

Potiguar Rocket Design (PRD)
Atividade Eletrônica e Controle:
Aviônica H100

Membro:
Alan Lima de Medeiros

Gerente:
Mailson Rodrigues de Medeiros Guimarães

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal-RN, Julho de 2020

Sumário

1	Introdução	3
2	Materiais	4
2.1	Alimentação	4
2.2	Controle	6
2.3	Sensoriamento	7
2.4	Armazenamento	7
2.5	Complementares	8
3	Planilha Bill Of Materials (BOM)	11
4	Projeto	12
4.1	Esquemático	12
4.2	PCB	14
4.3	Projeto 3D	15
5	Histórico	17
6	Conclusão	20
7	Referências	21

1 Introdução

O presente trabalho tem como objetivo detalhar e documentar o processo de projeção da aviônica do foguete H100. Desse modo, serão apresentados os materiais escolhidos para sua composição, exibindo, inclusive, o motivo pelo qual foram escolhidos.

No entanto, de forma resumida, pode-se adiantar alguns dados como a massa e as dimensões da aviônica, 13,4g e 60,3x15,75x12,5mm, respectivamente. Além disso, cabe ressaltar que o material escolhido para a placa de circuito impresso foi o fenolite.

Por fim, vale lembrar que algumas ferramentas digitais foram utilizadas para o desenvolvimento desse projeto, como por exemplo, o site **Overleaf**, usado para redigir este relatório, e o aplicativo para prototipagem **KiCAD**. Nesse sentido, diante dessa breve explanação, espera-se alcançar, ao final, uma aviônica compacta, eficiente e funcional, objetivando cumprir o seu papel e, assim, servir a equipe de forma adequada para que se logre êxito nas competições de minifoguetes.

2 Materiais

Neste tópico serão abordadas questões mais teóricas do projeto do H100. Sob essa perspectiva, serão apresentados os equipamentos escolhidos para cada um dos departamentos da aviãoica, passando por aspectos como alimentação, controle, sensoriamento e armazenamento. Os principais critérios de avaliação para a seleção dessas tecnologias foram: **preço, dimensões, massa e consumo energético do equipamento**.

2.1 Alimentação

O setor de alimentação foi projetado com base na soma de consumo energético de cada um dos dispositivos presentes nessa aviãoica. Desse modo, para que se fosse calculada a autonomia dessa placa, se fez necessário somar as correntes de cada ramo do circuito elétrico (esquemático) e encontrar a corrente total. Portanto, essa corrente resultante teve um valor de, aproximadamente, **16,5mA** (1mA do ATTiny85; 1,17mA do BMP280; 3mA do AT24C256; 5mA do LM1117; 330uA do ramo com o resistor de 10k Ω e 6mA do ramo com o LED).

Diante do exposto e considerando-se questões como espaço, peso, disponibilidade e preço, a bateria escolhida foi a LR44 (Figura 1). Como essas baterias são utilizadas em relógios e outros equipamentos eletrônicos, sabe-se que são de fácil acesso no mercado, apresentando preços de quase 2 reais por unidade. Além disso, apresentam dimensões reduzidas, **11,5x5,4mm**, colaborando, assim, para a compactação da aviãoica. O seu peso de apenas **2g** também colabora para a estabilidade do foguete, melhorando sua aerodinâmica.



Figura 1: Bateria LR44.

Vale ressaltar ainda que cada unidade desse tipo de bateria possui 1,5V e 105mAh, assim, fez-se necessário escolher três delas para o circuito, totalizando um fornecimento de **4,5V e 105mAh**. Desse modo, a aviãoica teria

uma autonomia de quase **6h30min** (105mAh/16,5mA) e necessitaria de um suporte para essas baterias. Um protótipo de tal apoio pode ser visto na Figura 2, tendo como dimensões 27x13,7x5,4mm.

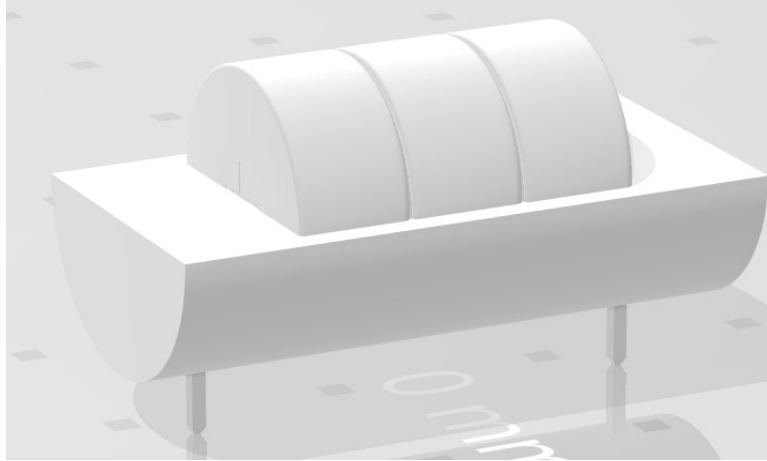


Figura 2: Suporte para baterias LR44.

Por fim, precisou-se reduzir esse valor de tensão fornecida, haja vista que alguns dos equipamentos, como o BMP280, só funcionam com tensões de 3,3V. Então, utilizou-se o regulador de tensão **LM1117-3.3** (Figura 3) do tipo SOT-223 para efetuar essa conversão. Esse regulador foi escolhido pelo fato de ter um range alto (suporta até 15V) e por ocupar pouco espaço (6,3x7x1,8mm).



Figura 3: Regulador de tensão LM1117-3,3.

2.2 Controle

O controle da aviação será feito por meio do microcontrolador **ATTiny85** da Atmel (Figura 4). Esse microcontrolador foi selecionado, porque possui um tamanho reduzido (9x8x5mm) e massa de apenas 0,4g. Ademais, apresenta a quantidade suficiente de portas digitais (6), bem como o protocolo de comunicação necessário (I2C).

Outro fator que contribui para sua escolha foi o fato de não precisar de um cristal externo, pois já contém um internamente, alcançando até 20MHz. Já em relação a memória, o ATTiny85 tem quantidade satisfatória para um bom processamento (memória flash de 8kb e 0,512kb de SRAM e EPROM).

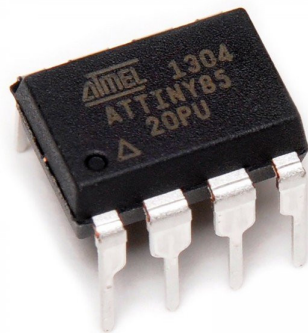


Figura 4: ATTiny85.

A fixação do controlador na placa será feita com o auxílio do **soquete DIP-8** (Figura 5), ao qual apresenta massa igual a 0,8g e 10,1x10,1x7,3mm de dimensões.



Figura 5: Soquete DIP-8.

2.3 Sensoriamento

O sistema de sensoriamento conta apenas com um sensor, o **BMP280** (Figura 6), que fornece temperatura e pressão para se obter a altitude. Esse sensor foi escolhido para servir como altímetro, pois sua versão anterior, BMP180, já era utilizada pela equipe. Logo, já se conhecia sua eficácia e características físicas, como massa (1g) e dimensões (15x12x2mm). Outrossim, utiliza protocolo de comunicação I2C, suportada pelo microcontrolador escolhido, e recebe alimentação de 3,3V.

Por fim, apresenta como outra vantagem o fato de que só necessita de duas portas digitais do microcontrolador, podendo elas serem compartilhadas com outros dispositivos, como o chip de memória AT24C256, devido à comunicação I2C.

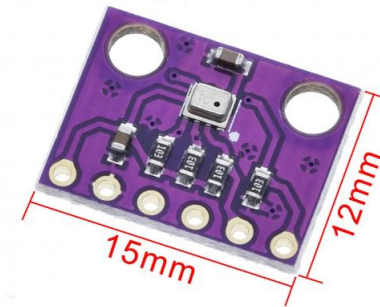


Figura 6: Sensor BMP280.

2.4 Armazenamento

Os dados processados pelo ATTiny85 serão armazenados no chip de memória AT24C256 (Figura 7). Esse modelo de memória foi escolhido por dois principais fatores: package e quantidade de memória. O seu package é o mesmo que o do ATTiny85, podendo, então, usar o mesmo tipo de soquete (Figura 5) e a sua capacidade de armazenamento permite guardar informações durante 45min e 30s. Esse tempo de armazenamento pode ser calculado usando-se a quantidade de bytes dos tipos de variáveis que irão ser armazenadas nesse chip. Nesse sentido, observa-se que seriam três variáveis do tipo float (temperatura, pressão e altitude), desse modo, como cada variável do tipo float apresenta 4 bytes de tamanho e o AT24C256 contém 32768 bytes, então, teríamos espaço para armazenar 2731 (32768kB/12kB) vezes essas variáveis. Por fim, para se transformar essa quantidade de vezes para minutos basta se dividir por 60.

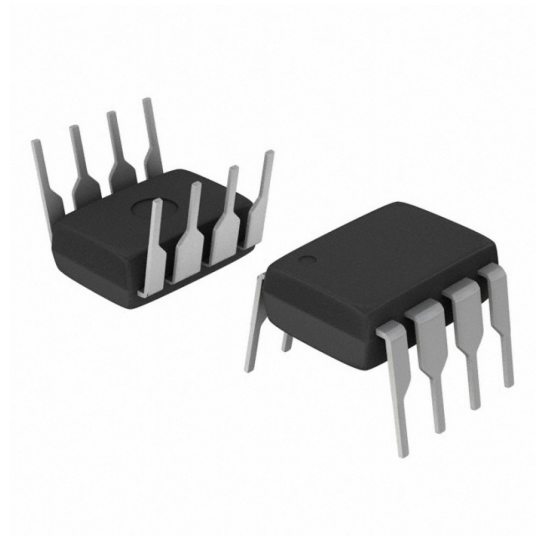


Figura 7: Chip de memória AT24C256.

Outra informação relevante a cerca do AT24C256 é o fato de que sua comunicação se dá via protocolo I2C e, por conseguinte, pode conectar-se às mesmas entradas digitais do ATtiny85 que o BMP280 já está conectado. Desse jeito, pode-se utilizar os resistores de pull-up, integrados no sensor, como se fossem do próprio AT24C256.

2.5 Complementares

Esta subdivisão foi destinada a falar sobre o restante dos componentes presentes na Avionica como resistores, botão (Figura 8), LED (Figura 9) e pin socket. Nesse sentido, foram utilizados dois resistores axiais no circuito, sendo um deles um resistor de pull-up de $10k\Omega$ (Figura 10) para o sistema de reset do microcontrolador e o outro de 220Ω (Figura 11) para o circuito do LED vermelho. Vale salientar que, junto ao resistor de reset, encontra-se um botão (6x6x6mm) de reset ligado ao terra, objetivando "lançar" esses 0V, ao ser pressionado, à entrada de reset do controlador. Já o circuito do LED serve exclusivamente para indicar se a placa está energizada e se há passagem de informação nas portas SDA e SCL do ATtiny85.



Figura 8: Botão 6x6x6mm.



Figura 9: LED vermelho.



Figura 10: Resistor de 10k Ω .



Figura 11: Resistor de 220 Ω .

Por outro lado, o pin socket de 1x4 (Figura 12) foi colocado para posicionar o BMP280. Esse sensor irá fazer a conexão com o pin socket, mediante ao uso de pinos macho 90 graus.

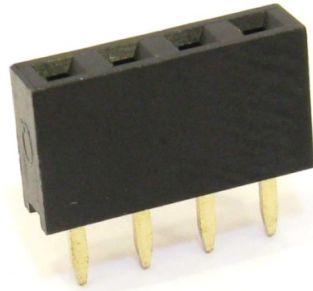


Figura 12: Pin Socket 1x4.

3 Planilha Bill Of Materials (BOM)

A planilha Bill Of Materials (BOM) é uma tabela usada para se fazer um intermédio entre o projeto e o fabricante de PCBs. Portanto, nela consta todos os componentes eletrônicos presentes na Avionica, expondo os fabricantes, número do componente, referência no projeto 3D, quantidade, tipo e package dos mesmos. A imagem abaixo retrata, claramente, a tabela BOM para o projeto da Avionica do H100.

Item	Componente	Referência	Fabricante	Número	Quantidade	Tipo	Package	Massa por Unidade (g)	Massa Total (g)	Dimensões por Unidade (mm)
1	Adaptador Soquete DIP-8	ATTiny85/AT24C256	Nextronics Engineering/ Nextron	Z-10008320100100	2	THT	DIP-8	0,8	1,6	10,1x10,1x7,3
2	AT24C256	AT24C256	Microchip Technology/ Atmel	AT24C256C-PU	1	THT	8-lead PDIP	0,4	0,4	9,3x7,9x9,1
3	ATTiny85	ATTiny85	Microchip Technology/ Atmel	ATTINY85-20PU	1	THT	8-lead PDIP	0,4	0,4	9,3x7,9x9,1
4	BMP280	BMP280	Mingyuandigye	GY-BMP280-3.3	1	THT	THT	1	1	15x12x2
5	Chave Tátil (Push-Button)	SW1	Korean Hroparts Elec	K2-6639DP-E4SW-04	1	THT	THT	0,3	0,3	6x6x6
6	LED	LED1	Wurth Elektronik	151051SS04000	1	THT	THT	0,1	0,1	5x5
7	LM1117-3.3	LM1117	Texas Instruments	LM1117IMPX-3.3/NOPB	1	SMD	SOT-223	0,3	0,3	6,3x7x1,8
8	LR44	BT1	Murata Electronics	LR44	3	THT	THT	2	6	11,6x5,4
10	Pin Header Fêmea 1x4 (2,54mm)	BMP280	Changjiang Connectors/ CJT	A2541HWV-4P	1	THT	THT	0,4	0,4	10,5x3x8,4
11	Pin Header Macho 90 Graus 1x4 (2,54mm)	BMP280	Changjiang Connectors/ CJT	A2541WR-4P	1	THT	THT	0,2	0,2	10,5x3x8,4
12	Placa de Fenolite	-	-	-	1	-	-	2,5	2,5	70,15x15,05x1,5
13	Resistor 10kΩ	Rreset1	Yageo	CFR50SJT-52-10K	1	THT	Axial	0,1	0,1	6,3x2,2
14	Resistor 220Ω	Rled1	Yageo	CFR-25JT-52-220R	1	THT	Axial	0,1	0,1	6,3x2,2
									13,4	60,3x15,75x12,5

Figura 13: Planilha BOM do H100.

4 Projeto

Nesta etapa do trabalho serão apresentadas diversas visões da Avionica do H100, desde o esquemático até a simulação 3D. Ademais, no tópico 4.1 serão exibidas, também, imagens das pinagens do BMP280, do ATTiny85, do LM1117-3.3 e do AT24C256. Por último, nas seções de "PCB" e "Projeto 3D" serão mostradas, respectivamente, a visão da placa de circuito impresso com os footprints e a simulação 3D.

4.1 Esquemático

O desenho esquemático do projeto tem como objetivo detalhar as conexões elétricas do circuito, especificando os pinos conectados e os componentes utilizados. Dessa maneira, a Figura 14 demonstra o esquemático da Avionica do H100, possibilitando a visualização dessas interligações elétricas.

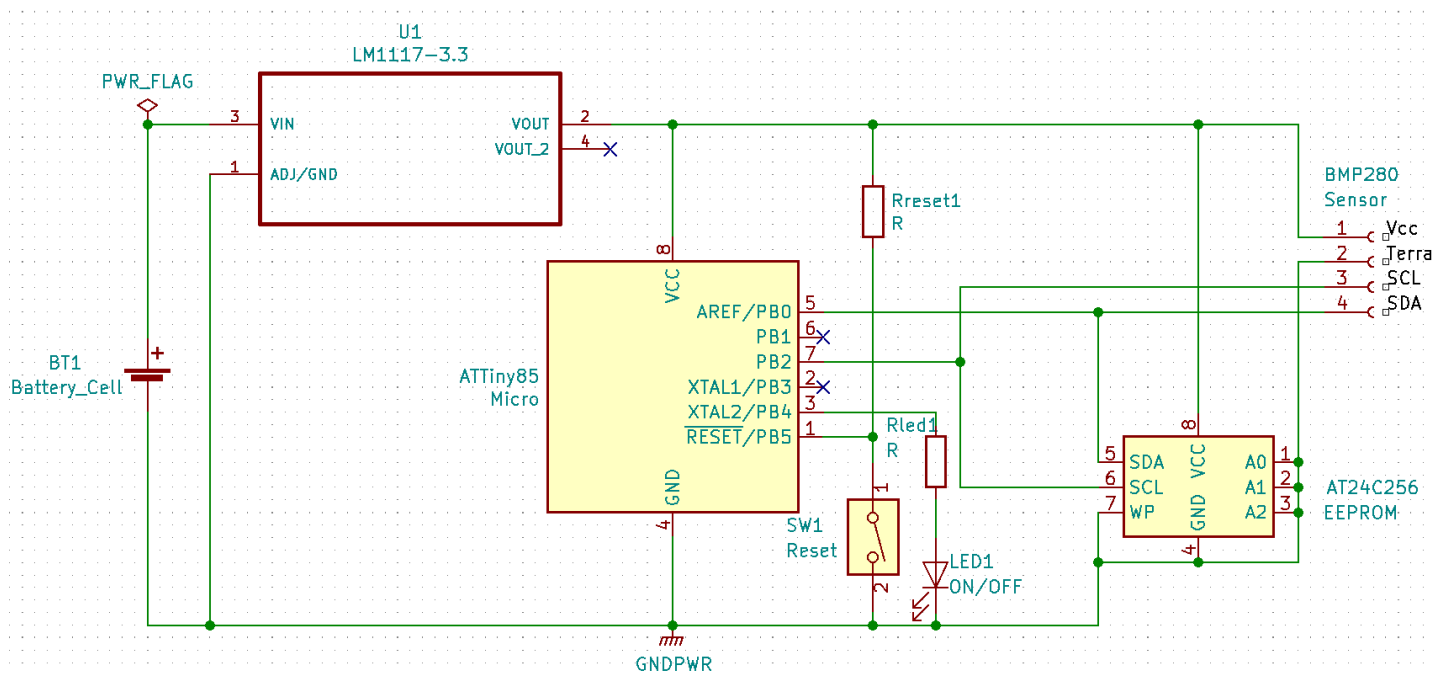


Figura 14: Esquemático do H100.

Como bem observado na Figura 14, o ATTiny85 está com quase todas as portas conectadas, sobrando apenas a porta digital 2. As entradas 4 (GND) e 8 (VCC) estão conectadas à alimentação e as demais portas digitais aos outros trechos do circuito, como exemplo, o ramo de reset (pino 1) e do LED (pino 3). Assim, as portas 6 do AT24C256 e 3 do BMP280 estão conectadas à porta SCL (clock) do ATTiny85 (pino 7). Por outro lado, os pinos 5 do chip de memória e 4 do sensor foram ligados à entrada 5 (SDA, transmissão

de dados) do controlador.

Quanto a alimentação, as portas 1 do BMP280, 8 do AT24C256 e 2 do LM1117 foram energizadas com o VCC (3.3V). Já o terra foi ligado aos pinos 2 do BMP280, 4 do AT24C256 e 1 do LM1117. Para maiores informações, seguem abaixo algumas imagens sobre a pinagem de cada dispositivo eletrônico utilizado.

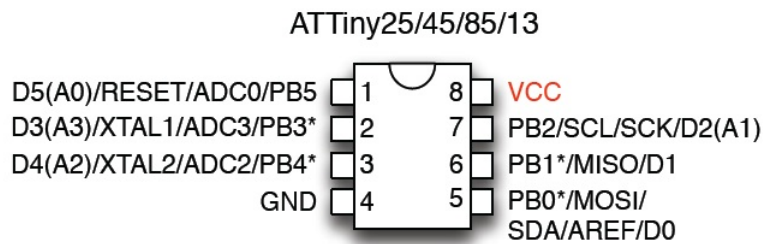


Figura 15: Pinagem do ATTiny85.

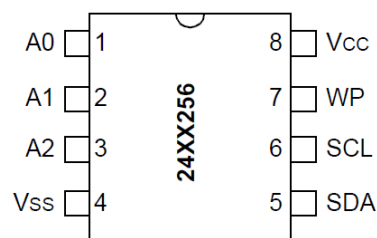


Figura 16: Pinagem do AT24C256.

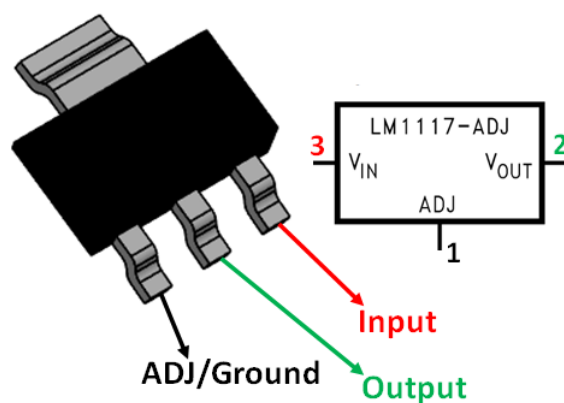
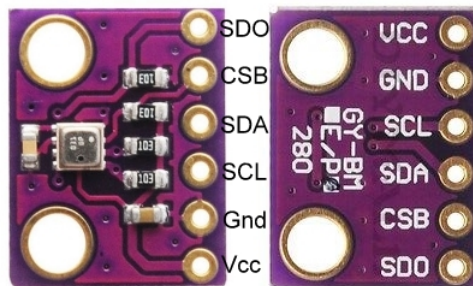


Figura 17: Pinagem do LM1117-3.3 SOT223.



BMP280

SCL = CLK, SCK | SDA = SDI | CSB = nSS, CS, CSB | SDO = SDO, DO

Figura 18: Pinagem do BMP280.

4.2 PCB

A placa de circuito impresso pode ser vista, também, por meio da organização no espaço de seus footprints. Desse modo, as imagens abaixo mostram esse tipo de representação, contendo, respectivamente, os circuitos com e sem plano de terra.

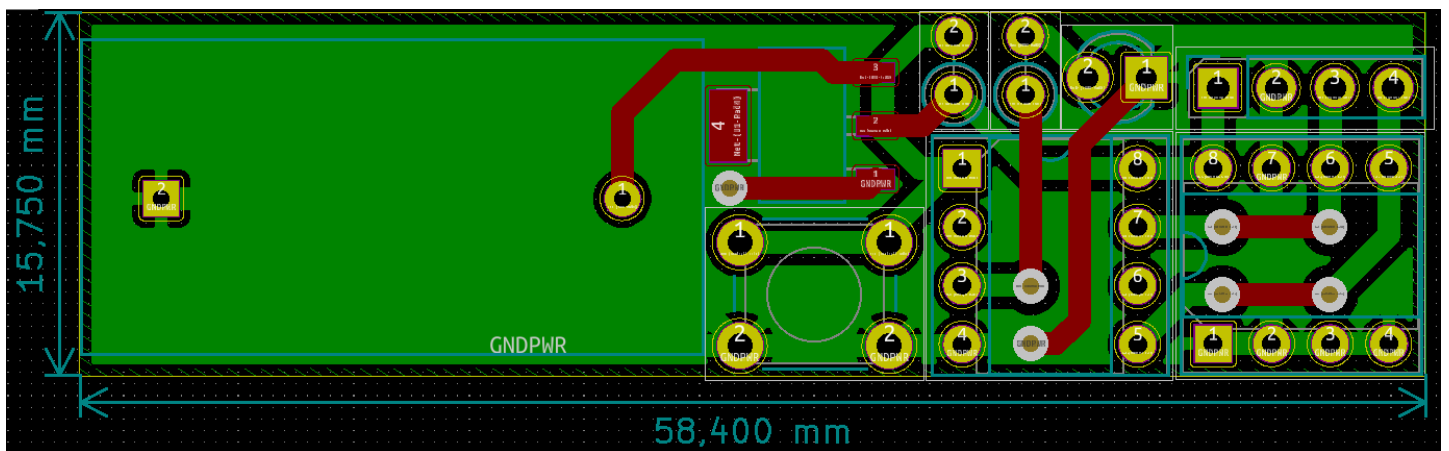


Figura 19: Placa de circuito impresso com plano de terra.

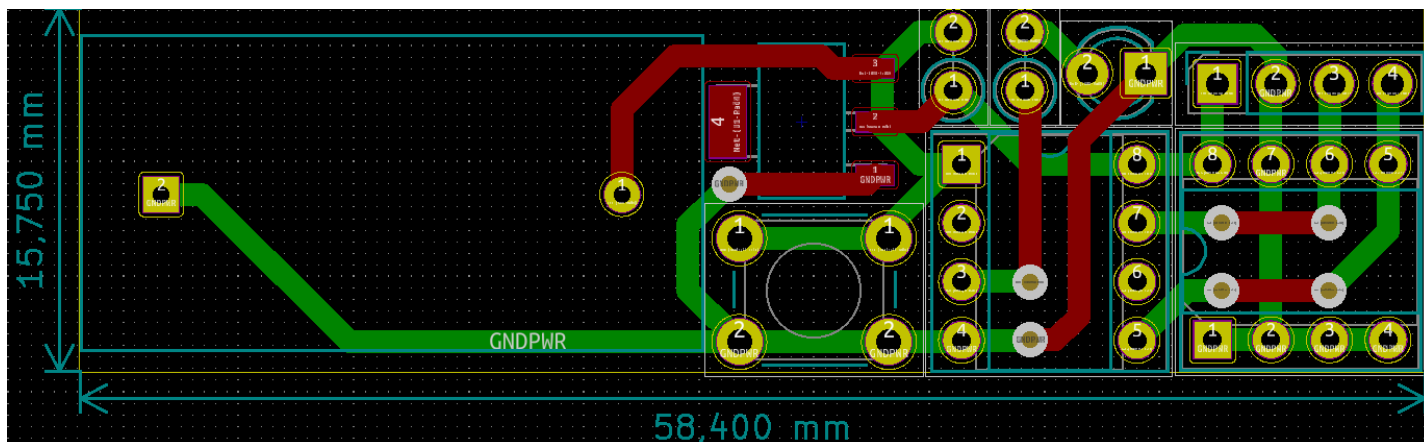


Figura 20: Placa de circuito impresso versão com footprints.

As linhas verdes e vermelhas presentes na Figura 20 são as trilhas por onde a corrente elétrica irá passar. As primeiras passarão por baixo da placa e as outras por cima, facilitando o processo de organização dos componentes. Ademais, percebe-se na imagem a existência de vias por onde pode acontecer a permuta entre as trilhas (cima e baixo). Essa troca acontece, essencialmente, pelo fato que seria muito difícil soldar, na parte de cima da placa, algum componente que fosse rente a placa, como os soquetes. Nesse sentido, a chegada e a saída de trilhas desses componentes precisam ser pela parte de baixo da placa, contribuindo, pois, para o processo de soldagem.

4.3 Projeto 3D

A simulação 3D da Avionica pode ser visualizada nas imagens abaixo, seguindo a seguinte ordem: vista frontal, superior e lateral esquerda.

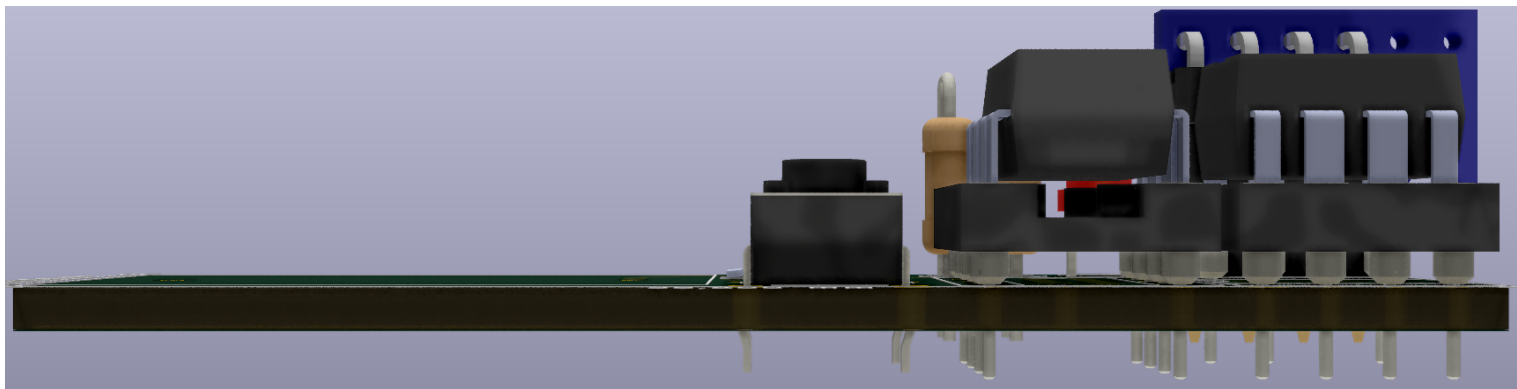


Figura 21: Vista frontal da Avionica em simulação 3D do KiCAD.

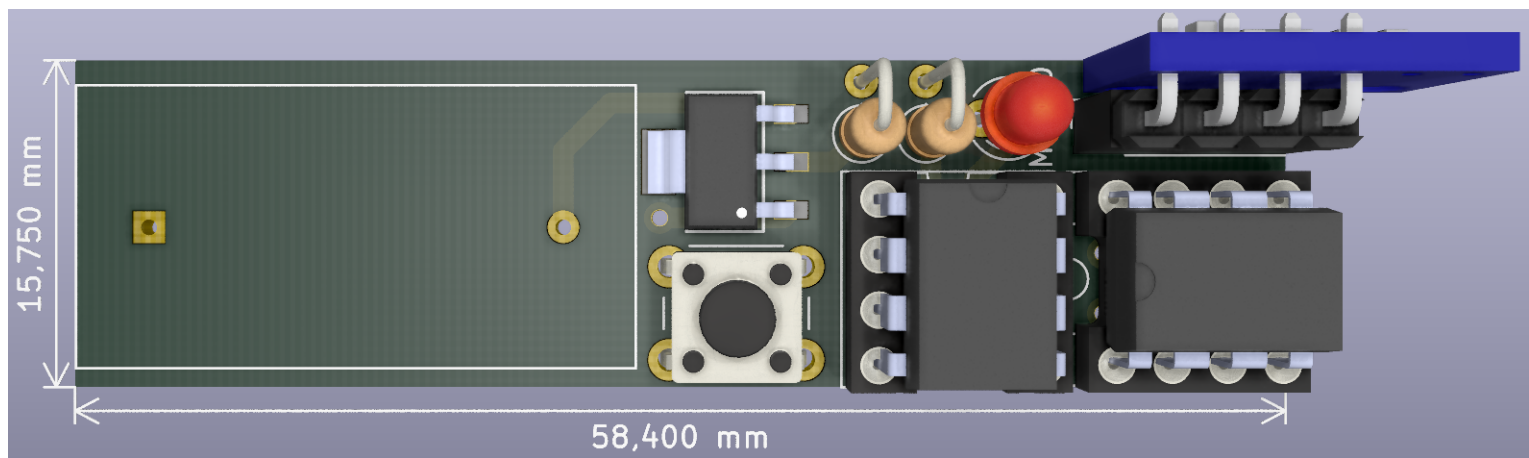


Figura 22: Vista superior da Avionica em simulação 3D do KiCAD.

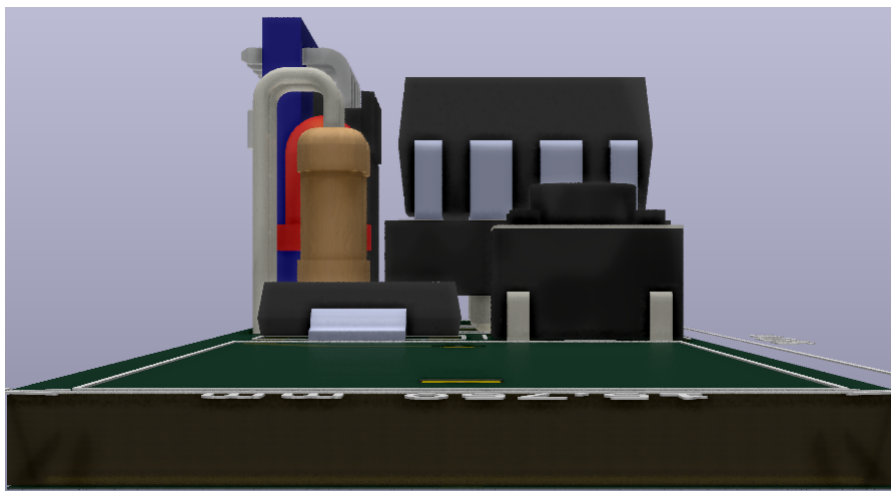


Figura 23: Vista da lateral esquerda da Avionica em simulação 3D do KiCAD.

5 Histórico

Um fator presente durante todo o desenvolvimento da aviãoica foi a mudança. Nesse sentido, pode-se perceber que nada foi imutável e que, na verdade, muitos dos resultados finais foram frutos de diversas modificações e replanejamentos. Assim, vale salientar a transição mais importante de todo o projeto.

Nessa modificação houveram grandes mudanças e graças a elas que se foi possível chegar na placa de circuito impresso final. Sob essa perspectiva, a Figura 24 ilustra o antigo esquemático da aviãoica, já a Figura 27 demonstra o novo esquemático, então, nota-se que não houveram grandes mudanças, retirando-se apenas o pin socket 1x3. Esse pino tinha como função enviar sinais ao sistema de ejeção, entretando, como o foguete H100 não conterá um sistema de ejeção, foi-se necessário retirar esse componente, reduzindo, pois, o tamanho da placa.

Por outro lado, observa-se uma gritante mudança da Figura 25 para a Figura 28. Isso acontece, pois observando-se que seria necessário retirar o pin socket, o caminho das trilhas seriam diferentes e, assim, poderia-se aproveitar melhor os espaços da placa. Desse modo, as vias foram reorganizadas, bem como o restante dos componentes, fazendo com que houvesse uma redução de quase 25% no comprimento, sem alterar drasticamente as demais medidas. Por fim, o resultado dessa transição pode ser vista ao se comparar as Figuras 26 e 29.

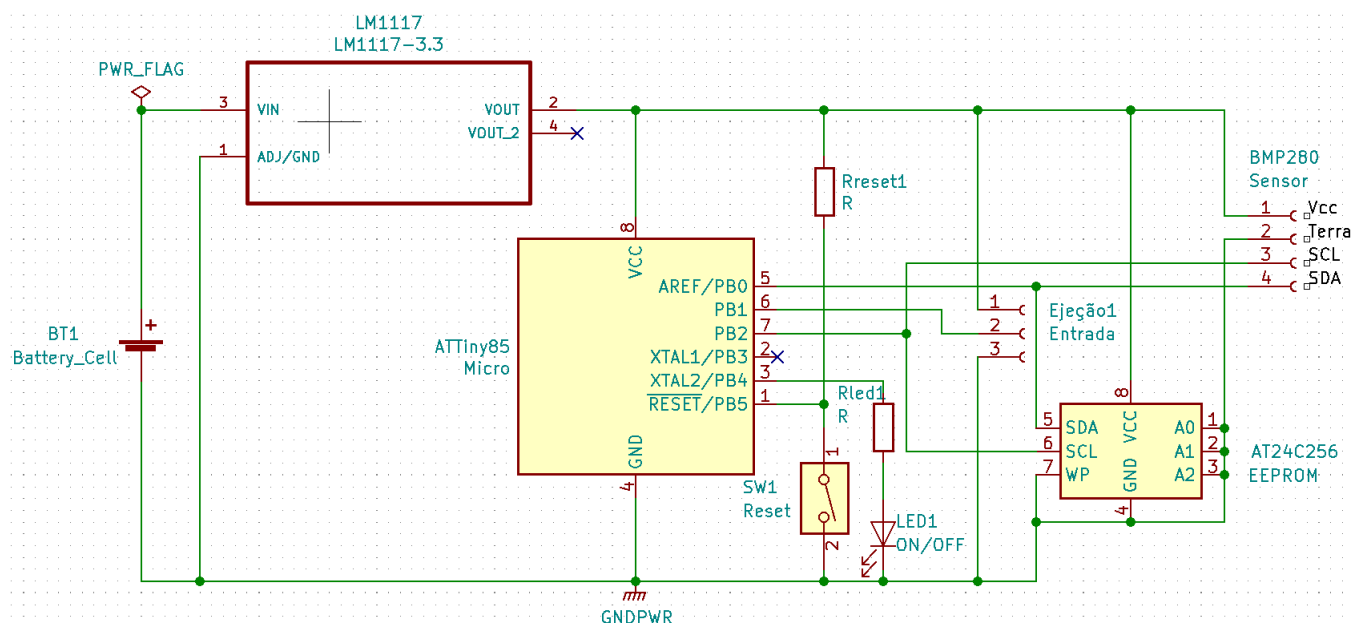


Figura 24: Esquemático da antiga aviãoica.

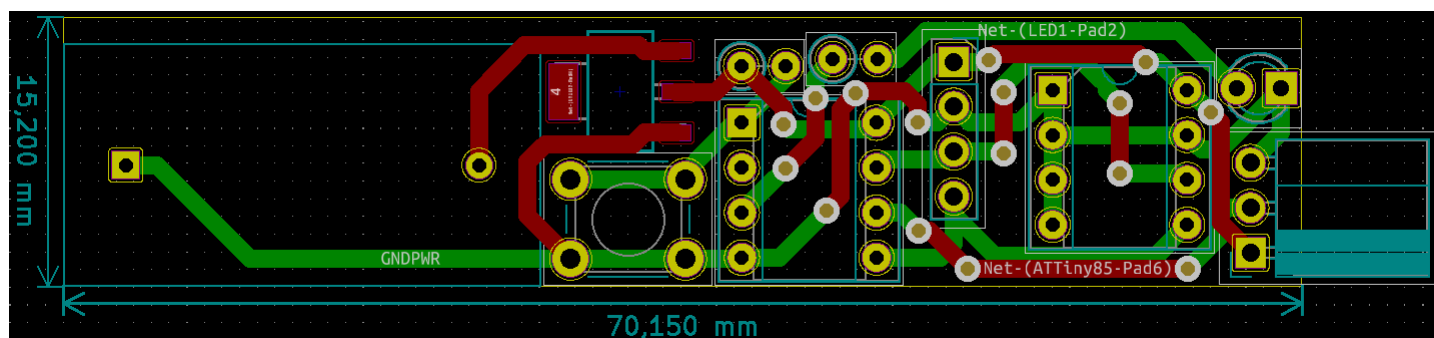


Figura 25: PCB da antiga aviônica.

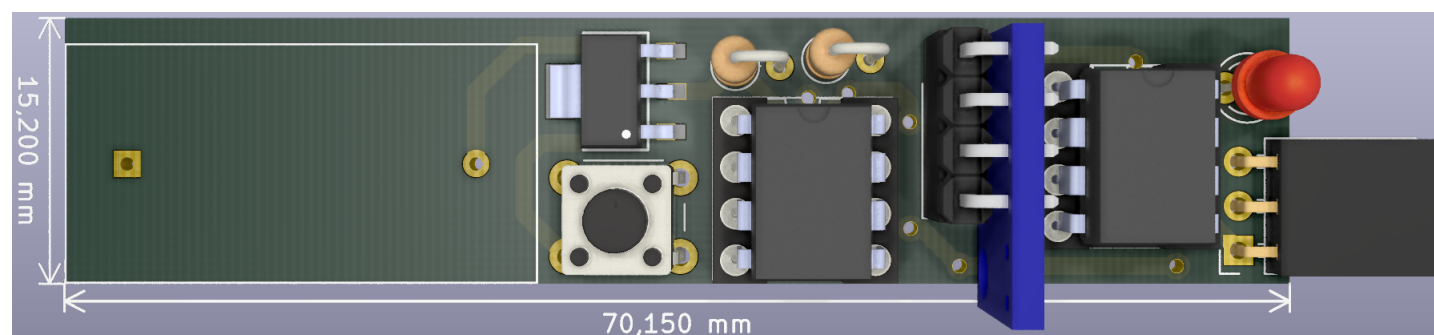


Figura 26: 3D da antiga aviônica.

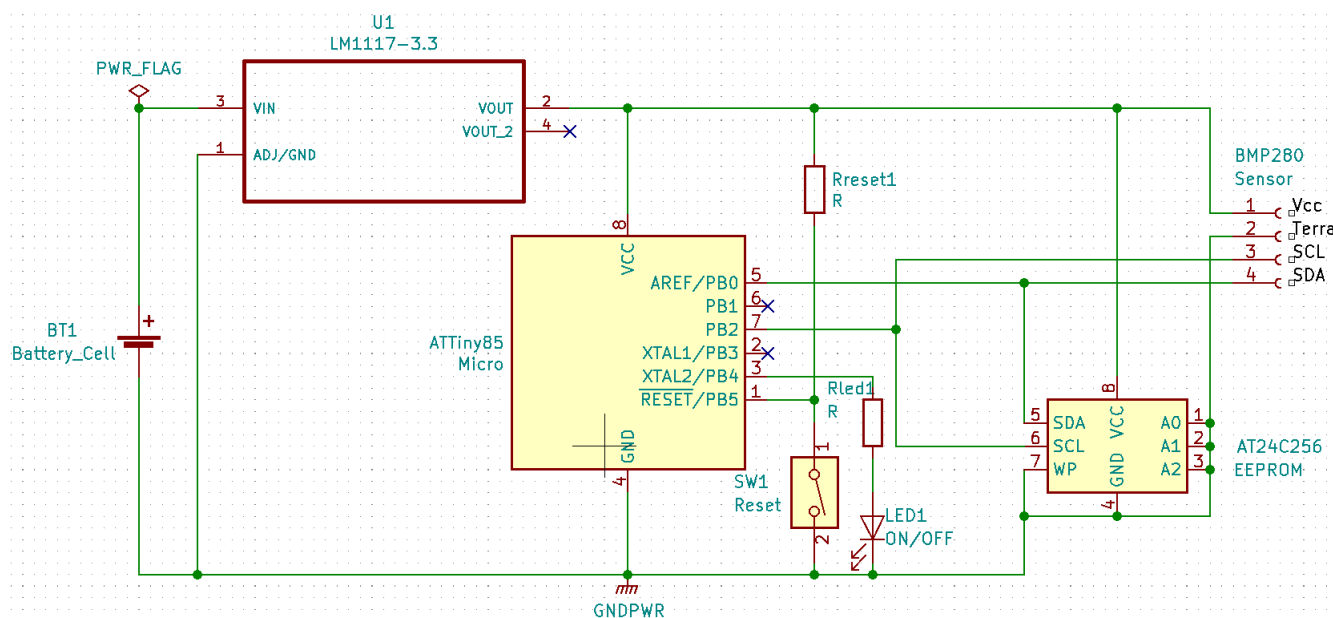


Figura 27: Esquemático da nova aviônica.

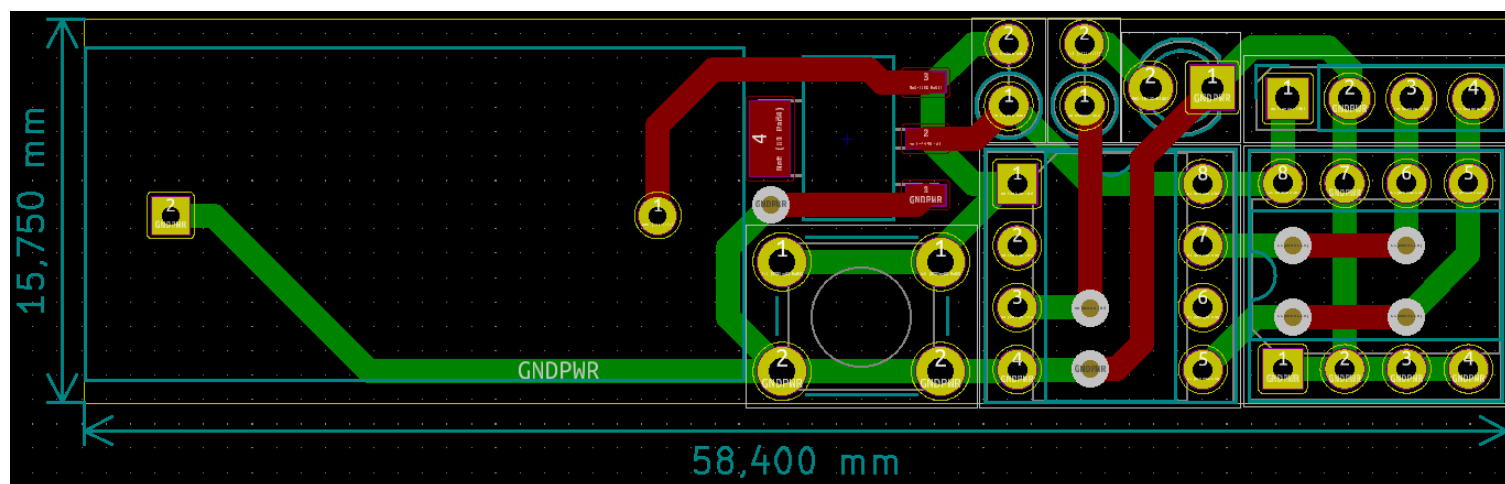


Figura 28: PCB da nova aviãoica.

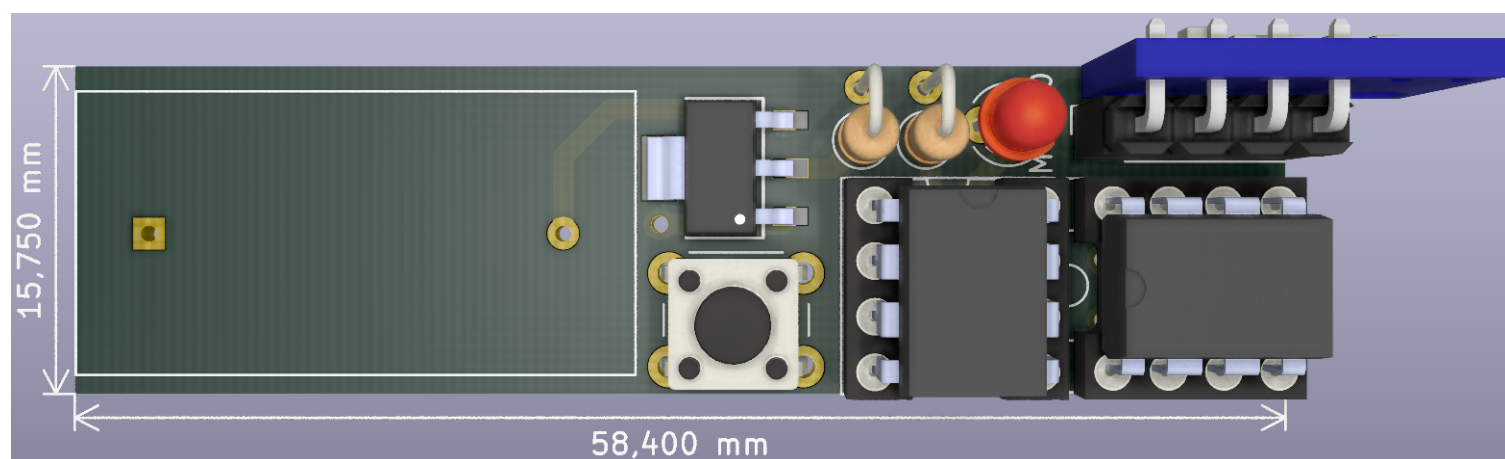


Figura 29: 3D da nova aviãoica.

6 Conclusão

A realização deste trabalho teve como resultado a confecção detalhada de uma nova Aviônica para o foguete H100. Outrossim, entende-se que houve um bom acompanhamento e desenvolvimento da placa, uma vez que todas as etapas da realização do projeto foram bem assessoradas e descritas pelo gerente Mailson Rodrigues e pelo membro Alan Lima. Sob essa perspectiva, acredita-se que a Aviônica terá um bom desempenho e cumprirá com suas finalidades pelo qual fora planejada.

7 Referências

- ACESSORIO FACIL. Bateria LR44 1.5V Cartela. Disponível em: <https://acessoriofacil.com.br/product/bateria-lr44-1-5v-cartela-com-5-unidades/>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- ALIBABA. 6x6x6 TS-1301 Tact Computadores Tátil botão Microswitch Empurre Botões Quadrados. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/6x6x6-tact-switches-tactile-switch-microswitch-push-button-square-knobs-ts-1301-1604944137.html>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- ARDUINO E CIA. Como gravar o bootloader do ATTiny85 com arduino. Disponível em: <https://www.arduinoocia.com.br/gravar-bootloader-attiny85-arduino-uno/>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- ARMELIN, Sergio. Múltiplos sensores BMP280 com Uno via SPI. Disponível em: <http://labdegaragem.com/forum/topics/multiplos-sensores-bmp280-com-uno-via-spi>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- ATMEL, AT24C256. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/175008/ATMEL/AT24C256.html>. Acesso em: 7 jun. 2020.
- ATMEL, ATTINY85. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/175195/ATMEL/ATTINY85.html>. Acesso em: 7 jun. 2020.
- BOSCH SENSORTÉC, BMP280. Disponível em: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2020.
- EBAY. Passo 50Pcs 2.54mm 1x3 Pino 3 Pinos Fêmea única Linha Reta. Disponível em: <https://www.ebay.com/itm/50Pcs-2-54mm-Pitch-1x3-Pin-3-Pin-Female-Single-Row-Straight-Header-Strip-/182205497637>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- ELECTROFUN. LED Vermelho 5mm. Disponível em: <https://www.electrofun.pt/componentes-eletronicos/led-vermelho-5mm>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- LEARNING ABOUT ELECTRONICS. How to Connect a 24LC256 EEPROM to an Arduino. Disponível em: <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/24LC256-EEPROM-circuit-with-an-arduino.php>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- LM1117T. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/134371/ETC1/LM1117T.html>. Acesso em: 8 jun. 2020.
- MASTERLINK. C.I. - Circuito Integrado AMS1117 | LM1117 (SOT-223). Disponível em: <https://www.master.link/none-32405946>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- MERCADO LIVRE. 100 Unidades Resistor 10k Ohms 10000r 1/4w. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1115384509-100-unidades-resistor-10k-ohms-10000r-14w-_JM. Acesso em: 21 jul. 2020.
- MERCADO LIVRE. 3 Peças Adaptador Soquete Torneado Dip 8 Pinos Ci Attiny 85. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1008137885-3-pecas-adaptador-soquete-torneado-dip-8-pinos-ci-attiny-85-_JM?quantity=1. Acesso em: 21 jul. 2020.
- MERCADO LIVRE. 100 X Resistor 220 Pra Led Arduino 8266 Nodemcu Esp32 Pic. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-982884445-100-x-resistor-220-pira-led-arduino-8266-nodemcu-esp32-pic-_JM?quantity=1. Acesso em: 21 jul. 2020.
- MODTRONIX. 1x4 Female Socket, H=5.7mm. Disponível em: <http://modtronix.com/hdr1x4-f254-57.html>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR, LM1117T. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=214. Acesso em: 9 jun. 2020.
- PAJENICKO.CZ. Senzor na měření teploty a tlaku BMP280. Disponível em: <https://pajenicko.cz/senzor-na-mereni-teploty-tlaku-bmp280>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- RENATA BATTERIES, LR44. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/513821/ETC1/LR44.html>. Acesso em: 9 jun. 2020.
- ROBOHELP. Attiny85 Microcontrolador Atmel Arduino. Disponível em: <http://www.robohelp.com.br/componente-eletronico/c-i-circuito-integrado/attiny85-microcontrolador-atmel-arduino>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- SHOPEE. AT24C256 24C256 DIP-8 IC. Disponível em: <https://shopee.com.br/AT24C256-24C256-DIP-8-IC-i.207446881.3711855321>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- SILVA, Jorge Coutinho da. LM1117 Linear Voltage Regulator Pinout, Features & Equivalent. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/394979829817584624/>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- ULTRA MAX, LR44. Disponível em: <https://www.ultramax.co.uk/media/catalog/product/pdf/LR44UMXB2-TECH.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2020.