

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE CÉLULA DE MANUFATURA INTEGRADA, INFORMATIZADA E INTELIGENTE COM MÓDULOS DE ARDUINO

T. C. Bueno¹; J. S. S. Sousa¹

1 – Instituto Federal de São Paulo/Campus São José dos Campos
Rodovia Presidente Dutra s/n, saída km 145 (Portão P4, Petrobras) - Jardim Diamante - São José dos Campos – SP - Brasil
Telefone: (12) 99124-3240 – Email: thiago_gnr95@hotmail.com
Telefone: (12) 98133 6870 – Email: joao.ss@ifsp.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de célula de manufatura construída com módulos para Arduino, onde a comunicação entre todos os equipamentos são integrados e sem fio, facilitando a troca de informação entre os mesmos. A célula é constituída por um computador, um carro e dois braços robóticos, que transporta materiais de forma autônoma e sem supervisão de seres humanos. As técnicas de comunicação integrada e comportamento dos equipamentos são baseados nos conceitos e perspectivas da indústria 4.0. Os resultados apresentam os benefícios de uma célula de manufatura integrada e da troca de comunicação entre as máquinas.

PALAVRAS-CHAVE: célula de manufatura, indústria 4.0, comunicação wireless, robótica.

ABSTRACT: This paper presents the development of a manufacturing cell built with modules for Arduino, where the communication between all devices are integrated and wireless, facilitating information exchange of same. The cell is a computer, a car and two robotic arms, transporting materials autonomously and without supervision humans. The integrated communication techniques and equipment behavior are based on the concepts and perspectives of the industry 4.0. The results show the benefits of an integrated manufacturing cell and the exchange of communication between machines.

KEYWORDS: cell manufacturing, industry 4.0, wireless communication, robotics.

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário industrial, busca-se por inovações tecnológicas nas áreas de automação, controle e tecnologia da informação, aplicados aos processos de manufatura competitivos. Para tal, torna-se necessário a conexão, de forma sinérgica, todas as máquinas, sistemas e informações do chão de fábrica, através da instrumentação industrial, programação, controle lógico de eventos discretos através de sistemas microprocessados, atuadores e acionamentos. Assim, verifica-se o grande progresso que permite a implantação da automação de máquinas até a robotização dos processos ou sistemas totalmente integrados e flexíveis de

manufatura de acordo com os conceitos e perspectivas das indústrias 4.0 e IOT (*Internet Of Things*).

Na indústria 4.0, as fabricas inteligentes terão autonomia e capacidade, dentre outras, para agendar manutenções, prever falhas nos processos e se adaptar aos requisitos e até mesmo mudanças não planejadas à prioridade na produção. Essas fabricas mais inteligentes possuirão capacidade de aquisição e tratamento de dados de forma instantânea, permitindo tomadas de decisões em tempo real e sem imprevistos. A tomada de decisão será feita com auxílio de técnicas de inteligência artificial de acordo com a necessidade da produção. As máquinas serão integradas, aptas

a receber comandos e fornecer informação do seu ciclo de trabalho [1].

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de uma célula de manufatura (CM) integrada e informatizada. A CM é uma coleção de equipamentos e processos dedicados para o atendimento dos requisitos de processamento de peças como robôs, máquinas-ferramenta controladas, sistemas automáticos de inspeção e sistemas de transporte de material. Um layout desses equipamentos diminui o ciclo de fabricação e os custos, melhora a qualidade do produto e possibilita muitas outras melhorias na produção. As CM mais avançadas são flexíveis para alterar as tarefas e aptas a aperfeiçoar dinamicamente os processos de produção [2]

O protótipo da CM como é apresentado na Figura 1 foi construído com equipamentos de baixo custo e módulos de prototipagem para micro controlador, constituído por um computador que processa os dados, um carro que carrega blocos e dois braços robóticos posicionados na planta que pegam esses blocos. O Arduino que serve como uma plataforma de prototipagem está conectado em cada equipamento que também possui um módulo de transmissão e recepção por rádio frequência, também conectados ao Arduino. Com este módulo cada equipamento pode se comunicar entre si, integrando toda a célula e cada equipamento pode transmitir dados do seu ciclo produtivo para o sistema.

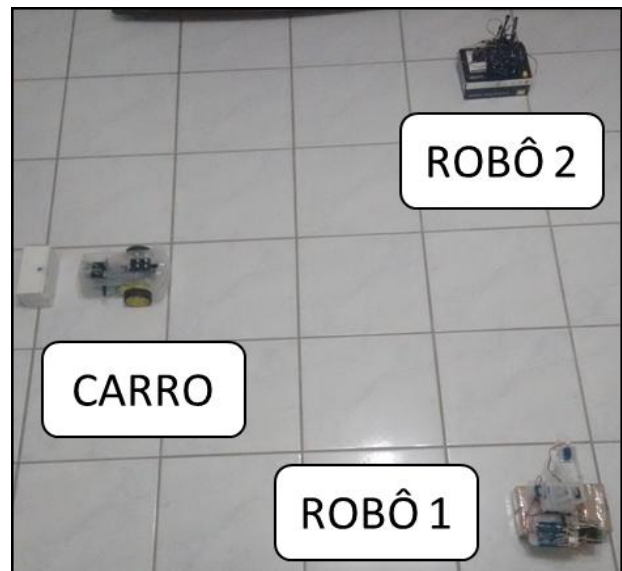


Figura 1. Área de testes

O objetivo do desenvolvimento deste protótipo de CM é colocar em prática conceitos da indústria 4.0, demonstrar como uma máquina pode se comunicar uma com outra através de *wireless* em processos de manufatura e futuramente colocar em prática técnicas de inteligência artificial e aprendizagem, tais como a aprendizagem por reforço em processos reais e complexos de forma a melhorar a adaptação e tomadas de decisões autônomas dos sistemas de forma a obter-se sistemas flexíveis e competitivos.

2. METODOLOGIA

O projeto da CM é constituído de um computador central que envia comandos e recebe dados de forma *wireless* para um carro que leva as peças, que nesse trabalho são simulados através do transporte de Leds (*Light Emitting Diode*), para dois braços robóticos que pegam essas peças. Esse procedimento é realizado quando o computador processa os dados de quantas peças cada braço robótico necessita; o que é determinado no início do processo/programa. O computador toma a decisão e comanda o envio do carro para um

dos braços robóticos selecionados. O computador também envia a quantidade de peças que o braço deve pegar e quantas peças tem no carro, assim o braço executará exatamente o movimento de pegar as peças, mesmo que elas estejam em posições diferentes. Após finalizar seu trabalho, o braço envia os dados para o computador central que processa a lógica do processo continuamente. Todos os dados possíveis são enviados para o computador, como posição do carro, quantidade de peças que o carro possui e quantidade de peças que cada braço robótico já pegou.

3. MATERIAIS

Conforme já apresentada os materiais utilizados neste trabalho não são sofisticados como os que se encontram nas indústrias, mas se encaixam no orçamento e realização do projeto/protótipo.

3.1. Arduino

O Arduino apresentado na Figura 2 é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open source*, muito utilizado em projetos eletrônicos de baixo custo, o modelo utilizado neste projeto é o UNO. O mesmo possui um micro controlador ATmega 328 e 14 pinos de entradas/saídas digitais. Cada equipamento possui um Arduino que o controla diretamente. Ao receber comandos específicos o mesmo envia sinais para os atuadores do equipamento.



Figura 2. Arduino

3.2. Módulo rádio frequência transmissor + receptor 433MHz (RF)

O RF apresentado na Figura 3 é o módulo que faz com que todos os equipamentos se comuniquem entre si. O módulo possui um dispositivo receptor e outro transmissor, cada um conectado em um Arduino. O transmissor envia os dados com uma frequência de 433MHz para o receptor, neste projeto cada equipamento possui um receptor e transmissor conectado no mesmo Arduino e para melhor funcionamento foi necessário soldar uma antena de cobre de 17 cm no transmissor.

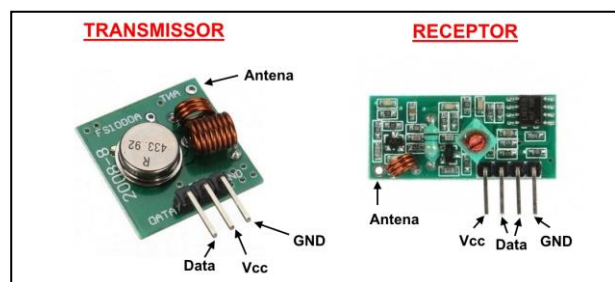


Figura 3. Módulo RF

3.3. Braço Robótico meArm

O Braço Robótico meArm apresentado na Figura 4 é um robô articulado *Open Source* muito utilizado em projetos robóticos de baixo custo, possui 4 graus de liberdade, com movimentos na base, no ombro, no cotovelo e na garra. É usado como atuador 4 micros servo motores que se encaixam perfeitamente em sua estrutura. Neste projeto os servos são acionados pelo Arduino.

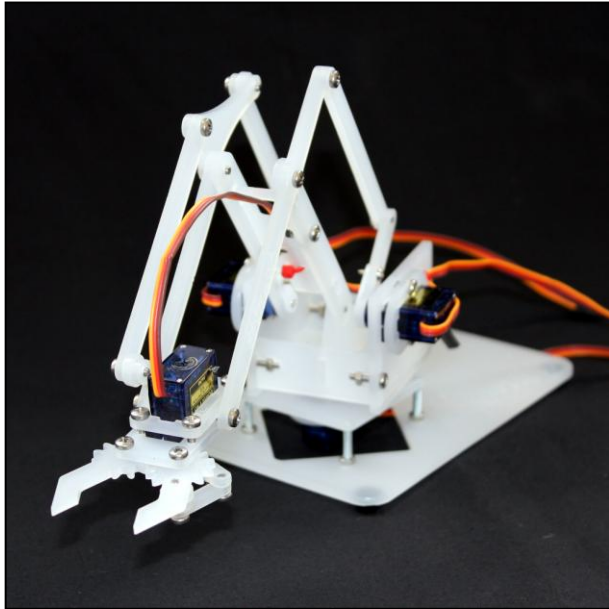


Figura 4. Braço Robótico meArm

3.4. Carro com sensor ultrassônico

O carro, como é apresentado na Figura 5, é um projeto open source e possui dois motores DC com redução e que são conectados às respectivas rodas, uma ponte H L298N A-07 e dois sensores ultrassônicos utilizados para detectar obstáculos na CM. O carro possui dois chassis, um inferior que mantém a maioria dos equipamentos e um superior que mantém o RF.

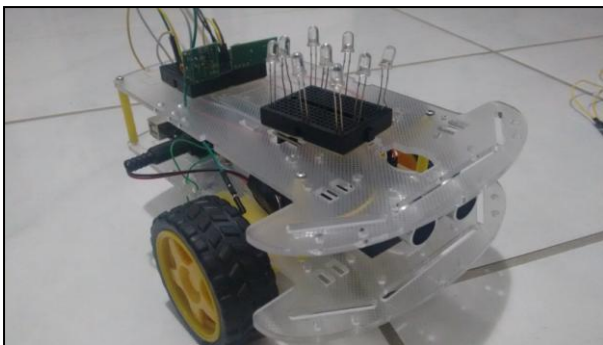


Figura 5. Carro

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. Comunicação

A comunicação é feita entre RFs que trabalham com frequência de 344 MHz, com isso todos os quatro equipamentos se comunicam nessa frequência, impossibilitando dois ou mais equipamentos enviar dados ao mesmo tempo, pois haverá interferência. Assim, como todos trabalham na mesma frequência, todos os equipamentos receberão os mesmos dados. Para resolver problemas de conflito de dados, adotou-se a técnica semelhante ao protocolo de comunicação de dados Modbus, que se baseia em um mestre (computador) que envia dados para todos os outros escravos (equipamentos) que obedecem. Para enviar dados específicos para cada equipamento o mestre envia um protocolo, baseado em uma sequência de números, e cada equipamento identifica o que deve ser feito.

Como exemplo de um caso de aplicação a comunicação funciona com as seguintes etapas, para não haver interferência de dados:

1º - O computador processa os dados e comanda o envio do carro para um dos braços robóticos.

2º - O carro chega ao seu ponto e envia essa informação para o computador.

3º - O computador envia os dados necessários para o braço robótico.

4º - O braço robótico realiza seu trabalho, concomitantemente o outro braço robótico pode solicitar peças; isso depende da lógica do processo e da flexibilidade de programação de uma célula em particular.

5º - Após o braço robótico terminar seu trabalho, o computador reprocessa seus dados e decide se envia o carro para o outro robô ou volta ao ponto inicial para receber novas

peças; tudo dependerá da lógica do processo em questão

A Tabela 1 apresenta como os dados são determinados e transmitido para que o equipamento receba sua função e os dados sejam transmitidos.

Tabela 1. Transmissão de Dados

Equipamento	Quem está transmitindo	Transmitir dados para	Quantidade de peças no carro	
Computador	1	1	X	
Carro	2	2	X	
Robô 1	3	3	X	
Robô 2	4	4	X	
Equipamento	Destino do carro	Peças que o robô deve coletar	Peças que o robô 1 já coletou	Peças que o robô 2 já coletou
Computador	Zero caso não tenha destino	X	X	X
Carro		X	X	X
Robô 3	3	X	X	X
Robô 4	4	X	X	X

4.2. Controle do braço robótico

O controle de movimento é feito pelo Arduino que controla a posição do servo motor que movimenta os elos do Robô. Para o controle de posição dos servos é utilizada uma biblioteca no Arduino chamada “servo”, que possui uma função que desloca o servo para uma posição desejada sem necessitar de encoders.

Na programação, o controle de movimentos é feito baseado na quantidade de peças que tem no carro. A partir desses dados o programa calcula onde estão as peças e movimenta os elos do braço robótico. Se o carro tiver 5 peças, o braço irá pegar a primeira e depois já calculará que a segunda está em uma certa distância para o lado. A Figura 6 demonstra o braço coletando um Led, após o carro se posicionar e permitir a que o braço colete a peça.

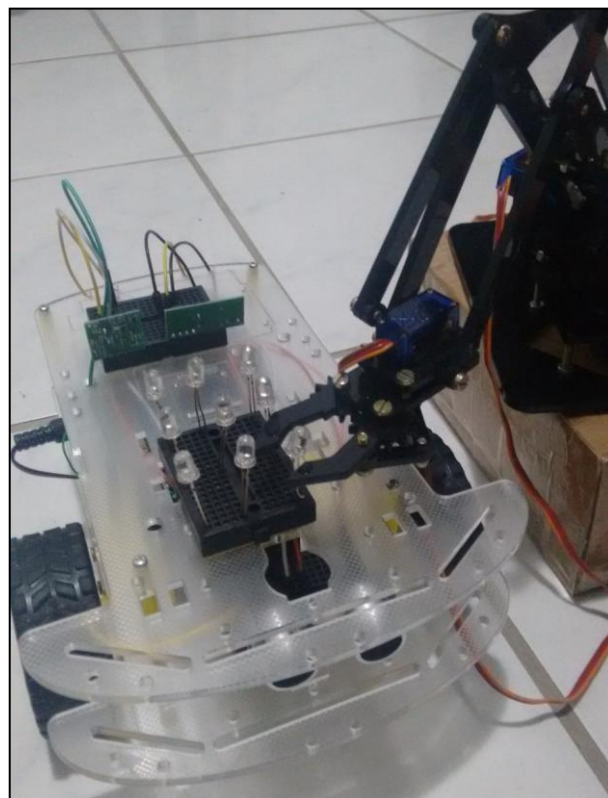


Figura 6. Coleta de Led

4.3. Controle do carro

O carro possui dois sensores ultrassônicos, um para identificar a distância de um objeto (Braço Robótico) em sua frente e outro ao seu lado, esses dados são processados pelo Arduino que aciona os motores para o carro andar. O Arduino controla a velocidade dos motores com a técnica PWM (*Pulse Width Modulation*).

O sensor ultrassônico da frente identifica a localização do braço robótico e o carro vai até o local. Ao chegar a uma certa distância o

carro gira até se posicionar de lado com braço robótico e o sensor lateral determina a posição adequada para o carro ficar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Convém destacar que o desempenho dos equipamentos e dos módulos RF, que são de baixo custo, demonstraram bom funcionamento, como os equipamentos industriais devem funcionar.

O processo de comunicação entre os equipamentos teve uma boa performance. A cada etapa o computador enviava e recebia dados e os equipamentos respondiam de forma adequada com os dados recebidos. A utilização de protocolos com sequências de números para que cada máquina recebesse a informação certa também teve bom desempenho e a cada informação cada máquina sabia se devia realizar a tarefa ou não.

Outro resultado interessante foi o do processamento interno do braço robótico, pois o braço robótico recebia dados de quantas peças tinha no carro e, assim, o braço calculava a posição de cada peça, demonstrando que o braço é flexível para realizar tarefas com dados que variam.

6. CONCLUSÃO

Os testes realizados no protótipo de célula de manufatura apresentaram resultados que demonstram a importância da comunicação integrada e informatizada. Destaca-se a flexibilidade do braço robótico que toma decisões diferentes conforme os dados variam e a comunicação integrada que melhora processos autônomos e flexíveis.

O próximo passo é a aplicação de técnicas de inteligência artificial como a aprendizagem por reforço e tomadas de decisões baseadas em rede neural artificial

CMAC em conjunto com a lógica fuzzy. Essa aplicação ainda não foi realizada na CM, mas já foi realizada pelos autores em outro trabalho [3] em que um sistema robotizado aprende a jogar o jogo da velha.

Com base nos resultados obtidos temos que estes se apresentam satisfatórios e será bastante aprimorado ao longo da pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FILHO, H. R. P. **Células de trabalho ou de manufatura**. 2010. Disponível em: <<https://qualidadeonline.wordpress.com/2010/02/08/celulas-de-trabalho-ou-de-manufatura/>>. Acessado em: 05/09/2016.

VENTURELLI, M. **Indústria 4.0: Uma Visão da Automação Industrial**. 2014. Disponível em: <<http://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>>. Acessado em: 05/09/2016.

BUENO, T. C.; SOUSA, J. J. S. **CONTROLE EM ROBÓTICA POR APRENDIZAGEM**. 6º Congresso Científico da Semana Tecnológica do IFSP, Bragança Paulista, SP, Brasil, 2015.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Federal de São José dos Campos pela oportunidade e apoio no desenvolvimento desta pesquisa.