

ROBOT ACCESSORY

Lucas Moraes Azimovas^{1, i}
Luciano Torres do Nascimento^{2, ii}
Luiz Henrique Luziano^{3, iii}
Paulo Sebastião Ladivez^{4, iv}

Data de submissão: (dia/mês/ano) Data de aprovação: (dia/mês/ano)

RESUMO

Esse artigo refere-se à necessidade de implantar uma condição colaborativa em robôs industriais e educacionais através de sensores instalados próximos à garra, produto chamado ROBOT ACCESSORY, mantendo todos os recursos em seus graus de liberdade criando uma dupla redundância, com capacidade de instalar um conjunto de sensores e garantir a programação para diferentes situações. Devido aos fabricantes não adotarem um padrão de programação global em seus robôs, cada projeto da Tecno Sensor terá uma peculiaridade de fabricação, no qual após instalado permitirá a interação do usuário próximo ao robô sem risco de colisão. E ainda destacando que não será necessário alterar o projeto do robô, então utilizando o acessório sem perda de garantia do fabricante do robô.

Palavras-chaves: Software livre. Arduino. Arduino Uno.

ABSTRACT

This article refers to the need to implement a collaborative condition in industrial and educational robots through sensors installed near the grip, a product called ROBOT ACCESSORY, keeping all resources in their degrees of freedom, creating a double redundancy with the ability to install a set of sensors and ensure programming for different situations. Due to manufacturers not adopting a global programming standard in their robots, each Tecno Sensor project will have a manufacturing peculiarity, which, after installed, will allow user interaction close to the robot without risk of collision. And also highlighting that it will not be necessary to change the design of the robot, so using the accessory without loss of warranty from the robot manufacturer.

¹ Graduando em Tecnologia Mecatrônica Industrial e Consultor Trainee do Senai Morvan Figueiredo. E-mail: Azimovas_lucas@hotmail.com

² Graduando em Tecnologia Mecatrônica Industrial e Eletricista de Manutenção da metalúrgica Tanesfil. E-mail: lucianotorresdonascimento849@gmail.com

³ Graduando em Tecnologia Mecatrônica Industrial e Técnico em Automação da RT Engenharia e Automação. E-mail: luizhenriqueluziano@gmail.com

⁴ Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: paulo.ladivez@sp.senai.br

Keywords: Free Software. Arduino. Arduino Uno.

1 INTRODUÇÃO

Robôs industriais são máquinas que desempenham tarefas que necessitam de esforços repetitivos, precisão, resistência, rapidez e força. Ele pode mover ferramentas, dispositivos especiais, peças e outros itens (Gamero, 2018). Com base em variedade de robôs industriais existentes para auxiliar no trabalho nas fábricas e necessidade de interação humana máquina, durante a realização da atividade executada pelo robô sendo controladas automaticamente ao mover peças, dispositivos, ferramentas ou materiais, ocorre constantes acidentes de colisão, porém existem os robôs colaborativos que interagem com grande potencial de segurança, mas o ponto negativo é a imensa diferença de custo entre eles.

Na instalação de robôs, além da programação e sincronização das operações, deve-se preocupar com os sensores, controladores e outros dispositivos de segurança na célula robótica. (CHIA, 2014).

Durante uma apresentação na disciplina de robótica, que se tratava de robôs colaborativos e não-colaborativos, foram comentadas as diferentes condições seguras de um usuário interagir fisicamente próximo de robôs, sendo que os não-colaborativos exigem restrições, conforme a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10218-1.”(ABNT, 2018, p. 10), espaço de trabalho dentro do espaço protegido onde o robô e um humano podem realizar tarefas simultaneamente durante a operação de produção”, entretanto os robôs colaborativos oferecem essa possibilidade. Na ocasião o tópico sobre os robôs tratava em ter como única forma segura de trabalhar próximo ao robô não-colaborativo, seria através de barreira física, cortina de luz e tapete de segurança, *scanner* de área (*laser scanner*), chave de parada de emergência, chave de intertravamento, CLP (controladores lógicos programáveis) de segurança, redes de segurança, protocolo CIP (protocolo industrial comum) e CIP *Safety*.

Há várias classificações de robôs industriais, definidos a partir da construção e combinação mecânica das juntas. Os robôs articulados (ou antropomórficos) são os modelos mais encontrados na indústria, e tem como característica três juntas rotacionais aumentando o raio e volume de trabalho.

Baseado na necessidade de se obter uma condição colaborativa em robôs não colaborativos com custo acessível, surgiu a ideia de um projeto desafiador, que atenda a essa necessidade atual do ambiente de trabalho, permitindo uma interação quase perfeita entre humano-máquina, incentivando o aumento da aquisição desses robôs.

A elaboração de um acessório compacto alojado próximo da garra, sendo projetado de acordo com a marca e modelo do robô; então caso o usuário se aproxime do robô, enquanto ele estiver em movimento, o mesmo entra em repouso, voltando a executar seus movimentos quando o usuário se afastar; contribuindo com a melhoria na segurança e na agilidade do processo de trabalho.



1.1 Objetivo

O propósito do projeto trata-se de inibir a redução ou parada do processo em execução na condição que o usuário permaneça em um perímetro próximo do robô com total confiabilidade de segurança.

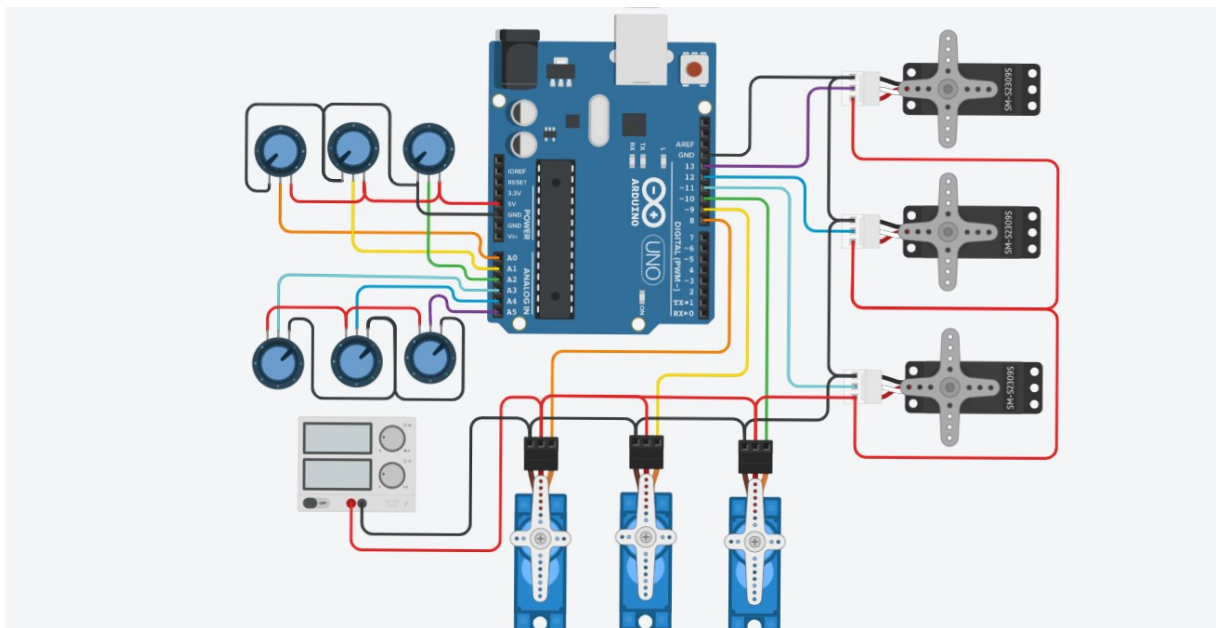
Durante a realização de um procedimento de trabalho, que seja necessário que o usuário tenha que permanecer em condição de aproximação ao atingir uma distância de 100 mm do robô, será ativado um sistema de segurança, que fará o processo de trabalho entrar em emergência, quando ambos se afastarem a uma distância maior que 100 mm o robô sairá do modo pausa e continuará fazendo o trabalho de onde parou.

2 DESCRIÇÕES DO ROBOT ACCESSORY

O que incentivou e impulsionou a criação do ROBOT ACCESSORY foi devido a uma larga diferença de custo entre robôs colaborativos e não-colaborativos. Pensando nisso foi projetado dispositivo que em condições que necessite que atividades restritas que um robô industrial não atende, porém um robô colaborativo seria um investimento excessivo, tal situação tornou objetivo alvo do projeto, com a empregabilidade de funções em larga escala e variedade de robôs industriais fez com que a Tecno Sensor desenvolvesse o acessório otimizando construções amigáveis à interação humana, desenvolvidas para que homem e máquina possam trabalhar de forma conjunta

Através de uma interface do Arduino e I/O do robô é feita a comunicação que gera condição de segurança colaborativa permitindo que o operador interaja de forma física mais próximo do robô impedindo qualquer tipo de colisão entre humano-robô, mantendo todos os graus de liberdade, figura 1.

Figura 1 - Esquema Elétrico



Fonte: Elaborado pelos autores.

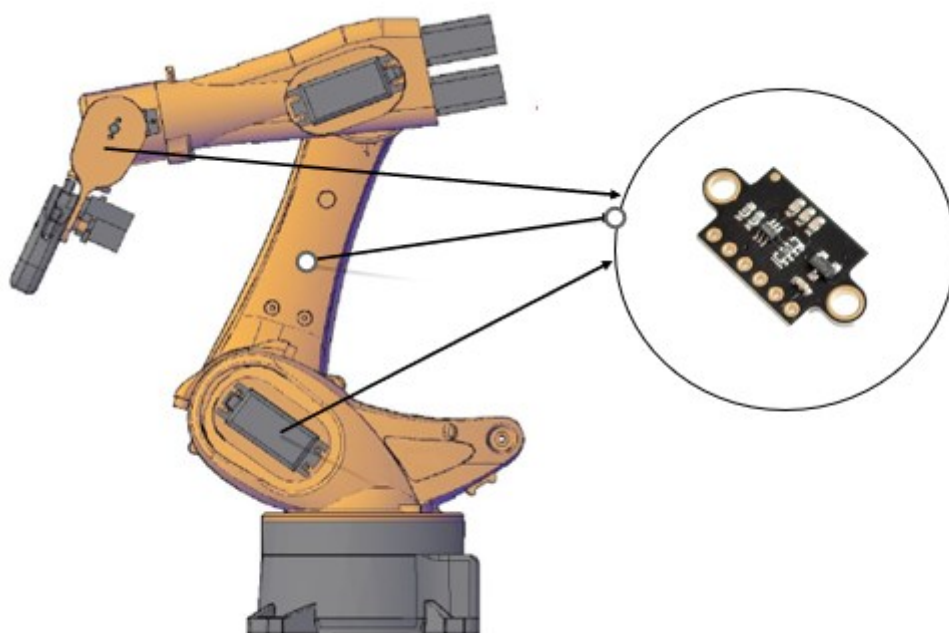
Tal implementação traz menos riscos de acidentes e certamente sinônimo de mais lucratividade na empresa, trazendo novo conceito de indústria 4.0

O acessório da TECHNO SENSOR vem como um projeto inovador pensando em empresas que necessite de robôs que trabalhem diretamente muito próximo do humano.

2.1 Descrições de funcionamento

A Tecno Sensor é uma *Startup* de tecnologia de mecatrônica industrial, que desenvolveu um produto chamado ROBOT ACCESSORY, figura 2, um acessório que pode ser instalado em qualquer robô industrial, que necessite de interação física próxima entre homem e máquina, com total segurança e sem qualquer risco de colisão. Esse acessório reconhece uma determinada área em seu perímetro, essas informações são enviadas para um microcontrolador, que processa os dados associando com uma distância, dessa forma torna-se possível ter uma condição colaborativa em robôs industriais, devido alto nível de tecnologia e confiabilidade da Tecno Sensor. ROBOT ACCESSORY é um sensor que coleta dados infravermelhos da distância entre o usuário e o robô que faz a interface com o IO (Input /Output) do robô. Esses dados são parametrizados para que a movimentação do servomotor seja interrompida.

Figura 2 - Protótipo e sensor



Fonte: Garcia (2022) e Bau da Eletrônica (2022).

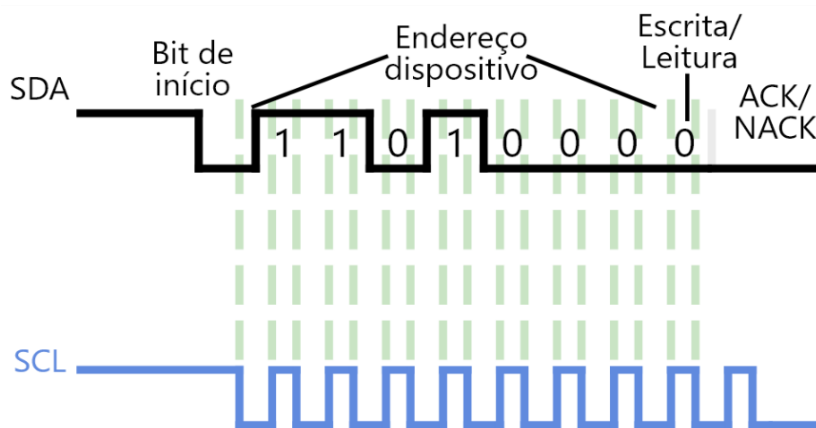
Os sistemas de entrada (*input*) são módulos que têm a função de informar condição de sensores, travas, comandos, possibilitando ao controlador organizar e criar o fluxo de dados produzidos pelas máquinas, possibilitando então alterar a condição das saídas (*output*). I2C significa *Inter-Integrated Circuit* (Circuito Inter-Integrado) e pode ser pronunciado como “I dois C”. O I2C utiliza dois pinos para comunicação, sendo um pino é de transmissão e recepção



de dados e outro é para sincronização (*clock*) deles, é um tipo de comunicação serial síncrona. Em relação aos dois pinos de comunicação, temos mais detalhadamente: o pino de dados seriais, *serial data* (SDA); e o pino de sincronização, *serial clock* (SCL). Simplificadamente, o *clock* é um sinal que oscila entre nível alto e baixo, com uma frequência determinada.

Para ser detectado um início de transmissão, a linha de dados (SDA) precisa passar de nível alto para nível baixo, enquanto a linha de *clock* (SCL) estiver em nível alto, figura 3. Em seguida, a linha SCL fica oscilando na frequência estipulada (depende da taxa de transmissão). Enquanto isso, a linha SDA deve enviar 7 bits correspondente ao endereço do dispositivo alvo. Esses bits são enviados um por vez a cada intervalo que a linha SCL estiver em nível baixo. Ou seja, o *clock* fica em nível baixo e um bit é enviado, depois o *clock* fica em nível alto e, em seguida, fica novamente em nível baixo, então outro bit é enviado. E assim em diante. (Mundo Projetado, (2018).

Figura 3 - Comunicação 12C



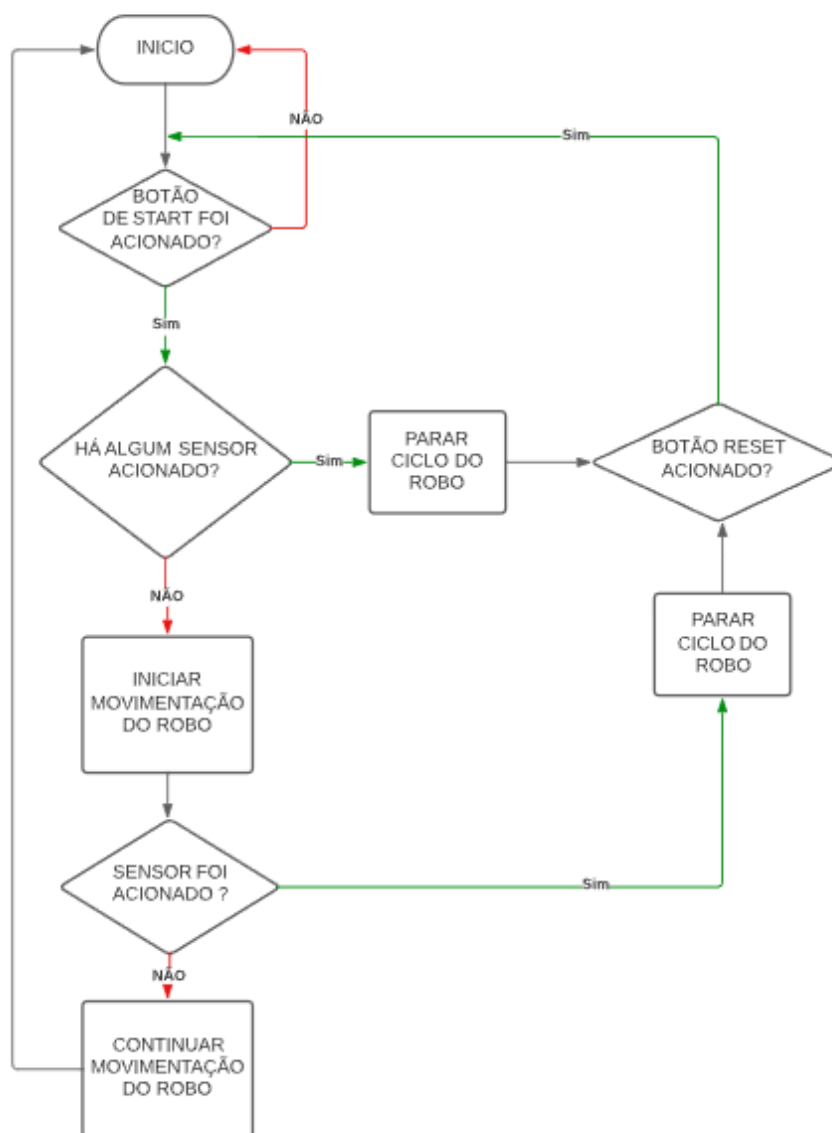
Fonte: Mundo Projetado (2018).

3 METODOLOGIA

Através de ensaios realizados em bancada, utilizando fonte ICEL modelo PS5000D, foi executada de movimentação manual dos eixos por potenciômetros e automático por programas. Estes testes foram realizados para demonstrar que o sistema de automação está de acordo com as especificações técnicas.

O sensor óptico CJVL53L0XV2 adaptado no protótipo é ativado quando uma medição é completada (saída digital). Os sensores foram instalados em um robô educacional, reconhecendo quando se aproxima de obstáculo humano, ou seja, atuando como sensor de presença sempre que o usuário esteja a menos de 100mm de distância do perímetro operacional do robô em que através de leitura infravermelha recriado uma interface com microcontrolador Arduino causará parada imediata do robô fazendo com que o mesmo entre em estado de emergência, sendo assim enquanto houver interferência física humana a distância menor que 100mm ao redor do robô permanecerá parado, para retornar a execução da programação deverá acionar o reset que habilita o botão start, figura 4, evitando acidente de colisão com humano.

Figura 4 - Fluxograma de funcionamento



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tendo como adendo, foi realizado ensaios simulando falha do ROBOT ACCESSORY, no qual o robô entrou em estado de emergência e consequentemente causou sua parada imediata através de uma programação para desligamento do sensor (nível lógico = 1, quando em 0 desliga o sensor) e ou falha de comunicação de dados I2C.

A comprovação da eficiência e eficácia do ROBOT ACCESSORY foi consolidada em ensaios realizados em laboratório e programação em C++, figura 5.



3.1 Programação

Figura 5 - Programação em C++

```
#include "Adafruit_VL53L0X.h"
// Comunicação de sensores e robôs - Tecno Sensor
#define LOX1_ENDERECO 0x40
#define LOX2_ENDERECO 0x80
// Setando pinagens
#define SHT_LOX1 6
#define SHT_LOX2 7
// sensor vl53l0x
Adafruit_VL53L0X lox1 = Adafruit_VL53L0X();
Adafruit_VL53L0X lox2 = Adafruit_VL53L0X();
// medidas
VL53L0X_medida_t measure1;
VL53L0X_medida_t measure2;
void setID() {
    // ID sensor1
    digitalWrite(SHT_LOX1, LOW);
    //digitalWrite(SHT_LOX2, LOW);
    delay(10);
    //
    pinMode(SHT_LOX1, INPUT);
    //pinMode(SHT_LOX2, INPUT);
    delay(10);
    // ativando LOX1 e resetando LOX2
    //digitalWrite(SHT_LOX1, HIGH);
    //digitalWrite(SHT_LOX2, LOW);
    if(!lox1.begin(LOX1_ADDRESS)) {
        Serial.println(F("Falha em sensores VL53L0X"));
    }
    // ID sensor
    digitalWrite(SHT_LOX2, LOW);
    delay(10);
    //
    pinMode(SHT_LOX2, INPUT);
    delay(10);
    if(!lox2.begin(LOX2_ADDRESS)) {
        Serial.println(F("Falha em sensores VL53L0X"));
    }
}

void read_sensor() {
    lox1.rangingTest(&measure1, false);
    delay(1);
    lox2.rangingTest(&measure2, false);
    Serial.print(F("1: "));
    if(measure1.RangeStatus != 4) {
        Serial.print(measure1.RangeMilliMeter);
    } else {
        Serial.print(F("Fora de alcance"));
    }
    Serial.println();
    Serial.print(F("2: "));
```



```
if(measure2.RangeStatus != 4) {   Serial.print(measure2.RangeMilliMeter);  
} else {  
    Serial.print(F("Fora de alcance"));  
}  
Serial.println();  
}  
void setup() {  
    Serial.begin(115200);  
    while (! Serial) { delay(1); }  
    pinMode(SHT_LOX1, OUTPUT);  
    pinMode(SHT_LOX2, OUTPUT);  
    Serial.println(F("Desl pinagem..."));  
    digitalWrite(SHT_LOX1, LOW);  
    digitalWrite(SHT_LOX2, LOW);  
    Serial.println(F("reset pinagem (pinos em low)"));  
    Serial.println(F("Iniciando..."));  
    setID();  
}  
void loop() {  
    read_sensor();  
    delay(1000);  
}
```

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Descritivo de componentes

Os componentes eletroeletrônicos fazem parte da automação de decisão, possibilitando ao robô identificar uma determinada “situação física”. O projeto representa a integração entre a interação com o meio (sensoriamento), processamento de informação (comparação de dados e programação) e tomada de ação (ação enviada pelo controlador para ser executada no circuito).

3.2.1 Sensor CJVL53L0XV2

Figura 1 - Sensor CJVL53L0XV2



Fonte: Bau da Eletrônica (2022).

O sensor utilizado é de tipo óptico modelo CJVL53L0XV2, figura 7. É um sensor de distância a laser, com zona de operação de 2000m. A tensão de trabalho é de 2.6V-3.5V, e a

acurácia medida entre $\pm 3\%$ e $\pm 5\%$ sendo satisfatório para o projeto. O sensor tem interface I2C para comunicação e consegue operar mesmo com objetos inclinados em relação ao emissor. O sensor trabalha em “*continuous ranging*” em que a medição de distância (operação e armazenamento de dados) é realizada de forma contínua, cada ciclo de contagem é iniciado ao final do ciclo anterior, tabela1.

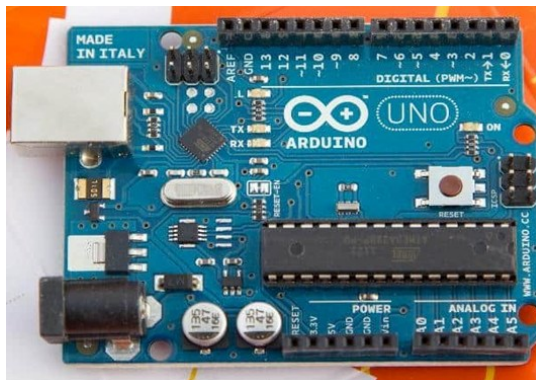
Tabela 1 - Sensor

SENSOR CJVL53L0XV2
VCC
GND
SCL // Clock da Comunicação I2C
SDA // Dados da Comunicação I2C
GPI01 // Pino de interrupção que é ativado quando uma medição é completada (saída digital)
XSHUT // Pino para desligar o sensor (nível lógico = 1, quando em 0 desliga o sensor)

Fonte: Bau da Eletrônica (2022).

3.2.2 Placa Arduino UNO

Figura 2 - Microcontrolador atmega 328p em Arduino UNO



Fonte: Souza (2022).

A placa utilizada para processamento dos dados é o Arduino Uno, figura 8. Arduino Uno é uma placa de prototipagem eletrônica *open source* (código aberto), com base no atmega328p.

Seu sistema conta com uma IDE— *Integrated Development Environment* — para o desenvolvimento de *softwares*/programação, que será gravado na placa para realizar as atividades programadas.

O Arduino conta com pinos de tensão (3,3 e 5V) para alimentação de circuitos; I/Os digitais e analógicos; GND; botão reset; led indicador de energia. O Arduino trabalhará alimentado via cabo USB no computador de trabalho na fase de teste, tabela 2.

Tabela 2 - Arduino Uno R3

SENSOR CJVL53L0XV2	ARDUINO UNO R3
VCC	3,3V
GND	GND
SCL // Clock da Comunicação I2C	A1.5 (entrada analógica)
SDA // Dados da Comunicação I2C	A1.4 (entrada analógica)
GPI01 // Pino de interrupção que é ativado quando uma medição é completada (saída digital)	
XSHUT // Pino para desligar o sensor (nível lógico = 1, quando em 0 desliga o sensor)	D1.6 (entrada digital) // se tiver dois ou mais sensores

Fonte: Adaptado de Bau da Eletrônica (2022).

A tomada de decisão do programa executa uma ação direta na operação dos servomotores elétricos que são utilizados: modelo MG996R (3) e modelo SG90 (3). O servo MG996R é utilizado no Eixo 2, Eixo 3 e Eixo 4 do robô, enquanto, o servo SG90 é utilizado no Eixo 1 (base), Eixo 5, e Eixo 6 (ferramenta – garra).

Figura 3 - Servos motores MG996R e SG90



Fonte: Tower Pro (2022).

4 CONCLUSÃO

Com base nos ensaios realizados no laboratório pode – se observar que para habilitar parada dos servos foi necessário fazer corte da alimentação, pois no Arduino não obteve resultados positivos por interrupção de dados, então assim foi possível atingir resultados satisfatórios, utilizando dois sensores sendo um em cada lado do robô próximo à garra, foi possível provocar parada de todos os eixos ao se aproximar do robô. Os resultados possibilitaram a confiabilidade no projeto quando colisão proposital foi evitada, através da atuação do ROBOT ACCESSORY.

Todos os testes executados proporcionaram novos horizontes para aprimoramento, otimizando as dificuldades de novos projetos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 10218-1**: Robôs e dispositivos robóticos - Requisitos de segurança para robôs industriais. Parte 1: Robôs. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

Bau da Eletrônica. **Sensor de Distância VL53L0X de Alta Precisão**. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-distancia-vl53l0x-de-alta-precis-o.html>. Acesso em: 09 mai. 2022.

CHIA, Ian Mauro Concha. **Segurança em uma célula robotizada**. 2014. 54 f. Monografia (Especialização em Automação Industrial) - Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

GAMERO, Isis. **Robôs industriais**, 2018. Disponível em: <https://pollux.com.br/blog/robos-industriais-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 11 jul. 2022.

GUIMARÃES, Fábio. **I2C**. 2021. Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/i2c/>. Acesso em: 16 set. 2022.

SOUZA, Fábio. **Arduino Uno**, 2022. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-uno/>. Acesso em: 09 mai. 2022.

Tower Pro. Servo **mg996r**, 2022. Disponível em: <https://www.towerpro.com.tw/product/mg996r/>. Acesso em: 06 jun. 2022.

Tower Pro. **Sg90-7**, 2022. Disponível em: <https://www.towerpro.com.tw/product/sg90-7/>. Acesso em: 06 jun. 2022.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus permitindo que tudo isso acontecesse.

A todos integrantes do projeto, pelo companherismo e pela troca experiências.

A Instituição SENAI que proporciona um ambiente criativo e amigável essencial no processo de formação profissional e por toda aprendizagem ao longo do curso.

Aos nossos orientadores Paulo Sebastião Ladivez e Rudolfo Hesse, que nos ajudaram a concluir este trabalho, que conduzindo com paciência e dedicação, sempre dispostos a compartilhar todo seu vasto conhecimento.

A todos aqueles que de alguma forma nos incentivaram e apoiaram nessa trajetória.

Sobre os autores:

ⁱ Lucas Moraes Azimovas



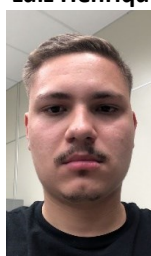
Possui Técnico em Mecatrônica pela Escola e Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica Armando de Arruda Pereira (2018), cursando atualmente Superior em Tecnologia Mecatrônica Industrial pela Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica Armando de Arruda Pereira (2020). É Consultor Trainee do Senai Morvan Figueiredo (2022). Tem experiência na área Assistência Técnica de acessórios em máquinas CNC, com ênfase em treinamento e Planejamento de Manutenção e Mecatrônica.

ⁱⁱ Luciano Torres do Nascimento



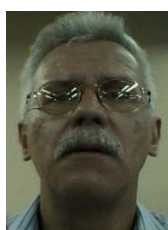
Possui Curso de Aprendizagem Industrial pela Escola Técnica Senai Jacob Lafer(1996), cursando atualmente Superior em Tecnologia Mecatrônica Industrial pela Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica Armando de Arruda Pereira. É Supervisor de manutenção da empresa Tanesfil responsável pelos setores de usinagem, desbobinadeira, corte/ dobra , chassis e caldeiraria ênfase em mecatrônica. Tem experiência na área de eletrônica, mecânica e manutenção em máquinas CNC, com ênfase em manutenção de máquinas e planejamento de manutenção e mecatrônica.

ⁱⁱⁱ Luiz Henrique Luziano



Possui Técnico em Eletroeletrônica pela Escola Técnica Senai Jacob Lafer(2018), cursando atualmente Superior em Tecnologia Mecatrônica Industrial pela Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica Armando de Arruda Pereira. É Técnico de Automação da empresa RT Engenharia responsável por manutenção e desenvolvimento de *software*. Tem experiência na montagem em painéis eletroeletrônicos, com ênfase em Mecatrônica.

^{iv} Paulo Sebastião Ladivez



Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Mogi das Cruzes (1984), com especialização em Tecnologias e Sistemas de Informação pela Universidade Federal do ABC (2013). Atualmente é professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, lecionando as disciplinas Projetos, Microcontroladores, Linguagem de Programação no curso Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e na Pós-Graduação em Automação Industrial. Tem experiência na área de Engenharia Eletrônica, com ênfase em Automação Industrial e Mecatrônica, atuando principalmente nos seguintes temas: Mecatrônica, Manufatura Digital, Redes Industriais, Automação Industrial, Microcontroladores e Controle.