

AUTOMAÇÃO DE UMA LINHA DE CONTAGEM DE PRODUTOS INDUSTRIAIS

PENNING, Caio Henrique 1*; AMADORI, Gabriel dos Santos 2; KROHN, Sabrina Daiana Ferrari 3 ; COSTA, Alexandre Kunkel da 4

¹ FAHOR, Curso de Engenharia Controle e Automação, Faculdade Horizontina, Campus Arnoldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

² FAHOR, Curso de Engenharia Controle e Automação, Faculdade Horizontina, Campus Arnoldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

³ FAHOR, Curso de Engenharia Controle e Automação, Faculdade Horizontina, Campus Arnoldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

⁴ Professor da FAHOR, Faculdade Horizontina, Horizontina, RS, Brasil.

*Autor Correspondente: cp002516@fahor.com.br.

RESUMO

O século XX foi marcado por inúmeros avanços tecnológicos, tendo como principal marco na área industrial a linha de montagem idealizada por Henry Ford. Sua aplicação tornou mais barata e acessível a produção em série de diversos tipos de produtos e facilitou o desenvolvimento tecnológico de outras áreas da indústria. Atualmente possuem a mesma função, mas ao invés de ser analógicas são controladas digitalmente através de, entre outras formas, circuitos contadores e osciladores. Visando a aplicação dos mesmos se buscou empregar controle digital em uma linha de montagem de forma que seu funcionamento fosse automatizado. Optou-se pela prototipagem por possuir menor complexidade na confecção e na redução do custo de execução do sistema, onde foram implementados *flip-flops*, contadores e osciladores, além de sensores no dispositivo que passam informações aos contadores que realizam a contagem de quantas peças passaram por um determinado posto de trabalho da linha de produção.

Palavras chave: Automação, Linha de produção, *flip-flops*, LM555.

AUTOMATION OF A COUNTING LINE OF INDUSTRIAL PRODUCTS

ABSTRACT

The 20th century was marked by innumerable technological advances, having as main milestone the assembly line idealized by Henry Ford in the industrial area. Its application made series production of various types of products cheaper, more accessible and facilitated the technological development of other areas of the industry. They currently have the same function, but instead of being analog, they are controlled digitally through, among other forms, counting circuits and oscillators. Aiming its application, it was sought to employ digital control in an assembly line so that its operation was automated. The validation was defined by the prototyping of models with lower capacity in the reduction and by the execution cost of the system, where flip-flops, counters and oscillators were implemented, as well as sensors in the device that share the information to counters that count the number of pieces for a particular job on the production line.

Keywords: Production line, *flip-flops*, Automation, LM555.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente repletas de tecnologias, robôs e muitas esteiras, as primeiras linhas de montagem foram idealizadas e aplicadas nas fábricas da Ford por Henry Ford no início do século XX. Um século depois as fábricas tornaram-se muito mais modernas do que eram onde computadores controlam boa parte do processo e robôs interagem com humanos ou mesmo fazem etapas da produção de maneira autônoma.

Os controladores digitais utilizados hoje são mais versáteis e baratos que os controladores analógicos utilizados no século passado, pois o programa que qualifica um controlador digital pode ser modificado para acomodar mudanças de projetos sem quaisquer modificações de hardware, além de serem mais confiáveis do que seus equivalentes analógicos.

Os equipamentos modernos de linhas de produção funcionam principalmente através de controles digitais, tendo embarcados em si sensores, contadores, *clocks* e outros tipos de processamento. Dessa forma, utilizando-se dos conhecimentos na área de sistemas digitais, buscou-se realizar uma aplicação prática de uma linha de produção empresarial com

componentes eletrônicos, sendo eles principalmente contadores, *flip-flops*, decodificadores, contadores e sensores.

O principal objetivo na realização de tal protótipo é verificar a complexidade encontrada na organização de componentes eletroeletrônicos com finalidade de se obter os resultados esperados de leitura e atuação através dos sensores, além disso, busca-se identificar a usabilidade e a eficácia dos componentes citados anteriormente.

2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

O controle de sistemas físicos utilizando um computador digital está se tornando cada vez mais comum em aplicações tecnológicas. Linhas de produção, pilotos automáticos de aeronaves, sistemas de estacionamento, elevadores, refinarias de óleo, máquinas de papéis, etc., estão entre os exemplos mais comuns. Os controladores digitais são mais práticos que suas contrapartes analógicas.

Segundo Campos (2018), dentre as principais vantagens de um sistema controlado digitalmente destacam-se a maior flexibilidade na programação, o menor custo, o fato de ser menor e mais leve, menos efeitos relacionados à ruído e distúrbios, maior confiabilidade e sensibilidade. Algumas vantagens de grande relevância são:

a) Exatidão: os sinais digitais são representados usando *bits* 0 e 1. O erro obtido é pequeno quando comparado a sinais analógicos, onde ruído e variações da tensão de alimentação estão presentes a todo momento.

b) Não há erros devido à variação dos componentes: o processamento digital de sinais de controle envolve adição e multiplicação de números digitais, onde os erros podem vir a ser desprezíveis dependendo do controlador. Em contrapartida, o processamento de sinais analógicos é executado usando componentes como resistores e capacitores cujos valores reais variam de forma significativa do valor nominal de projeto.

c) Flexibilidade: um controlador analógico é difícil de modificar ou reprojeter uma vez que foi implementado em *hardware*. Um controlador digital, implementado em firmware ou software, é facilmente modificado sem a substituição do controlador original.

d) Velocidade: computadores permitem realizar amostras e processar sinais de controle à altíssimas velocidades e reduzidos períodos de amostragens.

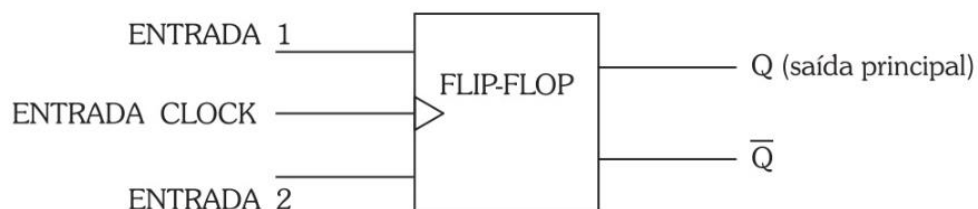
e) Custo: avanços na tecnologia de construção de CIs, possibilitou a obtenção de circuitos integrados melhores e mais rápidos, a preços mais baixos.

2.1.1 Flip-Flop JK (Multivibrador biestável)

Segundo IDOETA (2011, p. 252), esse dispositivo possui apenas dois estados de saída, onde para o flip-flop assumir um desses estados, é necessário que haja uma combinação das variáveis e do pulso de controle (*clock*). Posteriormente a esse pulso o *flip-flop* permanece neste estado até a chegada de um novo pulso de *clock* e de acordo com as variáveis de entrada, muda ou permanece seu estado atual.

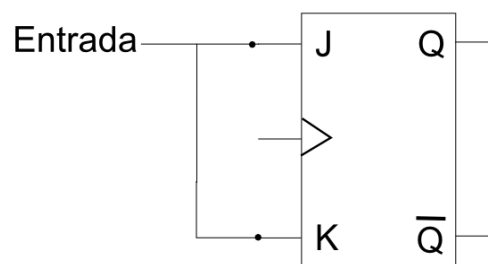
Os estados possíveis são $Q = 0$ e $Q = 1$, resultando em $Q' = 1$ e $Q' = 0$, respectivamente, como pode ser observado na Figura 1. No projeto curto circuitou-se esse dispositivo, transformando-o em um *flip-flop* tipo T que, segundo Vertulo (2018), quando houver variação do *clock*, o valor guardado no *flip-flop* será alternado ou mantido dependendo se o valor na entrada T (*Toggle*) for 1 ou 0. Esse comportamento pode ser observado na Figura 2.

Figura 1 - Exemplo de Flip-Flop JK



Fonte: IDOETA (2011, p. 252)

Figura 2 - Flip-flop tipo Toggle



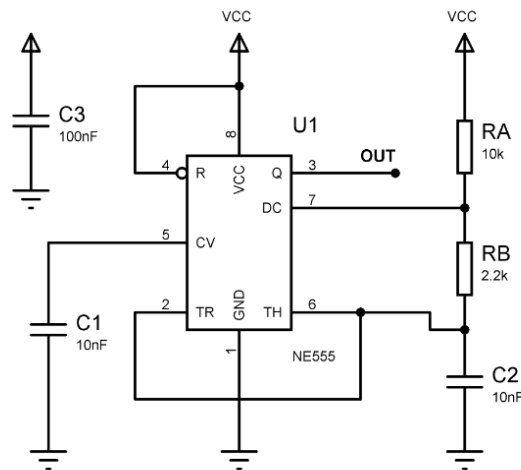
Fonte: VERTULO (2018)

2.1.2 Circuito Integrado LM555

Segundo o *datasheet* do dispositivo, o CI 555 possui uma vasta gama de aplicações relacionadas ao tempo, visto que opera em uma faixa de tensão de alimentação que varia de 4,5 a 18V, tornando-o uma boa opção para trabalhar em níveis TTL e alimentação por baterias. Além disso, possui como vantagem no ponto de vista industrial a alta corrente de saída deste CI, em torno de 200 mA, que pode acionar diretamente relés, lâmpadas entre outros componentes que tenham demanda por potência elevadas.

Além disso, opera com frequência máxima de trabalho de até 1 MHz, com utilização exemplificada na Figura 3. Suas principais aplicações são temporização de precisão, gerador de atraso e de pulsos e modulador por largura de pulso.

Figura 3 - Exemplo de circuito usando CI 555



Fonte: BERNARDO (2018)

2.1.3 Sensor Óptico Reflexivo Fototransistor TCRT5000

É um sensor eletrônico que possui embarcado no mesmo dispositivo um sensor infravermelho agindo como um emissor e um fototransistor receptando a informação. Foi especialmente projetado para bloquear outras faixas de luz que não seja a do próprio emissor, evitando a iluminação do ambiente venha a causar alguma interferência na leitura.

2.1.4 Linhas de produção

Conforme Coelho (2018) a Ford conseguiu levar o luxo, a comodidade e a liberdade do automóvel às massas ao reduzir drasticamente o custo de produção com partes padronizadas e uma montagem mais eficiente ao implementar as linhas de produção em suas fábricas. Dessa forma, Presse (2018) afirma que a padronização dos meios de produção diminuiu os custos,

umentou a qualidade e gerou produtos mais confiáveis. Além disso, agilizou a indústria originando a especialização da mão de obra em funções determinadas dentro de um processo linear de manufatura.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Empregando-se o conhecimento adquirido no referencial bibliográfico sobre *flip-flops* e geradores de *clock* buscou-se desenvolver uma linha de produção automatizada, ou seja, um sistema sensorizado capaz de selecionar peças de acordo com suas alturas e realizar a contagem das mesmas, podendo ter inúmeras aplicações, como seleção de peças com especificações de qualidade ou para separação de estoques.

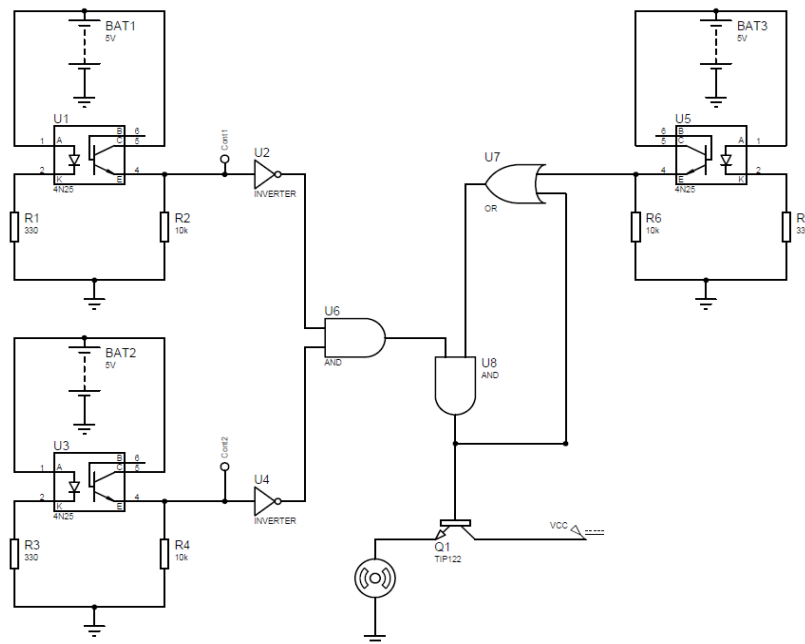
Utilizando-se do software de criação de circuitos elétricos Proteus Professional ® 8.5, realizou-se a simulação do comportamento dos componentes trabalhando juntos, quais podem ser divididos em sensores das esteiras, sensores de seleção e contadores.

2.2.1 Sensores das esteiras

Esta parte do sistema é responsável pelo acionamento dos motores que movem as esteiras ao detectar a presença de um corpo na entrada do percurso e desligá-las ao detectar o corpo saindo do mesmo. Esse circuito é constituído por três circuitos integrados TCRT5000, que se refere a um sensor reflexivo que possui embutido um emissor infravermelho e um fototransistor, localizados na entrada e saídas das esteiras cuja configuração se dá por um resistor de 330Ω na saída do diodo emissor de luz e um resistor de $10\text{ k}\Omega$ na saída do fototransistor.

As saídas dos fototransistores possuem dois segmentos, um que se dirige para o *Clock* do contador e o outro que passa por um circuito lógico formado por portas lógicas E, OU e INVERSORA, onde por combinações lógicas ativam um TIP122, sendo ele um transistor do tipo NPN, que por sua vez realiza os acionamentos motores no protótipo.

Figura 4 - Sistema dos sensores das esteiras



Fonte: Autores (2018)

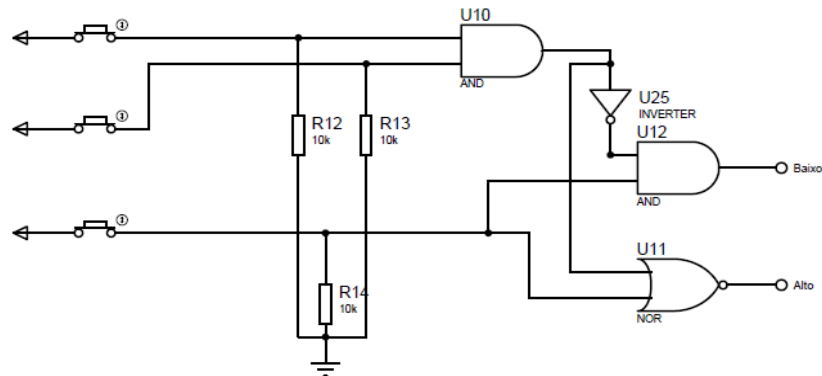
2.2.2 Sensores de seleção

Este sistema é responsável pela validação da altura dos objetos que serão transportados pelas esteiras, onde as duas primeiras alturas acionam o servo para um lado e a última para outro. Esta parte pode ser segmentada em dois subsistemas, a combinação lógica e o clock do servo.

A combinação lógica se dá pelas saídas dos receptores infravermelhos (representados pelos botões) entrando em portas lógicas E, NOU e INVERSORA que resultam em “baixo” nos dois primeiros níveis, e “alto”, representado pelo sensor mais elevado.

Pode-se notar a presença de resistores de $10\text{ k}\Omega$ em configuração de *pull-down*, ou seja, os resistores estão ligados entre o circuito e o terra evitando um sinal que difira de alto ou baixo.

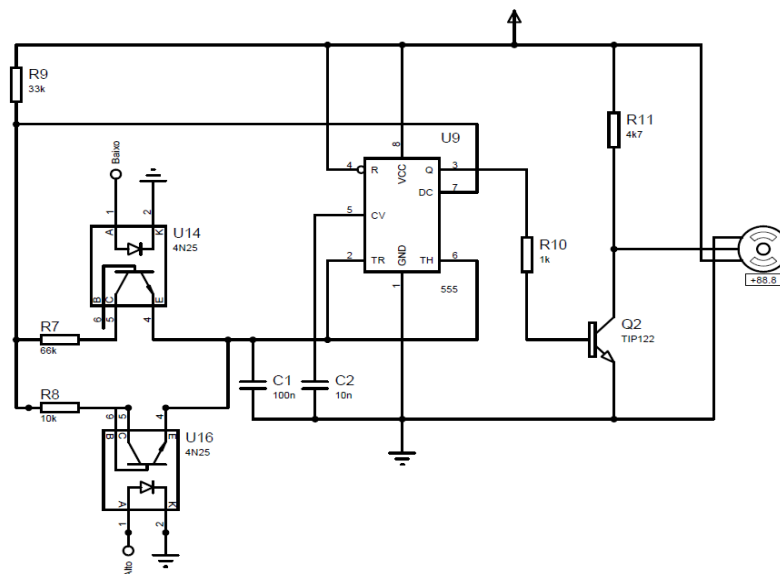
Figura 5 – Sistema de seleção dos sensores



Fonte: Autores (2018)

No caso do *clock* do servo temos um LM555, configurado usando resistores de 1 k Ω , 4 k 7 Ω , 10 k Ω , 33 k Ω e 66 k Ω , além de capacitores de 10 n F e 100 n F para que haja variação de pulsos, o que possibilita a transição do servo para lados opostos. Os sinais alto e baixo enviados pelo sistema antes descrito é lido por optoacopladores, representados pelos CI “4N25”, estes são responsáveis diretamente pela interação entre os dois subsistemas, agindo como contadoras para o controle do servo motor. Um TIP122 foi usado na saída do LM555 para ter melhor resposta a pequenas correntes, diferente de um relé por exemplo.

Figura 6 - Acionamento do servo seletor



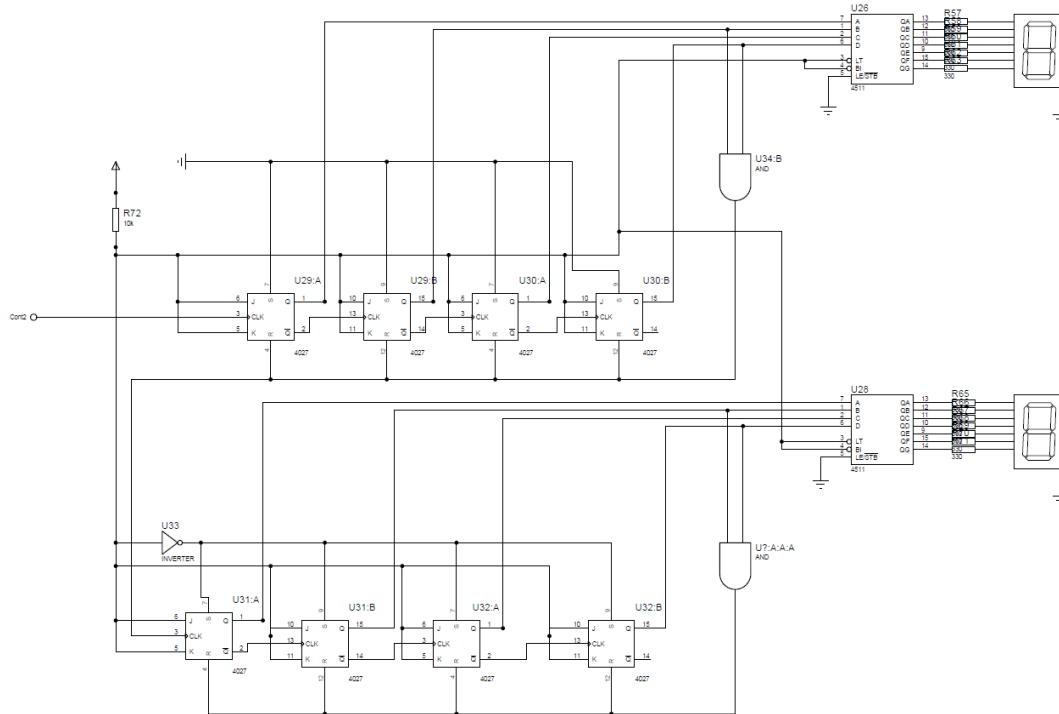
Fonte: Autores (2018)

2.2.3 Contadores

A parte do circuito responsável pelas contagens de peças em ambos os lados da esteira são dois contadores assíncronos, ambos compostos por quatro circuitos integrados CD4027, o já citado *flip-flop* JK, que recebem os pulsos dos sensores das esteiras de saída, e devido a sua configuração transmite o sinal da sua saída Q'(Q barrado) para o *clock* do próximo *flip-flop*, onde também o sinal transferido para um decodificador CD4511, que converte a entrada em de binário para uma saída legível para display de 7 segmentos, para interação com os displays foram utilizados resistores de 330 Ω .

Duas portas “E” foram implementadas para o controle de contagem, impedindo que o valor passe de 9 em cada *display*, totalizando a contagem de no máximo 99 peças para cada extremidade.

Figura 7 - Flip-flops JK contadores

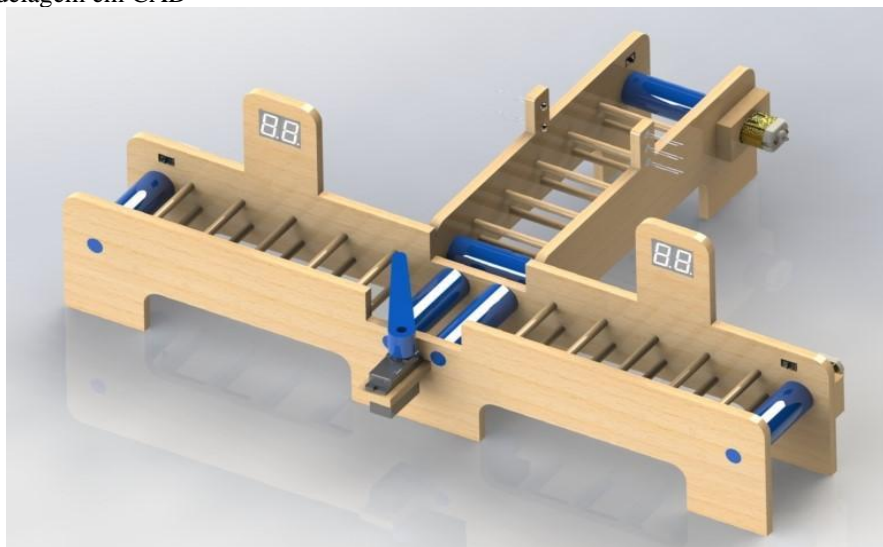


Fonte: Autores (2018)

2.2.4 Modelagem em CAD

Empregando o software CAD *SolidWorks* (2017), buscou-se desenvolver uma simulação de linha de produção onde a movimentação de dá através de esteiras movimentadas por motores de corrente contínua. A Figura 8 ilustra a estrutura do dispositivo de simulação.

Figura 8 - Modelagem em CAD



Fonte: Autores (2018)

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

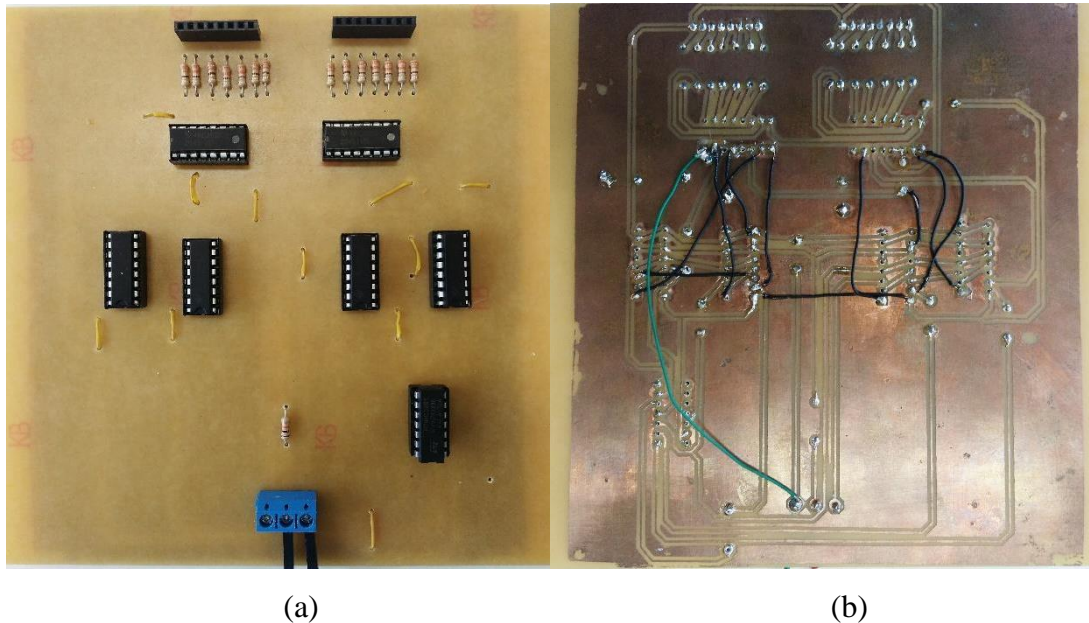
Através da realização do projeto proposto, averiguou-se a utilidade dos *flip-flops* tipo *toggle* e do circuito LM555, onde o primeiro pode ser utilizado, entre outras funções, como contador crescente ou decrescente, e o segundo pode servir nesse caso como o gerador de *clock* dos *flip-flops*. Os sensores também tiveram papel importante, porém optar pela escolha de sensores com dinâmica mais simples podem além de reduzir custos também tornar o sistema mais eficiente tanto para próximos protótipos quanto para aplicações reais.

Durante a execução do projeto encontrou-se muitas dificuldades, a principal foi à dificuldade de resposta entre os subconjuntos já citados, principalmente influenciados por inconsistência na alimentação, para corrigir tal problema uma fonte geradora deve ser previamente calculada com base nos valores apresentados em software de simulação. Outro fator que apresentou falhas foi à impressão dos circuitos, onde algumas trilhas ficaram extremamente fracas devido ao processo de corrosão utilizando percloroato de ferro, para que não haja este tipo de intempérie durante futuras execuções deveria se optar por outros métodos de impressão.

2.3.1 Protótipo montado

A construção do protótipo de caracterizou pela utilização de placas em madeira MDF cortadas a laser para tomar a forma de uma linha de produção. Além disso, foram feitas placas de circuito impressas para realizar a contagem das peças que passam nos diversos postos de trabalho da linha de montagem. Estas podem ser observadas nas Figuras 9(a) e 9(b), representando a parte frontal e traseira respectivamente.

Figura 9 - Placa Impressa (a) Frente (b) Atrás



Fonte: Autores (2018)

CONCLUSÃO

Através do desenvolvimento prático da atividade de implementação de *flip-flops* contadores foi possível perceber a importância que esses componentes têm na indústria eletroeletrônica, pois observa-se que até mesmo grandes dispositivos como uma linha de produção podem ter seu funcionamento controlado por eles se dimensionados e implementados corretamente.

Os multivibradores biestáveis mostram-se cruciais para o funcionamento circuitos complexos como computadores, relógios, estacionamentos, placares eletrônicos e linhas de produção, visto que guarda um dado de memória (um *bit*), possui uma entrada de controle (*clock*) e duas saídas que podem ser utilizadas de maneira a facilitar o funcionamento de circuitos elétricos de dispositivos que necessitam de *clock* ou memória. Da mesma forma, possibilita uma grande abundância de aplicações distintas, proporcionando a criação de novos circuitos e inovações tecnológicas.

Por fim pode-se constatar o valor do estudo de sistemas digitais na era contemporânea, visto que ajudou a moldar a sociedade tecnológica e conectada atual fazendo parte da vida cotidiana das pessoas, sendo implementado em basicamente todos os produtos eletroeletrônicos industriais e residenciais. Além disso, tornou a tecnologia mais barata, acessível e exata,

diminuindo as chances de erros acontecerem quando comparado aos sistemas analógicos, sendo ainda mais simples, compactos e servindo como base para o desenvolvimento tecnológico presenciado atualmente.

Para futuras aplicações do presente projeto sugere-se a utilização de microcontroladores, onde podem ser comparados aspectos como complexidade lógica, custo de circuito e tamanho espacial do mesmo. Além disso, sugere-se utilizar protocolos de comunicação, como TCP/IP, para monitoramento e controle do processo de modo supervisão, deixando assim o projeto o mais próximo de algo a ser implementado em uma empresa ou fábrica real.

REFERÊNCIAS

- BERNARDO, Jader. **O CI 555 – Configuração Astável**. Disponível em: <http://eletronworld.com.br/eletronica/o-ci-555-configuracao-astavel/>. Acesso em 11 de nov. 2018.
- CAMPOS, Paulo Roberto Brero de. **Controle Digital – Introdução**. Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/brero/control_2/1_INTRODUcAO.pdf/at_download/file. Acesso em 11 de nov. 2018.
- COELHO, Leandro Callegari. **A evolução das linhas de montagem e produção**. Disponível em: <https://www.logisticadescomplicada.com/a-evolucao-das-linhas-de-montagem-e-producao/>. Acesso em 11 de nov. 2018.
- IDOETA, Ivan Valeije. **Elementos de eletrônica digital**. 41. ed. São Paulo: Érica, 2011. 252 p.
- LABCENTER ELECTRONICS LTD. **Proteus Professional ® 8.5**. Disponível em: <https://www.labcenter.com/>. Acesso em 19 de nov. 2018.
- PRESSE, France. **Há um século, a linha de montagem da Ford mudou a sociedade**. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/10/ha-um-seculo-a-linha-de-montagem-da-ford-mudou-a-sociedade.html>. Acesso em 18 de nov. 2018.
- SOLIDWORKS CORPORATION. **Solidworks 2017**. Disponível em: <https://www.solidworks.com/pt-br>. Acesso em 19 de nov. 2018.
- VERTULO, Rodrigo César. **Tipos de FlipFlops – FlipFlop tipo T**. Disponível em: <http://labdeeletronica.com.br/tipos-de-flip-flops-flip-flop-tipo-t/>. Acesso em 11 de nov. 2018.