



TESTE AUTOMÁTICO DE CHAVE SELETORA

AUTOMATIC SELECTION KEY TEST

Leonardo Vieira Marinho¹

Lucas Langhi²

Runyan Santos de Novaes³

Sidmar Rocha dos Santos⁴

André Roberto da Silva⁵

RESUMO

Nos sistemas produtivos, é essencial verificar o produto obtido para validar sua funcionalidade. Atualmente, a empresa, que apresentou o problema objeto deste projeto, realiza testes em chaves seletoras de forma manual e não obtém repetibilidade durante as validações, pois longos períodos de trabalho podem causar erros no processo que comprometem a confiabilidade dos resultados obtidos. A automação proposta neste caso é uma alternativa para melhorar o processo de realização de testes nas chaves seletoras. Ela será composta por aplicativo, plataforma microcontrolada, dispositivos mecânicos e pneumáticos. Testes realizados com o dispositivo mostraram redução significativa no tempo do processo, melhora na repetibilidade e aumento da confiabilidade de resultados.

Palavras-chave: Chave seletora. Dispositivo de teste automático. Repetibilidade.

¹ Aluno do Curso Superior em Tecnologia Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia SENAI "Antonio Adolpho Lobbe". leonardo.marinho2@senaisp.edu.br

² Aluno do Curso Superior em Tecnologia Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia SENAI "Antonio Adolpho Lobbe". lucas.langhi@senaisp.edu.br

³ Aluno do Curso Superior em Tecnologia Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia SENAI "Antonio Adolpho Lobbe". runyan.novaes@senaisp.edu.br

⁴ Aluno do Curso Superior em Tecnologia Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia SENAI "Antonio Adolpho Lobbe". sidmar.santos@senaisp.edu.br

⁵ Especialista em Automação da Manufatura e Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI "Antônio Adolpho Lobbe". andre.silva@sp.senai.br

ABSTRACT



2º SIMPÓSIO DE
INFORMAÇÃO E
CONHECIMENTO

FACULDADES DE TECNOLOGIA SENAI-SP

SENAI
SÃO PAULO

In production systems, it is essential to verify the product obtained to validate its functionality. Currently, the company, which presented the problem object of this project, tests selector switches manually and does not obtain repeatability during validations, because long periods of work can cause process errors that compromise the reliability of the results obtained. The proposed automation in this case is an alternative to improve the testing process on the selector switches. It will consist of application, microcontrolled platform, mechanical and pneumatic devices. Tests performed with the device showed significant reduction in process time, improved repeatability and increased reliability of results.

Keywords: Selector switch. Automatic test device. Repeatability.

1 INTRODUÇÃO

Após o término do processo de fabricação de produtos ou mesmo ao final de suas etapas principais, a verificação de resultados é fundamental para avaliar se os objetivos esperados foram obtidos. Esta avaliação ocorre também na fabricação de chaves seletoras manuais de tensão encontradas em produtos eletrônicos. Elas são utilizadas para selecionar a tensão de entrada no equipamento de acordo com a rede de alimentação de energia elétrica. Este componente é testado para avaliar se cumpre sua função de forma eficiente, pois caso isso não ocorra, pode causar falha do equipamento ou até mesmo sua inutilização, havendo a possibilidade de comprometer o sistema elétrico em que o aparelho estiver conectado.

No caso de o teste ocorrer de forma manual, ele depende exclusivamente da ação de operador que avalia se os critérios de funcionalidade foram atingidos. Apesar de toda a tecnologia existente nos sistemas produtivos de hoje, ainda são adotados esforços manuais que, além de repetitivos, podem levar a erros de interpretação devido ao comprometimento da percepção do operador durante a realização da avaliação. A repetibilidade é importante para garantir que todas as chaves seletoras serão testadas da mesma maneira e os resultados sejam confiáveis para que a empresa forneça produto com qualidade para o cliente.

Considerando o contexto de uma empresa fabricante de componentes eletrônicos, que realiza testes de continuidade manualmente, o projeto teve como objetivo geral montar um dispositivo de verificação automática de continuidade de corrente elétrica em chaves seletoras.



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento do dispositivo de testes, foram utilizados conceitos de diferentes áreas como mecânica, eletrônica e computação. Desta forma, serão apresentados os principais conhecimentos que tornaram o projeto factível.

Qualquer processo que será automatizado necessita de controles específicos para operar sempre da mesma maneira. Um componente muito utilizado nestes sistemas é o microcontrolador. Trata-se de um circuito integrado composto por periféricos de computador dedicado como microprocessador, memória de programa, memória de dados e pinos de entradas e saídas (JUCÁ; DE CARVALHO; BRITO, 2009).

As tecnologias permitiram a integração de mais dispositivos em um único componente, tornando possível atender requisitos de controle em sistemas automatizados e embarcados. Atualmente, os microcontroladores fazem parte de praticamente todos os dispositivos eletrônicos digitais e, além de obterem aplicações variáveis para automação, estão sendo produzidos para área automotiva, iluminação e comunicação (MEDEIROS; LUCHIARI, 2017).

O microcontrolador é utilizado para possibilitar o controle do hardware por meio de aplicativo ou sistema supervisório capaz de tornar a operação mais eficiente e confiável, pois, além de possibilitar a visualização de dados de processos em tempo real, permite a geração de relatórios e gerenciamentos a partir de dados fornecidos pelo sistema. A capacidade de obter conclusões sobre um processo auxilia no controle e na correção de eventos ineficientes de forma automática. O sistema supervisório contribui para a solução de problemas, reduz possíveis riscos de operação e aumenta a eficiência completa do processo (PAIOLA, CARLOS E.G., 2018).

A criação de um supervisório é possível por meio de animações gráficas utilizadas para desenhar o ambiente de controle. A esta janela é integrado um banco de dados com ferramentas que permitem a construção de painéis de operação e gerenciamento compostos de ferramentas de entradas e saídas como dispositivos hidráulicos e teclas de funções.

Os sistemas supervisórios permitem a inclusão de alarmes, mensagens configuradas pelo usuário com objetivo de avisar ao operador alguma situação específica. Os alarmes podem ser mostrados em forma de textos específicos, impressos, documentados e podem acionar sinais sonoros (ROSÁRIO, 2009). Eles podem controlar dispositivos mecânicos como atuadores pneumáticos que transformam energia pneumática em energia cinética, ou seja, ar pressurizado produz trabalho. O atuador é comandado por válvula controladora direcional (FIALHO, 2003). A pneumática tem grande relevância na automação industrial. Além de ser um sistema barato e simples devido às propriedades do ar comprimido, é de fácil manutenção (PANIN, 2019).



3 METODOLOGIA

Tratando-se de proposta de melhoria para etapa de verificação de produto de uma empresa, realizou-se levantamento de necessidades sobre como é realizado o teste atualmente, parâmetros de produção e fatores relevantes sobre o processo, com o objetivo de entendimento sobre a necessidade de automatizar o teste.

No primeiro momento, a pesquisa baseou-se em levantamento de patentes sobre projetos similares na busca de informação e conhecimento para nortear as atividades seguintes. A partir disso, buscou-se tecnologias aplicáveis ao projeto, como atuadores pneumáticos, dispositivos mecânicos de fixação e movimentação, componentes eletrônicos e softwares de programação para o sistema de informação.

3.1 Levantamento de necessidades

Segundo Menezes (2006), é essencial identificar as reais necessidades do cliente e articular com as soluções, como fatores norteadores de projeto.

De acordo com as informações fornecidas pela empresa, foi possível obter valores atuais de produção e quantidade aproximada de falhas ocorridas no teste, números relevantes para evidenciar a justificativa do dispositivo de teste automático de chave seletora.

3.2 Tecnologias aplicadas

Utilizou-se o microcontrolador PIC18F4550 para executar os testes e o módulo EUSART (*Enhanced Universal Asynchronous Receiver Transceiver*) para comunicação serial entre o aplicativo e o dispositivo, utilizando o padrão de comunicação RS232C. O microcontrolador é responsável por enviar e receber as informações no decorrer do processo, bem como fazer as tomadas de decisões, como por exemplo, a não liberação do teste havendo incompatibilidade na configuração do aplicativo ou na montagem das chaves na matriz.

O projeto é composto por sistema supervisor, como aplicativo de controle, que possui botão de início do teste e sinalizadores de aprovação referente à continuidade das chaves seletoras.

Foram utilizados dois cilindros pneumáticos, um com função de aplicador para o travamento da posição da chave seletora, e outro para comutar a chave que acionará as posições de tensão da chave. Foi utilizada energia pneumática porque a empresa já possui sistema de produção e distribuição de ar comprimido que atende às demandas de funcionamento do dispositivo.



3.3 Softwares utilizados

Para o desenvolvimento do circuito eletrônico de controle e posterior elaboração da placa de circuito impresso, utilizou-se o software Proteus versão 8.2 sendo o módulo Isis para elaboração do circuito e o módulo Ares para confecção do leiaute da placa.

O compilador mikroC PRO for PIC foi utilizado para elaboração do *firmware* e geração do arquivo .hex para gravação no microcontrolador, o código foi desenvolvido em linguagem C seguindo o padrão ANSI (*American National Standards Institute*) e utilizando as bibliotecas nativas do compilador.

Utilizou-se para o desenvolvimento do sistema supervisor a IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) C++ Builder em que foi elaborada interface gráfica com inclusão dos objetos para interação com o usuário e as tomadas de decisões do sistema.

Em relação ao projeto mecânico, foram utilizados os softwares CAD (*Computer Aided Design*) SolidWorks e Autodesk Inventor, para construção do protótipo virtual, abrangendo desde partes individuais, conjuntos e simulação de funcionamento do dispositivo. Considerando a utilização de prototipagem por manufatura aditiva foi utilizado o software Catalyst EX nativo da impressora Dimension Elite.

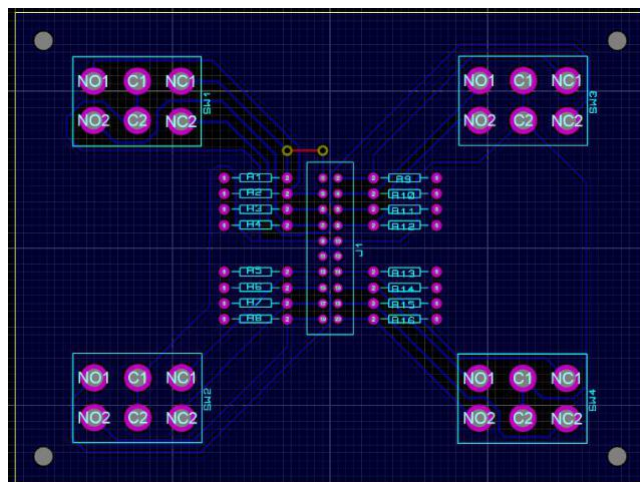
3.4 Desenvolvimento do dispositivo

A construção do dispositivo de teste automático de chaves seletoras iniciou-se com o projeto da placa eletrônica no software Proteus 8.2, conforme a figura 1, posteriormente gerou-se o código G para usinagem na LPKF modelo S63. Realizou-se a confecção da placa de circuito impresso e em seguida soldou-se os componentes eletrônicos. Uma peça em acrílico foi usinada para acomodar os terminais de contato da chave seletora e fixação mecânica da placa eletrônica. Após a montagem da placa eletrônica, foram realizados testes de continuidade para validação do hardware.

Na etapa seguinte, o foco foi desenvolver *firmware* utilizando-se IDE mikroC PRO for PIC. O código elaborado em linguagem C foi compilado para ser gravado arquivo .hex no microcontrolador. Em seguida, foi possível o *debug* do *firmware* para detectar possíveis falhas e inclusão de possíveis melhorias. Também foi possível a validação do protocolo elaborado para a comunicação entre hardware e supervisor.

Após concluir estas etapas, foi elaborado supervisor com a ferramenta IDE C++ Builder com aplicação de objetos visuais que permitem a integração entre operador e dispositivo. Estes objetos foram programados com o conceito de eventos em que cada ação do operador dispara nova ação no dispositivo. Além disso, a interface desenvolvida permite verificar número de componentes aprovados e reprovados durante o processo de teste.

Figura 1 – Projeto da placa eletrônica



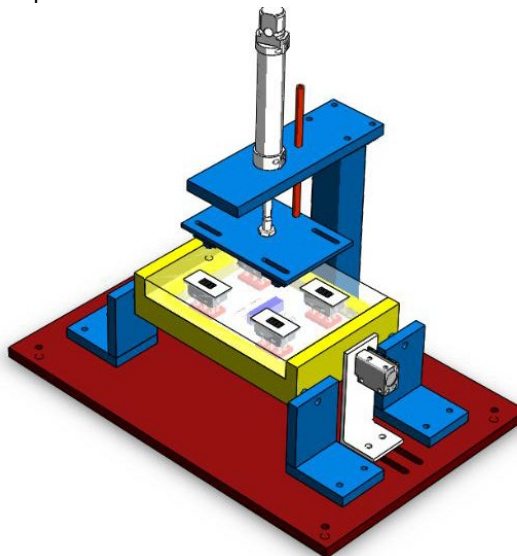
Fonte: Próprio autor (2019)

Finalizadas placas eletrônicas e softwares, foi iniciado o desenvolvimento de dispositivos mecânicos a partir da usinagem de peças individuais para a prototipagem para, em seguida, montar o conjunto mecânico apresentado na figura 2.

Além da manufatura subtrativa, algumas peças que compõem o dispositivo foram confeccionadas pelo recurso de manufatura aditiva utilizando o processo FDM (*Fused Deposition Modeling*) em impressora Dimension Elite com material ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*).

Foi realizada a montagem do conjunto mecânico com o hardware para que ocorresse a integração dos elementos que compõem o dispositivo para sua validação a partir da geração de dados que permitem avaliar o desempenho do teste automático de chave seletora.

Figura 2 - Dispositivo de teste automático de chave seletora



Fonte: Próprio autor (2019)

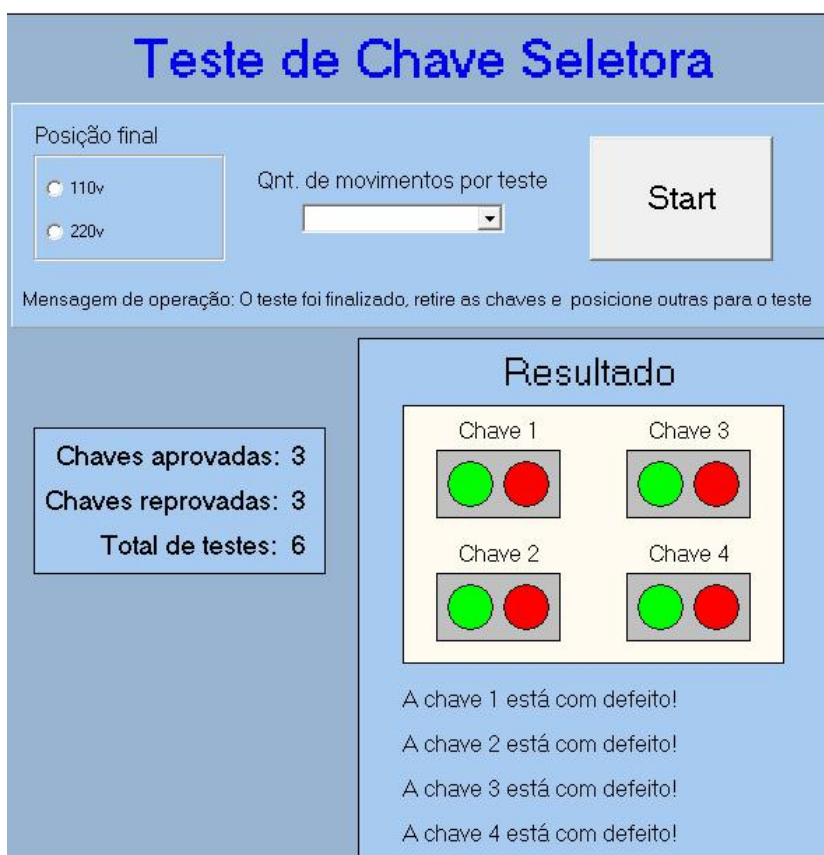
3.5 Funcionamento do dispositivo

O processo de teste se inicia com o operador inserindo quatro chaves seletoras na matriz móvel observando-se padrões de montagem para encaixe guiado por sistema *poka yoke* (termo de origem japonesa que significa a prova de erros). A matriz móvel é fixada no dispositivo sendo possível obter informações da posição inicial das chaves seletoras de tensão, só é possível iniciar o teste se todas as chaves seletoras de tensão estiverem na mesma posição (127 V ou 220 V).

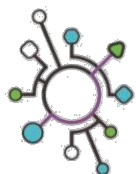
Ao acionar o botão *Start* no aplicativo, conforme pode ser visto na Figura 3, inicia-se o teste e o cilindro pneumático aplicador trava as chaves seletoras de tensão. Em seguida, o cilindro pneumático comutador, que se encontra no mesmo eixo da matriz, é acionado e as chaves seletoras de tensão que estão inseridas na matriz comutarão a sua posição.

O operador do dispositivo pode optar pela quantidade de movimentos de comutação que serão feitos durante o teste e escolher a posição final da chave seletora de tensão (127 V ou 220 V). Os sinalizadores de continuidade no aplicativo apresentam o resultado com cores e mensagem. Na tela, surgirá a quantidade de chaves aprovadas e reprovadas durante o teste.

Figura 3 – Sistema supervisor



Fonte: Próprio autor (2019)



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as simulações de funcionamento do dispositivo de teste automático de chave seletora de tensão, foi possível obter resultados relacionados ao tempo de execução do teste, considerando possíveis variáveis de operação. Foram considerados os tempos de processamento do software, tempo de preparação do teste, e as situações independentes de *setup* do dispositivo.

Tabela 1 – Dados de verificação e processo

Tarefa	Ação	Tempo (ms)
Verifica posição inicial	Certifica que o cilindro comutador está recuado	150
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
Ciclo de processo	Avanço do cilindro aplicador	200
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Avanço do cilindro comutador	150
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Retorno do cilindro comutador	150
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Tempo de leitura	10
	Define a posição final da chave seletora	150
	Retorno do cilindro aplicador	200
Variáveis de operação	1 ciclo de teste	1160
	2 ciclo de teste	1540
	3 ciclo de teste	1920
	4 ciclo de teste	2300
	5 ciclo de teste	2680
	1 chave com a posição incorreta	2370
	2 chave com a posição incorreta	3070
	3 chave com a posição incorreta	3980
	4 chave com a posição incorreta	4830

Fonte: Próprio autor (2019)

A viabilização do projeto pode ser comprovada na tabela 1 em que estão os dados coletados durante simulação. A partir deles, foi possível gerar o tempo máximo e mínimo de



realização do teste da chave seletora levando em consideração o melhor e o pior caso conforme é apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Análise de casos

Caso	Descrição	Tempo (ms)
Melhor caso	Todas as chaves com a mesma posição inicial e 1 ciclo de teste	2320
Pior caso	Todas as chaves incorretas e 5 ciclos	8670

Fonte: Próprio autor (2019)

Com todas as chaves na posição correta de ensaio e ciclo selecionado no sistema supervisorio, o tempo de teste é aproximadamente 2320 ms ou 2,3 s. Já no pior caso, com as quatro chaves na posição incorreta e com cinco ciclos selecionado, o tempo é aproximadamente 8670 ms ou 8,6 s.

Comparando os valores obtidos na simulação com o tempo de processo atual adotado pela empresa de 900 peças/hora pode-se verificar que o processo desenvolvido considerando o pior caso demonstra produtividade maior de 86%.

Vale ressaltar que além da maior produtividade tem-se como ganho a possibilidade de geração de controle da produção por dia, rastreabilidade do produto e garantia de repetibilidade sem influência do fator humano.

REFERÊNCIAS

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática**: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 7ª. ed. [S. l.]: Saraiva, 2003.

JUCÁ, Sandro César Silveira; DE CARVALHO, Paulo Cesar Marques; BRITO, Fábio Timbó. **SanUSB**: software educacional para o ensino da tecnologia de microcontroladores. SanUSB, [S. l.], 30 nov. 2009. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v14n3/v14n3a11.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

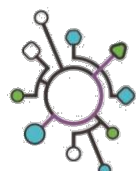
JURIZATO, Luís Augusto; PEREIRA, Paulo Sérgio R. Sistemas supervisorios, [S. l.], p. 105-114, 4 set. 2003.

MEDEIROS JUNIOR, José Sergio; LUCHIARI, Mário Henrique. **Microcontrolador PIC18 com linguagem C**: conceitos, exemplos e simulação. [S. l.]: SENAI-SP, 2017. 264 p.

MENEZES, Luís César. **Gestão de projetos**. [S. l.: s. n.], 2006.

PAIOLA, Carlos E. G. O **papel do supervisorio no atual contexto tecnológico**. [S. l.], p. 7-18, 5 set. 2018.

PANIN, Luiz Kuchenbecker. **Vantagens da automação pneumática**. [S. l.]: TECNI-AR Parker Store, 2019.



PENARIOL, G. S.; PAULINO, M. E. C. **A evolução de sistemas de proteção e modelos para testes de relés de proteção.** [S. l.], p. 1-6, 2 set. 2010.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação industrial.** São Paulo: Baraúna, 2009.

Sobre os autores:

¹LEONARDO VIEIRA MARINHO



Graduando em Tecnologia Mecatrônica Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe (2019). Tem experiência na área de programação com ênfase em linguagem LabView. É estagiário na empresa Tecumseh do Brasil LTDA.

²LUCAS LANGHI



Graduando em Tecnologia Mecatrônica Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe (2019). Tem experiência na área de ensaios especiais. É técnico de laboratório no laboratório CENIC.

³RUNYAN SANTOS DE NOVAES



Graduando em Tecnologia Mecatrônica Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe (2019). Tem experiência na área de ensaios especiais. É técnico de laboratório no laboratório CENIC.

⁴SIDMAR ROCHA DOS SANTOS



Graduando em Tecnologia Mecatrônica Industrial pela Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe (2019). Tem experiência na área de programação CNC. É programador de CNC na empresa Expansor equipamentos ortodônticos

⁵ANDRÉ ROBERTO DA SILVA



Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe, atua nos cursos de Graduação e Pós-Graduação, ministrando disciplinas nas áreas de Automação, Programação e Eletrônica. Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo - USP e Pós-Graduado em Automação da Manufatura pela Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe.