota do trabalho 1
- Nota da prova 1

Os campos da struct são acessados, como mostrado, usando um ponto, após o nome da variável.

Como os campos da struct são do tipos básicos de variáveis (int, char, etc) eles podem ser tratadas normalmente como tal.

Struct também podem ser argumentos de entrada ou saída de funções como mostrado no exemplo da função *calculaMedia* do código 3.46.

Usando a mesma *struct* do código 3.46, o código 3.47 mostra como alocar espaço de memória dinamicamente para um ponteiro de struct.

```

1 // Definicao de uma struct com dados relevantes a um estudante
2 typedef struct {
3     char * nome;
4     int turma;
5     float notaTrabalho1;
6     float notaProva1;
7     float media;
8
9 } estudante;
10
11 // variavel do tipo NOME_STRUCT
12 estudante * alunos;
13
14 float calculaMedia(estudante * est, int numEstudante)
15 {
16     return (est[numEstudante]->notaTrabalho1 + est[numEstudante]->notaProva1) / 2;
17 }
18
19 void setup()
20 {
21
22     alunos = (estudante *) malloc(2 * sizeof(estudante));
23
24     aluno[0]->nome = "Luiz"; // setando a variavel nome (cuidado com //possivel erro de
25     // memoria nessa setagem de ponteiro de char )
26
27     aluno[0]->turma = 25;
28
29     aluno[0]->notaTrabalho1 = 10;
30     aluno[0]->notaProva1 = 0;
31     aluno[0]->media = calculaMedia(aluno[0]); //chama funcao calculaMedia
32     // para setar o campo media
33
34     Serial.begin(9600);
35 }
36
37 void loop()
38 {
39     Serial.print("Nome Estudante : ");
40     Serial.println(aluno[0]->nome);
41     Serial.print("Nota Trabalho 1 : ");
42     Serial.println(aluno[0]->notaTrabalho1);
43     Serial.print("Nota Prova 1 : ");
44     Serial.println(aluno[0]->notaProva1);
45     Serial.print("Media : ");
46     Serial.println(aluno[0]->media);
47
48     if (aluno[0]->media >= 5.0)
49     {
50         Serial.println("Aprovado");
51     }
52 }
```

```

52 {
53 Serial.println("Reprovado");
54 }
55
56
57 }

```

Code 3.47: Exemplo de definição e uso de uma struct

No código 3.47, é reservado, para o ponteiro da struct, um espaço para duas variáveis do tipo *estudante* por meio do comando *malloc*.

Para acessar os membros da struct, nesse caso, não se usa ponto, mas o conjunto de caracteres `->`.

### 3.3.13 Conversão Código Binário para Decimal e vice-versa

Todo número segue uma base numérica para representação de números. Toda base numérica é um conjunto de símbolos (ou algarismo).

Representando por C, o número de símbolos da base B (por exemplo, na base hexadecimais, o número é 16) e por  $alg_n$  o enésimo algarismo de um número representado na base B, tem-se que todo número, em qualquer base, pode ser convertido da base B para a base decimal seguindo a seguinte fórmula, sendo n o número de expoentes necessários para representar a parte inteira do número e k o número de expoentes necessários para representar a parte fracionária do número:

$$Número_{baseB \text{ para } base\text{decimal}} = alg_n * (C)^n + alg_{n-1} * (C)^{n-1} + \dots + alg_0 * (C)^0 + \dots + alg_{-k} * (C)^{-k} \quad (3.37)$$

A base numérica corriqueiramente usada é a base decimal. A base decimal é formada pelo símbolos 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 e a partir deles podem ser representados todos números. O número de símbolos dessa base é 10, portanto, qualquer número, na base decimal, também segue a mesma lógica apresentada na equação 3.37.

$$Número_{base\text{decimal} \text{ para } base\text{decimal}} = alg_n * 10^n + alg_{n-1} * 10^{n-1} + \dots + alg_0 * 10^0 + \dots + alg_{-k} * 10^{-k} \quad (3.38)$$

Por exemplo, o número 35,67 na base decimal é igual a :

$$35,67 = 3 * 10^1 + 5 * 10^0 + 6 * 10^{-1} + 7 * 10^{-2} \quad (3.39)$$

A base binária é formada por dois símbolos: 0 e 1. Uma forma usual de se representar um número sem sinal na base binária segue a mesma lógica das expressões mostradas anteriormente:

$$Número_{basebinária para base decimal} = alg_n * 2^n + alg_{n-1} * 2^{n-1} + \dots + alg_0 * 2^0 + \dots + alg_{-k} * 2^{-k} \quad (3.40)$$

Em sistemas digitais, a base binária é sempre utilizada para representar qualquer número de uma forma compreensível para o sistema.

Para converter um número sem sinal representado na base binária para a base decimal (a qual, usualmente, é mais facilmente compreendida por um ser humano) para a base decimal, basta aplicar a expressão mostrada em 3.40.

Um exemplo seria converter um byte (8 bits), cujo conteúdo é igual B11000010 para decimal:

$$Número_{B11000010 para base decimal} = 1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^1 = 193 \quad (3.41)$$

Para converter um número na base decimal para a base binária, é necessário realizar a técnica das divisões sucessivas por 2.

Nessa técnica, os dígitos do número binário são obtidos realizando sucessivas divisões por 2 ao número na base decimal. A cada vez que a divisão é realizada, deve-se registrar qual foi o resto da divisão. O processo de divisão por 2 e registro do resto continuará até que a parte inteira da divisão seja igual a 0.

O número binário resultante da conversão será igual ao restos da divisão tomados na ordem inversa, ou seja, o último resto é igual ao dígito mais significativo e o primeiro será igual ao dígito menos significativo.

A Figura 3.70 mostra um de conversão da base decimal para a base binária. Nesse exemplo, o número 156 é convertido para binário. O resultado da conversão é o número 10011100<sub>2</sub>.

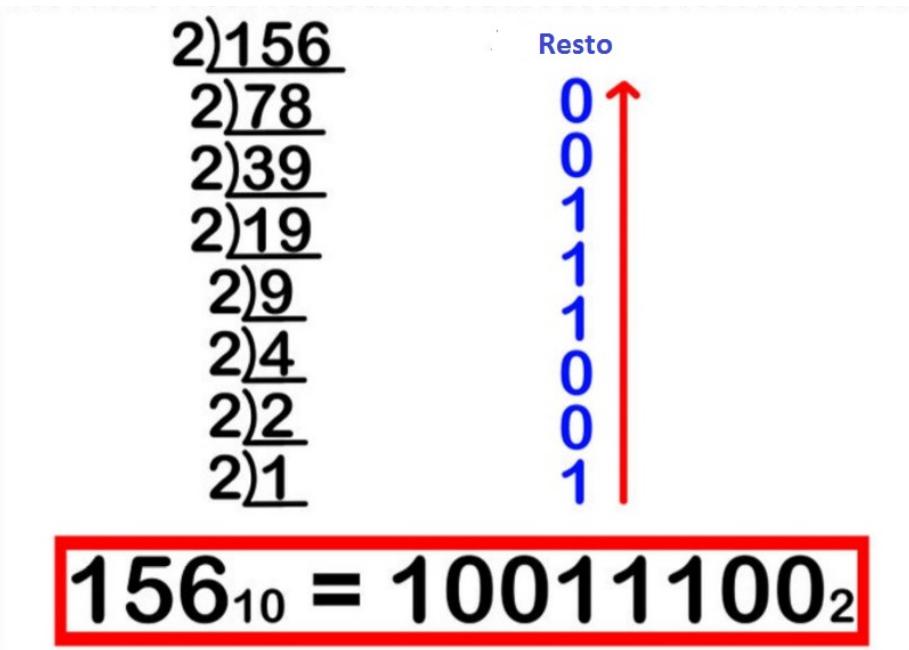


Figura 3.70: Exemplo de aplicação da técnica de divisões sucessivas.

### 3.3.14 Subalgoritmos (Funções)

Funções são um conjunto de instruções definidas por um nome, argumentos de entrada e argumentos de saída as quais podem ser chamadas e executadas num código apenas escrevendo seu nome junto com seus respectivos argumentos de entrada.

A sintaxe para definição de uma função é mostrada no código 3.48:

```

1 TIPO_SAIDA NOME_FUNCAO(TIPOARG1 NOMEARG1, . . . , TIPOARGN NOMEARGN)
2 {
3     procedimento1 ;
4     .
5     .
6     .
7     procediemntoN ;
8
9     return varivel // ( Do tipo TIPO_SAIDA)
10
11 }
12 }
```

Code 3.48: Sintaxe de definição de uma função

Funções são criadas e usadas, principalmente, pelos seguintes motivos:

- Para permitir o reaproveitamento de código já construído.
- Para evitar que um trecho de código que seja repetido várias vezes dentro de um mesmo programa.

- Para permitir a alteração de um trecho de código de uma forma mais rápida. Com o uso de uma função é preciso alterar apenas dentro dela o que se deseja.
- Para que os blocos do programa não fiquem grandes demais e, por consequência, mais difíceis de entender.
- Para facilitar a leitura do programa-fonte de uma forma mais fácil.
- E, principalmente, no paradigma de programação estruturada: para separar o programa em partes(blocos) que possam ser logicamente compreendidos de forma isolada.

Um primeiro exemplo de definição de uma função é mostrado no código 3.50. Nesse exemplo é definida a função *fatorial*, cujo argumento de entrada é um número inteiro maior ou igual a 0 e saída é o fatorial do argumento de entrada.

```

1
2 /*
3 funcao fatorial
4 Objetivo: Calcular o fatorial de um numero inteiro n
5 Argumentos de entrada - int n
6 Argumento de saida - fatorial do numero n
7 */
8
9 int fatorial(int n)
10 { int i;
11     int fatorial = 1;
12
13     if(n < 0 )
14     { Serial.println("Argumento de entrada inválido")
15     return -1;
16     }
17     else if(n == 0)
18     {
19         return 1;
20     }
21     for( i = 1; i<=n; i++)
22     {
23         fatorial = fatorial * i;
24     }
25
26     return fatorial;
27 }
```

Code 3.49: Exemplo de definição de uma função

A qualquer momento, durante a execução de uma função, que o comando *return* for encontrado, a função será finalizada e o argumento usado juntamente com o *return* será entregue no contexto que a função foi chamada.

O exemplo mostrado no código 3.50 mostra 3 situações no qual um comando *return* pode vir a ser executado: No primeiro caso, se entrada n for menor que 0, o fatorial não pode ser calculado,

então, antes de sair da função é feito um print para avisar no terminal que tal coisa ocorreu. O segundo caso é a possibilidade de a entrada ser igual a 0. Com essa entrada, não se pode fazer o cálculo normal de um fatorial, entretanto a entrada é válida e o resultado é 1.

Caso a entrada seja positiva e maior que 0, o cálculo normal do fatorial é executado e retornado para onde tal função foi executada.

Um primeiro exemplo de definição de uma função a ser aplicada na codificação de uma placa como a placa Galileo é mostrado no código ???. Nesse exemplo 5 aspectos devem ser pontuados:

1. **Protótipos de funções:** A rigor, toda função deve ser declarada antes de poder ser usada, da mesma forma que qualquer variável. Em C, é possível declarar uma função, na forma de protótipo e só definir o seu corpo em um segmento posterior do código. No exemplo ???, a função lerSensor é prototipada, definindo seu nome, argumentos de entrada e tipo de argumento de saída. Após isso, na função loop, ele é chamada e só no final do código ela é definida.
2. **Definição de protótipos de funções:** Toda função prototipada, deve ter seu corpo definido em alguma parte do código. No exemplo ???, a função lerSensor é definida no final do código.
3. **Escopo de uma variável:** Por escopo de uma variável entende-se o bloco de código onde esta variável é válida. Fora do bloco de código onde a variável foi definida, ela não pode ser acessada. Em C, define-se um escopo por abrir e fechar chaves ( ).
4. **Variáveis locais:** Variáveis globais são variáveis visíveis apenas no escopo onde ela foi definida. No exemplo do código ???, a variável *intsensor* definida dentro da função lerSensor é visível apenas dentro dessa função.
5. **Variáveis globais:** Variáveis globais são visíveis por todas funções definidas num código. A variável *intsensor* definida na linha 2 do código ?? é, ao contrário da variável *intsensor* definida dentro da função lerSensor, uma variável global, ou seja, ela é visível em todos escopos do programa.

O uso de variáveis globais em C deve ser evitado por que isso quebra a modularização do código, trazendo a possibilidade do funcionamento de uma função interferir no funcionamento de outra. É necessário que o programador tenha exata noção do que está fazendo caso escolha usar variáveis globais.

No caso de programação para micro-controladores como a placa Galileo, o uso de variáveis globais não é tão desaconselhável como para uma programa normal em C. Isso se deve ao fato da existência da função loop.

Um programa escrito para um micro-controlador é feito para atividade contínua. Caso, por exemplo, a variável *intsensor* fosse definida na linha 11 (dentro da função loop), a cada ciclo do loop, a variável sensor seria descartada e redefinida, gastando um tempo considerável para aplicações com grandes restrições de tempo de execução.

```

1
2 int lerSensor(int porta); // Prototipo da função lerSensor
3 int sensor // Variável global: pode ser vista, acessada e editada
4 // em qualquer contexto
5
6 void setup{
7
8 }
9
10 void loop{
11 // executada a função lerSensor com o argumento int porta = 0
12
13 sensor = lerSensor(0); // atribui a saída dessa função
14 // a variável global sensor
15 }
16
17 // definição da função lerSensor
18 int lerSensor(int porta)
19 { int sensor; // variável local, visível apenas no contexto
20 // da função lerSensor
21
22 sensor = analogRead(porta);
23 return sensor;
24 }
```

Code 3.50: Exemplo de definição de uma função

### 3.3.15 Interrupção

O fluxo normal de um programa feito para uma plataforma de um microcontrolador é mostrado na Figura 3.57. Como pode ser visto em tal Figura, o programa é iniciado, realiza-se o pré-processamento substituindo as diretivas de compilação, após isso, executa-se a função setup e então a função loop indefinidamente.

Muitas vezes, o fluxo comum de execução de um programa não é capaz de responder a eventos assíncronos externos, causados pelos usuários, ou internos, causados pelo funcionamento do software, rápido o suficiente.

Para resolver parte desses problemas, existem em computação o que se chama de *interrupção de software* e *interrupção de hardware*. As interrupções são sinal, internos ou externos ao processador, que indicam que o processo corrente deve ser posto em espera e outra tarefa (rotina de interrupção), deve ser executada o mais rápido possível.

A Figura 3.71 resume o processo relacionado a uma interrupção.

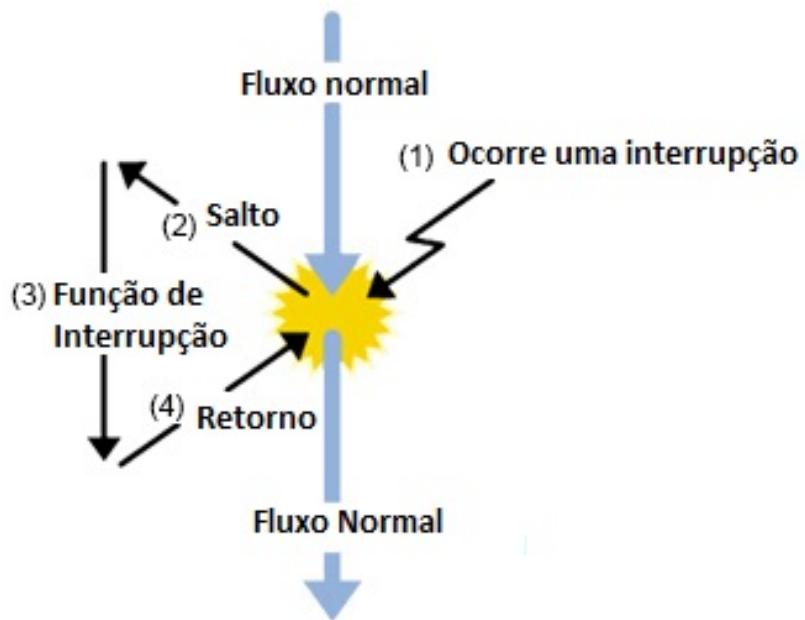


Figura 3.71: Fluxo normal de um programa com uma interrupção.

Fonte: Adaptado de <https://www.contec.com/products/daq/analog/basic.php>

A parte relacionada a **Salto** é tarefa do sistema operacional ou do micro-controlador. Tendo sido identificada a ocorrência de uma interrupção, o endereço de retorno ao fluxo normal é salvo na pilha de execução e as próximas instruções a serem executadas serão as especificadas na rotina de interrupção.

Após a rotina de interrupção ter sido executada, o endereço de retorno é recolhido da pilha e a execução do programa volta ao fluxo normal.

### 3.3.15.1 Interrupção de Hardware

Uma interrupção de hardware ocorre por um evento assíncrono. Geralmente, tal interrupção é na forma de algum tipo de uma mudança numa entrada analógica ou digital.

As principais formas de interrupção de hardware são as seguintes:

- **Interrupção de rampa de subida:** A interrupção de rampa de subida é identificada pela mudança do estado lido num pino de 0 Volts (GND ou zero lógico) para 5 Volts (Vcc ou 1 lógico). A Figura 3.73 mostra um circuito capaz de oferecer uma rampa de subida à um pino. Quando a chave é fechada, a tensão lida no pino passa de 0 para 5 V.
- **Interrupção de rampa de descida:** A interrupção de rampa de descida é identificada pela mudança do estado lido num pino de 5 Volts (Vcc ou 1 lógico) para 0 Volts (GND ou zero lógico). A Figura 3.74 mostra um circuito capaz de oferecer uma rampa de descida à um pino. Quando a chave é fechada, a tensão lida no pino passa de 5 para 0 V.

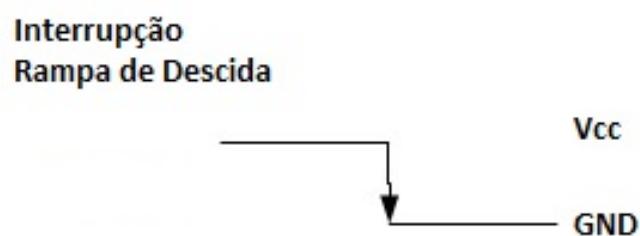
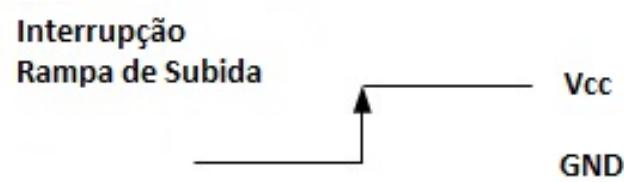


Figura 3.72: Interrupções de rampa de subida e descida.

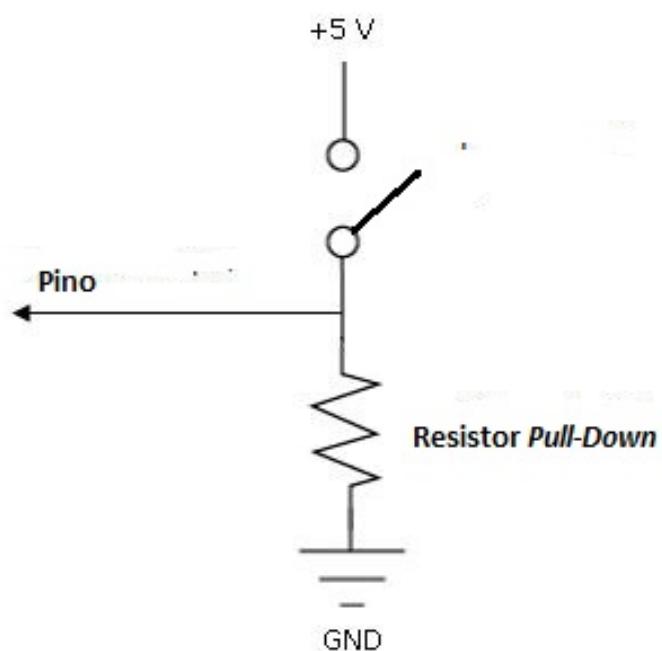


Figura 3.73: Circuito associado à interrupção de rampa de subida.

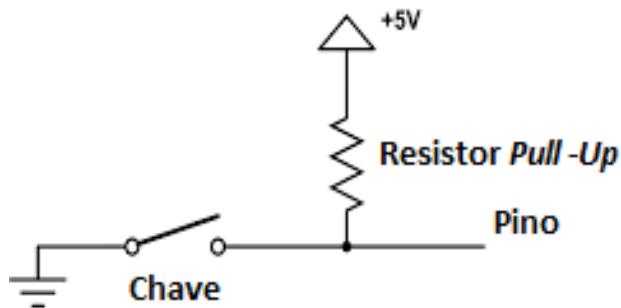


Figura 3.74: Circuito associado à interrupção de rampa de descida.

Além das interrupções de rampa de descida e subida, a plataforma Arduino oferece a identificação de interrupções de estado de qualquer mudança na leitura (CHANGE).

Para a placa Galileo Gen2, apenas as portas digitais 2 e 3 podem ser habilitadas para interrupções.

O código ?? mostra, na plataforma Arduino, a sintaxe de definição de uma interrupção de hardware.

```

1
2
3 void setup()
4 {
5 attachInterrupt(NUM_PINO, ROTINA_INT, TIPO_INT);
6
7 }
8
9
10 TIPO_RETORNO ROTINA_INT (argumentos de entrada)
11 {
12     //instruções da rotina de interrupção;
13 }
```

Code 3.51: Sintaxe para interrupção de hardware

Como mostrado no exemplo do código ??, devem ser fornecidas as seguintes informações para definição da interrupção:

- **NUM\_PINO**: Número do pino digital onde a interrupção é lida

Caso seja a porta digital 2, escrever attachInterrupt(0, ROTINA\_INT, TIPO\_INT);

Caso seja a porta digital 3, escrever attachInterrupt(1, ROTINA\_INT, TIPO\_INT);

- **ROTINA\_INT**: Função a ser executada quando a interrupção for identificada.

- **TIPO\_INT**:

RAMPA DE SUBIDA : escrever "RISING".

RAMPA DE DESCIDA : escrever "FALLING".

Qualquer mudança: escrever "CHANGE".

O código ?? mostra, na plataforma Arduino, um exemplo de uma interrupção de hardware identificada na porta digital 2:

```
1 int pino = 13;
2 int estado = LOW;
3 int estado1 = LOW;
4 void setup()
5 {
6
7 pinMode(pino, OUTPUT);
8 attachInterrupt(0, piscaLed, FALLING);
9 }
10
11 void loop()
12 {
13 digitalWrite(pino, estado);
14
15 }
16
17 //FUNCAO A SER EXECUTADA AO SER IDENTIFICADA UMA RAMPA DE //DESCIDA NA PORTA
18 //DIGITAL 2(2 -> 0)
19 void piscaLed()
20 {
21 if (estado==estado1)
22 {
23 estado = !estado1;
24 //DELAY NECESSARIO PARA EVITAR RUIDOS NA PORTA DIGITAL 2
25 delay(10);
26 }
27 else
28 {
29 //DELAY NECESSARIO PARA EVITAR RUIDOS NA PORTA DIGITAL 2
30 delay(10);
31 estado= estado1;
32 }
```

Code 3.52: Sintaxe para interrupção de hardware

### 3.3.15.2 Interrupção de Software - Timer

Interrupção de Software são interrupções disparadas por eventos que ocorrem no software em execução.

Um Timer obedece o mesmo padrão mostrado na Figura 3.71, entretanto, o evento que disparará a interrupção não será um evento de hardware, mas a contagem de pulsos de clock.

*Timers* são contadores de tempo. A cada intervalo prefixado, os *Timers* tem seu contador incrementado, indicando, desde o início da contagem, quantos pulsos de clock foram lidos desde então. Quando o número de pulsos de clock limite for atingido, a rotina de interrupção (*Interrupt Service Routine - ISR*) deve ser executada e o contador do Timer será reinicializado.

Para uso de interrupções na plataforma Arduino, é necessário realizar o download da biblioteca *Timer1.h*.

Para realizar o download, visite o website <http://playground.arduino.cc/Code/Timer1> como mostrado na Figura 3.75.

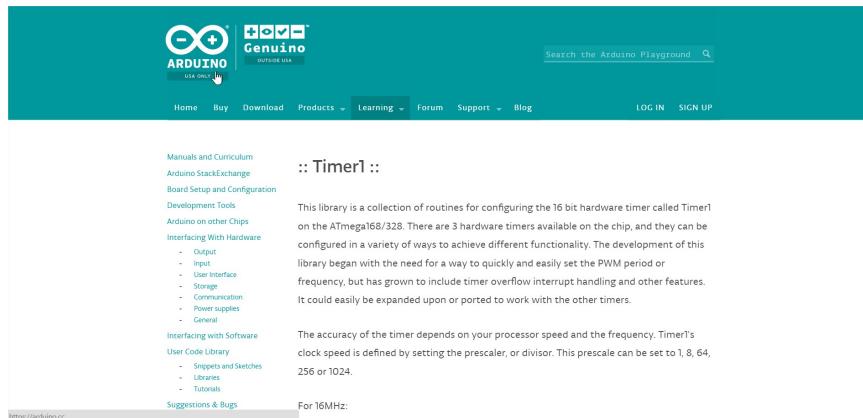


Figura 3.75: Website - <http://playground.arduino.cc/Code/Timer1> .

Clique no link para downloads mostrado na Figura 3.76 e siga as seguintes instruções:

- Descompacte os arquivos do arquivo.zip
- Crie a pasta Arduino/hardware/libraries/Timer1
- Copies os arquivos descompactados para a pasta criada

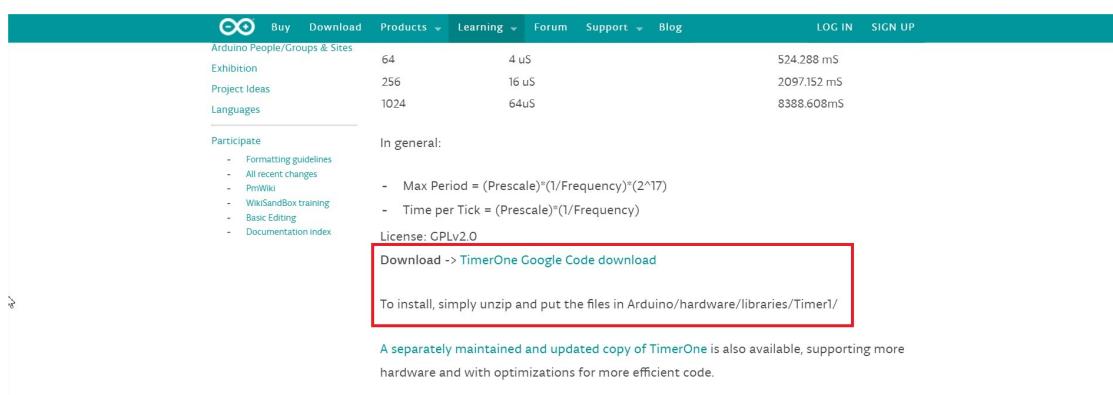


Figura 3.76: Download e instruções para instalação da biblioteca Timer1.

Tendo instalado propriamente a biblioteca *Timer1.h*. Para uso de interrupção de timers em Arduino, os seguintes passos devem ser seguidos:

1. Definição do período no qual o timer disparará uma interrupção, executando uma ISR -> função *initialize*
2. Definição da ISR que será executada a cada período especificado
3. Vinculação da ISR ao Timer -> função *attachInterrupt*

O código 3.53 mostra um exemplo de como utilizar a biblioteca *Timer1*

```

1 #include <TimerOne.h> // Inclusao da biblioteca
2
3 void setup()
4 {
5   pinMode(13, OUTPUT); // Inicializando o pino 13 como saida
6
7   Timer1.initialize(100000); // seta o timer para o periodo
8   // 100000 microsegundos (0.1 s - // //10Hz) => a ISR sera executada
9   // 10 vezes por segundo
10
11   Timer1.attachInterrupt( ISR_EXEMPLO, 100000 ); //Vincula a ISR
12   // ISR_EXEMPLO ao timer
13   // de 0.1 segundos a ser executada //todas vez que o timer for
14   // completo (caso fosse escrito //200000 a ISR executada na //segunda vez que o
15   // timer for //completo)
16 }
17
18 void loop()
19 {
20   //Fluxo normal do programa( sem ser a interrupcao de timer)
21 }
22
23 void ISR_EXEMPLO()
24 {
25   // Pisca LED
26   // o operando ^ eh o XOR, a cada execucao desta ISR, o estado do // LED (acesso ou
27   // apagado) eh invertido
28   digitalWrite( 13, digitalRead( 13 ) ^ 1 );
29 }
```

Code 3.53: Sintaxe para interrupção de hardware

As funções da biblioteca *Timer1.h* tomam os parâmetros de tempo em microsegundos, como mostrado no exemplo 3.53.

Nesse exemplo, a cada 100000 microsegundos, ou 0.1 segundos, a função *ISR\_EXEMPLO*, que foi vinculada ao timer por meio da função *attachInterrupt()*, é executada, independentemente do que estiver ocorrendo no fluxo normal da função *loop*.

### 3.3.16 Número randômico

Muitas vezes, num sistema computacional, faz-se necessário a geração de números aleatórios para definição de parâmetros de execução de um programa.

Número aleatórios têm aplicações em: Jogos de apostas, simulações computacionais, criptografia e outras áreas onde um resultado não predizível se faz necessário.

O principal problema para geração de números aleatórios num sistema computacional é que tais sistemas são, por suas naturezas, completamente determinísticos. Um sistema determinístico não pode, realmente, gerar números aleatórios, pois, para fazê-lo, o sistema seguirá sempre os mesmos passos determinados em seus algoritmos. Dessa dificuldade nasce o termo *número pseudo-aleatório*, o qual se dá a números gerados por sistemas computacionais.

Uma maneira, em Arduino, para gerar um número pseudo-aleatório é utilizando o comando *random()*. O código 3.54 mostra os modos de uso da função *random()*

```
1 int random1 = random(1000); //gera um numero pseudo-aleatorio entre 0 e 999
2 int random2 = random(10,30); //gera um numero pseudo aleatorio entre 10 e 29
```

Code 3.54: Exemplo de geração de um número aleatório usando o comando *random()*

Uma das maneiras de contornar a característica determinística de um algoritmo de geração de número pseudo-aleatório é adicionar um parâmetro determinado por uma característica física ao algoritmo como tempo ou uma leitura analógica de uma variável.

Em Arduino, uma das maneiras de se adicionar ao algoritmo de geração de números aleatórios um parâmetro físico é utilizando o comando *randomSeed()*. O comando *randomSeed()* inicializa o gerador de números aleatórios a depender do valor passado como argumento. O código 3.55 mostra uma entrada de uma porta analógica em aberto como argumento para o comando *randomSeed()*. Ao se ler uma porta analógica desconectada de um circuito tem-se um valor flutuante determinado apenas por ruídos aleatórios.

```
1 void setup()
2 {
3     Serial.begin(9600);
4     int pinoAnalogicoNaoUtilizado = 3; //Numero de um pino analogico nao utilizado (
5         //pino em aberto)
6     randomSeed(analogRead(pinoAnalogicoNaoUtilizado)); // geracao de um sequencia de
7         // numeros a depender de uma variavel aleatoria do pino analogico em //aberto
8 }
9
10 void loop()
11 {
12     int random1 = random(1000); //gera um numero pseudo-aleatoria entre 0 e 999
13         //utilizando o randomSeed() para inicializar a sequencia de numero aleatorios
14     int random2 = random(10,30); //gera um numero pseudo aleatorio entre 10 e 29
15         //utilizando o randomSeed() para inicializar a sequencia de numero aleatorios
16
17     delay(20);
18 }
```

14 }

Code 3.55: Exemplo de geração de um número aleatório usando o comando `random()` e `randomSeed()`

### 3.3.17 Funções e Bibliotecas Diversas - Arduino

#### 3.3.17.1 Função `shiftOut`

A função `shiftOut` tem a seguinte sintaxe:

`shiftOut(dataPin, clockPin, bitOrder, value);`

Ela é destinada a transmitir uma série de bits (variável `value`), numa porta selecionada (variável `dataPin`), um bit de cada vez seguindo os pulsos de clock (variável `clockPin`).

A transmissão ocorre em bytes,bit a bit. Tal transmissão pode ocorrer a partir do bit mais significativo ou a partir do bit menos significativo. Para escolher qual das duas opções será escolhida deve-se usar **MSBFIRST** ou **LSBFIRST**, no argumento `bitOrder`, respectivamente.

O código 3.56 mostra um exemplo de uso da função `shiftOut`.

```
1 #define pinoClock 7
2 #define pinoLatch 6
3 #define pinoData 5
4
5 byte numeroOut = 154; // byte = 8 bits
6
7
8 void setup() {
9   pinMode(pinoLatch, OUTPUT);
10  pinMode(pinoClock, OUTPUT);
11  pinMode(pinoData, OUTPUT);
12 }
13
14 void loop() {
15
16   digitalWrite(pinoLatch, LOW);
17
18 // envia dados nos pinos de saída a partir do bit menos significativo
19 // da variável numeroOut no pinoData
20
21 shiftOut(pinoData, pinoClock, LSBFIRST, numeroOut);
22
23
24 digitalWrite(pinoLatch, HIGH);
25 }
```

Code 3.56: Exemplo de uso da função `shiftOut`

### 3.3.17.2 Biblioteca ledcontrol.h

A biblioteca ledcontrol.h deve ser usada em conjunto com os chips MAX7221 e MAX7219 que controlam displays de leds.

Para baixar e instalar a biblioteca ledcontrol.h, o seguintes passos devem ser seguidos:

1. Abra a *General User Interface* (GUI) do Arduino

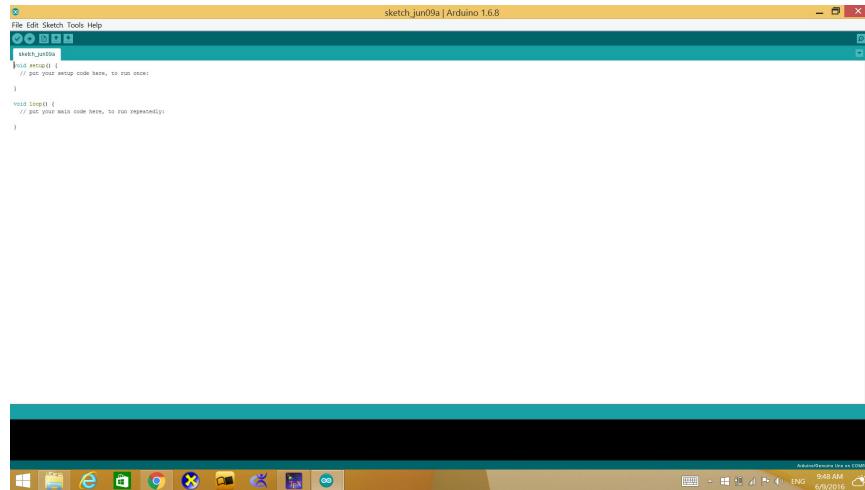


Figura 3.77: GUI do Arduino aberta.

2. Tendo aberto a GUI do Arduino, clique na aba *Manage libraries* que pode ser encontrada seguindo o seguinte caminho: Sketch/ Include Libraries/Manage Libraries...

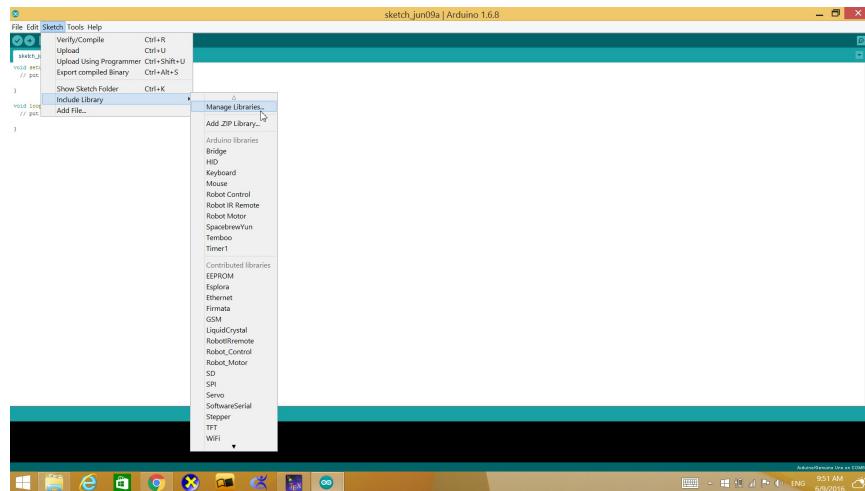


Figura 3.78: Caminho para a aba *Manage Libraries*.

3. Será mostrada a janela *Library Manager* apresentada na Figura 3.79

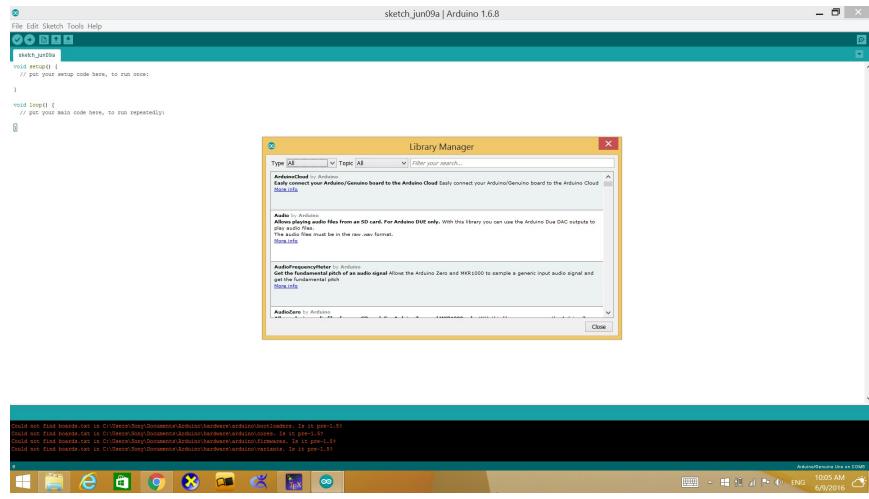


Figura 3.79: Janela *Manage Libraries*.

4. Digite *LedControl* no campo de texto localizado na parte superior.

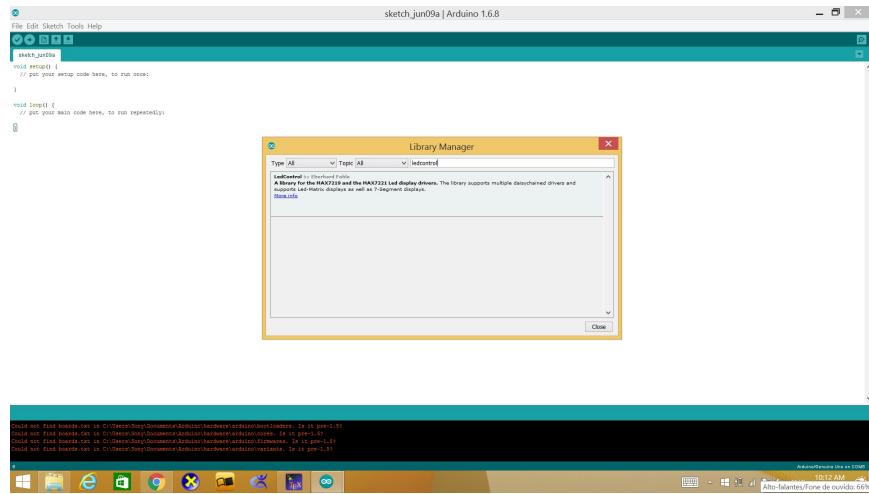


Figura 3.80: Resultado da busca por *LedControl*.

5. Clique no resultado da busca e, após isso, clique em *Install*.

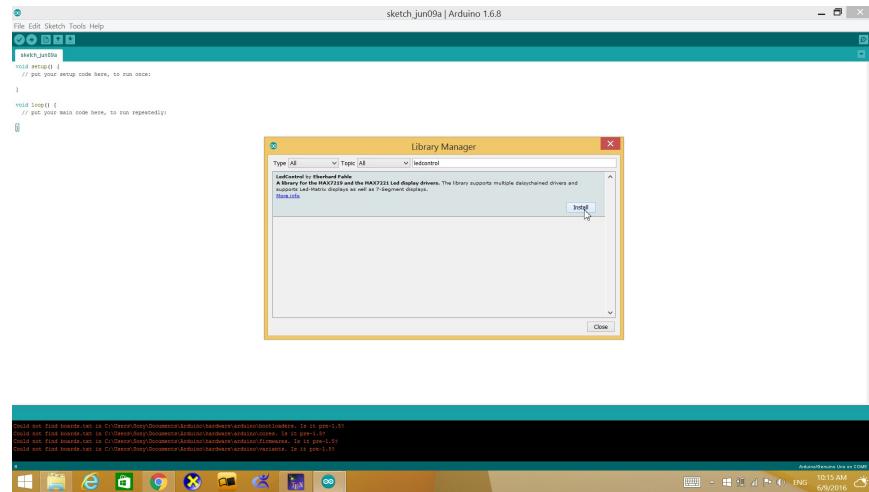


Figura 3.81: Clique no *Install*.

6. Após tais passos, a biblioteca *LedControl.h* estará instalada.

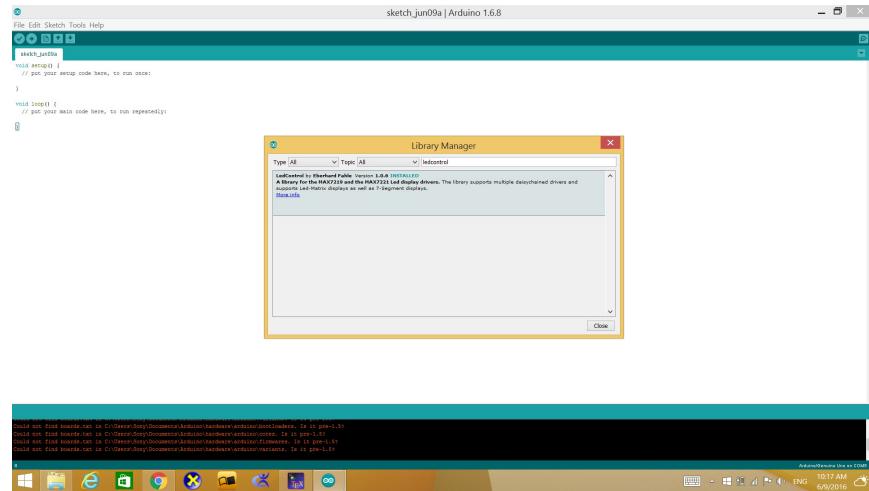


Figura 3.82: Biblioteca *LedControl.h* instalada.

Para biblioteca *LedControl* servirá para facilitar controle de uma matriz de LEDs em conjunto com o circuito integrado MAX7219.

O código 3.57 mostra os passos para o uso da biblioteca. Nesse código, todos led de uma matriz 8x8 são acessos e apagados iterativamente.

```

1
2 #include "LedControl.h" // need the library
3 LedControl lc=LedControl(12,11,10,1); //
4
5 // pino 12 conectado ao pino 1 do MAX7219
6 // pino 11 conectado ao pino 13 CLK
7 // pino 10 conectado ao pino 12 LOAD
8 // O número 1 indica que 1 MAX7219 será usado
9
10 void setup()

```

```

11 {
12     // O número 0 como o primeiro argumento de muitas funções
13     // da biblioteca LedControl.h indica o uso de 1 chip MAX7219
14
15     lc.shutdown(0, false); // Desliga o modo de economia de energia, // habilita o
16     // display
17
18     lc.setIntensity(0,8); // seta a claridade (input entre 0 e 15)
19     lc.clearDisplay(0); // limpa o display
20 }
21 void loop()
22 {
23     for (int linha=0; linha<8; linha++)
24     {
25         for (int coluna=0; coluna<8; coluna++)
26         {
27             lc.setLed(0,coluna,linha,true); // liga o LED na //posicao(linha, coluna)
28             delay(25);
29         }
30     }
31     for (int row=0; row<8; row++)
32     {
33         for (int col=0; col<8; col++)
34         {
35             lc.setLed(0,col,row,false); // desliga o LED na
36             //posicao(linha, coluna)
37             delay(25);
38         }
39     }
40 }

```

Code 3.57: Exemplo de uso da biblioteca LedControl.h

# Capítulo 4

## Laboratórios Propostos

### 4.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentadas as propostas de prática com a placa de desenvolvimento Intel® Galileo. As práticas serão proposta seguindo o modelo apresentado na seção 2.1.2.

### 4.2 Prática 1: Começando a usar o *Galileo*

Esta é a primeira prática com a placa Intel® Galileo. Nela são descritas os passos iniciais para o desenvolvimento e implementação de soluções.

Os objetivos desta prática são

- Realizar com sucesso a instalação do driver e da interface de programação para Arduíno
- Criar um programa para a placa Galileo capaz de fazer um LED piscar

Tabela 4.1: Prática 1 - Tabela de descrição.

<b>Nome da prática</b>	Prática 1: Começando a usar a placa Intel Galileo
<b>Objetivos</b>	1)Instalar do driver para uso da placa placa Galileo 2)Instalar IDE do Arduino 3)Realizar a primeira prática utilizando a placa Galileo
<b>Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias</b>	Nenhum
<b>Revisão Teórica - Hardware</b>	Circuito - seção 3.2.2 Resistor - seção 3.2.1 LED - seção 3.2.3
<b>Revisão Teórica - Software</b>	Programação Arduino - seção 3.3.2.1
<b>Material necessário</b>	- 1 Placa Galileo - 1 Transformador 220/120 V ->12 V - 1 cabo USB-Micro-USB - 1 LED
<b>Bibliografia</b>	-Manual de instalação Galileo -Livro ou Website com guia para programação em Arduino(sugestão Getting Started With Galileo)
<b>Habilidades a serem masterizadas com essa prática</b>	1) O aluno é capaz de instalar a placa Galileo no sistema operacional Windows 8 2) O aluno é capaz de escrever um programa simples para Galileo

#### 4.2.1 Procedimentos

Para realizar a primeira prática com Intel® Galileo, é necessário realizar sequencialmente os seguintes procedimentos descritos nas sub-seções seguintes 4.2.1.2 4.2.1.1 e 4.2.1.3.

##### 4.2.1.1 Instalação da IDE Arduino

O primeiro passo para o uso da placa Galileo é realizar o download da IDE de programação Arduino no website <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> como mostrado na Figura 4.1.

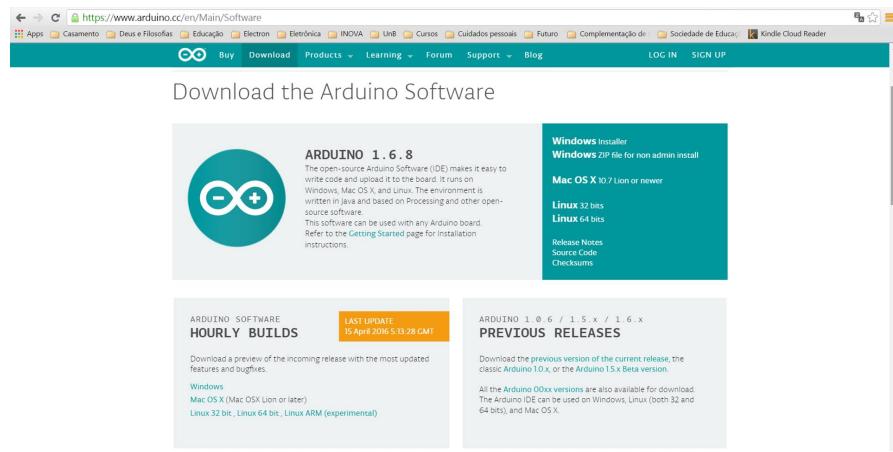


Figura 4.1: Site para baixar a IDE do Arduino para programação em Galileo.

Após realizar o download da IDE do Arduino, é necessário realizar o download do *Firmware* do Galileo para realizar a programação para a placa.

Primeiramente é necessário clicar em *Boards Manager* no gerenciador de placas da IDE do Arduino como mostrado na Figura 4.2

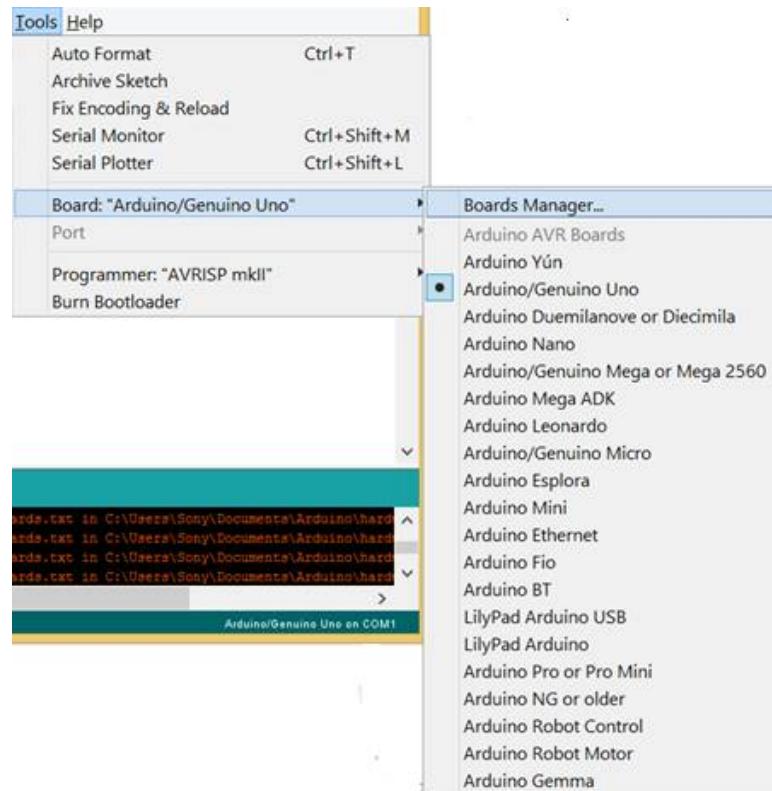


Figura 4.2: Adicionando o Firmware para programar a placa Galileo.

Na janela *Boards Manager*, digite galileo e realize o download do pacote *Intel® i586 Boards* como mostrado na Figura 4.3

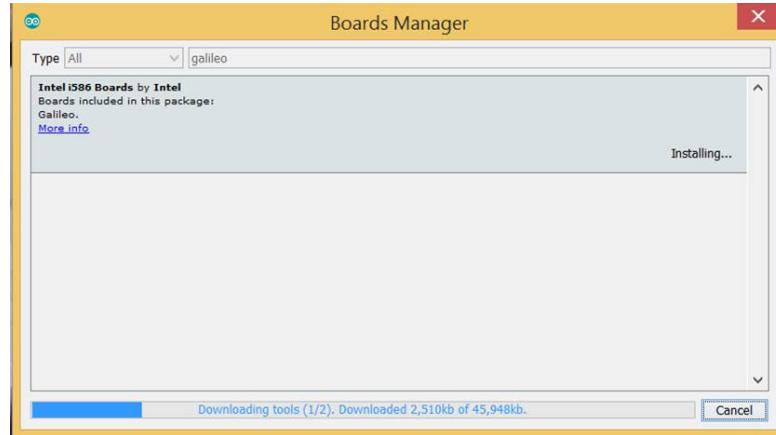


Figura 4.3: Realizando o download do Firmware para programação da placa Galileo.

Após o download ter sido realizado, a opção de programação para a placa Galileo é mostrada na janela *Tools/Board*. Selecione a opção Intel® Galileo Gen 2 como mostrado na Figura 4.4.

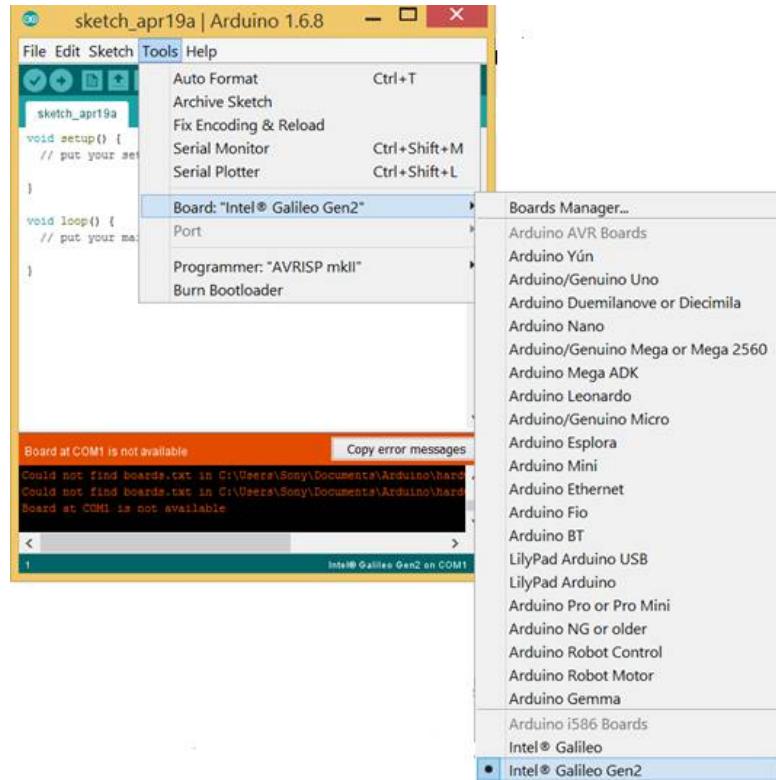


Figura 4.4: Selecionando a placa Galileo.

#### 4.2.1.2 Instalação do Driver para a placa Intel® Galileo

Após realizar os passos descritos na sub-seção 4.2.1.1, é necessário realizar o download é instalação do *Driver* para a placa Intel® Galileo.

Ao se entrar no *Device Manager* com a placa Galileo ligada e conectada a uma porta USB do computador, é mostrada uma janela similar à Figura 4.5. É mostrado que o driver *Gadget Serial v2.4* não se encontra instalado.

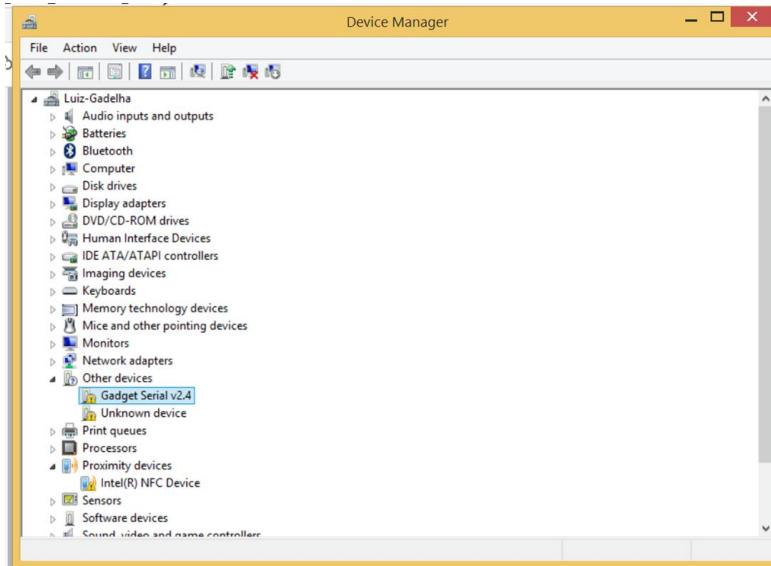


Figura 4.5: Serial Galileo: Gadget Serial v2.4

É necessário fazer o download do drive no website da Intel®: <https://downloadcenter.intel.com/downloads/eula/Galileo-Firmware-and-Drivers-1-0-4> como mostrado na Figura 4.6.

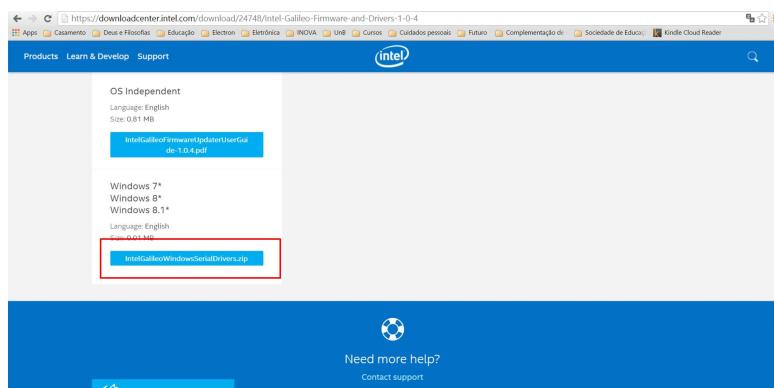


Figura 4.6: Site para download do Serial da placa *Galileo*

Após realizar o download do Serial, clique como o botão esquerdo do mouse no *Gadget Serial v2.4* mostrado em *Device Manager* mostrado na Figura 4.7.

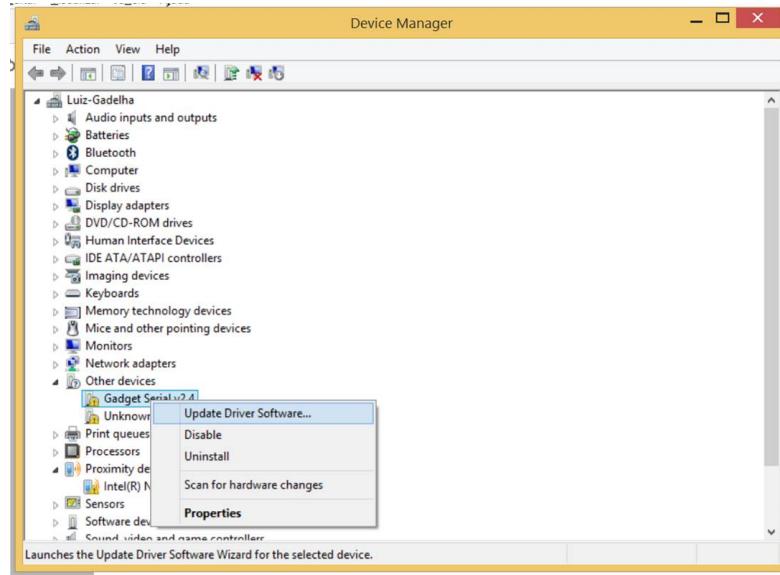


Figura 4.7: Atualizando o Driver para a placa Galileo

Clique na opção marcada com o retângulo vermelho da Figura 4.8.

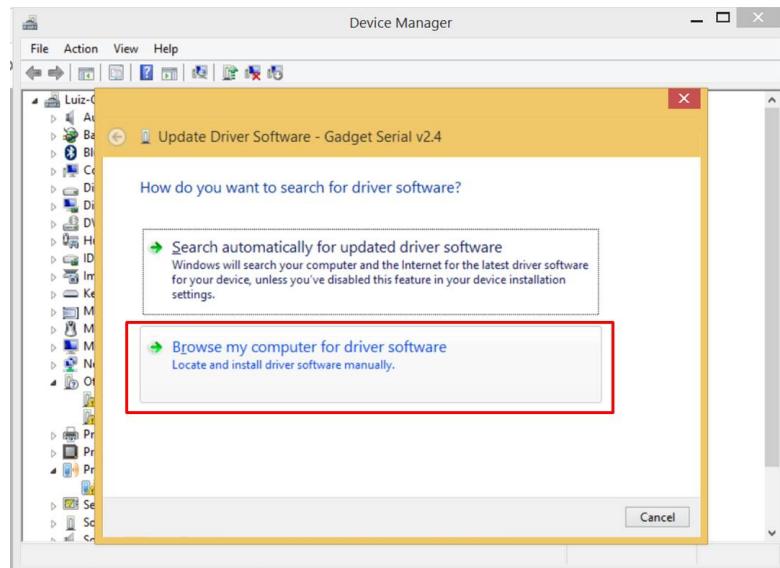


Figura 4.8: Selecionando o Driver baixado para atualização.

Selecione o local do computador onde o driver foi baixado. 4.9.

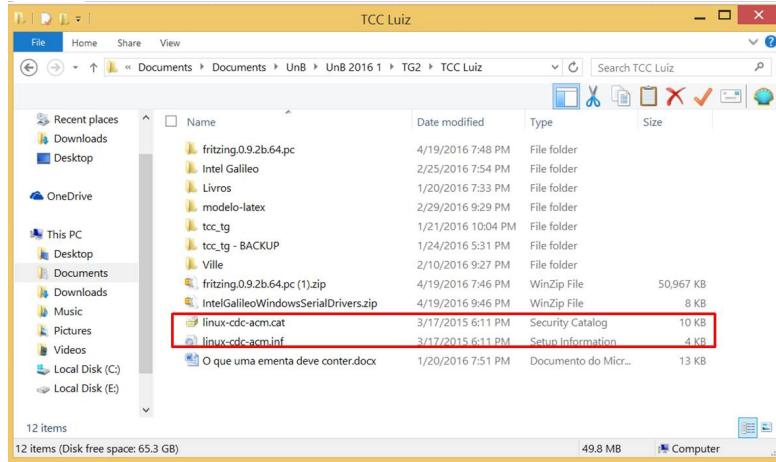


Figura 4.9: Selecionando a pasta onde se encontra o driver baixado.

Após o driver ter sido instalado, a janela do *Device Manager* será similar à Figura 4.10.

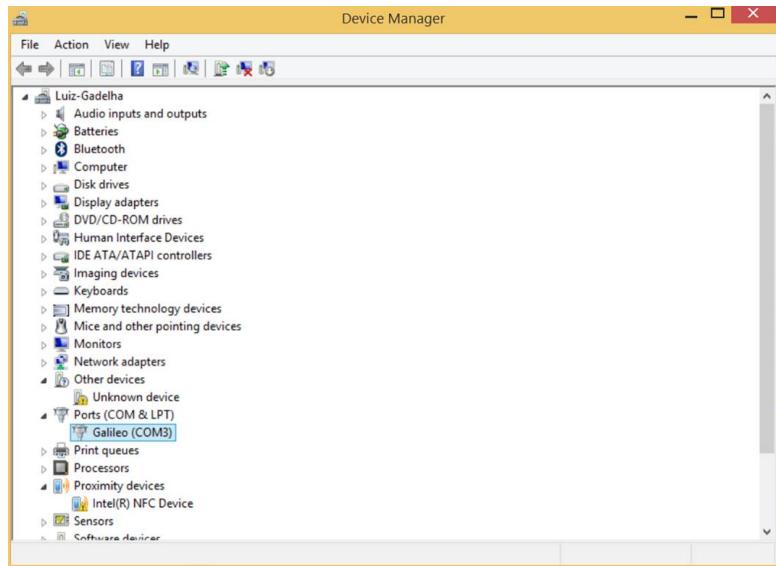


Figura 4.10: Driver atualizado.

Volte ao IDE do Arduino e selecione a porta COM disponibilizada para a placa Galileo, como mostrado na Figura 4.11.

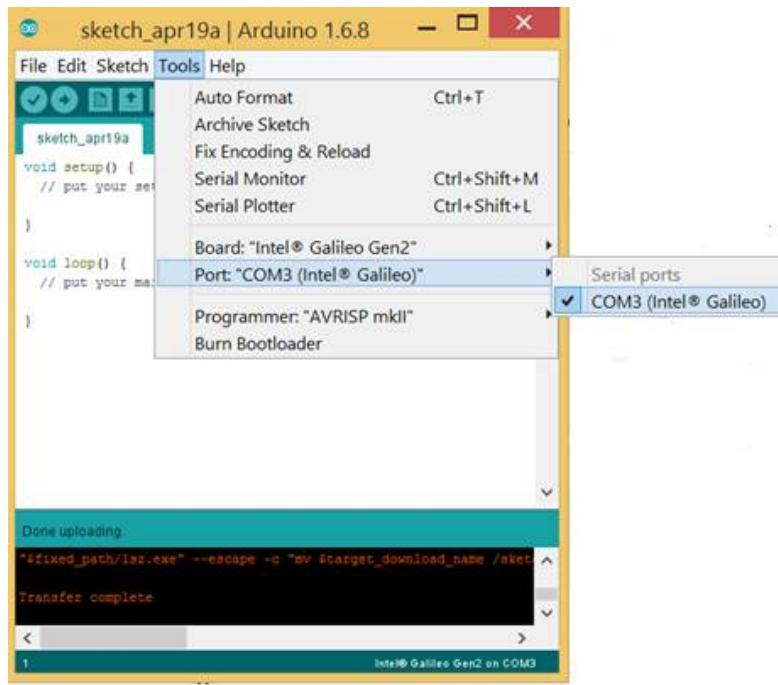


Figura 4.11: Selecionando a porta COM apropriada

#### 4.2.1.3 Prática 1 - Procedimentos

Para a primeira prática, é feito um programa em Arduino para fazer um LED piscar. Como citado na seção ??, para se acender um LED, é necessário submeter o seu ánodo ao nível alto de tensão e seu cátodo à um nível baixo de tensão.

Nessa primeira prática, o circuito mostrado na Figura 3.11 é construído como mostrado na Figura 4.12.

Os passos a serem seguidos são os seguintes:

1. Conecte o ánodo do LED (perna grande do LED) na porta 13 do galileo.
2. Conecte o cátodo do LED (perna pequena do LED) na porta GND.
3. Escreva o código na IDE do Arduino para piscar LED segundo mostrado em 4.2.3.

#### 4.2.2 Esquema de montagem

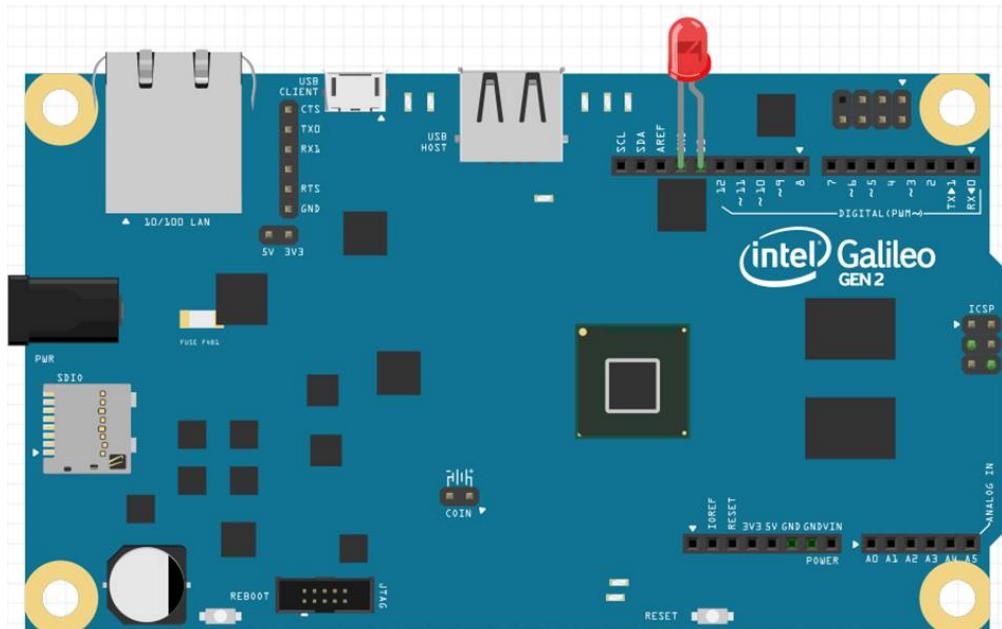


Figura 4.12: Circuito da prática 1.

#### 4.2.3 Código fonte

```
1 /*
2  * Funcao Setup:
3  *
4  * Primeira funcao executada pelo sistema.
5  * Essa funcao eh utilizada para fazer as configuracoes iniciais
6  */
7
8 int ler = 2;
9 void setup() {
10 // Seleciona a porta digital 13 como saida de tensao
11 pinMode(13, OUTPUT);
12 }
13
14 /*
15 * Funcao Looop:
16 *
17 * Funcao a ser executada continuamente pelo sistema
18 * apos a execucacao da funcao setup()
19 *
20 */
21
22 void loop() {
23
24     digitalWrite(13, HIGH); // Coloca nivel alto de tensao (5 V) na porta digital 13
```

```
25     delay(1000); //Faz nada por 1000 ms ( 1 segundo)
26     digitalWrite(13, LOW); // Coloca nível baixo de tensão (0 V) na porta digital 13
27     delay(1000); //Faz nada por 1000 ms ( 1 segundo)
28 }
```

Code 4.1: Código Prática 1

#### 4.2.4 Comentários

Com relação a esta prática, os procedimentos de instalação do driver da placa Intel® Galileo podem ser feitos anteriormente à execução da prática laboratorial, de forma a economizar tempo para outros tópicos.

### 4.3 Prática 2: Introdução a leitura de sensores e tipos de variáveis

Esta prática é destinada, com relação aos tópicos de programação a introduzir os conceitos de diretivas de compilação e tipos de dados.

Os objetivos desta prática são

- Aprender a utilizar uma protoboard.
- Aprender a utilizar um potênciometro.
- Aprender a utilizar um sensor de luz LDR.
- Criar um circuito de um sensor de luz utilizando LDR, potênciometro, protoboard e a placa Galileo.
- Aprender os tipos básicos de variáveis de forma a implementar um sensor de luz.

Tabela 4.2: Prática 2 - Tabela de descrição.

<b>Nome da prática</b>	Prática 2: Introdução a leitura de sensores e tipos de variáveis
<b>Objetivos</b>	<p>1)Aprender o básico sobre diretivas de programação</p> <p>2)Aprender os diferentes tipos de variáveis e suas respectivas utilidades</p> <p>3)Aprender a ler o valor numa porta analógica na placa Galileo</p> <p>4)Aprender a utilizar um divisor de tensão para regular um sensor</p>
<b>Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias</b>	Pratica 1 - seção 4.2
<b>Revisão Teórica - Hardware</b>	<p>Protopboard - seção 3.2.4</p> <p>Divisor de tensão - seção 3.2.5</p> <p>Potêniometro - seção 3.2.6</p> <p>LDR - seção 3.2.7</p>
<b>Revisão Teórica - Software</b>	<p>Processo de compilação - seção 3.3.4</p> <p>Diretivas de compilação - seção 3.3.5</p> <p>Tipos básico de variáveis - seção 3.3.6</p> <p>Conversão entre tipos de variáveis - seção 3.3.7</p> <p>Leitura Analógica -</p> <p>Conversão Analógico Digital -seção 3.3.8</p>
<b>Material necessário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 Placa Galileo</li> <li>- 1 Transformador 220/120 V -&gt;12 V</li> <li>- 1 cabo USB-Micro-USB</li> <li>- 1 LED</li> <li>- 1 Potêniometro de 10k ohm</li> <li>- 1 LDR</li> <li>- 1 Protopboard</li> <li>- 5 fios jumper</li> </ul>
<b>Bibliografia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eletrônica básica [35]</li> <li>- A linguagem de programação C [36]</li> </ul>
<b>Habilidades a serem masterizadas com essa prática</b>	<p>1) O aluno é capaz de construir um circuito simples na protoboard</p> <p>2) O aluno sabe como utilizar um potêniometro</p> <p>3) O aluno entende o funcionamento de sensores resistivos</p> <p>4) O aluno sabe identificar e utilizar aos tipo variáveis básicas em programação para a linguagem C</p>

#### 4.3.1 Procedimentos

Os passos a serem seguidos nessa prática são os seguintes:

- Construção do circuito de um sensor de luz.
- Codificação para leitura de valores de tensão em tal circuito.

#### 4.3.2 Esquema de montagem

Para esta prática, um circuito de acordo com o esquemático mostrado na Figura 4.13.

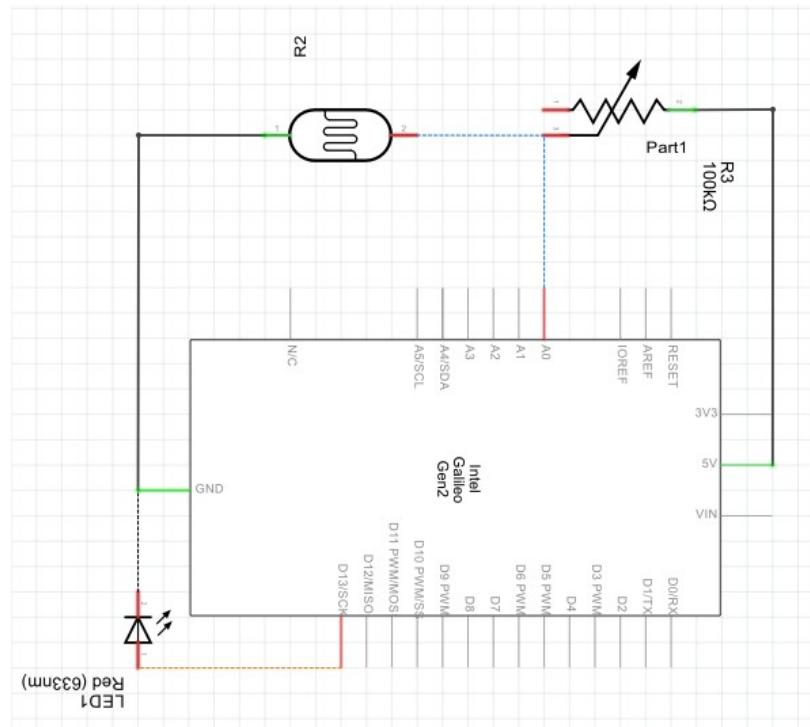


Figura 4.13: Esquemático do circuito da prática 2.

A construção do circuito na protoboard é mostrada na Figura 4.14.

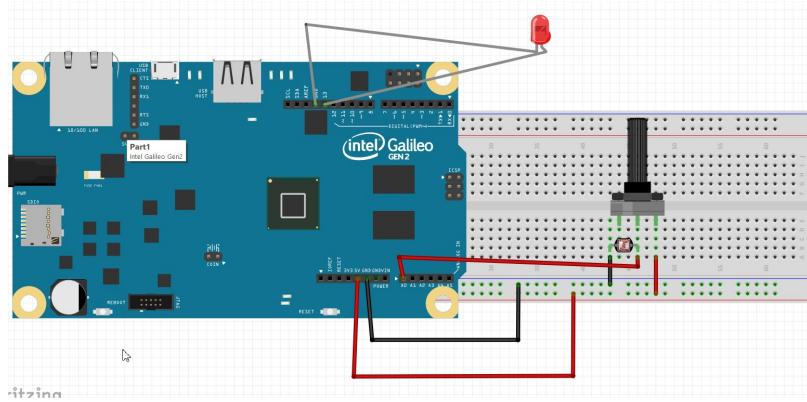


Figura 4.14: Circuito da prática 2 construído numa protoboard.

### 4.3.3 Código fonte

```

1 #define pinoLed 13 // Pino no qual o LED estah conectado
2 int leituraAD = 0; // leitura do sensor LDR a ser feita com o conversor AD por meio
   // da funcao analogRead().
3           // conversao 5 V -> 1023 (10 bits) 11111 11111
4           //           0 V -> 0                 00000 00000
5 float sensorLuz; // Valor analogico aproximado da leitura do sensor
6
7 void setup()
8 {
9
10 Serial.begin(9600); // inicia a comunicacao serial Galileo -> Computador
11           //           <-
12 pinMode(pinoLed, OUTPUT); // seleciona a porta digital pinoLed para saida
13
14 }
15
16
17 char letra = 'a';
18 char * texto = "isso eh um texto";
19 void loop()
20 {
21 leituraAD = analogRead(A0); // ler o sinal anal?gico na porta digital A0
22
23 sensorLuz = (float) ( leituraAD * 5)/1023; //regra de 3 escala de 0 a 1023 digital ,
   para 0 a 5 anal?gico
24
25 Serial.print("Leitura AD = ");
26 Serial.print(leituraAD);
27
28 Serial.print(" Conversao para float = ");
29 Serial.println(sensorLuz);
30
31
32 delay(500); // faz nada por 500 ms
33

```

#### 4.3.4 Comentários

No código fonte desta prática, são utilizados diretivas de programação, e todos tipos básicos de variável. É utilizado também uma variável de tipo char \*. Tal tipo será estudado numa prática de vetores e alocação dinâmica de memória a ser mostrada posteriormente.

### 4.4 Prática 3: Uso de chaves/botões e controladores de fluxo(Condicionais)

Esta prática é destinada, com relação aos tópicos de programação, a introduzir condicionais.

Os objetivos desta prática são:

- Aprender a utilizar botões para enviar sinais digitais para a placa Galileo.
- Aprender o uso de condicionais para controlar um programa.
- Criar um circuito juntamente com a placa Galileo capaz de acender 4 LED's utilizando um botão para enviar um sinal para a placa de forma que o seguinte padrão seja seguido:

No começo da execução do código, os 4 LEDs estarão piscando conjuntamente.

Ao se apertar o botão, apenas o primeiro LED piscará, enquanto os outros estarão apagados.

Após isso, caso o botão seja apertado, apenas o segundo LED piscará, enquanto os outros estarão apagados.

O mesmo padrão seguirá até apenas o quarto LED piscar.

Caso, enquanto o último LED estiver piscando, o botão seja apertado, todos os LED voltam a piscar conjuntamente.

Caso o botão seja apertado, o padrão supracitado se repetirá.

#### 4.4.1 Procedimentos

Os passos a serem seguidos nessa prática são os seguintes:

- Construção do circuito com 4 LEDs, cujo piscar será controlador por um botão.
- Codificação da placa Galileo para criar o padrão proposto no início desta descrição de prática.

Tabela 4.3: Prática 3 - Tabela de descrição.

<b>Nome da prática</b>	Prática 3: Uso de chaves/botões e controladores de fluxo(Condicionais)
<b>Objetivos</b>	<p>1)Aprender a utilizar botões para enviar sinais digitais para a placa Galileo.</p> <p>2) Aprender o uso de condicionais para controlar um programa.</p> <p>3)Construir um circuito juntamente com um programa que realize o padrão citado no início da descrição desta prática</p>
<b>Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias</b>	Práticas 1 seção 4.2 e 2 - seção 4.3
<b>Revisão Teórica - Hardware</b>	Interruptores - seção 3.2.8
<b>Revisão Teórica - Software</b>	Estruturas Condicionais - seção 3.3.9
<b>Material necessário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 Placa Galileo</li> <li>- 1 Transformador 220/120 V -&gt;12 V</li> <li>- 1 cabo USB-Micro-USB</li> <li>- 4 LEDs</li> <li>- 4 resistores 220 ohm</li> <li>- 1 resistor 10k</li> <li>- 1 botao de pressão 4 pinos</li> <li>- 14 fios jumper</li> </ul>
<b>Bibliografia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eletrônica básica [35]</li> <li>- A linguagem de programação C [36]</li> </ul>
<b>Habilidades a serem masterizadas com essa prática</b>	<p>1) O aluno é capaz de utilizar botões para enviar sinais digitais para a placa Galileo</p> <p>2) O aluno é capaz de escrever trabalhar com condicionais</p>

#### 4.4.2 Esquema de montagem

Para esta prática, um circuito de acordo com o esquemático mostrado na Figura 4.15.

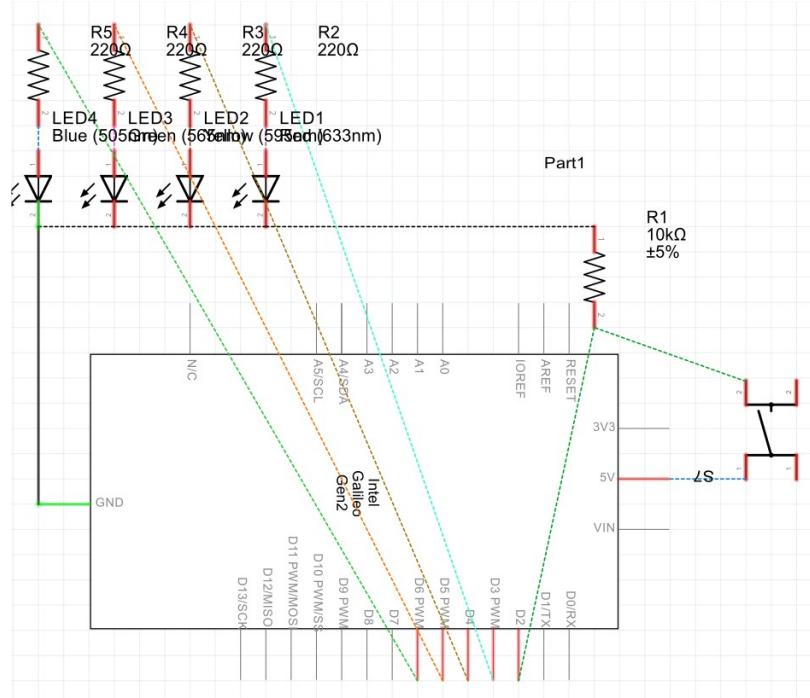


Figura 4.15: Esquemático do circuito da prática 3.

A construção do circuito na protoboard é mostrada na Figura 4.16.

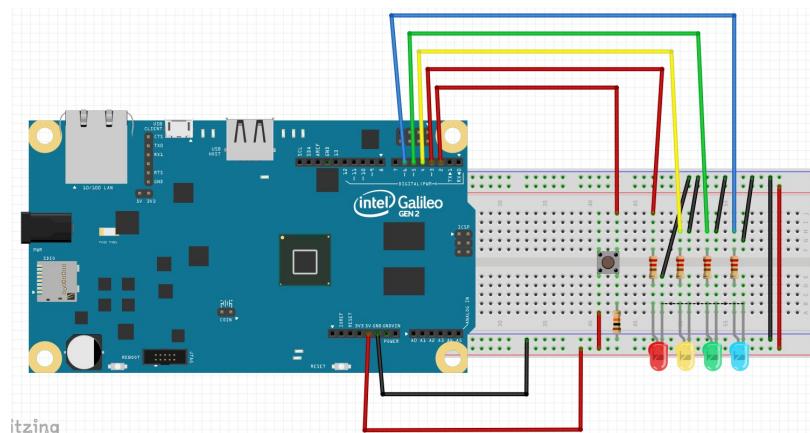


Figura 4.16: Circuito da prática 3 construído numa protoboard.

#### 4.4.3 Código fonte

```
1 #define pinoBotao 2
2 #define pinoLedVermelho 3
3 #define pinoLedAmarelo 4
4 #define pinoLedVerde 5
```

```

5 #define pinoLedAzul 6
6 #define tempoDelay 300
7
8 void setup()
{
10    pinMode(pinoBotao, INPUT); // Define o pino 2 como input de tensao
11    pinMode(pinoLedVermelho, OUTPUT); // Define o pino 3 como output de tensao
12    pinMode(pinoLedAmarelo, OUTPUT); // Define o pino 4 como output de tensao
13    pinMode(pinoLedVerde, OUTPUT); // Define o pino 5 como output de tensao
14    pinMode(pinoLedAzul, OUTPUT); // Define o pino 6 como output de tensao
15
16 }
17
18 int cont = 1;
19
20 void loop()
{
22
23    if(digitalRead(pinoBotao) == HIGH)
24    {
25        cont = cont + 1;
26
27        if(cont > 6)
28        {
29            cont = 1;
30        }
31    }
32
33    if(cont == 1)
34    {
35        digitalWrite(pinoLedVermelho, HIGH);
36        digitalWrite(pinoLedAmarelo, HIGH);
37        digitalWrite(pinoLedVerde, HIGH);
38        digitalWrite(pinoLedAzul, HIGH);
39
40        delay(tempoDelay);
41
42        digitalWrite(pinoLedVermelho, LOW);
43        digitalWrite(pinoLedAmarelo, LOW);
44        digitalWrite(pinoLedVerde, LOW);
45        digitalWrite(pinoLedAzul, LOW);
46
47        delay(tempoDelay);
48
49    }
50    else
51    {
52        digitalWrite(cont, HIGH);
53
54        delay(tempoDelay);
55
56        digitalWrite(cont, LOW);

```

```
57
58     delay (tempoDelay) ;
59 }
60 }
```

Code 4.3: Código Prática 3

#### 4.4.4 Comentários

No código fonte desta prática, é utilizador uma variável inteira como contador de forma a controlar os LED por meio do botão.

### 4.5 Prática 4: Uso de laços de repetição

Esta prática é destinada, com relação aos tópicos de programação, ao uso de laços de repetição.

Os objetivos desta prática são:

- Criar um circuito juntamente com a placa Galileo com 4 LED's um botão e um potenciômetro.
- Utilizando os componentes supracitados, devem-se ser criados 3 comportamentos distintos no acender e apagar dos LEDs.
- Usar o potenciômetro como divisor de tensão( conectar o 5V da placa na pino da direita do potenciômetro, GND na pino da esquerda e a pino centra na entrada analógica A0)
- Utilizar o botão para selecionar o comportamento a ser executado.
- **Comportamento 1:** Piscar 1 e apenas um dos 4 LEDs ao depender do valor de tensão lido na porta A0. Os outros 3 LEDs devem permanecer apagado.
- **Comportamento 2:** Piscar os LEDs sequencialmente( pisca LED 1, outros apagados; pisca LED 2, outros apagados; pisca LED3, outros apagados), com velocidade de piscar dependente do valor lido no potenciômetro.
- **Comportamento 3:** Comportamento a ser escolhido pelo grupo. Esse comportamento deve, obrigatoriamente, ser distinto dos dois primeiros comportamentos citados e diferente dos comportamentos criados por outros grupos.

#### 4.5.1 Procedimentos

Os passos a serem seguidos nessa prática são os seguintes:

- Construção do circuito com 4 LEDs, cujo piscar será controlador por um botão e um potenciômetro.
- Codificação da placa Galileo para criar os algoritmos proposto no início desta descrição de prática.

Tabela 4.4: Prática 4 - Tabela de Descrição

<b>Nome da prática</b>	Prática 4: Uso de laços de repetição
<b>Objetivos</b>	1) Aprender a utilizar os diferentes tipos de laço de repetição juntamente com estruturas condicionais apropriada
<b>Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias</b>	Prática 3 - seção ref
<b>Revisão Teórica - Hardware</b>	Potenciômetro - seção ref Interruptores - seção 3.2.8
<b>Revisão Teórica - Software</b>	Laços de repetição - seção 3.3.10
<b>Material necessário</b>	- 1 Placa Galileo - 1 Transformador 220/120 V ->12 V - 1 cabo USB-Micro-USB - 4 LEDs - 4 resistores 220 ohm - 1 resistor 10k - 1 potênciometro - 1 botão de pressão 4 pinos - 17 fios jumper
<b>Bibliografia</b>	- Eletrônica básica [35] - A linguagem de programação C [36]
<b>Habilidades a serem masterizadas com essa prática</b>	1) O aluno é capaz de usar laços de repetição  2) O aluno é capaz de construir algoritmos apropriados para a execução de tarefas determinadas utilizando condicionais e laços de repetição

#### 4.5.2 Esquema de montagem

Para esta prática, um circuito de acordo com o esquemático mostrado na Figura 4.17.

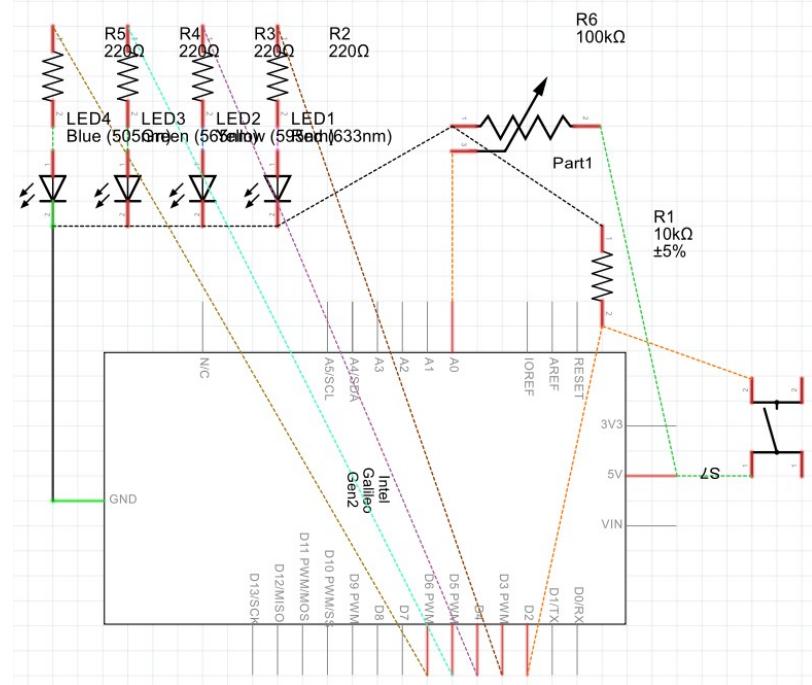


Figura 4.17: Esquemático do circuito da prática 4.

A construção do circuito na protoboard é mostrada na Figura 4.18.

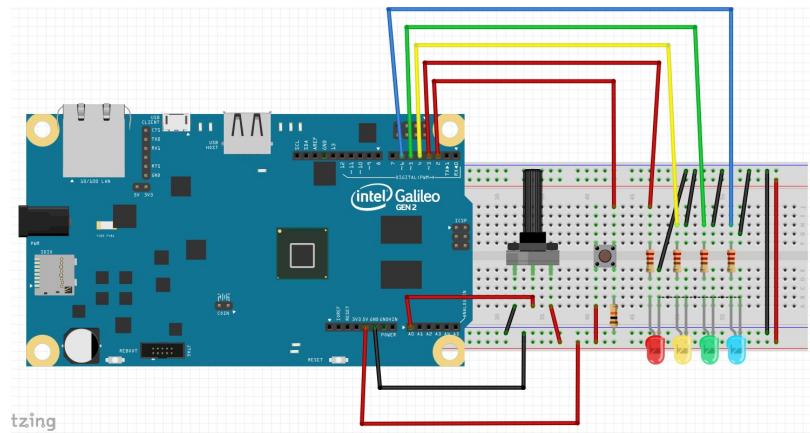


Figura 4.18: Circuito da prática 4 construído numa protoboard.

### 4.5.3 Código fonte

```
1 #define pinoBotao 2  
2 #define tempoDelayPadrao 200  
3 #define ledAzul 3  
4 #define ledverde 4
```

```

5 #define ledAmarelo 5
6 #define ledvermelho 6
7
8 void setup()
{
9 {
10     int i;
11     for( i = 3; i <= 6; i++)//usando o laco for para definir as portas 3 a 6 como
        portas de saida
12     {
13         pinMode(i , OUTPUT); // Define o pino 3 como output de tensao
14     }
15
16     pinMode(pinoBotao , INPUT); // Define o pino 2 como input de tensao
17
18 }
19
20 int comportamento = 0;
21 int i;
22 int sensorA0;
23 void loop()
{
24 {
25     i = 0;
26
27     for( i = ledAzul ; i <= ledVermelho; i++) //Apagando todos LEDs
28     {
29         digitalWrite(i , LOW);
30     }
31     i= 0;
32
33     sensorA0 = analogRead(A0);// 0 < sensorA0 <= 1023
34
35     if(digitalRead(pinoBotao) == HIGH)//Altera o comportamento a ser obedecido ao
        aperta o botao
36     {
37         comportamento += 1;
38         if(comportamento > 3)
39             comportamento = 0;
40     }
41
42     switch (comportamento)
43     {
44
45         case 1:// Comportamento 1: Piscar apenas um LED a depender do valor de tensao
        lido no potenciometro
46         if(sensorA0 < 250)
47         {
48             while( i < 7)
49             {
50                 if( i == ledAzul)
51                 {
52                     digitalWrite(i , LOW);
53                     delay(sensorA0);

```

```

54         digitalWrite(i, HIGH);
55         delay(sensorA0);
56     }
57     else
58     {
59         digitalWrite(i, LOW);
60
61     }
62     i++;
63 }
64 i = 0;
65 }
66 else if(sensorA0 >= 250 && sensor < 500)
67 {
68     while( i < 7)
69     {
70         if( i == ledVerde)
71         {
72             digitalWrite(i, LOW);
73             delay(sensorA0);
74             digitalWrite(i, HIGH);
75             delay(sensorA0);
76         }
77         else
78         {
79             digitalWrite(i, LOW);
80
81         }
82         i++;
83     }
84     i = 0;
85 }
86 else if(sensor >= 500 && sensor < 750)
87 {
88     while( i < 7)
89     {
90         if( i == ledAmarelo)
91         {
92             digitalWrite(i, LOW);
93             delay(sensorA0);
94             digitalWrite(i, HIGH);
95             delay(sensorA0);
96         }
97         else
98         {
99             digitalWrite(i, LOW);
100
101         }
102         i++;
103     }
104     i = 0;
105 }

```

```

106     else if(sensor >= 750 && sensor <= 1023)
107     {
108         while( i < 7)
109         {
110             if( i == ledVermelho)
111             {
112                 digitalWrite(i , LOW);
113                 delay(sensorA0);
114                 digitalWrite(i , HIGH);
115                 delay(sensorA0);
116             }
117             else
118             {
119                 digitalWrite(i , LOW);
120
121             }
122             i++;
123         }
124
125         i = 0;
126     }
127     break;
128
129     case 2://Comportamento 2: piscar os leds , do azul ao vermelho com velocidade
determinada pelo potenciometro
130     for( i = ledAzul ; i <= ledVermelho; i++)
131     {
132
133         digitalWrite(i , HIGH);
134         delay(sensorA0);
135         digitalWrite(i , LOW);
136         delay(sensorA0);
137     }
138
139     break;
140     case 3://Comportamento 3: COMPORTAMENTO A SER ESCOLHIDO PELOS ALUNOS
141     for( i = ledVermelho ; i >= ledAzul; i--)// NESSE EXEMPLO, FOI ESCOLHIDO
REALIZAR O COMPORTAMENTO INVERSOR AO COMPORTAMENTO 2
142     {
143
144         digitalWrite(i , HIGH);
145         delay(sensorA0);
146         digitalWrite(i , LOW);
147         delay(sensorA0);
148     }
149     break;
150     default :
151     for( i = ledAzul ; i <= ledVermelho; i++)
152     {
153
154         digitalWrite(i , LOW);
155     }

```

```
156     }
157
158 }
```

Code 4.4: Código Prática 4

#### 4.5.4 Comentários

No código fonte desta prática, o comportamento 3 foi escolhido apenas como um exemplo. Talvez seja interessante, dependendo do nível de aprendizagem da turma, fazer uma pequena disputa entre equipes na criação do comportamento mais divertido.

### 4.6 Prática 5: Uso de vetores, shift register e tipos variados de dados

Esta prática é destinada, com relação aos tópicos de programação, ao uso de vetores.

Os objetivos desta prática são: **Objetivo 1:**

- Criar um circuito juntamente com a placa Galileo com 8 LED's, 8 resistores e um registrador de deslocamento (Shift Register).
- Utilizando apenas 3 pinos digitais, o circuito deve ser capaz de acender os 8 LED's.
- Para tanto, deve ser utilizado um registrador de deslocamento com pinos propriamente conectados.
- Deve ser utilizado um vetor de 8 inteiros para simbolizar um byte que será transmitido pelo registrador de deslocamento. O número simbolizado pelo vetor representa, na forma binária, quais LED's estarão acessos e quais estarão apagados. O número binário resultante do vetor deve ser convertido num número decimal para se propriamente transmitido pela função shiftOut.
- Quais LEDs estarão acessos ou apagados será uma escolha da equipe, entretanto não será permitido a escolha de todos acessos ou todos apagados.

**Objetivo 2:**

- Utilizando o mesmo circuito criado para o objetivo 1, faça um código com o qual os LEDs realizem uma contagem binária. No começo da contagem, todos LEDs estarão apagados, e, no final da contagem que se dará no número 255 ( $255 = 2^8 - 1$ ), todos os LEDs estarão acessos.
- Todos os números da contagem devem ser mostrado no monitor serial, na base decimal e na base binária.

Tabela 4.5: Prática 5 - Tabela de Descrição

<b>Nome da prática</b>	Prática 5: Uso de vetores, loops, e registradores de deslocamento (Conversão série-paralelo)
<b>Objetivos</b>	1) Aprender a utilizar registradores de deslocamento 2) Aprender a manipular vetores 3) Aprender a converter um número binário sem sinal para decimal
<b>Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias</b>	Prática 4 - seção 4.5
<b>Revisão Teórica - Hardware</b>	Registrador de deslocamento - seção 3.2.9
<b>Revisão Teórica - Software</b>	Laços de repetição - seção 3.3.10 Vetores - seção 3.3.11 Função Especial - shiftOut - seção 3.3.17.1
<b>Material necessário</b>	- 1 Placa Galileo - 1 Transformador 220/120 V ->12 V - 1 cabo USB-Micro-USB - 8 LEDs - 8 resistores 220 ohm - 1 Registrador de Deslocamento 74HC595 - 25 Jumpers
<b>Bibliografia</b>	-Eletrônica básica [35] -A linguagem de programação C [36]
<b>Habilidades a serem masterizadas com essa prática</b>	1) O aluno é capaz de usar vetores em conjunto com laços de repetição de forma apropriada  2) O aluno é capaz de construir circuitos mais complexos utilizando registradores de deslocamento para conversão serial - paralelo.

#### 4.6.1 Procedimentos

Os passos a serem seguidos nessa prática são os seguintes:

- Conectar o registrador de deslocamento 78HC545 às portas 5,6 7 do Galileo.
- Conectar 8 conjuntos LED + resistor às portas de saída do registrador de deslocamento.
- Escrever um código usando loop e a função shiftOut para realizar os objetivos definidos.

#### 4.6.2 Esquema de montagem

Para esta prática, um circuito de acordo com o esquemático mostrado na Figura 4.19.

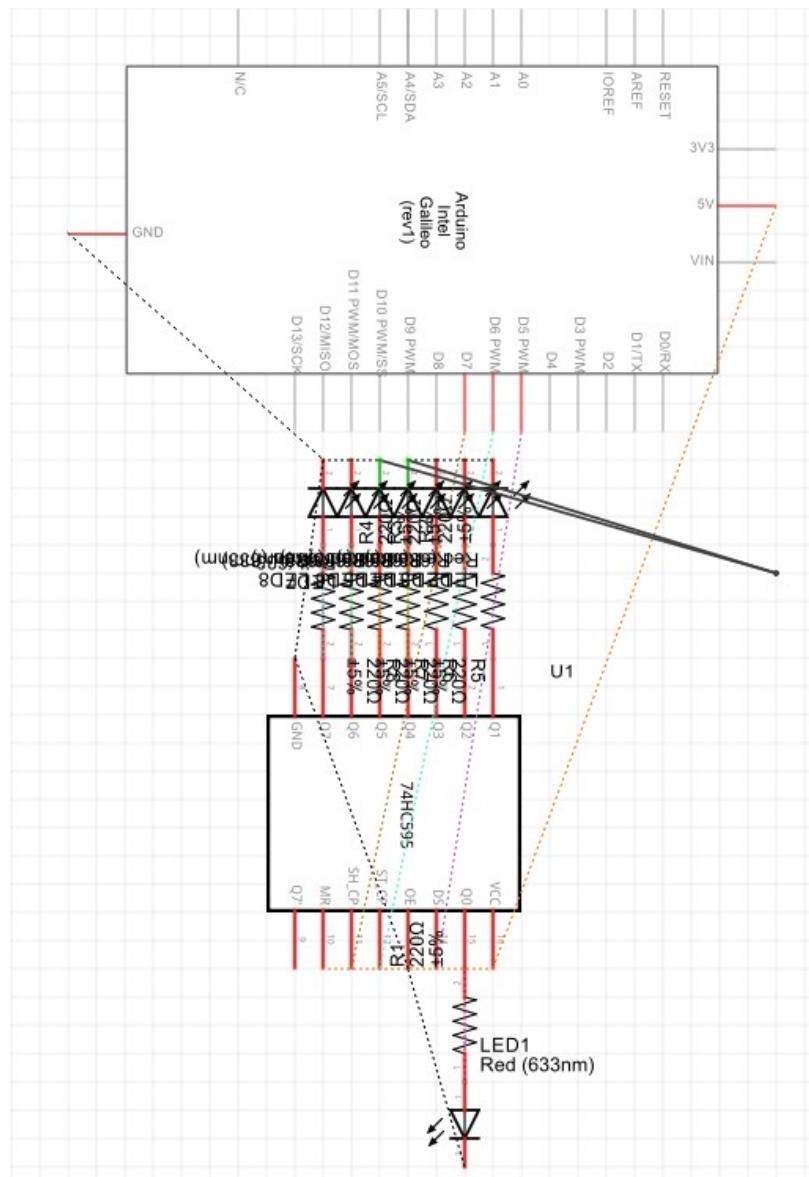


Figura 4.19: Esquemático do circuito da prática 5.

A construção do circuito na protoboard é mostrada na Figura 4.20.

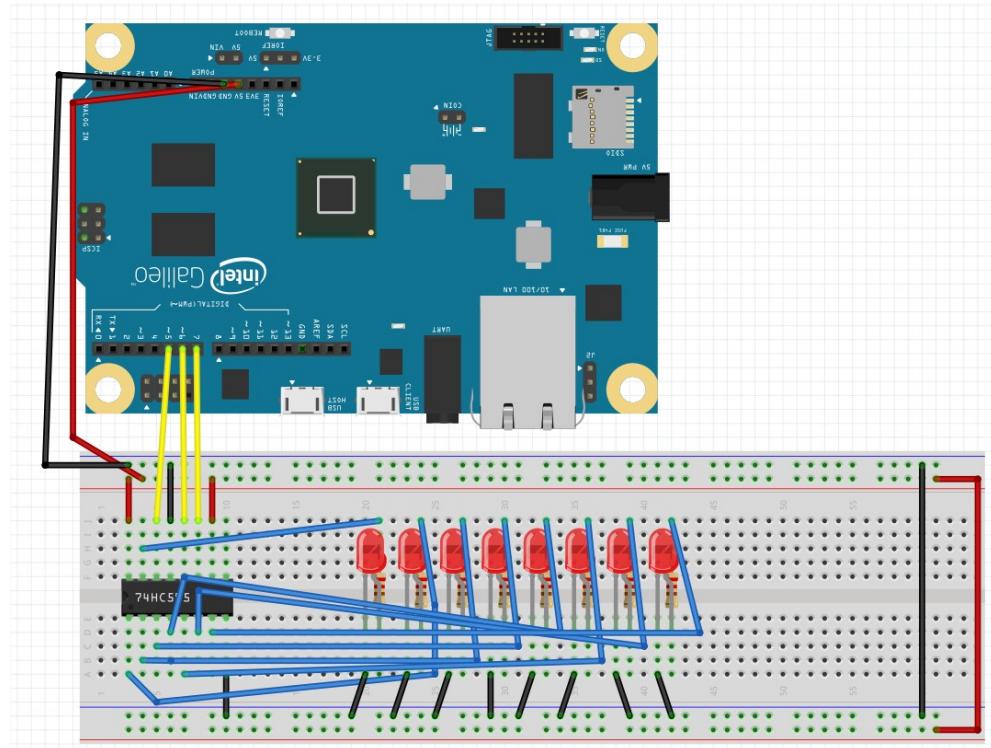


Figura 4.20: Circuito da prática 5 construído numa protoboard.

#### 4.6.3 Código fonte

##### Objetivo 1:

```
1  
2 #define pinoClock 7  
3 #define pinoLatch 6  
4 #define pinoData 5  
5  
6 byte numeroOut = 0; // byte = 8 bits  
7 int bits[8];  
8 int i;  
9 void setup() {  
10 pinMode(pinoLatch, OUTPUT);  
11 pinMode(pinoClock, OUTPUT);  
12 pinMode(pinoData, OUTPUT);  
13 Serial.begin(9600);  
14  
15 //Setando a variavel bits = B11100101  
16 bits[0] = 1; bits[1] = 0; bits[2] = 1; bits[3] = 0; bits[4] = 0; bits[5] = 1; bits[6] =  
17 1; bits[7] = 1;  
18 //calculando o numero a ser usado na função shiftOut usando a regra mostrada na  
// seção 4.3.13  
19 for(i = 0; i < 8; i++)
```

```

20  {
21      numeroOut += bits [ i ] * pow ( 2 , i ) ;
22  }
23
24 }
25
26 void loop () {
27
28
29 digitalWrite ( pinoLatch , LOW ) ;
30
31 // envia dados nos pinos de saida a partir do bit menos significativo
32 // tivo da variavel numeroOut no pinoData
33
34 shiftOut ( pinoData , pinoClock , LSBFIRST , numeroOut ) ;
35 // utilizar shiftOut ( pinoData , pinoClock , LSBFIRST , B11100101 ) ;
36 // funcionaria da mesma forma , visto que o compilador sabe lidar com as bases
37 // decimal , binária , octal e hexadecimal
38 // Entretanto , o objetivo da prática é a utilização de vetores , daí forçar o cálculo
39 // binário → decimal
40
41 }

```

Code 4.5: Código Prática 5 - Objetivo 1.

### Objetivo 2:

```

1
2 #define pinoClock 7
3 #define pinoLatch 6
4 #define pinoData 5
5
6 int i , j , temp ;
7 int digitosResto [ 8 ] ;
8 void setup () {
9 pinMode ( pinoLatch , OUTPUT ) ;
10 pinMode ( pinoClock , OUTPUT ) ;
11 pinMode ( pinoData , OUTPUT ) ;
12 Serial . begin ( 9600 ) ;
13
14
15 }
16
17 void loop ()
18 {
19
20     for ( i = 0 ; i <= 255 ; i ++ )
21     {
22         digitalWrite ( pinoLatch , LOW ) ;
23
24 // envia dados nos pinos de saida a partir do bit menos significativo

```

```

25 //tivo da variavel numeroOut no pinoData
26
27     shiftOut(pinoData, pinoClock, LSBFIRST, i);
28     Serial.print("Contagem = ");
29     Serial.print(i);
30
31     temp = i;// tem eh a variavel temporaria que passara pelo processo de divisoes
32     sucessivas a cada iteracao
33     j = 7; //indice dos resto inicial (digito menos significativo)
34     Serial.print(" = ");
35     while(j != 0)
36     {
37         digitosResto[j] = temp%2;//registra o resto
38         j--;
39         temp /= 2;//atualizar o dividendo
40     }
41
42 //Imprimindo o numero na base binaria na ordem correta
43 for(j = 0; j < 8; j++)
44 {
45     Serial.print(digitosResto[j]);
46 }
47
48 Serial.println();
49
50
51 digitalWrite(pinoLatch, HIGH);
52 delay(500);
53 }
54 }
```

Code 4.6: Código Prática 5 - Objetivo 2.

#### 4.6.4 Comentários

Como comentado no código do objetivo 1, está prática não precisa, necessariamente, do uso de vetor para simbolizar os LED's acessos ou apagado. O número B1100101 (base binária) também seria aceito pelo compilador, assim como seria aceito um número na base hexadecimal.

O objetivo 2 demanda saber criar um algoritmo para fazer a conversão decimal-binário de um número no intervalo de 0 a 255 (8 bits).

### 4.7 Prática 6: Uso de funções e sensor de temperatura

Esta prática é destinada, com relação aos tópicos de programação, ao uso de funções.

Os objetivos desta prática são:

- Criar um circuito juntamente com a placa Galileo com 3 LED's e 1 sensor de temperatura LM35.
- Deverão ser definidas 3 regiões de temperatura: Temperatura Normal, Temperatura Alta e Temperatura Baixa.
- Em cada uma dessas regiões, um LED em específico deve estar acesso.
- A temperatura lida deve ser mostrada continuamente no monitor serial.
- Nas funções setup e loop, deve haver apenas chamadas a funções que cumprem todos esses requisitos.

Tabela 4.6: Prática 6 - Tabela de Descrição

<b>Nome da prática</b>	Prática 5: Uso de funções e sensor de temperatura
<b>Objetivos</b>	1) Aprender a modularizar uma situação problema 2) Criar funções que responsáveis por resolver os problemas identificados 3) Calcular propriamente a temperatura utilizando o sensor LM35
<b>Pré-requisitos / Habilidades masterizadas necessárias</b>	Prática 5 - seção 4.6
<b>Revisão Teórica - Hardware</b>	Sensor de Temperatura LM35 - seção 3.2.10
<b>Revisão Teórica - Software</b>	Subalgoritmos (Funções) - seção 3.3.14
<b>Material necessário</b>	- 1 Placa Galileo - 1 Transformador 220/120 V ->12 V - 1 cabo USB-Micro-USB - 3 LEDs - 3 resistores 220 ohm - 1 LM35 - 8 Jumpers
<b>Bibliografia</b>	-Eletrônica básica [35] -A linguagem de programação C [36]
<b>Habilidades a serem masterizadas com essa prática</b>	1) O aluno é capaz de identificar um situação problema e dividi-lá em módulos. 2) O aluno é capaz de criar funções 3) O aluno é capaz de construir um circuito sensor de temperatura, processando apropriadamente o sinal de tensão enviado pelo sensor

#### 4.7.1 Procedimentos

Os passos a serem seguidos nessa prática são os seguintes:

- Conectar 3 conjuntos LED + resistor às portas digitais 2,3 e 4 da placa Galileo.
- Conectar o LM35 à porta analógica A0 apropriadamente, como mostrado na seção 3.2.10.
- Escrever um código para cumprir o algoritmo descrito para essa prática.

#### 4.7.2 Esquema de montagem

Para esta prática, um circuito de acordo com o esquemático mostrado na Figura 4.21.

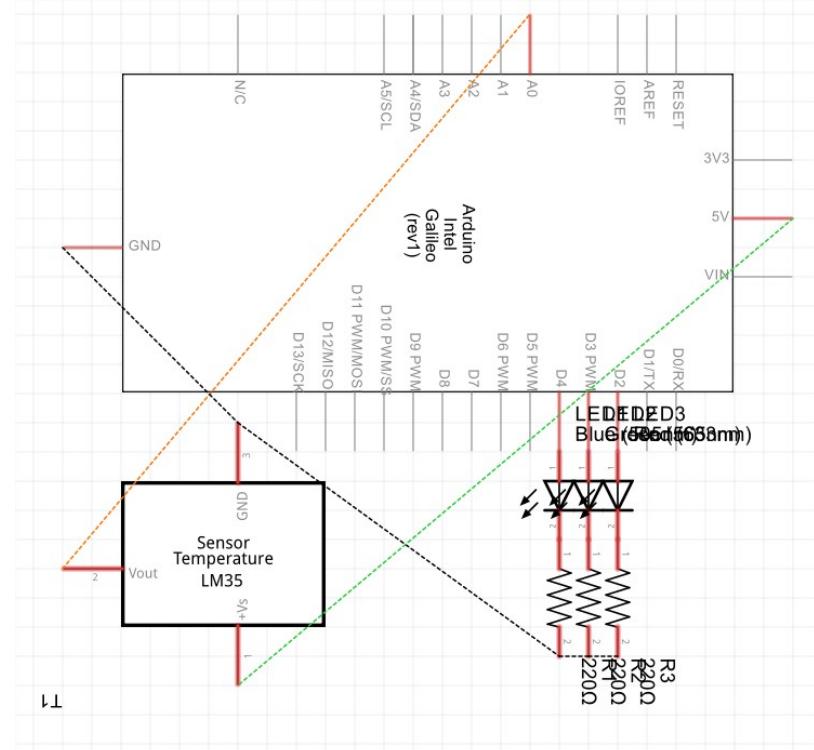


Figura 4.21: Esquemático do circuito da prática 6.

A construção do circuito na protoboard é mostrada na Figura 4.22.

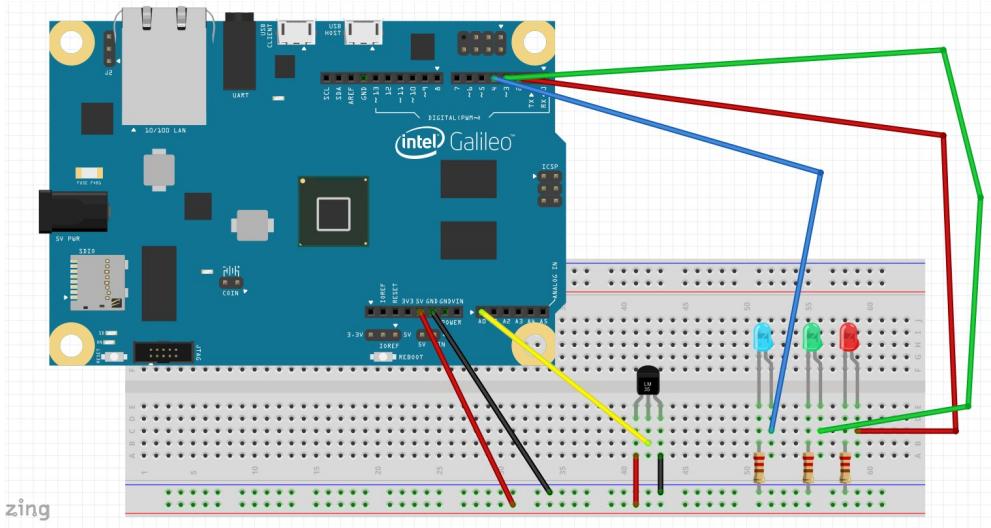


Figura 4.22: Circuito da prática 5 construído numa protoboard.

#### 4.7.3 Código fonte

```

1 #define ledQuente 2
2 #define ledNormal 3
3 #define ledFrio 4
4 #define temperaturaAmbiente 24.0
5 //funcao para inicializar as portas digitais
6 void inicializaPortasDigitais()
7 {
8     pinMode(ledQuente, OUTPUT);
9     pinMode(ledNormal, OUTPUT);
10    pinMode(ledFrio, OUTPUT);
11 }
12 //funcao para inicializar a comunicacao serial de forma a poder printar a
13 //temperatura no monitor serial
14 void inicializaSerial()
15 {
16     Serial.begin(9600);
17 }
18 // funcao para ler a porta analogica porta e converter o valor lido para float
19 float leTemperatura(int porta)
20 {
21     float valorLido;
22     int sensor;
23
24     sensor = analogRead(porta);
25     valorLido = (float)(sensor*5)/1023; // regra de tres entre as escalas 0 -> 1023
26     ; 0 -> 5
27     // aqui valorLido guarda o valor da tens?o lida nos terminais do LM35
28     valorLido = valorLido/0.01; // Agora, valorLido guardar a temperatura lida (
29     sensibilidade LM35 = 10mV/C)

```

```

29     return valorLido;
30 }
31 }
32
33 void escreveTemperaturaTerminal( float temperatura )
34 {
35     Serial.print("Temperatura = ");
36     Serial.print(temperatura);
37 }
38
39 void piscaLed( float temperatura )
40 {
41     if( temperatura > temperaturaAmbiente - 2 && temperatura < temperaturaAmbiente
42         +2 )
43     {
44         digitalWrite(ledQuente, LOW);
45         digitalWrite(ledFrio, LOW);
46         digitalWrite(ledNormal, HIGH);
47     }
48     else if ( temperatura >= temperaturaAmbiente +2 )
49     {
50         digitalWrite(ledQuente, HIGH);
51         digitalWrite(ledFrio, LOW);
52         digitalWrite(ledNormal, LOW);
53     }
54     else if( temperatura <= temperaturaAmbiente - 2)
55     {
56         digitalWrite(ledQuente, LOW);
57         digitalWrite(ledFrio, HIGH);
58         digitalWrite(ledNormal, LOW);
59     }
60 }
61
62
63 void setup()
64 {
65     inicializaPortasDigitais();
66     inicializaSerial();
67 }
68
69 float temperatura;
70 void loop()
71 {
72     temperatura = leTemperatura(0);
73     escreveTemperaturaTerminal(temperatura);
74     piscaLed(temperatura);
75
76     delay(300);
77 }
```

Code 4.7: Código Prática 6.

#### 4.7.4 Comentários

Pode-se dizer que a quantidade de funções definidas para esta prática foi além do necessário, entretanto, é realmente preciso que o aluno saiba identificar e dividir o problema, não apenas como uma habilidade para desenvolvimento de programas, mas como uma habilidade a ser usada em todas áreas da vida.

### 4.8 Prática 7: Uso de structs, interrupção de hardware e circuito de debounce de sinais

Esta prática é destinada, com relação aos tópicos de programação, ao uso de structs e interrupções de hardware.

Os objetivos desta prática são:

- Criar um circuito para implementar um pequeno jogo.
- O jogo consistirá numa disputa entre dois jogadores para descobrir qual dos dois é mais rápido em apertar botão.
- Para ler os botões, devem ser implementadas rotinas de interrupção de hardware (seção 3.3.15.1).
- Os sinais dos botões deve passar pelo processo de *debouncing* (seção 3.2.14) para uma contagem válida da quantidade de rampas de subida.
- Deve ser criada uma *struct* para armazenar: O nome do jogador, quantidade de vezes que ele apertou o botão e a velocidade de apertar o botão e uma frase a ser imprimida no monitor serial em caso de vitória.
- O tempo de disputa é de 5000 ms. Nesse tempo, a placa Galileo deve contar quantas vezes os jogadores apertaram seus respectivos botões.
- Ao final dos 5000 ms, a placa Galileo deve imprimir no monitor serial: as informações dos dois jogadores, a quantidade de vezes que cada um apertou seu respectivo botão e sua velocidade.
- Após imprimir as informações dos jogadores, deve ser impresso o nome do vencedor e sua respectiva frase de vitória.
- Caso ocorra um empate, devem ser impressos os dois nomes e as duas frases de vitória.
- Para cada um dos jogadores, deve existir um LED pronto para piscar. Após imprimir a frase de vitória, um LED deve piscar exatamente a quantidade de vezes que o vencedor apertou o botão.
- Caso ocorra um empate, os dois LED devem piscar conjuntamente.

Tabela 4.7: Prática 7 - Tabela de Descrição

<b>Nome da prática</b>	Prática 7: Uso de structs, interrupção de hardware e circuito de debounce de sinais
<b>Objetivos</b>	1)Aprender a utilizar interrupções de hardware 2)Aprender a utilizar um filtro RC para realizar debouncing de um sinal 3)Aprender a criar e utilizar struct
<b>Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias</b>	- pratica 6 seção 4.7
<b>Revisão Teórica - Hardware</b>	- Capacitores seção 3.2.11 - Filtro RC seção 3.2.12 - Inversor Schmitt trigger seção 3.2.13 - Debouncing seção 3.2.14
<b>Revisão Teórica - Software</b>	-Interrupção seção 3.3.15
<b>Material necessário</b>	- 1 Placa Galileo - 1 Transformador 220/120 V ->12 V - 1 cabo USB-Micro-USB - 1 Protoboard - 2 LED - 2 Resistores 220 Ohm - 2 Resistores 10k Ohm - 2 Capacitores 10u F - 1 chip Schmitt trigger SN74HC14
<b>Bibliografia</b>	-Eletrônica Básica [35] -A linguagem de programação C [36]
<b>Habilidades a serem masterizadas com essa prática</b>	1) O aluno é capaz de criar filtros simples de sinais de interruptores para evitar o bouncing de sinais de origem mecânica 2) O aluno é capaz de escrever rotinas de interrupção (ISR) de acordo com interrupções de hardware 3) O aluno é capaz de transcrever regras de negócios de jogos em algoritmos de programação utilizando estruturas condicionais e laços de repetição

#### 4.8.1 Procedimentos

Os passos a serem seguidos nessa prática são os seguintes:

- Montar 2 conjuntos interruptor + circuito debouncing(Schmitt trigger e filtro RC).
- Conectar a saída dos conjuntos supracitados às portas digitais 2 e 3, as quais são as que

oferecem interrupções de hardware.

- Conectar 2 LED + resistor 220 ohm às portas digitais 5 e 6.
- Escrever um código para cumprir o algoritmo descrito para essa prática.

#### 4.8.2 Esquema de montagem

Para esta prática, um circuito de acordo com o esquemático mostrado na Figura ??.

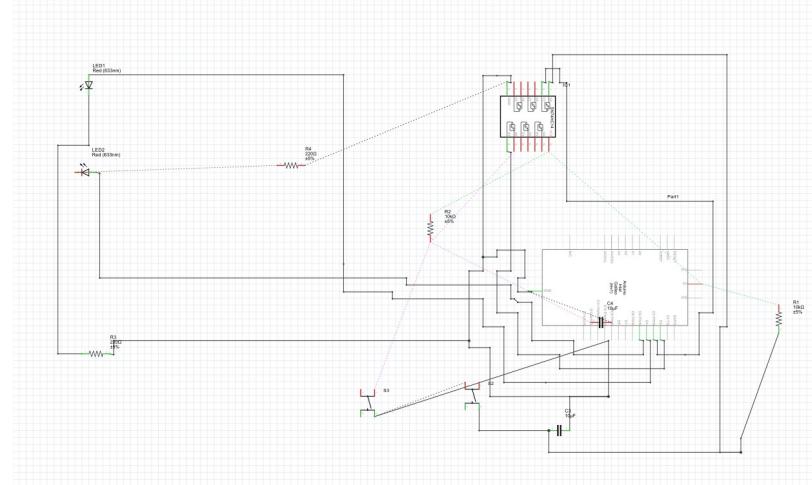


Figura 4.23: Esquemático do circuito da prática 7.

A construção do circuito na protoboard é mostrada na Figura 4.24.

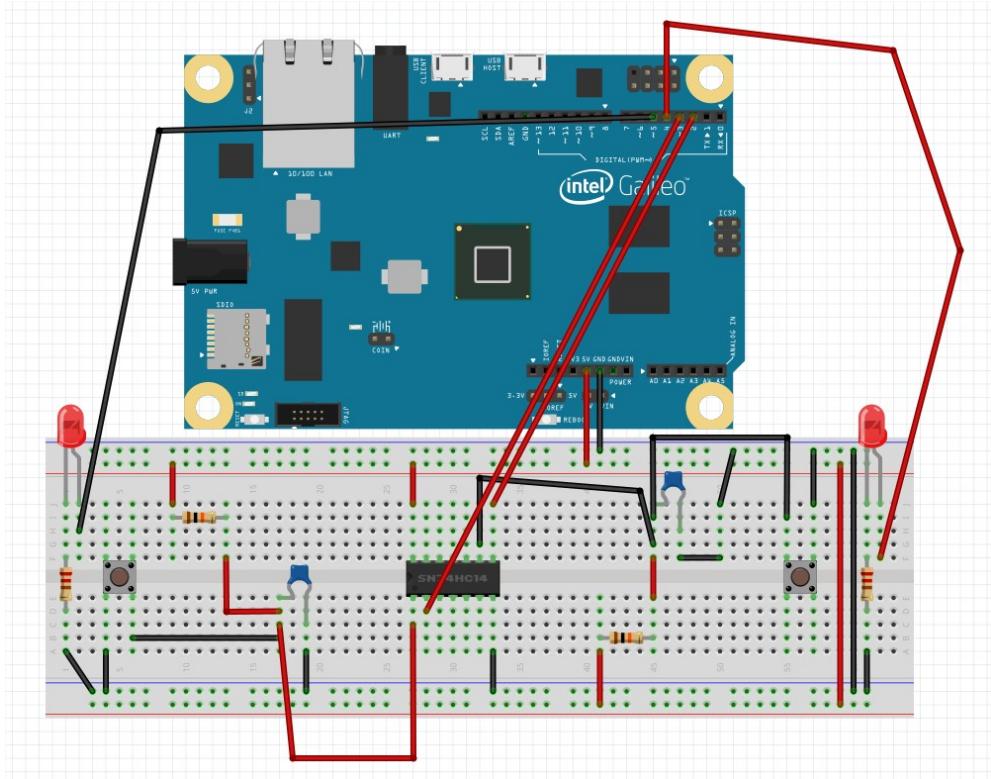


Figura 4.24: Circuito da prática 7 construído numa protoboard.

#### 4.8.3 Código fonte

```

1
2
3 #define int0 0
4 #define int1 1
5 #define intPin0 2
6 #define intPin1 3
7 #define ledJogador1 4;
8 #define ledJogador2 5;
9 #define tempoDisputa 5000 // 5000 ms = 5 segundos
10 //Parametros dos jogadores 1 e 2
11 const char * nomeJogador1 = "Jogador1";
12 const char * nomeJogador2 = "Jogador2";
13 const char * fraseVitoriaJogador1 = "Frase Vitoria1";
14 const char * fraseVitoriaJogador2 = "Frase Vitoria2";
15
16 //Struct para armazenar as informacoes de um jogador
17 typedef struct
18 {
19     int numClicks;
20     char *nome;
21     char *fraseVitoria;
22     float velocidade;
23 }Jogador;
24

```

```

25 //variavel de cada um dos jogadores
26 Jogador jogador1;
27 Jogador jogador2;
28
29 // Rotina de interupcao de hardware na porta digital 2
30 void rotinaInt0()
31 {
32     jogador1.numClicks++;
33 }
34 // Rotina de interupcao de hardware na porta digital 3
35 void rotinaInt1()
36 {
37     jogador2.numClicks++;
38 }
39
40 //funcao para inicializar as struct de cada jogador
41 void inicializaJogador(jogador * jog, int numJogador)
42 {
43     jog[0].numClicks = 0;
44     if(numJogador == 1)
45     {
46         jog[0].nome = nomeJogador1;
47         jog[0].fraseVitoria = fraseVitoriaJogador1;
48         velocidade = 0.0;
49     }
50     else if (numJogador == 2)
51     {
52         jog[0].nome = nomeJogador2;
53         jog[0].fraseVitoria = fraseVitoriaJogador2;
54         velocidade = 0.0;
55     }
56 }
57
58 //funcao para calcular a velocidade de apertar os botoes de cada jogador
59 float calculaVelocidade( int numClicks, int numMiliSegundos)
60 {
61
62     return (float)(numClicks*1000)/numMiliSegundos;
63 }
64
65 //Funcao para printar as informacoes da disputa
66 // printar a frase do vencedor
67 // e piscar o led dele a quantidade de vezes que ele
68 // pressionou o botao
69 void resultadoFinal(Jogador jogador1, Jogador jogador2)
70 {
71     int i;
72     //Info jogador 1
73     Serial.println("Resultados Finais:");
74     Serial.println("Jogador 1:");
75     Serial.print("Nome: ");
76     Serial.println(jogador1.nome);

```

```

77 Serial.print("Numero de clicks: ");
78 Serial.println(jogador1.numClicks);
79 Serial.print("Jogador 1 - velocidade: ");
80 Serial.print(jogador1.velocidade);
81 Serial.println(" clicks por segundo");
82 //Info jogador 2
83 Serial.println("Resultados Finais:");
84 Serial.println("Jogador 2:");
85 Serial.print("Nome: ");
86 Serial.println(jogador2.nome);
87 Serial.print("Numero de clicks: ");
88 Serial.println(jogador2.numClicks);
89 Serial.print("Jogador 2 - velocidade: ");
90 Serial.println(jogador2.velocidade);
91 Serial.println(" clicks por segundo");

92
93 if(jogador1.velocidade > jogador2.velocidade)
94 {
95     Serial.print("O vencedor é ");
96     Serial.println(jogador1.nome);
97     Serial.println(jogador1.fraseVitoria);
98     //pisca led do vencedor o numero de vezes que ele apertou o botao
99     for(i = 0; i < jogador1.numClicks; ++i)
100    {
101        digitalWrite(ledJogador1, HIGH);
102        delay(200);
103        digitalWrite(ledJogador1, LOW);
104        delay(200);
105    }
106 }
107 else if (jogador1.velocidade < jogador2.velocidade)
108 {
109
110     Serial.print("O vencedor é ");
111     Serial.println(jogador2.nome);
112     Serial.println(jogador2.fraseVitoria);
113     for(i = 0; i < jogador2.numClicks; ++i)
114    {
115        digitalWrite(ledJogador2, HIGH);
116        delay(200);
117        digitalWrite(ledJogador2, LOW);
118        delay(200);
119    }
120
121 }
122 else
123 {
124     Serial.println("EMPATE!");
125     Serial.println(jogador1.fraseVitoria);
126     Serial.println(jogador2.fraseVitoria);
127     for(i = 0; i < jogador2.numClicks; ++i)
128    {

```

```

129     digitalWrite(ledJogador2, HIGH);
130     digitalWrite(ledJogador1, HIGH);
131     delay(200);
132     digitalWrite(ledJogador2, LOW);
133     digitalWrite(ledJogador1, LOW);
134     delay(200);
135 }
136 }
137
138
139
140 }
141
142 void zeraJogadores()
143 {
144     jogador1.numClicks = 0;
145     jogador2.numClicks = 0;
146 }
147
148 void setup()
149 {
150     //Configurando comunicacao serial
151     Serial.begin(9600);
152     //Configurando pinos digitais
153     pinMode(ledJogador1, OUTPUT);
154     pinMode(ledJogador2, OUTPUT);
155     pinMode(intPin0, INPUT);
156     pinMode(intPin1, INPUT);
157     //Vinculando rotinas de interrupcao de hardware
158     attachInterrupt(int0, rotinaInt0, RISING);
159     attachInterrupt(int1, rotinaInt1, RISING);
160     //Inicializando os parametros dos dois jogadores
161     inicializaJogador(&jogador1, 1);
162     inicializaJogador(&jogador2, 2);
163
164 }
165
166 void loop()
167 {
168     //No periodo de delay, as interrupcoes continuam a ser lidas normalmente
169     delay(tempoDisputa);
170
171     jogador1.velocidade = calculaVelocidade(jogador1.numClicks, tempoDisputa);
172     jogador2.velocidade = calculaVelocidade(jogador2.numClicks, tempoDisputa);
173     //
174     resultadoFinal(jogador1, jogador2);
175
176     zeraJogadores();
177     delay(10000);
178
179

```

#### 4.8.4 Comentários

Esta prática é destinada ao desenvolvimento de habilidades relacionadas a uso de interrupções, inversores, filtros RC e codificação de regras de negócio específicas. O professor pode decidir alterar as regras de negócio propostas nessa prática assim como o resultado do uso do botões com filtros de *debouncing*.

### 4.9 Prática 8: Prática final

Esta prática é prática final do curso. Todos conhecimento de programação visto neste curso podem fazer parte da solução do problema proposto.

Os objetivos desta prática são:

- Criar um circuito para implementar um jogo *Snake Game*
- O jogo deve ser implementado sobre uma matriz de led 8x8
- Para controlar a cobra, deve ser utilizado um joystick ou 4 botões
- Não é necessária a implementação de rotinas de interrupção para esta prática
- A cobra deve inicialmente ocupar 3 LEDs
- A posição da presa deve ser aleatória e não deve ocupar nenhum parte do corpo da cobra
- Toda vez que a presa for alcançada pela cobra, o corpo da cobra deve aumentar em 1 LED.

Tabela 4.8: Prática 8 - Tabela de Descrição

<b>Nome da prática</b>	Prática 8: Prática final
<b>Objetivos</b>	1) Utilizar todos conhecimentos aprendidos para criar um jogo Snake Game utilizando uma matriz de led 8x8 e um joystick ou 4 botões
<b>Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias</b>	- prática 7 seção 4.9
<b>Revisão Teórica - Hardware</b>	- Matriz de Led seção 3.2.16 - Potômetro (joystick) seção 3.2.6 - Interruptores seção 3.2.8
<b>Revisão Teórica - Software</b>	- Todas seções
<b>Material necessário</b>	- 1 Placa Galileo - 1 Transformador 220/120 V ->12 V - 1 cabo USB-Micro-USB - 1 Protoboard - 1 Joystick ou 4 botões - 4 Resistores 10k Ohm (se 4 botões forem utilizados) - 1 matriz de led 8x8
<b>Bibliografia</b>	- Eletrônica Básica ?? - A linguagem de programação C ??
<b>Habilidades a serem masterizadas com essa prática</b>	1) O aluno de unir conhecimentos pontuais de programação e eletrônica para construir projetos razoavelmente complexos.

Os passos a serem seguidos nessa prática são os seguintes:

- Montar um circuito com uma matriz de leds 8x8 com uma solução para leitura de movimentos
- Escrever um código para cumprir o algoritmo descrito para essa prática.

#### 4.9.1 Esquema de montagem

Para esta prática, um circuito de acordo com o esquemático mostrado na Figura 4.25.

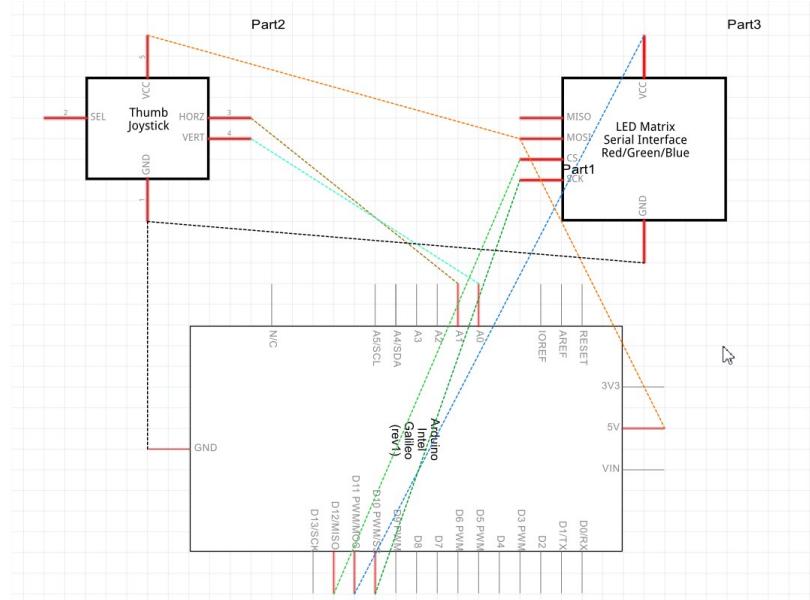


Figura 4.25: Esquemático do circuito da prática 8.

A construção do circuito na protoboard é mostrada na Figura 4.26.

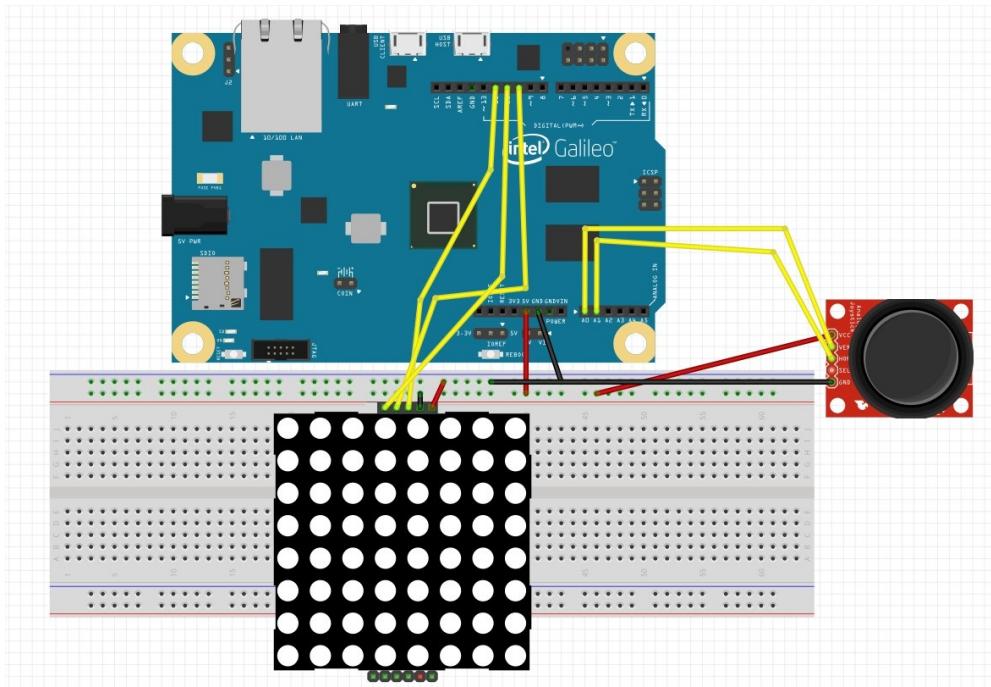


Figura 4.26: Circuito da prática 8 construído numa protoboard.

#### 4.9.2 Código fonte

```

1 #include "LedControl.h"
2 LedControl lc=LedControl(12,11,10,1); // 
3 #define dificuldade 1
4 #define tempo1 1000

```

```

5 #define tempo2 750
6 #define tempo3 500
7 // pino 12 conectado ao pino 1 do MAX7219
8 // pino 11 conectado ao pino 13 CLK
9 // pino 10 conectado ao pino 12 LOAD
10 // O número 1 indica que 1 MAX7219 será usado
11
12 //*****
13 // Struct definidas para o programa
14 typedef struct
15 {
16     byte x;
17     byte y;
18     byte estado;
19
20 } Celula; //Estrutura de uma celula
21
22 typedef struct
23 {
24     Celula corpo [64];
25     int numCelulasOcupadas;
26 } Snake; //Estrutura do corpo da cobra
27
28 //*****
29
30 //*****
31 //Variaveis globais de funcionamento do programa
32 int tempo;
33 int movimentoX;
34 int movimentoY;
35 byte matriz [8][8];
36 Snake snake;
37 Celula presa;
38
39 int sensorX;
40 int sensorY;
41 //*****
42
43
44 //Funcao para inicializar a matriz , o corpo da cobra e o tempo de transicao entre
45 //celulas (dificuldades)
45 void inicializa()
46 {
47     int i, j, cont =0;
48
49     //seta dificuldade do jogo
50     switch(dificuldade)
51     {
52         case 1:
53             tempo = tempo1;
54             break;
55         case 2:

```

```

56     tempo = tempo2;
57     break;
58 case 3:
59     tempo = tempo3;
60     break;
61 }
// inicializa o movimento inicial da cobra
63 movimentoX = 1;
64 movimentoY = 0;
65
66 // Inicializa matriz e corpo da cobra
67 snake.numCelulasOcupadas = 3;
68 for(i = 0; i < 8; i++)
{
69     for(j = 0; j < 8 ; j++)
70     {
71         matriz[i][j] = 0; // todos LEDs desligados
72
73         // posicao inicial cobra 3 partes (2,0) , (1,0) (0,0)
74
75         if(cont == 0)
76         {
77             snake.corpo[cont].x = 2;
78             snake.corpo[cont].y = 7;
79             snake.corpo[cont].estado = 1;
80         }
81         else if(cont == 1)
82         {
83             snake.corpo[cont].x = 1;
84             snake.corpo[cont].y = 7;
85             snake.corpo[cont].estado = 1;
86         }
87         else if (cont == 2)
88         {
89             snake.corpo[cont].x = 0;
90             snake.corpo[cont].y = 7;
91             snake.corpo[cont].estado = 1;
92         }
93         else
94         {
95             snake.corpo[cont].x = -1;
96             snake.corpo[cont].y = -1;
97             snake.corpo[cont].estado = -1;
98         }
99     }
100     cont++;
101 }
102 }
103 }
104 }
105 }
106
107

```

```

108 //funcao para ler o joystick
109 // movimentoX = 1; direita
110 // movimentoX = -1 esquerda
111 // movimentoX = 0, faz nada
112 // movimentoY = 1; cima
113 // movimentoY = -1 baixo
114 // movimentoY = 0, faz nada
115
116 void leSensores()
117 {
118     int i;
119     int sensorX = 0, sensorY = 0;
120     for(i = 0; i < 10; i++)
121     {
122         sensorX +=analogRead(A0);
123         sensorY +=analogRead(A1);
124     }
125
126     sensorX /= 10;
127     sensorY /= 10;
128
129     if(movimentoY == 0)
130     {
131         if(sensorY > 900 )
132         {
133             movimentoY = -1;
134             movimentoX = 0;
135             return ;
136         }
137         else if(sensorY < 100)
138         {
139             movimentoX = 0;
140             movimentoY = 1;
141             return ;
142         }
143     }
144     if(movimentoX == 0)
145     {
146         if(sensorX > 900 )
147         {
148             movimentoY = 0;
149             movimentoX = 1;
150             return ;
151         }
152         else if(sensorX < 100)
153         {
154             movimentoX = -1;
155             movimentoY = 0;
156             return ;
157         }
158     }
159 }
```

```

160 }
161
162
163 //funcao para verificar se a posicao (x,y) ja esta ocupada pela cobra
164 // 1 - posicao ocupada
165 // 0 - posicao desocupada
166 int verificaPosicoes(int x, int y)
167 {
168     int i;
169     for(i = 0; i < snake.numCelulasOcupadas; ++i)
170     {
171         if(snake.corpo[i].x == x && snake.corpo[i].y == y )
172         {
173             //posicao ocupada pelo corpo da cobra
174             return 1;
175         }
176     }
177
178     //posicao livre
179     return 0;
180 }
181
182 //
183 //gera uma posicao aleatoria para a presa (x,y) num lugar que nao ha cobra
184 void geraPosicaoPresa()
185 {
186
187     do{
188         presa.x = random(8); //gera um numero aleatorio entre 0 e 7
189         presa.y = random(8);
190     }while(verificaPosicoes(presa.x, presa.y));
191 }
192
193 int verificaAutoFagia()
194 {
195     int i;
196     for(i = 1; i < snake.numCelulasOcupadas; ++i)
197     {
198         if(snake.corpo[i].x == snake.corpo[0].x && snake.corpo[i].y == snake.corpo
199             [0].y )
200         {
201             //cobra se atacou
202             return 1;
203         }
204     }
205
206     return 0;
207 }
208
209 //funcao para atualizar as posicoes das celulas do corpo da cobra
210 void atualiza()

```

```

211 {
212     int i;
213
214     Celula temp,temp2;
215
216     temp = snake.corpo[0];
217
218
219     if(snake.corpo[0].x + movimentoX > 7 || snake.corpo[0].x + movimentoX < 0 ||
220         verificaAutoFagia())
221     { //FIM
222         inicializa();
223     }
224
225     if(snake.corpo[0].y + movimentoY > 7 || snake.corpo[0].y + movimentoY < 0)
226     { //FIM
227         inicializa();
228     }
229
230     snake.corpo[0].x += movimentoX;
231     snake.corpo[0].y += movimentoY;
232
233     //verifica se o alvo foi alcançado
234     if(snake.corpo[0].x == presa.x && snake.corpo[0].y == presa.y)
235     {
236         snake.numCelulasOcupadas++;
237         geraPosicaoPresa();
238     }
239
240
241     for(i = 1; i < snake.numCelulasOcupadas; i++)
242     {
243         temp2 = snake.corpo[i];
244         snake.corpo[i] = temp;
245         temp = temp2;
246     }
247
248     //snake.corpo[1].x += tempx
249     //snake.corpo[1].y += movimentoY;
250
251 }
252
253
254 void printSnake()
255 {
256     int i;
257     lc.clearDisplay(0);
258     for(i = 0; i < snake.numCelulasOcupadas; ++i)
259     {
260         lc.setLed(0,snake.corpo[i].y,snake.corpo[i].x,true); // desliga o LED na
261     }

```

```

262
263     lc.setLed(0, presa.y, presa.x, true); // desliga o LED na
264 }
265
266 void printaSerial()
267 {
268
269     Serial.print(0);
270     Serial.print(": ( ");
271     Serial.print(snake.corpo[0].x);
272     Serial.print(" , ");
273     Serial.println(snake.corpo[0].y);
274
275 }
276 void setup()
277 {
278     // O número 0 como o primeiro argumento de muitas funções
279     // da biblioteca LedControl.h indica o uso de 1 chip MAX7219
280     Serial.begin(9600);
281     randomSeed(analogRead(2)); // inicializa uma sequencia de numeros aleatorios de um
282         // pino analogico aberto
283     lc.shutdown(0, false); // Desliga o modo de economia de energia, // habilita o
284         // display
285
286     lc.setIntensity(0,8); // seta a claridade (input entre 0 e 15)
287     lc.clearDisplay(0); // limpa o display
288
289     // inicializa parametros do jogo
290     inicializa();
291     geraPosicaoPresa();
292     printSnake();
293     delay(tempo);
294
295 void loop()
296 {
297     leSensores();
298     atualiza();
299     printSnake();
300     printaSerial();
301     // esse delay define a dificuldade do jogo
302     delay(tempo);
303 }
```

Code 4.9: Código Prática 8.

### 4.9.3 Comentários

Como a última prática do curso, o foco desta são as habilidades e conhecimentos de programação em C. A maior forma de resolução deste problema é o uso de struct apropriadas e modularizarão

de instruções de forma adequada. Não é necessário o uso de interrupções de hardware ou software para esta prática.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOVIC, A.; JAGUST, T.; SERSIC, D. How to teach basic university-level programming concepts to first graders? In: *Integrated STEM Education Conference (ISEC), 2014 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–6.
- [2] COTO, M.; MORA, S.; ALFARO, G. Giving more autonomy to computer engineering students: Are we ready? In: *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2013, Berlin, Germany, March 13-15, 2013*. [s.n.], 2013. p. 618–626. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530170>>.
- [3] CELETI, F. R. Origem da educação obrigatória: Um olhar sobre a prússia. *Revista Saber Acadêmico*, v. 1, n. 1, p. 29–33, June 2012.
- [4] OLIVER, J.; TOLEDO, R. On the use of robots in a pbl in the first year of computer science / computer engineering studies. In: *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–6. ISSN 2165-9559.
- [5] F. de O. V. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de engenharia. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 24, n. 2, p. 3–12, December 2005.
- [6] R., W. *Alta taxa de desistência na universidade causa déficit de engenheiros*. Setembro 2013. [Online; posted 4-Setembro-2013].
- [7] LAHTINEN, E.; ALA-MUTKA, K.; JÄRVINEN, H.-M. A study of the difficulties of novice programmers. *SIGCSE Bull.*, ACM, New York, NY, USA, v. 37, n. 3, p. 14–18, jun. 2005. ISSN 0097-8418. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1151954.1067453>>.
- [8] ESCUDERO, M. R.; HIERRO, C. M.; PABLO, A. Pérez de Madrid y. Using arduino to enhance computer programming courses in science and engineering. In: *EDULEARN13 Proceedings*. [S.l.]: IATED, 2013. (5th International Conference on Education and New Learning Technologies), p. 5127–5133. ISBN 978-84-616-3822-2. ISSN 2340-1117.
- [9] PRINCE, M. Does active learning work? a review of the research. *Journal of Engineering Education*, Blackwell Publishing Ltd, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004. ISSN 2168-9830. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>>.
- [10] M.FELDER DONALD R.WOODS, J. E. A. R. R. The future of engineering education ii.teaching methods that work. *Chem. Engr Education*, v. 1, n. 34, p. 26–39, September 2000.

- [11] FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, v. 94, p. 121–130, 2005.
- [12] LYÉ, S. Y.; KOH, J. H. L. Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for k-12? *Computers in Human Behavior*, v. 41, p. 51 – 61, 2014. ISSN 0747-5632. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563214004634>>.
- [13] HUITT, W. Bloom et al.'s taxonomy of the cognitive domain. *Educational psychology interactive*, v. 22, 2004.
- [14] KALISH, S.; MAHAJAN, V.; MULLER, E. Waterfall and sprinkler new-product strategies in competitive global markets. *international Journal of research in Marketing*, Elsevier, v. 12, n. 2, p. 105–119, 1995.
- [15] MELNIK, G. *Agile 2008 August 4-8, 2008, Toronto, Ontario, Canada*. Los Alamitos, Calif: IEEE.Computer Society, 2008. ISBN 978-0-7695-3321-6.
- [16] TUCKER, P. *Linking teacher evaluation and student learning*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2005. ISBN 1-4166-0032-9.
- [17] C., D. Defining a 21st century education. *The Center for Public Education*, v. 1, n. 1, p. 1–79, July 2009.
- [18] GOEL, S. et al. Collaborative teaching in large classes of computer science courses. In: *Eighth International Conference on Contemporary Computing, IC3 2015, Noida, India, August 20-22, 2015*. [s.n.], 2015. p. 397–403. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/IC3.2015.7346714>>.
- [19] K.R, S. Competências do século 21. *Revista Pesquisa e Debate em Educação*, v. 4, n. 2, p. 15–30, August 2014.
- [20] INTEL. *DataSheet Intel Galileo Gen 2 Development Board*. [S.l.], 2014.
- [21] S. BURFOOT J., G. D. e. H. C. B. *A Teacher's Guide to Intel Galileo*. Buildind C5B, Macquarie University, North Ryde, NSW, 2109, 2015.
- [22] SEDRA., A. S.; SMITH, K. C. *Microeletronics Cicuits*. [S.l.]: Oxford University Press, 2004.
- [23] DEVICES, A. *DATASHEET AD7298*. One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A., 2011.
- [24] BAKER, R. J. *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 3rd Edition (IEEE Press Series on Microelectronic Systems)*. [S.l.]: Wiley-IEEE Press, 2010.
- [25] HIMPE, V. *Mastering the I<sub>C</sub> bus*. Susteren: Elektor International Media, 2011. ISBN 978-0-905705-98-9.
- [26] RUSSELL, R. C. J. *Serial peripheral interface bus*. Place of publication not identified: Book On Demand Ltd, 2012. ISBN 5513504936.

- [27] OSBORNE, A. *An introduction to microcomputers*. Berkeley, Calif: Osborne/McGraw-Hill, 1980. ISBN 0-931988-34-9.
- [28] HENNESSY, J. *Computer architecture : a quantitative approach*. Waltham, MA: Morgan Kaufmann, 2012. ISBN 978-0-12-383872-8.
- [29] ISHIBASHI, K. *Low power and reliable SRAM memory cell and array design*. Berlin New York: Springer, 2011. ISBN 978-3-642-19567-9.
- [30] RECKTENWALD, G. W.; HALL, D. E. Using arduino as a platform for programming, design and measurement in a freshman engineering course. In: *2011 Annual Conference & Exposition*. Vancouver, BC: ASEE Conferences, 2011. <Https://peer.asee.org/18720>.
- [31] SOUZA, M. A. M.; DUARTE, J. R. R. Low-cost educational robotics applied to physics teaching in brazil. *Physics Education*, v. 50, n. 4, p. 482, 2015. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/0031-9120/50/i=4/a=482>>.
- [32] DEVICES, A. *DATASHEET 74HC595*. One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A., 2011.
- [33] DEVICES, A. *DATASHEET LM35*. One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A., 2009.
- [34] NXP. *DATASHEET 74HC14*. [S.l.], 2015.
- [35] BASIC electronics. New York: Dover Publications, 1973. ISBN 978-0486210766.
- [36] KERNIGHAN, B. *The C programming language*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1988. ISBN 978-0131103627.

# **ANEXOS**