



Relatório Técnico

Versão 02 - Estação Meteorológica para Táxi Aéreo
AeroMet

Evidências dos tópicos conteudistas

a) Tópico 1: Fundamentos da instrumentação eletrônica.

A instrumentação eletrônica é uma área fundamental da eletrônica, ela é a ciência responsável por estudar a manipulação de equipamentos que visam facilitar o registro de informações de variáveis físicas em suas devidas aplicações (medição, monitoramento, controle, etc). Portanto, esta área descreve e explica a utilização destes aparelhos, com o intuito de facilitar o manejo e entendimento de certos processos e conceitos.

Para complementar, segundo a definição de Arivelto. (2013, p.13). "O termo "instrumentação", de acordo com a engenharia, está associado ao estudo teórico e prático dos instrumentos e seus princípios científicos. São utilizados para monitorar de forma contínua ou discreta o comportamento de variáveis de controle que, de alguma forma, venham interessar ao homem nas diversas áreas do conhecimento humano aplicado, ou seja, não apenas nos processos produtivos industriais".

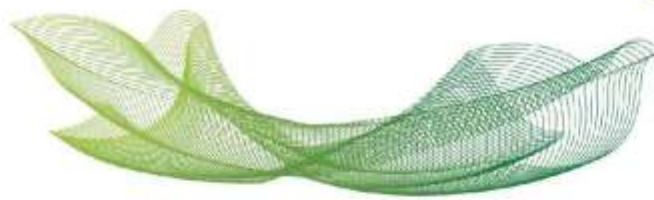
Dentro da instrumentação é possível utilizar diversos recursos para a medição das grandezas, como o uso de sensores, transdutores, amplificadores, conversores A/D, microcontroladores e outros componentes eletrônicos.

Em nosso projeto, a utilização da instrumentação eletrônica é essencial, pois utilizaremos o microcontrolador ESP12 para o projeto. Também será necessário para realizar a medição e interpretação das seguintes variáveis físicas: temperatura, umidade e pressão. Para isso utilizaremos os sensores DHT11 e BMP180.

b) Tópico 2: Princípios básicos de transdução.

Para entender a transdução é possível fazer uma associação com a etimologia da palavra, no latim *ductio* significa condução e *trans* (meios ou suportes). Assim, é possível entender a transdução como um processo dinâmico de condução de algo através de meios diferentes.

Dentro da eletrônica, esse conceito é compreendido com o processo de converter um sinal físico em um sinal elétrico. Para realizar essa conversão foram criados dispositivos chamados transdutores, cuja função é converter grandezas físicas, como temperatura, pressão, luz, entre outras, em sinais elétricos proporcionais.



Estes sinais elétricos podem então ser manipulados (processados, amplificados, transmitidos) para serem utilizados para distintas finalidades, como controle de sistemas, geração de dados ou interface com dispositivos eletrônicos.

Portanto, a transdução eletrônica possui um papel fundamental no projeto da estação meteorológica, pois utilizaremos sensores que colem os sinais provenientes das variáveis físicas e convertem em sinais elétricos, que utilizaremos para coletar os dados referentes aos fenômenos que serão estudados.

Os sensores que serão utilizados no projeto, bem como seu funcionamento serão explicitados no tópico 4 deste relatório.

c) Tópico 3: Elementos básicos de sensoriamento, sensores resistivos, indutivos e capacitivos.

Primeiro, é necessário saber a definição de sensores, segundo David e Michael (2014, p.331). “Um sensor é um elemento em um sistema mecatrônico ou de medida que detecta a magnitude de um parâmetro físico e a modifica para um sinal que pode ser processado pelo sistema. Frequentemente, o elemento ativo de um sensor é referido como um transdutor. Monitorar e controlar sistemas requer sensores para medir quantidades físicas como posição, distância, força, deformação, temperatura, vibração e aceleração”.

Assim, é possível inferir que o sensor é um dispositivo que tem como função detectar estímulos externos, e interpretá-los transformando essas grandezas físicas em sinais elétricos. Ou seja, o sensor é um artefato que permite a coleta de informações do meio e fazer uma interação com o mesmo.

Os sensores estudados serão os capacitivos, resistivos e indutivos.

Os sensores indutivos são capazes de detectar a presença de materiais e produtos metálicos que são condutores de energia elétrica. Ou seja, esses dispositivos medem a indução magnética.

Os sensores capacitivos são capazes de detectar qualquer tipo de massa. A partir da medição da capacitância, que é a habilidade de um condutor de armazenar carga elétrica.

A diferença entre ambos é que enquanto os sensores indutivos têm sua aplicação quando há uma maior necessidade de alcance, largura de banda e melhor custo benefício, já os sensores capacitivos podem ser utilizados para realizar a detecção de diversos tipos de materiais.

Os sensores resistivos têm sua função semelhante aos resistores, mas que variam o valor de sua resistência de acordo com certas características, como luminosidade ou temperatura.

Portanto, a partir destas definições é possível concluir que esses conceitos serão utilizados no projeto a partir dos sensores DHT11 e BMP180. O sensor de temperatura e umidade DHT 11 se encaixa como capacitivo e também resistivo. Pois, ele realiza a leitura de duas grandezas físicas, temperatura e umidade. A umidade é medida em



sensores capacitivos, já a temperatura, através do uso de termistores é medida em sensores resistivos.

Ambos os funcionamentos destes sensores de acordo com a sua transdução serão explicados no tópico 4 deste relatório.

d) Tópico 4: Transdutores utilizados para medidas em engenharia.

De acordo com a definição de transdução apresentada no tópico 2, os transdutores são responsáveis por converter grandezas físicas (temperatura, pressão, luz, som, etc.) em sinais elétricos. Os transdutores que são mais utilizados para medidas em engenharia são:

- **Termopar:** São sensores de temperatura que para realizar a medição utilizam a diferença de potencial gerada quando dois metais diferentes são aquecidos ou resfriados.
- **Termorresistor:** São sensores de temperatura que para realizar a medição utilizam a diferença entre sua resistência elétrica, que varia conforme a mudança de temperatura.
- **Transdutor de Pressão:** São responsáveis por converter a medida da pressão em um sinal elétrico. Podem ser do tipo piezoelétrico, capacitivo e resistivo.
- **Transdutor de Força:** São responsáveis por converter a medida da força mecânica aplicada em um sinal elétrico.
- **Transdutor de Luz:** São responsáveis por converter a medida da intensidade luminosa em um sinal elétrico.

Em nosso projeto iremos utilizar o sensor BMP 180 que possui como principal elemento de transdução uma membrana fina e flexível feita de material piezoelétrico. Este material gera uma carga elétrica quando sofre uma deformação mecânica.

O sensor possui duas câmaras, uma delas é a de referência selada e a outra de pressão exposta à atmosfera. Quando a pressão atmosférica entra em contato com a membrana da câmara de pressão ocasiona uma deformação da mesma.

Desta forma, o cálculo da tensão é realizado a partir da deformação na membrana piezoelétrica, que resulta em uma variação na tensão elétrica gerada. Esta tensão é proporcional à diferença de pressão entre a câmara de pressão e a câmara de referência.

O BMP180 dentro de seus componentes, possui uma configuração eletrônica interna que é responsável por amplificar o sinal gerado pelo elemento piezoelétrico e também converte essa tensão em uma leitura digital.



A partir da pressão medida, é possível calcular a altitude com base na variação da pressão atmosférica com a mesma. Porém, até o momento, esta função não será utilizada no projeto.

O BMP180 também possui em seus componentes um termômetro de precisão integrado, permitindo a correção da pressão em relação à temperatura ambiente, visando obter medidas mais precisas.

Outro sensor utilizado no nosso projeto é o DHT11, que tem como função medir a temperatura e a umidade, a partir do emprego de um componente chamado "sensor de umidade capacitivo" e da incorporação de um termistor para medir a temperatura. O princípio da sua transdução funciona da seguinte forma:

Para o sensor de umidade capacitivo, sua funcionalidade é resultante das propriedades elétricas presente nos materiais higroscópicos. Este material tem a capacidade de absorver ou liberar água, dependendo da umidade atual do ambiente. Dentro do sensor, há um capacitor que possui duas placas condutoras separadas por esse material. A capacitância varia conforme o material absorve ou libera água, de acordo com a umidade relativa do ar. Dessa forma, a partir do cálculo da capacitância, o sensor consegue determinar a umidade relativa.

Já o termistor é um componente que tem como característica uma resistência que varia com a temperatura. No caso do DHT11, sua resistência diminui conforme a medida da temperatura aumenta e vice-versa. Portanto, a resistência do termistor é utilizada para calcular a temperatura do ambiente.

O DHT11 possui uma configuração eletrônica interna que processa as leituras do termistor e do sensor de umidade capacitivo, para convertê-las em valores de temperatura e umidade.

e) Tópico 5: Amplificadores de instrumentação.

Na área da eletrônica, os amplificadores são dispositivos ou circuitos responsáveis por aumentar a amplitude de um sinal elétrico. Estes aparelhos coletam e processam os sinais de entrada, aumentando a sua potência e tornando-os adequados para acionar componentes de saída, deixando estes sinais mais fortes. Os amplificadores ajudam a ajustar a magnitude do sinal de controle de acordo com as necessidades do sistema, permitindo assim um controle preciso e eficaz do mesmo.

O ganho de um amplificador é a medida resultante do cálculo de quanto ele amplifica o sinal de entrada. Ou seja, ele indica quantas vezes o sinal de saída é maior do que o sinal de entrada. É geralmente expresso em decibéis (dB).

Existem vários tipos de amplificadores, incluindo amplificadores operacionais (op-amps), amplificadores de potência, amplificadores de radiofrequência (RF) e muitos outros. Cada tipo é projetado para aplicações específicas.

Os amplificadores também podem ser classificados em lineares e não lineares. Os lineares produzem uma saída proporcional à entrada e são comuns em aplicações de



áudio. Amplificadores não-lineares, por outro lado, não mantêm essa proporção e são usados principalmente para modulação de sinal.

Os sensores utilizados em nosso projeto não requerem amplificação para suas leituras, pois já possuem um circuito interno que digitaliza as medições de necessárias e envia esses dados em um formato digital. Como o BMP 180, que possui uma configuração eletrônica interna para amplificar o sinal gerado pelo sensor piezoelétrico e convertê-lo em uma leitura digital. Isso é feito usando circuitos internos e conversores analógico-digitais (ADC) para digitalizar o sinal de carga.

f) Tópico 6: Sistema de aquisição de dados e filtros.

Um sistema de aquisição de dados pode ser entendido como um sistema que irá coletar, processar sinais analógicos ou digitais provenientes de sensores, que serão utilizados para um fim específico, como análise, armazenamento, etc. A filtragem é utilizada para reduzir o ruído e as interferências indesejadas que afetam os dados coletados. Portanto, os filtros são essenciais para a manutenção desses sistemas, uma vez que eles melhoram a qualidade dos dados coletados, deixando-os mais precisos e seguros.

Em nosso projeto, os sensores utilizados enviarão os dados para o microcontrolador ESP12, que por meio de bibliotecas especializadas na leitura dos dados dos sensores DHT Sensor Library, Adafruit Unified Sensor Lib e SFE_BMP180 passam por um filtro de média móvel, após o processo de filtragem serão incorporados em um banco de dados hospedado em nuvem, da plataforma Firebase.

Filtro com Média Móvel Exponencial: este tipo de filtro é utilizado para suavizar ou atenuar as flutuações em um sinal de entrada, como uma série temporal de dados. Eles calculam uma média ponderada dos valores anteriores da série temporal para produzir uma saída mais estável. Essa técnica é frequentemente usada para remover ruídos de um sinal ou para identificar tendências em dados.

Portanto, para realizar a filtragem, utilizaremos a Média Móvel Exponencial (EVA - Exponential Moving Average), que diferente da Média Móvel Simples (SMA - Simple Moving Average) os valores mais recentes têm mais peso do que os valores mais antigos.

FÓRMULA DA MÉDIA MÓVEL EXPONENCIAL:

$$EVA = (V1 - EVA \text{ anterior}) \times (2/(n + 1)) + EVA \text{ anterior}$$

(Onde o n é o número de períodos e o v é o valor.)

g) Tópico 7: Estruturas básicas de condicionamento analógico de sinais para instrumentação.

Primeiramente, é necessário entender o significado de condicionamento de sinais. Ou seja, realizar o condicionamento de um sinal é o processo de converter o mesmo de forma que seja possível associá-lo a outros elementos.



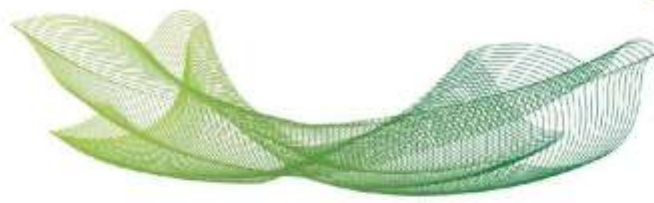
Para realizar um condicionamento de sinais é necessário amplificar, filtrar e equalizar os sinais obtidos, de acordo com suas necessidades específicas. Além disso, quando o sinal for proveniente de uma grandeza física (analógico), será necessário realizar previamente uma conversão analógica digital (A/D).

Após estes ajustes, é esperado que o sinal passe a ter um nível de tensão adequado, uma boa relação sinal/ruído e a menor distorção harmônica possível.

Para realizar estas adequações, existem estruturas que auxiliam o condicionamento analógico destes sinais, alguns exemplos são:

- **Amplificação:** Na amplificação, os sinais que possuem baixa intensidade são estimulados de forma que a máxima tensão do sinal a ser condicionado coincida com a máxima tensão de entrada do conversor A/D. Assim, a intensidade do sinal é aumentada e o ruído reduzido.
- **Isolação:** Nesta estrutura é feita a isolação dos sinais captados pelos sensores em relação à entrada do conversor. Dessa forma, são evitados problemas como a diferença de potencial (tensões do modo comum entre terras) que podem gerar uma imprecisão na representação do sinal adquirido ou um curto (devido aos sinais de alta tensão) que pode danificar o conversor. A partir do uso de módulos de condicionamento de sinal isolados elimina-se o curto de terra e assegura-se que os sinais são adquiridos com precisão e segurança.
- **Multiplexagem:** Nesta técnica diversos sinais são medidos com o uso de um único equipamento. Este dispositivo, possui um conversor A/D que realiza diversas amostragens em diferentes canais.
- **Filtragem:** Como já descrito anteriormente neste relatório, o filtro é utilizado para remover ruídos e sinais indesejados do sinal que está sendo analisado. Se estas interferências não forem tratadas, elas irão aparecer entre os sinais da largura de banda de entrada do equipamento, levando a coleta de dados inconsistentes.
- **Excitação:** Certos sensores e transdutores precisam de uma tensão externa ou sinais de corrente de excitação para funcionarem. Portanto, esta estrutura usa módulos que geram estes sinais para que os dispositivos possam funcionar adequadamente.
- **Linearização:** A linearização consiste na aplicação de técnicas ou no uso de circuitos que ajustam um sinal não linear para que ele se torne o mais linear possível. Dessa forma, o sistema faz com que pequenas variações no sinal correspondam a variações proporcionais na variável física, facilitando o processamento dos dados.

Em nosso projeto o condicionamento de sinais é extremamente necessário, pois os dados que serão fornecidos ao piloto devem ser precisos, de forma a relatar exatamente as condições do tempo naquele momento. Para isso, os sensores que serão utilizados



possuem módulos internos para melhorar a qualidade do sinal. Além disso também usaremos métodos de filtragem digital para deixar os dados mais próximos da realidade.

h) Tópico 8: Sinais e ruídos.

Segundo a definição de Alan V. Oppenheim e Ronald W. Schafer, autores do livro "Processamento de Sinais Digitais", o sinal pode ser definido como "uma função de uma ou mais variáveis independentes que contém informações sobre o comportamento ou as características de algum fenômeno.". Ou seja, um sinal elétrico representa a variação de uma grandeza física ao longo do tempo, que será posteriormente interpretada e transformada em uma informação.

Existem dois tipos de sinais, os analógicos e os digitais.

O sinal analógico tem como principal característica, uma variação de maneira contínua, que se altera conforme o passar do tempo. Este sinal pode assumir um número infinito de valores dentro de uma faixa contínua. Ou seja, ele possui todos os valores intermediários entre um número inteiro e outro, resultando em uma grande faixa de frequência, consequentemente se tornando suscetível a uma grande quantidade de oscilações.

Já o sinal digital possui valores discretos, dentro de um sistema binário, usualmente representados por zeros e uns (0 e 1). Ou seja, ele opera com números descontínuos no tempo e na amplitude, desta forma diminuindo a faixa de frequência entre eles e a oscilação.

Já os ruídos podem ser entendidos, de acordo com a definição de David M. Pozar, autor do livro "Microwave Engineering", como "qualquer sinal indesejado ou interferência que pode afetar a qualidade de um sinal ou o desempenho de um sistema eletrônico". Ou seja, o ruído é um sinal que pode ser gerado pelo homem ou gerado pelo próprio dispositivo de medição, que interfere em outros sinais, provocando a degradação dos mesmos durante o seu processamento.

Em nosso projeto estes conceitos são importantes pois faremos a captação dos dados provenientes de variáveis físicas, que a partir de um processo de transdução, emitem sinais elétricos que serão interpretados pelos sensores e transformados em dados. Não obstante, existem ruídos que podem interferir nessa aquisição de dados, para reduzi-los realizaremos uma filtragem destes sinais. Para isso utilizaremos o conceito de média móvel, que já foi explicado no tópico 6 desta unidade.

i) Tópico 9: Técnicas de filtragem.

Os filtros são circuitos eletrônicos desenvolvidos para permitir, ou bloquear, a passagem de um sinal eletrônico dentro de um espectro de frequência pré-estabelecido. Ou seja, a filtragem consiste na análise de padrões em sinais de forma a remover ou atenuar as frequências de sinais indesejadas, como ruídos e interferências. As técnicas de filtragem desempenham um papel fundamental na instrumentação eletrônica, pois tornam os



resultados das medições mais precisos e confiáveis. O filtro pode ser implementado através de dispositivos de forma física ou de forma digital através da programação.

Abaixo seguem alguns exemplos de filtros físicos e digitais.

1. Filtro Passa-Baixa: Este filtro é utilizado para remover ruídos de alta frequência, pois ele permite a passagem de frequências abaixo de uma faixa de corte especificada e bloqueia as frequências acima desta. Este tipo de ruído pode interferir em sinais de baixa frequência, como em sensores de temperatura.

2. Filtro Passa-Alta: Esse filtro é utilizado para remover ruídos de baixa frequência, pois ele permite a passagem de frequências acima de uma faixa de corte especificada e bloqueia as frequências mais baixas.

3. Filtro Passa-Banda: Este filtro é utilizado quando é necessário permitir a passagem de sinais em uma faixa de frequência específica. Ou seja, ele permite a passagem de frequências dentro de um intervalo específico e bloqueia as frequências que não fazem parte desta faixa de corte.

4. Filtro Rejeita-Banda: Este filtro é utilizado quando é necessário bloquear a passagem de sinais em uma faixa de frequência específica. Ou seja, ele rejeita as frequências de uma faixa de corte, enquanto permite a passagem de todas as outras que não fazem parte dela.

5. Filtro Ativo: Este filtro é utilizado quando o sinal a ser estudado, precisa ser amplificado. Portanto, este filtro possui em sua composição amplificadores operacionais (op-amps) que além de filtragem realizam a amplificação dos sinais obtidos.

6. Filtro Digital: Este filtro utiliza o processamento digital dos sinais para realizar o processo de filtragem. Portanto, para que este tipo de filtro possa ser utilizado é necessário converter os sinais analógicos em digitais.

7. Filtro Adaptativo: Estes filtros são conhecidos por sua flexibilidade, eles são capazes de ajustar dinamicamente os seus parâmetros de filtragem de acordo com as características específicas do sinal e de suas interferências.



Em nosso projeto, até o momento, utilizaremos um sistema de filtragem digital, a partir de uma técnica chamada média móvel exponencial, como descrito de maneira detalhada no tópico 6, este filtro da maior relevância aos valores recentes do que ao mais antigos, essa escolha foi feita visando as mudanças abruptas no tempo, tentando simular um ambiente em tempo real.

j) Tópico 10: Instrumentação virtual.

A instrumentação virtual é substituição aos sistemas convencionais de medição e controle já conceituados no meio, realizados através de instrumentos físicos. Esse novo conceito se trata das mesmas aplicações, com a diferença que serão implementadas utilizando o software e hardware de um computador. Estes softwares tem a função de adquirir, processar, visualizar e controlar dados coletados da medição.

O funcionamento é semelhante aos mesmo processo de aquisição, condicionamento e interpretação dos sinais mencionados anteriormente no relatório. Entretanto, para a instrumentação eletrônica todas as etapas são realizadas por meio de software.

Os dados adquiridos, após serem processados são exibidos em uma interface gráfica, onde poderão ser representados através de gráficos, tabelas, medidores, gráficos em tempo real, etc.

Portanto, a instrumentação virtual oferece alta flexibilidade, auxiliando na prevenção e resolução de problemas, uma vez que estes sistemas podem ser configurados e alterados por meio do próprio software. Além disso, é possível executar testes e simulações antes de realizar a implementação física, economizando tempo e recursos.

Um exemplo deste software é o LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) que facilita a interação virtual de hardwares, possibilitando a análise de dados e o processamento de sinais de forma mais eficiente.

Em nosso projeto, a princípio não utilizaremos nenhum software que realize a função de instrumentação virtual.

k) Tópico 11: Programação em Instrumentação virtual.

Como definido no tópico 10, a instrumentação virtual consiste no uso de softwares para adquirir, processar, analisar, visualizar e controlar dados de instrumentação e medição em um ambiente computacional.

Portanto, para o seu devido manuseio é necessário saber realizar a programação adequada para estes tipos de softwares.

A programação dentro da instrumentação pode ser utilizada para o processamento e condicionamento de sinais, ao desenvolver algoritmos para realizar a filtragem, análise, transformações matemáticas, linearização e qualquer outro processamento necessário para melhorar a qualidade dos sinais obtidos. Outra utilidade seria implementar algoritmos de controle, para gerar feedbacks e automatizar a lógica para tomada de decisões com base nas requisições do projeto.



Em nosso projeto, como não utilizaremos nenhum software para instrumentação virtual, também não será necessário fazer a programação do mesmo.

Descrição do Projeto da Estação Meteorológica

Diante das recentes mudanças climáticas, se faz cada vez mais necessário possuir algum meio de medir as variações do tempo com maior precisão e em tempo real, para que essas informações possam ser acessadas por meio da internet.

Portanto, o objetivo do projeto é a construção de uma estação meteorológica, que capte os dados em tempo real e os transfira na nuvem para serem acessados remotamente e interpretados com maior facilidade.

Nosso projeto se aplica dentro de um contexto de taxi aéreo, a ideia é utilizar sensores para medir a temperatura, umidade e pressão no momento que o voo será realizado para conferir sua viabilidade perante as variações do tempo. Dessa forma, caso as condições sejam adequadas para a realização do taxi aéreo, nossa estação piscará o led verde, e acionará uma ventoinha, que simulará a hélice do helicóptero. Caso as condições do tempo não forem favoráveis para a decolagem, o led piscará na cor vermelha e a ventoinha a irá parar de funcionar. Na estação haverá um botão para fazer a hélice funcionar, se as condições forem inadequadas, mesmo pressionando o botão ela não funcionará. Assim, utilizaremos o controle on/off.

Também será possível acessar estas mesmas informações por meio da internet, onde os dados da estação meteorológica serão coletados e armazenados em um banco de dados e exibidos por meio de um site, lá será possível visualizar essas informações e se o voo será permitido ou não.

Componentes Eletrônicos Adquiridos

a) Microcontrolador:

ESP12 (NODEMCU ESP8266)

- Módulo Wi-Fi integrado de 2,4 GHz (802.11 b / g / n, compatível com WPA / WPA2);
- Frequência de 80 MHz;
- Arquitetura RISC de 32 bits, baseada no Tensilica Xtensa L106;
- Tensão de operação de 3,3 V;
- ROM de inicialização de 64KB;
- RAM para boot de 64 KB;



- RAM para dados de 96 KB;
- Possui 16 pinos digitais GPIO (Entrada e saída de uso geral);
- Protocolo de comunicação serial (I²C);
- Conversão de analógico para digital (ADC de 10 bits);
- Protocolo de comunicação serial da Interface Periférica Serial (SPI);
- I²S (Inter-IC Sound) interface com DMA (Direct Memory Access) (compartilhamento de pinos com GPIO);
- UART – Receptor/Transmissor Universal Assíncrono;
- Modulação por largura de pulso (PWM);

b) Sensores:

Sensor de Umidade e Temperatura DHT11

- Faixa de medição de umidade: 20 a 90% UR;
- Faixa de medição de temperatura: 0 a 50 °C;
- Alimentação: 3 - 5V DC (5,5VDC máximo);
- Corrente: 200uA a 500mA, em stand by de 100uA a 150 uA;
- Precisão de medição de umidade: ± 5,0% UR;
- Precisão de medição de temperatura: ± 2.0 °C;

Sensor de Pressão Atmosférica BMP180

- Módulo GY-68;
- Tensão de operação: 1,8 a 3,6 VDC;
- Consumo de corrente: 0,5 µA;
- Faixa de leitura de pressão: 30.000 a 110.000 Pa;
- Faixa de leitura da altitude: -0,5 km a 9 km;
- Faixa de leitura da temperatura: -40 a 85°C;
- Comunicação: I2C.

c-) Outros componentes

Ventoinha Fan



- Dimensão: 92x92x25mm / 9x9x2,5cm
- Tensão: 12V.
- RPM: 2900~3100 RPM
- Corrente: 50/60 HZ 0,20A.
- Fluxo de ar: 18,2l/s

Relé

- Tensão: 3V
- Corrente de operação: 15 ~ 20mA
- Capacidade do relé: 30VDC/10A e 250VAC/10A
- Tempo de resposta: 20ms
- Dimensões: 17mm(L) X 17mm(A) X 56mm(C)

Conclusão

Neste estudo, é possível concluir que todos os tópicos abordados em aula de instrumentação eletrônica e sistemas de controle são de extrema importância para o desenvolvimento do projeto. Uma vez que estes conceitos são utilizados em todos os componentes e dispositivos utilizados no projeto. Para realizar a construção da estação meteorológica, utilizaremos os sensores que possuem a tecnologia de transdução, amplificação e favorecem a aquisição de dados em tempo real que serão transmitidos em nuvem para um site hospedado na internet. A partir da leitura e análise correta destes dados, o piloto saberá se é possível realizar o serviço de táxi aéreo.

Autores

Nome: Lauro Henrique Santos	RA: 202110422	Curso: Eng. Elétrica
Nome: Matheus Barboza Oliveira	RA: 202121457	Curso: Eng. Elétrica
Nome: Matheus Campos Negretti	RA: 202108365	Curso: Eng. de Computação
Nome: Renan Alexandre Couto	RA: 202109338	Curso: Eng. de Computação
Nome: Samuel Moreira Dias	RA: 202106783	Curso: Eng. de Computação



Data de elaboração

Bragança Paulista, 13 de outubro de 2023.

Líder do GTP: Matheus Campos Negretti

Referencias

FIALHO, ARIVELTO, **Instrumentação Industrial - Conceitos, Aplicações e Análises** 7ª. ed. São Paulo: Editora Érica, 2013.

BALBINOT, ALEXANDRE, **Instrumentação e Fundamentos de Medidas - Vol. 1.** 3ª. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC - GEN, 2019.

HISTAND, MICHAEL; ALCIATORE, DAVID, **Introdução à Mecatrônica e aos Sistemas de Medições.** 4ª. ed. Porto Alegre: Editora AMGH, 2014.

ERNESTO, RAMIREZ. **Sistemas de Medição Biomédica - Parte I.** Disponível em: < http://www.uel.br/pessoal/ernesto/2ele048/instr010203_v03.pdf> Acesso em: 08 set. 2023.

PADOVANI, J.H. **Acerca da transdução: princípios técnicos, aspectos teóricos e desdobramentos.** Disponível em:

< https://anppom.org.br/anais/anaiscongresso_anppom_2014/3232/public/3232-9878-1-PB.pdf> Acesso em: 08 set. 2023.

BRANDÃO, DENNIS. **Redes de Comunicação Industrial.** Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3983384/mod_resource/content/1/SEL0432_2017_Instrumentação.pdf#:~:text=Instrumentação%20é%20a%20ciência%20que,em%20equipamentos%20nos%20processos%20industriais.> Acesso em: 08 set. 2023.

<https://www.smar.com/pt/artigo-tecnico/condicionamento-de-sinais-analogicos-sensores>

<https://www.dsif.fee.unicamp.br/~elnatan/ie327/IE327.pdf>

LOPES, VINICIUS. **Instrumentação Virtual Aplicada ao Ensino Experimental de Engenharia Elétrica.** Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-09012008-150802/publico/Dissertacao_Revisada_ViniciusJoseSantosLopes.pdf. Acesso em: 12 out. 2023.

FABRIS, ERIC. **Concepção de CI Analógicos.** Disponível em: http://www.ece.ufrgs.br/~fabris/E04055/E04055_Ruido.pdf. Acesso em: 12 out. 2023.