

TESTADOR DE CABO DIGITAL COM INFORMAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE UTILIZADO EM SISTEMAS DE TERMOMETRIA COM COMUNICAÇÃO TIA/EIA-485

Nestor Nelcideo Wojahn¹, Julian Cezar Giacomini²

Instituto Federal Farroupilha – Campus Panambi, Panambi – RS, Brasil

¹Discente do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, ²Professor Orientador

Resumo – O presente estudo trata sobre a realização de melhorias para um testador de cabos digitais com informações de temperatura e umidade com comunicação TIA/EIA-485, sendo portátil e descarta o uso de notebooks, melhorando a locomoção, agilizando o processo de testes e eliminando possíveis danos e a perda de equipamentos de alto custo. Atualmente, o processo é limitado por não possuir uma ferramenta que seja de fácil manuseio e por ser dependente de outros meios físicos (conversores, *notebooks* e *softwares*). Partindo dessa premissa, este trabalho tem como objetivo desenvolver um produto para realizar a leitura dos sensores do cabo Qualycable. O testador efetua o pedido de dados de temperatura e umidade fornecidos pelo sensor SHT15, estes dados são enviados através de uma comunicação TIA/EIA-485 para o produto mestre que serão processados por um microcontrolador LPC2368FBD100 SMD, responsável pela aquisição e armazenamento dos dados recebidos dos sensores do cabo. Sendo assim, esse processo é visualizado e comandado por um *display* LCD para tornar possível a análise dos dados de temperatura e umidade informadas pelos sensores escravos, podendo detectar sensores com e sem conformidades. Este projeto foi desenvolvido em uma empresa de segmento eletroeletrônico do Rio Grande do Sul, através da confecção do protótipo.

Palavras-Chave – Cabo digital, Comunicação TIA/EIA-485, Microcontrolador, Protótipo, Testador.

DIGITAL CABLE TESTER WITH TEMPERATURE AND HUMIDITY INFORMATION USED IN THERMOMETRY SYSTEMS WITH TIA/EIA-485 COMMUNICATION

Abstract – The present study deals with the realization of improvements for a digital cable tester with temperature and humidity information with TIA/EIA-485 communication, being portable and discarding the use of notebooks, improving locomotion, streamlining the testing process and eliminating possible damage and loss of high-cost equipment. Currently, the process is limited because it does not have a tool that is easy to use and because it is dependent on other physical means (converters, notebooks and software). Based on this premise, this work aims to develop a product to read the sensors of the Qualycable cable. The tester requests

temperature and humidity data provided by the SHT15 sensor, these data are sent via TIA/EIA-485 communication to the master product, which will be processed by a LPC2368FBD100 SMD microcontroller, responsible for acquiring and storing the data received from the cable sensors. Therefore, this process will be visualized and commanded by an LCD display to make possible to analyze the temperature and humidity data reported by the slave sensors, being able to detect sensors with and compliance. This project will be developed in an electronics company in Rio Grande do Sul, through the making the prototype.

Keywords – Digital cable, TIA/EIA-485 communication, Microcontroller, Prototype, Tester.

NOMENCLATURA

mA	<i>Miliampère</i>
V	<i>Volts</i>
CI	<i>Circuito Integrado</i>
PIC	<i>Programmable Interface Controller</i>
LPC	<i>Low Pin Count</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
SMD	<i>Surface Mounted Device</i>
SHT	<i>Sensor humidity temperature</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
Kb	<i>Kilobyte</i>
GND	<i>Ground</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>

I. INTRODUÇÃO

A termometria serve para fazer o monitoramento da temperatura interna de um silo ou armazém de armazenamento dos grãos[1]. Tendo como funções essenciais a minimização de perdas causadas por pragas que dependem principalmente da temperatura interna do silo, alertando o produtor sobre variações de temperatura em pontos isolados da estrutura, possibilitando o controle automático ou manual do sistema de aeração/ventilação do silo ou armazém através do monitoramento[2]. Sendo possível também formalizar o monitoramento através de relatórios ou gráficos com informações espaciais e quantitativas de temperatura [3].

Atuando na área de eletrônica de termometria, percebeu-se a importância de melhorar o processo de testes em campo, os quais atualmente são realizados com a necessidade de uso de conversores e *notebook*, o que traz algumas limitações e obstáculos no momento de testes. O estudo propõe o aperfeiçoamento de um método de teste que atualmente apresenta dificuldades na sua realização em sistemas de termometria. Introduzindo o produto, destaca-se o sistema de termometria, sendo o principal sistema para uso do testador, garantindo a funcionalidade e a eficiência dos dados fornecidos pelo cabo digital.

A partir disso, a pesquisa está sendo de cunho qualitativo, portanto, feita através de análises em materiais bibliográficos que se debruçam sobre o tema, e autores que trazem este tema como referência. Após levantamento e estudos dos dados pesquisados, serão definidos os testes e possíveis falhas que o testador deverá indicar, assim definindo a forma de comunicação, interface, microprocessador, código de programação e *software* a serem utilizados para atender a expectativa.

Por fim, o objetivo fundamental é a elaboração e implantação de um equipamento testador para atender a necessidade externa existente atualmente em uma empresa de segmento eletroeletrônico do Rio Grande do Sul. Isso se dará através da confecção de protótipo em placa de circuito impresso com montagem em estrutura que traga proteção e robustez ao circuito para realização de testes e análise da implantação do testador em campo, visando à obtenção de um custo reduzido comparado com as ferramentas utilizadas atualmente.

II. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A problemática do trabalho está na aplicação de testes para monitorar e controlar a transmissão de dados através do uso de comunicação TIA/EIA-485, para informar a temperatura e umidade detectada do sensor de leitura em um *display* com a interface de um microprocessador.

Atualmente, o processo de teste do cabo é feito com o auxílio de um *notebook* com um *software* e um conversor USB com TIA/EIA-485 desenvolvido pela empresa em questão, sendo este conversor com a função de transmitir os dados fornecidos pelos sensores do cabo. Porém, o processo de teste se torna inviável na altura dos silos ou armazéns onde o cabo se encontra instalado em obra, ocorrendo dificuldades para manuseio de um *notebook* em alturas, ocorrendo situações de perda destes equipamentos por quedas ou impurezas encontradas nos locais.

O testador utiliza o circuito elétrico da parte da transmissão de dados similar ao do utilizado no conversor, no caso, o CI max485, além de terminadores de linha já utilizados no conversor existente. Com isso, não ocorrerão problemas de comunicação e de perda de dados causados por incompatibilidade de resistores terminadores.

O conversor, sendo de produção interna e de uso somente de técnicos autorizados pela empresa, apresenta conexões para interligar o cabo *Qualycable*, o qual utiliza comunicação TIA/EIA-485. Sendo assim, o conector apresenta quatro contatos, dois de alimentação (+5V e GND) e dois de comunicação (D+ e D-), conforme apresentado na Figura 1.



Fig. 1. Conversor USB com TIA/EIA-485.

III. PROPÓSITO

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento do produto testador de cabo *Qualycable*, o qual foi elaborado em etapas. Primeiramente, projetado o esquema do *hardware* que integra a parte física do projeto (CIs e componentes), esta etapa foi realizada no Proteus, *software* específico para criação de projeto eletrônicos, esquemático, simulações e criação dos arquivos PCB para a manufatura das placas de circuito impresso. Esta confecção das placas se deu pela fresa CNC H3N, com o *software* Proteus GRBL.

Após, o *firmware* desenvolvido até obter os resultados esperados. O *firmware* é um conjunto de instruções programadas a serem executadas neste projeto pelo microcontrolador LPC2368FBD100, sendo realizada na linguagem C. Na Figura 2 é apresentado um diagrama de blocos com a concepção do *hardware* e interligação com o *firmware*.

Observando o diagrama de blocos da Figura 2, é possível compreender a ligação entre os blocos que compõem o projeto, inicialmente, a alimentação do equipamento de forma externa é de 5 V e 2 A, mas com a possibilidade de ser uma bateria. Após, as leituras dos sinais do cabo *Qualycable* são feitas por um *hardware* específico de comunicação TIA/EIA-485, os sinais passam por um inversor CI 40106 para posteriormente ser lido pelo LPC2368FBD100, que contém o *firmware*. Além da possibilidade de leitura do cabo *Qualycable*, também tem a opção de teste de cabo digital. Todos os processos de testes são acompanhados por sons de confirmação e falhas emitidos pelo *buzzer*.

O LPC por ser um componente SMD com sua soldagem complexa e delicada, optou-se por utilizar uma placa padronizada com o circuito padrão de funcionamento do microcontrolador, parte de oscilador e alimentação, além de tornar mais fácil o uso de todas as portas do CI, esta placa feita em empresa especializada em confecção de circuitos impressos, sendo utilizada somente para protótipos, como o testador desenvolvido.

Os elementos responsáveis por efetuar a interação entre o operador e o testador são os botões de seleção e o display LCD. O display utilizado foi o 16x4 com letras brancas e fundo azul, juntamente dele um ajuste de contraste e iluminação dos LED'S internos, tornando melhor a visualização das informações para realizar os comandos e também analisar dados lidos dos sensores dos cabos em teste. Já os botões de seleção são do modelo *push Button*, ou seja, permanecem com o contato aberto.

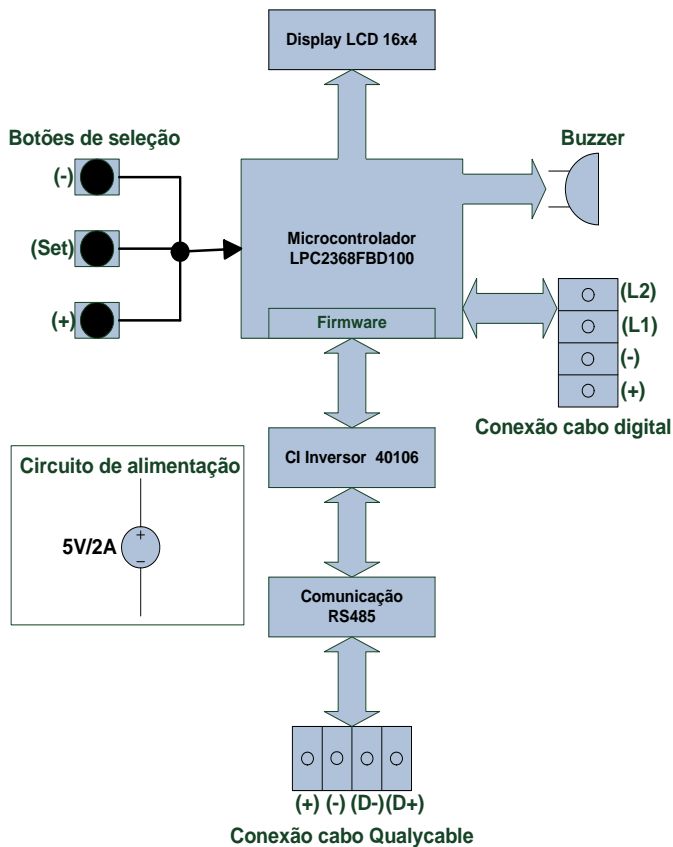


Fig. 2. Diagrama de blocos do hardware.

O testador apresenta quantidade de sensores encontrados, podendo encontrar qualquer endereço entre 0 e 32, caso contrário indica que não foi encontrado nenhum sensor. Como todos os cabos tem os endereços sequenciais o programa indica OFF no sensor que não conseguiu repassar as informações dentro da leitura realizada e os sensores encontrados apresentando os dados de temperatura e umidade.

IV. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item são apresentados os conteúdos conceituais utilizados para o início da elaboração do testador de cabo digital para melhor entendimento do funcionamento e das alternativas utilizadas no projeto.

A. Cabo digital Qualycable e sensor

A tecnologia do cabo digital *Qualycable* suporta até 48 sensores para silos e armazéns. Tem capacidade de realizar medições instantâneas de: umidade, temperatura e qualidade da armazenagem, além de recomendar ações técnicas a serem realizadas. Monitora e informa a qualidade da armazenagem, além de monitorar o histórico dos mesmos, permitindo tomar ações preventivas imediatas, para proporcionar um ambiente sadio para os grãos armazenados através de aeração positiva inteligente ou outras ações de secagem e resfriamento. Tendo o objetivo de manter os grãos com alto poder de germinação e vigor, saudáveis e com qualidade para o consumo humano e animal [4].

Termopares, digitais e *Qualycable*, estão, atualmente, entre os cabos utilizados em sistemas de termometria. Sendo o

Qualycable, um produto exclusivo da empresa de segmento eletroeletrônico do Rio Grande do Sul. Estes cabos contêm algumas diferenças consideráveis, como apresentado na Figura 3.



Fig. 3. Comparativo de tipos de cabos de termometria [2].

O "sensor" do cabo *Qualycable* é um circuito impresso com seu devido circuito eletrônico, composto por um microcontrolador CI PIC12F1822[5], este com o *firmware* programável, onde também é definido o seu endereçamento. Contém também um CI max485 SMD[6], responsável pela transmissão de dados, sendo este CI entendido como "escravo" na ligação paralela encontrada entre os "sensores" do cabo. Na composição também, é indispensável o sensor de temperatura e umidade, o SHT15[7], sendo que os sensores são alimentados por uma tensão de 3,4 V a 5 V e cada um deles apresenta um consumo de 1,5 mA a 2,1 mA.

B. Canais de comunicação

Um canal de comunicação é um caminho sobre o qual a informação trafega. Esta comunicação entre dois dispositivos pode acontecer com a transmissão *simplex*, *half-duplex* e *full-duplex* [8].

Uma comunicação é *simplex* quando temos dois dispositivos, um deles é o TX e o outro RX. A transmissão tem sentido unidirecional, não havendo retorno do receptor, conforme mostra a Figura 4.

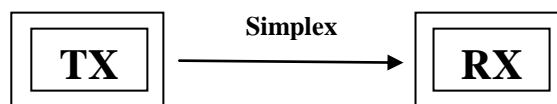


Fig. 4. Transmissão *simplex*.

A comunicação *half-duplex* é quando um dispositivo pode transmitir e receber, mas nunca ao mesmo tempo. A transmissão tem sentido bidirecional, conforme mostra a Figura 5.

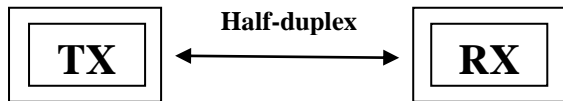


Fig. 5. Transmissão *half-duplex*.

O cabo *Qualycable*, por sua vez, utiliza esta forma de transmissão *half-duplex*, o sensor recebe o pedido dos dados e depois envia a resposta para o mestre.

Full-duplex ou simplesmente duplex, é quando temos um receptor e um transmissor e ambos podem transmitir dados simultaneamente nos dois sentidos, conforme mostra a Figura 6.

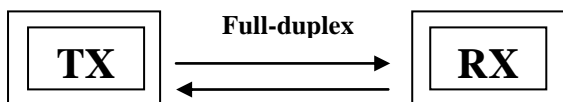


Fig. 6. Transmissão *full-duplex*.

C. Comunicação TIA/EIA-485

A TIA/EIA-485 trabalha com nível de 5 V e com uma comunicação serial *half-duplex*, sendo que a diferença entre as tensões na linha definirá se o mestre está transmitindo 1 ou 0, conforme o exemplo da Figura 7. São utilizados geralmente até 32 CIs max485 na mesma linha de comunicação. Após este número, podem ocorrer problemas em sinais de comunicação.

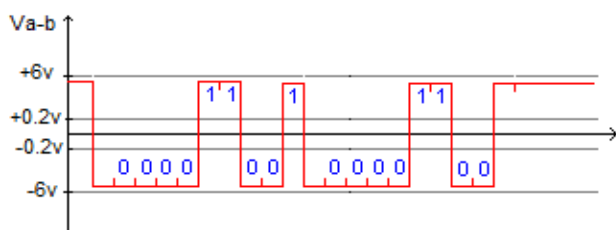


Fig. 7. Transmissão diferencial de comunicação *half-duplex* [9].

Nesta aplicação ocorre a utilização de um equipamento chamado mestre (*Master*), responsável por gerenciar o tráfego de dados, no caso, é o testador que irá realizar o pedido. Também existem os chamados escravos (*Slaves*), responsáveis por obter os dados diretamente do equipamento conectado encaminhando os dados ao mestre. Esta estrutura chama-se mestre-escravo, onde um faz a pergunta e os escravos respondem, conforme ilustra a Figura 8 [10].

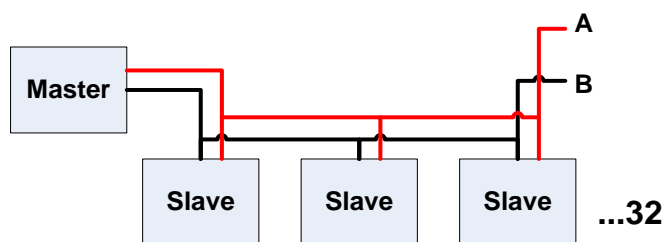


Fig. 8. Estrutura mestre-escravo [10].

A configuração dos pinos juntamente com o resistor terminador do CI max485 é representada pela Figura 9 [11]. Onde:

- RO: Entrada para recepção;
- RE: Habilitação da recepção;
- DE: Habilitação da transmissão;
- DI: Entrada para transmissão;
- GND e VCC: Alimentação do circuito;
- A: Entrada não inversora;
- B: Entrada inversora.

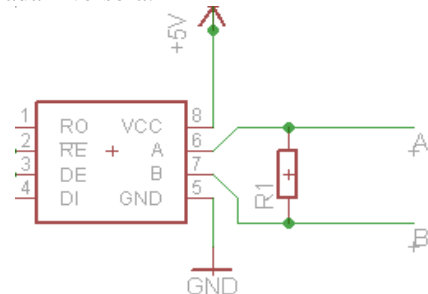


Fig. 9. Configuração dos pinos CI max485 [11].

D. Microcontrolador

Na área da eletrônica existe uma gama de microcontroladores com diversos fabricantes, muitas vezes dentro de uma mesma arquitetura têm-se especificações muito semelhantes, diferenciando-se por apenas tamanho de memória SRAM, EEPROM, mas também há algumas diferenças no que diz respeito à velocidade, quantidade de periféricos, pinos de entrada e saída, etc. Muitos microcontroladores seriam capazes de realizar esse projeto, porém, um dos objetivos do projeto é desenvolver um produto utilizando o microcontrolador LPC2368FBD100 SMD da empresa NXP [12].

A escolha deste justifica-se por ser atualmente utilizado em outros produtos desenvolvidos pela empresa e pela padronização adotada em eliminar o uso de PIC. Com isso, desenvolveram as conexões do microcontrolador LPC.

Ele oferece um conjunto de instruções e funcionalidades bastante amplo e possui encapsulamento de 100 pinos. O LPC2368FBD100 contém 32 bits e 512 kb de memória *Flash* [13]. O encapsulamento do LPC é representado na Figura 10.



Fig. 10. Encapsulamento do LPC2368FBD100[13].

E. Circuito Integrado CD40106

Este CI conta com 6 inversores disparadores (*triggers*), com a disposição em encapsulamento de 14 pinos mostrada na figura 11. Este circuito pode ser denominado de circuito inversor, pois este chip inverte o nível lógico de entrada[14].

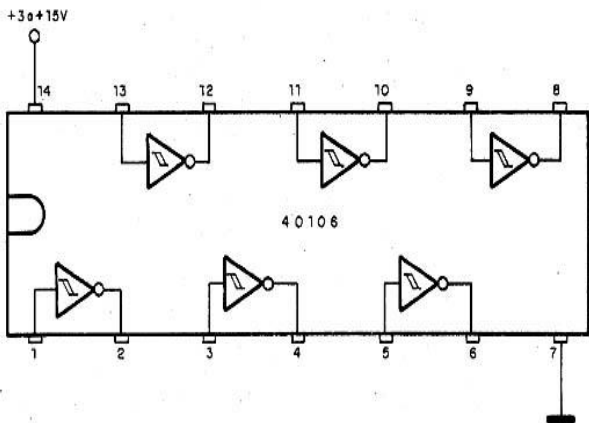


Fig. 11. Pinagem CI CD40106[14].

O que ocorre num inversor é que se a entrada for zero volt (nível lógico 0), sua saída será igual à tensão de alimentação (nível alto ou 1). Se a tensão de entrada for igual a de alimentação (nível alto ou 1) a saída será 0 V (nível baixo ou 0). O inversor é utilizado pois garante uma saída com tempo hábil de transição de sinal alto/baixo ou baixo/alto e também permite uma simetria na saída do sinal para tensão positiva e negativa. Isso assegura pulsos bipolares de tensão com baixo tempo de transição entre -5 V e 5 V[15].

F. Display LCD 16x4

Os módulos LCDs são interfaces de saída muito úteis em sistemas microcontrolados. Estes módulos podem ser gráficos ou caractere (alfanuméricos). Os LCDs comuns, são especificados em número de linhas por colunas, sendo mais usuais as apresentações 16x2, 16x4, 20x2 e 20x4[16].

Além disso, os módulos podem ser encontrados com luz de fundo (LEDs para iluminação de fundo), facilitando a leitura em ambientes escuros. Na Figura 12 é apresentado um circuito de controle de um display 16x4.

Modelos de display os qual trabalham com 5 V de alimentação e com trimpot para ajuste de contraste e iluminação para melhorar a visualização.

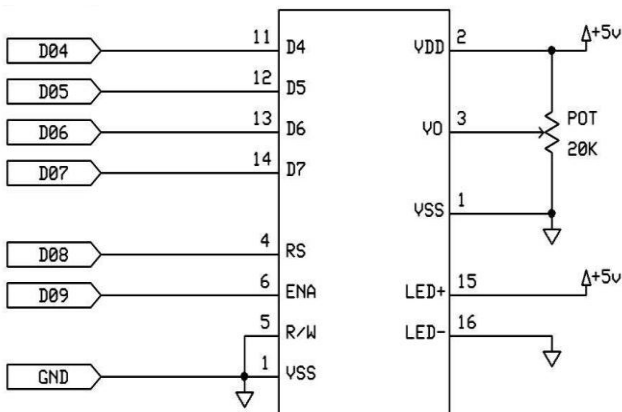


Fig. 12. Circuito display 16x4[17].

V. MONTAGEM E TESTES DO PROTÓTIPO

Após a análise do testador proposto, tendo em vista os componentes que melhor se encaixam ao projeto, foi realizada a montagem do protótipo para realização de testes, como pode ser visto na figura 13. A partir disso, iniciou-se a certificação e viabilidade de implantação do testador em campo.

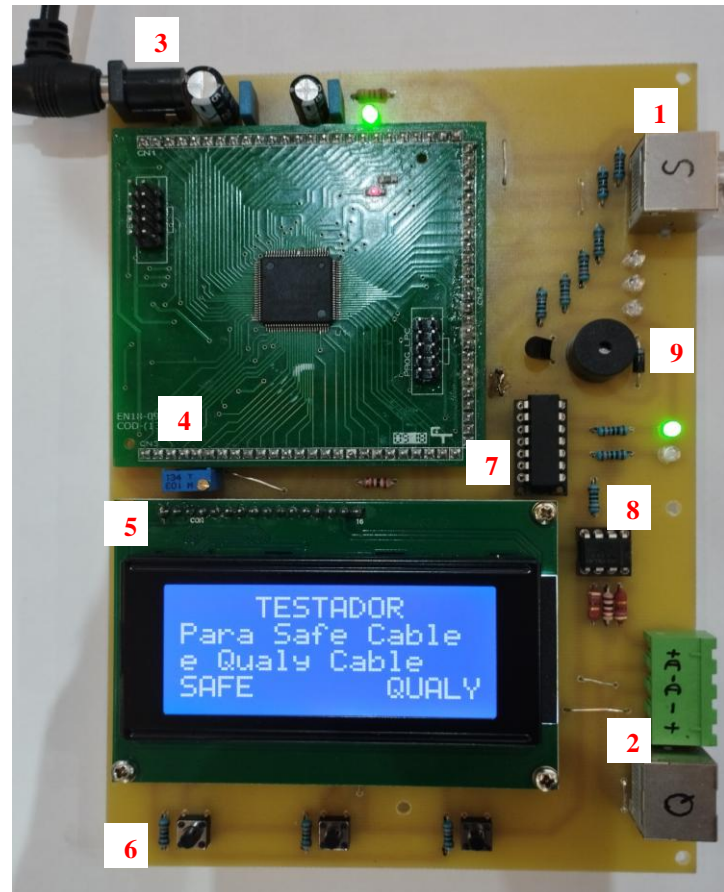


Fig.13. Testador protótipo montado.

Conforme na figura 13 pode se observar os elementos numéricos e suas descrições a seguir:

- 1: Conector cabo digital
- 2: Conectores cabo Qualycable
- 3: Conector alimentação
- 4: PCI com LPC2368
- 5: Display LCD 16x4
- 6: Chaves tátil
- 7: CI CD40106
- 8: CI RS485
- 9: Buzzer

Todos os processos foram realizados na empresa de segmento eletroeletrônico do Rio Grande do Sul, utilizando *softwares* licenciados, ferramentas internas e equipamentos disponíveis para tornar possível a realização do protótipo.

Sendo feita também, toda a parte de testes, pois o testador é pensado e desenvolvido para realizar testes exclusivos do modelo de cabo de termometria desenvolvido e fabricado por esta empresa. O testador foi desenvolvido diretamente com o auxílio e supervisão do setor de Desenvolvimento e Engenharia, com direcionamentos desde a questão da utiliza-

ção dos *softwares* para o desenvolvimento do circuito elétrico e do *software* utilizado para confecção do circuito impresso na fresa CNC, assim como também toda a parte da programação do *firmware* em linguagem C.

Para tornar possível a montagem do protótipo foi utilizada uma série de componentes eletrônicos e também a realização de alguns *jumpers* previstos no desenho da PCI. Já com o circuito impresso e todos os componentes em mão, iniciou-se a montagem do protótipo testador, o qual pode ser visualizado na figura 13, onde está com o *hardware* e *firmware* em funcionamento.

Para a realização da montagem foram usados os componentes que são apresentados na Tabela I, juntamente com a quantidade de cada um deles e custo total aproximado de R\$516,51. Os componentes do protótipo foram de fácil acesso, pois atualmente são utilizados em outros produtos da empresa, sendo assim, todos eles já fazem parte do sistema e do estoque atual. Sendo assim, através desse sistema foi possível gerar o custo final do protótipo.

Na tabela I são apresentados os componentes tanto da placa de circuito impresso do LPC2368, quanto da placa do testador protótipo. Estas listas também podem ser geradas diretamente no *software* do Proteus com a descrição e lugar do componente a ser colocado na PCI, assim como também o local de cada *jumper*.

TABELA I

Lista de componentes e quantidades

Item (componente)	Quantidade(peças)
BARRA DE PINOS 1X40 180°	3
CAPACITORES DIVERSOS	15
CHAVE TACTIL 6X6 MM	1
CIRCUITO INTEGRADO CD40106	1
CIRCUITO INTEGRADO EEPROM 24L512 SMD	1
CIRCUITO INTEGRADO LPC2368 SMD	1
CIRCUITO INTEGRADO TRANSCÉPTOR MAX485	1
CONECTOR JACK P4 SOLDA PLACA	1
CONECTOR RJ45 90°	2
CONECTOR SL 90° 4P	1
CRISTAL 12 MHZ SMD	1
CRISTAL 32.768 KHZ SMD	1
DIODO 1N4007	1
DIODO SCHOTTKY BARRIER BAT721C SMD	1
DISPLAY LCD 4X16 AZUL	1
FIO DE SOLDA 1MM COM RESINA	1
FUSÍVEL REARMÁVEL PPTC 140MA SMD	2
LED	7
PARAFUSO 3X12 MM	4
PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO LP2368	1
PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO PROTÓTIPO	1
PORCA 3 MM	4
REGULADOR DE TENSÃO 3,3 V LM1117	1
RESISTORES DIVERSOS	24
SONALARME BUZZER 5 V 30 MA	1
SOQUETE 14 PINOS	1
SOQUETE 8 PINOS	1
TRANSISTOR BC 337	1
TRIMPOT 10 K VERTICAL	1

Para realização de testes e certificação do funcionamento do testador, foi utilizado um osciloscópio para que no momento da leitura possa se analisar o desempenho do sinal da comunicação TIA/EIA-485. O resultado foi satisfatório, pois ele se estabelece no padrão de comunicação TIA/EIA-485, podendo se observar o pedido e a resposta na figura 14. Ten-

do do sinal negativo mínimo de -2,40 V e o máximo de 2,80 V, totalizando uma tensão de pico de 5,20 V.

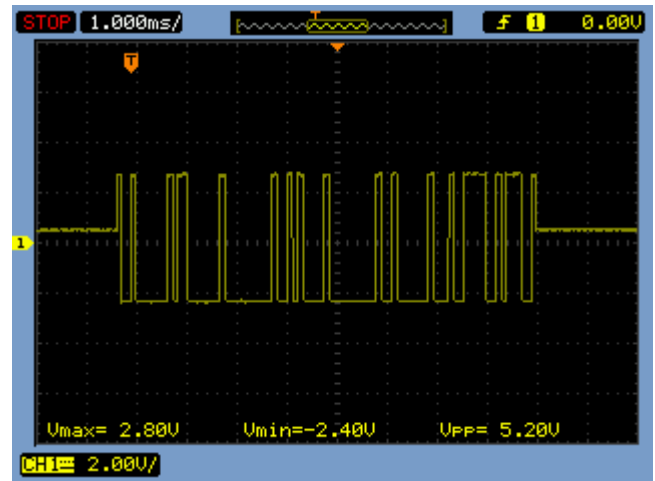


Fig. 14. Análise do sinal TIA/EIA-485.

Analisando o sinal diferencial onde um fio transmite o sinal positivo e no outro fio é transmitido o sinal de potencial negativo, chamados respectivamente de sinal A e sinal B, ou ainda designados como “D+” e “D-”. Assim, também é possível eliminar possíveis ruídos admitidos ao longo da transmissão dos dados.

O funcionamento do testador na parte do cabo digital se deu pelo fato de conseguir indicar a quantidade de sensores encontrados e ler os dados de sensores bons, podendo ser feito a análise dos sensores que não obteram resposta no momento do pedido do testador, conforme observado respectivamente na figura 15 e figura 16.



Fig. 15. Quantidade de sensores encontrados em cabo digital.



Fig. 16. Leitura do sensor 00 do cabo digital.

VI. CONCLUSÃO

Ao fim do projeto, o protótipo montado funcionou conforme a proposta inicial, como o desenvolvimento do projeto levou cerca de um ano, houve tempo suficiente para análise e assim algumas características foram modificadas e melhoradas com o avançar das etapas.

Entre as opções, vale ressaltar a questão do microcontrolador utilizado para comandar o funcionamento do testador. Inicialmente, optou-se por utilizar o PIC18F4520 que atenderia a necessidade do protótipo, mas por se tratar de um produto com tendência a utilização empresarial, a empresa atualmente está passando por uma etapa de utilização de microcontroladores mais modernos (LPC) e eliminação do uso de PIC nos produtos atuais e novos projetos, dessa forma a alteração se mostrou necessária e foi usado o LPC2368FBD100.

Tendo em vista que o projeto gerou resultado satisfatório, é possível a realização das próximas etapas, que englobam a realização de um circuito impresso contendo todos os componentes em somente uma PCI, não existindo interligações e *jumpers*, assim como a aquisição da mesma de empresa especializada em placas com seus devidos revestimentos. Também sendo possível a etapa de caixa, tornando o testador mais prático de manuseio e mais robusto para atender a necessidade de uso em campo.

REFERÊNCIAS

- [1] CITOLIN. Ricardo Samuel. “Sistema de termometria para silos”. UFRGS. Porto Alegre, 2012.
- [2] BACALTCHUK, B.; LORINI, I. “A qualidade desejada na armazenagem de grãos no país”. Embrapa Trigo, 2008.
- [3] SILVA. Everton Moura. “Sistema termométrico para armazenadoras de grãos utilizando múltiplos sensores digitais”. UNIJUÍ. Ijuí, 2013.
- [4] Cabo Pêndulo - QvalyCable, “Widitec/Qualyagro”, 2016. Disponível: www.widitec.com.br/novo/produtos/detalhes/53. Acesso em: 14/11/22.
- [5] PIC12F1822 Microcontrollers Datasheet pdf - Flash Microcontrollers. Equivalent, Catalog. Disponível: www.datasheetspdf.com/pdf/679520/MicrochipTechnology/PIC12F1822/1. Acesso em: 15/12/22.
- [6] MAX485 Transceivers Datasheet pdf - RS-485/RS-422 Transceivers. Equivalent, Catalog. Disponível: www.datasheetspdf.com/pdf/421108/Maxim/MAX485/1. Acesso em: 15/12/22.
- [7] SHT15 Sensor Datasheet pdf - Temperature Sensor. Equivalent, Catalog. Disponível: www.datasheetspdf.com/pdf/779946/Sensirion/SHT15/1. Acesso em: 15/12/22.
- [8] OLIVEIRA. Bruna Fernanda de. “Monitor de acionamento de válvulas”. IFSC – Campus Florianópolis. Florianópolis, Dezembro, 2017.
- [9] FREITAS, C. M. Redes de comunicação em RS-485. Disponível: <https://embarcados.com.br/redes-de-comunicacao-em-rs-485/>. Acesso em: 24/01/23.
- [10] TORRES. André Mendes. “Estudo de viabilidade para implantação do sistema de monitoramento de energia em usina fotovoltaica”. UNISUL. Tubarão, 2018.
- [11] GUARESE. Giuliano Bruno Martins. “Arquitetura híbrida de comunicação para ambientes de automação industrial: protocolos IEEE 802.15.4 e modbus RTU sobre RS485”. PUCRS. Porto Alegre, 2011.
- [12] K. Mpalane, H. D. Tsague, N. Gasela and B. M. Esiefarienne, "Bit-Level Differential Power Analysis Attack on Implementations of Advanced Encryption Standard Software Running Inside a PIC18F2420 Microcontroller," International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), 2015, pg. 42-46.
- [13] NXP, "LPC2364/66/68/78 User manual", 2014. Disponível: www.keil.com/dd/docs/datashts/philips/lpc23xx_um.pdf. Acesso em 30/05/23.
- [14] Usando integrados CMOS pouco conhecidos (ART380), "Instituto NCB". Disponível: www.newtonbraga.com.br/index.php/artigos/49-curiosidades/2523-art380.html. Acesso em 02/06/23.
- [15] ESTRADIOTO. Luís Eduardo Davoglio. “Gerador de estímulos elétricos para pesquisas em neurofisiologia”. UFRGS. Porto Alegre, 2020.
- [16] ABRÃO. Pedro Henrique Demétrio. “Desenvolvimento do dispositivo para movimento de uma sonda para a análise da tensão no arco de soldagem”. UFU. Uberlândia, 2020.
- [17] Guia Completo do Display LCD, "Eletrogate". Disponível: www.eletrogate.com/guia-completo-do-display-lcd-arduino/ Acesso em 07/06/23.

DADOS BIOGRÁFICOS

Nestor Nelcídio Wojahn, nascido em 16/11/1997 em Panambi-RS, atualmente é aluno do curso de Tecnologia em Automação Industrial do IFFAR – Campus Panambi-RS. Suas áreas de interesse são: Automação industrial, Robótica e Processamento digital de sinais.