



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Leonardo Ventura Pereira Pannuzzo

Bancada Standard para Linha de Montagem

Dissertação submetida à Universidade do Minho
para obtenção do grau de Mestre em Electrónica
Industrial e Computadores

Junho de 2009

Dissertação realizada sob a orientação científica da Professora Cristina Manuela Peixoto dos Santos, Professor do *Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho* e Engenheiro Paulo Compadrinho, sócio-gerente da ITEC – *Iberiana Technical*.

“Nascemos para triunfar e à medida que triunfamos ficamos mais próximos de quem no fundo realmente somos.”

Adelinho Cunha

Agradecimentos

Quero agradecer a várias pessoas que me ajudaram a elaborar e concretizar este projecto de dissertação:

- Quero em primeiro lugar agradecer os meus pais, Ventura e Maria pelo enorme esforço e dedicação que tiveram para garantir a minha formação académica e por toda a confiança e carinho transmitido que me tornaram no homem que hoje sou.
- Aos meus irmãos, Ricardo e Paula que foram desde sempre um modelo a seguir e ao meu irmão Paulo por me aturar muitas vezes.
- À minha orientadora, Professora Cristina Santos pelo apoio e acompanhamento em todo o projecto.
- A todos os docentes do Departamento de Electrónica Industrial que de uma maneira ou outra me ajudaram a finalizar todas as etapas até aqui.
- Ao meu orientador da empresa, Eng. Paulo Compadrinho, pelo seu conhecimento transmitido, dedicação e disponibilidade para garantir a concretização deste projecto.
- A empresa ITEC – *Iberiana Technical*, por terem confiado em mim para este projecto.
- A todos os meus amigos, que me acompanharam na minha vida académica e me ajudaram a ultrapassar muitos dos obstáculos que se me apresentaram.
- À minha namorada Sara, que me tem acompanhado, apoiado e ajudado na concretização dos meus objectivos a nível pessoal, académico e profissional.

Resumo

No início do século XX, Henry Ford concebeu a primeira linha de montagem onde foi produzido o modelo T da Ford. Henry Ford junto com os seus engenheiros iniciaram a revolução da produção em massa automatizando o processo de montagem.

Nos dias que decorrem continua a existir uma procura de novas ideias e soluções para aumentar a produção e garantir baixos custos. É graças à evolução da tecnologia que, de dia para dia, conseguimos responder às novas necessidades do mercado.

A ITEC – *Iberiana Technical*, fundada em 2006, é uma empresa que se dedica ao comércio de equipamentos e serviços para a indústria electrónica e automóvel, com especial destaque: Aparafusamento, Doseamento de fluidos, Protecção ESD, Soldadura, Automação e Robótica. A ITEC tem como principal objectivo proporcionar aos clientes produtos de qualidade garantida, contribuindo dessa forma para a criação de soluções tecnologicamente evoluídas e competitivas [1].

Neste projecto, a ITEC foi contratada para criar bancadas standard que permitissem a utilização de diferentes dispositivos (conjunto de sensores e actuadores numa estrutura mecânica) para a montagem de peças de um produto final. Pretende-se que a bancada permita a troca de dispositivos sem necessidade de alterações mecânicas nem eléctricas.

Estas bancadas foram implementadas numa linha de montagem, onde cada posto de trabalho tem uma operação específica consoante o dispositivo instalado. As bancadas standard têm como base uma estrutura em perfil de alumínio, um quadro eléctrico, uma unidade de tratamento de ar, válvulas pneumáticas, fichas Harting e um computador industrial. Os dispositivos são constituídos por uma estrutura mecânica específica para cada produto, sensores, actuadores, módulos de entradas e saídas para os sinais eléctricos.

Os dispositivos são controlados por um software desenvolvido em linguagem de programação Visual Basic. A comunicação entre o PC e o dispositivo foi estabelecida através do protocolo de comunicação AS-i.

De forma a garantir a traçabilidade do produto, existe uma comunicação entre o posto anterior e o seguinte garantindo assim que o produto final realizou todas as etapas com sucesso. Num posto de trabalho todas as operações são monitorizadas e registadas numa base de dados Oracle.

Abstract

In the beginning of the 20th century, Henry Ford conceived the first assembly line where the first T model was produced. Henry Ford and his engineers started the mass production revolution automating the assembly process.

Nowadays, there is still the need for new ideas and solutions to increase production and decrease costs. It is due to the ongoing technological revolution that we can answer the new needs of the market.

The ITEC – Iberiana Technical, founded in 2006, it is an enterprise dedicated to the equipment commerce and services to the electronic and automotive industry with special emphasis in: Automatic Screw Driving, Fluid Assay, ESD protection, Soldering, Automation and Robotic. ITEC's main goal is to provide to their clients quality granted products, contributing in this way to the creation of competitive and technologically evolved solutions.

In this project, ITEC was contracted to create standard workbenches that would allow the use of different devices (collection of sensors and actuators embedded into a mechanical structure) for the final product component assembly. The goal is that the workbench is able to change devices without any electrical and mechanical changes.

These workbenches were implemented in an assembly line where every workspace has a specific purpose depending on the installed device. The standard workbenches have an aluminum profile structure, an electric board, an air treatment unit, pneumatic valves, Harting connectors and one industrial computer. The devices are made by a specific mechanical structure for every product, sensors, actuators, I/O modules for electrical signals.

The devices are controlled using a Visual Basic based software. Communication between PC and device is done using an AS-i communication protocol.

In order to grant the product status tracking, there is a communication between stations (workbenches, robots and/or any other) to monitor the product production and guarantee that the final product has executed all steps with success. In a station, all the operations are monitored and registered into an Oracle database.

Índice

Capítulo 1 Introdução	1
1.1 História da linha de montagem	1
1.2 Motivação	3
1.3 Objectivos e Metodologia	3
1.4 Organização da dissertação	4
Capítulo 2 Estado da arte	7
Capítulo 3 Sistemas Pneumáticos	9
3.1 História da Pneumática	9
3.2 Cilindro pneumático	9
3.3 Válvulas pneumáticas	10
3.3.1 Válvulas de controlo direcciona	11
Capítulo 4 Componentes de um sistema de controlo	15
4.1 Sensores	15
4.1.1 Sensor indutivo	16
4.1.2 Sensor para cilindro	16
4.2 Sensor de contornos	17
4.3 Leitores de código de barras e código 2D	18
Capítulo 5 Implementação da bancada standard	21
5.1 Bancada standard	21
5.2 Periféricos	29
5.2.1 Aparafusadora eléctrica	29
5.2.2 Scanner	31
5.2.3 Impressora	32

Capítulo 6 Desenvolvimento do Software.....	33
6.1.1 <i>Module</i> Principal (Montagem).....	34
6.1.2 <i>Module</i> Oracle	37
6.1.3 <i>Module</i> de comunicação com o master AS-i	39
6.1.4 <i>Module</i> das entradas	40
6.1.5 <i>Module</i> das Saídas	41
6.1.6 <i>Module</i> do LeitorCodigoBarras	43
6.1.7 <i>Module</i> Aparafusadora	45
6.1.8 <i>Module</i> Impressora	46
6.1.9 <i>Module</i> Contador	48
Capítulo 7 Resultados.....	49
7.1 Dispositivos	52
Capítulo 8 Conclusões e trabalho futuro	55
Referências	57
Anexo I	1
Anexo II.....	3
Protocolo de comunicação [3]	3
Master	7
Monitor de Segurança (<i>Safety at Work</i>).....	10
Acessórios para AS-i	13

Índice de Figuras

Figura 3-1: Movimento de avanço do cilindro pneumático [8].....	10
Figura 3-2: Cilindro pneumático de: efeito simples (A); duplo efeito (B) [8].	10
Figura 3-3: Simbologia para o número de posições de uma válvula [10].	11
Figura 3-4: Número de vias de uma válvula [10].....	12
Figura 3-5: Interligação das conexões de uma válvula [10].....	12
Figura 3-6: Passagem bloqueada de uma válvula [10].....	12
Figura 3-7: Escape não provido para conexão de uma válvula [10].	12
Figura 3-8: Escape provido para conexão de uma válvula [10].	12
Figura 3-9: Visualização do número de vias de uma válvula [10].	13
Figura 3-10: Funcionamento de um cilindro actuado pela electroválvula [10].....	13
Figura 4-1: Sensor indutivo [12].	16
Figura 4-2: Sensor para cilindro [12].	17
Figura 4-3: Sensor de contornos [12].	17
Figura 4-4: Exemplo de um código de barras (1D) [13].	18
Figura 4-5: Exemplo de um código 2D (código QR) [13].	18
Figura 4-6: Leitor de códigos de 1D [15].....	18
Figura 4-7: Leitores de códigos de 1D e 2D: a) pequenas distâncias; b) grandes distâncias [15].....	19
Figura 5-1: Desenho 3D da bancada standard.	22
Figura 5-2: Ligação física entre componentes.....	23
Figura 5-3: Quadro eléctrico da bancada.....	24
Figura 5-4: Corte geral da alimentação eléctrica.....	24
Figura 5-5: Placa PCI Board com 2 AS-i <i>Master</i> [21].	24
Figura 5-6: <i>Software</i> de configuração da rede AS-i.	25
Figura 5-7: Ficha <i>Harting Han modular</i> [22].....	25
Figura 5-8: Unidade de tratamento de ar: a) corte manual; b) regulador de pressão; c)corte eléctrico; d) arranque progressivo [20].....	26
Figura 5-9: Módulo de válvula AS-i com alimentação adicional e entradas [7].....	26
Figura 5-10: Acessórios pneumáticos para ficha harting [22].....	26
Figura 5-11: Aspecto geral de uma bancada com o dispositivo instalado.....	27

Figura 5-12: Parte de trás da bancada standard.	28
Figura 5-13: Dispositivos: a) e c) Aspecto final; b) e c) desenho 3D do dispositivo correspondente.	28
Figura 5-14: Aparafusadora de controlo de torque e ângulo [1].	30
Figura 5-15: Sinais de entradas e saídas do controlador da aparafusadora.	30
Figura 5-16: <i>Software</i> de configuração do controlador da aparafusadora.	31
Figura 5-17: Janela do <i>software</i> VisiSet™ [24].	31
Figura 5-18: <i>Hardware</i> necessário para a ligação do sistema [24].	32
Figura 5-19: CBX 100-500 [25].	32
Figura 5-20: Impressora Datamax [26].	32
Figura 6-1: Aspecto da janela principal do <i>software</i>	34
Figura 6-2: Exemplo de algoritmo de montagem.	36
Figura 6-3: Botão para início da primeira sequência.	36
Figura 6-4: Caixa de texto para auxílio do operador.	37
Figura 6-5: Quadros de informação visual.	37
Figura 6-6: Algoritmo base de dados Oracle.	38
Figura 6-7: Activação da comunicação com a base de dados.	38
Figura 6-8: Caixa de texto de informações sobre o <i>master</i> AS-i.	39
Figura 6-9: Mensagem de informação referente a entrada pretendida.	41
Figura 6-10: Mensagem de informação ao fim do tempo referente a entrada pretendida.	41
Figura 6-11: Botão e janela de informação do estado das entradas.	41
Figura 6-12: Botão e janela de informação do estado das saídas.	43
Figura 6-13: Algoritmo para leitura do código de barras.	44
Figura 6-14: Botão para teste do leitor de código de barras.	45
Figura 6-15: Algoritmo para controlo da aparafusadora.	46
Figura 6-16: Botão para início de uma sequência de aparafusamento manual.	46
Figura 6-17: Algoritmo para configuração e envio de dados para impressora.	47
Figura 6-18: Botão para teste da impressora.	47
Figura 6-19: Algoritmo contador.	48
Figura 6-20: Contador de produtos.	48
Figura 7-1: Posto de montagem da tampa superior do mecanismo.	49
Figura 7-2: Algumas das imagens utilizadas no <i>software</i> de interface.	51
Figura 7-3: Desenho 3D dispositivo 1	52

Figura 7-4: Desenho 3D dispositivo 2	52
Figura 7-5: Desenho 3D dispositivo 3	52
Figura 7-6: Desenho 3D dispositivo 4	52
Figura 7-7: Desenho 3D dispositivo 5	52
Figura 7-8: Desenho 3D dispositivo 6	52
Figura 8-1: Ligação AS-i [5].	3
Figura 8-2: Cabos AS-i Bus [4].	4
Figura 8-3: Ligação descentralizada com AS-i [3].	5
Figura 8-4: Estrutura básica da rede AS-i [3].	6
Figura 8-5: Pirâmide da automatização [3].	6
Figura 8-6: Estrutura do <i>master</i> AS-i [3].	9
Figura 8-7: Ciclo de comunicação <i>master</i> / <i>slave</i> [3].	9
Figura 8-8: Código de segurança na mensagem AS-i [3].	10
Figura 8-9: Exemplo da ligação de um monitor de segurança de 1 canal [3].	11
Figura 8-10: Diagrama de blocos de um <i>slave</i> de segurança [3].	12
Figura 8-11: Unidade de endereçamento [3].	13
Figura 8-12: Acessórios para derivações, ligações e terminações do cabo AS-i [3].	14

Índice de Tabelas

Tabela 8-1: Tabela de comparação dos <i>fieldbus</i> . [31]	1
Tabela 8-2: Compatibilidade entre o <i>master</i> e o <i>slave</i> [3].....	8
Tabela 8-3: Características AS-i [3].	8

Lista de Acrónimos

AS-i – Actuator-Sensor Interface

VB – Visual Basic

I/O – *Inputs/Outputs*

PC – *Personal Computer*

PLC – *Programmable Logic Controller*

EPROM – *Erasable Programmable Read-Only Memory*

PELV – *Protected Extra-Low Voltage*

GMR – *Giant Magneto Resistive effect*

QR – *Quick Response*

TFT – *Thin-Film Transistor*

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo aborda a história da linha de montagem e a sua evolução até à actualidade e defende as motivações para aceitar este projecto. Este capítulo identifica também os objectivos de trabalho, assim como as metodologias utilizadas para atingir os mesmos. O final do capítulo explica como está organizada a dissertação.

1.1 História da linha de montagem

Foi nos meados do século XX (1913) que Henry Ford concebeu a primeira linha de montagem, que revolucionou a produção do modelo T da Ford. Essa linha tornou-se um marco de referência para a revolução da produção em série no mundo.

Henry Ford pretendia aumentar a sua produção, com um *design* simples e ao mais baixo custo. O objectivo de Ford era o de colocar “o mundo sobre rodas” e produzir um veículo economicamente acessível ao público em geral.

Nos primórdios, Ford construía automóveis do mesmo modo que os outros – um de cada vez. O veículo ficava assente no chão durante o processo de construção enquanto os mecânicos e respectivas equipas de apoio preparavam as peças e voltavam ao carro para montá-las a partir do chassis. Para acelerar os processos, os veículos eram de seguida montados em bancadas que eram deslocadas de uma equipa de operários para outra. Mas essa acção não era rápida, uma vez que Henry Ford precisava de equipas de trabalhos competentes para montar o veículo ‘construído à mão’. Por isso, os níveis de produção permaneciam baixos e o preço era mais elevado para compensar os custos mecânicos.

Uma vez que era preciso automatizar, Henry Ford e os seus engenheiros inventaram máquinas para produzir grandes quantidades de peças para o veículo e

conceberam métodos de montagem das peças assim que eram fabricadas. Estavam assim prontos para a revolução.

Para alcançar o objectivo de Ford relativo ao consumo massificado proporcionado pela produção em série, a produtividade tinha de aumentar. Na fábrica de Detroit, no Michigan, os trabalhadores eram colocados em postos definidos e os chassis eram transportados para juntos deles através de cabos resistentes. O chassis parava em cada posto, onde eram encaixadas as peças até esta operação estar completamente concluída.

Para reduzir a dependência de mão-de-obra qualificada, Henry Ford utilizava peças intercambiáveis, que podiam ser montadas facilmente por pessoas não qualificadas. As experiências continuaram com barras de gravidade e correias transportadoras. Naturalmente, até o próprio posicionamento dos homens e das ferramentas foi pensada meticulosamente para assegurar que a produção fosse a mais eficiente possível [2].

Hoje em dia na generalização das indústrias é utilizado o método de produção magra (*lean manufacturing*). *Lean manufacturing* é uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (super-produção, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos). Eliminando estes desperdícios, a qualidade melhora e o tempo e custo de produção diminuem. As ferramentas “*lean*” incluem processos contínuos de análise (*kaizen*), produção “*pul*” (no sentido de *kanban*) e elementos/processos à prova de falhas (*Poka-Yoke*).

Os pontos-chave do *lean manufacturing* são:

- Qualidade total imediata – ir em busca do “zero defeito”, e detecção e solução dos problemas na sua origem.
- Minimização do desperdício – eliminação de todas as actividades que não têm valor agregado e redes de segurança, optimização do uso dos recursos escassos (capital, pessoas e espaço).
- Melhoria contínua – redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e compartilhamento da informação.
- Processos “*pul*” – os produtos são retirados pelo cliente final, e não empurrados para o fim da cadeia de produção.

- Flexibilidade – produzir rapidamente diferentes lotes de grande variedade de produtos sem comprometer a eficiência devido a volumes menores de produção.
- Construção e manutenção de uma relação a longo prazo com os fornecedores, adquirindo acordos para compartilhar o risco, os custos e a informação.

Lean é basicamente tudo o que concerne à obtenção dos materiais correctos no local correcto e na quantidade correcta, minimizando o desperdício, sendo flexível e estando em aberto a mudanças [23].

1.2 Motivação

A ITEC – *Iberiana Technical*, fundada em 2006, é uma empresa que se dedica ao comércio de equipamentos e serviços para a indústria electrónica e automóvel. Em 2008 deu início a realização de grandes projectos em empresas do ramo automóvel, automatizando e estabelecendo novos horizontes nas linhas de montagem. Devido à necessidade de inovar e ao bom relacionamento entre a ITEC e o Departamento de Electrónica da Universidade do Minho nasceu o presente projecto.

Aceitar este projecto foi um grande desafio e a ideia deste ser aplicado numa linha de montagem tornou-o ainda mais aliciante.

1.3 Objectivos e Metodologia

Este trabalho tem com principal objectivo desenvolver uma bancada standard que permita a utilização de diversos dispositivos sem necessidade de alterações eléctricas e mecânicas.

Em específico identificam-se os seguintes objectivos e exigências do cliente:

- Utilização da rede AS-i na bancada e dispositivos;
- Utilização da linguagem de programação Visual Basic;
- Ligação standard para todos os dispositivos (eléctrico e pneumático);
- Instalação mecânica standard para todos os dispositivos;
- Interligação de diversos equipamentos;

- Acesso a pontos de alimentação e dados em qualquer ponto que se pretenda;
- Facilidade na introdução de novos equipamentos;
- Controlo dos equipamentos e dispositivos num PC industrial;
- Interface com o operador de forma a auxiliar na montagem de um produto;
- Registo e monitorização do processo de montagem de um produto;

Cada bancada será um posto de trabalho que executa uma sequência de montagem de um produto. Em cada posto tem que existir uma comunicação com o anterior para a verificação do estado do produto que recebeu deste e garantir que o produto pode ser montado no posto em questão. Toda esta comunicação é estabelecida através da rede interna (*Ethernet*) e pela base de dados Oracle utilizada pelo cliente.

Foram projectadas bancadas feitas em perfil de alumínio. Cada bancada é dotada de um quadro eléctrico com alimentação AS-i, um computador industrial com um *master* AS-i instalado num *slot* PCI, monitor TFT, uma unidade de tratamento de ar, um módulo de válvulas AS-i e uma ficha *harting* para fácil ligação eléctrica e pneumática, com o dispositivo.

Um dispositivo consiste num conjunto de sensores e actuadores, módulos de entradas e saídas AS-i montados numa estrutura mecânica específica de forma a facultar a montagem de um produto. Como tal é indicado ao operador, através do programa de *software* colocado no computador e mostrado no monitor qual o sequenciamento de acções. Uma acção subsequente só é pedida após a detecção da realização com sucesso da anterior.

1.4 Organização da dissertação

A presente tese está estruturada em 8 capítulos.

O primeiro capítulo inicia com uma breve introdução histórica sobre o início da linha de montagem e fundamenta a motivação para a escolha deste projecto. São referidos também os objectivos e metodologias para a realização do projecto.

O segundo capítulo aborda algumas vantagens e desvantagens das bancadas controladas por autómatos utilizadas no cliente.

O terceiro capítulo faz uma introdução aos sistemas pneumáticos explicando o funcionamento dos cilindros e das válvulas pneumáticas.

O quarto capítulo refere alguns dos componentes mais utilizados nos sistemas de controlo na automatização e produção de uma linha de montagem.

O quinto capítulo descreve a implementação da bancada standard, como também a sua ligação aos periféricos.

No sexto capítulo é explicado o desenvolvimento do *software* controlo e interface.

No sétimo capítulo é mostrado o resultado final de um posto montado na linha de montagem e o seu funcionamento.

No oitavo e último capítulo são tiradas as conclusões do projecto, referidas as principais dificuldades e enumeradas sugestões para trabalho futuro.

Capítulo 2

Estado da arte

Em todas as linhas de montagem do cliente, existe uma grande percentagem de postos de trabalho que são controlados por autómatos (PLC). Muitos destes postos são manuais, isto é, o operador é que tem o papel principal na montagem de um produto, desde a colocação de conectores, colagem ou aparafusamento de peças, conexão de fichas, encaixe de tampas de proteção, etc.

Analisando um posto controlado por PLC podemos ver algumas das vantagens e desvantagens deste:

Vantagens

- Não necessita de um PC para estar em funcionamento
- Rapidez na execução
- Fiabilidade

Desvantagens

- Não proporciona um interface amigável com o operador
- Não consegue comunicar com a base de dados Oracle
- Grande quantidade de cablagem entre o dispositivo e o quadro eléctrico
- Necessidade de alteração do quadro eléctrico quando adicionado novos módulos de entradas e/ou saídas
- Incapacidade de separar o dispositivo do quadro eléctrico

Neste posto de trabalho não existe um interface que auxilie o operador na montagem do produto e não existe a possibilidade do autómato comunicar com a base de dados. Havendo a necessidade do cliente controlar o estado do produto em cada posto (*Status Tracking*) o posto controlado por PLC deixa de ser uma solução.

Para combater as desvantagens destes postos (controlados por PLC), o cliente decidiu implementar uma nova filosofia de funcionamento nos seus postos.

Bancadas Standard para Linha de Montagem

Com base nas exigências do cliente em relação à constituição da bancada, nomeadamente, na utilização de uma rede AS-i para a comunicação entre dispositivo e PC, no requisito de existência de comunicação com a base de dados Oracle, no desenvolvimento de um interface de auxílio para o operador na montagem do produto, nasce o projecto da Bancada Standard.

A bancada standard, no seu estado actual, tem as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens

- Interface amigável com o operador
- Capacidade de comunicar com a base de dados Oracle do cliente
- Redução drástica de cablagem entre o dispositivo e quadro eléctrico
- Redução de módulos instalados no quadro eléctrico
- Facilidade de adicionar módulos de entradas e/ou saídas em qualquer parte da rede AS-i
- Alimentação e comunicação de dados feita pelo mesmo cabo
- Alteração do dispositivo sem qualquer alteração no quadro eléctrico
- Dispositivos diferentes podem ser ligado a qualquer bancada sem necessidade de alterações eléctricas e mecânicas

Desvantagens

- Dependência do PC para o posto funcionar
- Dependência dedicada do PC a uma bancada

Contudo, estas duas desvantagens citadas foram requisitos do cliente.

Capítulo 3

Sistemas Pneumáticos

Sendo os sistemas pneumáticos muito utilizados neste projecto iremos abordar alguns conceitos e princípios de funcionamento dos cilindros e das válvulas.

3.1 História da Pneumática

Já há milhares de anos que o homem utiliza como recurso o ar, como, por exemplo, para acender fogo com o fole.

O grego Ktesibios construiu no ano 260 a.C. os primeiros canhões a ar comprimido. Além de uma corda esticada, ele utilizou ar que fora comprimido em um cilindro, aumentando assim, de forma bastante significativa, o alcance dos tiros. Não é, por tanto de se admirar que a palavra grega “pneuma”, que significa “ar”, tenha sido adoptado como nome para esta técnica, pneumática.

Com o início da industrialização, começaram a ser utilizados, no século XIX, aparelhos accionados a ar comprimido, principalmente na construção de estradas e na mineração. Não é possível imaginar a indústria moderna sem a pneumática. Em todos os sectores encontramos hoje máquinas e sistemas automatizados pneumáticos, como por exemplo, na montagem de peças e no empacotamento de mercadorias [18].

3.2 Cilindro pneumático

O cilindro pneumático é o elemento utilizado para transformar a energia do ar comprimido em movimento linear (Figura 3-1). É o responsável, dentro de indústrias e outras instalações, por pelo menos uma das três operações básicas: movimentar, prender ou formar alguma peça.

O cilindro movimenta-se (avancando ou retornando o conjunto haste-êmbolo) através do ar comprimido que é injectado nas suas câmaras, por meio de válvulas direccionais ou elementos controladores.

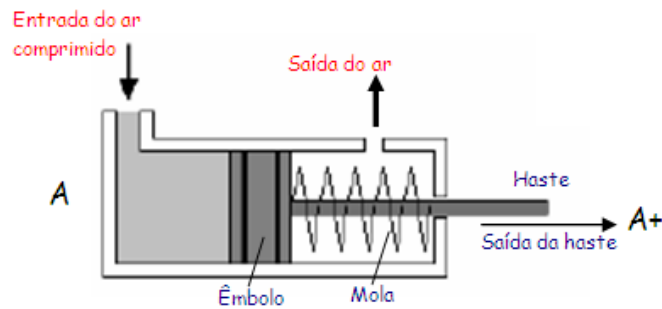


Figura 3-1: Movimento de avanço do cilindro pneumático [8].

Quando o ar comprimido entra no cilindro provoca o deslocamento do êmbolo e consequentemente da haste, o cilindro realiza o movimento A+. Quando a haste retorna, o cilindro realiza o movimento contrário [9].

Distingue-se dois tipos fundamentais de cilindros pneumáticos (Figura 3-2):

- Cilindro de efeito simples
- Cilindro de duplo efeito

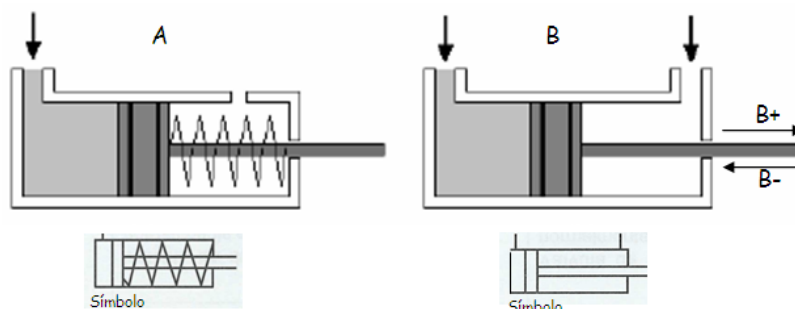


Figura 3-2: Cilindro pneumático de: efeito simples (A); duplo efeito (B) [8].

Em ambos os cilindros o avanço do êmbolo é produzido pelo ar comprimido. No caso do cilindro de efeito simples (A) o retorno é feito através da força da mola interna. No caso do cilindro de duplo efeito (B) o retorno é produzido pelo ar comprimido injectado na outra extremidade do cilindro.

3.3 Válvulas pneumáticas

Os cilindros pneumáticos devem ser alimentados ou descarregados convenientemente, no instante em que desejamos ou em conformidade com o sistema programado. Portanto, basicamente, de acordo com o seu tipo, as válvulas servem para

orientar o fluxo de ar, bloquear e controlar a admissão e escape da pressão do ar. Pode-se classificar as válvulas nos seguintes grupos:

- Válvulas de controlo direccional
- Válvulas de bloqueio (anti retorno)
- Válvulas de controlo de fluxo
- Válvulas de controlo de pressão

Sendo de maior interesse na realização do projecto a utilização de válvulas direccionais, apenas se irá abordar este tipo de válvulas.

3.3.1 Válvulas de controlo direccional

Tem por função orientar a direcção que o fluxo de ar deve seguir. Para um conhecimento perfeito de uma válvula direccional, deve-se ter em conta os seguintes dados:

- Posição inicial
- Número de posições
- Número de vias
- Tipo de accionamento
- Tipo de retorno
- Escape

Número de posições

O número de posições é a quantidade de manobras distintas que uma válvula pode executar ou permanecer sob acção do seu accionamento.

As válvulas direccionais são sempre representadas por um rectângulo. Este rectângulo é dividido em quadrados. O número de quadrados representados na simbologia é igual ao número de posições da válvula (Figura 3-3), representando a quantidade de movimentos que executa através de accionamentos.

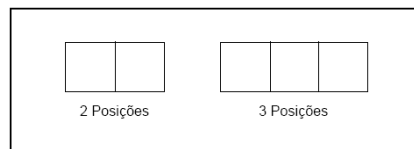


Figura 3-3: Simbologia para o número de posições de uma válvula [10].

Número de vias

O número de vias é o número de conexões de trabalho que a válvula possui. São consideradas como vias a conexão de entrada de pressão, conexões de utilização e as de escape. Para fácil compreensão do número de vias de uma válvula de controlo direccional podemos também considerar a seguinte simbologia (Figura 3-4):

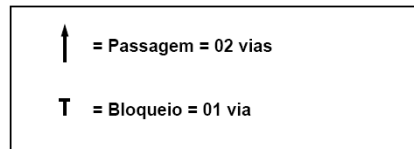


Figura 3-4: Número de vias de uma válvula [10].

Direcção de Fluxo:

Nos quadros representativos das posições encontram-se símbolos distintos. As setas indicam a interligação interna das conexões, mas não necessariamente o sentido do fluxo.

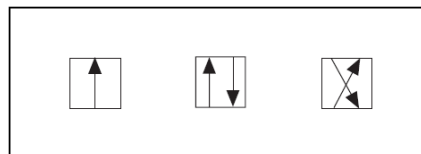


Figura 3-5: Interligação das conexões de uma válvula [10].

Passagem bloqueada:

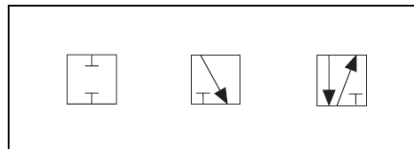


Figura 3-6: Passagem bloqueada de uma válvula [10].

Escape não provido para conexão:

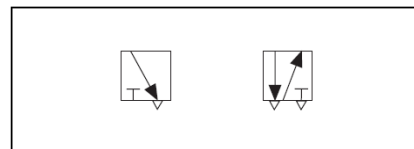


Figura 3-7: Escape não provido para conexão de uma válvula [10].

Escape provido para conexão:

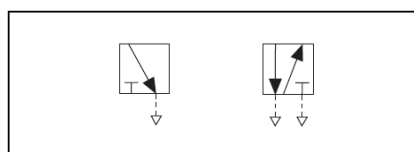


Figura 3-8: Escape provido para conexão de uma válvula [10].

Uma regra básica para determinação do número de vias consiste em separar um dos quadrados (posição) e verificar quantas vezes o(s) símbolo(s) interno(s) toca(m) os lados do quadro, obtendo-se, assim, o número de orifícios e em correspondência o número de vias. Preferencialmente, os pontos de conexão deverão ser contados no quadro da posição inicial.

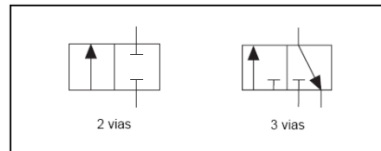


Figura 3-9: Visualização do número de vias de uma válvula [10].

Iremos agora ver um exemplo ilustrado do funcionamento de um cilindro de duplo efeito comandado por electroválvula (Figura 3-10). Conforme a posição da válvula, que é comandado por duas bobinas (KA1 e KA2), o cilindro avança ou recua.

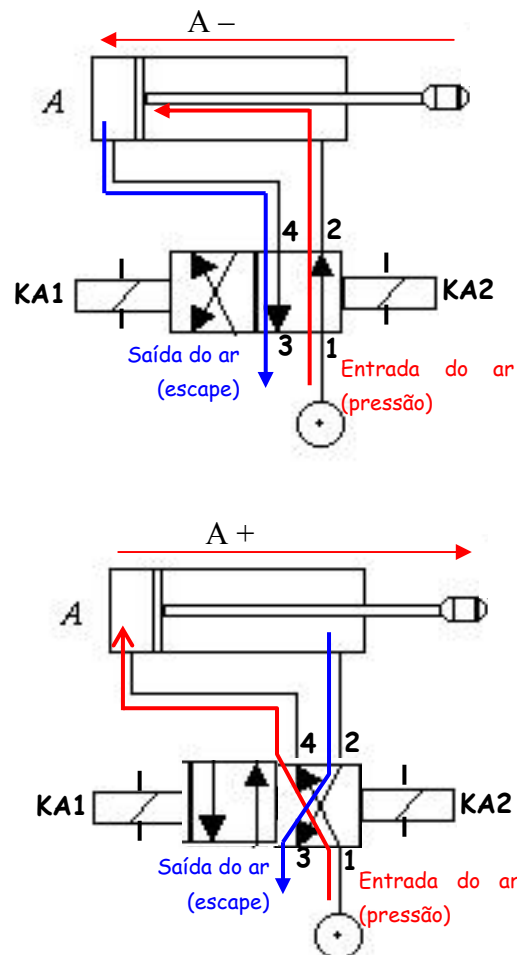


Figura 3-10: Funcionamento de um cilindro actuado pela electroválvula [10].

Capítulo 4

Componentes de um sistema de controlo

Quando se fala em cilindros, movimentação de peças e/ou montagem de produtos, é necessário que existam sistemas de controlo para garantir o funcionamento correcto da máquina e principalmente do produto final.

Neste capítulo vai-se falar de alguns componentes de sistemas de controlo tal como: sensores (indutivos e para cilindros), sensor de contornos e leitor de códigos de barras 1D e 2D.

Um dos aspectos mais relevantes na automação actual é a traçabilidade ou rastreabilidade de um produto. A traçabilidade é um conceito que surgiu devido à necessidade de saber em que local é que um produto se encontra na cadeia logística sendo também muito usado em controlo de qualidade. Este conceito representa a capacidade de traçar o caminho histórico, aplicação, uso e localização de um produto individual ou de um conjunto de características de mercadorias, através da impressão de números de identificação (códigos de barras). Ou seja a habilidade de se poder saber através de um código numérico qual a identidade de um produto e as suas origens [16].

4.1 Sensores

Os sensores são componentes indispensáveis na automatização de uma máquina. Sem eles seria impossível detectar a presença de objectos, o fim de curso de um carrinho, o deslocamento de uma peça, a posição de um cilindro.

Existem vários tipos de sensores utilizados no mundo da automação, indutivos, capacitivos, magnéticos, infravermelhos, fotoeléctricos, fim de curso, para cilindros, etc. Neste projecto os sensores que predominam são os indutivos e para cilindros, sendo estes os que se irão referir a seguir.

4.1.1 Sensor indutivo

Os sensores indutivos usam o efeito de alteração de um circuito oscilante de ressonância. Este efeito é causado por perdas de correntes parasitas em materiais condutores. Um circuito oscilante LC produz um campo alternante e de alta frequência. Este campo sai na superfície activa do sensor (Figura 4-1). Se um metal condutor eléctrico entrar no campo, pela lei da indutância resultam correntes parasitas que extraem energia do circuito oscilante. Desse modo a amplitude de oscilação torna-se mais pequena. Esta alteração é convertida num sinal de comutação. Este princípio de funcionamento tem como consequência a detecção de todos os metais – independentemente de eles se movimentarem ou não. [12]

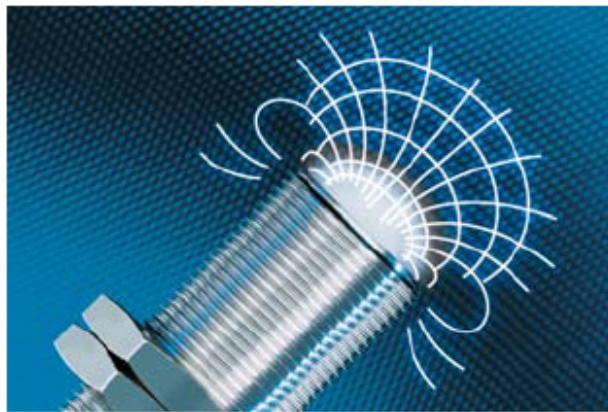


Figura 4-1: Sensor indutivo [12].

4.1.2 Sensor para cilindro

Os sensores de cilindro servem para detecção da posição do êmbolo em cilindros pneumáticos. Eles são montados directamente no cilindro (Figura 4-2). Através da parede da carcaça, que não é em material magnetizável (por exemplo, alumínio, latão ou aço inoxidável), eles detectam os ímanes anelares aplicados ao êmbolo.

Nestes sensores é utilizada a tecnologia GMR (*Giant Magneto Resistive effect*). Estas resistências são compostas por várias camadas ferromagnéticas e não magnéticas extremamente finas. Se num circuito em ponte de *Wheatstone* clássico forem combinadas duas resistências GMR blindadas e duas resistências GMR não blindadas, em presença de um campo magnético, obtém-se um sinal grande proporcional ao campo magnético. A partir de um valor limiar é comutado um sinal de saída através de um comparador [12].



Figura 4-2: Sensor para cilindro [12].

4.2 Sensor de contornos

Na técnica de montagem e de manuseamento, os sistemas de detecção de objectos são parte integrante da verificação de montagem. A verificação a 100% do contorno, localização ou posição antes, durante ou após de cada um dos passos de montagem, impede trabalhos posteriores demorados e dispendiosos ou a exclusão de peças a trabalhar.

A sombra da peça de produção forma um contorno na janela de imagem, em torno da qual se pode colocar uma “manga de contorno”. Em virtude, por ex., tolerâncias de fabrico, rebarbas ou estrias na peça de produção, o contorno da peça em produção nunca é exactamente igual, correspondendo, no entanto, às especificações. A manga de contornos define as tolerâncias que são permitidas: o utilizador pode ajustá-la, estreitando-a ou alargando-a. O contorno verificado tem de se situar dentro desta manga, de modo a que o resultado seja “aceitável” [12].



Figura 4-3: Sensor de contornos [12].

4.3 Leitores de código de barras e código 2D

O código de barras é uma representação gráfica de dados que podem ser numéricos ou alfanuméricos dependendo do tipo de código de barras utilizado. A decodificação (leitura) dos dados é realizada por um *scanner* que emite um raio vermelho (lazer) que percorre todas as barras. Onde a barra for escura a luz é absorvida e onde a barra for clara (espaços) a luz é reflectida novamente para o *scanner* reconhecendo os dados que ali estão representados [13].



Figura 4-4: Exemplo de um código de barras (1D) [13].

Com a necessidade de aumentar a informação codificada, em 1994 nasceu o primeiro código bidimensional, criado pela empresa Denso-Wave.



Figura 4-5: Exemplo de um código 2D (código QR) [13].

Todos os produtos são identificados por código de barras 1D e/ou 2D. Sendo estes a chave principal para o controlo da traçabilidade do produto são colocados estrategicamente leitores de códigos de barras nos vários dispositivos.



Figura 4-6: Leitor de códigos de 1D [15].



Figura 4-7: Leitores de códigos de 1D e 2D: a) pequenas distâncias; b) grandes distâncias [15].

Capítulo 5

Implementação da bancada standard

Todo o desenvolvimento dos projectos mecânicos relacionados com as bancadas e com os dispositivos foram executados por uma empresa parceira da ITEC. Após a recepção do material mecânico, eléctrico e pneumático iniciou-se a montagem das bancadas standard (estrutura mecânica).

Finalizada a montagem destas, sucedeu-se a montagem de cilindros, módulos de AS-i, sensores e leitores de códigos de barras. Fizeram-se também rectificações e ajustes ao nível mecânico. Os sensores foram calibrados para garantir o funcionamento dos dispositivos. Os leitores de códigos de barras 1D e 2D foram calibrados e configurados para o tipo de código específico do produto. Foram também parametrizados os controladores das aparafusadoras eléctricas.

Neste capítulo vamos descrever em concreto a bancada standard e os seus constituintes.

5.1 Bancada standard

As bancadas standard foram dimensionadas conforme as especificações do cliente e a sua estrutura é feita em perfil de alumínio (Figura 5-1).

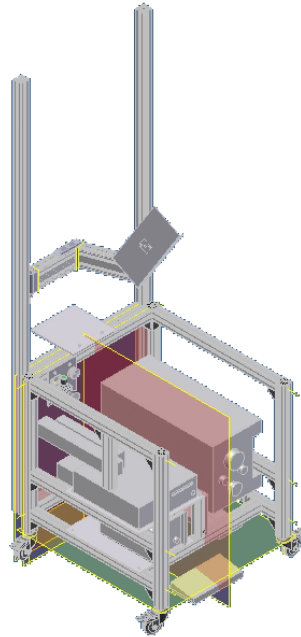


Figura 5-1: Desenho 3D da bancada standard.

A constituição da bancada standard é a seguinte:

- Estrutura em perfil de alumínio
- Quadro eléctrico com módulos AS-i
- Computador industrial com placa *master* AS-i, monitor TFT, teclado e rato
- Ficha *harting* para ligação pneumática e AS-i
- Unidade de tratamento de ar, manómetro, arranque progressivo, corte geral e eléctrico
- Módulo de electroválvulas AS-i

Na Figura 5-2 é mostrada a ligação física entre os principais equipamentos que constituem a bancada standard (master AS-i, fonte de alimentação AS-i, módulos de entradas e saídas AS-i, módulo de válvulas AS-i e ficha harting) e o dispositivo (módulos de entradas e saídas AS-i, sensores e ficha harting).

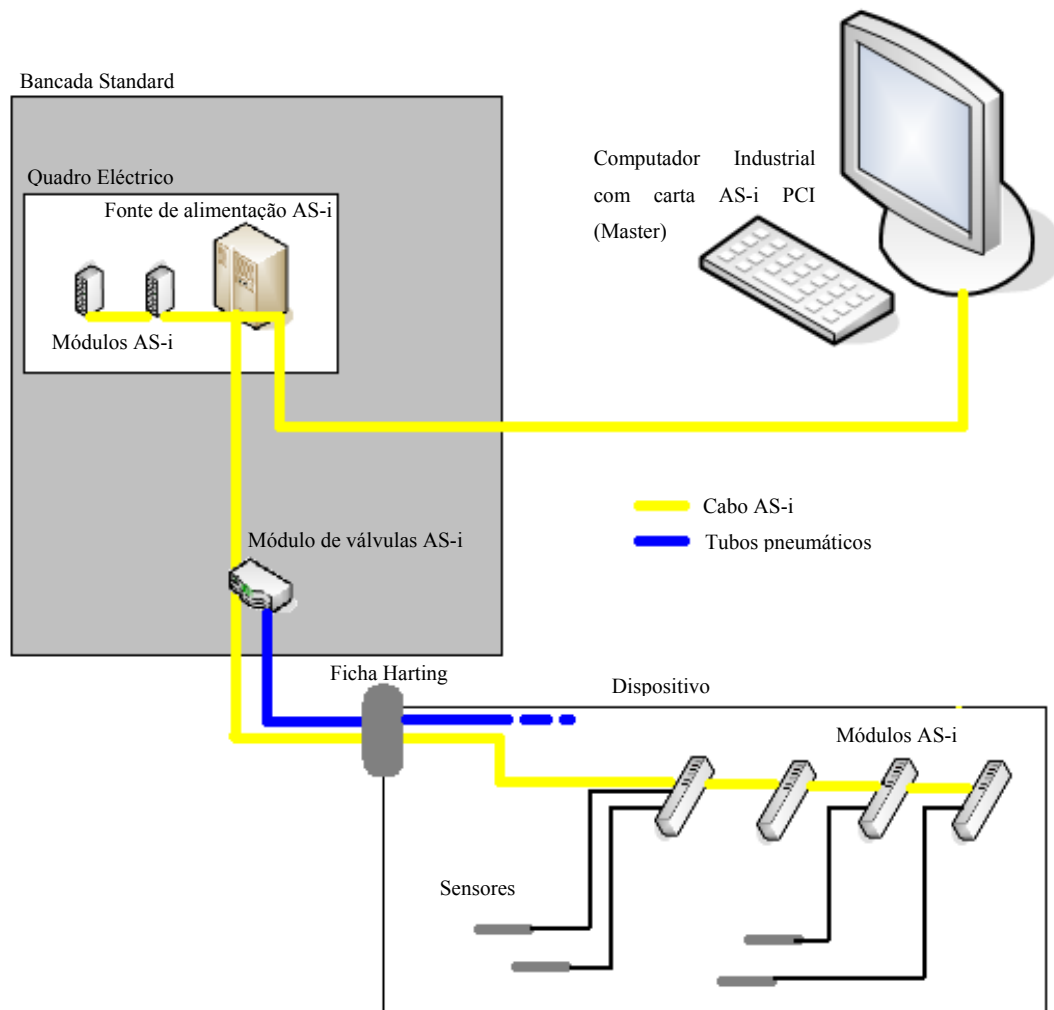


Figura 5-2: Ligação física entre componentes.

A montagem do quadro eléctrico fez-se de maneira organizada tendo sempre em consideração a distribuição e separação de áreas predominantes (ver Figura 5-3). O quadro foi dividido em três partes. Na primeira parte (Figura 5-3 “1”) temos os bornes de alimentação 230V, diferencial, disjuntores e fusíveis de protecção. Na segunda parte (Figura 5-3 “2”) encontra-se dois módulos de entradas e saídas AS-i e os respectivos bornes de ligação. Na terceira parte (Figura 5-3 “3”) encontra-se a fonte de alimentação AS-i e 24V auxiliares com os respectivos bornes de ligação.

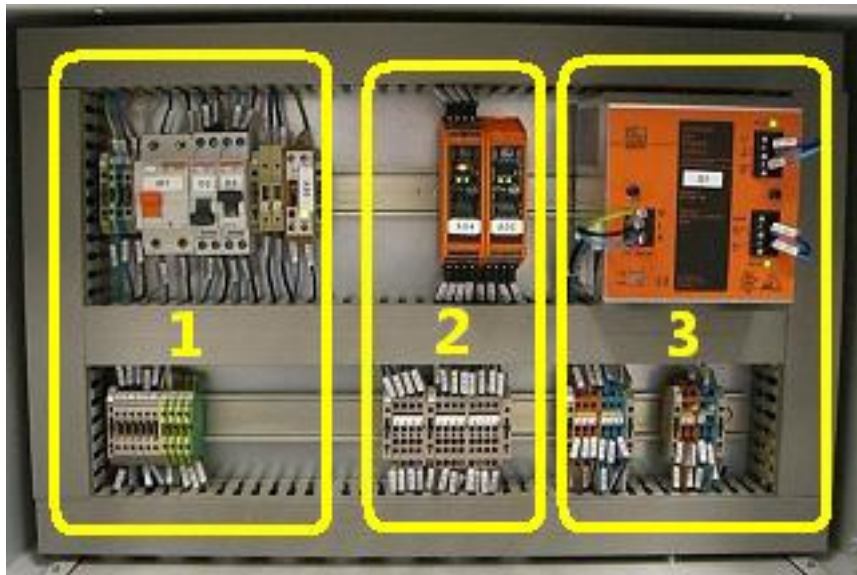


Figura 5-3: Quadro eléctrico da bancada.

Na parte frontal da bancada encontra-se um interruptor de corte geral eléctrico.



Figura 5-4: Corte geral da alimentação eléctrica.

No computador instalou-se uma placa PCI Board com 2 AS-i Master (Figura 5-5).



Figura 5-5: Placa PCI Board com 2 AS-i Master [21].

A rede AS-i é configurada através do *software AS Interface Control Tools* (Figura 5-6). Neste *software* é definido o endereço de cada módulo AS-i, é possível visualizar os sinais de entradas e saídas e podem ser actuados os sinais de saídas. Esta

configuração pode ser guardada em ficheiro e facilmente replicada. Com este sistema de visualização torna-se muito mais fácil a detecção de erros na rede e nos módulos AS-i.

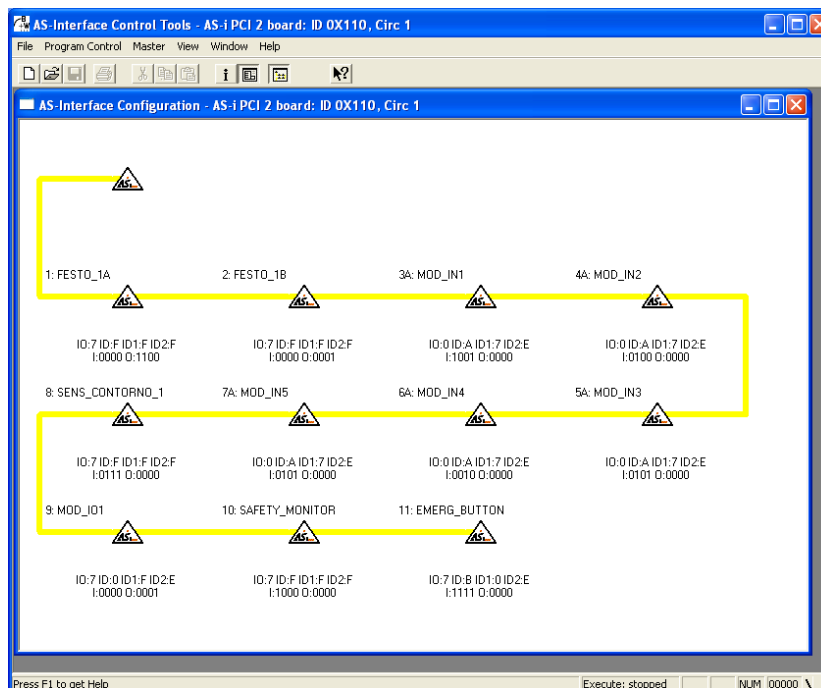


Figura 5-6: Software de configuração da rede AS-i.

A bancada standard é dotada de uma ficha *harting han modular* para uma ligação fácil e segura com o dispositivo. A ficha *harting* é muito utilizada na indústria devido a sua versatilidade, robustez e fácil utilização. Esta ficha pode ser estruturada com conectores de vários pinos, conectores especiais, ligações para pneumática, etc., ver Figura 5-7. Graças a esta ficha qualquer dispositivo pode ser ligado a bancada sem necessidade de alterações eléctricas, pneumáticas e mecânicas.

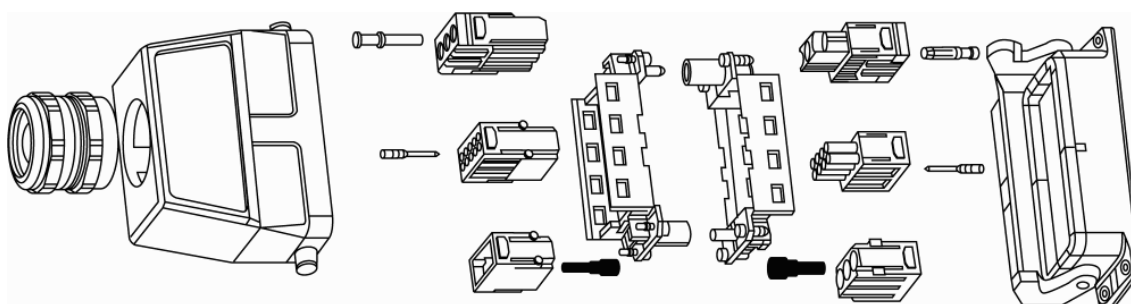


Figura 5-7: Ficha *Harting Han modular* [22].

Para a regulação e tratamento do ar comprimido que alimenta a bancada é utilizada uma unidade de tratamento de ar. Esta unidade (ver Figura 5-8) é constituída

por um corte manual de ar (a), um regulador de pressão com manómetro (b), um corte eléctrico (c) e um arranque progressivo (d).

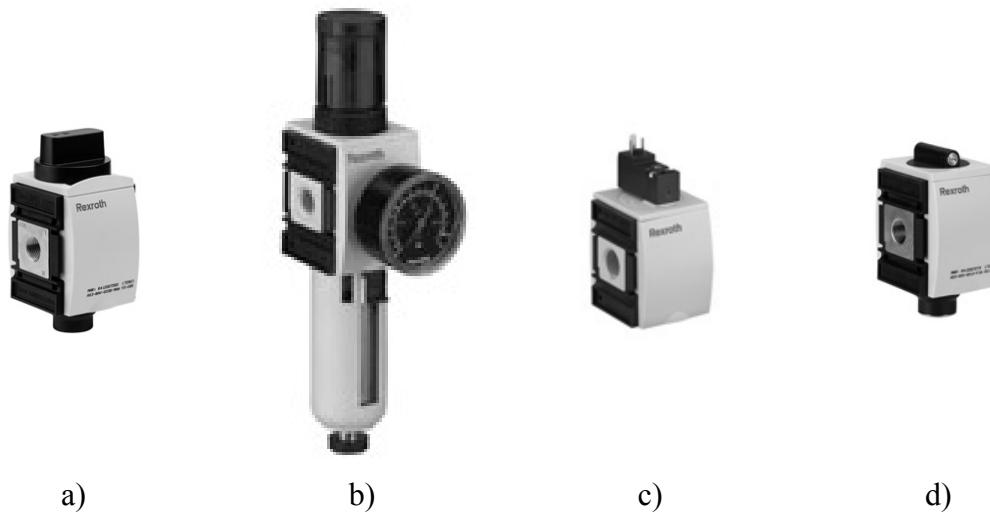


Figura 5-8: Unidade de tratamento de ar: a) corte manual; b) regulador de pressão; c) corte eléctrico; d) arranque progressivo [20].

O módulo de válvulas AS-i com alimentação adicional e entradas (Figura 5-9) encontra-se junto à unidade de ar. A sua alimentação AS-i provém directamente do quadro eléctrico e as saídas pneumáticas são ligadas à ficha *harting* através de acessórios pneumáticos com retenção de ar (Figura 5-10). A entrada de ar deste módulo é ligada directamente à saída da unidade de tratamento de ar.



Figura 5-9: Módulo de válvula AS-i com alimentação adicional e entradas [7].

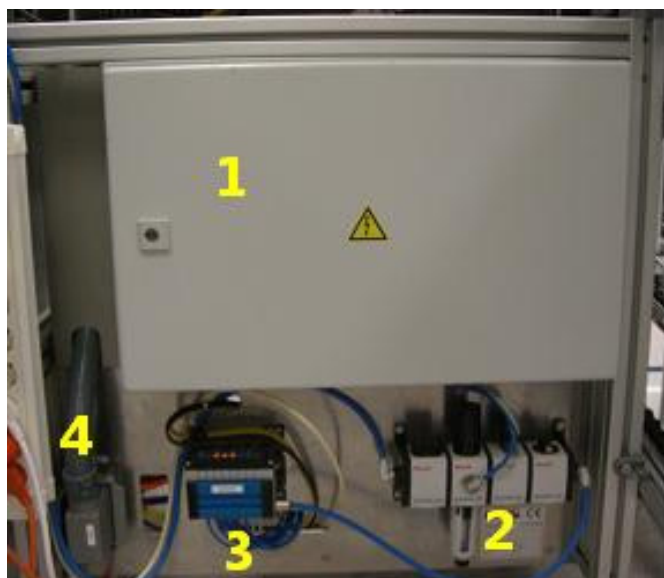


Figura 5-10: Acessórios pneumáticos para ficha harting [22].

Ao fim de toda a montagem eléctrica, pneumática e mecânica pode ser visto na Figura 5-11 o aspecto final de uma bancada montada com o dispositivo instalado. Na Figura 5-12 mostra a parte de trás da bancada. Na Figura 5-13 pode-se ver o exemplo de dois dispositivos desenvolvidos.



Figura 5-11: Aspecto geral de uma bancada com o dispositivo instalado.



- 1 - Quadro eléctrico
- 2 - Unidade de tratamento de ar
- 3 - Módulo de válvulas AS-i
- 4 - Ficha harting para ligação do dispositivo

Figura 5-12: Parte de trás da bancada standard.

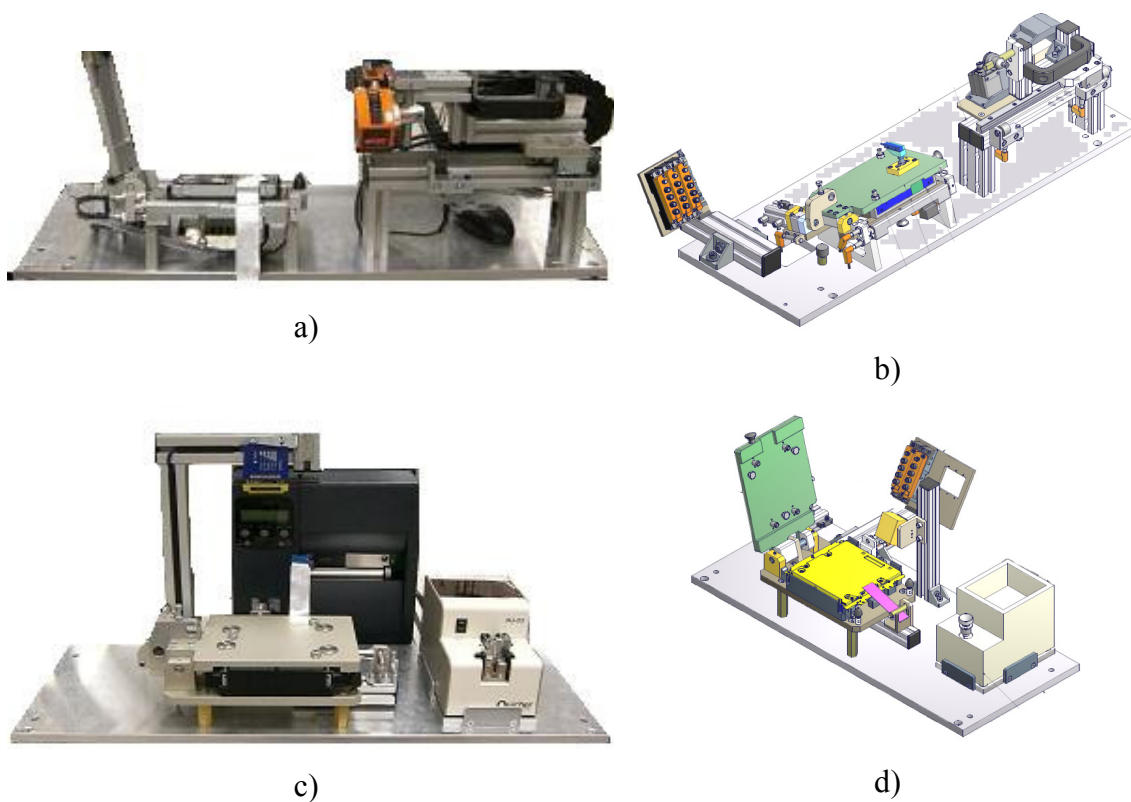


Figura 5-13: Dispositivos: a) e c) Aspecto final; b) e d) desenho 3D do dispositivo correspondente.

5.2 Periféricos

Na sequência de montagem em cada posto são necessários vários periféricos que complementam o dispositivo, como por exemplo: aparafusadoras eléctricas, leitores de códigos de barras e impressoras.

No processo de montagem existem peças que já estão identificadas com códigos de barras. Estes códigos são lidos pelos leitores de códigos de barras onde é verificado pelo posto o estado da peça, isto é, verifica se a peça está apta para ser montada neste posto (traçabilidade). Esta comunicação é feita através da rede interna do cliente por *Ethernet*.

Existem peças que necessitam de ser aparafusadas com outra peça, gerando assim uma nova. Esta nova peça tem que ser identificada com um novo código de barras (1D ou 2D). É por este motivo que existem postos que estão dotados de aparafusadoras eléctricas e impressoras. No final da linha o produto final tem que estar identificado com um código de barras, com este código é possível identificar todas as peças que o constituem e o seu historial.

5.2.1 Aparafusadora eléctrica

Nas linhas de montagens é muito usual o aparafusamento manual de componentes de reduzidas dimensões e em especial para junções críticas, onde é necessário grande precisão e controlo do ângulo (número de voltas) e do torque. Para este tipo de situações são utilizadas aparafusadoras de controlo de torque e ângulo. Com este sistema pode-se controlar o número de parafusos que vão ser aparafusados, o número de voltas que podem dar, o torque que pode atingir e a velocidade de aparafusamento. Todos estes parâmetros são programados no controlador da aparafusadora. Graças ao seu controlador toda a informação é disponibilizada visualmente ao operador através de um *display* (Figura 5-14).



Figura 5-14: Aparafusadora de controlo de torque e ângulo [1].

O controlador é dotado de uma ficha de 26 pinos onde estão disponíveis os sinais de entrada e saída do controlador da aparafusadora (Figura 5-15)

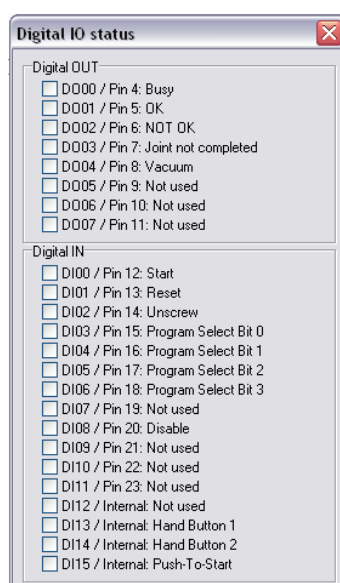


Figura 5-15: Sinais de entradas e saídas do controlador da aparafusadora.

Para interligação do controlador da aparafusadora ao posto foram utilizados quatro sinais de entrada (Pin 4: Busy; Pin 5: OK; Pin 6: NOT OK; e Pin 7: Joint not completed) e sete sinais de saídas (Pin 12: Start; Pin 13: Reset; Pin 14: Unscrew; Pin 15: Program Select Bit 0; Bit 16: Program Select Bit 1; Bit 17: Program Select Bit 2; Bit 18: Program Select Bit 3). Estes sinais são ligados a dois módulos AS-i de entradas e saídas que se encontram dentro do quadro eléctrico, um com quatro entradas e quatro saídas e outro com apenas quatro saídas.

Estando o controlador ligado a rede AS-i é possível através do *software* de interface desenvolvido controlar o processo de aparafusamento.

Para configuração do controlador da aparafusadora *MicroTorque* da *Atlas Copco* é utilizado o *software Tools Talk MT* ().

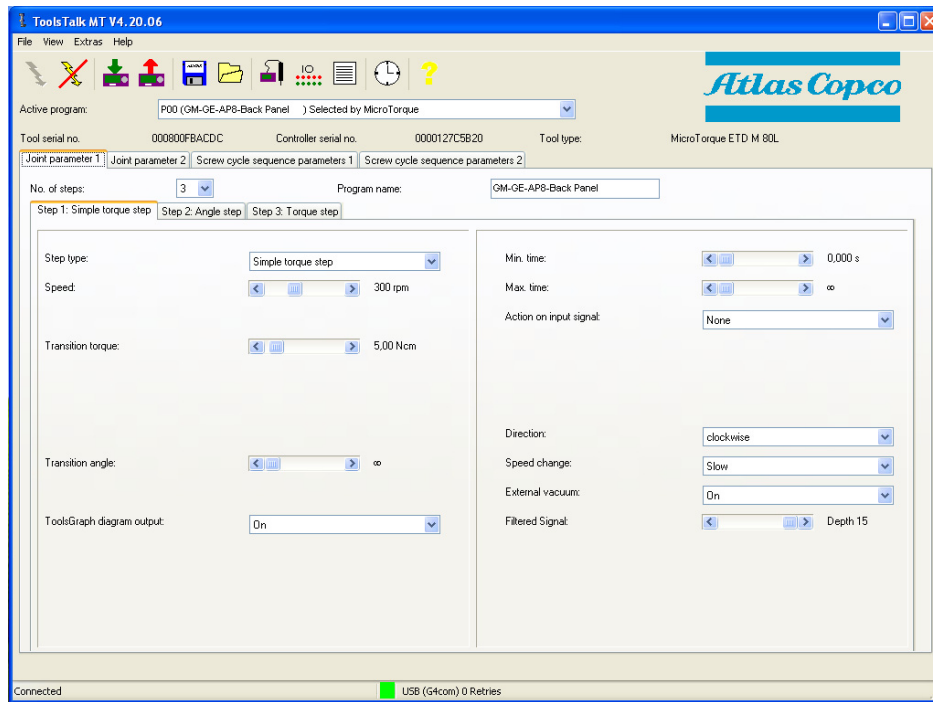


Figura 5-16: Software de configuração do controlador da aparafusadora.

5.2.2 Scanner

São instalados em todas as bancadas *scanners* para controlar os produtos que por eles passam.

Para a configuração dos *scanners* da DataLogic™ é utilizado o *software* VisiSet™ (Figura 5-17) onde é feita toda a parametrização e calibração. É também configurada a comunicação e o tipo de código de barras que se pretende ler.

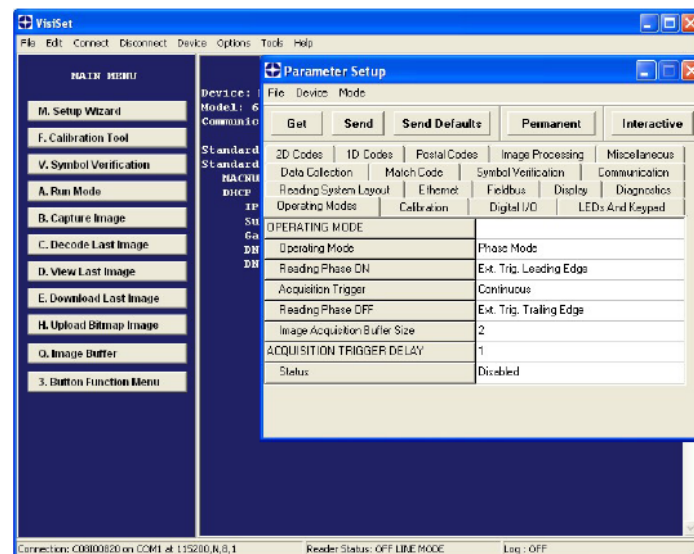


Figura 5-17: Janela do software VisiSet™ [24].

Para a ligação do sistema é necessário o *hardware* que se representa na Figura 5-18. Nesta estrutura a comunicação com o PC, por RS232, é feita através da porta principal RS232 da CBX.

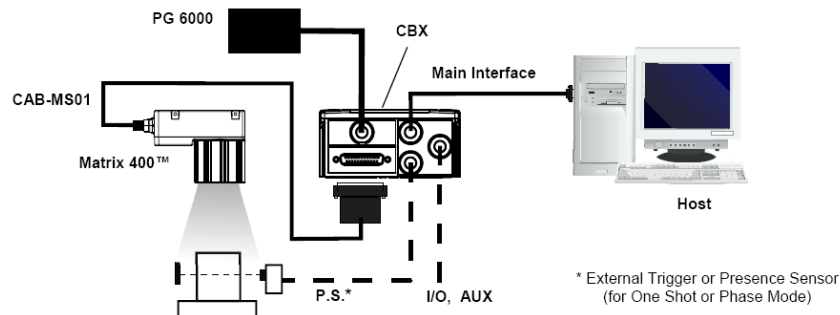


Figura 5-18: *Hardware* necessário para a ligação do sistema [24].

A CBX é um dispositivo que alimenta o *scanner* e serve de interface para estabelecer a comunicação entre o *scanner* e o PC (através da porta RS232).



Figura 5-19: CBX 100-500 [25].

5.2.3 Impressora

Sendo o código de barras o “cartão de identificação” de um produto, é necessário que durante o processo de montagem sejam impressas etiquetas com o respectivo código de barras do novo produto ou peça em questão. As impressoras utilizadas (Figura 5-20) permitem uma comunicação de dados através da porta RS232.



Figura 5-20: Impressora Datamax [26].

Capítulo 6

Desenvolvimento do Software

A ferramenta de programação utilizada, por imposição do cliente, para interface com o operador é o *Visual Basic* (VB). Com este *software* pretende-se que o operador consiga visualizar os passos que necessita seguir para realizar a montagem de várias peças, com auxílio de imagens e texto. Deve, portanto, ser capaz de visualizar o número do código de barras da peça (código do produto e número de série) ou das peças que se estão a montar no momento. Deve, também, permitir que haja uma interacção directa com os periféricos (aparafusadora, impressora e leitores de códigos de barras), bem como a possibilidade de visualizar o estado de todas as entradas e saídas do dispositivo. Pretende-se ainda que exista um contador numérico para contabilizar o número de produtos que são montados no posto correctamente e a capacidade de activar ou desactivar a comunicação com a base de dados *Oracle*.

O *software* de controlo e interface foi concebido em função da ideia principal do projecto, ser standard. Para facilitar a estrutura do programa, foram desenvolvidos blocos, e estes blocos podem ser funções ou conjuntos de funções (designados de *Module* no VB). Os principais blocos (*Module*) foram abordados em separado.

De seguida pode-se ver o aspecto visual do *software* criado. Esta visualização é igual para todos os postos da linha, mesmo que cada posto tenha um dispositivo diferente.

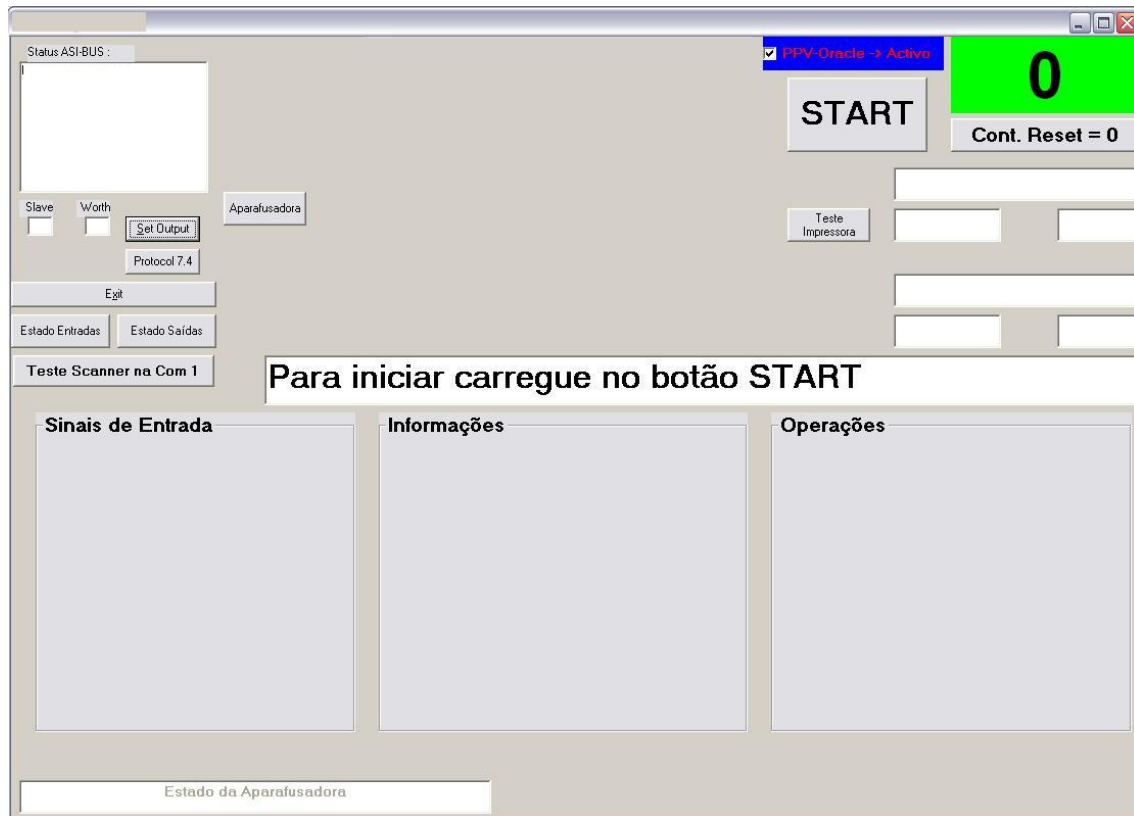


Figura 6-1: Aspecto da janela principal do *software*.

6.1.1 Module Principal (Montagem)

Este *module* é específico para cada dispositivo, já que, cada posto exige um procedimento diferente de montagem.

Inicialmente são definidas funções para fazer actuar os cilindros do dispositivo em questão. Assim consegue-se condensar melhor o código tornando-o mais perceptível. De seguida temos o exemplo de duas funções para actuar um cilindro:

```
Public Sub Cilindro1Subida()  
    Saidas.SetBit ("S1001")  
    Entradas.EsperaSinal "E1001" = False  
    Entradas.EsperaSinal "E1002" = True  
End Sub  
  
Public Sub Cilindro1Descida()  
    Saidas.ClearBit ("S1001")  
    Entradas.EsperaSinal "E1002" = False  
    Entradas.EsperaSinal "E1001" = True  
End Sub
```


Sendo o cilindro actuado por uma válvula monoestável, esta apenas precisa de um sinal eléctrico de controlo (+24V ou 0V). Esta saída (S1001) é actuada no módulo de válvulas AS-i. Para este cilindro existem dois sensores (E1001 e E1002) que indicam a posição (baixo e cima respectivamente) do êmbolo.

Quando a função Cilindro1Subida é chamada, a saída S1001 é actuada, fica à espera que o sinal do sensor E1001 se desligue (que o êmbolo saia da posição em baixo) e por fim espera que o sensor E1002 se ligue (que o êmbolo chegue à posição cima). Quando a função Cilindro1Descida é chamada o funcionamento é contrário ao anterior, é desligado o sinal de saída S1001, espera que o sinal E1002 se desligue e que o sinal E1001 se ligue (no capítulo 6.1.4 e 6.1.5 as funções Entradas.EsperaSinal, Saida.SetBit e Saida.ClearBit são explicadas).

Na Figura 6-2 é mostrado um exemplo de algoritmo para uma sequência de montagem de um produto. De notar que quando é referida a mensagem, por exemplo, “Colocar na posição 1”, esta pode ser o fechar ou abrir uma tampa, colocar ou retirar uma peça, deslocar um carro para frente ou para trás. São um auxílio para o operador executar as tarefas pretendidas na montagem de um produto. Todas as tarefas que o operador tem que realizar são validadas pelo accionamento de um sensor. Só depois de esta ser validada é que passa para o passo seguinte.

No Capítulo 7 será explicado em pormenor a sequência de montagem de um posto da linha de montagem.

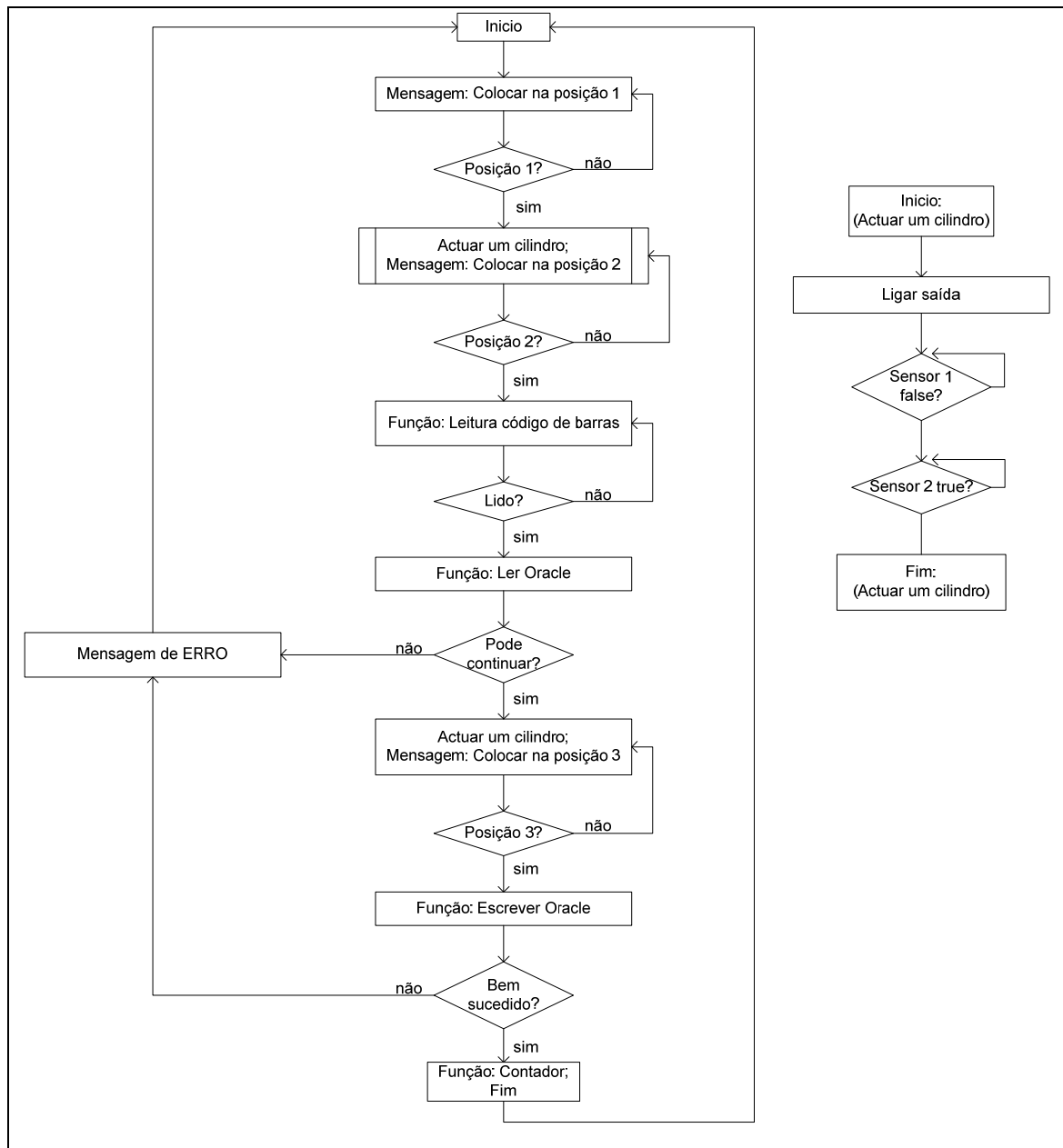


Figura 6-2: Exemplo de algoritmo de montagem.

Para se dar início à primeira sequência de montagem, é necessário carregar no botão START (este botão encontra-se na parte superior direita da Figura 6-1). A partir da primeira vez que se inicia o programa, a sequência começa automaticamente.



Figura 6-3: Botão para início da primeira sequência.

Em toda a execução da sequência de montagem existem campos de visualização que auxiliam o operador na realização das tarefas pretendidas (Figura 6-4). São visíveis

duas caixas de texto de informação, uma onde são indicadas os procedimentos de montagem, outra que mostra o estado da aparafusadora e os sinais de entrada pretendidos.



Figura 6-4: Caixa de texto para auxílio do operador.

Existem ainda três quadros onde são apresentadas imagens do dispositivo (Figura 6-5). Estas imagens mostram visualmente, a entrada pretendida, a operação a realizar e a informação necessária para o momento. Neste caso a operação é abrir a tampa, o sinal de entrada pretendido é o do sensor que detecta a tampa aberta e o cilindro de bloqueio da tampa foi actuado pelo módulo de válvulas AS-i.



Figura 6-5: Quadros de informação visual.

6.1.2 Module Oracle

Uma das funcionalidades da base de dados Oracle do cliente é de garantir a traçabilidade de um produto. Para comunicar com a base de dados o posto tem que estar ligado à rede do cliente e a *dll* necessária para a comunicação com esta, é fornecida pelo cliente.

Inicialmente o posto é identificado na linha de montagem com um nome, uma posição, um produto associado e as dependências de outros postos.

Todos os produtos estão identificados com um código de barras e no decorrer da sequência de montagem é feita a leitura deste código. Assim que é identificado o

produto, o posto tem que comunicar com a base de dados de forma a saber, se este produto pertence a este posto, se o produto em questão passou no posto antecessor, se é possível continuar a sua montagem ou junção com outro produto (ver Figura 6-6). Só depois de obter resposta da base de dados é que se pode continuar a execução. Caso a resposta da base de dados seja negativa, a sequência é terminada e o produto é retirado do dispositivo, caso contrário, o produto continuará a ser montado. No fim da execução, caso esta seja lograda, o posto volta a comunicar com a base de dados registando o estado do produto, validando assim a passagem neste posto.

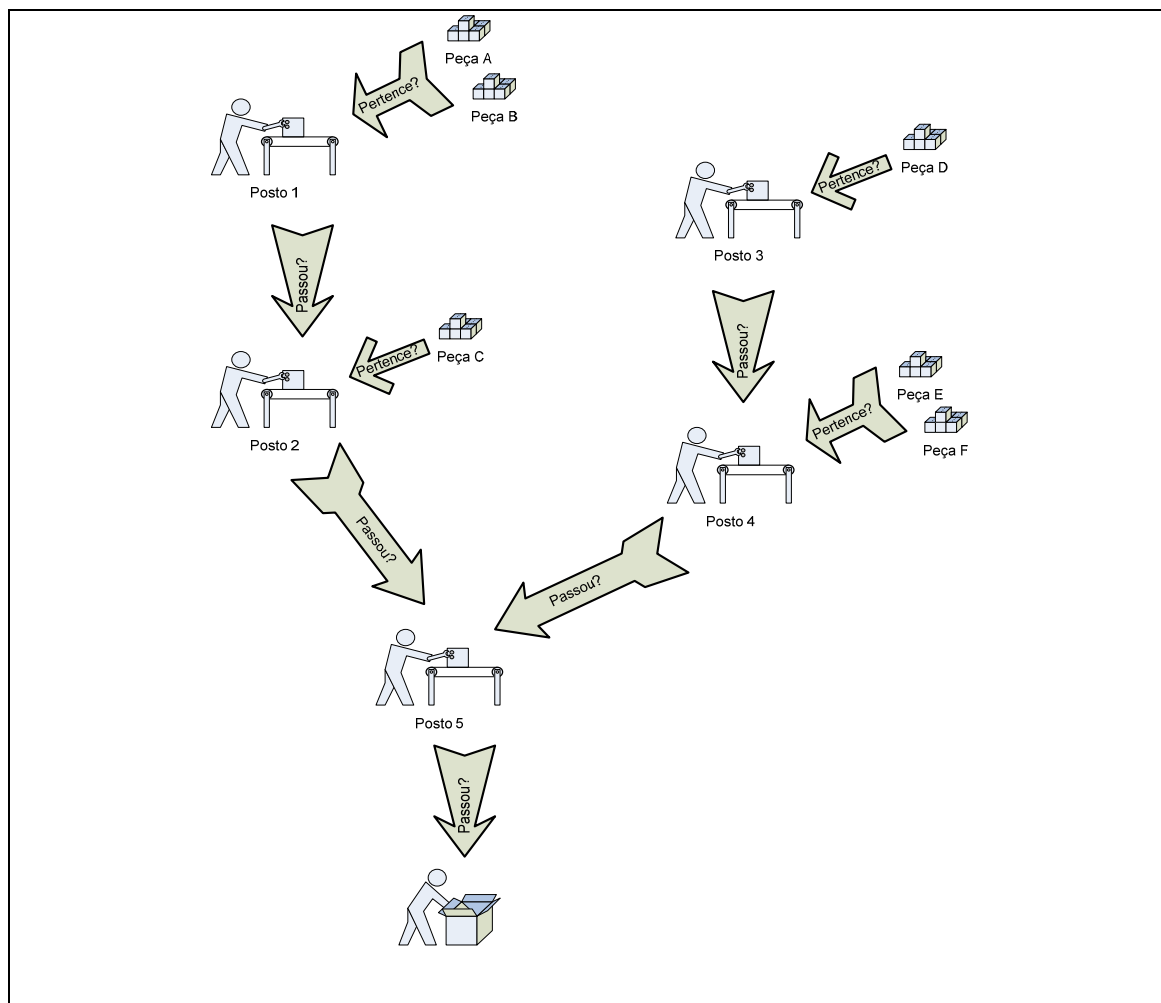


Figura 6-6: Algoritmo base de dados Oracle.

A função de comunicação com a base de dados pode ser ignorada caso não esteja activa esta funcionalidade (Figura 6-7).



Figura 6-7: Activação da comunicação com a base de dados.

6.1.3 Module de comunicação com o master AS-i

Para a comunicação com o *master* AS-i (placa PCI instalada no PC) é fornecido pelo fabricante (*Bihl+Wiedemann*) uma biblioteca (*asidrv32.lib*). Esta biblioteca contém a *dll* (*asdrv32.dll*) que carrega todas as outras *dll* necessárias para comunicar com a placa *master*. Sendo assim, apenas precisamos anexar ao nosso projecto a biblioteca *asidrv32.lib*.

Sempre que se inicia a aplicação é necessário estabelecer a comunicação com o *master*. Para isso é necessário seguir os passos seguintes:

1. Chamar a função *AASiRegisterMaster()* para receber o número de identificação do *master*.
2. Chamar a função *AASiRegisterIniFileName()* caso deseje criar um novo ficheiro INI (por defeito é *asidrv32.ini*) e
3. Chamar a função *AASiInitDialog()* ou *AASiInit()* para inicializar o *driver* com ou sem uma janela de diálogo.

Quando se finaliza a aplicação é necessário também finalizar a comunicação com *master*. Para isso é necessário seguir os passos seguintes:

4. Chamar a função *AASiExit()* para finalizar a ligação ao *master* e
5. Chamar a função *AASiUnRegisterMaster()* para eliminar o registo do número de identificação do *master*.

Todas estas funções estão declaradas na biblioteca *asidrv32.lib*.

Na janela principal do *software* (Figura 6-1), no canto superior esquerdo, existe uma caixa de texto que contém a informação sobre o estado do *master* AS-i (mostrada em detalhe na Figura 6-8).

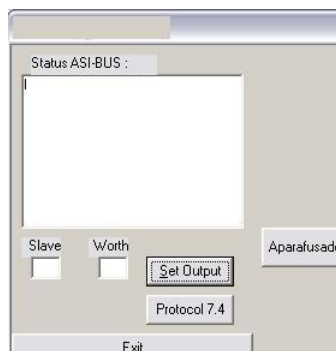


Figura 6-8: Caixa de texto de informações sobre o *master* AS-i.

6.1.4 Module das entradas

No *module* das entradas é onde se irá centralizar tudo o que se refere às entradas dos módulos AS-i. Sendo assim, é aqui que se inicializam as variáveis de entrada. Existe uma função que interage com o *master* AS-i onde é dada a actualização do estado das entradas e existe ainda uma outra função que serve para esperar que a entrada atinja um estado pretendido.

A inicialização das entradas é feita de maneira global, é criada uma estrutura de 64 entradas com três parâmetros cada: nome, *slave* e estado. Por exemplo:

```
Public Type Entradas
    Nome As String
    Slave As Integer
    Estado As Boolean
End Type
Global Entradas(64) As Entradas
```

Para a declaração de cada entrada é utilizado o seguinte código:

```
Public Sub InicializarEntradas ()
    Entrada(0).Nome = "Sensor Cilindro 1 Baixo"      E1001"
    Entrada(0).Slave = 1

    Entrada(1).Nome = "Sensor Cilindro 1 Cima"      E1002"
    Entrada(1).Slave = 1
    .
    .
    .
    Entrada(63).Nome = "Nome desejado para a entrada E1164"
    Entrada(63).Slave = 16
End Sub
```

A função *EsperaSinal()* recebe o número da entrada pretendida, por exemplo *EsperaSinal("E1164")*, que percorre todas as variáveis declaradas até encontrar a entrada desejada, neste caso sera *Entrada 63 Nome desejado para a entrada E1164 do módulo AS-i 16*. Esta função utiliza o número de *slave* definido para a entrada em questão, comunica com o *master* AS-i e termina a sua execução quando o sinal de entrada atinge o estado pretendido.

Para complementar esta função, na parte inferior da janela principal da aplicação (Figura 6-1) são mostradas informações referentes ao sinal em questão (ver Figura 6-9).

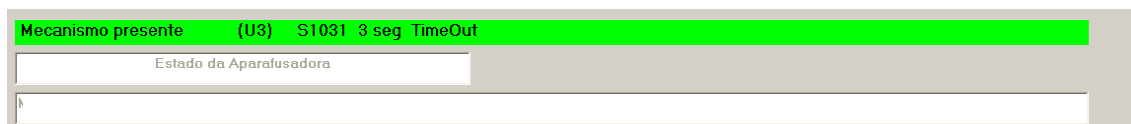


Figura 6-9: Mensagem de informação referente a entrada pretendida.

Ao fim de um determinado tempo de espera esta mensagem passa a vermelho mostrando uma segunda mensagem onde identifica a entrada e o estado que se pretendem atingir (*True* ou *False*), ver Figura 6-10.

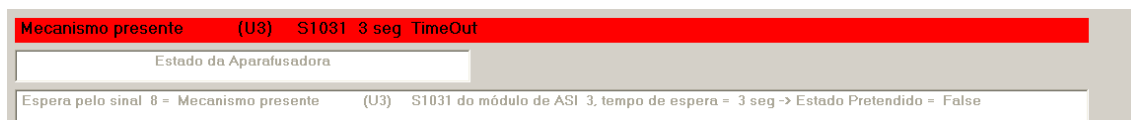


Figura 6-10: Mensagem de informação ao fim do tempo referente a entrada pretendida.

Para actualização das entradas são utilizadas as funções de comunicação com *asidrv32.dll*. Nesta função são percorridos todos os endereços dos módulos e é guardado o estado de cada entrada (por exemplo *Entrada(0).Estado = True*). Para visualizar o estado de todas as entradas existe o botão “Estado Entradas” que abre uma nova janela e são listadas todas as entradas definidas e o seu estado (Verdadeiro ou Falso), ver Figura 6-11.

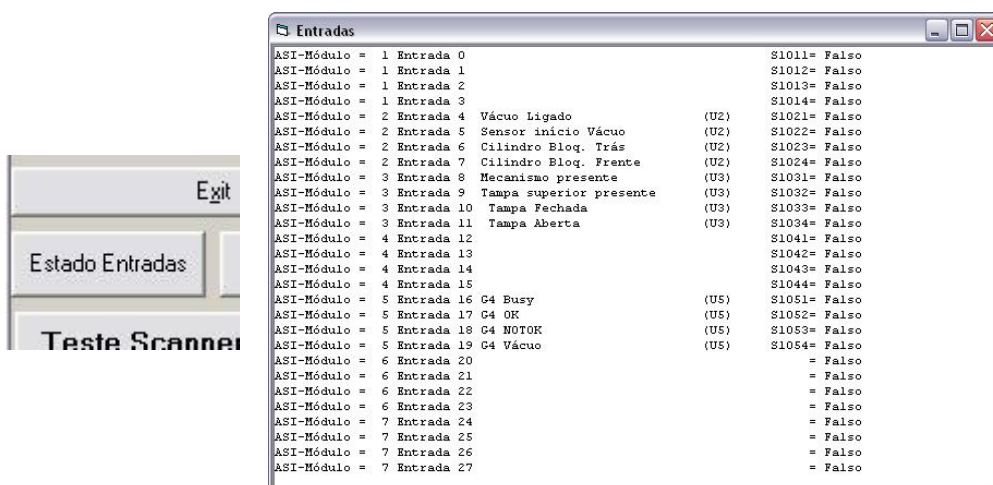


Figura 6-11: Botão e janela de informação do estado das entradas.

6.1.5 Module das Saídas

Este *module* é semelhante ao *module* de entradas. É aqui que são inicializadas as variáveis de saídas. Foram criadas duas funções que interagem com o *master* AS-i, *SetBit* e *ClearBit*, que enviam o estado pretendido para a saída, *True* (1) ou *False* (0).

A inicialização das saídas é feita de maneira global, é criada uma estrutura de 64 saídas com quatro parâmetros cada: nome, slave, número de bit e o estado. Por exemplo:

```
Public Type Saidas
    Nome As String
    Slave As Integer
    Nr_Bit As Integer
    Estado As Boolean
End Type
Global Saidas(64) As Saidas
```

Para a declaração de cada saída é utilizado o seguinte código:

```
Public Sub InicializarSaidas ()
    Saidas(0).Nome = "Cilindro 1"           S1001"
    Saidas(0).Slave = 1
    Saidas(0).Nr_bit= 1

    Saidas(1).Nome = "Cilindro 2"           S1002"
    Saidas(1).Slave = 1
    Saidas(1).Nr_bit= 2

    Saidas(2).Nome = "Trigger Leitor Cód. Barras" S1002"
    Saidas(2).Slave = 1
    Saidas(2).Nr_bit= 4
    .
    .
    .
    Saidas (63).Nome = "Nome desejado para a Saidas" S1164"
    Saidas(63).Slave = 16
    Saidas(63).Nr_bit = 8
End Sub
```

As funções ClearBit e SetBit recebem o número da saída pretendida, por exemplo ClearBit("S1164"), que percorre todas as variáveis declaradas até encontrar a saída. Através do número de *slave* e o número de bit definido para a saída a função comunica com o *master* AS-i, escrevendo o estado da saída que se pretende (neste exemplo Saidas(63).Estado = False) e actua o sinal de saída.

Para visualização do estado das saídas numa nova janela, foi criada uma função que lista todas as saídas declaradas. Esta janela é visualizada através do clique no botão "Estado Saídas", ver Figura 6-12.

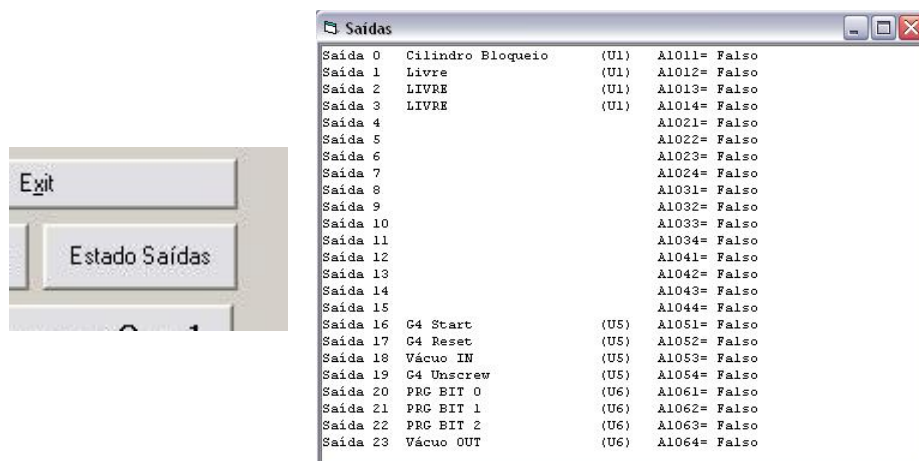


Figura 6-12: Botão e janela de informação do estado das saídas.

6.1.6 Module do LeitorCodigoBarras

Este *module* é constituído por uma função dedicada aos leitores de código de barras, onde são definidos os caracteres que estabelecem a comunicação, a escolha da porta Comm (RS232) e a sua parametrização. Todas estas configurações estão em concordância com a parametrização efectuada no *scanner*.

Sempre que esta função é chamada pelo *module* principal, é aberta a comunicação através da porta RS232 caso esta não esteja aberta. É enviado o sinal de *trigger* para o leitor de código de barras activando a leitura. Os dados lidos pelo leitor são transmitidos para o PC onde são tratados e verificados. No fim de encontrar um valor válido para o código de barras, o valor correspondente a este código é devolvido ao *module* principal. Na Figura 6-13 é demonstrado um algoritmo para a execução da função para fazer a leitura de um código de barras.

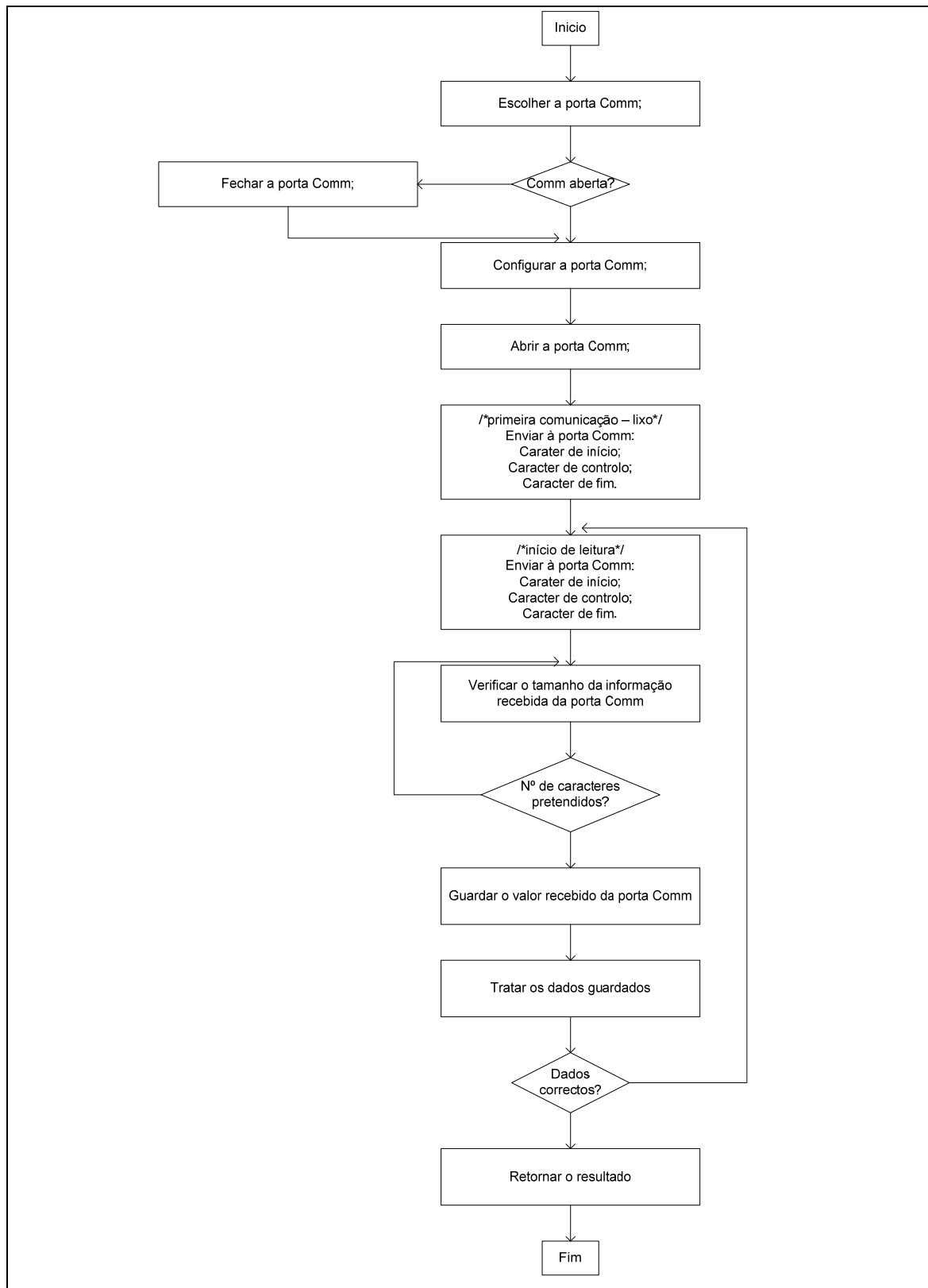


Figura 6-13: Algoritmo para leitura do código de barras.

No caso de existir a necessidade de fazer uma leitura, fora da sequência de montagem, do código de barras de uma peça ou de um produto, esta pode ser feita através do clique no botão “Teste Scanner na Com 1”.



Figura 6-14: Botão para teste do leitor de código de barras.

6.1.7 Module Aparafusadora

Como já foi referido no capítulo 5.2.1 o controlador pode ser comandado através de sinais injectados na ficha de 26 pinos. O controlador está programado para iniciar o ciclo de aparafusamento quando lhe é dado o sinal de *Start*. Quando inicia o ciclo de aparafusamento o sinal *Busy* fica activo, aguardando pelo sinal de aparafusamento concluído OK ou NOTOK. Caso o resultado seja OK o controlador fica automaticamente pronto para receber um novo sinal de *Start*. Caso contrário (sinal NOTOK activo) é necessário enviar o sinal de *Reset* para eliminar o erro. Sempre que o sinal OK estiver activo, o controlador fica à espera do sinal de *Start* para iniciar um novo ciclo de aparafusamento. Toda esta sequência pode ser esquematizada no algoritmo da Figura 6-15.

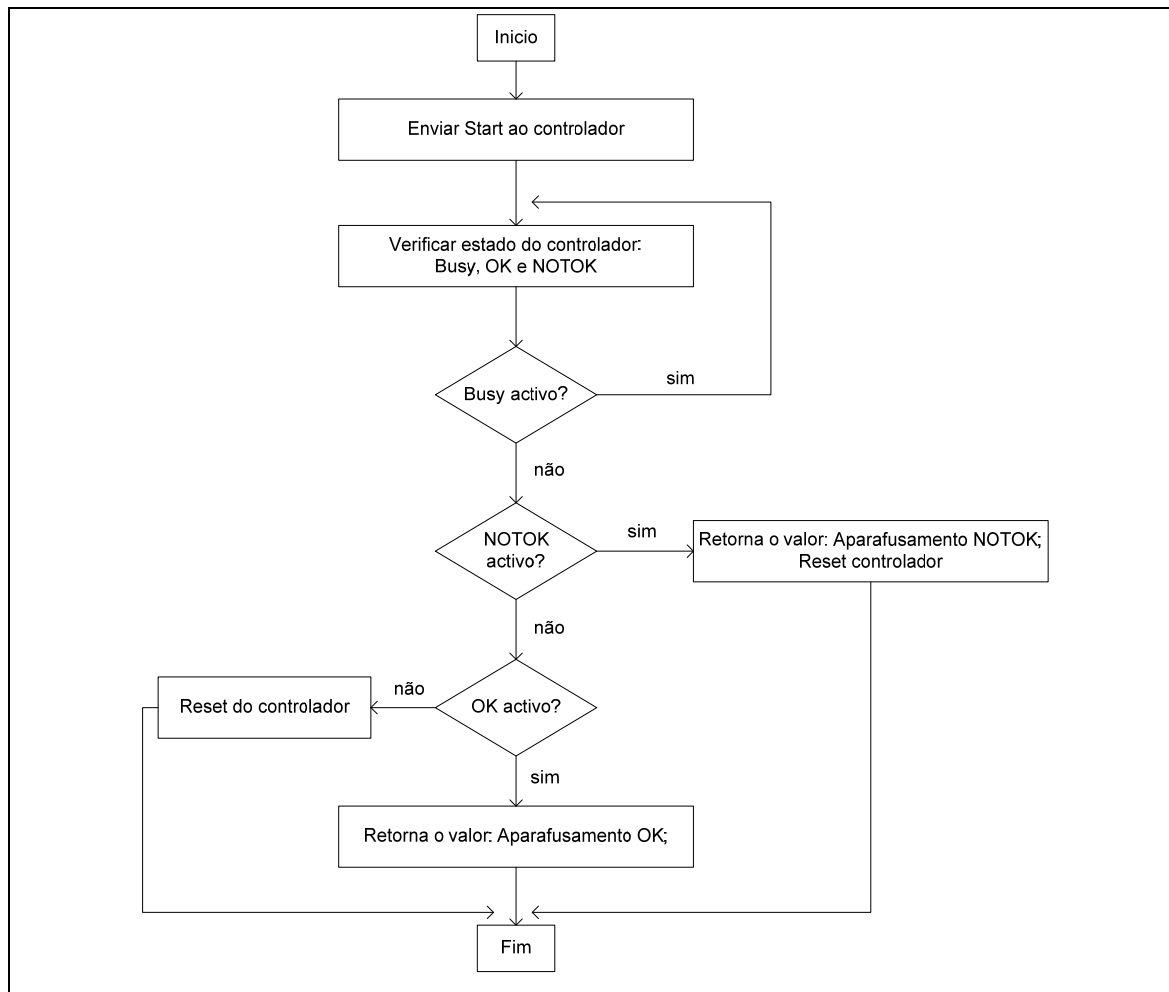


Figura 6-15: Algoritmo para controlo da aparafusadora.

Caso seja necessário a utilização da aparafusadora fora da sequência de montagem, na janela principal (Figura 6-1) podemos encontrar um botão (“Aparafusadora”) que inicia uma sequência de aparafusamento.



Figura 6-16: Botão para início de uma sequência de aparafusamento manual.

6.1.8 Module Impressora

A impressora utilizada é configurável através da porta RS232. Para tornar acessível e de fácil alteração, foi criado um ficheiro onde está especificado na primeira linha a configuração da impressora (temperatura da cabeça, velocidade, contraste, etc.). Na segunda linha temos a configuração do código de barras (tipo de código, posição,

altura e largura) e na terceira linha temos a configuração do texto (fonte, posição, altura e largura). De seguida é apresentado o algoritmo utilizado nesta função.

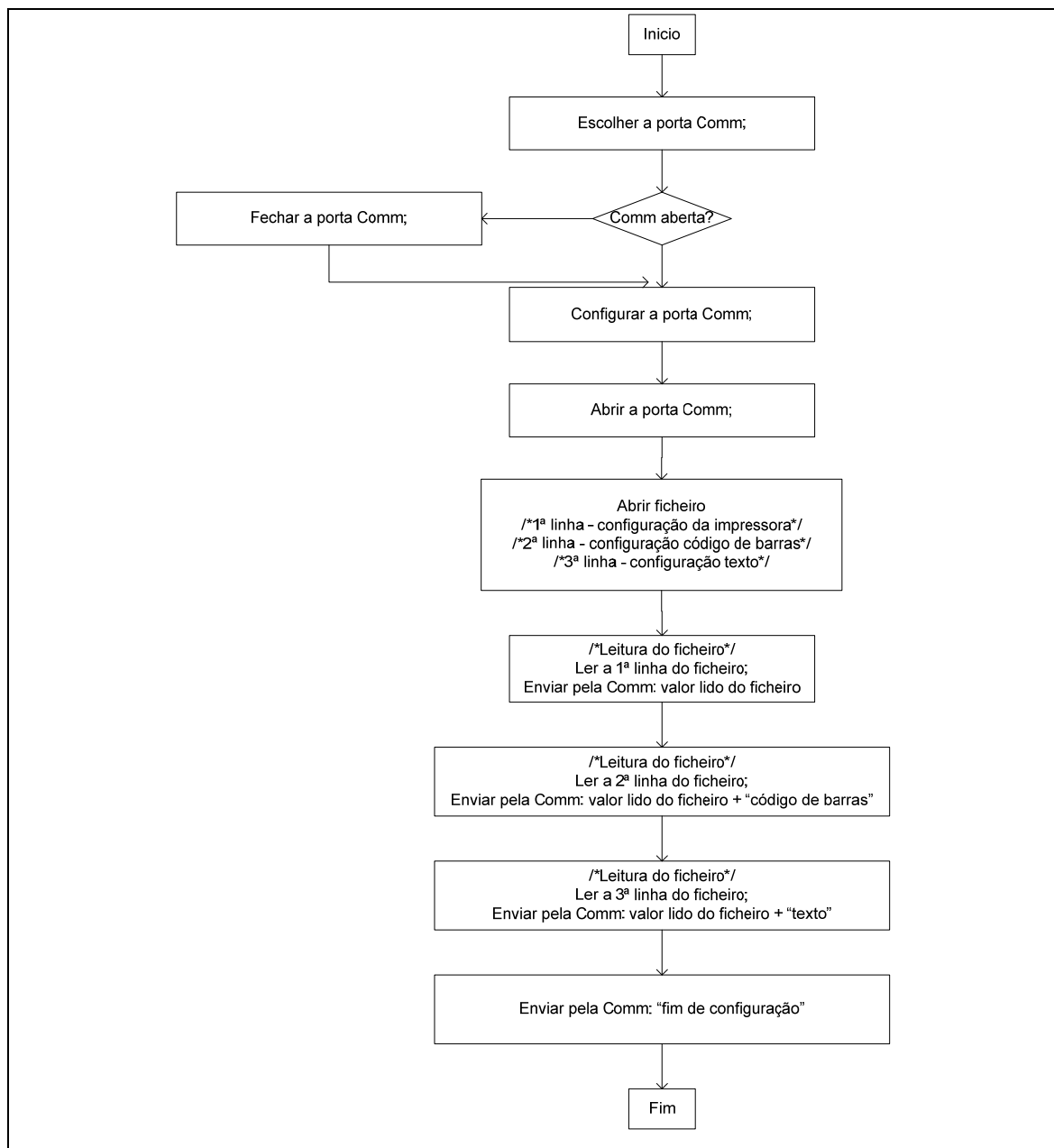


Figura 6-17: Algoritmo para configuração e envio de dados para impressora.

Na janela principal (Figura 6-1) podemos encontrar um botão que faz o teste à impressora imprimindo uma etiqueta modelo.



Figura 6-18: Botão para teste da impressora.

6.1.9 Module Contador

Para o controlo de produção num posto de trabalho existe um contador que indica o número de produtos montados neste. Sempre que um produto é montado correctamente no posto de trabalho, o contador é incrementado. Para garantir que esta numeração é armazenada, o resultado do contador é guardado em ficheiro sempre que haja uma actualização. Ao iniciar a aplicação, o ficheiro é carregado e o contador é actualizado.

Devido à produção ser feita por turnos, é conveniente que o contador seja inicializado a zero no início de cada turno. Para isto existe um botão (Figura 6-20) que reinicia o contador.

Na Figura 6-19 representa-se o algoritmo utilizado para as funções de carregar, inicializar e actualizar o contador e o respectivo ficheiro.

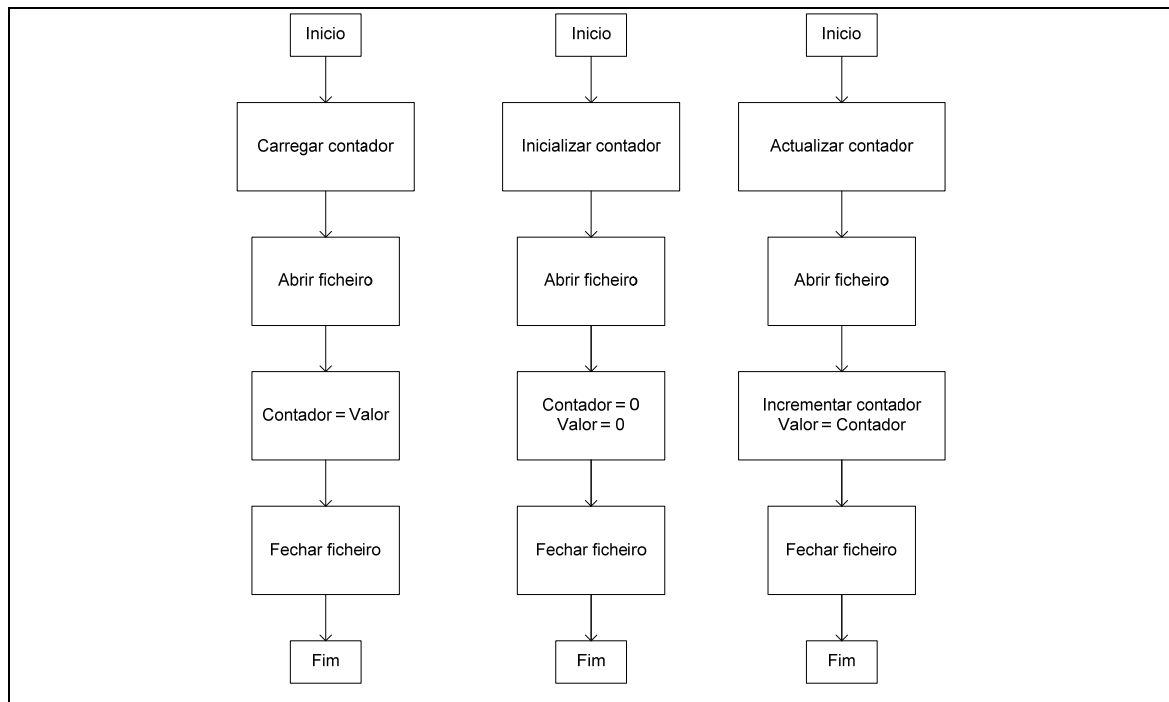


Figura 6-19: Algoritmo contador.

Podemos encontrar na parte superior direita da janela principal (Figura 6-1) o contador e o respectivo botão para colocar a zero o mesmo.

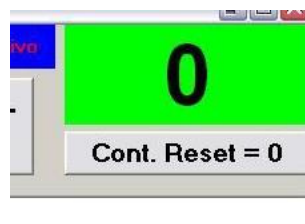


Figura 6-20: Contador de produtos.

Capítulo 7

Resultados

Vamos agora ver em pormenor um dos postos da linha de montagem. O dispositivo é o que se apresenta na Figura 5-13 c) e o posto está representado na Figura 7-1.



Figura 7-1: Posto de montagem da tampa superior do mecanismo.

Este dispositivo foi criado para a montagem e aparafusamento da tampa superior no mecanismo. A primeira etapa da aplicação é garantir que todas as partes do dispositivo se encontram na sua posição inicial:

- A tampa está aberta;
- Não detecta a presença da tampa superior no suporte do dispositivo;
- E que não existe nenhum mecanismo no dispositivo

Os passos para a montagem são os seguintes:

1. Colocar o mecanismo no suporte com o código de barras virado para cima;
 - *Espera pelo sinal de presença do mecanismo no suporte*
2. Colar a etiqueta de sinalização (raio laser);
 - *Leitura do código de barras do mecanismo*

- *Comunica com a base de dados para saber o estado do mecanismo*
 - *Caso não tenha passado no posto anterior é mostrado uma mensagem de erro e é pedido para retirar o mecanismo reiniciando o processo de montagem*
- 3. Colocar a tampa superior no mecanismo;
 - *Espera pelo sinal de presença da tampa no suporte*
- 4. Fechar a tampa do dispositivo;
 - *Desbloqueia a tampa do dispositivo (cilindro pneumático)*
 - *Espera pelo sinal do sensor tampa fechada*
 - *Bloqueia a tampa do dispositivo (cilindro pneumático)*
- 5. Aparafusamento do parafuso 1
 - *Colocar aparafusadora no alimentador e espera pelo sinal do vacuostato (presença do parafuso)*
 - *Inserir aparafusadora na posição 1 e carregar no botão para iniciar aparafusamento*
 - *Caso o aparafusamento não for bem concluído a tampa é desbloqueada, é mostrada uma mensagem de erro pedindo para levar o mecanismo para o reparador reiniciando o processo*
- 6. Aparafusamento do parafuso 2
 - *Colocar aparafusadora no alimentador e espera pelo sinal do vacuostato (presença do parafuso)*
 - *Inserir aparafusadora na posição 2 e carregar no botão para iniciar aparafusamento*
 - *Caso o aparafusamento não for bem concluído a tampa é desbloqueada, é mostrada uma mensagem de erro pedindo para levar o mecanismo para o reparador reiniciando o processo*
- 7. Aparafusamento do parafuso 3
 - *Colocar aparafusadora no alimentador e espera pelo sinal do vacuostato (presença do parafuso)*
 - *Inserir aparafusadora na posição 3 e carregar no botão para iniciar aparafusamento*
 - *Caso o aparafusamento não for bem concluído a tampa é desbloqueada, é mostrada uma mensagem de erro pedindo para levar o mecanismo para o reparador reiniciando o processo*
- 8. Aparafusamento do parafuso 4
 - *Colocar aparafusadora no alimentador e espera pelo sinal do vacuostato (presença do parafuso)*
 - *Inserir aparafusadora na posição 4 e carregar no botão para iniciar aparafusamento*
 - *Caso o aparafusamento não for bem concluído a tampa é desbloqueada, é mostrada uma mensagem de erro pedindo para levar o mecanismo para o reparador reiniciando o processo*

9. Imprimir etiqueta de código de barras para o novo produto
10. Abrir a tampa do dispositivo;
 - *Desbloqueia a tampa do dispositivo (cilindro pneumático)*
 - *Espera pelo sinal do sensor tampa aberta*
 - *Bloqueia a tampa do dispositivo (cilindro pneumático)*
11. Colar etiqueta na área designada na parte superior da tampa
12. Retirar o mecanismo do dispositivo;
 - *Espera pela ausência do sinal do mecanismo no dispositivo*
 - *Incrementar o contador*
 - *Registrar na base de dados o resultado “Bom” deste novo produto*
13. (Volta ao início do processo de montagem);

Algumas das imagens utilizadas no *software* de interface estão na Figura 7-2. Estas imagens auxiliam o operador na montagem do produto.

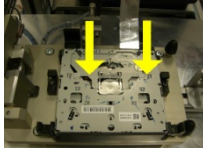
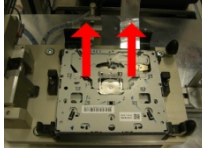
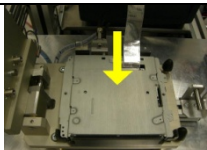
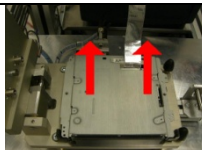
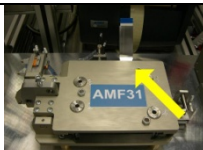
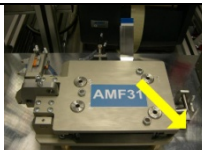
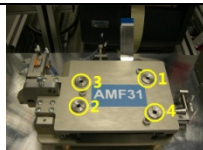
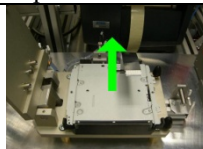
				
Bom	Mau	Colocar mecanismo	Retirar mecanismo	Colar etiqueta de aviso
				
Colocar tampa superior	Retirar tampa superior	Abrir tampa	Fechar tampa	Ordem de aparafusamento
				
Scanner do código de barras	Inserir aparafusadora no alimentador	Colar código de barras na tampa	Impressão da etiqueta de código de barras	Retirar mecanismo Bom

Figura 7-2: Algumas das imagens utilizadas no *software* de interface.

7.1 Dispositivos

Conforme as necessidades do cliente, foram desenvolvidos vários dispositivos para a montagem dos produtos pretendidos. Todos os dispositivos estão aptos para serem integrados na bancada standard.

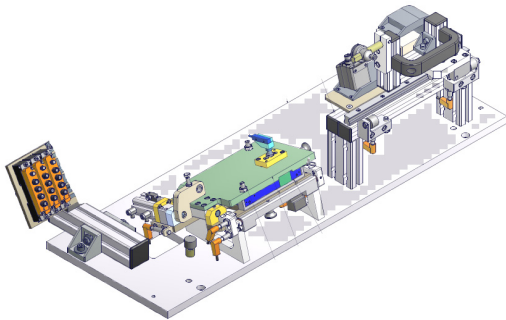


Figura 7-3: Desenho 3D dispositivo 1

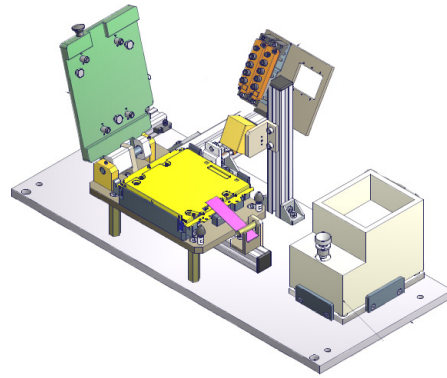


Figura 7-4: Desenho 3D dispositivo 2

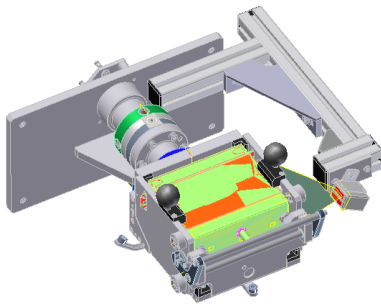


Figura 7-5: Desenho 3D dispositivo 3

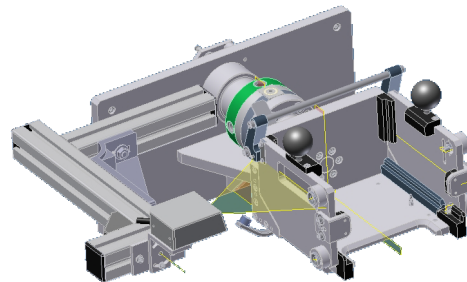


Figura 7-6: Desenho 3D dispositivo 4

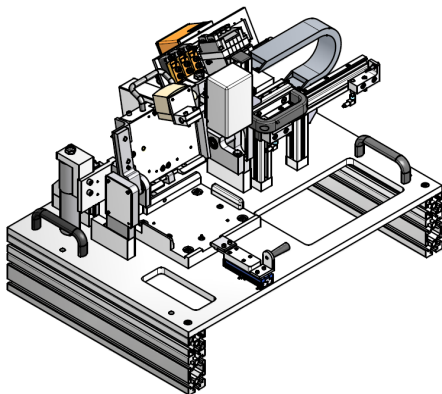


Figura 7-7: Desenho 3D dispositivo 5

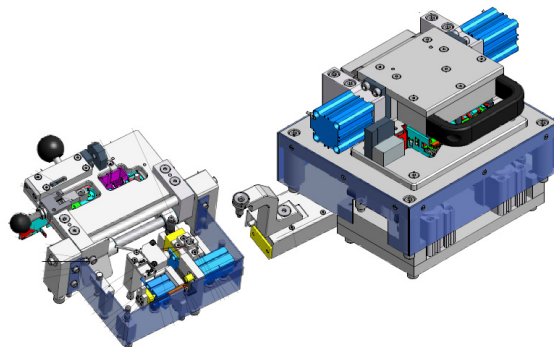


Figura 7-8: Desenho 3D dispositivo 6

Os dispositivos são dotados de uma ficha *harting* para a ligação pneumática e AS-i. Graças à versatilidade da rede AS-i, qualquer dispositivo pode ser ligado a uma bancada standard. Tem a vantagem de se poder acrescentar sensores, actuadores,

módulos de entradas e saídas sem necessidade de alterações no quadro eléctrico da bancada nem acréscimos de cabos de interligação bancada/dispositivo.

Em termos de *software* todos os *module* são utilizados da mesma forma para todos os dispositivos, apenas muda o *module* principal onde cada dispositivo tem uma sequência de montagem.

Capítulo 8

Conclusões e trabalho futuro

O propósito desta dissertação é de criar bancadas standard com protocolo de comunicação AS-i e utilização de um *software* para controlo do dispositivo e interface com o operador feito em Visual Basic. Estas bancadas estão dotadas de uma ficha *harting* para conexão fácil e segura e estão capacitadas para funcionar com qualquer um dos dispositivos criados.

Toda a comunicação com os módulos AS-i já tinha sido testada anteriormente a este projecto, reduzindo assim o número de erros nesta parte do *software* desenvolvido.

Inicialmente ocorreram falhas na comunicação de dados com os *scanner* devido a uma configuração errada no *software* de interface. Devido a alguma inexperiência com as aparafusadoras eléctricas, estas inicialmente não estavam a funcionar correctamente com o *software*. Solucionadas estas anomalias deu-se início à instalação das bancadas.

As bancadas e os dispositivos foram instalados no cliente, onde se iniciaram os testes em produção. Neste momento a linha já se encontra em produção.

Ao iniciar a passagem de produtos por cada posto de trabalho, foram detectadas algumas anomalias ao nível do *software* e assinaladas algumas correcções mecânicas a serem feitas nos dispositivos. Ao nível do *software* existiam falhas relacionadas com a comunicação com a Oracle e falhas no controlo dos dispositivos. Na parte mecânica foram feitas algumas retificações de peças, que estavam a danificar o produto, e alterações ao nível funcional.

A utilização da comunicação AS-i nos dispositivos teve um grande impacto a nível de cablagem. Do dispositivo para o quadro eléctrico apenas existem dois cabos, o amarelo AS-i e o preto auxiliar. Graças a este sistema, colocar mais um sensor no dispositivo é rápido e simples, basta ligar numa das bases de entradas para o efeito. Assim podemos concluir que é vantajoso a nível económico a utilização de AS-i neste sistema.

Ao nível do cliente tem-se tido um feedback muito positivo em relação ao sistema implementado. As alterações pedidas, relacionadas com o processo de montagem ao nível de *software*, foram facilmente resolvidas. A colocação de periféricos foi facilmente lograda devido ao *software* ter sido estruturado por blocos independentes.

Com este novo sistema de bancada standard, quando existe um novo produto para a linha de montagem já não é necessário mudar o posto todo, agora apenas é necessário criar o novo dispositivo e trocar pelo anterior, sem necessidade de alterar a bancada, seja eléctrico, pneumático ou mecânico.

Para cada posto de trabalho foi criado um manual de instrução que abrange vários pontos importantes: a segurança, o funcionamento, a manutenção e informações úteis para o cliente e utilizador.

Para trabalho futuro pretende-se fazer novas versões do *software* aumentando a eficiência deste e ambiciona-se alterar ou criar novas linhas de montagem com este inovador sistema.

Referências

- [1] ITEC – *Iberiana Technical*, consultado em Abril/Maio de 2009. <<http://www.itec.pt>>.
- [2] Site oficial da Ford em Portugal, “*A Evolução da Produção em Série*”, consultado em 21 de Abril de 2009.
<<http://www.ford.pt/SobreFord/InformacaoSobreEmpresa/Heritage/The%20EvolutionofMassProduction>>.
- [3] Catalogues - bus-system-as-interface-2008-2009 - ifm-electronic, consultado em Abril de 2009.
<<http://pdf.directindustry.com/pdf/ifm-electronic/bus-system-as-interface-2008-2009/544-34572.html>>.
- [4] Fuji Electric FA Components & Systems Co., Ltd., consultado em Abril de 2009.
<http://www.fujielectric.co.jp/fcs/eng/as-interface/seihin/cable/img/photo_1.jpg>.
- [5] PHOENIX CONTACT | FIELDLINE AS-Interface, consultado em Abril de 2009.
<http://www.phoenixcontact.com.pt/450_477.htm>.
- [6] AS-Interface, consultado em Abril de 2009. <<http://www.as-interface.net/Homepage>>.
- [7] Catálogo da FESTO, consultado em Abril de 2009.
<https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ptbr/PDF/PT/TYP10_PT.PDF>.
- [8] Programa Prof2000, consultado em Abril de 2009. <<https://www.prof2000.pt>>.
- [9] <http://www.parker.com/literature/Literature%20Files/br/download/automation/pdf/man_tiranta-do125_200_por.pdf>.
- [10] Programa Prof2000, consultado em Abril de 2009.
<<http://www.prof2000.pt/users/lpa/Pneum%C3%A1tica%20industrial.pdf>>.
- [11] COEL, controles eléctricos ltda, consultado em Abril de 2009.
<http://www.syar.com.uy/pdf/coel/inductivos_capacitivos.pdf>.
- [12] ifm, catálogo 2008
- [13] Código de barras - Wikipédia, a enciclopédia livre, consultado em Abril de 2009.
<http://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_de_barras>.
- [14] QR Code - Wikipédia, a enciclopédia livre, consultado em Abril de 2009.
<http://pt.wikipedia.org/wiki/QR_Code>.
- [15] Datalogic Scanning, the Worldwide Leader in Multi-Platform Auto ID Solutions, consultado em Abril de 2009. <<http://www.scanning.datalogic.com/default.aspx>>.
- [16] Rastreabilidade - Wikipédia, a enciclopédia livre, consultado em Abril de 2009.
<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Rastreabilidade>>.
- [17] SIEMENS, consultado em Abril de 2009.

- <http://www.siemens.com.br/templates/produto.aspx?channel=3677&channel_ter_nivel=3596&produto=6810>.
- [18] Fischertechnik, “*Pneumatic Robots*”, consultado em Abril de 2009.
<http://www.fischertechnik.de/en/schule/materialien/arbeitsblatt/pdf/Info_por.pdf>.
- [19] <http://archiwum.elektroinstalator.com.pl/artyk/2006_05/50.htm>.
- [20] Bosch Rexroth Pneumatics, consultado em Abril de 2009.
<<http://www.boschrexroth.com/pneumatics-catalog/Vornavigation/VorNavi.cfm?Language=EN&PageID=g8324>>.
- [21] Bihl+Wiedemann GmbH: The AS-Interface Masters, consultado em Abril de 2009.
<<http://www.bihl-wiedemann.de/englisch/index.html>>.
- [22] <<http://hongkong01.rs-online.com/mobile/search/searchBrowseAction.html?method=getProduct&R=2211892>>.
- [23] Lean Manufacturing - Wikipédia, a enciclopédia livre, consultado em Abril de 2009.
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Lean_Manufacturing>.
- [24] DataLogic™, Quick Reference Guide Matrix 400™.
- [25] <<http://www.tasksrl.it/foto/cbx%20100-500.jpg>>.
- [26] <<http://shopping.banner-link.com.br/loja/images/L730/Foto1p54919.jpeg>>.
- [27] Profibus - Wikipédia, a enciclopédia livre, consultado em Abril de 2009.
<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Profibus>>.
- [28] PROFIBUS PA, consultado em Abril de 2009. <<http://www.profibus.com/pb/>>.
- [29] Fieldbus - Wikipédia, a enciclopédia livre, consultado em Abril de 2009.
<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Fieldbus>>.
- [30] SMAR - Protocolo Profibus, consultado em Abril de 2009.
<<http://www.smar.com/brasil2/profibus.asp>>.
- [31] Weighing-systems.com, Fieldbus overview, consultado em Dezembro 2008.
<<http://www.weighing-systems.com/TechnologyCentre/fieldbus1.html>>.

Anexo I

Tabela 8-1: Tabela de comparação dos *fieldbus*. [31]

Fieldbus	Technology	Year	Physical	Max Devices	Max Distance	Primary
Name	Developer	Introduced	Media	Nodes	(typical)	Applications
Profibus DP/PA	Siemens	DP:1994 PA:1995	Twisted pair or fibre	32 without repeaters	200m	Inter-PLC communication
				127 with repeaters	800m	Factory automation
Interbus-S	Phoenix Contact	1984	Twisted pair, fibre, slip ring	256	400m	Assembly, welding and materials handling machines
	Interbus Club					
DeviceNet	Allen-Bradley	1994	Twisted pair for signal and power	64	500m	Assembly, welding and materials handling machines
Arcnet	Datapoint	1977	Coax, twisted pair, fibre	255	400-2000feet	
AS-I	AS-I Consortium	1993	Two wire cable	31 slaves	100-300m	Assembly, packaging and materials handling machines
Foundation Fieldbus H1	Fieldbus Foundation	1995	Twisted pair, fibre	IP addressing essentially unlimited	100-2000m	
IEC/ISA SP50 Fieldbus	ISA & Fieldbus Foundation	1992-1996	Twisted pair, fibre, and radio	IS: 3-7; non-IS 128	500-1700m	
Seriplex	APC	1990	4-wire shielded cable	500+ devices	>500 feet	
WorldFIP	WorldFIP	1988	Twisted pair, fibre	repeaters	2 km	Real-time control, process/machine
				256 with repeaters	>10 km	
LONWorks	Echelon	1991	Twisted pair, fibre, power line	32,000 per domain	2000m	
SDS	Honeywell	1994	Twisted pair for signal and power	64 nodes, 126 addresses	500m	Assembly, materials handling, packaging, sortation
ControlNet	Allen-Bradley	1996	Coax, fibre	99	250-1000m	Mission-critical, plant-wide networking of PCs, PLCs
CANOpen	CAN in Automation	1995	Twisted pair, optional signal and power	30	25-1000m	Sensors, actuators, automotive
Industrial Ethernet	DEC, Intel, Xerox	1976	Thin Coax, twisted pair, fibre, thick coax	1024, more via routers	185m (thin)	
Modbus Plus	Modicon		Twisted pair	32 per segment, 64 max	500m per segment	
Modbus RTU/ASCII	Modicon		Twisted pair	250 per segment	350m	
Remote I/O	Allen-Bradley	1980	Twinaxial	32 per segment	6km	
Data Highway Plus (DH+)	Allen-Bradley		Twinaxial	64 per segment	3km	
Filbus	Gespac		Twisted pair	32 without repeaters	1.2km	Remote I/O, data acquisition
				250 with repeaters	13.2 km	
Bitbus	Intel		Twisted pair	32 without repeaters	1.2km	Intelligent I/O modules, Process control
				250 with repeaters	13.2 km	

Anexo II

Protocolo de comunicação [3]

O Actuador-Sensor interface (AS-i) introduz novas bases tecnológicas na concepção das instalações e na automatização. Deste modo, tanto o fabricante como o utilizador, usufruem de vantagens económicas em relação ao dimensionamento, colocação em funcionamento e manutenção das suas máquinas. Ao contrário dos habituais protocolos de comunicação de campo, AS-i têm uma estrutura que permite uma integração até ao nível do sensor.

AS-i

Com o sistema AS-i a cablagem reduz-se drasticamente, já que as ligações convencionais (em paralelo), desde o sensor e/ou actuador até ao controlador, já não são necessárias (Figura 8-1). Deste modo, o utilizador economiza um bom número de bornes, caixas de derivação, cartas de entradas e saídas e emaranhamento de condutores.



Figura 8-1: Ligação AS-i [5].

Variedade de conexões

Na rede AS-i podem-se conectar até 248 sensores binários e 186 actuadores por cada cabo AS-i. Do mesmo modo, os sensores aptos para este protocolo podem ser integrados na rede em qualquer momento. Os sensores com AS-i integrado proporcionam mais informações ao controlador sem que seja necessária cablagem adicional. Por este motivo, a esta nova geração de sensores são denominados também de sensores inteligentes.

Alimentação de tensão e transmissão de dados

Tanto a alimentação de tensão como a comunicação de dados de todos os sensores são geralmente feitas através de um cabo AS-i (amarelo). Em alguns aparelhos os actuadores podem também ser alimentados através deste mesmo cabo. No caso de ser necessário altas correntes de saída ou uma ligação de paragem de emergência, os actuadores recebem alimentação de um segundo cabo preto semelhante ao amarelo com tensão auxiliar independente de 24V.



Figura 8-2: Cabos AS-i Bus [4].

AS-i é o único *bus* de campo que foi desenvolvido para os cabos de dois condutores sem blindagem. A instalação pode ser efectuada sem cortes no cabo e as derivações e ramificações podem ser feitas em qualquer parte da instalação através de conectores de derivação.

Automatização descentralizada

Presentemente, defende-se a utilização de uma automatização descentralizada. Enquanto alguns anos atrás a tendência levava a utilização de controladores cada vez maiores, com maior rendimento, e com um controlo centralizado das instalações, agora tende-se a soluções mais distribuídas. Na mesma instalação, processam-se funções

importantes num controlador pequeno e descentralizado. Apenas uma pequena parte da informação importante é transferida para o processador central.

As vantagens deste tipo de solução são óbvias:

- Programas mais simples e curtos, o que facilita a implementação dos diferentes segmentos de uma instalação.
- Redução de paragens da máquina, já que se uma unidade avariar a instalação continua em funcionamento sem restrições.
- Cablagem mais curta, intercâmbio de dados entre os controladores através do sistema *bus*.
- Montagem simples e rápida, capacidade de expansão.

Devido a sua estrutura simples, AS-i é uma excelente escolha para a implementação no âmbito dos sensores/actuadores e nos controladores descentralizados (Figura 8-3).

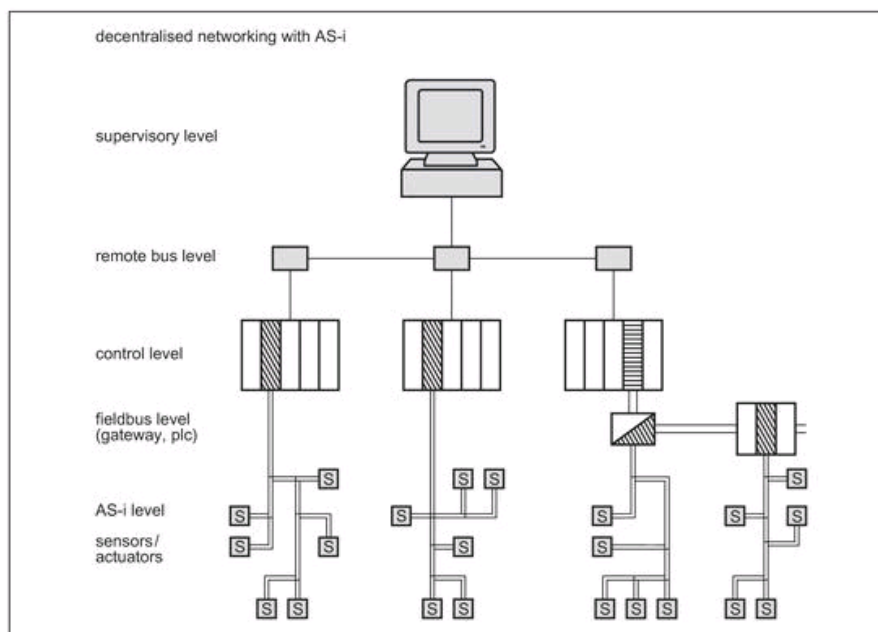


Figura 8-3: Ligação descentralizada com AS-i [3].

A estrutura básica para uma rede AS-i (ver Figura 8-4) é constituída por um *master*, os *slaves* e uma alimentação AS-i. Em casos de necessidade o utilizador pode adicionar na rede AS-i módulos de monitorização de segurança, repetidores, controladores de defeitos a massa e outras ferramentas de diagnóstico.

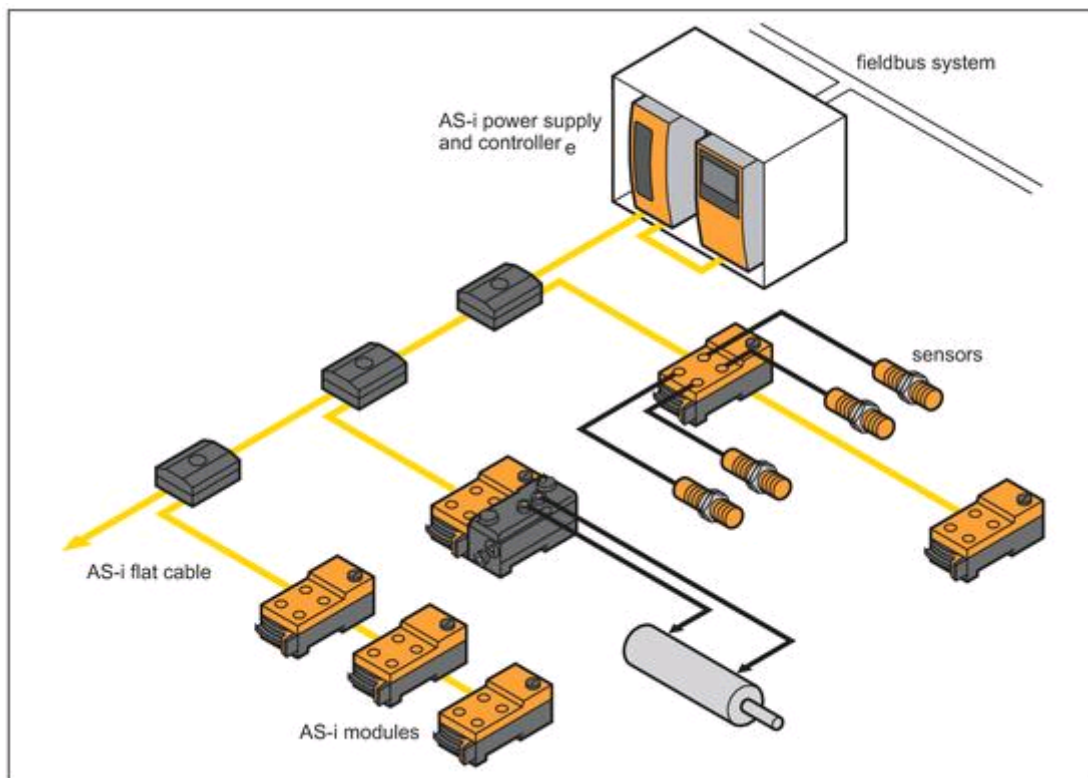


Figura 8-4: Estrutura básica da rede AS-i [3].

AS-i na pirâmide da automatização

O sistema AS-i está estabelecido na base da pirâmide de técnicas de automatização. Dentro desta hierarquia situa-se abaixo das comunicações de campo. As vantagens do AS-i são a simplicidade, a velocidade, a cablagem rápida e a relação custo/desempenho.

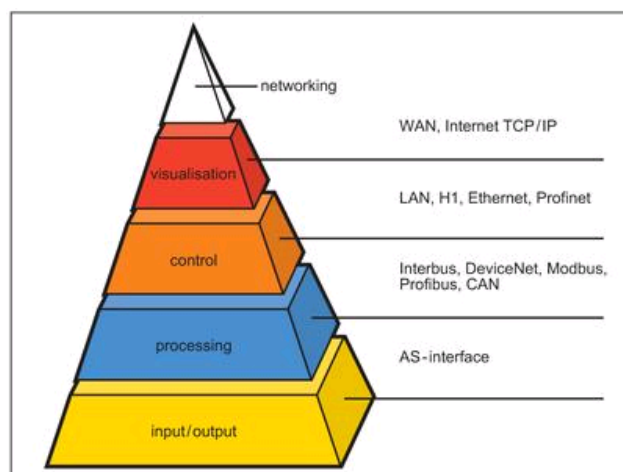


Figura 8-5: Pirâmide da automatização [3].

Master

O *master* como parte central

O accionamento do sistema AS-i, isto é, a comunicação com os *slaves*, controla-se e verifica-se permanentemente no *master*. Ao mesmo tempo proporciona-se a informação binária dos actuadores/sensores através de um interface dos controladores superiores (PLC, PC, CN). A programação é feita da mesma forma que até aqui é utilizada (os programas existentes podem seguir a ser utilizados). Também neste caso se reflecte a concepção prática do AS-i. O utilizador percebe que, em vez da utilização dos módulos de I/O, é o próprio sistema AS-i que proporciona os sinais dos periféricos. Estas funções de gestão são realizadas directamente ao nível do hardware do master.

Sistema mono-*master*

AS-i utiliza um único *master* por cada sistema. Este *master* envia ciclicamente sinais de controlo de estado a todos os módulos do sistema. A localização física do *master* na ramificação AS-i é irrelevante, já que cada módulo dispõe de um endereço individual. Este endereço é armazenado em cada *slave* de forma permanente na sua EPROM. O sistema mono-*master* garante tempos de ciclos permanentes e definidos. Estes tempos dependem do número de módulos e na sua máxima extensão têm uma duração de 5 a 10 milissegundos.

Master com ligação ao PC

A carta *master* AS-i para o PC oferece todas as funcionalidades do PC (visualização, controlo de processo, recolha de dados) em combinação com o AS-i. Graças ao seu desenho industrial e ao seu baixo custo, os computadores utilizam-se cada vez mais para o controlo de máquinas dentro do sector da automação. Nestes casos as vantagens do AS-i integram-se directamente no sistema. O utilizador pode utilizar uma linguagem de programação de alto nível, sempre que seja utilizado o driver específico do AS-i, já que é este que estabelece a comunicação com a carta *master*.

Perfil, características e estrutura do *Master*

O *master* AS-i pode ter um ou mais perfis dependendo de quais são as suas prestações. Com a evolução das funcionalidades do *slave*, também se há integrado as novas funções nos perfis do *master*. A Tabela 8-2 e a Tabela 8-3 mostram a compatibilidade entre o *master* e o *slave* e as características do AS-i.

Tabela 8-2: Compatibilidade entre o *master* e o *slave* [3].

Perfil	Funcionalidade
M0	Intercâmbio cíclico de dados, apenas dados binários, sem modo de endereçamento extensivo
M1	Igual ao M0, adicionando dados analógicos e parâmetros AS-i acíclico
M2	Intercâmbio cíclico de dados e parâmetros AS-i acíclicos
M3	Igual a M1, completa-se com o modo de endereçamento extensivo (62 <i>slaves</i>), e o protocolo analógico S-7.3.x e S-7.4.x
M4	Igual ao M3, completa-se com o protocolo de dados de transmissão de <i>bytes</i>

Tabela 8-3: Características AS-i [3].

Características AS-i	
Topologia (cablagem)	Estrutura em árvore, em linha, em linha com ramais de derivação, em anel, em estrela
Meio	Cabo de dois fios sem blindagem
Sinais	Dados e alimentação através de um cabo, máximo 8
Comprimento do cabo	100m, com possibilidade de alongar através de um repetidor
Número de <i>slaves</i> por rede	31...62
Dados úteis por <i>slave</i>	Dados de 4 bits (cíclicos), parâmetros de bits (acíclicos), >4 bits com protocolo de dados (multiplex)
Número de I/O binários (acíclicos)	124 I/O (um único <i>slave</i>), 248 I + 186 O (A/B <i>slaves</i>)
Processamento de valores analógicos	31x4 canais possíveis mediante protocolo de <i>slave</i> S-7.3
Número de I/O analógicas (cíclicas)	124 <i>words</i>
Transmissão de dados parametrizados	Vários bytes, unidireccional / bidireccional
Número de <i>master</i> / redes	Opcional perante multi-master, controladores ou gateway
Tempo de ciclo	5...10 ms
Tipo de acesso	<i>Polling</i> cíclico, sistema de <i>master</i> único
Endereçamento	Permanente no <i>slave</i>
Deteção de erros	Identificação e repetição da mensagem de erro

O *master* AS-i é composto fundamentalmente por quatro níveis (Figura 8-6). O nível de comunicação mais baixo corresponde a parte analógica, responsável pela qualidade dos telegramas de dados e da forma de onda dos impulsos enviados através do cabo amarelo. A alimentação de corrente desta parte é feita através do mesmo cabo amarelo.

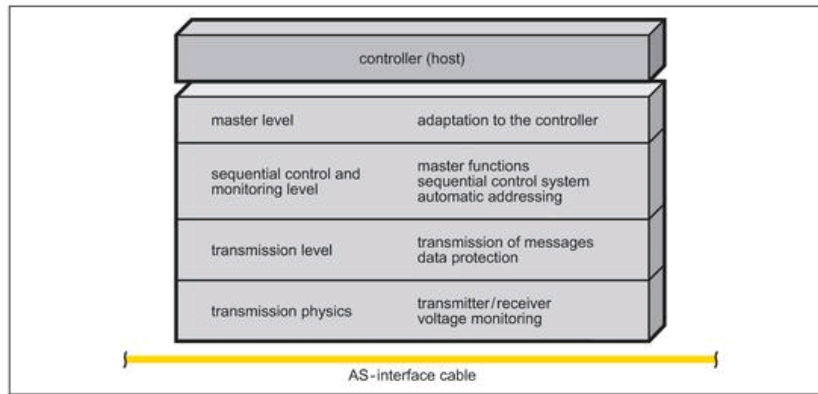


Figura 8-6: Estrutura do *master* AS-i [3].

O nível de transmissão encarrega-se do intercâmbio de telegramas com os *slaves*. O *master* comunica com todos os *slaves* ciclicamente por ordem crescente de endereço. Esta tarefa pode demorar entre 5 a 10 ms, conforme o número de *slaves* inseridos na rede AS-i (entre 31 a 62 *slaves*). A transmissão do telegrama é sempre feita pela mesma ordem e não pode ser alterado.

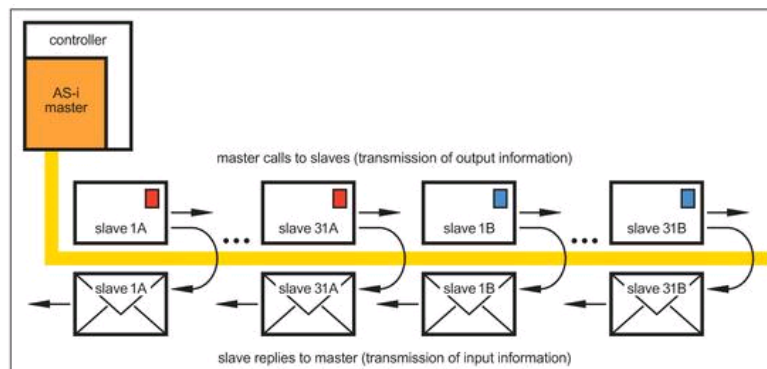


Figura 8-7: Ciclo de comunicação *master* / *slave* [3].

Monitor de Segurança (*Safety at Work*)

Safety at Work possui a máxima categoria de controlo 4 conforme a norma EN954-1 (IEC 61508 / SIL 3), por isso, pode ser utilizada em situações de paragem de emergência com categoria 0 ou 1. AS-i *Safety at Work* pode ser implementado numa instalação nova ou mesmo em uma instalação já existente, já que, funciona da mesma forma que o *master*.

Para além de controlar todos os *slaves* de segurança ligados, o monitor de segurança desempenha também o papel de corte geral no caso de ocorrência de uma avaria ou interrupção dos dispositivos de segurança. Este componente vem portanto, substituir o habitual relê de segurança que até agora é utilizado nos sistemas em paralelo.

O monitor de segurança avalia a comunicação AS-i, mas no entanto não pode trabalhar sem a presença de um *master*. Realiza uma avaliação dos estados através dos bits de dados no *master*, utilizando um código de segurança baseado no protocolo de 4 bits. Em cada *slave* seguro existe uma tabela de código de 8x4, individual para cada *slave*, como uma impressão digital. Deste modo é assegurado que cada *slave* transmite um código diferente. Este código é introduzido no telegrama de dados durante os 8 ciclos do AS-i (Figura 8-8).

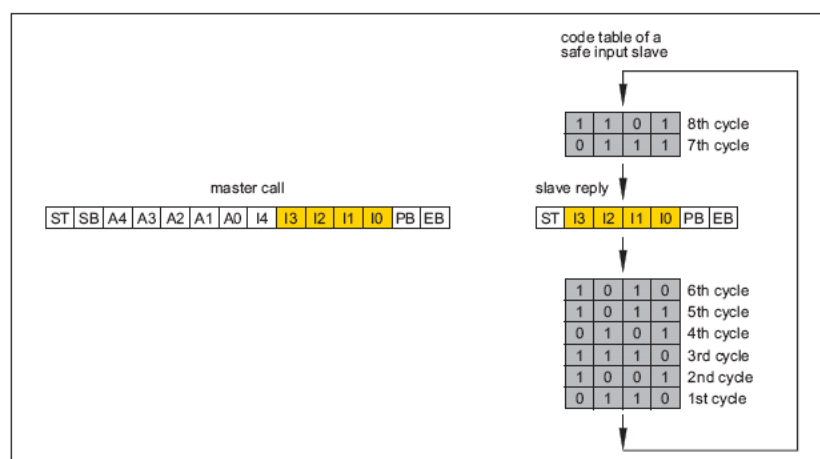
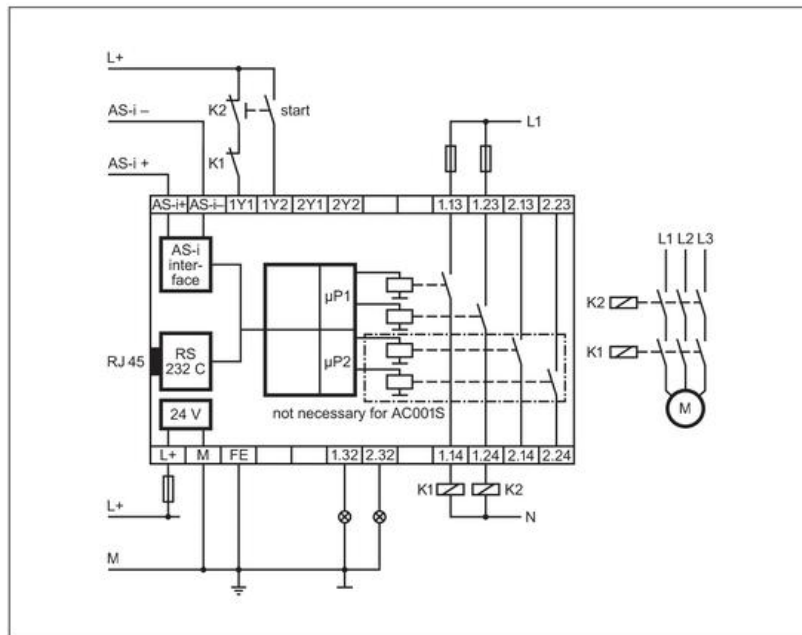


Figura 8-8: Código de segurança na mensagem AS-i [3].

Existem monitores de segurança de 1 e 2 canais que podem ser operados separadamente e de forma independente. Os *slaves* de segurança podem ser agrupados e

O monitor de segurança pode operar com ou sem um endereçamento definido, mas é recomendado que este seja endereçado já que, o diagnóstico só pode ser realizado pelo *master*.



Como o nome indica, o monitor de segurança actua como um dispositivo de vigilância que controla as sequências de códigos específicas dos *slaves* de segurança e que fica activo no caso de avaria. Em cada ciclo do AS-i é comprovado a conformidade da análise da sequência do código. No caso de ser transmitido uma sequência errada ou o código “0 0 0 0” (código de activação do dispositivo de segurança), o monitor de segurança desliga-se num tempo máximo de 40 ms.

Os *slaves* de segurança dividem-se fundamentalmente em dois tipos: *slave* inteligente, integrado directamente no sensor, e o *slave* em módulo de entrada clássico, com duas entradas seguras. Os *slaves* de segurança necessitam de um *slave* standard AS-i, um gerador de sequência de códigos e a sua própria sequência de código. De notar que o código “0 0 0 0” e “1 1 1 1” estão bloqueados e não podem ser utilizados para o intercâmbio de dados.

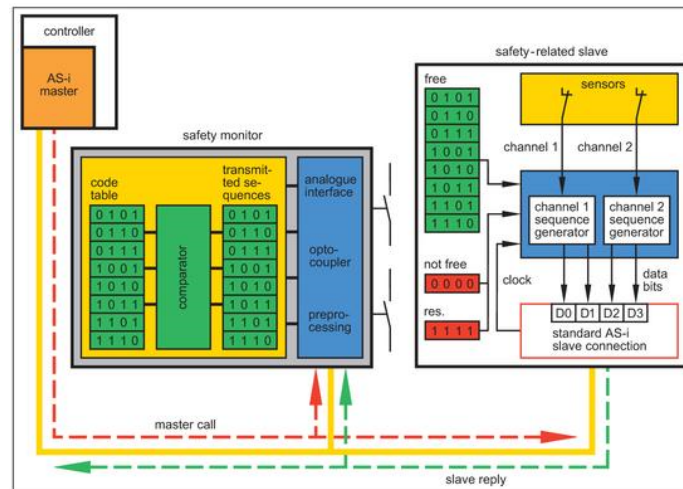


Figura 8-10: Diagrama de blocos de um *slave* de segurança [3].

Software de configuração

A configuração das saídas de segurança (OSSD) com as entradas dos *slaves* de segurança pode realizar-se comodamente através do *software* de configuração. Este *software* funciona em qualquer PC compatível com *Windows* e utiliza a porta RS232 para comunicar com o monitor de segurança, ficando toda a informação armazenada no módulo, de forma segura, mesmo que falhe a alimentação.

Através deste *software* de configuração pode-se realizar as seguintes funções:

- Atribuição das entradas de segurança para os dispositivos de controlo.
- Funções como a paragem de emergência, protecção fotoelétrica, módulos de entrada, etc.
- Atribuição de entradas de *hardware* ou AS-i aos módulos de início.
- Selecção de módulos de saída, por exemplo, a categoria Stop 0 ou 1.

Acessórios para AS-i

Para se implementar uma rede AS-i existem vários acessórios que ajudam a facilitar esta tarefa. Entre estes encontramos a unidade de endereçamento, os adaptadores de endereçamento, os bornes e fichas para o cabo plano.

Unidade de endereçamento

O endereçamento dos *slaves* pode ser realizado basicamente de duas formas: com a unidade de endereçamento independente ou mediante o *software* no *master* AS-i. Na maioria dos casos é utilizado a unidade de endereçamento, devido ao seu fácil manuseamento que simplifica a instalação e a colocação em funcionamento de uma rede AS-i.



Figura 8-11: Unidade de endereçamento [3].

A unidade pode ser utilizada intuitivamente. As funções das cinco teclas são: “incrementar endereço (+)”, “decrementar endereço (–)”, “escrever endereço/confirmar (*Write/Set*)”, “leitura endereço/ligar dispositivo (*Read/On*)” e “mudar o modo de funcionamento (*MODE*)”. O *display* integrado indica em cada momento a informação relativa ao modo seleccionado e aos dados lidos ou escritos nesse momento.

A unidade de endereçamento tem as seguintes características:

- Endereçamento de *slaves* standard e de *slaves* compatíveis com o modo de endereçamento estendido.
- Indicação de todos os *slaves* AS-i disponíveis na rede.

- Leitura e registo dos dados e parâmetros dos *slaves*.
- Indicador de falhas de periféricos de um *slave*.

Conexões de dispositivos ao cabo AS-i

Dado o sistema AS-i não ter limitações em relação às possibilidades de topologias de ligação, todas as estruturas imagináveis são realizáveis: em estrela, em árvore, em linha ou em cadeia. Por um lado, são precisos componentes para a ramificação dos cabos AS-i nos pontos de derivação, e por outro lado, são necessários elementos de ligação para os *slaves* AS-i.

Estes elementos podem ser conectores para o cabo plano, estandardizados e simples, e adequados para a ramificação da rede AS-i e da alimentação auxiliar de 24V.

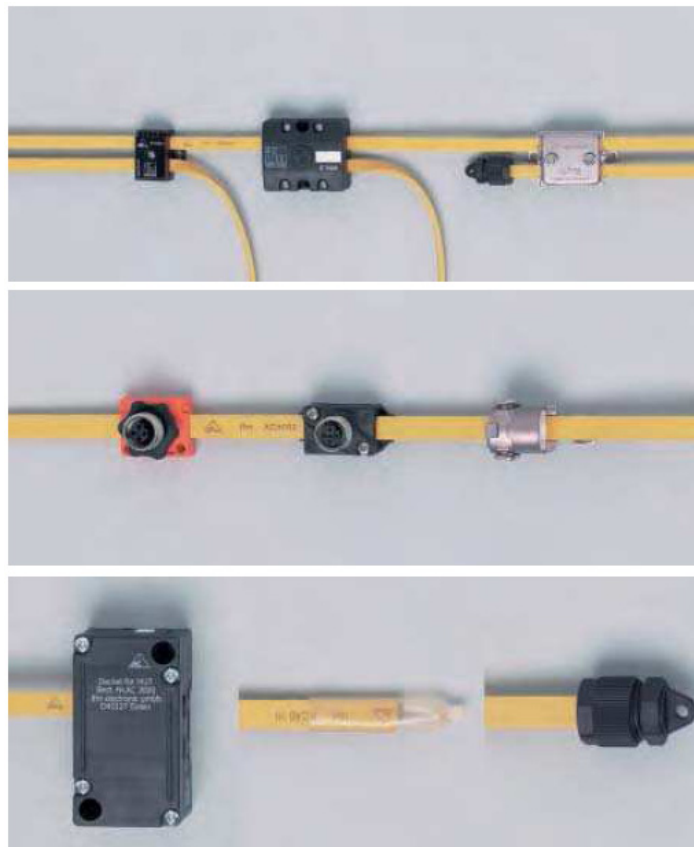


Figura 8-12: Acessórios para derivações, ligações e terminações do cabo AS-i [3].