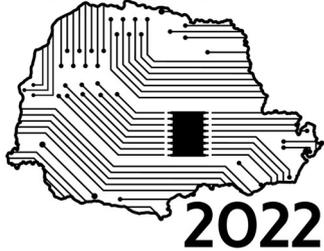


SeMicro-PR



Sistema de aquisição de dados ambientais baseado em Internet das Coisas

Gustavo Augustin¹, André Augusto Mariano¹, Gustavo Henrique da Costa Oliveira¹
UFPR – Universidade Federal do Paraná
Curitiba-PR, Brasil
gustavo.augustin@ufpr.br

Resumo— Com o crescente aumento da demanda de energia elétrica mundial, no Brasil a demanda da mesma forma vem crescendo, tornando mais evidente a necessidade de medidas que busquem tornar este consumo mais eficiente. No entanto, é necessário também tratar sobre o conforto das pessoas, já que a falta disto impacta significativamente nas atividades humanas. Uma ferramenta útil para desenvolvimento de ações que busquem conforto com eficiência é a utilização de soluções de IoT, dentro da coleta de dados, armazenamento, análise e até acionamentos, tudo isto em tempo real, proporcionado pela conexão com a internet. Baseado nisto o presente estudo realiza o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados ambientais conectado à internet, realizando medidas de temperatura, umidade relativa e luminosidade, buscando criar uma base de dados completa o suficiente para verificação do conforto térmico e adoção de medidas que busquem promover eficiência energética. Este sistema foi desenvolvido baseado na tecnologia do ESP32, realizando as medidas de temperatura e umidade relativa por meio do sensor DHT22, luminosidade por um light dependent resistor (LDR) e sendo essas medidas publicadas em um arquivo .csv em um servidor, gerando um banco de dados. O que baseado pelo hardware, software, filtros e testes realizados se mostrou útil para o propósito que foi desenvolvido.

I. INTRODUÇÃO

A explosão de inovação e de novas tecnologias, vem aumentando de forma significativa a demanda de energia elétrica mundial. No Brasil, setores como o de serviços públicos e residencial tiveram um aumento respectivo de demanda de energia elétrica de 2,4% e 3,8% em 2020, comparando com 2019. Nestes setores, a demanda vem em uma crescente nos últimos cinco anos [1], sendo estes setores na maioria em grandes centros, compostos por edificações de grande porte. Desta forma, adotar medidas que busquem tornar este consumo mais eficiente são necessárias. Mas além disso, também é necessário e possível ter uma preocupação com o conforto de seus ocupantes, visto que isto é importante também já que em uma fábrica onde um trabalho físico é realizado, o

rendimento da atividade cai 15% com a alteração da temperatura do ambiente de 20°C para 24°C [2].

Uma das ferramentas que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de soluções que busquem promover conforto com eficiência é a internet das coisas (*Internet of Things – IoT*) que consiste na conexão de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas por meio de dispositivos eletrônicos, o que possibilita a coleta de dados, a troca de informações e um gerenciamento automatizado e centralizado [3]. A aplicação de ferramentas de IoT em prédios pode ser interessante no que se refere a conexão de ambientes e implementação de sistema de gerenciamento inteligente, utilizando as medidas realizadas pelos dispositivos na tomada de decisão de acionamentos, buscando justamente eficiência energética, como exemplo.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um equipamento de aquisição de dados ambientais conectado à internet, criando um banco de dados com suas medidas para acesso remoto via página web, monitorando temperatura, umidade relativa e luminosidade de forma simples e em menor tempo, tamanho e custo, para que o sistema seja montado, testado e entre em operação realizando as medições desejadas, construindo um histórico de dados que pode ser utilizado para análises de condições ambientais que afetam o consumo e conforto térmico dos ambientes na Universidade Federal do Paraná.

O artigo é dividido conforme segue: a Seção II apresenta fundamentações teóricas sobre as tecnologias e técnicas de tratamento de sinal; a Seção III apresenta os resultados obtidos; a Seção IV as conclusões quanto ao trabalho desenvolvido.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Dispositivo IOT

Dispositivos da internet das coisas(IOT) são instrumentos conectados à internet que utilizam sensores, dispositivos com controles integrados, dados armazenados na nuvem e códigos específicos dos usuários para

possibilitar um alto grau de automação remota, viabilizada justamente pela sua conexão com a internet.

Este conceito pode ser válido para automações de objetos dentro do cotidiano das pessoas, como o controle da temperatura e luminosidade de uma sala até para controle de processos industriais como a automação de linhas robotizadas. Além disso, os dispositivos de IOT podem ser utilizados para coletar em tempo real, dados ambientais e de processos, por meio de sensores e microprocessadores, o que viabiliza a operação e ação de sistemas de gerenciamento de acionamentos e processos [1][2].

B. Pesquisa das tecnologias de mercado

Para desenvolvimento de um sistema IOT respeitando os requisitos definidos anteriormente, buscou-se entender quais as tecnologias de microcontroladores e módulos Wi-Fi disponíveis no mercado. A tabela 1 foi construída relacionando algumas das tecnologias encontradas.

TABELA 1. TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS NO MERCADO PARA CONFEÇÃO DE UM SISTEMA DE IOT

Modelo	Bits	Dimensões	Preço	Data da pesquisa
QCA4020	32	28x33x1mm	\$5,60	28/09/21
ESP32-WROOM-32D	32	27,5x51x7 mm	R\$79,40	01/10/21
nRF9160 DK	32	N/E (Peso 154g)	\$155,00	29/09/21
nRF9160 SiP	32	10x16x1mm	\$23,29	28/09/21
Pi 3 Model B+	64	56x85xNmm	R\$489,90	01/10/21
ESP32-U4WDH	32	5x5xNmm	\$1,60	28/09/21
SAM R34/R35	32	6x6xNmm	\$5,32	01/10/21
CC2511Fx	8	6.1x6.1x1mm	\$4,00	29/09/21
DA16200	32	6x6x0.4mm	\$6,12	28/09/21

Dentre essas tecnologias, foram encontrados sistemas em *chip*(SOC), sistemas em pacotes (SIP) e kits de desenvolvimento. As tecnologias SOC e SIP apresentavam larga vantagem na questão de tamanho e custo, porém na maioria dos casos não contavam com um sistema de comunicação Wi-Fi, tornando o processo de desenvolvimento de certa forma mais trabalhoso, enquanto kits, embora tivessem tamanho maior comparado as outras tecnologias, contavam com a comunicação Wi-Fi integrada, o que torna o desenvolvimento de uma solução de IOT menos trabalhosa e conseqüentemente mais rápida, com um valor consideravelmente maior porém versus a questão de praticidade e velocidade de desenvolvimento acabam se equiparando.

C. Filtros passivos passa-baixa

Filtros passivos são filtros compostos por resistores, capacitores e indutores apenas. Esses filtros não necessitam de fontes de energia externa, já que são constituídos apenas por componentes, o que lhes conferem também maior tempo de vida útil [4]. Este tipo de topologia de filtros é largamente utilizado dentro do campo da eletrônica e são

relativamente fáceis de serem projetados para aplicações. A figura 1, demonstra a configuração de um filtro passa baixas.

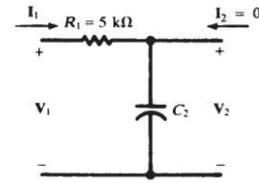


Fig. 1. Topologia de um filtro passa baixas

Para seleção do valor dos componentes para o filtro passivo passa baixa, é necessário definir a frequência de corte desejada (ω_c) e o resistor (R) que se adeque ao projeto, a partir disto, basta aplicar a fórmula 1 para obter o valor do capacitor (C) do filtro.

$$\omega_c = \frac{1}{R \cdot C} \quad (1)$$

D. Filtros de média móvel

Filtros de média móvel são frequentemente utilizados no processamento de sinais digitais, por conta da facilidade na implementação destes filtros, além do bom desempenho apresentado na eliminação do ruído. Esse tipo de filtro é capaz de ser implementado de forma recursiva, com uma quantidade de cálculos reduzida se comparada a outros, o que faz ele ideal para sistemas com capacidade de processamento reduzida. A fórmula 2 abaixo relaciona a equação matemática que o filtro de média móvel representa [5].

$$y[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k]h[n-k] \quad (2)$$

Onde $h[n]$ é um filtro definido pela pelas condições da fórmula 3, abaixo.

$$h[n] = \begin{cases} \frac{1}{N}, & \text{se } -0 \leq n < N \\ 0, & \text{fora - do - Intervalo} \end{cases} \quad (3)$$

Este sistema de filtragem recebe o nome de média móvel em virtude de justamente a resposta resultante da equação ser a média das N amostras posicionadas na n-ésima amostra da sequência de entrada [5].

III. RESULTADOS

A. Descrição das tecnologias utilizadas e montagem preliminar

Baseado na pesquisa das tecnologias disponíveis no mercado para a confecção de um sistema de IOT, e levando em consideração os requisitos existentes, a tecnologia do ESP32-WROOM-32D foi a selecionada para a confecção do sistema. Isto por conta do fator que a tecnologia é relativamente compacta pela quantidade de aplicações que podem ser possíveis com o kit, o valor do kit é consideravelmente mais alto se comparado a sistemas SOC ou SIP, porém ele já conta com o módulo Wi-Fi integrado o que além facilitar o desenvolvimento na parte do

hardware, contribui para um tempo de desenvolvimento menor, fazendo desta forma que a questão de custo seja compensada por esta vantagem. Contudo, o modelo de 32 bits foi selecionado em virtude do preço e tamanho ser similar ao de 8 bits (ESP8266), porém o modelo é consideravelmente mais poderoso e com maior disponibilidade de ferramentas que podem servir para implementar melhorias no sistema futuramente.

Os sensores selecionados foram o DHT22, que é responsável pelas medidas de temperatura e umidade relativa, e um LDR comum, que é o responsável pela medição de luminosidade. A escolha pelo DHT22 foi realizada pela questão de o sensor ser utilizado em aplicações similares [6] [7], com bons resultados descritos pelos autores. Já o LDR é um sensor relativamente preciso de forma que atende a necessidade do projeto, além de ser muito barato. Com essas definições, o sistema foi montado em protoboard de acordo com a figura 2 para desenvolvimento do *software* e teste do seu funcionamento.

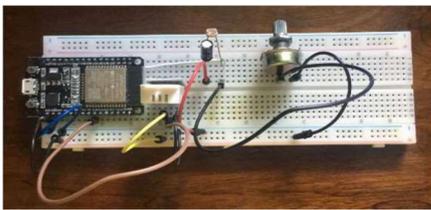


Fig. 2. Sistema montado em protoboard

B. Método utilizado para calibração do LDR

O LDR é um sensor que apresenta uma resistência extremamente elevada no escuro, na ordem de milhões de Ohms e na presença de luminosidade isto decai para algumas centenas [8]. Idealmente, as características neste sensor são lineares, no entanto esses dispositivos apresentam um comportamento exponencial conforme descrito nos resultados em [9]. Portanto é necessário calibrar estes dispositivos. Para tal, pode-se traçar um gráfico entre a grandeza física que sensibiliza o dispositivo e a respectiva saída [10]. Visto isto, com a ajuda de um luxímetro digital MLM-1011 devidamente calibrado e com o sistema montado na protoboard realizando as medições básicas e o código de *software* aberto e mostrando suas saídas via VSCode, a tensão no LDR foi registrada, totalizando 13 pares de medidas sempre com variação na luminosidade do ambiente, gerando assim os pontos apresentados no gráfico da figura 3.

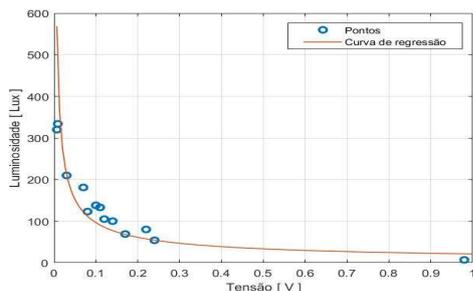


Fig. 3. Curva de calibração do LDR

A partir disto, foi realizada a plotagem da curva de regressão dos pontos resultando assim na equação 4 que apresenta a equação de calibração para o LDR utilizado.

$$y = 21,241 * x^{-0,657} \quad (4)$$

C. Testes de funcionamento e comparação de resultados das aplicação dos filtros

Realizada a montagem com a programação básica para funcionamento feita no VSCode, a calibração no sensor DHT22 não sendo necessária já que o *datasheet* do sensor afirma que não há necessidade de calibração e o LDR sim estando calibrado, foram realizadas medidas para teste da rotina de programação desenvolvida. Este teste aconteceu em 3 dias diferentes, com início de todos eles entre 16:00 ~ 17:00, tendo duração de 30 minutos com o registro de 180 linhas de medidas, realizando então uma amostra a cada 10 segundos. O primeiro teste foi realizado com o sistema sem filtro algum, onde a interferência de um ruído é notoriamente presente nas medidas coletadas. No segundo momento, um filtro passivo passa baixa é realizado, com a utilização de um capacitor eletrolítico de 10 μ F no LDR, uma vez que o DHT22 já conta com filtros integrados, e no terceiro teste foram implementados além dos filtros passa baixa um filtro de média móvel, com ordem de amostras $N = 100$ para o DHT22, o que durante testes se mostrou suficiente já que o tempo de amostragem mínimo do sensor é 2s. Já para o LDR por conta do tempo de amostragem ser muito menor, foi utilizado uma ordem $N = 5000$, o que se mostrou também eficiente. Para comparação dos resultados obtidos em cada um dos testes, a Figura 4 mostra as medidas realizadas pelo LDR, já que os filtros analógicos e digitais foram implementados neste projeto diretamente neste sensor.

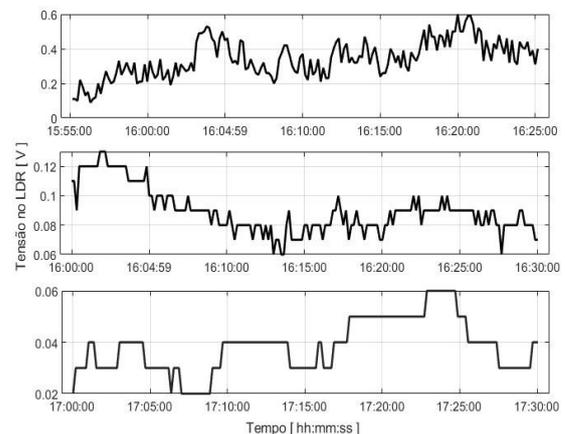


Fig. 4. Comparação entre as medidas do LDR

Conforme apresentado acima, era esperado que a aplicação dos filtros fossem melhorar de forma significativa o sinal, da mesma forma também era esperado que o sinal original nos 3 gráficos não fossem os mesmos em virtude do período de testes ter acontecido em momentos distintos, onde a luminosidade do ambiente variou com intensidade e de forma distinta em cada um dos

dias. Contudo, com os testes foi possível avaliar a melhora na medida do sinal.

D. Envio das medidas para o banco de dados

O envio e armazenamento das medidas realizadas pelos sensores do sistema foi realizado via web, conectando o dispositivo em uma rede Wi-Fi local criada para o projeto, e por meio da internet realizando a publicação das medidas em um domínio de um servidor MQTT, onde antes de publicar a mensagem realiza uma autenticação com uma *key*, possibilitando que apenas dispositivos validados realizem o *publish* em um arquivo .csv que pode ser baixado via uma página web criada.

E. Concepção final do sistema

Por fim, realizada a programação do *software*, com os filtros digitais, analógicos e rotina de funcionamento testada, o sistema desenvolvido neste trabalho está de acordo com o diagrama apresentado na figura 5. Na montagem do projeto foram realizadas soldas a mão em placas universais, com o objetivo de otimizar o tempo de montagem. Após isto, foi desenvolvida uma envoltória, com espaço para melhorias ficando o sistema final de acordo com o mostrado na figura 6.

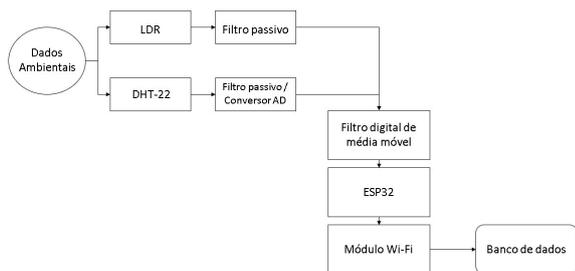


Fig.5.Diagrama de blocos do sistema desenvolvido



Fig.6.Design final do sistema desenvolvido

Desta forma, o módulo de aquisição de dados estava pronto para instalação e início de aquisição das medidas. A figura 7, apresenta o funcionamento do módulo durante 1 mês, na sala PK8 da Universidade Federal do Paraná.

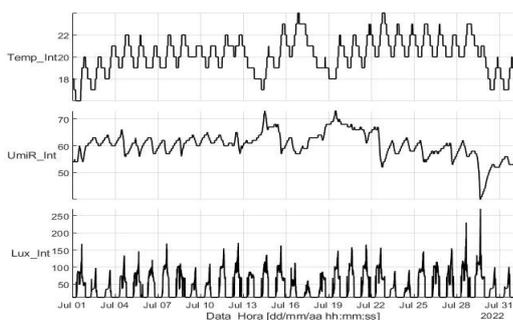


Fig.7.Medidas realizadas no mês de Julho

IV. CONCLUSÃO

De acordo com a proposta inicial do trabalho foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados ambientais, que realiza medidas de temperatura, umidade relativa e luminosidade em ambientes. Este sistema se mostrou útil para a aquisição destes dados, embora haja alguns aspectos que podem ser melhorados em futuros trabalhos, como por exemplo substituir o DHT22 por um sensor mais rápido e mais barato, além de ajustar a quantidade de casas decimais da medida, tornando-a mais sensível e completa. Além disso, caso se deseje melhorar a precisão do sistema de medição de luminosidade, seria interessante realizar um ambiente de ensaio similar ao desenvolvido em [9], para se encontrar uma curva de calibração mais ajustada, bem como corrigir o eventual erro do conversor analógico/digital integrado ao ESP32. Apesar disto, considerou-se o objetivo do trabalho atingido já que o sistema desenvolvido atende os requisitos descritos inicialmente.

REFERÊNCIAS

- [1] Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021. Brasília, 2021.
- [2] FROTA, A.B. , SCHIFFER, S.R. Manual do Conforto Térmico. 4ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- [3] ALMEIDA, Paulo Samuel D. INDÚSTRIA 4.0 - PRINCÍPIOS BÁSICOS, APLICABILIDADE E IMPLANTAÇÃO NA ÁREA INDUSTRIAL. Pinheiros, São Paulo. Editora Saraiva, 2019.
- [4] NAHVI, Mahmood; EDMINISTER, Joseph A. Circuitos Elétricos. Porto Alegre: Bookman Editora, 2014.
- [5] NALON, José A. Introdução ao Processamento Digital de Sinais. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- [6] MACHESO, P. et al. Design of Standalone Asynchronous ESP32 Web-Server for Temperature and Humidity Monitoring, 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 2021, pp. 635-638.
- [7] UMAROV, A.et al. Microclimate Monitoring System for a Home Greenhouse as Part of ESP32. TEST Engineering & Management, v. 82, n. 1-2, p. 4564-4573, 2020.
- [8] THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga D. Sensores industriais. São Paulo: Editora Saraiva, 2020.
- [9] PEIXOTO, Gustavo Henrique Braga. Desenvolvimento de um sistema de medição de iluminância. 2013.
- [10] AGUIRRE, L. A. Fundamentos de instrumentação. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.