

# Sistema de Monitoramento de Temperatura de Ambientes Críticos

**Autor: João Paulo Lopes da Silva**

## Objetivos do Projeto

O objetivo do projeto foi desenvolver um sistema embarcado capaz de monitorar a temperatura em ambientes críticos, visando fornecer uma medição de temperatura confiável e uma exibição delas por meio de um display OLED, além disso, emitindo alertas visuais por meio de uma matriz de LEDs e sonoros por meio de dois buzzers quando valores críticos forem atingidos. O projeto também busca oferecer uma flexibilidade para se adaptar a ambientes diversos, permitindo o ajuste dinâmico do limite de temperatura por meio de dois botões. Ademais, o sistema possibilita a comunicação wi-fi, tornando-o capaz de enviar dados de temperatura e alertas a um servidor python flask, permitindo a análise e monitoramento remoto e a visualização das informações em uma página web.

## Descrição do Funcionamento

O sistema utiliza a placa didática BitDogLab( equipada com a Raspberry Pi Pico w) para coletar múltiplas amostras de temperatura do ambiente por meio do sensor interno ADC e realizar uma média precisa da mesma. O valor da temperatura é exibido em um display OLED (SSD1306), permitindo ao usuário não apenas visualizar as variações em tempo real, mas também visualizar a temperatura limite, a quantidade de alertas desde o início de funcionamento do sistema e o status de conexão wi-fi.

Caso a temperatura ultrapasse um limite configurável, o sistema ativa um alerta visual, acendendo os LEDs da matriz conectada ao pino 7 e um alerta sonoro emitindo um som contínuo nos buzzers conectados aos pinos 21 e 10. O alerta é desativado somente quando a temperatura cai a 2°C abaixo do limite, garantindo a estabilidade do sistema por meio do uso de histerese.

A configuração do limite de temperatura pode ser feita a qualquer momento através de botões físicos conectados aos pinos 5 e 6. O botão A aumenta o limite, enquanto o botão B reduz o valor, garantindo que o sistema possa ser ajustado conforme as condições do ambiente e a necessidade do(s) usuário(s).

Todos esses dados, são enviados posteriormente via TCP para um servidor remoto, onde podem ser visualizados em uma página web em tempo real, tanto as medições de temperatura quanto as estatísticas (como valores mínimos, máximos e médias) através de gráficos interativos. Essa integração permite que os gestores monitorem o ambiente remotamente.

# Justificativa

O projeto foi desenvolvido para resolver um problema recorrente em ambientes onde a temperatura deve ser mantida dentro de faixas críticas. Em locais como salas de servidores e laboratórios, os quais o superaquecimento pode resultar em falhas operacionais, danificar dispositivos eletrônicos e até comprometer a segurança dos usuários. Assim, buscando uma forma de solucionar essa complicação, me propus a desenvolver um sistema de monitoramento contínuo de temperatura, com alertas imediatos quando os limites críticos forem atingidos. O projeto permite o acompanhamento da temperatura tanto de forma presencial quanto de forma remota, possibilitando a tomada de medidas preventivas mais velozes, minimizando os riscos e os prejuízos.

## Especificação do Hardware

### Descrição dos componentes eletrônicos utilizados

#### Placa didática BitDogLab

A BitDogLab é uma plataforma de desenvolvimento baseada na RP2040, mais especificamente na Raspberry Pi Pico W que é utilizada para integrar e gerenciar os componentes do sistema. Ela contém vários sensores e atuadores para facilitar o aprendizado na programação de sistemas embarcados. Além disso, foi por meio dela que foi possível realizar a comunicação via wi-fi e envio de informações via TCP.

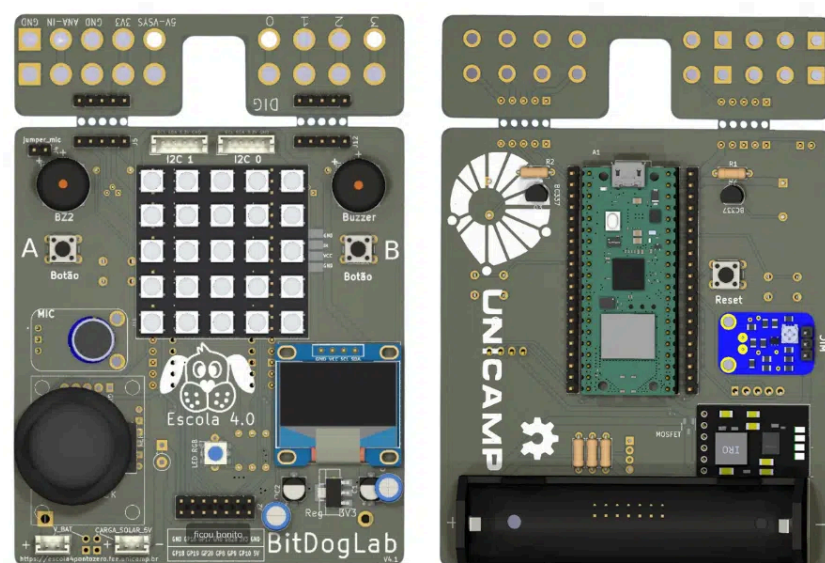


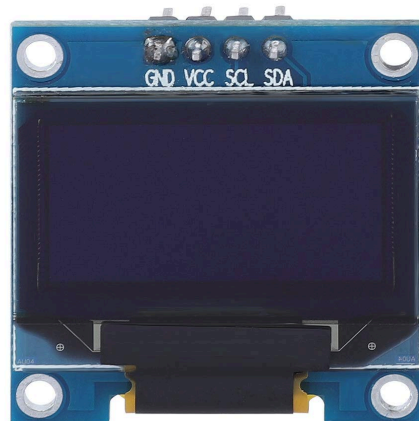
Figura 1 - BitDogLab

#### Sensor interno de ADC

Responsável pela medição da temperatura ambiente, fornecendo leituras para análise e acionamento de alertas.

### **Display OLED (SSD1306)**

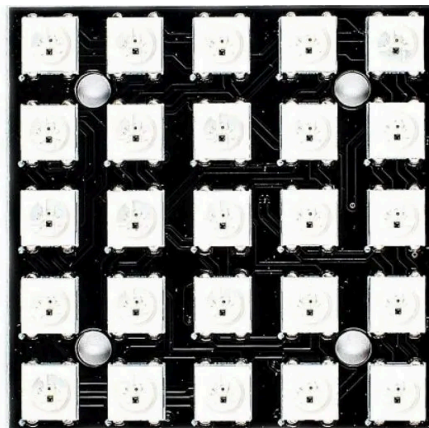
É o responsável por exibir as informações em tempo real, como a temperatura atual, o limite de temperatura configurado, o total de alertas e o status de conexão do sistema.



**Figura 2 - Display Oled (SSD1306)**

### **Matriz de LEDs.**

A matriz de LEDs(5X5) é responsável por indicar visualmente se a conexão wifi foi bem sucedida ou não. Além disso, ela indica visualmente acendendo em vermelho caso o estado de alerta seja ativado.



**Figura 3 - Matriz de LEDs 5x5**

### **Buzzers para alerta sonoro.**

Os buzzers emitem um alerta sonoro quando a temperatura ultrapassa o limite estabelecido e o modo alerta é ativado. Quando o modo de alerta é cessado, os buzzers são desligados



**Figura 4 - Buzzer**

### **Botões físicos.**

Os dois botões( botão A e botão B) são responsáveis respectivamente pelo aumento e diminuição do limite de temperatura do sistema quando pressionados pelo usuário.



**Figura 5 - Botão**

### **Pinagem Utilizada**

| <b>Componente</b> | <b>Pino(s)</b>      | <b>Função</b>                              |
|-------------------|---------------------|--|
| Matriz de LEDs    | Pino 7              | Alerta visual                              |
| Buzzers           | Pinos 21 e 10       | Alerta sonoro                              |
| Botão A           | Pino 5              | Aumenta o limite de temperatura            |
| Botão B           | Pino 6              | Diminui o limite de temperatura            |
| Display OLED      | Pinos 14 e 15 (I2C) | Exibição da temperatura e dos outros dados |

# Especificação do Firmware

## Fluxograma

### 1 - Inicialização

- O sistema inicia seu funcionamento.
- Configuração dos periféricos: ADC (conversor analógico-digital), display OLED, matriz de LEDs, buzzers e botões.
- Tentativa de conexão Wi-Fi.

### 2 - Exibição da Mensagem Inicial

O display OLED exibe a mensagem "INICIANDO CONECTANDO WIFI" para indicar que o sistema está tentando se conectar à rede.

### 3 - Configuração e Verificação da Conexão Wi-Fi

O sistema configura a conexão Wi-Fi e verifica se foi bem-sucedida:

Se a conexão for bem-sucedida:

- A matriz de LEDs pisca em verde.
- O OLED exibe "WIFI CONECTADO".

Se a conexão falhar:

- A matriz de LEDs pisca em amarelo.
- O OLED exibe "ERRO WIFI CONTINUANDO MODO OFFLINE".
- O sistema entra em modo offline.

### 4 - Loop Principal

O sistema entra em um loop contínuo para realizar a leitura e análise da temperatura.

### 5 - Coleta e Processamento da Temperatura

- O sistema lê o sensor de temperatura.
- Filtragem de ruídos na medição.

### 6 - Atualização do Display OLED

O display OLED exibe os dados coletados, incluindo:

- Temperatura atual
- Limite de temperatura configurado
- Número de alertas gerados
- Status da conexão Wi-Fi

## 7 - Verificação do Limite de Temperatura

O sistema compara a temperatura medida com o limite configurado:

Se a temperatura ultrapassar o limite:

- O alerta é ativado.
- A matriz de LEDs acende em vermelho.
- O buzzer emite um alerta sonoro.
- O número de alertas é incrementado.

Se a temperatura estiver dentro dos limites, o sistema continua monitorando.

## 8 - Verificação da Temperatura Abaixo do Limite

Se a temperatura retornar a um nível seguro:

- A matriz de LEDs e o buzzer são desligados.
- O alerta é desativado.

## 9 - Ajuste do Limite de Temperatura pelo Usuário

O sistema verifica se algum botão foi pressionado:

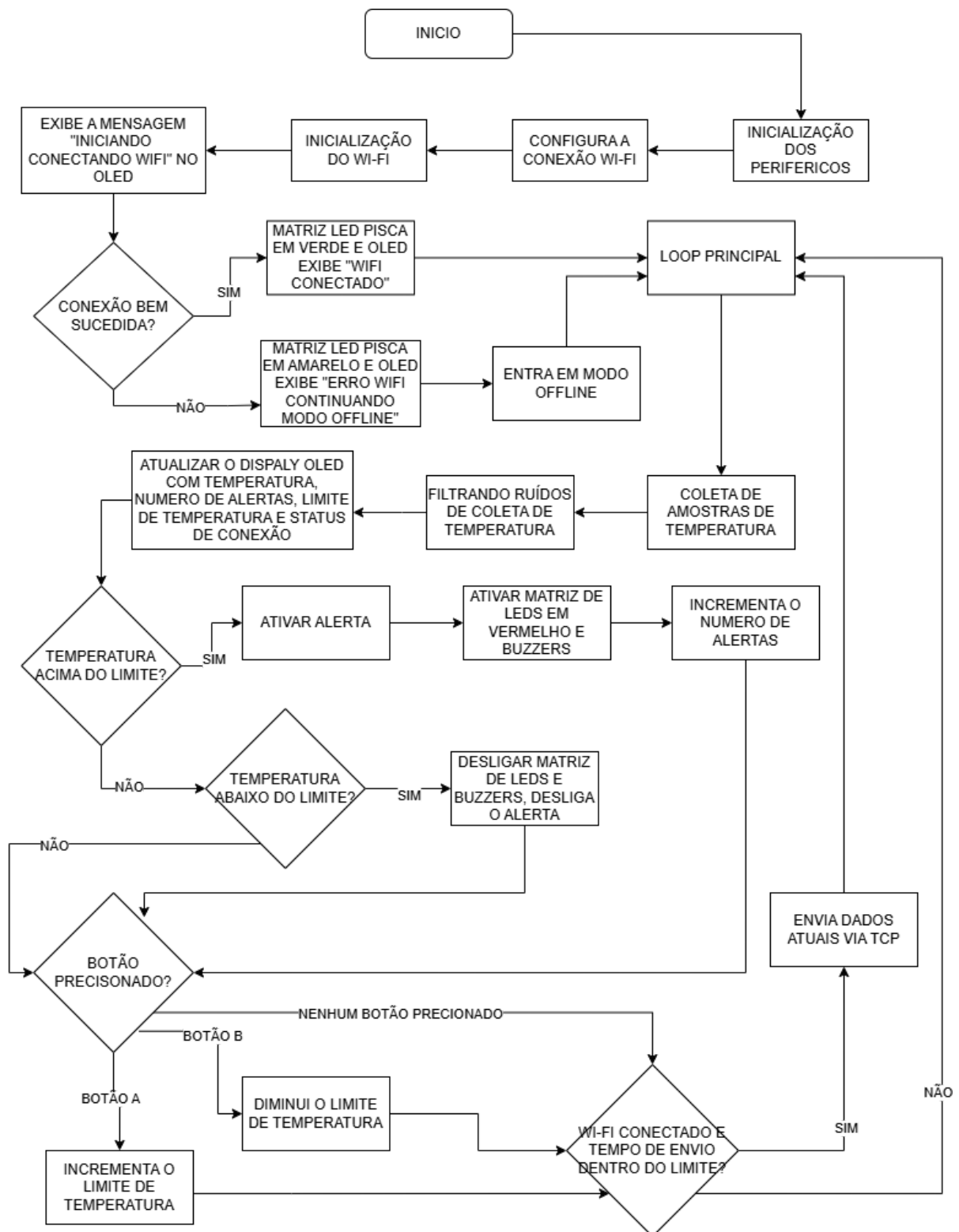
- Botão A pressionado - Aumenta o limite de temperatura.
- Botão B pressionado - Diminui o limite de temperatura.
- Nenhum botão pressionado - O sistema continua a monitoração normal.

## 10 - Envio de Dados via TCP

Se o Wi-Fi estiver conectado e o tempo de envio for adequado, o sistema transmite os dados via TCP para um servidor remoto.

## 11 - Retorno ao Passo 5

O sistema volta à etapa de leitura da temperatura, garantindo o monitoramento contínuo.



**Figura 6 - Fluxograma**

# Execução do Projeto

## Metodologia

A pesquisa para o desenvolvimento do projeto foi baseada nos recursos existentes na BitDogLab e no módulo de conexão wi-fi presente na Raspberry pi pico w, focando na medição de temperatura e alertas visuais e sonoros, juntamente com a comunicação TCP/IP com um servidor python. O estudo inicial envolveu a análise de sistemas de monitoramento de temperatura para ambientes críticos, como salas de servidores e laboratórios. Este projeto é a melhoria do projeto desenvolvido anteriormente para a fase final do EmbarcaTech - Primeira Fase, então todo o código e pesquisas anteriores foram usados como base para o desenvolvimento desse aqui.

O planejamento do projeto envolveu:

1. Seleção dos componentes disponíveis na BitDogLab para realizar as medições e alertas.
2. Definição do funcionamento do software, garantindo que os alertas fossem acionados corretamente.
3. Pesquisas relacionadas a como realizar a conexão wi-fi e maneiras de enviar os dados coletados pela placa via TCP/IP para um servidor.
4. Implementação do código, incluindo a lógica de histerese para evitar oscilações nos alertas.
5. Testes e validações, garantindo que a leitura de temperatura e os alertas estivessem operando corretamente.

## Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos foram satisfatórios, com o sistema ativando os alertas corretamente quando a temperatura atingia valores críticos. A implementação da histerese (margem de 2°C) evitou que os alertas oscilassem constantemente. O ajuste dinâmico do limite de temperatura também funcionou suavemente. A implementação da conexão Wi-Fi e do envio de informações via TCP se provou ser uma grande dificuldade durante todo o desenvolvimento do código. Isso me exigiu dias de pesquisa e tentativas de correção do problema. Ao final do desenvolvimento do projeto, consegui o funcionamento que esperava.

Entretanto, apesar desse projeto ser uma versão aprimorada de um anterior, o problema de precisão de medição pelo ADC da Pico W ainda persiste. O sensor baseado em ADC apresentou flutuações nas medições, tornando as leituras menos confiáveis para aplicações que exigem maior precisão. Para compensar essa limitação, foi implementado um método de leitura com múltiplas amostragens e cálculo de médias, reduzindo as variações e estabilizando os valores exibidos.



Uma melhoria recomendada para versões futuras do projeto seria a substituição da coleta de temperatura via ADC por um sensor de temperatura dedicado, como o DHT22 ou um sensor digital mais preciso, garantindo maior estabilidade e confiabilidade das medições.

A inclusão de conectividade Wi-Fi permite enviar as leituras para um servidor remoto, promovendo análises remotas delas. Isso possibilita o monitoramento remoto e emissão de alertas via rede, ampliando as aplicações do projeto para cenários reais.

## Conclusão

O sistema atualizado para monitoramento de temperatura em ambientes críticos foi melhorado de forma significativa. O método de coleta, por meio da média de múltiplas amostragens, ajuda a reduzir as oscilações das leituras feitas pelo ADC da Raspberry Pico W, mantendo as medições ainda consistentes.

Além de mostrar as informações em tempo real no display OLED, os alertas visuais e sonoros oferecem respostas imediatas quando a temperatura ultrapassa os limites pré estabelecidos. O controle do limite de temperatura por meio dos botões traz uma flexibilidade importante, assim, permitindo que o sistema possa se adaptar a diferentes ambientes.

A conectividade Wi-Fi, que permite o envio dos dados para um servidor remoto, agregou muito na parte de monitoramento e análise ambiental, já que agora, com a possibilidade de visualização de gráficos que mostram tendências e estatísticas essenciais, o monitoramento se tornou mais robusto.

Portanto, o projeto agora pode atuar no monitoramento de temperatura tanto localmente quanto remotamente. Para melhorias futuras, seria de suma importância investir em um sensor mais preciso e ampliar as funcionalidades da interface web, com foco em melhorar robustez e facilidade de uso.

## Referências

BITDOGLAB. *BitDogLab-C: Pico SDK applications for the BitDogLab, written in C*. Disponível em: <https://github.com/BitDogLab/BitDogLab-C>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BITDOGLAB. *Banco de Informações de Hardware (BIH)*. Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/13-68OqiU7ISE8U2KPRUXT2ISeBI3WPhXjGDFH52eWIU/edit?tab=t.0>. Acesso em: 16 fev. 2025.

JIVAGO, Professor. *Exibindo Imagens no Display OLED da BitDogLab*. YouTube, 2023. Disponível em:

[https://www.youtube.com/watch?v=MLoararsJzA&t=2s&ab\\_channel=ProfJivago](https://www.youtube.com/watch?v=MLoararsJzA&t=2s&ab_channel=ProfJivago). Acesso em: 16 fev. 2025.

JIVAGO, Professor. Manipulação da Matriz de LEDs da BitDogLab. YouTube, 2023. Disponível em:

[https://www.youtube.com/watch?v=chQdNiFmVm0&ab\\_channel=ProfJivago](https://www.youtube.com/watch?v=chQdNiFmVm0&ab_channel=ProfJivago). Acesso em: 16 fev. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ (IFPI). 8ª Aula Síncrona do EmbarcaTech: ADC e PWM. YouTube, 2023. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=95wO9xYToRs>. Acesso em: 16 fev. 2025.

TELETIX SUL. Saiba a importância de ter um sistema de controle e monitoramento de ambientes para sala de data center. 2023. Disponível em:

<https://www.teletixsul.com.br/noticias/saiba-a-importancia-de-ter-um-sistema-de-controle-e-monitoramento-de-ambientes-para-sala-de-data-center>. Acesso em: 16 fev. 2025.

RASPBERRY PI. pico-examples: Exemplos de código para Raspberry Pi Pico. Disponível em:

[https://github.com/raspberrypi/pico-examples/tree/master/pico\\_w/wifi/tls\\_client](https://github.com/raspberrypi/pico-examples/tree/master/pico_w/wifi/tls_client).

Acesso em: 23 mar. 2025.

KRZMAZ. pico-w-webserver-example: Exemplo de servidor web para Raspberry Pi Pico W. Disponível em:

<https://github.com/krzmaz/pico-w-webserver-example/blob/main/src/lwipopts.h>.

Acesso em: 23 mar. 2025.

RASPBERRY PI. pico-examples: Exemplos de código para Raspberry Pi Pico. Commit 01e8128953a9766608be0a9254afb7900107e222. Disponível em:

[https://github.com/raspberrypi/pico-examples/tree/01e8128953a9766608be0a9254afb7900107e222/pico\\_w](https://github.com/raspberrypi/pico-examples/tree/01e8128953a9766608be0a9254afb7900107e222/pico_w). Acesso em: 23 mar. 2025

## Figuras

Figura 1: BitDogLab: Uma Jornada Educativa com Eletrônica Embarcada e IA. Disponível em:

<https://embarcados.com.br/bitdoglab-uma-jornada-educativa-com-eletronica-embarcados-e-ia/>. Acesso em: 23 mar. 2025.

Figura 2: Display OLED 0.96 Polegada 128x64 SSD1306 para Arduino. Disponível em:

<https://www.amazon.com.br/Display-Polegada-128X64-SSD1306-Arduino/dp/B0C8TSM LX3>. Acesso em: 23 mar. 2025.

Figura 3: Módulo LED RGB 5050 Endereçável 5x5 Bits WS2812B. Disponível em:

<https://www.smartkits.com.br/modulo-led-rgb-5050-enderecavel-5x5-bits-ws2812b>.

Acesso em: 23 mar. 2025.

Figura 4: Buzzer Passivo Eletromagnético MLT-8530 SMD 3.6V. Disponível em:

[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2893528396-buzzer-passivo-eletromagnetico-mlt-8530-smd-36v-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2893528396-buzzer-passivo-eletromagnetico-mlt-8530-smd-36v-_JM). Acesso em: 23 mar. 2025.

Figura 5: Push Button. Disponível em: <https://www.smartkits.com.br/push-button>. Acesso em: 23 mar. 2025.

## Anexos

### Repositório no GitHub

<https://github.com/jpaullopes/Final-Project-Embarca.git>

### Link para o Vídeo no Youtube

<https://youtu.be/Vlv5qy68bUU>