



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Recuperação de Kits do Laboratório de  
Electrónica Digital**

**Relatório do Estágio Profissional**

**Júlio Carlos Henriques**

**Supervisor: Doutor Eng<sup>o</sup> G. J . Doho  
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Maputo, Junho 2025



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Recuperação de Kits do Laboratório de Electrónica**

**Digital**

**Relatório do Estágio Profissional**

**Júlio Carlos Henriques**

**Supervisor: Doutor Eng<sup>o</sup> G. J. Doho  
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Maputo, Junho 2025

JÚLIO CARLOS HENRIQUES

# **Recuperação de Kits do Laboratório de Electrónica Digital**

Relatório apresentado ao Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane – como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Electrónica.

Supervisor: Doutor Eng<sup>o</sup> G. J . Doho  
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)

Maputo, Junho 2025

## DECLARAÇÃO DE HONRA

*Declaro sobre palavra de honra que o trabalho apresentado neste relatório é original e foi por mim desenvolvido com base nos meus conhecimentos e com a ajuda dos recursos que ao longo do mesmo faço criteriosa referência.*

## EPÍGRAFE

*Há dois dias no ano que não podemos fazer nada, ontem e  
amanhã.*

*Mahatma Ghandi*

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais e irmãos, por todo o suporte e apoio inestimável, e a toda comunidade que se irá de alguma forma beneficiar deste trabalho*

## AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Allah (S.W.A.T) pela dádiva da vida e por me ter trazido a vida por intermediário dos meus progenitores que deste já agradeço, a minha irmã pelo suporte incondicional, ao meu irmão, a minha querida mãe pelo incentivo, por ter abdicado de tanta coisa em virtude do nosso auto-crescimento, por ter acompanhado de forma activa desde o início desta jornada, por ter sido a minha primeira educadora, e por me ter ensinado de forma altruista a respeitar a todos, e o valor da persistência.

Extendo os meus agradecimentos ao meu supervisor, Doutor eng<sup>o</sup> G.J.Doho, este projecto é fruto das sua orientações, paciência e disponibilidade em sanar as minhas dúvidas, para além do supervisor foram exímios educadores, o técnico Sive, o Bila, pelos conselhos e pelo suporte a nível técnico por estes motivos expresso a ambos estas palavras de gratidão.

Agradecer também aos meus colegas Traifosse, Alage, Macome, Jeque, que foram de igual forma uma fonte de aprendizado, tive a oportunidade de aprender e dividir experiências.

E por fim agradecer a todos que estiveram envolvidos directa ou indirectamente durante todas as etapas de elaboração deste projecto.

Respeitosamente,

Henriques, Júlio Carlos

## RESUMO

### Recuperação de Kits do Laboratório de Electrónica Digital

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de estudar, com base em princípios de engenharia electrónica e gestão de recursos laboratoriais, estratégias para a recuperação e manutenção de equipamentos utilizados nos laboratórios do Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. O projecto incide especificamente sobre a análise e reabilitação de unidades de 3 categorias equipamentos críticos: o kit Bungard CCD/ATC, o Logic Tutor e o Micamaster MAT980, os quais se encontram inoperantes ou em estado precário. O objectivo central consiste em garantir a funcionalidade destes dispositivos, promovendo a sua reutilização e prolongamento da vida útil, de modo a assegurar condições adequadas para a formação prática dos estudantes e reduzir os custos associados à aquisição de novos equipamentos. Para tal, adoptou-se uma metodologia experimental e aplicada, envolvendo uma revisão bibliográfica cuidada sobre técnicas de manutenção de equipamentos electrónicos, diagnóstico técnico, elaboração de planos de recuperação específicos e execução de reparações, incluindo substituição de componentes defeituosos e redesenho de circuitos impressos. Além disso, o projecto contemplou a realização de testes de funcionamento para validar as intervenções efectuadas e a elaboração de documentação técnica detalhada, que servirá como protocolo orientador para futuras intervenções laboratoriais. Com este estudo, foi possível não apenas restaurar várias unidades dos equipamentos das categorias mencionadas, mas também estabelecer um modelo de gestão de recursos laboratoriais, contribuindo para a melhoria da qualidade do ensino prático, a optimização financeira institucional e a mitigação dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos electrónicos.

**Palavras Chaves:** Logic Tutor, Mica Master 980, Circuitos impressos, Reparação



## ABSTRACT

### Recuperação de Kits do Laboratório de Electrónica Digital

This work was developed with the purpose of studying, based on principles of electronic engineering and laboratory resource management, strategies for the recovery and maintenance of equipment used in the laboratories of the Department of Electrical Engineering of Faculty of Engineering at Eduardo Mondlane University. The project specifically focuses on the analysis and rehabilitation of units of three critical device categories: the Bungard CCD/ATC kit, the Logic Tutor, and the Micamaster MAT980, which are currently inoperative or in deteriorated condition. The main objective is to ensure the operational functionality of these devices, promoting their reuse and extending their lifespan, thereby providing adequate conditions for students' practical training and reducing the costs associated with acquiring new equipment. To achieve this, an experimental and applied methodology was adopted, involving a specialized bibliographical review on electronic equipment maintenance techniques, in-depth technical diagnostics, development of specific recovery plans, and the execution of repairs, including component replacement and circuit board redesign. In addition, the project included functionality tests to validate the performed interventions and the preparation of detailed technical documentation, which will serve as a guiding protocol for future laboratory maintenance operations, or the completion of the current ones. Through this study, not only was possible to repair a number of the specified units, but it was also possible to showcase a model for laboratory resource management, contributing to the improvement of practical teaching quality, institutional financial optimization, and the mitigation of environmental impacts resulting from improper disposal of electronic waste.

**Keywords:** Logic Tutor, Mica Master 980, Bungard CCD/ATC, circuit board

# Índice de Conteúdo

<b>Índice</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Acrónimos</b>	<b>xiv</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Formulação do problema . . . . .	1
1.2 Pergunta de pesquisa . . . . .	2
1.3 Delimitação . . . . .	2
1.3.1 Temporal . . . . .	2
1.4 Justificativa . . . . .	2
1.5 Objectivos . . . . .	3
1.5.1 Objectivos Gerais . . . . .	3
1.5.2 Objectivos Específicos . . . . .	4
1.6 Metodologia . . . . .	4
1.7 Estrutura do trabalho . . . . .	5
<b>2 Enquadramento Institucional — Faculdade de Engenharia</b>	<b>6</b>
2.1 Universidade Eduardo Mondlane . . . . .	6
2.1.1 Historial da Faculdade de Engenharia . . . . .	7
2.1.2 Reestruturação Pós-Independência . . . . .	7
2.1.3 Estrutura Organizacional . . . . .	8
2.1.4 Missão, Visão e Valores . . . . .	11
2.1.4.1 Missão . . . . .	11
2.1.4.2 Visão . . . . .	12
2.1.4.3 Valores . . . . .	12
2.2 Contributo para o Desenvolvimento Nacional . . . . .	12

<b>3</b>	<b>Revisão Teórica</b>	<b>14</b>
3.1	Conceitos Fundamentais de Engenharia Electrónica	14
3.1.1	Electrónica Analógica	14
3.1.1.1	Componentes	15
3.1.1.2	Resistores	15
3.1.1.3	Capacitores	16
3.1.1.4	Indutores	16
3.1.1.5	Transistores	17
3.1.1.6	Amplificadores Operacionais	17
3.1.1.7	Funções Básicas dos Circuitos Analógicos	18
3.1.2	Electrónica Digital	19
3.1.2.1	Sinal Digital	19
3.1.2.2	Álgebra de Boole	20
3.1.2.3	Portas Lógicas Básicas	21
3.1.2.4	Circuitos Combinatórios	21
3.1.2.5	Circuitos Sequencias	22
3.1.2.6	Memórias Digitais	23
3.1.2.7	Conversores Analógico-Digital e Digital-Analógico	23
3.2	Bungard CCD/ATC: Definição, Componentes e Funcionamento	25
3.2.1	Definição e Aplicações	25
3.2.2	Características Técnicas	26
3.2.3	Componentes Principais	27
3.2.3.1	Hardware Principal	27
3.2.3.2	Software de Controlo numérico CNC	27
3.2.3.3	Ambiente de Execução e Compatibilidade de Software	28
3.2.3.4	Recomendações para Sistemas Operativos e Software	28
3.2.3.5	Firmware e Unidade de Controlo	29
3.2.3.6	Integração e Comunicação	29
3.2.4	Funcionamento	30
3.3	Logic Tutor LT345 MK2	30
3.3.1	Introdução	30
3.3.2	Descrição Geral	31
3.3.3	Componentes Principais	31
3.3.4	Objectivos Educacionais	32

3.3.5	Aplicações Académicas . . . . .	32
3.3.6	Funcionamento e Exemplos de Uso . . . . .	32
3.3.7	Vantagens do Equipamento . . . . .	33
3.3.8	Arquitetura Interna e Circuitos Pré-configurados . . . . .	33
3.3.9	Exercícios Práticos e Procedimentos Laboratoriais . . . . .	33
3.3.10	Integração com Osciloscópio e Equipamentos de Medição . . . . .	34
3.3.11	Comparação com Outros Modelos de Treinadores . . . . .	34
3.3.12	Manutenção e Conservação . . . . .	34
3.4	Micamaster MAT980 . . . . .	35
3.4.1	Definição e Contexto Histórico . . . . .	35
3.4.2	Componentes Principais . . . . .	35
3.4.3	Princípio de Funcionamento . . . . .	37
3.4.4	Aplicações Didáticas e Relevância Académica . . . . .	38
3.4.5	Programação em Linguagem Assembly . . . . .	38
3.4.6	Comparação com Kits Modernos . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Diagnóstico e Reparação</b>	<b>40</b>
4.1	Diagnóstico . . . . .	40
4.1.1	Inspeção Visual . . . . .	40
4.1.1.1	Bungard CCD/ATC . . . . .	41
4.1.1.2	Micamaster 980 e Logic Tutor LT345 MK2 . . . . .	41
4.1.2	Testes de Continuidade e Alimentação . . . . .	41
4.1.3	Testes Funcionais com Programa de Diagnóstico . . . . .	42
4.1.3.1	Bungard CCD/ATC . . . . .	42
4.1.3.2	Micamaster MAT980 . . . . .	43
4.1.4	Testes com EPROM e Memória RAM . . . . .	44
4.2	Reparação . . . . .	44
4.2.1	Limpeza . . . . .	45
4.2.2	Substituição de Componentes . . . . .	45
4.2.3	Reprogramação de EPROM . . . . .	45
4.2.4	5. Testes Pós-Reparação . . . . .	46
4.2.5	Bungard CCD/ATC . . . . .	46

<b>5</b>	<b>Resultados do Processo de Recuperação dos Equipamentos</b>	<b>48</b>
5.1	Kit Logic Tutor LT345 MK2 . . . . .	48
5.1.1	Estado após a Recuperação . . . . .	48
5.1.2	Limitações Actuais . . . . .	49
5.2	Kits Micamaster MAT980 . . . . .	50
5.2.1	Estado após a Recuperação . . . . .	50
5.3	Máquina Bungard CCD/ATC . . . . .	50
5.3.1	Estado Actual . . . . .	50
5.3.2	Acções Realizadas . . . . .	50
5.3.3	Limitações Actuais . . . . .	50
5.3.4	Observações Técnicas . . . . .	51
5.4	Síntese Geral dos Resultados . . . . .	51
<b>6</b>	<b>Conclusão e Recomendações Finais</b>	<b>52</b>
6.1	Conclusão . . . . .	52
6.2	Recomendações Finais . . . . .	53
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>54</b>
	<b>Anexos</b>	<b>56</b>
	<b>Anexo: Protocolo Técnico de Reparação dos Kits</b>	<b>17</b>
0.1	Materiais e Equipamentos Necessários . . . . .	17
0.2	Reparação do Kit Logic Tutor LT345 MK2 . . . . .	17
0.3	Reparação do Kit Micamaster Mat 980 . . . . .	18
0.4	Cuidados Técnicos Gerais . . . . .	18

# Lista de Figuras

2.1	Imagem do departamento das Cadeiras Gerais da Faculdade de Engenharia. Fonte: O autor (2025) . . . . .	9
2.2	Imagem da entrada do Departamento de Engenharia Electrotécnica. Fonte: O autor (2025) . . . . .	10
3.1	Exemplo de um Sinal Analógico. Fonte: <a href="http://embarcados.br/sinalAnalógico">http://embarcados.br/sinalAnalógico</a>	15
3.2	Resistor. Fonte: <a href="http://eletroluz.net">http://eletroluz.net</a> . . . . .	16
3.3	Capacitor. Fonte: <a href="http://eletroluz.net">http://eletroluz.net</a> . . . . .	16
3.4	Indutor. Fonte: <a href="http://eletroluz.net">http://eletroluz.net</a> . . . . .	17
3.5	Transistores de diversos tipos. Fonte: <a href="http://eletroluz.net">http://eletroluz.net</a> . . . . .	17
3.6	Op-Amps. Fonte: <a href="http://autocorerobotica.com.br">http://autocorerobotica.com.br</a> . . . . .	18
3.7	Sinal Digital. Fonte: <a href="http://pt.chinagalvo.com">http://pt.chinagalvo.com</a> . . . . .	20
3.8	codificador e decodificador. Fonte: <a href="http://embarcados.com.br">http://embarcados.com.br</a> . . . . .	22
3.9	Cicrcuito Sequencial que utiliza flip-flops.Fonte: <a href="https://questoes.grancursosonline.com.br">https://questoes.grancursosonline.com.br</a> . . . . .	23
3.10	Conversor circuito integrado digital-analógico AD767JN. Fonte: <a href="https://www.moduloeletronica.com.br">https://www.moduloeletronica.com.br</a> . . . . .	24
3.11	Conversor circuito integrado analógico-digital AD767JN. Fonte: <a href="https://www.moduloeletronica.com.br">https://www.moduloeletronica.com.br</a> . . . . .	25
3.12	Bungard CCD. Fonte: <a href="https://www.bungard.com.br">https://www.bungard.com.br</a> . . . . .	26
3.13	Kit Logic Tutor MK2. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	31
3.14	Kit Micamaster MAT980 recuperado. Fonte:O autor (2025) . . . . .	35
3.15	Microprocessador Z8400A (z80). Fonte: <a href="http://oldbits.com.br">http://oldbits.com.br</a> . . . . .	36
3.16	Componentes principais do kit Micamaster MAT980 (memórias SRAM E EPROM). Fonte: O autor (2025). . . . .	36
3.17	Teclado do kit Micamaster MAT980. Fonte:O Autor (2025) . . . . .	37

4.1	Componentes da fresadora CNC bungard ATC.Fonte: O autor (2025) . . .	41
4.2	Instalação do software RoutePro2000 e configuração.Fonte: O autor (2025)	43
4.3	Erro 40, ao iniciar o Z80 e também ao correr uma instrução. Fonte: O autor (2025) . . . . .	44
4.4	Programador e testador Universal ALL-07A. Fonte: O autor (2025) . . . . .	46
5.1	Testes após recuperação do kit logic Tutor. Fonte: O autor (2025) . . . . .	49
1	Conversor RS232(db9) para USB para computadores recentes. Fonte: www.leroymerlin.com.br . . . . .	1
2	Esquema de Ligacões para teste básico para o kit Logic tutor LT345 MK2. Fonte: Manual Logic Tutor LT345 MK2 . . . . .	2
3	Programador para EPROM pode ser usado como alternativa para o ALL- 07A encontrado na faculdade de Engenharia. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	3
4	Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)	4
5	Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)	5
6	Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)	6
7	Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)	7
8	Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)	8
9	Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	9
10	Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	10
11	Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	11
12	Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	12
13	Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	13
14	Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	14
15	Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	15
16	Interface Operacional. Fonte: O Autor (2025) . . . . .	16

# Lista de Tabelas

- 3.1 Tabela de verdade da operação AND . . . . . 21
- 3.2 Especificações Técnicas da máquina Bungard CCD/ATC . . . . . 26
  
- 4.1 Orçamento para substituição de *spindle* com kit de correia branca . . . . . 47
- 4.2 Orçamento para Substituição da Máquina Bungard via Troca (*Trade-in*) . . . . . 47
  
- 5.1 Resumo do Estado Actual dos Equipamentos . . . . . 51



# Lista de Acrónimos

**ADC** Analog-to-Digital Converter. 23

**CAD** Computer Aided Design. 30

**CCD/ATC** Computer Controlled Drilling with Automatic Tool Change. 25

**CNC** Computer Numerical Control. 28

**CPU** Central Processing Unit. 38

**DAC** Digital-to-Analog Converter. 24

**DOS** Disk Operating System. 28

**EPROM** Erasable Programmable Read Only Memory. 44

**FEUEM** Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. 1

**Op-Amp** Operational Amplifier. 17

**PCB** Printed circuit Board. 25

**RAM** Random Access Memory. 36

**ROM** Ready Only Memory. 36

**UEM** Universidade Eduardo Mondlane. 2

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Formulação do problema

Em Moçambique, a FEUEM destaca-se como uma das instituições públicas mais procuradas no ensino superior, acolhendo estudantes maioritariamente oriundos de famílias com recursos financeiros limitados. Para muitos destes estudantes, esta é a única oportunidade de acesso a uma formação superior de qualidade, uma vez que o ensino privado permanece inacessível a grande parte da população. No entanto, a precariedade das infraestruturas laboratoriais constitui um entrave significativo para a plena realização dos objetivos formativos da instituição.

Os laboratórios, que deveriam garantir a componente prática essencial no processo de ensino-aprendizagem, enfrentam sérias limitações devido ao estado de degradação e inoperância de equipamentos como a máquina Bungard CCD/ATC, o Logic Tutor e o Micmaster Mat 980. A inexistência de políticas persistentes e efectivas de manutenção preventiva e correctiva, a contínua utilização intensiva e a ausência de recursos financeiros para aquisição de novos equipamentos agravam esta situação, comprometendo a qualidade da formação prática dos futuros engenheiros.

Esta realidade afecta directamente estudantes que, não tendo condições de optar por instituições privadas, dependem exclusivamente da Faculdade de Engenharia para a sua formação académica e técnica. A falta de recursos adequados impede o desenvolvimento de competências técnicas fundamentais, limita a aprendizagem experimental e reduz a competitividade profissional destes graduados no mercado de trabalho.

Adicionalmente, a inatividade prolongada de equipamentos contribui para o desperdício de recursos materiais e para o aumento de resíduos electrónicos, agravando os desafios

ambientais do país. Assim, coloca-se a necessidade urgente de investigar e aplicar estratégias técnicas e financeiramente sustentáveis para a recuperação e reutilização de equipamentos laboratoriais, assegurando a continuidade das actividades práticas, a melhoria das condições de formação e a preservação ambiental.

Deste modo, a pertinência deste estudo justifica-se não apenas pela melhoria das condições de ensino e aprendizagem, mas também pelo impacto social e ambiental associado, promovendo o acesso equitativo a uma educação prática de qualidade e contribuindo para a sustentabilidade.

## **1.2 Pergunta de pesquisa**

De que forma a implementação de estratégias de manutenção, recuperação e reutilização de equipamentos laboratoriais pode contribuir para a melhoria das condições de formação prática dos estudantes da FEUEM, promovendo a optimização dos recursos institucionais?

## **1.3 Delimitação**

### **1.3.1 Temporal**

O presente projecto decorreu desde o dia 16 de Março até ao dia 10 Maio de 2025. Que compreendeu a idealização do projecto até a sua concepção incluindo os seus testes.

## **1.4 Justificativa**

A realização deste estudo justifica-se pela importância decisiva que os laboratórios académicos desempenham na formação prática dos estudantes de engenharia, especialmente numa instituição pública de referência como a UEM, em Moçambique. A Faculdade de Engenharia, ao acolher estudantes oriundos de meios socio-económicos limitados, enfrenta o desafio constante de manter uma infraestrutura laboratorial funcional, adequada e acessível, essencial para a consolidação dos conhecimentos teóricos e para o desenvolvimento das competências técnicas exigidas pelo mercado de trabalho.

A actual situação de degradação e inoperância de equipamentos laboratoriais compromete diretamente o processo formativo e restringe as possibilidades de aprendizagem prática, impactando negativamente a qualidade dos futuros engenheiros e acentuando desigualdades no acesso a uma formação técnica de qualidade. Torna-se, assim, imperativo adoptar soluções sustentáveis que garantam a continuidade das actividades laboratoriais sem sobrecarregar financeiramente a instituição.

Além do aspecto pedagógico, a pertinência deste projecto estende-se à esfera social, uma vez que promove a inclusão de estudantes economicamente desfavorecidos, garantindo-lhes condições equitativas de formação prática. Ambientalmente, a recuperação e reutilização dos equipamentos contribuem para reduzir o volume de resíduos electrónicos descartados de forma inadequada, atenuando os impactos ambientais decorrentes da obsolescência tecnológica.

Este trabalho propõe-se, portanto, a implementar estratégias viáveis de manutenção e reaproveitamento de equipamentos, criando soluções adaptadas à realidade financeira e técnica da instituição. Adicionalmente, pretende estabelecer protocolos de boas práticas laboratoriais, possibilitando a replicação de processos sustentáveis e eficientes de gestão de recursos tecnológicos, assegurando a continuidade e qualidade da formação prática na Faculdade de Engenharia.

Assim, este projecto não apenas responde a desafios técnicos e financeiros imediatos, como também contribui de forma estruturada para a promoção de uma cultura institucional de sustentabilidade, responsabilidade ambiental e inclusão social. Não só responde a necessidades educativas urgentes, como também propõe soluções sustentáveis e financeiramente viáveis, ajustadas à realidade institucional e socioeconómica do país. O desenvolvimento desta investigação permitirá ainda estruturar protocolos técnicos replicáveis, otimizando os recursos laboratoriais existentes e assegurando a continuidade e qualidade das actividades práticas no ensino de engenharia.

## **1.5 Objectivos**

### **1.5.1 Objectivos Gerais**

- Analisar e recuperar máquinas e kits electrónicos do laboratório da FEUEM, promovendo a reutilização de equipamentos e garantindo sua funcionalidade para fins

académicos.

## 1.5.2 Objectivos Específicos

- i. Avaliar as condições da máquina CNC Bungard CCD/ATC, verificando a integridade dos componentes móveis, da interface de comunicação e do cabo de alimentação, recompondo-a propondo soluções para sua recuperação;
- ii. Restaurar kits avariados do modelo Logic Tutor, identificando falhas no circuito, substituindo os componentes defeituosos e ou redesenhando a placa de circuito impresso (PCB) e encaminhando-a para fabricação caso necessário;
- iii. Diagnosticar e corrigir falhas nos kits avariados do tipo Micamaster MAT 980, aplicando os princípios de funcionamento dos outros equipamentos para garantir sua recuperação;
- iv. Testar os kits recuperados, apresentar e discutir os resultados;
- v. Documentar um protocolo técnico que possa ser replicado para futuras manutenções, promovendo a gestão eficiente dos recursos laboratoriais e contribuindo para a qualidade do ensino prático na FEUEM.

## 1.6 Metodologia

O processo de investigação e materialização do presente projecto obedecerá às fases a baixo indicadas:

- i. Avaliação das necessidades (Revisão tecnológica e bibliográfica)
  - Estudo e análise de dados existentes de publicações académicas e técnicas relacionadas com a manutenção de equipamentos electrónicos com o mesmo modelo, recuperação de circuitos e gestão sustentável de recursos laboratoriais.
- ii. Diagnóstico técnico e desenvolvimento do plano de recuperação
  - Análise detalhada da máquina e kits para identificação de falhas e avaliação das possibilidades de recuperação;

- Definição das estratégias de reparo para cada kit, incluindo a substituição de componentes defeituosos, e ou redesenho de circuitos.

### iii. Execução dos Reparos e Testes de Funcionamento

- Aplicação das técnicas de recuperação planejadas, incluindo soldagem de componentes, ajuste de conexões e montagem de novas PCBs;
- Verificação da funcionalidade dos kits recuperados, realizando ajustes adicionais caso necessário.

### iv. Documentação técnica

- Registro detalhado de todo o processo, visando a replicação do modelo de recuperação e manutenção para outros equipamentos laboratoriais.

### v. Produção do relatório

## 1.7 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos de desenvolvimento do texto apresentados a seguir:

- CAPÍTULO 1 – Neste capítulo é apresentada a formulação e delimitação do problema, inclui também os objectivos, justificativas e metodologias que foram levantadas para a investigação;
- CAPÍTULO 2 – Este capítulo é reservado ao historial da Faculdade de Engenharia, estrutura e o contributo para o desenvolvimento nacional;
- CAPÍTULO 3 – Este capítulo é reservado a fundamentação teórica, onde os conceitos relevantes a pesquisa são detalhadas;
- CAPÍTULO 4 – Capítulo reservado aos resultados do diagnóstico dos kits e a sua solução de reparação;
- CAPÍTULO 5 – Os resultados da solução são discutidos e documentados;
- CAPÍTULO 6 – Conclusão e Recomendações Finais.

# Capítulo 2

## Enquadramento Institucional — Faculdade de Engenharia

### 2.1 Universidade Eduardo Mondlane

O presente capítulo tem como objectivo apresentar o historial, a organização e o contributo institucional da FEUEM, instituição onde foi realizado o estágio profissional. Neste contexto, são abordadas a origem, evolução histórica, estrutura organizacional, missão, visão, valores, bem como o papel desta instituição no desenvolvimento académico, científico e tecnológico de Moçambique. Este enquadramento é fundamental para a compreensão do ambiente onde decorreu a experiência prática de estágio, destacando a importância da formação de engenheiros no país e o compromisso da Faculdade com o desenvolvimento sustentável nacional.

A UEM é a mais antiga e prestigiada instituição de ensino superior em Moçambique, tendo sido fundada em 1962 sob o nome de Universidade de Lourenço Marques. Após a independência nacional, em 1976, passou a denominar-se UEM, em homenagem a Eduardo Chivambo Mondlane, primeiro presidente da Frente de Libertação de Moçambique (FRELIMO) e destacado académico.

A UEM desempenha um papel estratégico na formação de quadros superiores e no desenvolvimento científico do país, abrangendo diversas áreas do conhecimento, com especial destaque para as Ciências de Engenharia, Ciências Naturais, Ciências Sociais, Saúde, Agricultura, entre outras. A sua missão é formar profissionais altamente qualificados, promover a investigação científica, e contribuir para o progresso social e económico de Moçambique [2].

### **2.1.1 Historial da Faculdade de Engenharia**

A Faculdade de Engenharia foi criada em 1962, coincidindo com a fundação da então Universidade de Lourenço Marques. Inicialmente, adoptou uma estrutura de chefia centralizada, com cada curso associado a um departamento específico [2].

Foram, na época, estabelecidos quatro cursos:

- Engenharia Civil;
- Engenharia Electrotécnica;
- Engenharia Mecânica;
- Engenharia Química.

Estes cursos tinham uma duração de seis anos, sendo os três primeiros anos destinados a matérias gerais e básicas e os três seguintes a disciplinas específicas de engenharia, incluindo conteúdos de gestão e administração.

Em 1970, verificou-se uma reforma curricular significativa, reduzindo a duração dos cursos para cinco anos. Os dois primeiros anos passaram a ser dedicados às matérias gerais-básicas, enquanto os anos restantes se destinavam a conteúdos específicos das áreas de engenharia. Além disso, a carga horária das disciplinas foi ampliada e o regime de ensino passou de anual para semestral, tornando o processo formativo mais dinâmico e flexível [1]. Ainda em 1970, foram introduzidos dois novos cursos:

- Engenharia de Minas;
- Engenharia Metalúrgica.

No entanto, devido à sua longa duração (5 e 8 anos, respectivamente) e às dificuldades estruturais e logísticas da época, estes cursos foram descontinuados pouco tempo depois.

### **2.1.2 Reestruturação Pós-Independência**

Com a Independência Nacional, em 1975, a estrutura organizacional da faculdade foi alterada, conferindo aos departamentos o estatuto de Faculdades autónomas, cada uma



com o seu próprio corpo directivo, embora sob coordenação inter-faculdade. Esta configuração procurava descentralizar a gestão académica e promover maior autonomia administrativa e pedagógica.

Entretanto, em 1980, a instituição decidiu retornar à estrutura centralizada anterior, semelhante à de 1962, reintegrando as diferentes áreas formativas sob a administração da FEUEM. Esta decisão visou assegurar maior coesão administrativa e académica, otimizando os recursos disponíveis e a gestão institucional.

Desde então, a Faculdade de Engenharia tem acompanhado o desenvolvimento nacional e internacional, ampliando a sua oferta formativa, modernizando as suas infraestruturas e estabelecendo parcerias estratégicas com instituições de ensino superior e centros de investigação, nacionais e estrangeiros [1].

### **2.1.3 Estrutura Organizacional**

De acordo com o portal da Faculdade de Engenharia, actualmente a Faculdade de Engenharia organiza-se em departamentos académicos, responsáveis pela gestão pedagógica, científica e administrativa das respectivas áreas de formação:

- Departamento de Engenharia Civil (DECI);
- Departamento de Engenharia Mecânica (DEMA);
- Departamento de Engenharia Electrotécnica(DEEL);
- Departamento de Engenharia Química(DEQUI);
- Departamento Cadeiras Gerais (DCG).

A figura 2.1 mostra o edifício que alberga o Departamento Cadeiras Gerais e a figura 2.2 é referente à entrada do Departamento de Engenharia Electrónica, local onde decorreu o estágio.



Figura 2.1: Imagem do departamento das Cadeiras Gerais da Faculdade de Engenharia.

Fonte: O autor (2025)



Figura 2.2: Imagem da entrada do Departamento de Engenharia Electrotécnica. Fonte: O autor (2025)

A faculdade conta ainda com cinco departamentos não Académicos:

- Departamento de Património e Manutenção;
- Departamento do Registo Académico (DRA);
- Departamento de Tecnologias de Informação e Comunicação (DTIC);
- Departamento de Administração e Finanças (DAF); e um
- Centro de Estudos de Engenharia - Unidade de Produção (CEE-UP).

No conjunto dos seus departamentos académicos, a FEUEM oferece oito cursos de licenciatura, nas áreas de:

- Engenharia Civil;
- Engenharia Mecânica;
- Engenharia Electrotécnica;
- Engenharia Química;

- Engenharia Informática;
- Engenharia de Gestão Industrial;
- Engenharia de Ambiente; e
- Engenharia Eléctrica.

E cinco cursos de Pós-Graduação (Mestrado):

- Mestrado em Engenharia de Petróleos;
- Mestrado em Ciência e Tecnologias de Alimentos;
- Mestrado em Engenharia de Processamento de hidrocarbonetos;
- Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos;
- Mestrado em Saúde, Segurança e Meio Ambiente.

E por fim a faculdade conta ainda com:

- Laboratórios especializados, como laboratório de electrónica digital, onde foi desenvolvido o presente estágio;
- Centro de Investigação e Desenvolvimento de Engenharia (CIDE);
- Bibliotecas;
- Secretarias e gabinetes de apoio pedagógico e administrativo;
- Entre outros órgãos.

## **2.1.4 Missão, Visão e Valores**

### **2.1.4.1 Missão**

Formar profissionais de elevada competência técnica, ética e científica, aptos a responder de forma inovadora e eficaz às exigências do desenvolvimento sustentável de Moçambique [1].

#### 2.1.4.2 Visão

Ser reconhecida como instituição de referência nacional e regional na formação de engenheiros, arquitetos e investigadores, pela qualidade do ensino, produção de conhecimento e impacto social [2].

#### 2.1.4.3 Valores

- **Excelência académica:** compromisso com a qualidade e rigor na formação e investigação;
- **Responsabilidade social:** actuação ética e sustentável em prol da sociedade;
- **Inovação:** estímulo à criatividade e investigação aplicada;
- **Inclusão e diversidade:** respeito pela pluralidade e promoção de igualdade de oportunidades;
- **Ética e Imparcialidade;**
- **Autonomia Institucional.**

A FEUEM tem desempenhado um papel preponderante na formação de recursos humanos qualificados, fundamentais para o desenvolvimento dos sectores estratégicos do país, nomeadamente nas áreas de:

- Infraestruturas;
- Energia;
- Tecnologia;
- Telecomunicações.

## 2.2 Contributo para o Desenvolvimento Nacional

A FEUEM tem desempenhado um papel preponderante na formação de recursos humanos qualificados, fundamentais para o desenvolvimento dos sectores estratégicos do país, nomeadamente nas áreas de:

- Infraestruturas;

- Energia;
- Tecnologia;
- Telecomunicações.

Destaca-se ainda pela participação em projectos nacionais e internacionais, pela realização de estudos técnicos, bem como pelo incentivo à investigação aplicada, contribuindo para a resolução de desafios concretos que afectam o desenvolvimento socioeconómico e tecnológico de Moçambique.

# Capítulo 3

## Revisão Teórica

### 3.1 Conceitos Fundamentais de Engenharia Electrónica

A engenharia electrónica é o ramo da engenharia que lida com o estudo, desenvolvimento e aplicação de sistemas e dispositivos electrónicos. Os sistemas electrónicos são essenciais para a maioria dos dispositivos modernos, desde computadores e smartphones até sistemas de telecomunicações e automação industrial. A engenharia electrónica pode ser subdividida em várias especializações, tais como a electrónica analógica, electrónica digital, sistemas de controle, telecomunicações e microelectrónica, com cada uma delas focando-se em diferentes aspectos e aplicações [3].

A electrónica analógica e a electrónica digital são duas vertentes fundamentais da engenharia electrónica, cada uma com características distintas, mas que se complementam em muitas aplicações. Ambas são essenciais para o funcionamento de dispositivos modernos e a evolução das tecnologias, mas lidam com tipos diferentes de sinais e abordagens de processamento de dados.

#### 3.1.1 Electrónica Analógica

A electrónica analógica refere-se ao estudo e aplicação de circuitos que lidam com sinais contínuos. Ao contrário dos sinais digitais, que têm valores discretos, os sinais analógicos podem variar de forma contínua em uma gama infinita de valores dentro de um intervalo. Essa natureza contínua permite que a electrónica analógica seja amplamente utilizada para representar e manipular fenômenos naturais, como som, luz, temperatura, e até mesmo sinais em sistemas de comunicação. O comportamento dinâmico e fluido desses

sinais é essencial em muitas tecnologias de uso diário [4]. A figura 3.1 é referente a um Sinal Analógico.

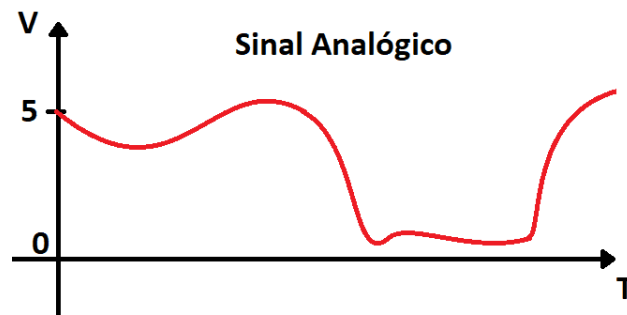


Figura 3.1: Exemplo de um Sinal Analógico. Fonte: <http://embarcados.br/sinalAnalógico>

### 3.1.1.1 Componentes

A electrónica analógica é baseada em uma série de componentes fundamentais, que têm a capacidade de modificar e controlar sinais eléctricos contínuos. Entre os principais componentes estão os:

- Resistores;
- Capacitores;
- indutores;
- Transistores; e
- Amplificadores operacionais.

Que juntos formam as bases para uma ampla gama de circuitos e dispositivos analógicos. Cada componente tem uma função específica e sua interacção dentro de um circuito permite a realização de tarefas complexas, como amplificação, modulação, filtragem, entre outras [5].

### 3.1.1.2 Resistores

Resistores são dispositivos que limitam o fluxo de corrente eléctrica em um circuito. Sua principal função é controlar a intensidade da corrente em diversas partes do circuito, estabelecendo uma relação entre tensão e corrente de acordo com a Lei de Ohm ( $V = IR$ ) [6]. A figura 3.2 ilustra um resistor.





Figura 3.2: Resistor. Fonte: <http://eletroluz.net>

### 3.1.1.3 Capacitores

Capacitores são dispositivos capazes de armazenar energia na forma de um campo eléctrico que deriva da carga armazenada nas suas placas, sendo utilizados em circuitos para armazenar e liberar carga eléctrica, funcionando como um filtro ou estabilizador de sinais [7]. A figura 3.3 é um exemplo ilustrativo de vários tipos de capacitores.

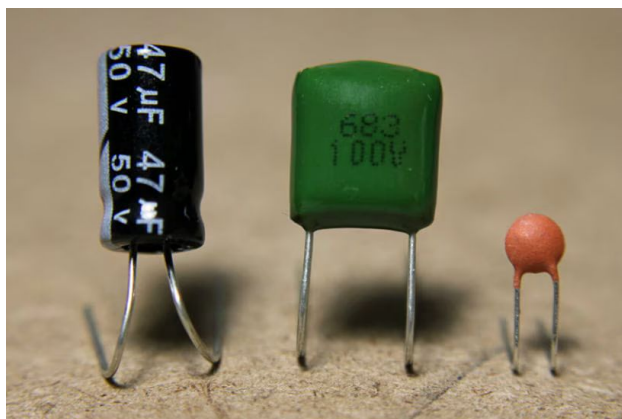


Figura 3.3: Capacitor. Fonte: <http://eletroluz.net>

### 3.1.1.4 Indutores

Indutores são dispositivos capazes de armazenar energia na forma de um campo magnético. Eles são frequentemente usados em filtros e circuitos de ressonância [5]. A figura 3.4 é um exemplo ilustrativo de um indutor.



Figura 3.4: Indutor. Fonte: <http://eletroluz.net>

### 3.1.1.5 Transistores

Os transistores são dispositivos amplamente utilizados para amplificar ou comutar sinais eléctricos. Eles são essenciais para a construção de circuitos amplificadores e para o controle de corrente em muitos dispositivos analógicos [4]. A título de exemplo a figura 3.5 ilustra modelos icónicos de um transistor.



Figura 3.5: Transistores de diversos tipos. Fonte: <http://eletroluz.net>

### 3.1.1.6 Amplificadores Operacionais

Amplificadores operacionais, ou Op-Amp, são circuitos amplificadores altamente versáteis usados para amplificar sinais de forma linear e em grande escala. Eles são componentes chave em muitos sistemas de processamento de sinais [6]. A título de exemplo a figura 3.6 abaixo ilustra um modelo icónico de um Op-Amp.



Figura 3.6: Op-Amps. Fonte: <http://autocorerobotica.com.br>

### 3.1.1.7 Funções Básicas dos Circuitos Analógicos

- **Amplificação de Sinais:** A amplificação de sinais é uma das funções primárias em sistemas analógicos, especialmente em aplicações de áudio, vídeo e comunicação [7]. No contexto de áudio, por exemplo, amplificadores de áudio são usados para aumentar a tensão e/ou intensidade do sinal gerado por fontes de som, como microfones ou instrumentos musicais. Isso é essencial para permitir a reprodução desses sinais em sistemas de som de alto desempenho. Os amplificadores operacionais são usados para amplificar as grandezas tensão/corrente intensidade dum sinal sem causar distorção significativa, tornando o som mais audível ou o sinal de vídeo mais visível em sistemas de display. A amplificação também é usada em sistemas de comunicação para aumentar a potência do sinal e garantir que ele possa ser transmitido por longas distâncias, como em rádio e televisão [5].
- **Modulação e Demodulação:** A modulação é o processo de alterar uma característica de um sinal portador (tais como sua amplitude, frequência ou fase) pelas características de um sinal que se pretende transmitir (entre outros destinos, ou finalidades). Esse processo é fundamental em sistemas de comunicação, como rádio e televisão, onde a modulação de sinais de áudio e vídeo é realizada para garantir a transmissão eficiente em longas distâncias [4]. A demodulação é o processo in-

verso, onde o sinal modulado é recuperado em sua forma original. Em sistemas de rádio, por exemplo, a demodulação é utilizada para transformar o sinal de rádio de volta em áudio [7].

- **Filtragem de Sinais:** A filtragem de sinais é usada para remover ou atenuar frequências indesejadas em um sinal. Esse processo é utilizado em diversas áreas, desde a filtragem de ruídos em sistemas de áudio até a remoção de interferências em sistemas de comunicação [5].

Existem diferentes tipos de filtros, como filtros passa-baixa, passa-alta, passa-banda, e rejeita-banda, que permitem diferentes faixas de frequências passarem ou serem atenuadas [7].

### 3.1.2 Electrónica Digital

A electrónica digital constitui uma das áreas fundamentais da engenharia moderna, sendo responsável pelo desenvolvimento de dispositivos e sistemas que operam com informação representada de forma discreta. Enquanto a electrónica analógica trabalha com sinais contínuos, a electrónica digital utiliza sinais binários, constituídos apenas por dois estados lógicos: 0 e 1. Este paradigma permite a construção de sistemas robustos, escaláveis e altamente integráveis, que suportam a infraestrutura tecnológica contemporânea, desde os microprocessadores até às redes de telecomunicações globais [5]. A crescente demanda por processamento eficiente de dados, confiabilidade e miniaturização impulsionou a electrónica digital como elemento chave no desenvolvimento de computadores, dispositivos móveis, veículos inteligentes, redes de sensores e uma multiplicidade de outras aplicações tecnológicas.

#### 3.1.2.1 Sinal Digital

Um sinal digital é caracterizado por assumir apenas valores discretos, geralmente dois níveis de tensão: baixo (0) e alto (1). Esta representação binária reduz a sensibilidade a ruído e facilita a detecção e regeneração de sinais, mesmo em condições adversas [3]. A adopção de sinais digitais permite a implementação de operações lógicas e aritméticas com elevada precisão e velocidade, fundamentais no contexto da computação moderna. Além disso, sinais digitais são mais fáceis de armazenar, processar e transmitir do que sinais analógicos, pois podem ser codificados em formatos padronizados e comprimidos

sem perda significativa de informação. Em circuitos digitais, o uso de sinais discretos também permite a construção de sistemas mais robustos e escaláveis, garantindo maior fiabilidade em aplicações como telecomunicações, processamento de dados, automação industrial e electrónica de consumo. A figura 3.7 ilustra um Sinal Digital.

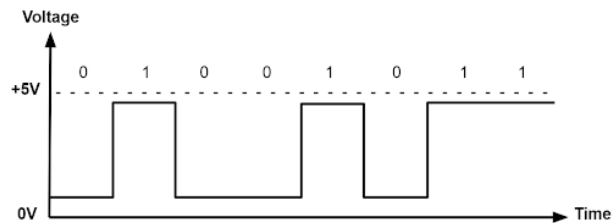


Figura 3.7: Sinal Digital. Fonte: <http://pt.chinagalvo.com>

O sistema binário é o alicerce da electrónica digital. Cada dígito binário, denominado *bit*, pode assumir apenas dois valores (0 ou 1). A conversão entre sistemas de numeração, como binário, decimal, octal e hexadecimal, é fundamental para a interpretação e desenvolvimento de circuitos digitais. Os números binários representam grandezas digitais de forma natural para circuitos electrónicos, que interpretam níveis de tensão como estados lógicos.

### 3.1.2.2 Álgebra de Boole

A álgebra de Boole, criada por George Boole, estabelece um conjunto de regras matemáticas para operar variáveis binárias. Este formalismo é essencial para a concepção e simplificação de circuitos digitais [7].

O kit logic tutor, objecto deste trabalho (entre outros kits), visa facilitar o ensino de circuitos sequencias e combinatórios, portas lógicas e sua realização técnica.

As operações básicas são:

- **AND** ( $\wedge$ ): Conjunção lógica;
- **OR** ( $\vee$ ): Disjunção lógica;
- **NOT** ( $\neg$ ): Negação lógica.

Uma tabela de verdade descreve o comportamento lógico de uma função digital, listando todas as combinações possíveis de entradas e as correspondentes saídas.

Tabela 3.1: Tabela de verdade da operação AND

Entrada A	Entrada B	Saída (A AND B)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

### 3.1.2.3 Portas Lógicas Básicas

As portas lógicas são dispositivos que implementam funções booleanas. Cada porta realiza uma operação específica sobre os sinais de entrada, resultando numa saída lógica.

Existem 7 tipos de portas lógicas nomeadamente:

- **AND**: Saída é 1 apenas se todas as entradas forem 1;
- **OR**: Saída é 1 se pelo menos uma entrada for 1;
- **NOT**: Inverte o estado da entrada;
- **NAND**: Inversão da porta AND;
- **NOR**: Inversão da porta OR;
- **XOR**: Saída é 1 se as entradas forem diferentes;
- **XNOR**: Saída é 1 se as entradas forem iguais.

### 3.1.2.4 Circuitos Combinatórios

Os circuitos combinatórios são aqueles cuja saída depende apenas das entradas atuais.

A título de exemplo temos os seguintes circuitos combinatórios:

- **Somadores**: Realizam operações aritméticas básicas;
- **Comparadores**: Comparam dois valores binários;
- **Multiplexadores (MUX)**: Selecionam uma linha de dados entre várias entradas;
- **Descodificadores**: Transformam códigos binários em sinais únicos.

Cada dispositivo combinatório é projetado utilizando a álgebra de Boole para garantir a funcionalidade desejada. A figura 3.8 é uma imagem ilustrativa de um codificador e decodificador que são circuitos combinatórios.

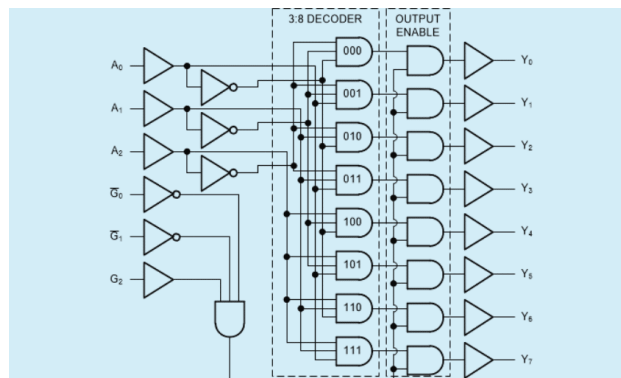


Figura 3.8: codificador e decodificador. Fonte: <http://embarcados.com.br>

### 3.1.2.5 Circuitos Sequencias

Enquanto os circuitos combinatórios dependem apenas das entradas actuais para determinar as saídas, os circuitos sequenciais dependem das entradas actuais e do histórico de entradas anteriores, ou seja, possuem memória. Esta capacidade de lembrar estados anteriores torna os circuitos sequenciais fundamentais para sistemas como: contadores, registos, controladores e máquinas de estados. Nos circuitos sequenciais, o estado é uma representação do histórico do sistema. A transição entre estados é feita com base nos sinais de entrada e no sinal de relógio (clock) nos sistemas síncronos. Cada estado pode conduzir a outro estado, dependendo das condições impostas pelas entradas.

Os circuitos sequenciais possuem como componentes:

- **Flip-Flops:** Dispositivos que armazenam um bit de informação;
- **Registadores:** Conjuntos de flip-flops usados para armazenar múltiplos bits;
- **Contadores:** Dispositivos que contam impulsos de relógio;
- **Máquinas de Estados Finitos:** modelo matemático utilizado; para projectar circuitos sequenciais complexos.

A figura 3.9 é uma imagem ilustrativa de um circuito sequencial que utiliza flip-flops.

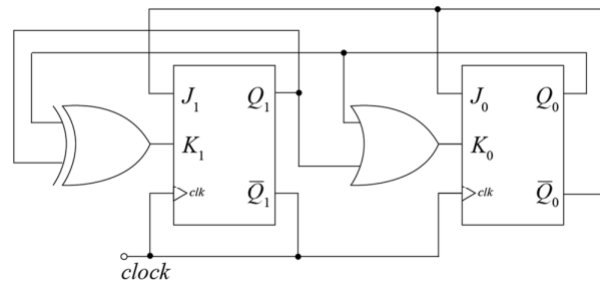


Figura 3.9: Circuito Sequencial que utiliza flip-flops. Fonte: <https://questoes.grancursosonline.com.br>

### 3.1.2.6 Memórias Digitais

Memória é qualquer sistema que permita guardar e recuperar informações digitais. Em sistemas digitais, a memória é essencial para guardar dados temporários e permanentes, instruções, variáveis, configurações e resultados de processos. As memórias quanto a sua classificação podem ser voláteis e não voláteis.

- **RAM:** Memória volátil para armazenamento temporário;
- **ROM:** Memória permanente para programas fixos;
- **EEPROM e Flash:** Memórias regraváveis.

Memórias são organizadas em células de armazenamento. Cada célula guarda um bit e está localizada num endereço específico. A memória funciona através de: Endereçamento, leitura e escrita.

### 3.1.2.7 Conversores Analógico-Digital e Digital-Analógico

Os conversores **Analógico-Digital (ADC)** e **Digital-Analógico (DAC)** são componentes essenciais nos sistemas eletrônicos, pois permitem a interface entre sinais analógicos provenientes do mundo físico e os sistemas digitais de processamento. Dado que os fenômenos naturais são geralmente contínuos e analógicos, enquanto os sistemas digitais operam com valores discretos, é necessária uma conversão precisa entre os dois domínios para garantir a integridade e a fiabilidade dos dados. Os ADC transformam sinais analógicos contínuos em valores digitais discretos. Esse processo ocorre em etapas principais: amostragem, quantização e codificação. A amostragem captura valores do sinal



análogo em intervalos regulares de tempo, de acordo com a frequência de Nyquist, que deve ser no mínimo o dobro da maior frequência presente no sinal original [8].

A quantização converte os valores amostrados em níveis discretos, introduzindo um erro conhecido como erro de quantização. A codificação final transforma estes valores quantizados em formato binário para posterior processamento digital.

Existem vários tipos de ADC, entre os quais se destacam:

- **ADC de aproximação sucessiva (SAR)** – Muito usado em microcontroladores por equilibrar velocidade, precisão e consumo de energia;
- **ADC flash** – Muito rápido, utilizado em aplicações como digitalização de vídeo, embora consuma mais energia e exija muitos comparadores;
- **ADC sigma-delta ( $\Sigma\Delta$ )** – Oferece alta resolução, utilizado em áudio e instrumentação de precisão [9].

A figura 3.10 é uma imagem ilustrativa de um conversor DA em circuito integrado.

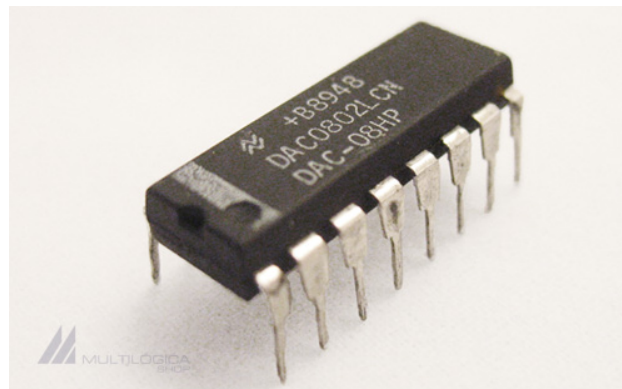


Figura 3.10: Conversor circuito integrado digital-analógico AD767JN. Fonte: <https://www.moduloeletronica.com.br>

Os DAC realizam o processo inverso dos ADC, convertem dados digitais em sinais analógicos. São fundamentais em aplicações como reprodução de áudio, controle de motores e geração de sinais.

O funcionamento baseia-se na produção de níveis de tensão ou corrente proporcionais ao valor digital de entrada. Os principais tipos de DAC incluem:

- **DAC por rede R-2R** – Usa resistores de valores R e 2R para formar um divisor de tensão binário. É simples, barato e amplamente utilizado.

- **DAC por soma ponderada** – Usa resistores com valores proporcionais às potências de dois para converter cada bit de entrada numa corrente ou tensão.

A figura 3.11 é uma imagem ilustrativa de um DAC em circuito integrado.

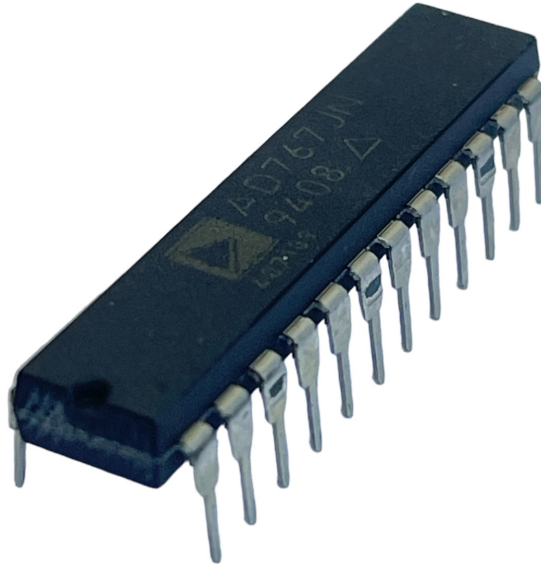


Figura 3.11: Conversor circuito integrado analógico-digital AD767JN. Fonte: <https://www.moduloeletronica.com.br>

## 3.2 Bungard CCD/ATC: Definição, Componentes e Funcionamento

### 3.2.1 Definição e Aplicações

O **Bungard CCD/ATC** é uma máquina de perfuração e fresagem controlada por computador (*CNC*) com troca automática de ferramentas (*ATC - Automatic Tool Change*), projectada para a prototipagem de placas de circuito impresso (*PCBs*). Desenvolvida pela empresa alemã Bungard Elektronik GmbH & Co. KG, esta máquina permite a produção precisa de PCB através de processos como perfuração, fresagem de isolamento e recorte de contornos, utilizando ficheiros padrão da indústria como Gerber e Excellon [11].

A figura 3.12 é uma imagem ilustrativa da máquina Bungard CCD/ATC.



Figura 3.12: Bungard CCD. Fonte: <https://www.bungard.com.br>

### 3.2.2 Características Técnicas

As principais especificações técnicas da máquina Bungard CCD/ATC estão apresentadas na tabela a seguir:

<b>Especificação</b>	<b>Valor</b>
Área de trabalho	325 mm x 495 mm x 38 mm
Velocidade do <i>Spindle</i>	30.000 a 63.000 rpm
Velocidade de deslocamento	Até 9.000 mm/min
Resolução do software	0,0001 mm (0,1 $\mu$ m)
Precisão de posicionamento	0,79 $\mu$ m de passo e 3,2 $\mu$ m em toda a área de trabalho
Diâmetro das ferramentas	0,1 mm a 3,175 mm
Alimentação eléctrica	110-240 V, 50-60 Hz
Peso	Aproximadamente 35 kg

Tabela 3.2: Especificações Técnicas da máquina Bungard CCD/ATC

. Fonte: <http://www.bungard.de>

Essas especificações permitem a produção de PCB de alta precisão, adequadas para aplicações em ambientes acadêmicos e industriais, sendo particularmente úteis em laboratórios de pesquisa e para prototipagem de circuitos electrónicos [12].

### 3.2.3 Componentes Principais

O sistema Bungard CCD/ATC é composto por um conjunto integrado de componentes de **hardware**, **software** e **firmware**, que trabalham em sinergia para permitir a produção automatizada e de alta qualidade.

#### 3.2.3.1 Hardware Principal

O hardware da máquina Bungard CCD/ATC inclui os seguintes componentes críticos:

- **Spindle de Alta Velocidade:** Responsável pela rotação das ferramentas de corte. Pode operar entre 30.000 a 63.000 rpm, o que permite fresagem precisa em materiais compostos e resinas epoxi.
- **Sistema ATC (*Automatic Tool Changer*):** Um mecanismo automatizado que armazena e substitui brocas e fresas durante o processo de usinagem, reduzindo o tempo de intervenção humana e aumentando a produtividade.
- **Mesa de Trabalho e Guias Lineares:** A mesa é equipada com guias lineares de precisão e motores passo-a-passo ou servo motores, que asseguram movimentos coordenados nos eixos X, Y e Z com resolução micrométrica.
- **Sistema de Aspiração de Resíduos:** Um módulo conectado por mangueiras de extração que remove automaticamente os detritos gerados durante o processo de fresagem e perfuração.
- **Painel de Controlo:** Interface física composta por botões de emergência, ecrã LCD (em modelos mais recentes), e indicadores LED para o estado do sistema.

#### 3.2.3.2 Software de Controlo numérico CNC

O software utilizado para controlar a máquina Bungard CCD/ATC é o *RoutePro*, desenvolvido pela própria Bungard, compatível com Windows, que actualmente possui diversas versões mas para o caso em específico, a máquina em estudo usa a versão *RoutePro 2000*. As suas funções incluem:

- Importação de ficheiros Gerber (trilhas) e Excellon (furos).
- Definição de parâmetros de usinagem: profundidade de corte, velocidade de avanço, rotação do *Spindle*, entre outros.

- Simulação do percurso de ferramentas antes da execução.
- Controlo directo da troca de ferramentas e movimentação nos eixos.

Este software permite a ligação com a máquina via porta USB ou RS-232 e comunica com o firmware da unidade de controlo por protocolos adequados [11].

### **3.2.3.3 Ambiente de Execução e Compatibilidade de Software**

Historicamente [11], as primeiras versões do software de controlo para máquinas CNC Bungard, como a CCD/ATC, foram desenvolvidas para serem executadas em ambiente MS-DOS (Disk Operating System). Este sistema operativo foi escolhido pela sua simplicidade e estabilidade, permitindo comunicação directa e fiável com a unidade de controlo via portas seriais RS-232.

O ambiente DOS garante uma execução leve do software, sem processos de fundo que possam interferir na comunicação em tempo real entre o computador e a fresadora CNC. Por esse motivo, softwares como o *IsoCAM*, que antecederam o *RoutePro 2000*, funcionavam exclusivamente em DOS.

Actualmente, a versão *RoutePro 2000* opera em sistemas Windows, mas máquinas Bungard mais antigas podem ainda requerer o uso de computadores com sistemas operativos como MS-DOS, FreeDOS ou Windows 2000 para assegurar compatibilidade e estabilidade operacional.

Para máquinas muito antigas, recomenda-se manter computadores dedicados com essas versões ou recorrer a máquinas virtuais que simulem ambientes DOS, principalmente quando o hardware moderno não oferece suporte nativo para comunicação directa via porta serial.

Em computadores mais recentes, o uso de adaptadores USB-para-RS232 permite a ligação da máquina, desde que os drivers e o software estejam configurados correctamente para reconhecer as portas COM virtuais, garantindo a continuidade da operação da Bungard CCD/ATC.

### **3.2.3.4 Recomendações para Sistemas Operativos e Software**

A escolha do sistema operativo para controlar a Bungard CCD/ATC depende da antiguidade da máquina e da compatibilidade do software de controlo disponível:

- **Máquinas muito antigas** (década de 1990 até início dos anos 2000): Recomenda-se usar sistemas operativos como *MS-DOS*, *FreeDOS* ou *Windows 2000*, onde o software clássico *IsoCAM* ou primeiras versões do *RoutePro* funcionam de forma estável e com suporte directo para comunicação via portas seriais RS-232.
- **Máquinas com software RoutePro 2000**: Funciona melhor em sistemas *Windows XP* ou *Windows 7* (preferencialmente 32 bits). Versões posteriores como *Windows Vista* ou *Windows 10* podem requerer configurações adicionais para funcionar, principalmente devido ao suporte limitado para portas seriais físicas.
- **Computadores modernos**: Como muitos PCs actuais já não possuem portas seriais nativas, é comum usar adaptadores USB-para-RS232, que são amplamente suportados. Nesses casos, recomenda-se o uso de máquinas virtuais que emulem DOS ou Windows 2000 para executar o software legado, garantindo assim a compatibilidade do ambiente de controlo com a máquina.

### 3.2.3.5 Firmware e Unidade de Controlo

A **unidade de controlo** da máquina Bungard CCD/ATC integra um microcontrolador ou sistema embarcado responsável por interpretar os comandos provenientes do software CNC e converter esses comandos em sinais eléctricos precisos para os motores e actuadores.

O **firmware embutido** nesta unidade é responsável por:

- Gerir a lógica de troca de ferramentas;
- Controlar a aceleração e desaceleração dos eixos;
- Monitorizar sensores de fim de curso e detecção de ferramentas;
- Comunicar erros operacionais ao software em tempo real.

A interface do utilizador é composta por botões de controlo manual, como retorno à origem (home), paragem de emergência, e início de trabalho, integrados com o firmware para resposta imediata.

### 3.2.3.6 Integração e Comunicação

A integração entre software, firmware e hardware é feita por meio de:

- **Interfaces USB/RS-232:** Estabelecem a comunicação entre o computador e a unidade de controlo;
- **Protocolo de Comunicação Serial Proprietário:** Permite a transmissão de comandos G-code e instruções específicas da Bungard;
- **Drivers de Máquina:** Instalados no computador, são necessários para o reconhecimento da máquina e funcionamento pleno do RoutePro 3000.

Esta arquitetura modular e bem integrada confere a máquina Bungard CCD/ATC um elevado nível de precisão, fiabilidade e automação, adequando-se tanto a ambientes industriais como educacionais [12].

### 3.2.4 Funcionamento

O funcionamento da máquina Bungard CCD/ATC envolve as seguintes etapas:

1. **Preparação do projecto:** O utilizador cria os ficheiros de design da PCB (Gerber para as trilhas e Excellon para os furos) utilizando software de desenho CAD;
2. **Configuração da máquina:** Os ficheiros são importados para o software de controlo da máquina, onde se definem os parâmetros de usinagem, como profundidade de corte e velocidade;
3. **Execução do trabalho:** A máquina realiza automaticamente as operações de perfuração e fresagem conforme os ficheiros importados, utilizando o sistema de troca automática de ferramentas para alternar entre diferentes brocas e fresas sem intervenção manual.

Este processo automatizado reduz significativamente o tempo de produção e minimiza erros humanos, sendo ideal para prototipagem rápida e produção de pequenas séries, conforme detalhado no manual do fabricante [11].

## 3.3 Logic Tutor LT345 MK2

### 3.3.1 Introdução

O *Logic Tutor LT345 MK2* é um equipamento didáctico amplamente utilizado no ensino de electrónica digital e sistemas digitais. Fabricado pela ETT (Electronic Trainer Technology),

este dispositivo foi desenvolvido para auxiliar estudantes e profissionais na aprendizagem e experimentação prática de circuitos digitais, oferecendo uma plataforma interativa e modular para a montagem e análise de circuitos lógicos [13].

### 3.3.2 Descrição Geral

O LT345 MK2 consiste numa base robusta equipada com uma série de componentes integrados essenciais ao estudo da lógica digital, incluindo portas lógicas, flip-flops, contadores, display de sete segmentos e outros dispositivos de comutação digital. O layout intuitivo da plataforma permite a conexão fácil entre os diversos componentes através de cabos jumpers [14]. A figura 3.17 é um modelo icónico ilustrativo do kit Logic Tutor MK2.

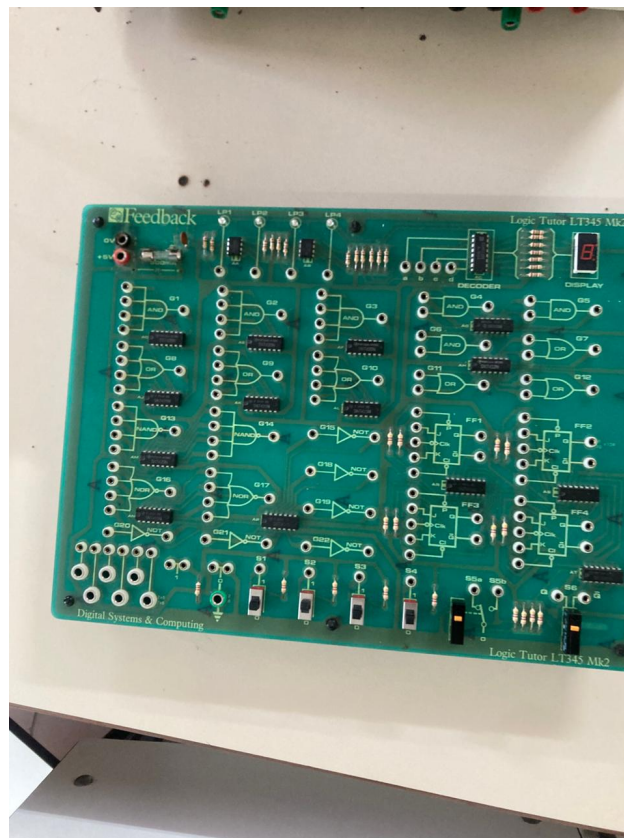


Figura 3.13: Kit Logic Tutor MK2. Fonte: O Autor (2025)

### 3.3.3 Componentes Principais

- **Portas Lógicas Integradas:** Inclui portas AND, OR, NOT, NAND e NOR;
- **Flip-Flops:** Modelos tipo JK;
- **Display de Sete Segmentos:** Para visualização de saídas binárias e decimais.



- **Interruptores e LEDs:** Para entradas manuais e visualização do estado lógico das saídas.

### **3.3.4 Objectivos Educacionais**

O Logic Tutor LT345 MK2 tem como principais objectivos:

- Introduzir os fundamentos da lógica digital de forma prática;
- Permitir a experimentação com circuitos combinatórios e sequenciais;
- Desenvolver competências na análise e depuração de circuitos digitais;
- Facilitar a transição do conhecimento teórico para aplicações práticas [16].

### **3.3.5 Aplicações Académicas**

O LT345 MK2 é amplamente adoptado em cursos técnicos e universitários de engenharia eléctrica, engenharia electrónica e tecnologias da informação. É particularmente eficaz em disciplinas como:

- Electrónica Digital;
- Sistemas Digitais;
- Arquitetura de Computadores;
- Microcontroladores e Microprocessadores.

### **3.3.6 Funcionamento e Exemplos de Uso**

Os estudantes podem interligar os componentes pré-instalados para:

- Construir somadores binários de um ou múltiplos bits;
- Implementar contadores síncronos e assíncronos;
- Realizar operações lógicas com sinais de entrada e observar o resultado nos LEDs e displays;
- Simular relógios digitais, semáforos e codificadores de segurança.

### 3.3.7 Vantagens do Equipamento

- Estrutura compacta e portátil;
- Interligação simplificada por cabos;
- Manual com exercícios e experiências;
- Alta durabilidade dos componentes.

### 3.3.8 Arquitetura Interna e Circuitos Pré-configurados

O Logic Tutor LT345 MK2 é constituído por uma matriz de módulos pré-instalados com circuitos integrados digitais do tipo TTL (Transistor-Transistor Logic). Os blocos funcionais são dispostos de forma a permitir a simulação de uma vasta gama de experimentos laboratoriais, sem necessidade de equipamento adicional. Os circuitos internos incluem:

- **Módulos de Portas Lógicas:** Utilizam chips 7420, 74LS08, 74LS21, 74LS25 entre outros.
- **Flip-Flops:** Inclui circuitos como 7476 (JK).
- **Contadores Binários:** Baseados em 7490, 7493 para aplicações de temporização e contagem.

Cada módulo pode ser ativado individualmente, o que permite isolar falhas e compreender o funcionamento de cada componente de forma autónoma.

### 3.3.9 Exercícios Práticos e Procedimentos Laboratoriais

O manual do LT345 MK2 inclui mais de 10 experiências laboratoriais. Algumas das mais relevantes incluem:

- Construção de tabelas verdade para portas lógicas.
- Design e implementação de codificadores binários.
- Experimentos com flip-flops para armazenamento de estado.
- Simulação de contadores e relógios digitais.
- Aplicações em circuitos de controle e automação.

Cada exercício é acompanhado por diagramas esquemáticos, cronogramas de tempo e instruções de ligação.

### **3.3.10 Integração com Osciloscópio e Equipamentos de Medição**

O Logic Tutor pode ser integrado com instrumentos de medição como multímetros e osciloscópios para observação de:

- Formas de onda dos sinais digitais.
- Temporização dos sinais de clock.
- Análise de propagação em portas lógicas.

Essa integração permite que os alunos desenvolvam competências em diagnóstico de falhas e análise temporal.

### **3.3.11 Comparação com Outros Modelos de Treinadores**

Comparando com modelos como o CES LT-5000 ou o LabVolt Digital Systems Trainer:

- O LT345 MK2 destaca-se pela simplicidade de uso e disposição direta dos componentes.
- Possui menos circuitos programáveis, mas oferece uma abordagem mais pedagógica.
- Ideal para cursos introdutórios em oposição a sistemas baseados em FPGA.

### **3.3.12 Manutenção e Conservação**

Embora este tema possa ser expandido no capítulo final, é importante referir que:

- O equipamento requer armazenamento em local seco.
- A verificação periódica dos conectores evita mau contacto.
- A limpeza deve ser feita com álcool isopropílico e pano antiestático.

## 3.4 Micamaster MAT980

### 3.4.1 Definição e Contexto Histórico

O *Micamaster MAT980* é um kit didático desenvolvido com o objectivo de proporcionar um ambiente prático para o ensino de microprocessadores, com foco especial no processador Zilog Z80 [18]. Foi amplamente adoptado nas décadas de 1980 e 1990 em instituições técnicas e universidades como uma ferramenta introdutória para o estudo de microprocessadores [20] e arquitectura de computadores. A estrutura modular do kit permite que os alunos tenham contacto directo com os barramentos de dados, endereços e controle, promovendo uma compreensão prática do funcionamento de um sistema computacional básico.

O Micamaster MAT980 desempenhou um papel fundamental na democratização do ensino da computação a nível de hardware, permitindo que estudantes interajam com microprocessadores reais, programem em linguagem assembly e entendam a arquitectura interna de um microprocessador como o Z80. O uso deste tipo de kit ainda persiste em cursos que priorizam o ensino baseado em hardware e programação de baixo nível.

A figura 3.17 é um modelo icónico ilustrativo do kit Micamaster MAT980.

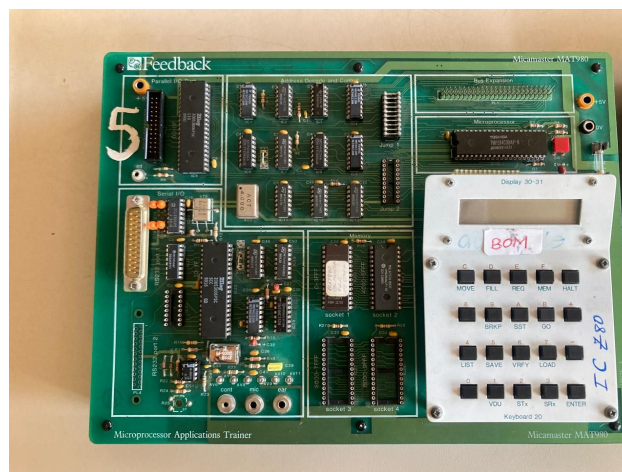


Figura 3.14: Kit Micamaster MAT980 recuperado. Fonte:O autor (2025)

### 3.4.2 Componentes Principais

O kit é constituído por diversos módulos integrados que simulam os principais elementos de um microcomputador. Os seus principais componentes incluem:

- **Microprocessador Z80:** Unidade central de processamento, com suporte para um conjunto de instruções CISC de 8 bits;

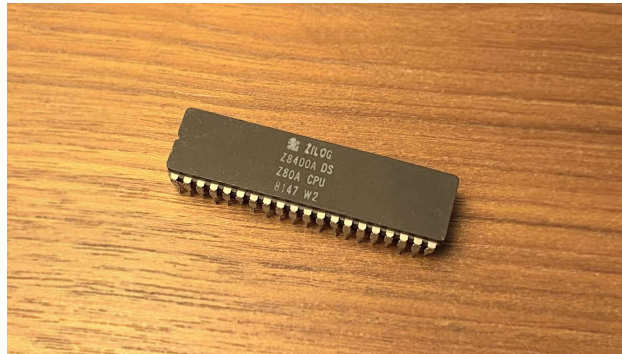
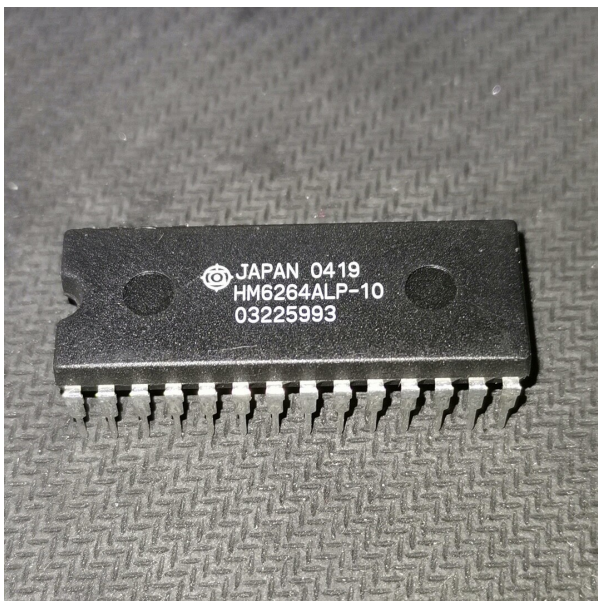
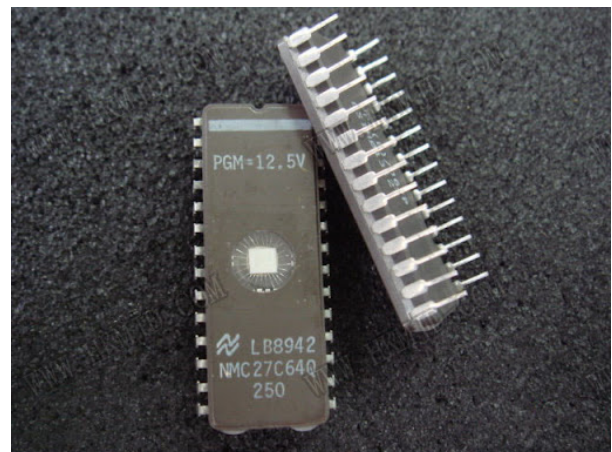


Figura 3.15: Microprocessador Z8400A (z80). Fonte: <http://oldbits.com.br>

- **Memória ROM e RAM :** ROM com programas de arranque e monitores de sistema e a RAM para a área de rascunho para programa monitor e para execução de programas do utilizador;



(a) circuito integrado SRAM de 8K × 8 bits.



(b) Circuito EPROM de 8K × 8 bits (64kbit).

Figura 3.16: Componentes principais do kit Micamaster MAT980 (memórias SRAM E EPROM). Fonte: O autor (2025).

- **Teclado Hexadecimal:** Entrada directa de instruções e dados.

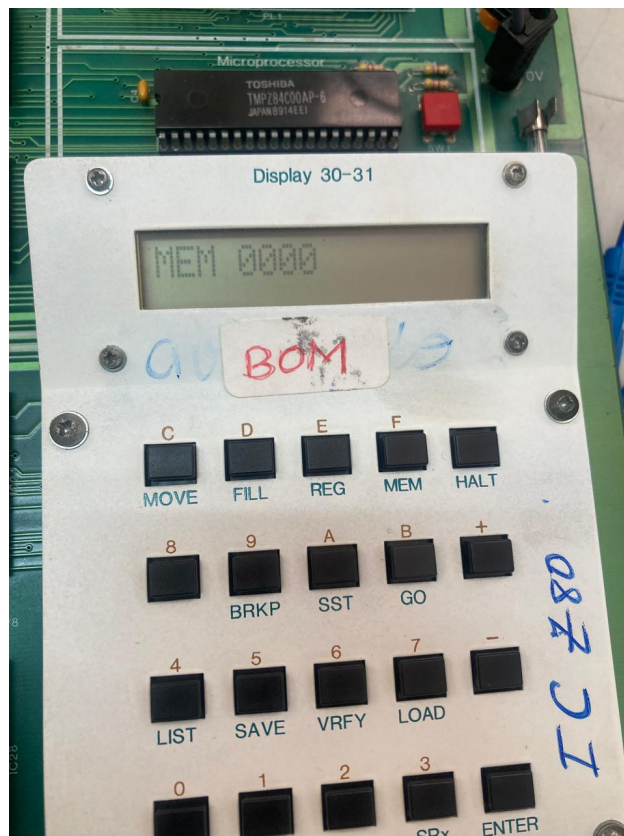


Figura 3.17: Teclado do kit Micamaster MAT980. Fonte:O Autor (2025)

- **Display LCD a matriz de pontos com capacidade para 16 caracteres e 2 linhas:** Saída visual de valores hexadecimais e binários;
- **Interfaces paralelas e seriais:** Permitem ligação com periféricos externos, como impressoras e terminais;
- **Barramentos de endereços, dados e controle:** Disponíveis para ligação com módulos externos e para monitorização em tempo real;
- **Controle do sistema:** Permite a manipulação direta de sinais de reset, interrupções e clock.

### 3.4.3 Princípio de Funcionamento

O funcionamento do Micamaster MAT980 baseia-se na interacção entre o microprocessador Z80 e os seus periféricos. Ao ligar o kit, o sistema executa o programa residente na ROM, que pode consistir num monitor de sistema capaz de interpretar comandos introduzidos pelo utilizador.

A arquitetura Von Neumann embora com o famoso engarrafamento permite que os dados e instruções sejam processados de forma eficiente. Os programas podem ser introduzidos por meio do teclado hexadecimal e armazenados na RAM para execução. Cada instrução é executada via ciclos de máquina, de acordo com o sinal de clock. Os resultados podem ser observados no display, ou através de interfaces externas. A presença dos sinais de endereço, dados e controle permite a análise detalhada do processo de execução.

Além disso, o utilizador pode simular interrupções, temporizações e operações com periféricos, como interfaces CIO (contador/temporizador e i/o paralela) e SCC (i/o serial), aplicando conceitos fundamentais de sistemas embarcados e microcontroladores [19].

### **3.4.4 Aplicações Didáticas e Relevância Acadêmica**

O Micamaster MAT980 é amplamente utilizado em cursos de engenharia electrónica, engenharia eléctrica e engenharia informática para proporcionar aos estudantes uma plataforma tangível de aprendizagem. Ao invés de simulações puramente digitais, o kit oferece a oportunidade de interagir fisicamente com o hardware, promovendo a assimilação dos conceitos teóricos por meio da prática.

As suas aplicações incluem:

- Análise de instruções do Z80 e temporização;
- Implementação de algoritmos em linguagem de máquina;
- Desenvolvimento de periféricos externos e sua integração via CIO, SCC ou via barramento de expansão;
- Estudo dos barramentos de dados, endereços e sinais de controle.

### **3.4.5 Programação em Linguagem Assembly**

O Micamaster MAT980 permite a introdução de programas directamente através do teclado hexadecimal, bem como via carregamento externo utilizando interfaces seriais. A linguagem mais comum é o Assembly do Z80, cuja sintaxe simples e poderosa permite o controle exato de cada operação da CPU.

Exemplo de um pequeno programa:

```
LD A, 0x0A      ; Carrega o valor 0x0A no acumulador
OUT (0x01), A   ; Envia o valor para a porta 0x01
JP \$           ; Salta para si mesmo (loop infinito)
```

### **3.4.6 Comparação com Kits Modernos**

Comparando com sistemas contemporâneos como Arduino, STM32 ou Raspberry Pi, o Micamaster MAT980 destaca-se pelo seu valor educacional no ensino fundamental da arquitectura de computadores. Enquanto plataformas modernas abstraem muitos dos detalhes de baixo nível, o Micamaster força o estudante a compreender cada ciclo de instrução, cada acesso de memória e cada interrupção.

Isso faz do Micamaster MAT980 uma ferramenta indispensável em disciplinas como sistemas digitais.



# Capítulo 4

## Diagnóstico e Reparação

Este capítulo aborda os procedimentos de diagnóstico e reparação dos kits didáticos **Mi-camaster MAT980**, **Logic Tutor LT345 MK2** e da **Fresadora CNC Bungard CDD/ATC** utilizados em contextos de ensino e experimentação em electrónica digital e microprocessadores. Ambos os kits foram objecto de análise durante o processo de reabilitação dos equipamentos electrónicos da FEUEM

### 4.1 Diagnóstico

O diagnóstico de equipamentos envolve a inspecção sistemática dos seus módulos e componentes, com o objectivo de identificar falhas ou anomalias que comprometam o seu funcionamento. O processo foi conduzido em várias fases:

#### 4.1.1 Inspeção Visual

A primeira fase consistiu numa inspecção visual detalhada, com o objectivo de identificar:

- Componentes queimados, partidos, soltos ou com algum dano evidente;
- Conectores danificados ou com pinos tortos;
- Trilhas ou pistas interrompidas na PCB;
- Presença de oxidação ou sujidade em contactos, soquetes e terminais;
- Cablagem interna irregular ou rompida;
- Presença de oxidação ou sujidade em contactos, e terminais.

#### 4.1.1.1 Bungard CCD/ATC

Para esta máquina CNC, observou-se a presença de pó e oxidação em alguns componentes, sinais de desgaste dos cabos, e a correia responsável pela transmissão de movimentos nos eixos está completamente danificada como tal ilustrado nas figuras 4.2a e 4.2b.



(a) O cabo responsável por conectar a fresadora a interface (fonte) está desgastado.



(b) Correia completamente danificada.

Figura 4.1: Componentes da fresadora CNC bungard ATC. Fonte: O autor (2025)

O Cabeçote de Corte parece ainda continuar operacional, porém há que se testar a rotação entre outras características funcionais.

#### 4.1.1.2 Micamaster 980 e Logic Tutor LT345 MK2

No caso do **Micamaster MAT980**, observou-se a presença de pó em alguns conectores e bornes de ligação. No **Logic Tutor**, alguns interruptores e LEDs encontravam-se com maus contactos devido ao envelhecimento dos seus terminais.

### 4.1.2 Testes de Continuidade e Alimentação

Após a limpeza inicial, realizaram-se testes de continuidade com multímetro digital para confirmar a integridade das ligações eléctricas entre os componentes.

Verificaram-se também os pontos de alimentação:

- Tensão de entrada (+5V DC) fornecida por fonte regulada externa;
- Tensão em circuitos integrados principais ( microprocessador Z80, ROM, RAM);

- Níveis lógicos em terminais de entrada e saída dos buffers e decodificadores.

### 4.1.3 Testes Funcionais com Programa de Diagnóstico

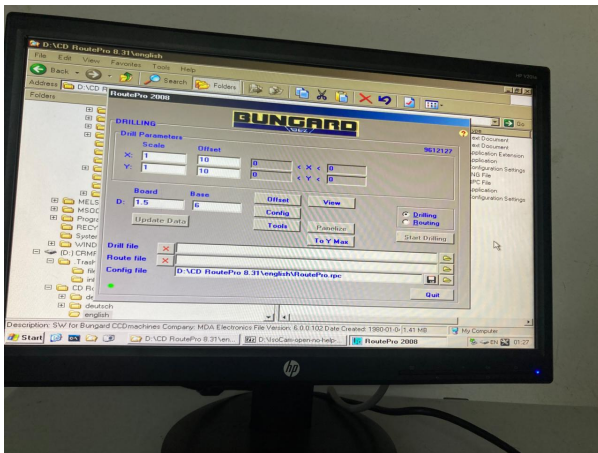
#### 4.1.3.1 Bungard CCD/ATC

Antes de avançar-se com a recuperação da parte física da máquina é essencial saber se existe comunicação entre o computador e o controlador da fresadora Bungard CCD/ATC, a fresadora Bungard CCD/ATC usa um software denominado routePro e Isocam, que possui diversas versões dependendo da compatibilidade com a máquina. Para a fresadora em estudo foi instalado o software oficial routePro 2000, sendo que para o uso deste software certos requisitos devem ser cumpridos:

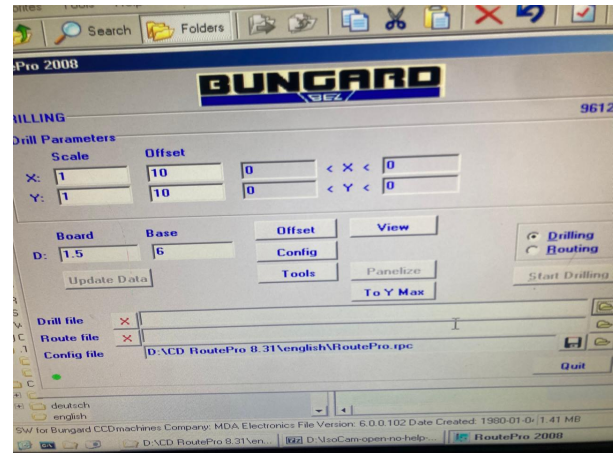
- **Sistema Operativo:** Windows XP, Windows 7 (32 bits) (preferencialmente 32 bits). O RoutePro 2000 não é otimizado para sistemas de 64 bits ou versões mais recentes sem compatibilidade retroativa.
- **Processador (CPU):** Mínimo: Intel Pentium III. Recomendado: Intel Core 2 Duo ou superior.
- **Memória RAM:** Mínimo: 512 MB. Recomendado: 2 GB para garantir fluidez na interface e carregamento dos ficheiros.
- **Armazenamento:** Mínimo de 100 MB livres para instalação. Recomendado: 1 GB para projetos e ficheiros temporários.
- **Interface de Comunicação:** Porta Serial RS-232. Em computadores sem esta porta, é necessário um adaptador USB-para-RS232. A velocidade de transmissão típica é entre 9600 e 19200 bps.
- **Outros Requisitos de Software:**
  - Microsoft .NET Framework (versão 2.0 ou 3.5);
  - Drivers para adaptadores USB-Serial (com chip FTDI);
  - Drivers da Bungard para comunicação com a interface ou controlador da máquina.

O computador usado para o estudo da recuperação desta máquina, foi um pentium III que atende os requisitos mínimos e possui as entradas db9 que é a interface e cablagem

usada para transmissão de dados do computador para o controlador ou interface, tendo sido instalado o windows Xp e também o software da bungard conforme pode ser ilustrado na figura 4.2a e 4.2b.



(a) Instalação do software 2000 da bungard.



(b) Valores padrões para testes.

Figura 4.2: Instalação do software RoutePro2000 e configuração. Fonte: O autor (2025)

#### 4.1.3.2 Micamaster MAT980

No caso do **Micamaster MAT980**, foi inserido um programa básico em linguagem de máquina, com instruções de entrada e saída simples, para testar:

- A execução de instruções do Z80;
- A leitura e escrita na memória RAM;
- A resposta do sistema a interrupções básicas.

Ao introduzir instruções básicas no Z80 o seguinte erro da figura 4.3 podia ser visualizado na tela do Z80.

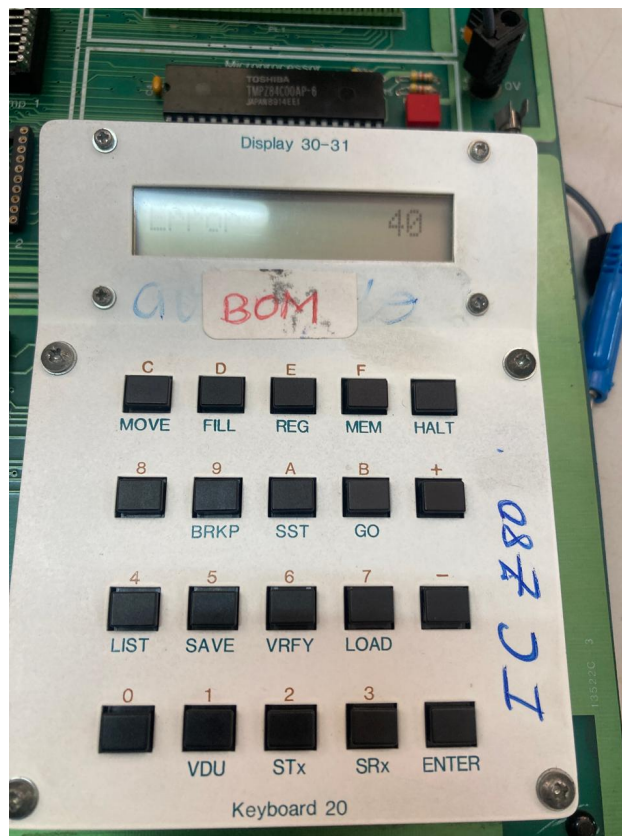


Figura 4.3: Erro 40, ao iniciar o Z80 e também ao correr uma instrução. Fonte: O autor (2025)

#### 4.1.4 Testes com EPROM e Memória RAM

Foi verificada a integridade das memórias **EPROMs** NMC27C64Q e **RAM** HM6264ALP-10, da seguinte forma:

- Leitura do conteúdo da EPROM com um programador universal AL-07A;
- Verificação da integridade dos dados lidos;
- Se os dados estavam corrompidos ou ausentes, procedeu-se à regravação da EPROM com firmware original;
- Para a RAM, foi usado um teste de escrita/leitura com padrão alternado (0xAA/0x55).

## 4.2 Reparação

Com base no diagnóstico, foi possível planear intervenções de recuperação dos kits. A reparação seguiu o seguinte protocolo:

### **4.2.1 Limpeza**

Para os kits Logic Tutor LT345 MK2 e Micamaster 980 foram efectuadas os seguintes procedimentos de limpeza da placa:

- Limpeza com pincel antiestático e álcool isopropílico; e
- Polimento de contactos.

### **4.2.2 Substituição de Componentes**

Componentes identificados como defeituosos foram removidos e substituídos. Entre os componentes substituídos:

- Interruptores que não fechavam circuito;
- LEDs queimados;
- EPROMs trocadas por unidades novas compatíveis;
- RAM trocadas por unidades novas compatíveis.

### **4.2.3 Reprogramação de EPROM**

Em alguns casos, o conteúdo da EPROM estava corrompido, comparou-se com o conteúdo de uma outra EPROM de um kit Micamaster Mat980 operacional. E fez-se a substituição da EPROM por uma outra, procedeu-se de igual forma com a programação seguindo os passos abaixo:

1. Leitura da EPROM original.
2. Comparação com firmware disponível.
3. Gravação com programador compatível (All-07A).
4. Validação da gravação com leitura de verificação.

O laboratório de digital da Faculdade de Engenharia possui componentes para reparação destes kits incluindo programadores, testadores e apagadores de EPROM . A figura 4.4 ilustra um programador e testador universal de EPROM.



Figura 4.4: Programador e testador Universal ALL-07A. Fonte: O autor (2025)

#### 4.2.4 5. Testes Pós-Reparação

Finalizadas as reparações, realizaram-se os seguintes testes:

- Testes de alimentação (verificação de tensões em todos os módulos).
- Execução de programas de teste nos microprocessadores.
- Utilização de entradas e saídas para confirmar resposta lógica.

#### 4.2.5 Bungard CCD/ATC

Entrei em contacto com a Bungard Elektronik companhia que fez a manufacturação da máquina CNC bungard CCD/ATC para a aquisição da correia que está completamente danificada, e segundo eles, a máquina possui mais de 30 anos pelo que eles já não fabricam esse tipo de correia, as que são actualmente fabricadas iriam demandar um kit conversor para adequar a nova correia (de cor branca), que tem outras características técnicas e sendo por outro lado uma correia muito mais resistente, mais precisa e simplificam o processo de calibração da máquina, o que consequentemente demanda um novo

eixo principal compatível com essa nova correia. Abaixo encontra-se uma tabela com o orçamento necessário para a aquisição de todos os componentes necessários:

Tabela 4.1: Orçamento para substituição de *spindle* com kit de correia branca

Componente	Preço (USD)	Preço Estimado (MZN)
2 Correias branca (nova geração)	\$70	4.550 MZN
2 Polias novas (motor e spindle)	\$35	2.275 MZN
Spindle novo (compatível com kit Bungard)	\$130	8.450 MZN
Kit de montagem (buchas, suportes, parafusos)	\$12	780 MZN
Cabo Serial DB25	\$18	1150 MZN
Conversor USB-RS232	\$32	2045 MZN
Cabo blindado multivias com conector DB15	\$50	3198 MZN
Frete	\$70	4.550 MZN
<b>Total</b>	<b>\$272</b>	<b>26.998 MZN</b>

Uma outra opção sugerida pela Bungard é a da devolução da máquina antiga através do *trade-in*, o que significa usufruir de um desconto pela devolução da máquina. Esta opção permite a aquisição de um novo equipamento a um preço reduzido, compensando parcialmente o investimento com a máquina obsoleta. Os custos estimados para esta alternativa são apresentados na Tabela abaixo:

Tabela 4.2: Orçamento para Substituição da Máquina Bungard via Troca (*Trade-in*)

Item	Preço (USD)	Preço Estimado (MZN)
Novo equipamento Bungard CCD/ATC Advanced	\$7.500	479.850 MZN
Desconto por retoma da máquina antiga (40%)	-\$3.000	-191.940 MZN
<b>Subtotal (diferença a pagar)</b>	<b>\$4.500</b>	<b>287.910 MZN</b>
Frete internacional e seguro	\$700	44.730 MZN
Instalação e calibração local	\$500	31.950 MZN
<b>Total Estimado</b>	<b>\$5.700</b>	<b>364.590 MZN</b>

Os emails por mim trocados a Bungard, vão nos anexos.



# Capítulo 5

## Resultados do Processo de Recuperação dos Equipamentos

### 5.1 Kit Logic Tutor LT345 MK2

#### 5.1.1 Estado após a Recuperação

O Logic Tutor LT345 MK2 encontrava-se originalmente com múltiplos módulos inoperacionais, contactos oxidados e danos em trilhas da PCB. Após o processo de recuperação, que incluiu limpeza, e restauro de conexões, o kit voltou a apresentar pleno funcionamento nos seguintes módulos:

- Portas lógicas (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR) funcionais;
- Flip-flops, e decodificadores operacionais;
- LEDs indicadores totalmente restabelecidos;
- Display de sete segmentos parcialmente funcional (dois dígitos ainda não acendem).

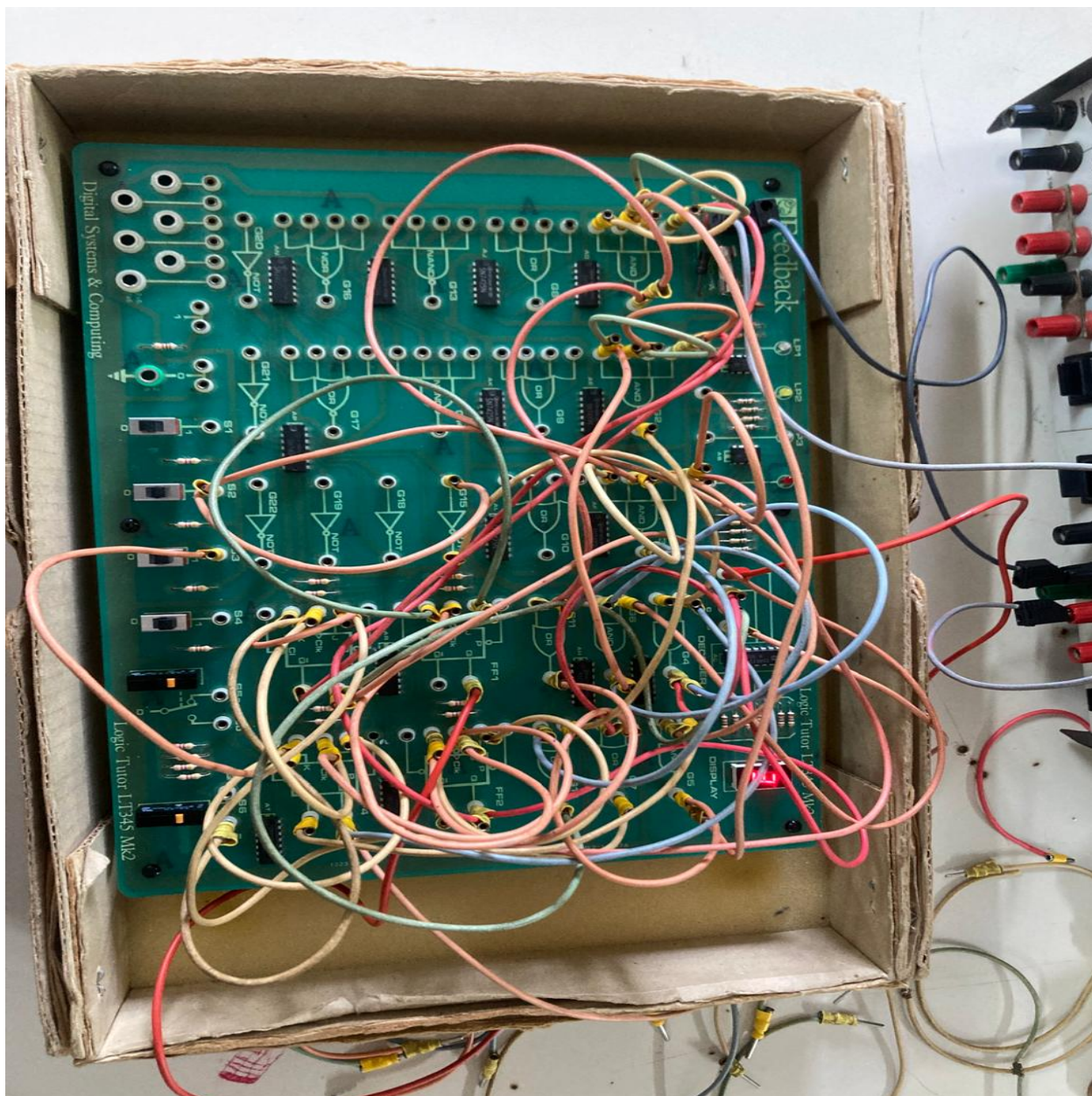


Figura 5.1: Testes após recuperação do kit logic Tutor. Fonte: O autor (2025)

### 5.1.2 Limitações Actuais

Apesar da reabilitação bem-sucedida, foram identificadas algumas limitações:

- Alguns bornes de ligação apresentam desgaste físico, exigindo manuseamento cuidadoso.
- A ausência de manuais técnicos em formato digital dificultou a verificação exacta de alguns módulos menos usuais.

## 5.2 Kits Micamaster MAT980

### 5.2.1 Estado após a Recuperação

A intervenção incluiu substituição de componentes, limpeza dos barramentos e testes ao processador Z80. As intervenções realizadas incluíram a reprogramação da EPROM com cópia obtida através de uma EPROM retirada de um kit idêntico a este, eliminação do erro 40, testes funcionais ao microprocessador Z80 e periféricos principais.

Resultados da recuperação:

- Microprocessador Z80 em funcionamento;
- EPROM estável e operacional, sem erros de inicialização.

## 5.3 Máquina Bungard CCD/ATC

### 5.3.1 Estado Actual

Ao contrário dos kits didáticos, a máquina Bungard CCD/ATC não foi completamente recuperada durante o período de estágio, por depender da aquisição de componentes especializados, incluindo correia nova, *spindle*, polias e cabos. No entanto, foi conduzido um diagnóstico técnico detalhado e elaborado um plano completo de recuperação.

### 5.3.2 Acções Realizadas

- Avaliação do estado mecânico e eléctrico da máquina.
- Identificação de peças em falta ou danificadas (correia danificada e *spindle* incompatível).
- Proposta de orçamento detalhado para reabilitação, com fornecedores identificados.

### 5.3.3 Limitações Actuais

- Máquina continua inoperacional por falta de financiamento para aquisição das peças.
- Requer suporte técnico externo para calibração do eixo X-Y.

### 5.3.4 Observações Técnicas

A máquina Bungard CCD/ATC possui potencial ilimitado de reintegração no laboratório, desde que o plano de manutenção seja financiado. A sua recuperação e reinserção no laboratório proporcionaria um ambiente de aprendizagem mais completo e aplicado, permitindo aos estudantes projectar, fabricar e testar os seus próprios circuitos com autonomia, consolidando competências técnicas fundamentais no desenvolvimento de hardware.

## 5.4 Síntese Geral dos Resultados

O processo de recuperação permitiu restaurar parcialmente a capacidade funcional do laboratório. Os dois kits didáticos foram colocados novamente em operação com limitações mínimas, possibilitando o seu uso pedagógico. A máquina Bungard, embora ainda inoperacional, já possui diagnóstico e plano de acção técnico definidos.

Tabela 5.1: Resumo do Estado Actual dos Equipamentos

<b>Equipamento</b>	<b>Estado Actual</b>	<b>Recuperação Concluída</b>	<b>Limitações</b>
Logic Tutor LT345 MK2	Funcional	Sim	Bornes desgastados
Micamaster MAT980	Funcional	Sim	Nenhuma
Bungard CCD/ATC	Inoperacional	Não	Aguardando aquisição de peças

# Capítulo 6

## Conclusão e Recomendações Finais

### 6.1 Conclusão

O presente relatório documenta o processo de recuperação técnica dos equipamentos laboratoriais Logic Tutor LT345 MK2, Micamaster MAT980 e Bungard CCD/ATC, essenciais para as actividades práticas do laboratório de Electrónica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. A intervenção permitiu restabelecer, parcial ou integralmente, a funcionalidade dos dispositivos, contribuindo para a melhoria das condições experimentais no ensino da electrónica digital, analógica e dos microprocessadores.

A recuperação do Logic Tutor LT345 MK2 foi concluída com êxito, evidenciando-se a operacionalidade dos seus principais módulos lógicos e circuitos digitais. O Micamaster MAT980 num universo de 3 recuperados, apresentou funcionamento satisfatório do microprocessador Z80 e dos periféricos básicos. Por sua vez, a máquina Bungard CCD/ATC não foi restaurada devido à indisponibilidade de recursos materiais para aquisição das peças necessárias, mas foi realizado um diagnóstico e delineado um plano de intervenção detalhado.

Os resultados obtidos confirmam a viabilidade técnica das acções de recuperação implementadas, revelando a importância da manutenção correctiva e preventiva para a longevidade dos equipamentos didácticos. Adicionalmente, destaca-se a necessidade de estratégias sustentáveis para a gestão dos recursos laboratoriais em ambientes académicos com restrições orçamentais.

## **6.2 Recomendações Finais**

Recomenda-se a institucionalização de um programa sistemático de manutenção preventiva que inclua inspecções regulares, e documentação rigorosa dos processos de intervenção. A disponibilização de peças sobressalentes essenciais deverá ser assegurada para minimizar o tempo de inoperabilidade dos equipamentos.

Por fim, sugere-se a implementação de um plano de actualização tecnológica progressiva do parque instrumental, alinhado com as exigências actuais do ensino de engenharia, de modo a potenciar a qualidade e relevância da formação prática oferecida.

# Bibliografia

- [1] Faculdade de Engenharia. (2024). *Sobre a FEUEM: Historial, Estrutura, Missão, Visão e Valores*. Visitado em 19 de abril de 2025. <https://www.engenharia.uem.mz>
- [2] Universidade Eduardo Mondlane. (2023). *Sobre a UEM*. Visitado em 19 de abril de 2025. <https://www.uem.mz>
- [3] Hambley, A. R. (2011). *Electrical Engineering: Principles and Applications*. Pearson.
- [4] Behzad Razavi, *Analog Circuit Design*, 2nd Edition, McGraw-Hill Education, 2017.
- [5] David A. Sedra, Kenneth C. Smith, *Microelectronic Circuits*, 8th Edition, Oxford University Press, 2019.
- [6] Charles L. Bogart, William F. Brown, *Engineering Circuit Analysis*, 9th Edition, McGraw-Hill, 2009.
- [7] William H. Hayt, Jack E. Kem (complete reference missing, sugerir verificar e completar)
- [8] Oppenheim, A. V., & Willsky, A. S. (1999). *Signals and Systems* (2nd ed.). Prentice Hall.
- [9] Razavi, B. (2001). *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*. McGraw-Hill.
- [10] Lyons, R. G. (2011). *Understanding Digital Signal Processing* (3rd ed.). Prentice Hall.
- [11] Bungard Elektronik GmbH & Co. KG. *CCD Manual*. 2021. Disponível em: [https://www.bungard.de/images/downloads/anleitungen/ccd\\_manual\\_e.pdf](https://www.bungard.de/images/downloads/anleitungen/ccd_manual_e.pdf).
- [12] Matedex. *BUNGARD - Drilling machine CCD/ATC*. 2021. Disponível em: <https://www.matedex.be/en/products/prod-3654/bungard-drilling-machine-ccd-atc.html>.

- [13] ETT - Electronic Trainer Technology, *User Manual: Logic Tutor LT345 MK2*, 2017. Disponível em: <https://www.ett.co.th/pdf/LT345MK2.pdf>
- [14] Tokheim, Robert L., *Digital Electronics: Principles and Applications*, McGraw-Hill Education, 2003.
- [15] Floyd, Thomas L., *Digital Fundamentals*, Pearson Education, 2013.
- [16] Mano, M. Morris e Ciletti, Michael D., *Digital Design*, Pearson, 2012.
- [17] Silva, João e Martins, Lúcia, "Práticas laboratoriais no ensino de lógica digital: uma abordagem construtivista", *Revista de Educação em Engenharia*, vol. 36, n. 2, pp. 45-58, 2020.
- [18] Microlabs Systems Ltd., *Micamaster 980 - User Manual*, 1986. Disponível em: <https://archive.org/details/Micamaster980Manual> [Acesso em 17 de maio de 2025].
- [19] Zilog Inc., *Z80 CPU User Manual*, 2004. Disponível em: <https://www.zilog.com/docs/z80/um0080.pdf> [Acesso em 17 de maio de 2025].
- [20] Brey, Barry B., *The Intel Microprocessors: Architecture, Programming, and Interfacing*, 8ª ed., Prentice Hall, 2009.
- [21] Old-Computers.com, *Micamaster 980 - Technical and Historical Description*, 2023. Disponível em: <http://www.old-computers.com/museum/computer.asp?st=1&c=1224> [Acesso em 17 de maio de 2025].



# **Anexos**



Figura 1: Conversor RS232(db9) para USB para computadores recentes. Fonte: [www.leroymerlin.com.br](http://www.leroymerlin.com.br)

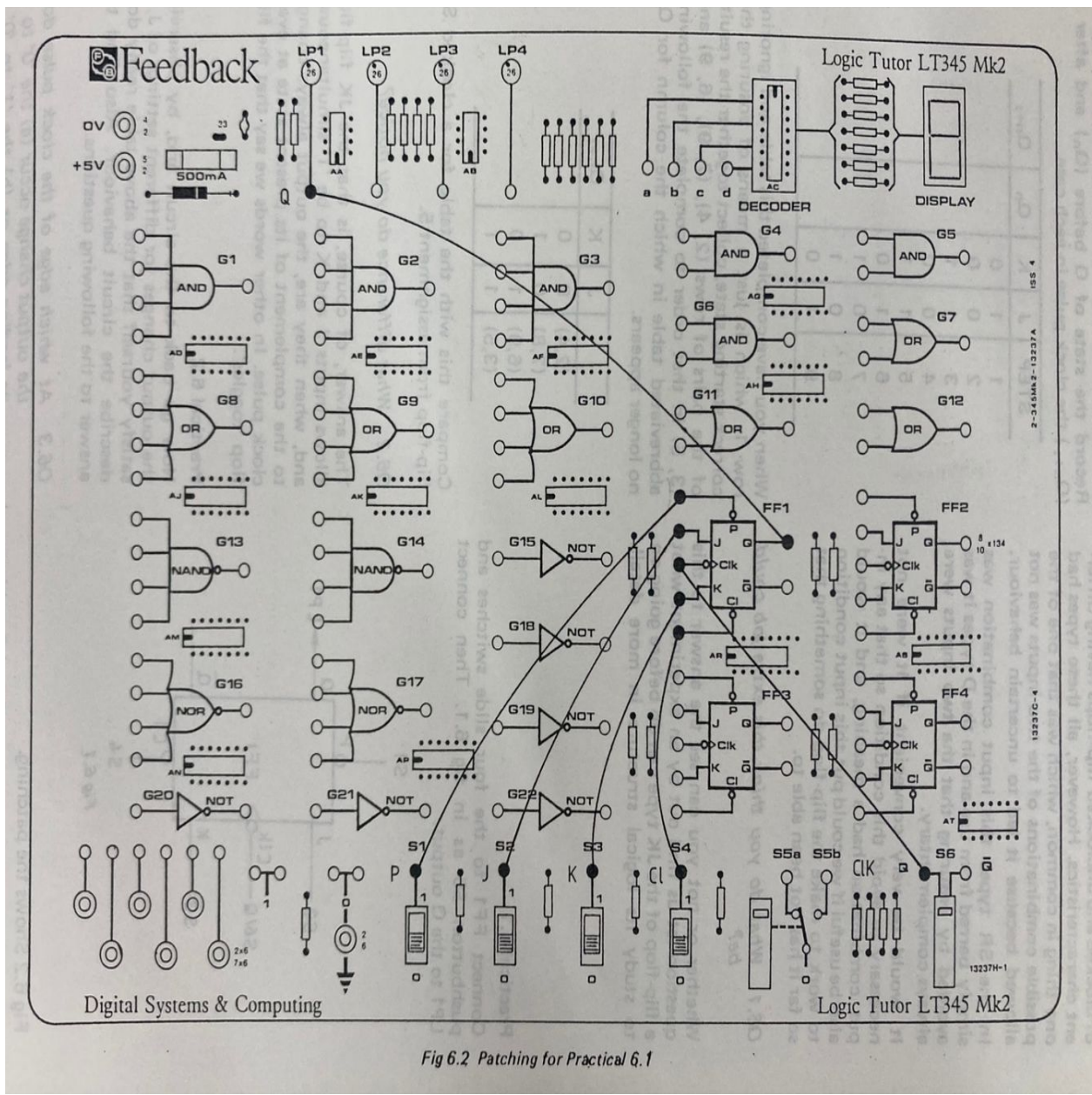


Fig 6.2 Patching for Practical 6.1

Figura 2: Esquema de Ligacões para teste básico para o kit Logic tutor LT345 MK2. Fonte: Manual Logic Tutor LT345 MK2

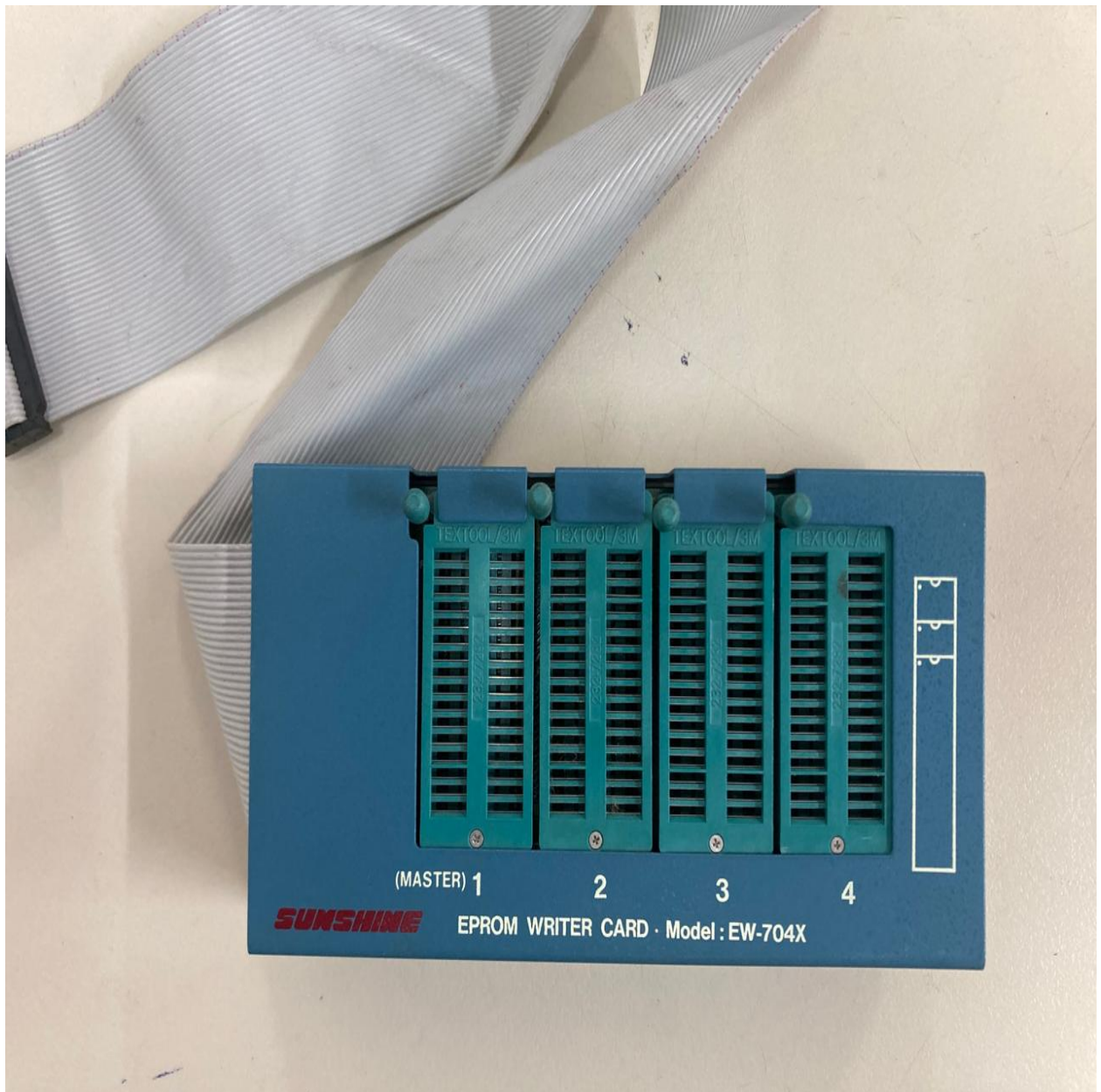


Figura 3: Programador para EPROM pode ser usado como alternativa para o ALL-07A encontrado na faculdade de Engenharia. Fonte: O Autor (2025)

Bungard Elektronik GmbH & Co KG  
Professional PCB Prototyping  
Support  
Jan Schwab  
Rilkestr. 1 / D-51570 Windeck, Germany  
[www.bungard.de](http://www.bungard.de) / [www.bungard.com](http://www.bungard.com)  
Phone: ++49-(0)2292-92828-0 Fax : ++49-(0)2292-92828-29

---

**Von:** Verkauf <[verkauf@bungard.de](mailto:verkauf@bungard.de)>  
**Gesendet:** Freitag, 21. März 2025 09:25  
**An:** Support <[support@bungard.de](mailto:support@bungard.de)>  
**Cc:** Verkauf <[verkauf@bungard.de](mailto:verkauf@bungard.de)>  
**Betreff:** WG: Email von bungard.de: Kontaktformular EN

Hallo Zusammen,

zu der CCD/ATC mit der Seriennr. 9611427 konnte ich keinen Eintrag finden.

Der Kunde war bereits in TW angelegt, hat aber bisher kein Angebot oder Lieferung von uns erhalten:

<image001.png>

Bitte mal anschauen ,wenn ihr wieder da seid. Danke euch.  
Best regards / Mit freundlichen Grüßen

Annette Nolden  
Customer care / Kundendienst

Bungard Elektronik  
GmbH & Co. KG  
Rilke Str. 1, D-51570 Windeck  
Phone: ++49-(0)2292-92828-0  
Fax : ++49-(0)2292-92828-29  
<image002.png>

---

**Von:** Julio Henriques <[info@bungard.de](mailto:info@bungard.de)>  
**Gesendet:** Freitag, 21. März 2025 07:53  
**An:** Verkauf <[verkauf@bungard.de](mailto:verkauf@bungard.de)>  
**Betreff:** Email von bungard.de: Kontaktformular EN

Hallo Jürgen, diese Mail kommt vom Kontaktformular der bungard.de:

Figura 4: Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)

**Name:** Julio Henriques

**Unternehmen:** Faculdade de Engenharia UEM

**Straße / Nr.:** Av. Moçambique, Km 1.5, Maputo

**PLZ:** 1102

**Stadt / Ort:** Maputo

**Land:** Mozambique

**Email:** [juliocarloshenriques@gmail.com](mailto:juliocarloshenriques@gmail.com)

**Telefon:** +258878912636

**Nachricht:** Greetings,

I hope this finds you well, we would like to request for some spare parts (belt drive, and serial cables) for our bungard CCD/ATC machine with the following serial number: 9611427

Figura 5: Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)

---

**Von:** Júlio Henriques <juliocarloshenriques@gmail.com>  
**Gesendet:** Dienstag, 25. März 2025 16:51  
**An:** Support <support@bungard.de>  
**Cc:** Verkauf <verkauf@bungard.de>  
**Betreff:** Re: Email von bungard.de: Kontaktformular EN

Thank you for your exceptional prompt response.

In attachment I am sending you some photos from the machine we possess.

**PS:** Please take a close look at the belt. I look forward to hearing from you regarding your expertise. I would also like to inquire about the cost.  
<image001.jpg>  
<image002.jpg>  
<image003.jpg>

On 21. Mar 2025, at 11:00, Support <[support@bungard.de](mailto:support@bungard.de)> wrote:

Dear Mr. Henriques,

This machine is so old (I estimate about 25 years based on the serial number) that we don't have the digital documentation. It should still have an old green or yellow belt installed. This belt is available but now white, but for several years now, we've only been using a white belt with a smaller pitch on new machines, which increases precision and simplifies machine calibration. We also supply conversion kits for older machines.

It's best to send us a few photos of your machine so we can get an idea. If you're interested in a conversion kit, we can also offer that.

I look forward to hearing from you.

best regards / mit freundlichem Gruß

Figura 6: Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)

---

**Von:** Júlio Henriques <juliocarloshenriques@gmail.com>  
**Gesendet:** Dienstag, 25. März 2025 16:51  
**An:** Support <support@bungard.de>  
**Cc:** Verkauf <verkauf@bungard.de>  
**Betreff:** Re: Email von bungard.de: Kontaktformular EN

Thank you for your exceptional prompt response.

In attachment I am sending you some photos from the machine we possess.

**PS:** Please take a close look at the belt. I look forward to hearing from you regarding your expertise. I would also like to inquire about the cost.  
<image001.jpg>  
<image002.jpg>  
<image003.jpg>

On 21. Mar 2025, at 11:00, Support <[support@bungard.de](mailto:support@bungard.de)> wrote:

Dear Mr. Henriques,

This machine is so old (I estimate about 25 years based on the serial number) that we don't have the digital documentation. It should still have an old green or yellow belt installed. This belt is available but now white, but for several years now, we've only been using a white belt with a smaller pitch on new machines, which increases precision and simplifies machine calibration. We also supply conversion kits for older machines.

It's best to send us a few photos of your machine so we can get an idea. If you're interested in a conversion kit, we can also offer that.

I look forward to hearing from you.

best regards / mit freundlichem Gruß

Figura 7: Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)



From: Júlio Henriques juliocarloshenriques@gmail.com  
Subject: Re: Email von bungard.de: Kontaktformular EN  
Date: 6. Apr 2025 at 17:39:16  
To: Support support@bungard.de

---

Thank you for your continued support and expertise. I would like to request the maintenance kit. Could you please share the cost and any additional details related to the kit?

Looking forward to your response

On 27. Mar 2025, at 09:54, Support <support@bungard.de> wrote:

Dear Mr. Henriques,

They've indeed opened a construction site. After seeing the pictures, there are a few points that need to be taken into account. And yes, the belt is definitely defective. I suggest the following:

1. Consider whether we should offer you a new machine; if necessary, we'll take your old one in part exchange.
2. If you want to attempt to repair the machine, I suggest the following steps:
  - Check the connection cables for short circuits (the pictures show that the cables are hanging out of the strain reliefs on the plugs).
  - Check that you have a computer and the software to operate the machine. This computer must be running DOS.
  - Check that the controller connect to the computer and the machine moves in any kind.
  - Disassemble the machine and clean all moving parts, replacing all bearings.
  - Replace the ribbon cables in the cable chain.

If desired, we can put together and offer you a maintenance kit.

From an economic point of view, a repair in the machine's current condition doesn't make sense. Especially with regard to the software and operating system.

best regards / mit freundlichen Grüßen

Jörg Büning  
Technischer Leiter / CTO

Bungard Elektronik GmbH & Co.KG  
Professional PCB Prototyping  
Rilkestraße 1  
D-51570 Windeck-Rosbach  
tel.: +49 (0)2292/928280  
fax: +49 (0)2292/6175  
[www.bungard.de](http://www.bungard.de)  
[j.buening@bungard.de](mailto:j.buening@bungard.de)

Figura 8: Email enviado a bungard a requisitar componentes. Fonte: O Autor (2025)

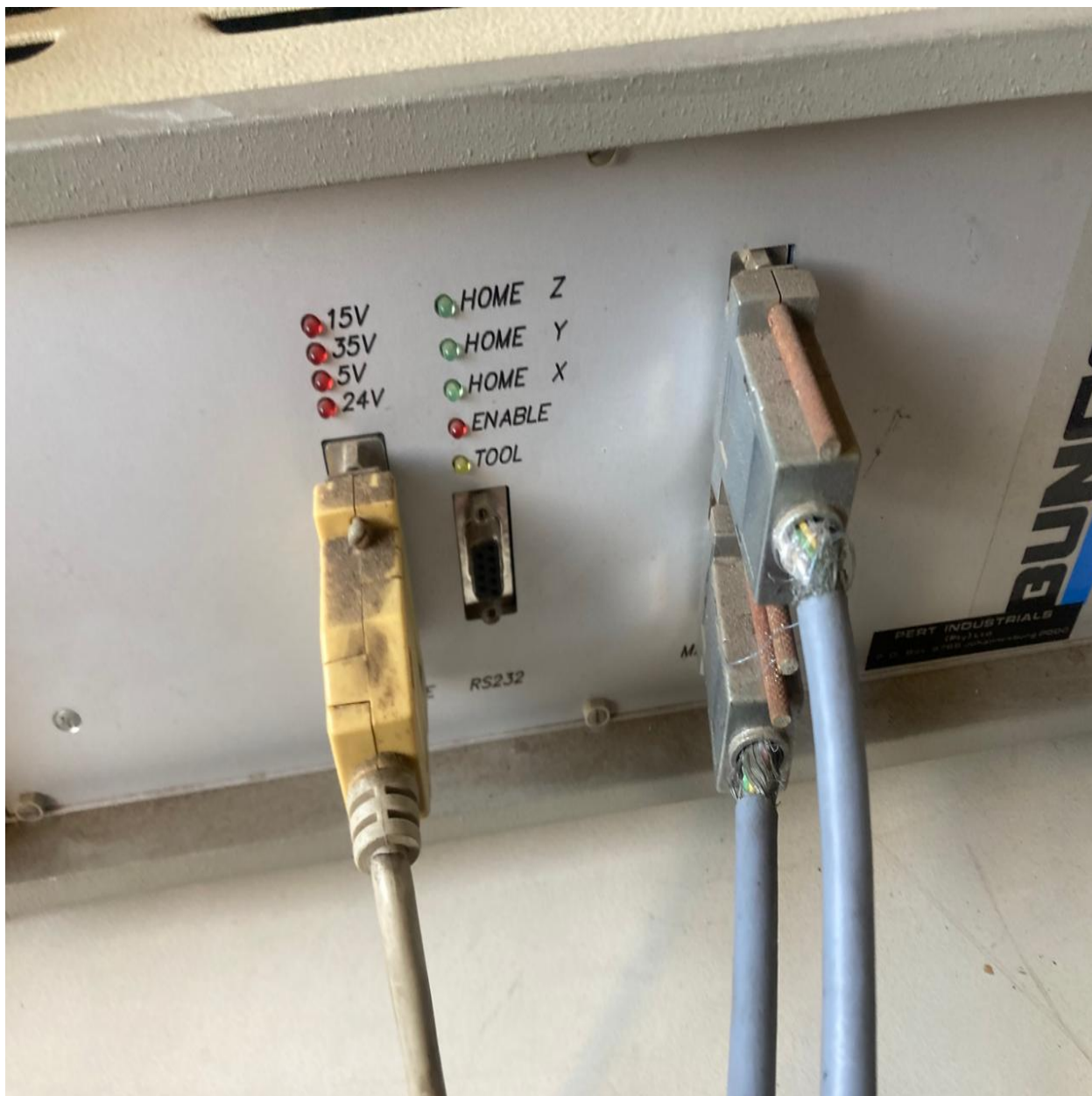


Figura 9: Imagens das condições actuais da máquina CNC bunglard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025)



Figura 10: Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025)



Figura 11: Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025)

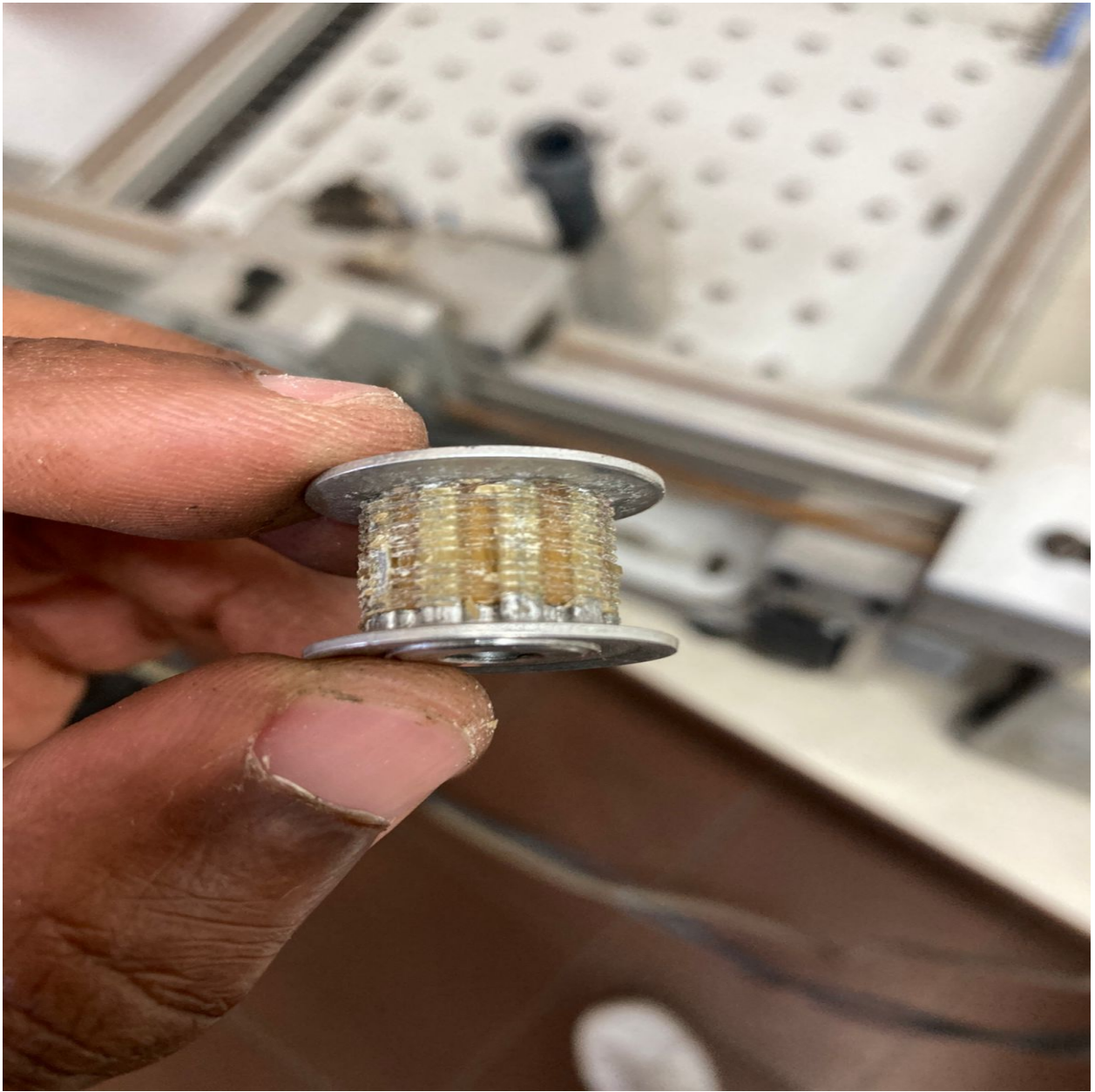


Figura 12: Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025)

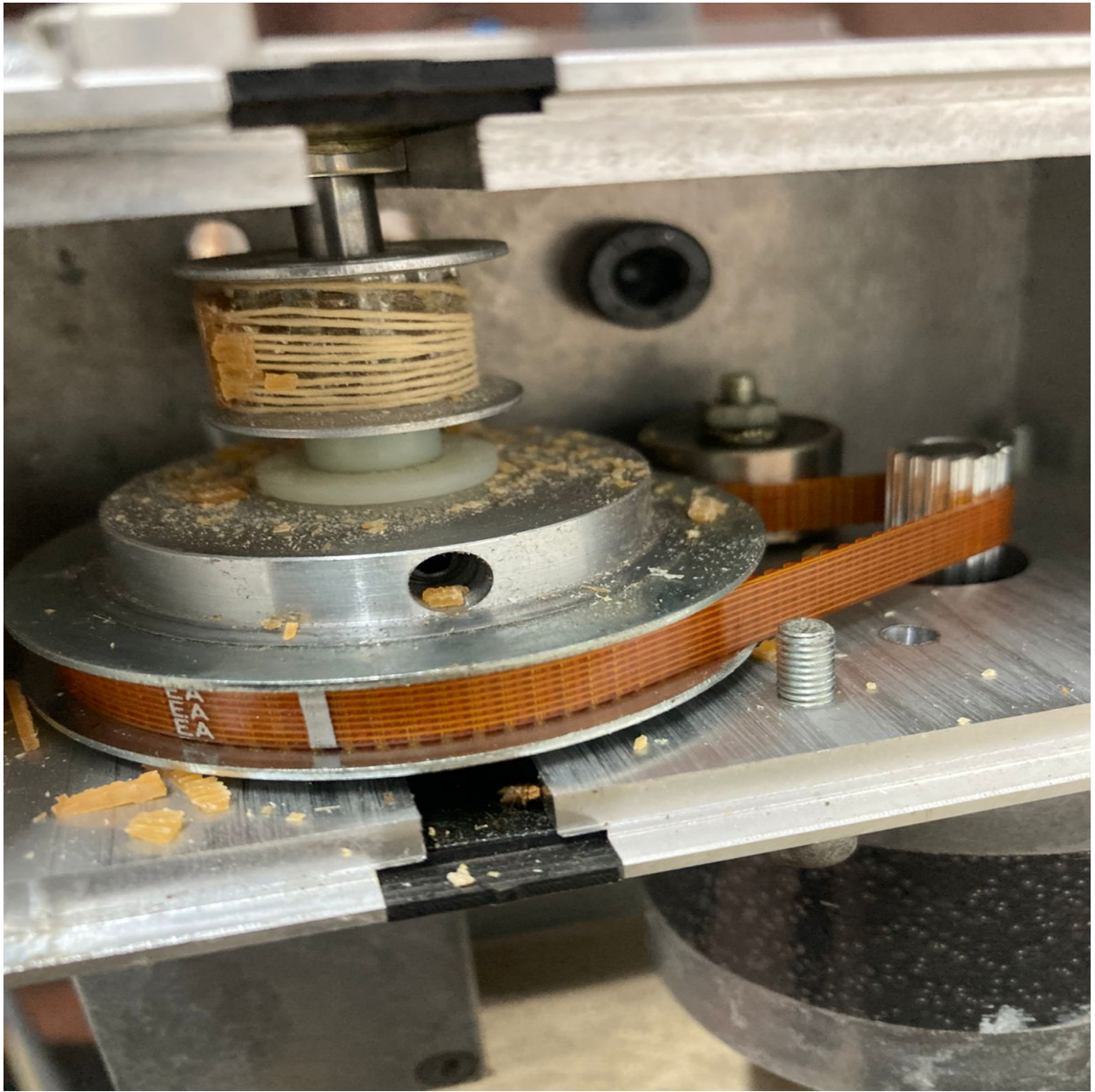


Figura 13: Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025)



Figura 14: Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025)



Figura 15: Imagens das condições actuais da máquina CNC bungard CCD/ATC. Fonte: O Autor (2025)



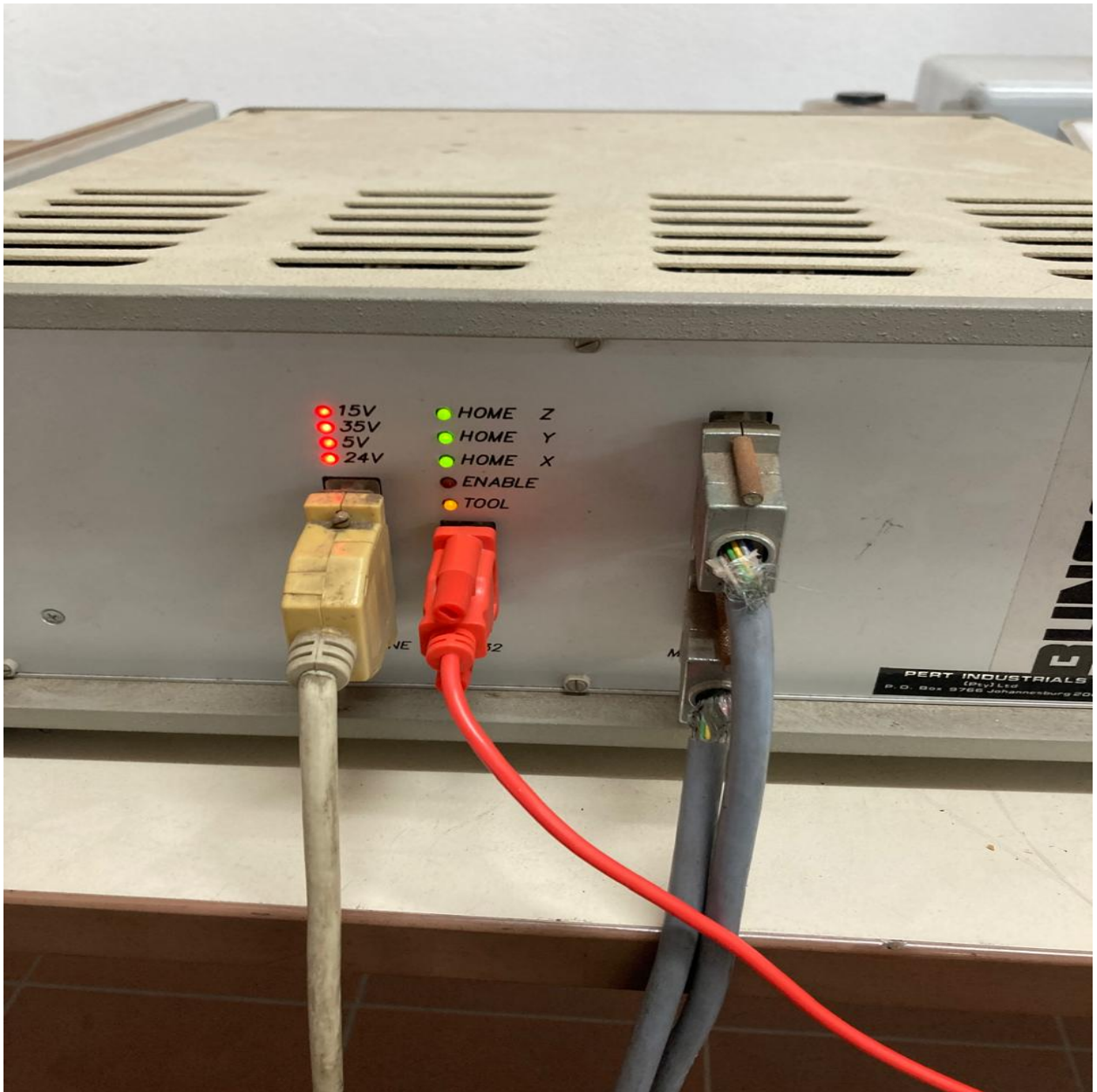


Figura 16: Interface Operacional. Fonte: O Autor (2025)

# Protocolo Técnico de Reparação dos Kits

## 0.1 Materiais e Equipamentos Necessários

- Estação de solda e dessoldador;
- Multímetro digital;
- Fonte de alimentação (5V);
- EPROM programmer (ALL-07A, TL866);
- Álcool isopropílico 99% e pincel antiestático;
- Componentes de substituição (LEDs, ICs, displays, cabos).

## 0.2 Reparação do Kit Logic Tutor LT345 MK2

### 1. Diagnóstico Inicial

- Testar alimentação (5V);
- Verificar módulos lógicos com jumpers e LEDs;
- Inspeção visual de soldas, trilhas e oxidação.

### 2. Intervenções Típicas

- Limpeza de bornes com álcool;
- Substituição de LEDs queimados;
- Reparação de trilhas com fio jumper;
- Substituição de ICs com defeito.

### 3. Verificação Final

- Testes com tabelas verdade e verificação de todos os módulos.

## **0.3 Reparação do Kit Micamaster Mat 980**

### **1. Diagnóstico Inicial**

- Verificar alimentação 5V e 12V;
- Observar inicialização e funcionamento do display;
- Testar teclado e comunicação CIO.

### **2. Reprogramação da EPROM**

1. Remover EPROM e ler conteúdo com programador;
2. Gravar nova imagem funcional e reinstalar.

### **3. Intervenções Típicas**

- Limpeza de contactos e barramentos;
- Reparação de teclas;
- Substituição de display e ROM, se necessário.

### **4. Verificação Final**

- Testar funcionamento completo do sistema com inserção de dados.

## **0.4 Cuidados Técnicos Gerais**

- Verificação de polaridades e tensões;
- Registo de todas as intervenções.