



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**ESCOLA POLITÉCNICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**COMPUTAÇÃO**

# **CONTROLE DO MOVIMENTO DE CÂMERA COM BASE EM SENSORES DE MOVIMENTO DE UM *SMARTPHONE***

Autor: Raffaello Salvetti Santos

Orientador: Prof. Paulo César Machado de  
Abreu Farias

Salvador (BA), Dezembro de 2019



# Introdução

- Uso de robôs está cada vez mais popular;
- A complexidade de operação de um robô é proporcional ao seu DOF;
- uma câmera controlada independentemente da orientação de um robô, pode facilitar tarefas de localização num ambiente.



# Objetivos

- Redução da complexidade de controle de um robô;
- Controle intuitivo de câmera;
- Imersividade do operador.

# Inspiração



SENSABOT



Sistema FPV

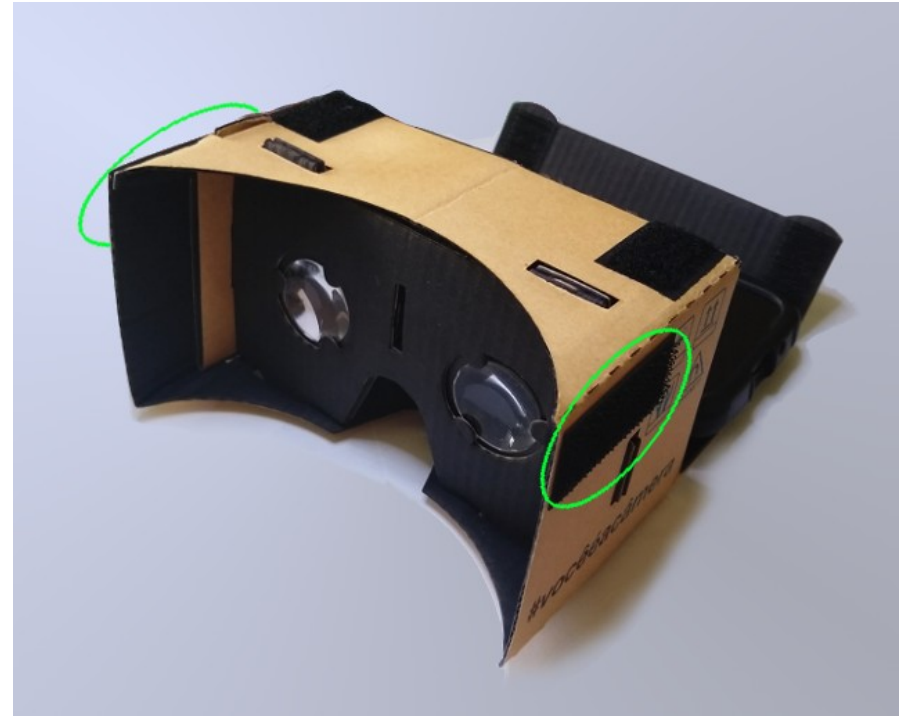


ABB

# Conceito - *Cardboard*

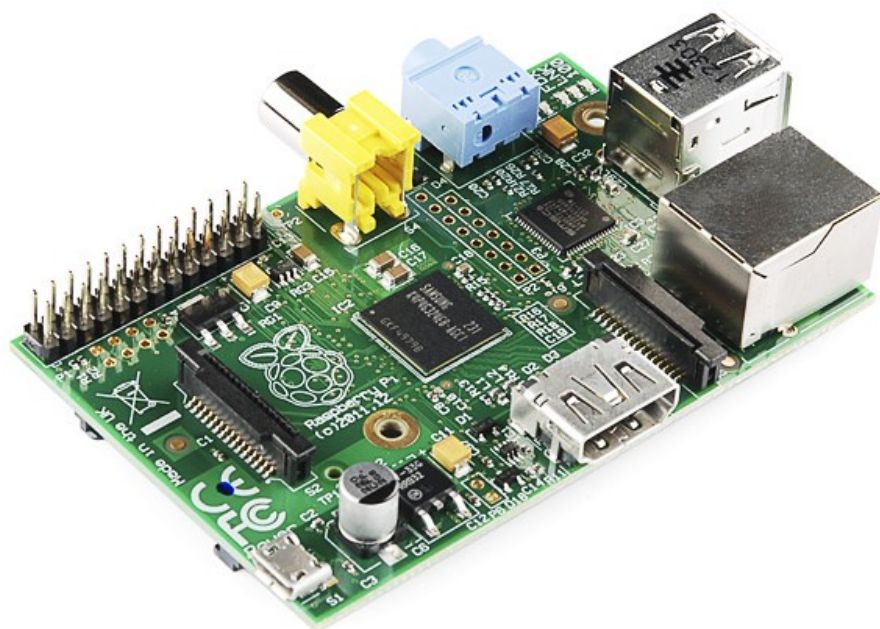


*Smartphone Android*



*Óculos VR (Google Cardboard)*

# Conceito - Controlador

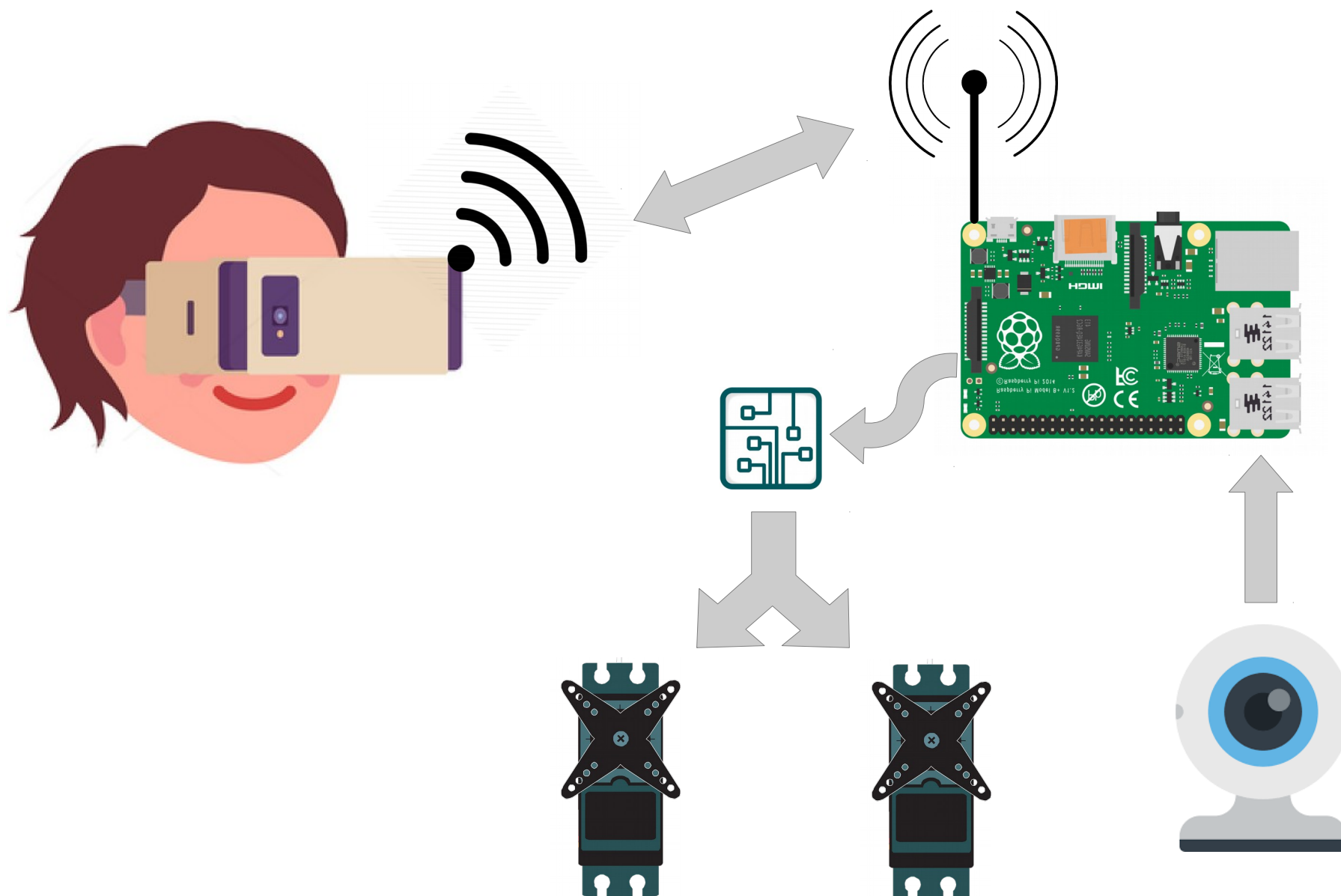


*Raspberry Pi*



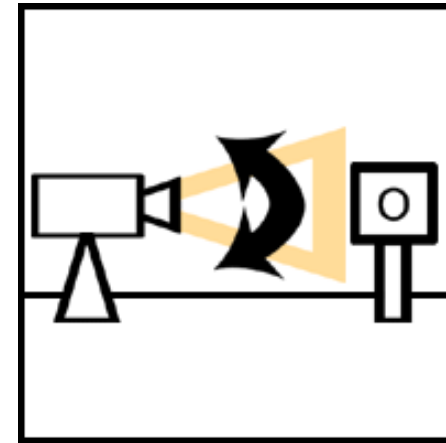
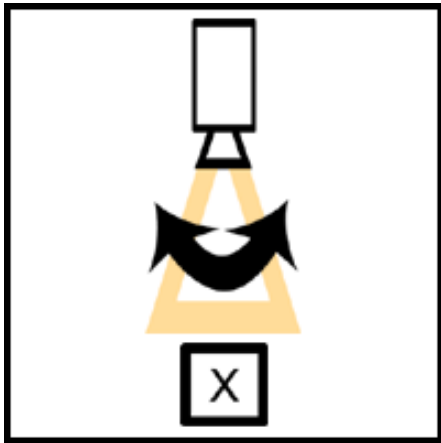
CÂMERA COM MONTAGEM E  
SERVO MOTORES

# Conceito - Funcionamento





# Conceito - Tradução de Movimentos



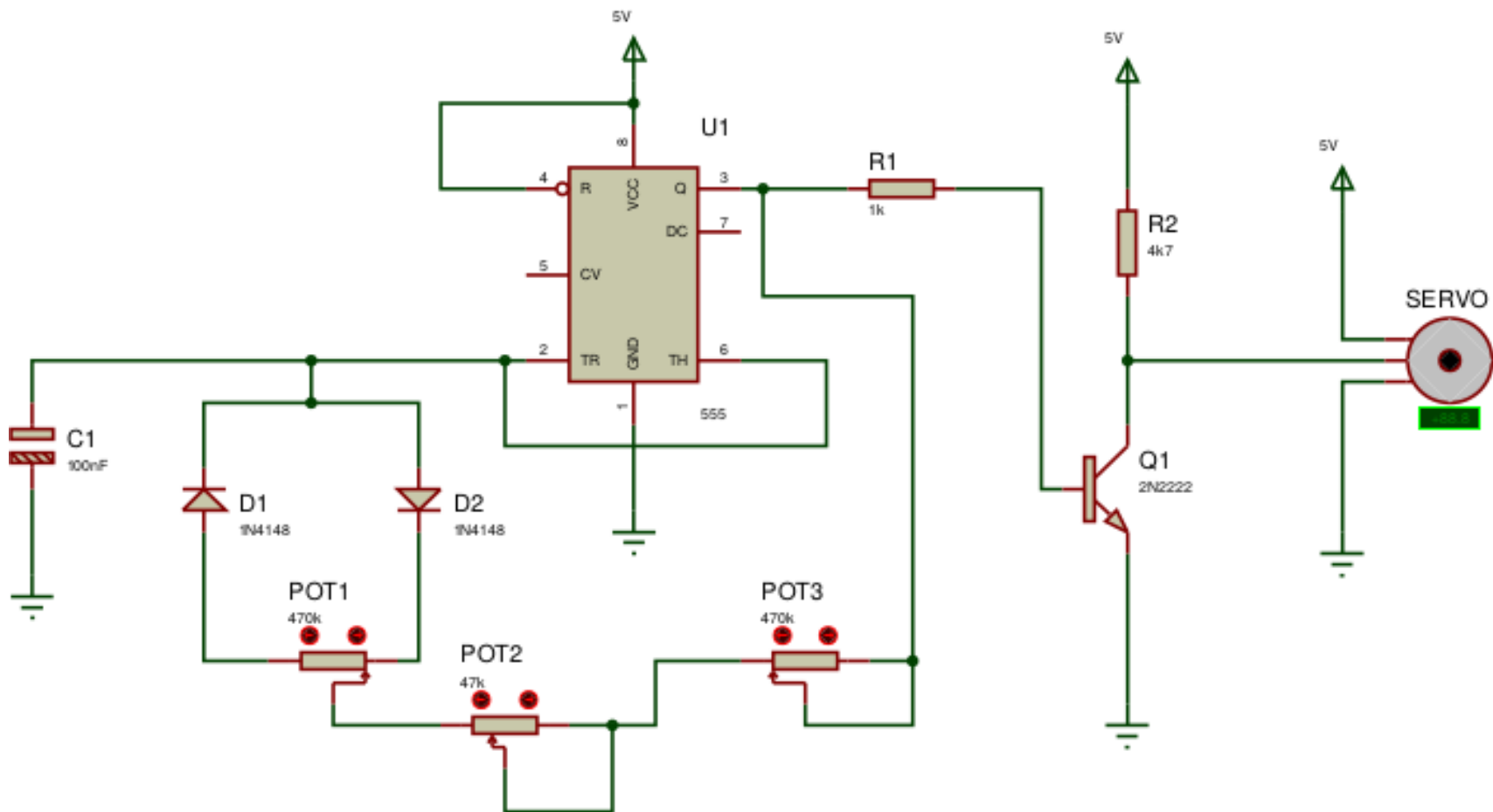




# Protótipo

- Construção de circuito de teste para os servo motores;
- Teste de frequência de operação e estabilidade dos servo motores;
- Construção de circuitos de acionamento e alimentação;
- Construção do protótipo;
- Programação dos *softwares*;
- Testes gerais.

# Protótipo - *Driver PWM*

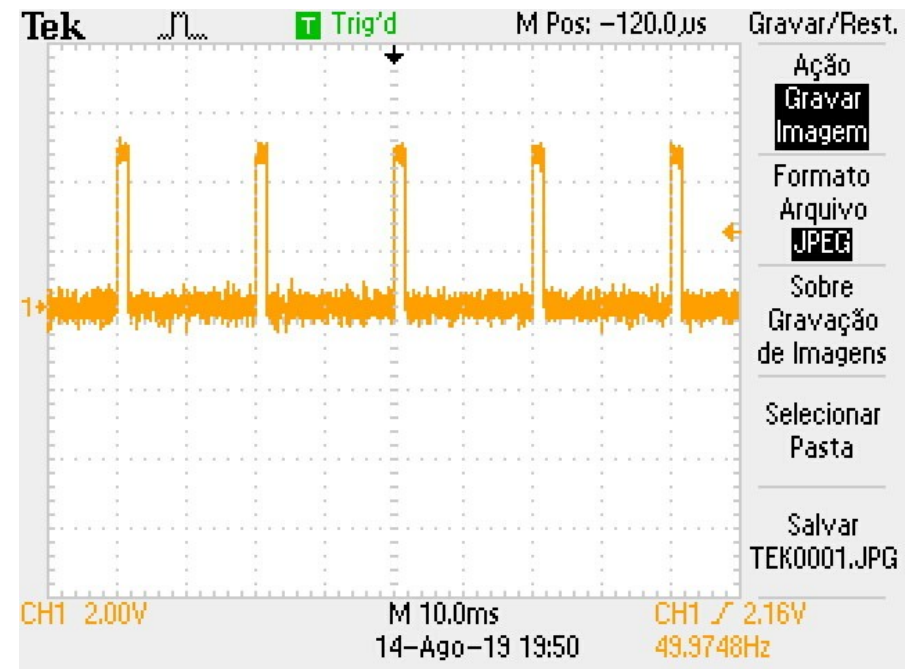


Circuito de teste dos motores.

# Protótipo - *Driver PWM*

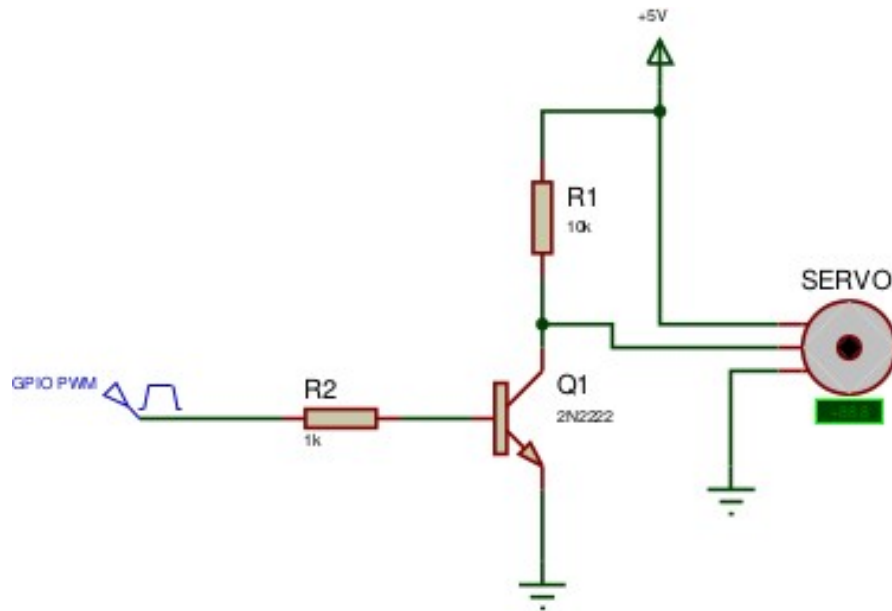
## *Resultados dos Testes*

- Estabilidade com frequências próximas a 50Hz.
- Instabilidade com variações da largura do pulso.

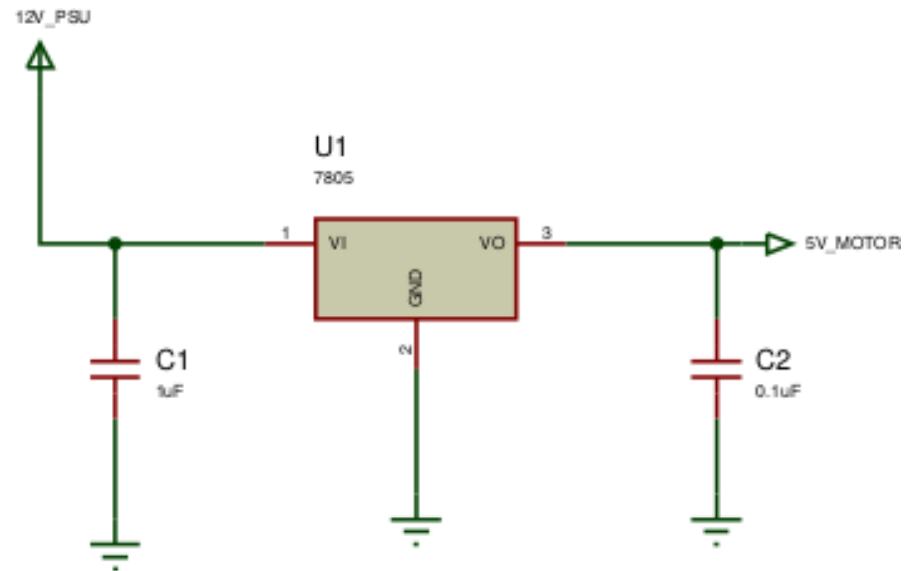


Teste do sinal com um osciloscópio.

# Protótipo - Circuitos de Acionamento e Alimentação

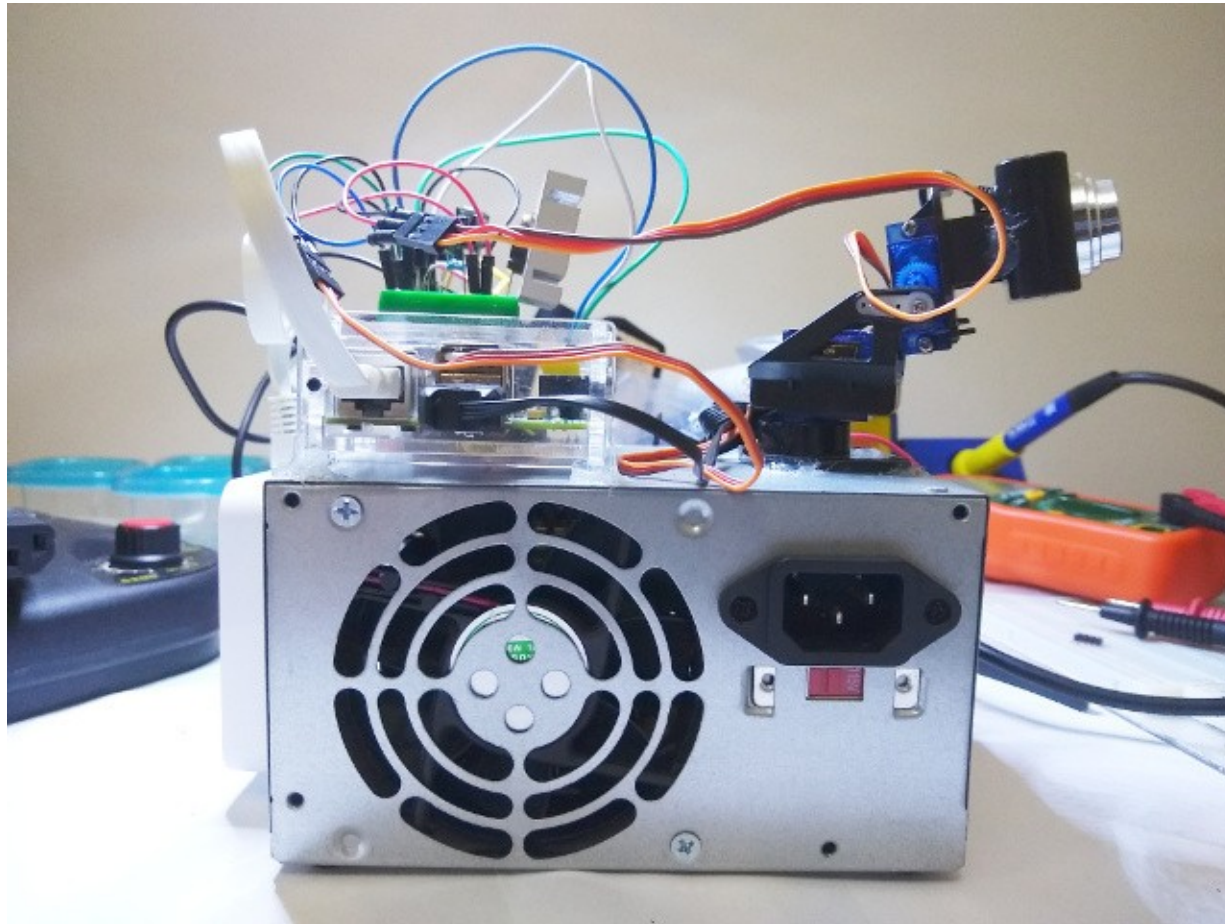


Circuito de Acionamento



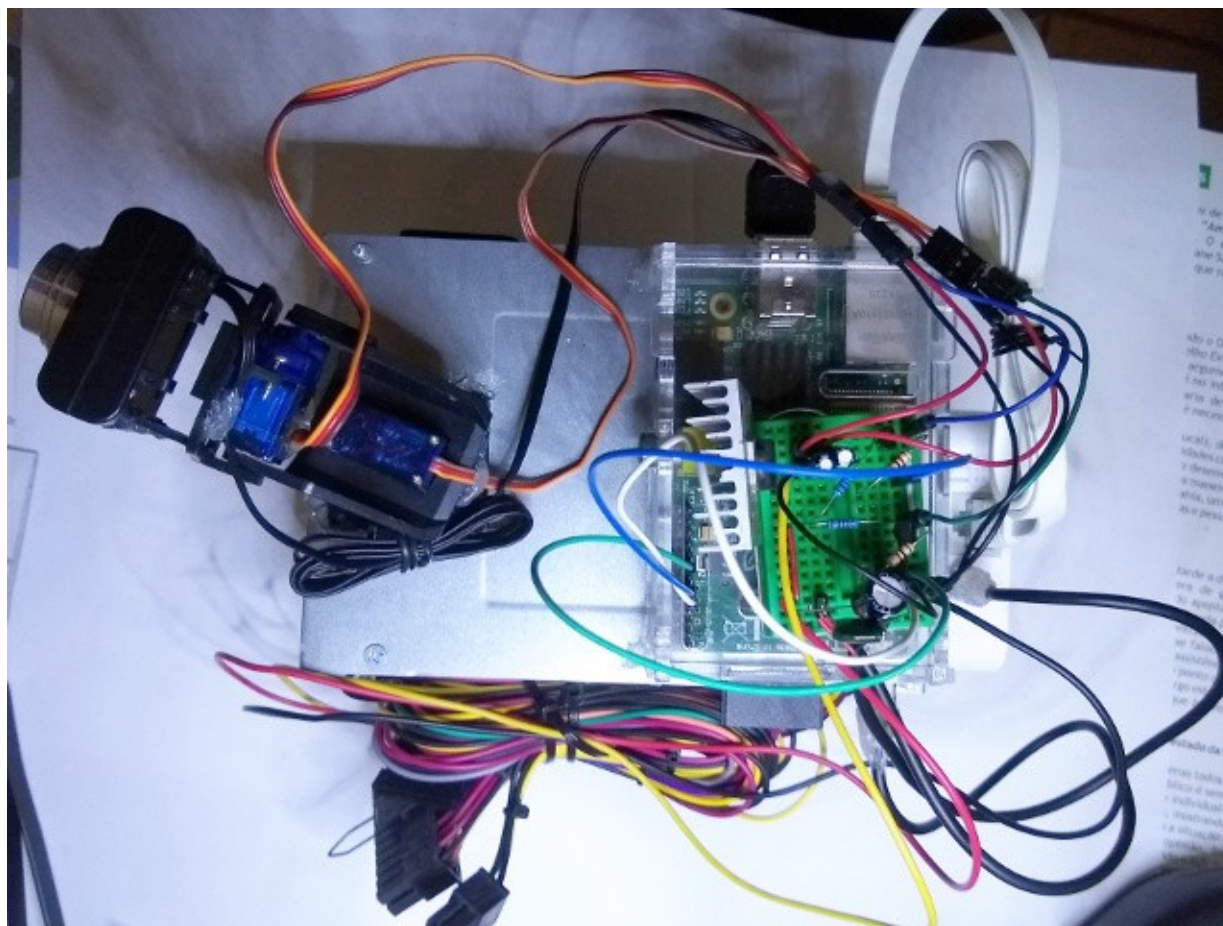
Circuito de Alimentação

# Protótipo - Montagem (Visão Lateral)



Visão lateral direita do protótipo.

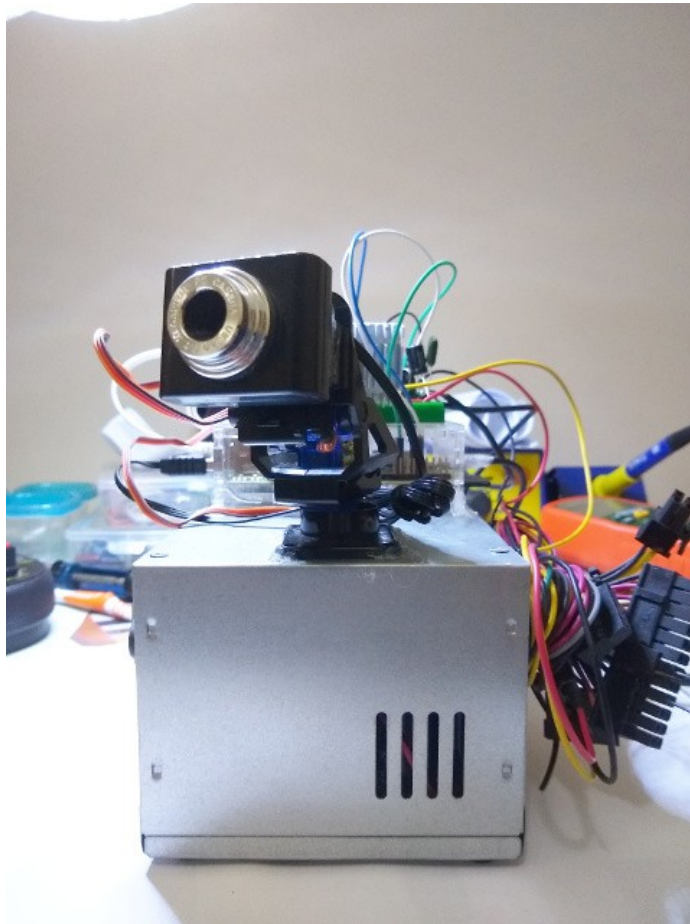
# Protótipo - Montagem (Visão Superior)



Visão superior do protótipo.



# Protótipo - Montagem (Visões Anterior e Posterior)



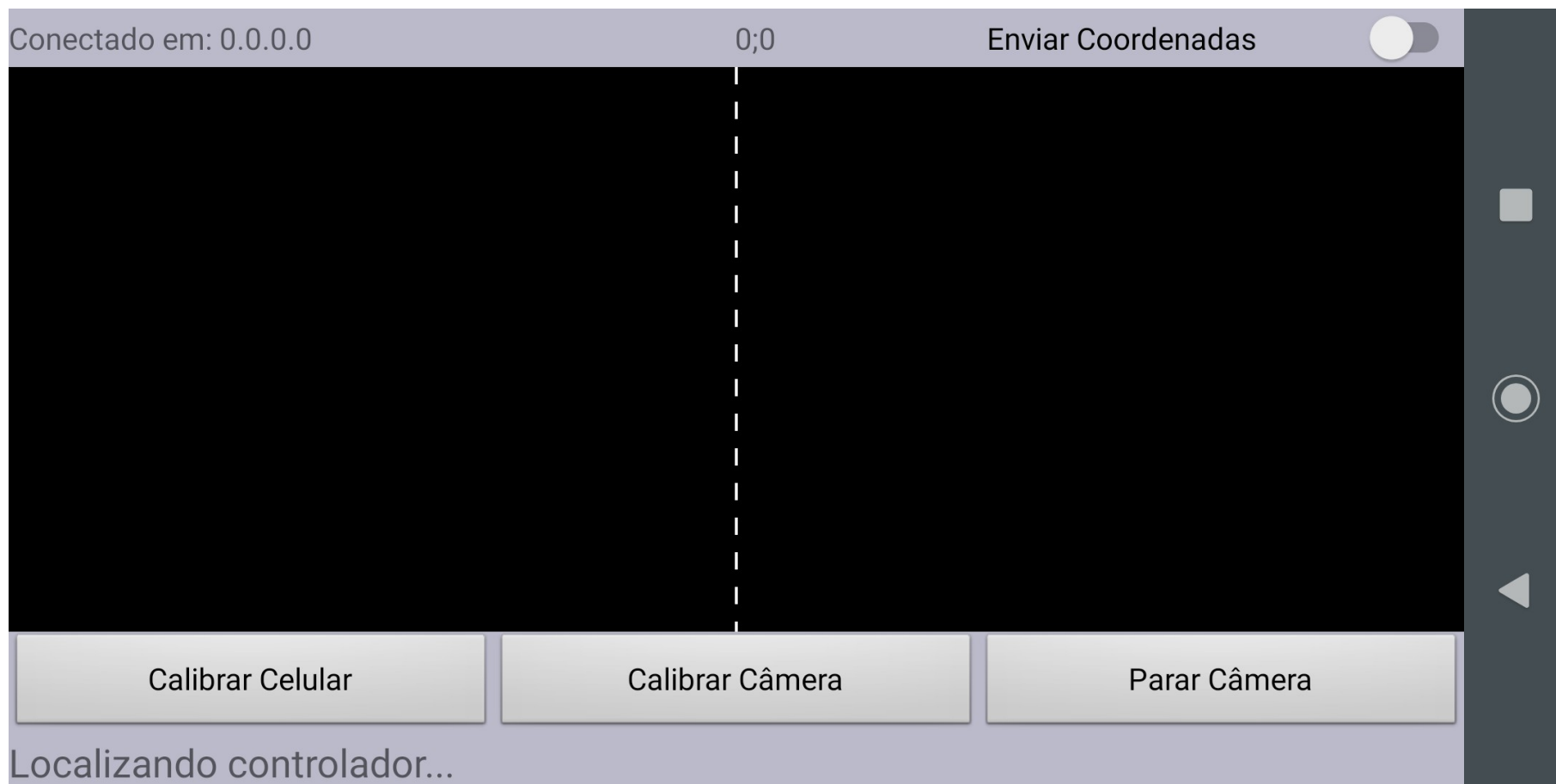
Visão anterior do protótipo.



Visão posterior do protótipo.



# Programação - MCM



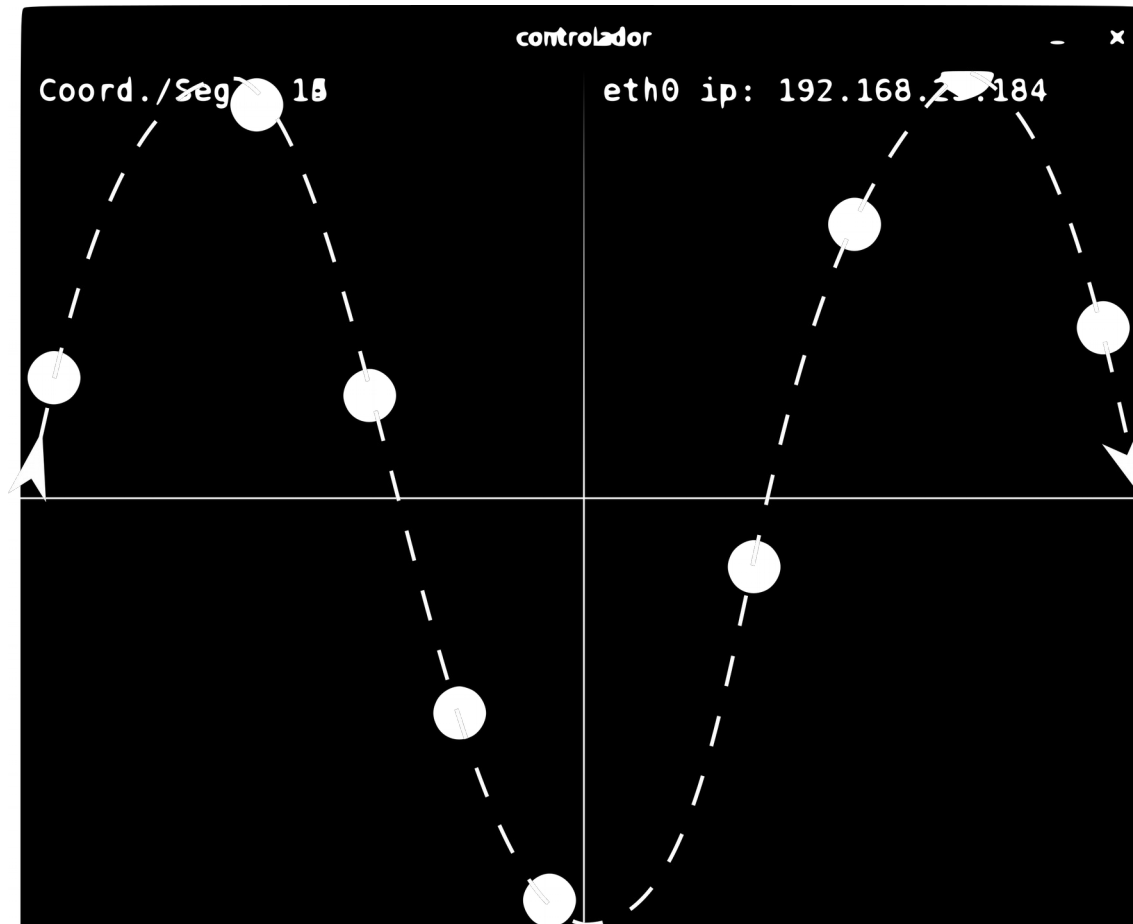
Interface com o usuário (operador) do MCM.

# Programação - MCC



Interface de testes do MCC

# Programação - MCC (CAMDEMO)



Função automática de teste dos motores  
(CAMDEMO)



# Testes Gerais

- *Codecs* de vídeo;
- Consumo de banda (dados de controle e imagens);
- Envio de imagem capturada pela câmera;
- Teste de servo motores.

# Teste - Codecs de Vídeo

```
top - 17:42:51 up 8 min, 3 users, load average: 1,13, 0,84, 0,45
Tasks: 73 total, 2 running, 44 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 97,5 us, 0,9 sy, 0,0 ni, 0,0 id, 0,0 wa, 0,0 hi, 1,6 si, 0,0 st
MiB Mem : 432,699 total, 245,395 free, 82,355 used, 104,949 buff/cache
MiB Swap: 99,996 total, 99,996 free, 0,000 used. 296,832 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
587	pi	20	0	172,6m	71,9m	41,2m	R	97,1	16,6	0:32.50	ffmpeg
536	pi	20	0	7,9m	3,2m	2,7m	R	1,9	0,7	0:12.28	top
120	root	20	0	0,0m	0,0m	0,0m	I	0,3	0,0	0:00.04	kworker/u2:2-ev
219	root	20	0	26,9m	1,3m	1,2m	S	0,3	0,3	0:01.28	rngd

Ffmpeg usando o codec de vídeo h264 (implementado em *software*).

```
top - 17:41:39 up 7 min, 3 users, load average: 1,00, 0,76, 0,39
Tasks: 73 total, 2 running, 44 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 60,2 us, 9,5 sy, 0,0 ni, 21,7 id, 0,0 wa, 0,0 hi, 8,6 si, 0,0 st
MiB Mem : 432,699 total, 270,910 free, 57,406 used, 104,383 buff/cache
MiB Swap: 99,996 total, 99,996 free, 0,000 used. 321,781 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
579	pi	20	0	193,3m	46,6m	40,8m	R	70,2	10,8	1:04.33	ffmpeg
536	pi	20	0	7,9m	3,2m	2,7m	R	2,5	0,7	0:10.79	top
39	root	1	-19	0,0m	0,0m	0,0m	S	2,2	0,0	0:04.24	vchiq-slot/0
7	root	20	0	0,0m	0,0m	0,0m	S	0,3	0,0	0:00.78	ksoftirqd/0

Ffmpeg usando o codec de vídeo h264\_omx (implementado em *hardware*).

# Teste - Consumo de Dados

```
Total rates:          1.54 kbps
                    2 pps

Incoming rates:       0.78 kbps
                    0 pps

Outgoing rates:       0.75 kbps
Elapsed time: 0      0 pps
```

Envio de Coordenadas (Com Filtro).

```
Total rates:          31.87 kbps
                    70 pps

Incoming rates:       16.83 kbps
                    34 pps

Outgoing rates:       15.03 kbps
Elapsed time: 0      35 pps
```

Envio de Coordenadas (Sem Filtro).

```
Total rates:          178.95 kbps
                    36 pps

Incoming rates:       0.12 kbps
                    0 pps

Outgoing rates:       178.82 kbps
                    36 pps
```

Recebimento de imagens de vídeo.

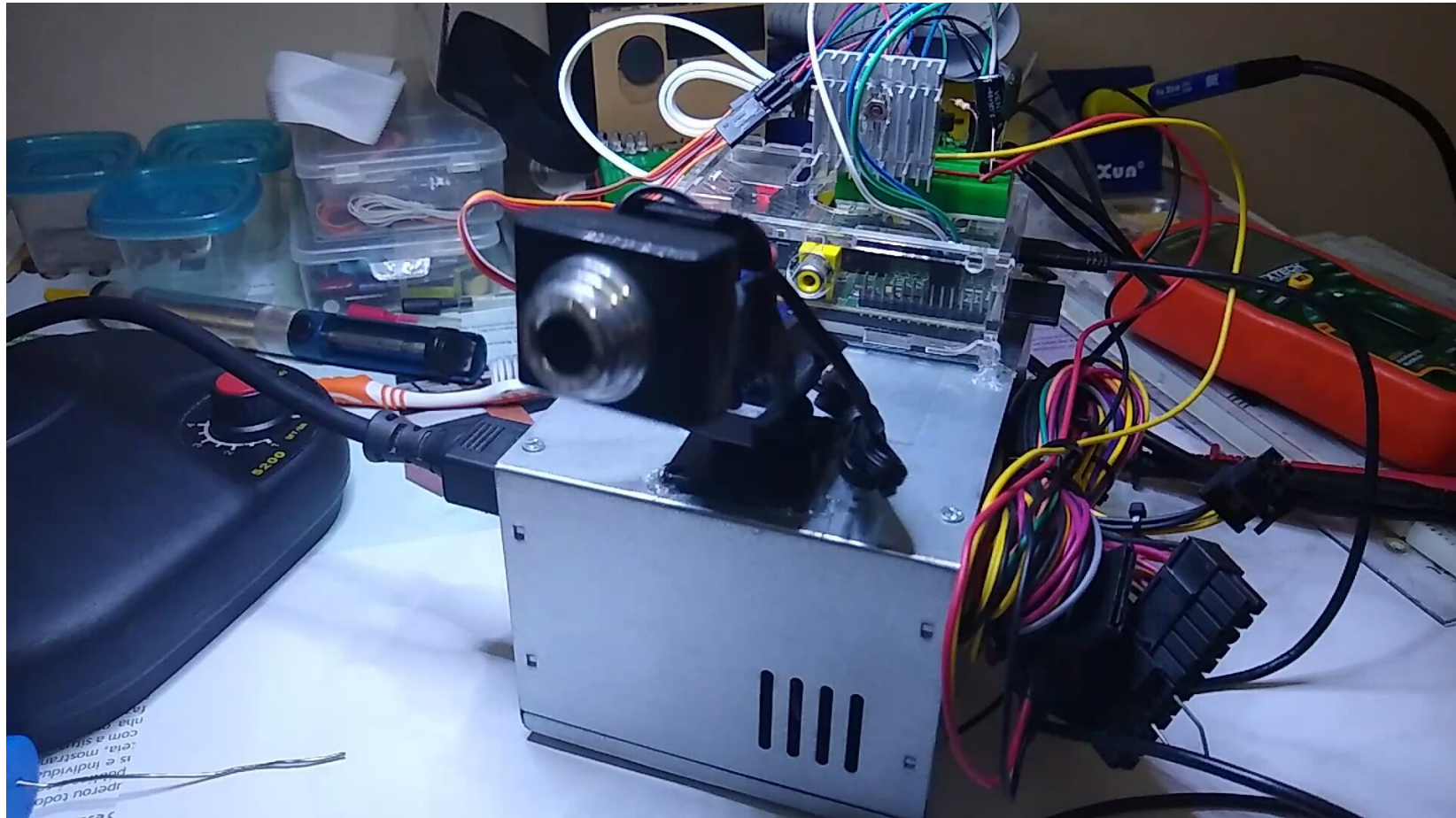
# Teste - Imagens da câmera



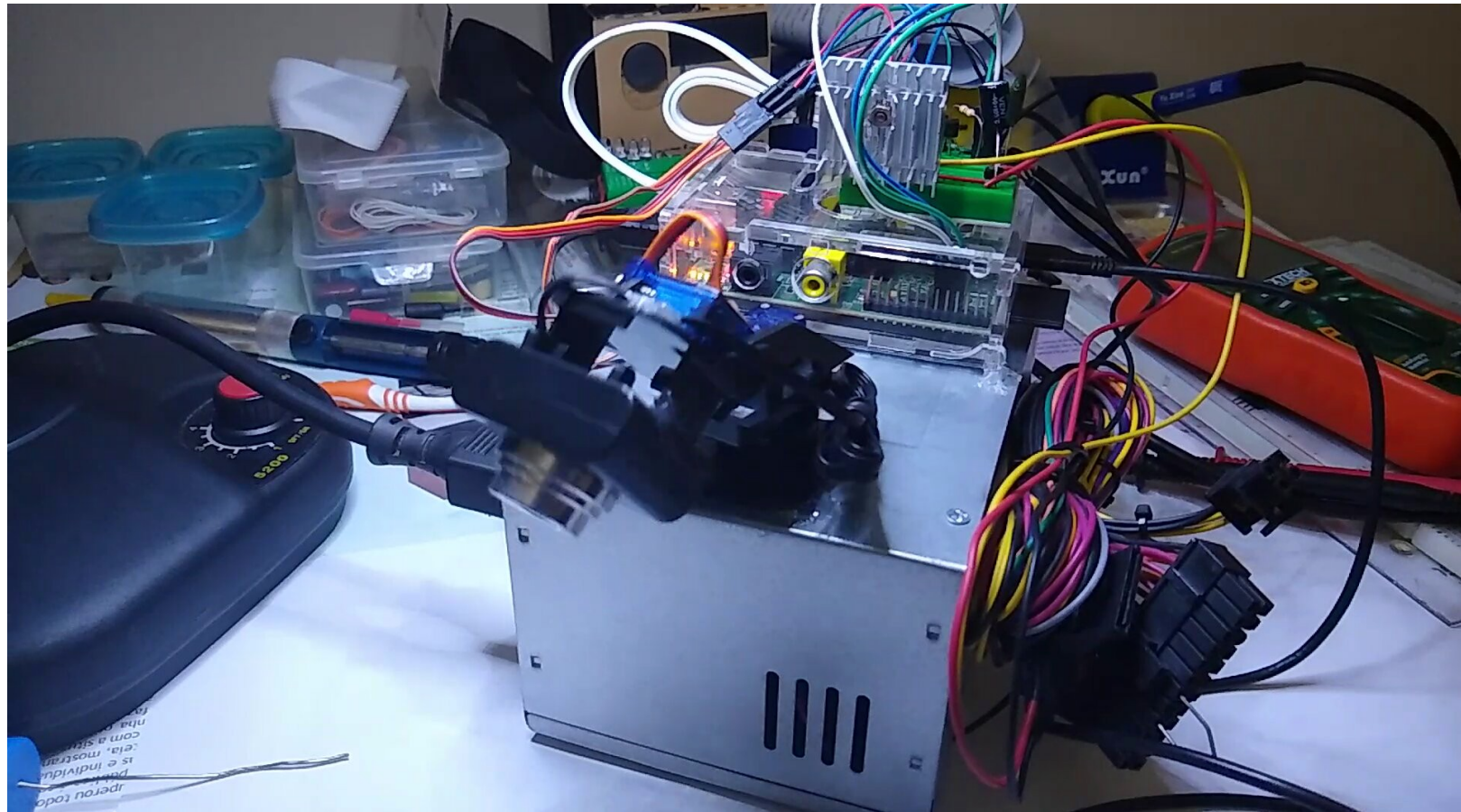
Imagem enviada pela câmera.



# Teste - Servo Motores



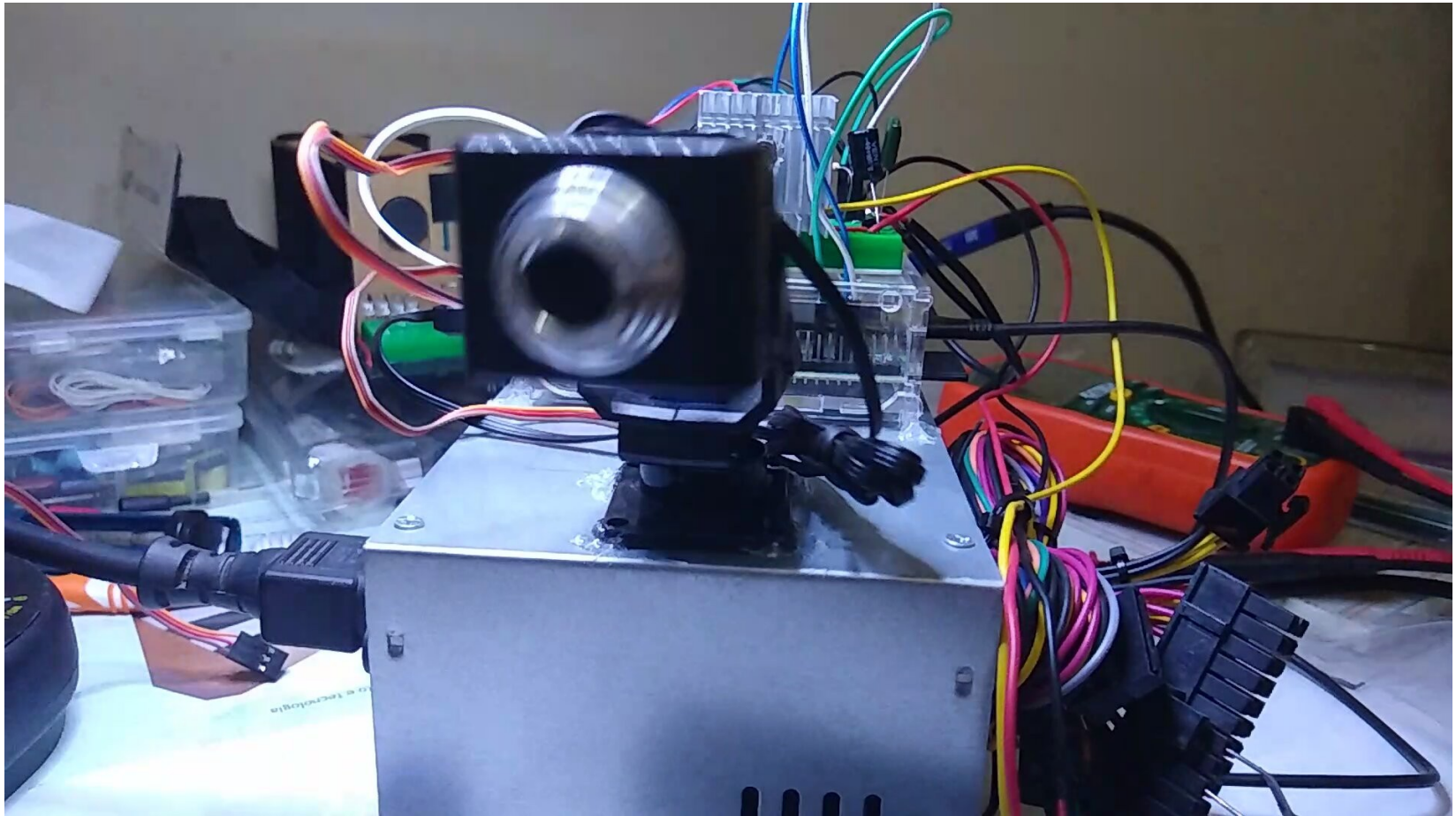
# VIDEO - Servo Motores





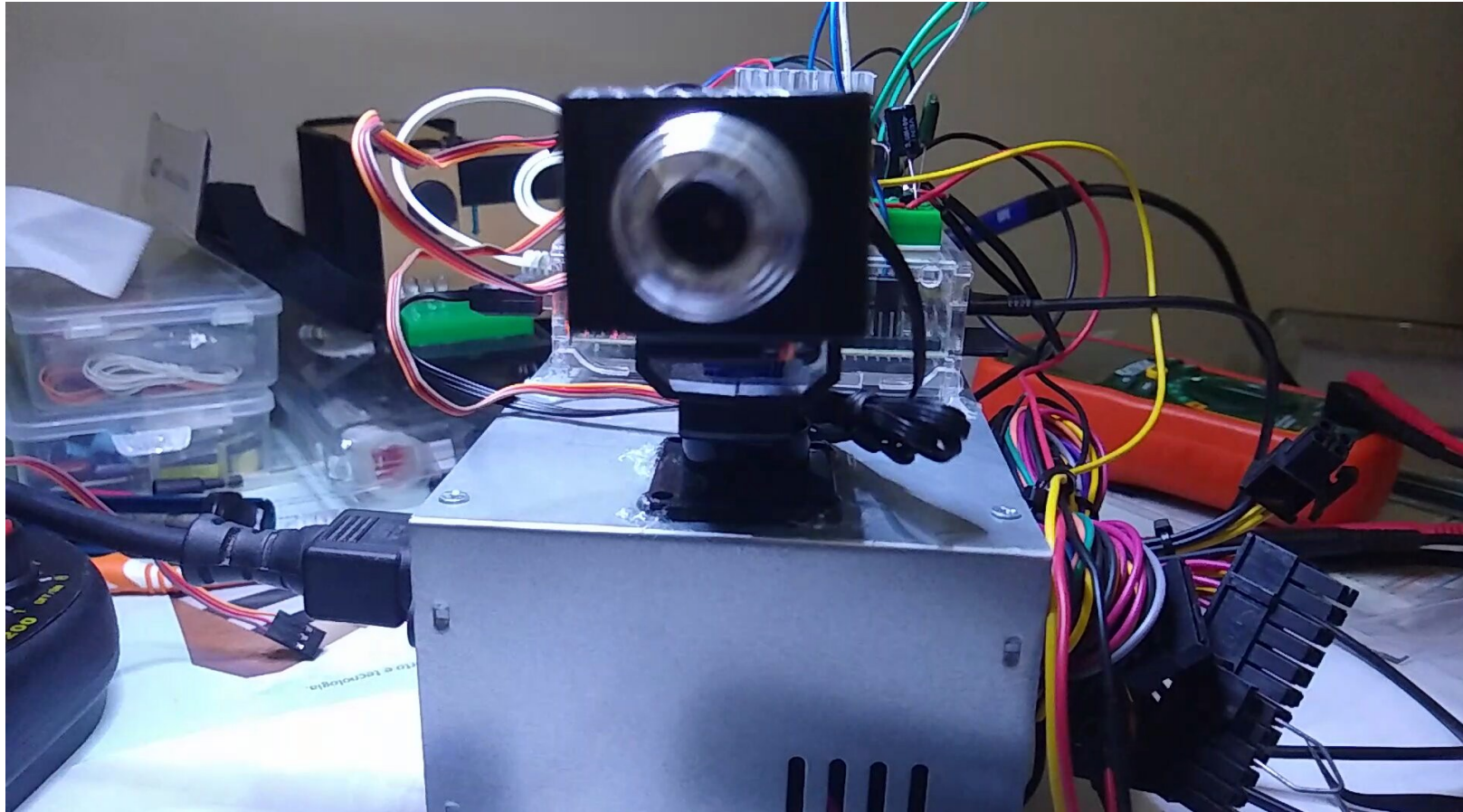
# Teste - Servo Motores

## Correção no movimento



# VIDEO - Servo Motores

## Correção no movimento

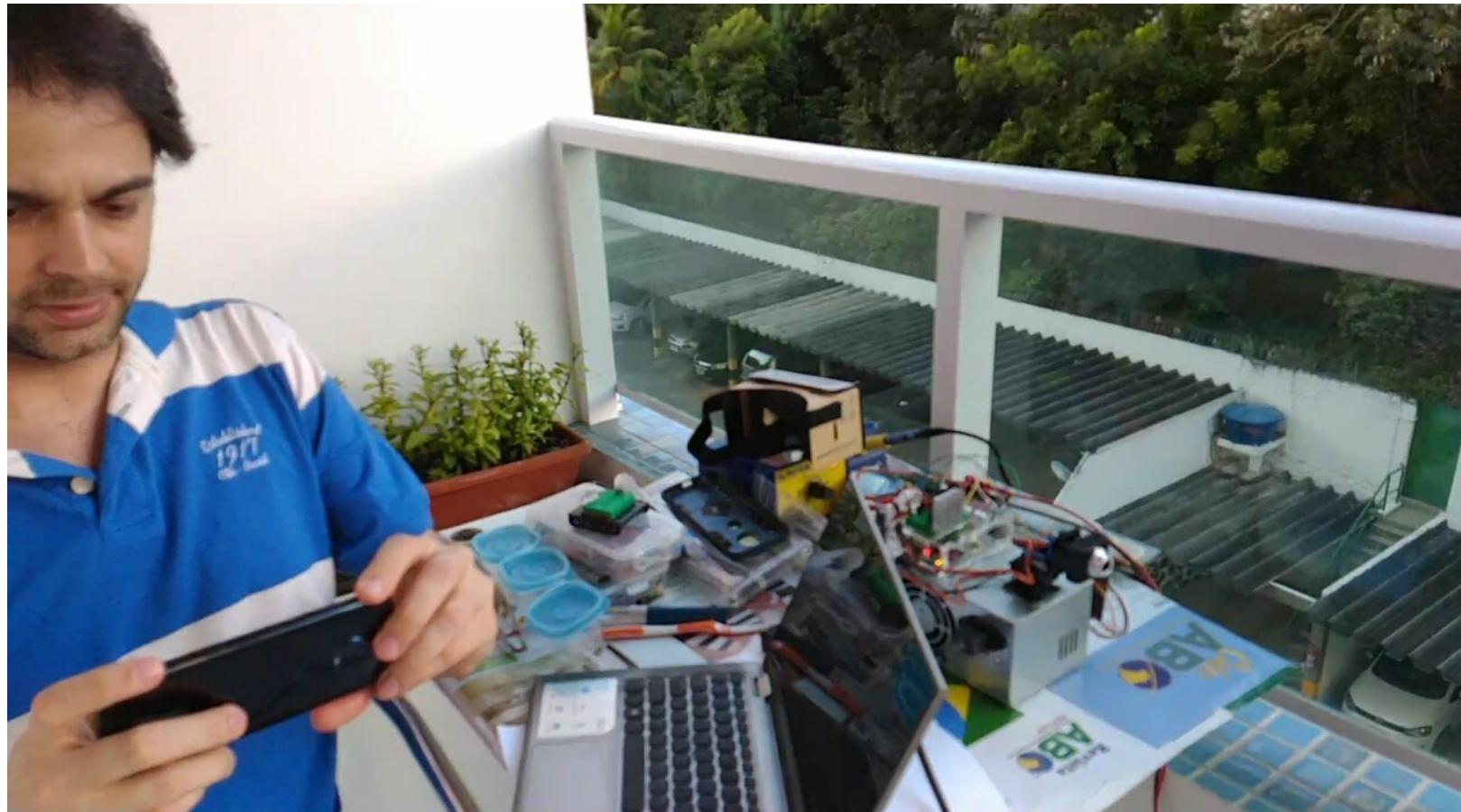




# Resultados



# VIDEO - Resultados





# Conclusão

- Os testes demonstram que o sistema pode ser utilizado para reduzir a complexidade do controle global de um robô;
- O controle de câmera é realizado de forma intuitiva;
- É necessário aprimorar o sistema de transmissão de vídeo para que o operador tenha a sensação de imersividade.



# Referências

HUGHES, S.; LEWIS, M. Robotic camera control for remote exploration. In: ACM. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. [S.l.], 2004. p. 511-517.

AMADEO, R. Google's iron grip on Android: Controlling open source by any means necessary. 2018. Disponível em: < <https://arstechnica.com/gadgets/2018/07/googles-iron-grip-on-android-controlling-open-source-by-any-means-necessary/>>.

ANDROID.COM. What is Android. 2019. Disponível em: < <https://www.android.com/what-is-android>>

DEVELOPERS, G. A. Motion sensors. 2019. Disponível em: <[https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors motion](https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion)>

DOMAIN, P. Pan and Tilt. 2019. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Panor%C3%A2mica>>

LAMPERT, K. Modular Head. 2019. Disponível em: <<https://www.artstation.com/artwork/31rg>>

PINCKNEY, N. Pulse-width modulation for microcontroller servo control. IEEE potentials, IEEE, v. 25, n. 1, p. 27-29, 2006.