

João Pedro Borges Araújo Oliveira da Silva

Automação e Controlo Para uma Célula de Assemblagem
Automática de Centralinas

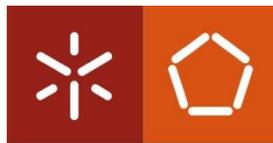


Universidade do Minho
Outubro de 2008

Automação e Controlo Para uma Célula de Assemblagem
Automática de Centralinas

João Pedro Borges Araújo Oliveira da Silva

Tese submetida na Universidade do Minho
para a obtenção do grau de
Mestre em
Engenharia Electrónica Industrial E Computadores



Universidade do Minho
Setembro de 2008

Trabalho realizado sob a orientação do:
Prof. Jaime Francisco Cruz Fonseca

À minha família

Agradecimentos

Ao Professor Jaime Fonseca, meu orientador nesta dissertação, pelo seu incentivo, compreensão e exigência demonstrada ao longo de todo o trabalho.

Ao amigo João Vilaça, pelo seu apoio e orientação ao longo deste trabalho, contribuindo muito para o bom andamento do trabalho.

Aos meus colega de laboratório André Costa, por toda ajuda e disponibilidade demonstrada.

Aos meus colegas de curso pela força e apoio nas horas mais difíceis.

Á empresa Silgal pela oportunidade dada.

A todo o pessoal que trabalha na Silgal pelo seu espírito de entreatuda e companheirismo.

Ao Eng. Zózimo, Eng. Nuno e Eng. Gonçalves pela troca de informação, e sugestões dadas.

Aos meus pais José e Maria pelo apoio, incentivo e esforço concedido para que completa-se com sucesso toda a minha formação académica.

As minhas irmãs Maria e Ana pela paciência e força que me concederam.

Aos familiares e amigos não mencionados.

A Todos o meu Muito Obrigado!

Resumo

A utilização de soluções cada vez mais autónomas, faz uma empresa mais industrializada e mais atractiva em termos de mercado. A utilização destas soluções, envolve o uso da automação e deve ser acompanhada de sistemas de monitorização juntamente com sistemas de armazenamento de histórico.

Nesta dissertação, é descrito todas as fases de estudo e desenvolvimento de uma célula de montagem automática de centralinas para automóveis topo de gama requisitada pela empresa “DENSO” sediada em Espanha. São apresentados todos os requisitos necessários para o desenvolvimento da célula, que vão desde a fase de estudo e escolha de todos os componentes do sistema até á sua construção.

Nesta dissertação é apresentado o desenvolvimento do sistema que permite Controlar todo o processo de montagem efectuado pela célula. O sistema foi desenvolvido em *Ladder* e implementado num controlador lógico programável (PLC). Como exemplo de algumas das funcionalidades deste sistema temos a visualização de mensagens em tempo real que ilustram o processo de montagem, interface para mudança dos programas de montagem, envio de *tramas* de informação via porta série para o PC ligado ao PLC, interface com todos os perifericos da célula de trabalho, controlo de todas as funcionalidades da célula de trabalho seja em modo automatico como manual.

Palavras-Chave: automação, sistemas RFID, *Grafcet*, PLC.

Abstract

The use of solutions increasingly autonomous makes a company more industrialized and more attractive in terms of market. The use of this solutions, including the use of automation is one of the main paths for the above, and in order to continue this evolution we have to increase and follow all the procedures by the monitorization of systems combined with systems of storing data for research and historical purpose.

In this dissertation, it's described all stages of study and development of automatic assembly unit cells for high-end cars requested by the company "DENSO" of Spain. In this are presented all the necessary requirements for the development of those cells, since the stage of study and choice of all components of the system until its final construction.

In this essay you can also learn about the developing of the system that allows us to control the system procedure operated by the cell. The system was all developed in Ladder and was implemented in a logical controller (PLC). As an example of one of the functions we have the visualization of messages in real time of the assembly procedures, interface for changing the assembly programmes, the exchange of information between PLC to the PC using the RS232 door, and that information goes to all the peripherals that are connect at the work cell, with the control of all the work cell functions, whether they are in manual or in automatic mode.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas	xiv
CAPÍTULO 1	1
Identificação do Problema	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Problema Proposto	4
1.3. Motivação do trabalho.....	4
1.4. Organização da Tese.....	5
1.5. Resumo.....	5
CAPÍTULO 2	7
Célula de Assemblagem	7
2.1. Requisitos da célula a construir.....	7
2.2. Processo de assemblagem	10
2.3. Arquitectura da Célula de trabalho.....	11
2.3.1. Sistemas mecânicos	12
2.3.2. Sistemas electrónicos.....	19
CAPÍTULO 3	27
Aplicação Desenvolvida.....	27
3.1. Introdução.....	27
3.2. Trabalho desenvolvido	28
3.2.1. Controlo do número de parafusos da célula de trabalho	29

3.2.2. Controlo do tempo da peça desde o instante em que saem da máquina que coloca o silicone até ao instante em que é colocada a tampa pelo robô 1 (<i>pick and place</i>)	38
3.2.3. Controlo manual da célula de trabalho, para manutenção e operação individual de todas as partes	45
3.2.4. Gerir os programas da célula de trabalho, criar/ editar/ mudar. Fazendo o interface com os robos e controladores de imagem/ aparafusamento	60
3.2.5. Controlar a barreira de forma segura, para evitar que o operador corra perigo na altura em que houver movimento na parte frontal da célula de trabalho	70
3.2.6. Controlos auxiliares	73
3.2.7. Controlo automático da célula de trabalho	76
3.2.8. Controlo da sinalização luminosa.....	99
3.2.9. Inicializações, Reset's e condições auxiliares necessarios ao correcto funcionamento do controlo da célula de trabalho	100
CAPÍTULO 4	102
Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros	102
4.1. Conclusões.....	102
4.2. Sugestões para Trabalhos Futuros	104
REFERÊNCIAS.....	105

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Estrutura de um PLC.....	2
Figura 1.2 - Pirâmide de Automação.....	3
Figura 1.3 - Célula de montagem de centralinas proposta pelo cliente.....	4
Figura 2.1 – Formato do tabuleiro requisitado pelo cliente.....	8
Figura 2.2 – Estrutura da célula requisitada pelo cliente.....	9
Figura 2.3 – Elementos constituintes da centralina.....	11
Figura 2.4 - Célula de montagem desenvolvida.....	12
Figura 2.5 - Interligação entre os vários sistemas mecânicos que fazem parte da célula.....	13
Figura 2.6 – Elevador responsável pelo descida/subida das peças para/da a área de trabalho.....	13
Figura 2.7 – Elevador responsável pelo descida/subida das peças para/da a área de trabalho.....	14
Figura 2.8 - Robô 1.....	14
Figura 2.9 – Sistema de sucção da tampa.....	15
Figura 2.10 – Sistema de clamping.....	16
Figura 2.11 - Robô 2.....	16
Figura 2.12 - Aparafusadora.....	18
Figura 2.13 - Sequência de aparafusamento para a centralina usada, em que P1, P2, P3, e P4 representam respectivamente parafuso 1, parafuso 2, parafuso 3 e parafuso 4.....	18
Figura 2.14 - Depósitos de parafusos.....	19
Figura 2.15 – Sistema pneumático.....	19
Figura 2.16 – Interligação entre os vários sistemas electrónicos e o computador de secretária [2].	20
Figura 2.17 - Sistema de visão responsável pelo processamento das regiões de gel localizadas na tampa da centralina.....	20
Figura 2.18 - Tampa da centralina com as respectivas zonas de gel e posição programadas, estas zonas variam com a gama de centralina a montar.....	21

Figura 2.19 - Sistema ZFV responsável pela análise do cordão de silicone.	23
Figura 2.20 - Base da centralina e zona do cordão de silicone inspeccionado pelo sensor de silicone [2].	23
Figura 2.21 - Sensor indutivo detector de parafusos [2].....	24
Figura 2.22 - Sensor indutivo detector de rotação de mesa.....	24
Figura 2.23 - Placa multiplicadora de portas série usada na ligação dos vários dispositivos ao computador via RS-232.	25
Figura 2.24 – Consola Tactil – NT21.	25
Figura 2.25 – PLC – CJ1M.	25
Figura 3.1 – <i>Grafcet</i> para descontar parafusos à medida que estes são utilizados.....	29
Figura 3.2 – <i>Grafcet</i> para actualizar o número de parafusos no ecrã.....	31
Figura 3.3 – <i>Grafcet</i> para verificar os limites dos parafusos.....	33
Figura 3.4 – <i>Grafcet</i> para introduzir parafusos.....	35
Figura 3.5 – <i>Grafcet</i> para gerir os <i>timers</i> das peças.....	39
Figura 3.6 – <i>Grafcet timer 1</i> ou <i>timer 2</i> da peça.....	41
Figura 3.7 – <i>Grafcet</i> aviso alarme tempo.....	44
Figura 3.8 – <i>Grafcet</i> controlo da parte frontal da célula de trabalho, mesa/ elevador/ trigger das câmaras – parte 1.....	46
Figura 3.9 – <i>Grafcet</i> controlo da parte frontal da célula de trabalho, mesa/ elevador/ trigger das câmaras – parte 2.....	46
Figura 3.10 – <i>Grafcet</i> para controlo manual do robô 1 – parte 1.....	51
Figura 3.11 – <i>Grafcet</i> para controlo manual do robô 1 – parte 2.....	51
Figura 3.12 – <i>Grafcet</i> para controlo manual do robô 2 – parte 1.....	55
Figura 3.13 – <i>Grafcet</i> para controlo manual do robô 2 – parte 2.....	55
Figura 3.14 – <i>Grafcet</i> para controlo manual do robô 2 – parte 3.....	56
Figura 3.15 – <i>Grafcet</i> para gestão de programas – parte 1.....	62
Figura 3.17 – <i>Grafcet</i> para gestão de programas – parte 3.....	63

Figura 3.16 – <i>Grafcet</i> para gestão de programas – parte 2	63
Figura 3.18 – <i>Grafcet</i> para gestão de programas – parte 4	64
Figura 3.19 – <i>Grafcet</i> para controlar a barreira de forma segura.....	71
Figura 3.20 – <i>Grafcet</i> para inicializar o programa do controlador de imagem.....	73
Figura 3.21 – <i>Grafcet</i> para informar o PC em que modo (automatico/ manual) se encontra a célula de trabalho.....	75
Figura 3.22 – <i>Grafcet</i> Automatico – parte 1.....	81
Figura 3.24 – <i>Grafcet</i> Automatico – parte 3.....	82
Figura 3.23 – <i>Grafcet</i> Automatico – parte 2.....	82
Figura 3.26 – <i>Grafcet</i> Automatico – parte 5.....	83
Figura 3.25 – <i>Grafcet</i> Automatico – parte 4.....	83
Figura 3.27 – <i>Grafcet</i> Automatico – parte 6.....	84
Figura 3.28 – <i>Grafcet</i> Automatico – parte 7.....	84

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Valores da capacidade do equipamento requisitados pelo cliente.....	10
Tabela 2.2 – Configuração dos programas dos robôs	17
Tabela 2.3 – Configuração de bancos e grupo de bancos do controlador de imagem	22
Tabela 2.4 – Ligação entre PLC/ controlador de imagem	22
Tabela 3.1 – Etapas do <i>Grafcet</i> para descontar parafusos à medida que estes são utilizados	30
Tabela 3.2 – Etapas do <i>Grafcet</i> para actualizar o número de parafusos no ecrã	31
Tabela 3.3 – Etapas do <i>Grafcet</i> para verificar os limites dos parafusos	33
Tabela 3.4 – Etapas do <i>Grafcet</i> para introduzir parafusos.....	36
Tabela 3.5 – Etapas do <i>Grafcet</i> para gerir os <i>timers</i> das peças	39
Tabela 3.6 – Etapas do <i>Grafcet timer 1</i> da peça	41
Tabela 3.7 – Etapas do <i>Grafcet timer 2</i> da peça	41
Tabela 3.8 – Etapas do <i>Grafcet</i> aviso alarme tempo	44
Tabela 3.9 – Etapas do <i>Grafcet</i> controlo da parte frontal da célula de trabalho, mesa/ elevador/ trigger das câmaras	47
Tabela 3.10 – Etapas do <i>Grafcet</i> para controlo manual do robô 1	52
Tabela 3.11 – Etapas do <i>Grafcet</i> para controlo manual do robô 2	57
Tabela 3.12 – Etapas do <i>Grafcet</i> para gestão de programas	65
Tabela 3.13 – Etapas do <i>Grafcet</i> para controlar a barreira de forma segura	71
Tabela 3.14 – Etapas do <i>Grafcet</i> para inicializar o programa do controlador de imagem	74
Tabela 3.15 – Etapas do <i>Grafcet</i> para informar o PC em que modo (automatico/ manual) se encontra a célula de trabalho	75
Tabela 3.16 – Etapas do <i>Grafcet Automatico</i>	86

CAPÍTULO 1

Identificação do Problema

1.1. Introdução

Com os mercados cada vez mais globalizados, o grande desafio para as empresas é melhorar a performance e a eficiência dos processos operacionais, reduzir custos e maximizar os lucros. Desta forma as empresas procuram aumentar a produtividade e reduzir os custos do processo, uma das possibilidades é através da automação, seja através da optimização dos processos actuais sem grandes investimentos financeiros, ou através da modificação do processo com investimentos em equipamentos mais modernos e eficientes.

A automação é considerada, actualmente, para as empresas uma ferramenta fundamental para sobrevivência do negócio, pois contribui para o aumento da competitividade, segurança, redução de custos e qualidade do produto. Através da correcta aplicação da automação é possível optimizar os recursos empregados nos diversos sistemas de produção.

A decisão da empresa em automatizar o processo, tem que ser criteriosa, pois a aplicação requer um estudo de viabilidade do projecto, uma vez que o investimento inicial é alto, devido o custo da tecnologia moderna, como também pela complexidade, o que requer profissionais qualificados.

Com o uso crescente da automação e com a evolução da tecnologia os computadores passaram supervisionar os processos industriais.

As empresas estão passando por um processo de revolução, devido à necessidade de especialização da mão de obra, e pela melhor compreensão dos diversos tipos de processos, uma vez que através da automação qualquer grandeza física pode ser controlada.

No início da industrialização, os processos industriais utilizavam o máximo da força da mão-de-obra, porém com o passar do tempo e a valorização do trabalhador, foi preciso fazer algumas alterações nas máquinas e equipamentos, de forma a resguardar a mão-de-obra de algumas funções inadequadas à estrutura física do homem. A máquina passou a fazer o trabalho mais pesado e o homem, a supervisioná-la, com a finalidade de garantir o

controle do sistema de produção, foram colocados sensores nas máquinas para monitorar e indicar as condições do processo.

A produção era composta por etapas ou estágios, nos quais as pessoas desenvolviam sempre as mesmas funções, especializando-se em certa tarefa ou etapa da produção e assim temos o princípio da produção seriada. O mesmo ocorria com as máquinas de produção, que eram específicas para uma aplicação, o que impedia seu uso em outras etapas da produção, mesmo que tivesse características muito parecidas.

Na década de 20 destacaram os mecanismos automáticos fixos e a revolução linha de montagem para a produção em massa, idealizada por Henry Ford. Desta época em diante a área de automação passou por diversos avanços tecnológico, principalmente na área de microelectrónica.

O Controlador Lógico Programável (P.L.C.) surgiu dentro da indústria automobilística americana, especificamente na *Hydronic Division da General Motors*, em 1968, devido a grande dificuldade de mudar a lógica de controla de painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro.

O PLC permitiu reduzir os custos de materiais, mão-de-obra, instalação e localização de falhas ao reduzir a necessidade de fiação e os erros associados. Eles ocupavam menos espaço que os contadores, temporizadores e outros componentes de controle anteriormente utilizados, e a possibilidade de serem programados permitiu uma maior flexibilidade para trocar os esquemas de controlo.

A estrutura de um PLC é mostrada na figura 1.1, no qual o PLC é dividido em três partes: entrada, processamento e Saída.



Figura 1.1 - Estrutura de um PLC

A automação industrial está representada na figura 1.2, através da pirâmide de automação, com os diferentes níveis de automação encontrados em uma planta industrial, na base da pirâmide estão os inversores de frequência, sensores, sistemas de partidas suaves, motores, etc., que enviam sinais para os controladores programáveis que irá processar estas informações. O controlador programável consegue automatizar grande quantidade das acções, substituindo o elemento humano com mais precisão, confiabilidade e rapidez, estas informações são analisadas e os comandos são enviados para os accionamentos. O nível 2 da pirâmide é representado pelos sistemas de supervisão, que em um ambiente de linguagem amigável, facilita o interface homem máquina.

O controlo do processo produtivo da planta encontra-se no nível 3 da pirâmide de automação, que é constituído por bancos de dados com informações dos índices de qualidade da produção. O nível 4 é o responsável pela programação e planeamento da produção realizando o controlo dos suprimentos, e por fim no topo da pirâmide temos as informações ligadas ao sector corporativo da empresa.

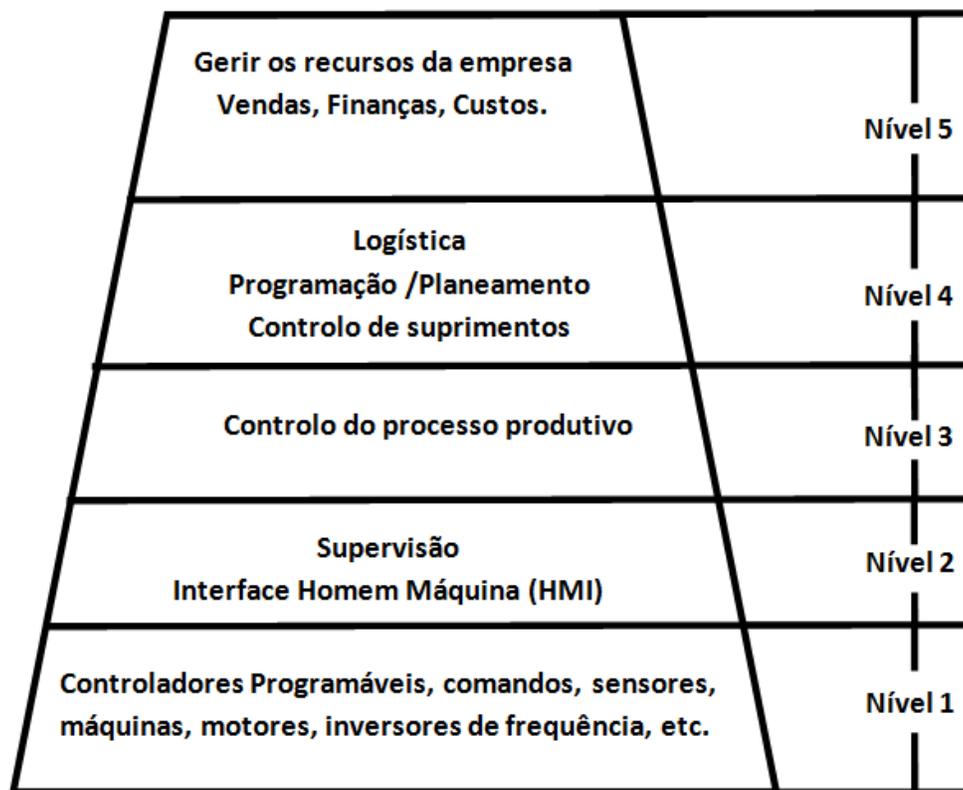


Figura 1.2 - Pirâmide de Automação

1.2. Problema Proposto

O projecto proposto surgiu na sequência de um protocolo entre a empresa Silgal e a Universidade do Minho para o desenvolvimento de uma célula de trabalho, protótipo, para a assemblagem automática centralinas. A célula a construir foi requisitada pela empresa Denso sediada em Barcelona tendo como principal objectivo a automatização de uma linha de assemblagem de centralinas.

Toda a estrutura da célula requisitada encontra-se ilustrada na figura

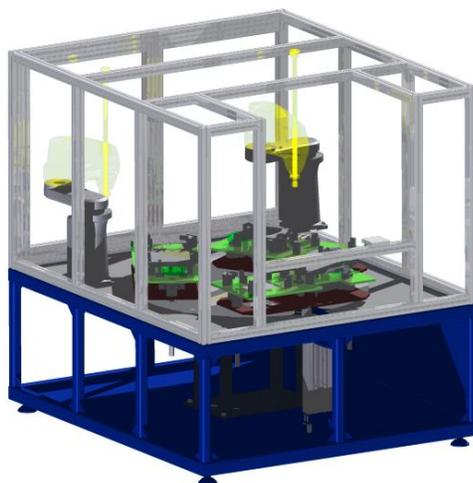


Figura 1.3 - Célula de assemblagem de centralinas proposta pelo cliente.

1.3. Motivação do trabalho

A automatização do processo de assemblagem existente na empresa terá as seguintes vantagens:

- Redução do esforço físico do operador;
- Melhor rapidez de resposta ao atendimento da produção;
- Restabelecimento mais rápido do sistema produtivo;
- Redução da área de trabalho;
- Maior controlo e gestão de toda a produção;

- Redução dos custos de produção;
- Aumento da produção com qualidade tornando o produto final mais barato e mais competitivo em termos de mercado;

Como principal desvantagem temos:

- O elevado custo de desenvolvimento de toda a célula;

1.4. Organização da Tese

O Capítulo 2 apresenta todos os requisitos exigidos pelo cliente para a construção da célula de assemblagem. Posteriormente, é apresentada a célula de assemblagem juntamente com todos os seus sistemas constituintes: mecânicos e electrónicos.

O Capítulo 3 apresenta toda a filosofia de controlo da célula de trabalho. É apresentado em pormenor todas as prioridades para o controlo da célula de trabalho e a sua implementação em *Ladder*.

O Capítulo 4 apresenta as principais conclusões obtidas com a realização deste trabalho, para além de sugestões para trabalhos futuros.

1.5. Resumo

A automação pode ser definida como o estudo da técnica que utiliza recursos, processos, instrumentos, máquinas, capazes de potencializar, ou reduzir, ou até eliminar a acção do homem, ou seja, suas associações de uma forma optimizada e direccionada a conseguir alcançar os objectivos do processo humano. Porém não é a simples substituição do elemento humano dentro do processo fabril, e garantir uma alta produtividade com elevada eficiência e padrão de qualidade, permitindo com isso uma redução no custo final, qualidade do produto, e uma maior disponibilidade da planta.

A automação restitui ao profissional a função de ser pensante no processo industrial, exigindo uma melhor compreensão dos diversos tipos processos e força a criar uma serie de inovações.

CAPÍTULO 2

Célula de Assemblagem

2.1. Requisitos da célula a construir [2]

Como qualquer máquina em fase de desenvolvimento foi-nos fornecido uma série de especificações requisitadas pela empresa compradora (Denso). Das quais devemos realçar as seguintes condições e aspectos de fabrico:

- Construção de uma estrutura metálica em aço onde assentam todas as partes do sistema;
- Utilização de um tabuleiro por produto a trabalhar, a Figura 2.1 apresenta um possível tabuleiro;
- Área de trabalho assente sobre uma mesa rotativa;
- Utilização de um robô de *pick and place* (referência da Denso);
- Utilização de um sistema de pressão para fixação da tampa;
- Utilização de um robô de aparafusamento (referência da Denso);
- Desenvolvimento de uma aplicação de controlo, registo e monitorização de todo o estado do processo em tempo real de modo manter o operador informado sobre o estado do processo de assemblagem;
- Utilização de um sistema automático de inspeção visual de zonas de gel, posição de peças no tabuleiro e estado do cordão de silicone;
- Utilização de uma consola táctil funcional a qual deve possibilitar a comutação dos modos de funcionamento da célula de modo manual para automático e vice-versa, permitindo também a realização de toda a gestão de programas da célula;
- Utilização de um *Negara Switch* (interruptor de arranque de mão) que permite o arranque inicial da célula;

- Capacidade de a célula iniciar o tratamento de peças cinco minutos após a ligação da célula à alimentação;
- Capacidade de programação em linha. Desenvolvimento da célula de modo a que o seu processo de reprogramação possa ser realizado em menos de duas horas;
- Utilização de um sistema de segurança de acordo com as normas europeias;

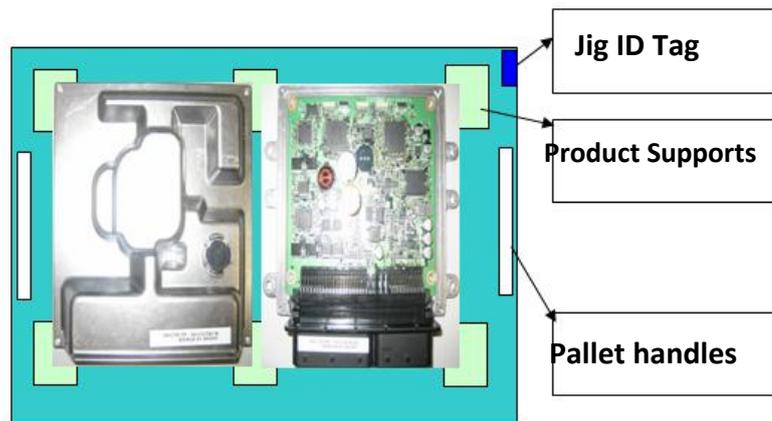


Figura 2.1 – Formato do tabuleiro requisitado pelo cliente [2].

- O operador enquanto elemento controlador e administrador da célula, tem como tarefa a colocação/retirada de produtos/peças desta forma a sua área de trabalho deve ser fixada a 900 milímetros do chão;
- As dimensões aproximadas e aceitáveis para o equipamento são de (1300W x 1500H x 1500D), como mostra a Figura 2.2;
- O *hardware* deve ser disposto de modo a fornecer acesso para a manutenção e limpeza diária pela parte da frente ou pela parte traseira da célula;
- Os painéis eléctricos devem ser actuados por partes externas e devem ser facilmente acessíveis pela frente ou pela parte traseira da máquina;

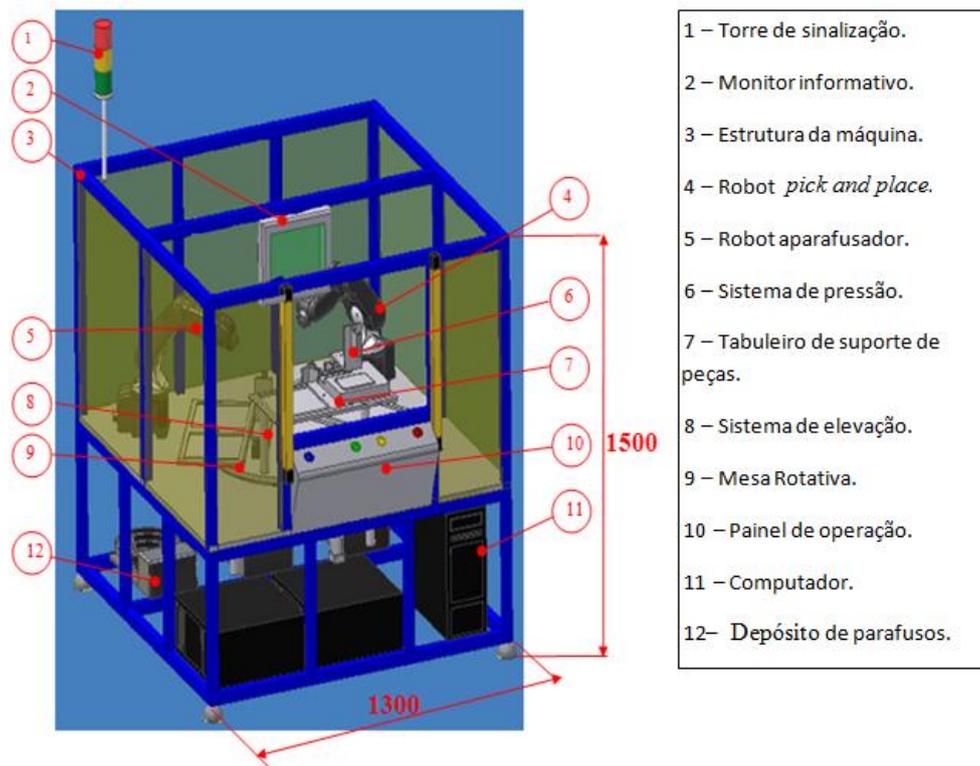


Figura 2.2 – Estrutura da célula requisitada pelo cliente.

Foram também definidos pelo cliente os tempos para uma boa cadência de produção os quais foram subdivididos da seguinte forma: tempo de ciclo, tempo de máquina, tempo de colocação, tempo disponível, percentagem de operação e quantidade processada.

Seguidamente é apresentado mais pormenorizadamente o significado de cada um dos tempos mencionados [2]:

- **Tempo de ciclo (CT)** → é definido como o tempo de entrada das peças até à sua saída, ou seja, é o tempo necessário para a assemblagem completa de uma centralina;
- **Tempo de máquina (MT)** → é definido como a quantidade de tempo necessário para que a célula inicialize, transfira, processe, faça o retorno, e identifique a conclusão do processo;
- **Tempo de colocação (HT)** → é definido como o tempo necessário para carregar e descarregar uma peça da célula;
- **Tempo disponível (AT)** → é definido como o tempo ainda disponível para o processamento dentro de um determinado período de tempo.

- **Percentagem de operação (OR)** → é definida como a percentagem de tempo em que o equipamento deve estar operacional durante o tempo disponível. Usar 85% no cálculo.
- **Quantidade processada (PQ)** → é definida como o número de peças que estão a ser processadas dentro de um tempo de ciclo definido.

Tendo em conta os tempos definidos anteriormente é possível calcular a capacidade do equipamento que é dada por:

$$EC = \left(\frac{AT \times OR}{CT} \times PQ \right)$$

Tempos	Valores definidos
CT	25 Segundos por parte ou menos
HT	5 Segundos por parte ou menos
MT	20 Segundos por parte ou menos
AT	26712 Segundos por deslocamento 26712 Segundos por turnos
OR	85%
PQ	1
EC	908 Partes por deslocamento

Tabela 2.1 – Valores da capacidade do equipamento requisitados pelo cliente [2].

2.2. Processo de assemblagem

O processo de assemblagem da centralina passa por três posições:

- Posição 1:

- Colocação, por parte do operador, dos elementos constituintes da centralina na área de assemblagem;
- Verificação de todos os requisitos de avanço, são eles as zonas de gel, cordão silicone, distribuição das peças no tabuleiro;
- Levantamento da centralina assemblada;
- Posição 2
 - Colocação da tampa em cima da base realizada pelo robô *pick and place* (Pos.2);
- Posição 3
 - Realização do aparafusamento da centralina pelo robô 2;

Tampa**Base + PCB****Centralina Completa****Figura 2.3 – Elementos constituintes da centralina.**

2.3. Arquitectura da Célula de trabalho

Depois do estudo de todos os requisitos fornecidos pelo cliente desenvolveu-se uma célula formada por um conjunto de soluções mecânicas as quais são comandadas por soluções electrónicas. No fim obtivemos um produto funcional que respondia às necessidades do cliente (figura 2.4).

A célula pode ser dividida em duas estruturas: estrutura inferior e estrutura superior.

A estrutura inferior contém toda a cablagem, bem como os controladores dos robôs, depósitos de parafusos, sistema pneumática é sobre esta estrutura que se encontram presentes os mecanismos de accionamento e deslocamento de paletes (tabuleiros).

Por sua vez a estrutura superior da célula serve de protecção ao impedir o acesso das pessoas ou corpos estranhos ao normal funcionamento da célula. É através de uma abertura na estrutura que o operador tem acesso à área de trabalho da célula usando a mesma para a introdução/retirada da centralina. Anexados a esta estrutura temos todos os equipamento de monitorização do processo de assemblagem bem como os sistemas de processamento de imagem.

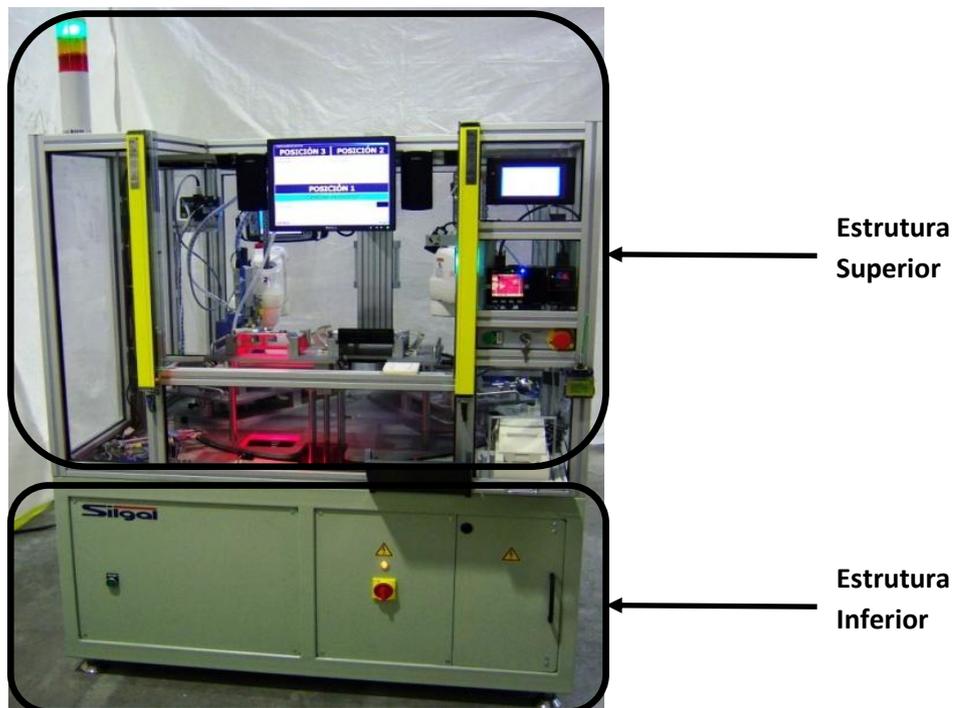


Figura 2.4 - Célula de assemblagem desenvolvida.

2.3.1. Sistemas mecânicos

Para responder às necessidades do cliente foram escolhidos os seguintes sistemas mecânicos ilustrados na figura 2.5.

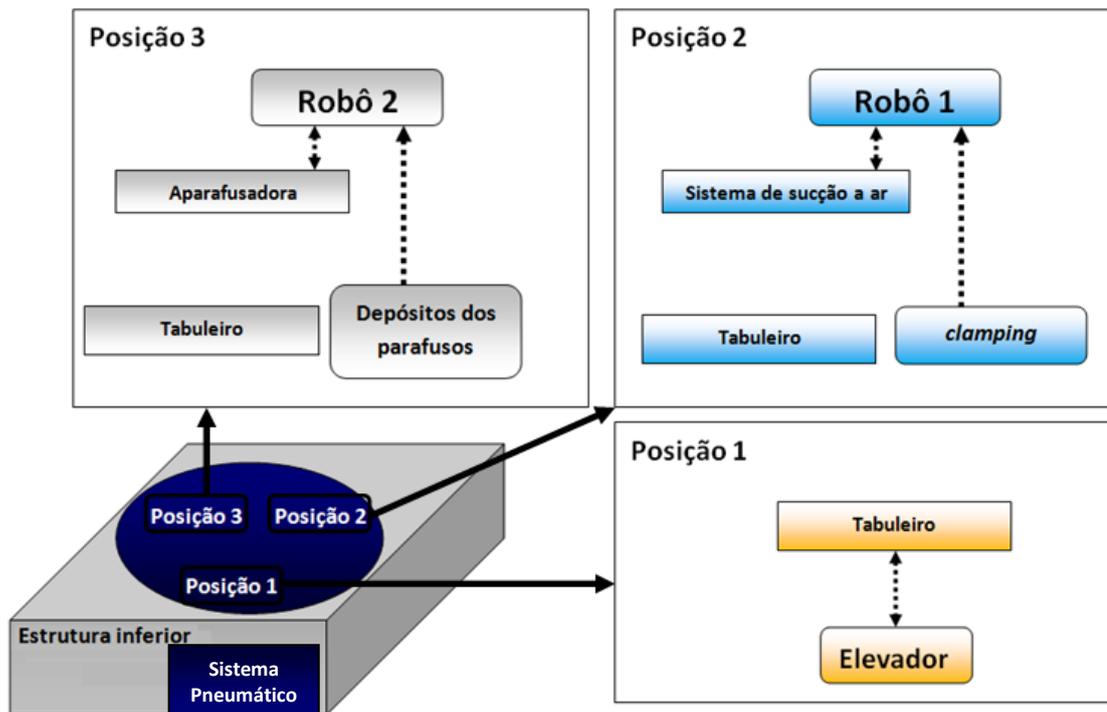


Figura 2.5 - Interligação entre os vários sistemas mecânicos que fazem parte da célula.

Posição 1

Elevador

Elevador, sistema responsável pela elevação/descida da mesa de trabalho, é constituído por um cilindro pneumático, e por um conjunto de peças que fixam o cilindro às mesas elevatórias. Estas peças, figura 2.6, garantem que a mesa se mantenha conectada ao cilindro durante o processo de subida e descida do tabuleiro.



Figura 2.6 – Elevador responsável pelo descida/subida das peças para/da a área de trabalho.

Tabuleiro

Os tabuleiros são especificamente desenvolvidos para cada produto a ser assemblado, inicialmente o tabuleiro fabricado e testado foi para o produto Jaguar V8.

Cada tabuleiro tem um sistema de *clamping* responsável pela fixação da tampa à base através de um processo mecânico, este sistema é accionado no fim da realização do *pick and place* por parte do robô 1 e é desactivado no fim da realização do aparafusamento por parte do robô 2.

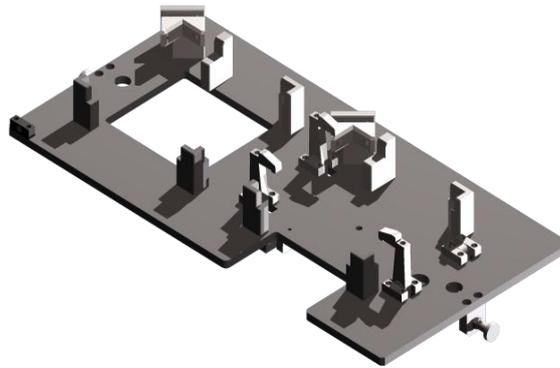


Figura 2.7 – Elevador responsável pelo descida/subida das peças para/da a área de trabalho.

Posição 2

Robô 1

- Responsável pela realização da colocação da tampa da centralina em cima da sua base, usando um sistema de sucção a ar comprimido para agarrar a tampa;
- Após a conclusão de todo o processo com sucesso acciona um *clamping*, que é um sistema de pressão auxiliar que permite uma melhor fixação entre a tampa e base;
- Comunica com o autómato com a finalidade de o informar de todo o seu estado actual de processamento;



Figura 2.8 - Robô 1.

Sistema sucção

- Sistema constituído por um peça de suporte de ventosas e 3 ventosas que produzem o vácuo necessário para efectuar a elevação da tampa e transporte da mesma, para a posterior colocação em cima da base;
- Encontra-se acoplado ao robô 1 e possibilita o ajuste na vertical;
- Para levantar a tampa o robô aproxima as ventosas da mesma e activa o sistema de vácuo;
- Seguidamente o robô levanta a tampa e faz o deslocamento da mesma colocando-a em cima da base accionando um sistema de *clamping*;
- Por fim o robô desactiva o vácuo e regressa à posição de *home* “inicial”;

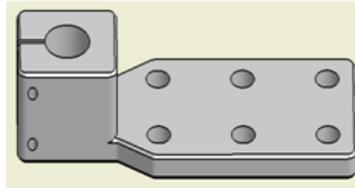


Figura 2.9 – Sistema de sucção da tampa.

Clamping

O sistema é constituído por dois pares de cilindros pneumáticos e seus respectivos componentes mecânicos para bloqueio/desbloqueio.

Pela figura 2.10 é possível observar para além dos cilindros temos também os suportes (B), e uma platina de ataque e accionamento (C).

O princípio de funcionamento deste sistema é o seguinte:

- Quando accionados os cilindros avançam até ao fim do seu curso.
- Conforme o caso bloqueiam ou desbloqueiam o *clamping*;
- Depois os cilindros retrocedem á posição *home*;
- Por último o prato rotativo não avança se por qualquer razão o sistema não realiza a recuperação para a posição *home*;

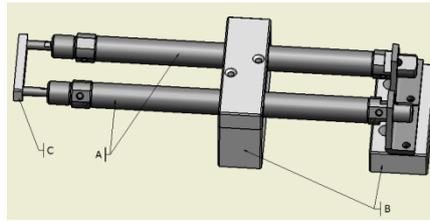


Figura 2.10 – Sistema de clamping.

Posição 3

Robô 2

- Responsável pela deslocação da aparafusadora para as coordenadas correctas de aparafusamento;
- Encontra-se interligado aos depósitos de parafusos e é responsável pela sucção dos parafusos contidos no depósito dos parafusos;
- Comunica com o autómato para lhe fornecer toda a informação relativa ao seu estado de processo actual;



Figura 2.11 - Robô 2.

O interface entre os robôs e o PLC é feito através de I/O digitais. Estes são usados para seleccionar os programas a executar pelos robôs e também para saber o estado dos mesmos.

Ambos os robôs contem vários programas que necessitam ser executados, alguns são obrigatórios pois são processos de inicialização (Limpar erros, Motor power on, Motor speed 100%) e outros são opcionais para a boa execução do processo na máquina. Na tabela 2.2 podemos ver a combinação de I/O necessária para a execução de cada um dos programas.

Controlo			Dados					
Bit2	Bit1	Bit0	Bit2	Bit1	Bit0	Strobe	Descrição	Robô
0	0	1	X	X	X	1	Limpar erros	½
0	0	0	0	0	1	1	Motor power on	½
0	0	0	0	1	0	1	Motor speed 100%	½
0	1	0	0	0	0	1	Home position	½
0	1	0	0	0	1	1	Programa principal	½
0	1	0	0	1	0	1	Mudar programa	½
0	1	0	0	1	1	1	Testar torque	2
0	1	0	1	0	0	1	Cospe parafuso	2
0	1	0	1	0	1	1	Inicializa robo2	2
0	1	0	1	1	0	1	Retirar aparafusadora	2

Tabela 2.2 – Configuração dos programas dos robôs

Aparafusadora

- Da marca Atlas Copco;
- Acoplada ao robô 2;
- Responsável pelo aparafusamento;
- A sequência de aparafusamento da centralina usada pode ser visualizada na Figura 2.13.
- Comunicação com o autómato para o envio de novos programas de aparafusamento;

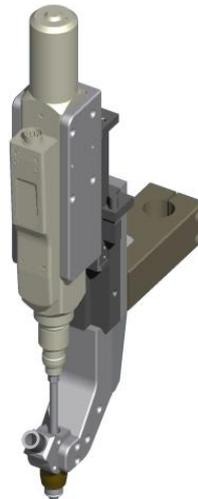


Figura 2.12 - Aparafusadora.

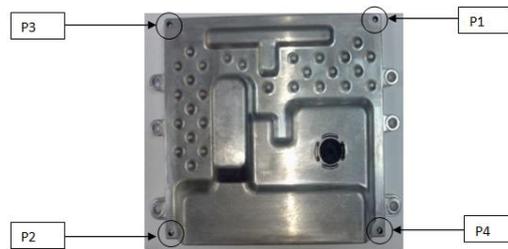


Figura 2.13 - Sequência de aparafusamento para a centralina usada, em que P1, P2, P3, e P4 representam respectivamente parafuso 1, parafuso 2, parafuso 3 e parafuso 4.

Depósitos de parafusos

- Preparados para armazenar diferentes parafusos;
- Montados sobre bases vibratórias;
- Comunicam com o robô 2 através de um canal tubular colocado desde o guia de alimentação de onde sai o parafuso até à “boca da aparafusadora”;
- Acoplado ao tubo encontra-se um sensor responsável pela detecção da passagem do parafuso;
- O sistema funciona por vibração do depósito onde se encontram os parafusos que se vão deslocando em espiral existente no interior do mesmo. Na saída do depósito os parafusos esperam em fila que o cilindro pneumático os empurre pelo canal. Uma vez colocados por gravidade no dito canal, o parafuso é encaminhado através de um tubo até à boca da aparafusadora, mediante sopro pneumático.

- Têm uma ligação com o autómato pois é o próprio que em cada momento selecciona o depósito a entrar em funcionamento.



Figura 2.14 - Depósitos de parafusos.

Sistema pneumático

- Responsável pela movimentação de todos os sistemas mecânicos foi usado o sistema pneumático, ilustrado na Figura 2.15
- Formado por um conjunto de válvulas que quando solicitadas fazem a distribuição de ar comprimido para um conjunto de dispositivos ligados ao sistema.
- Totalmente controlado pelo autómato o qual lhe fornece a ordem para activar cada uma das diversas válvulas.
- Entre os sistemas mecânicos movimentados pelo sistema pneumático temos: mesa rotativa, o elevador, o sistema de sucção da tampa, o sistema de sucção dos parafusos. Toda a pressão de ar é fornecida por um compressor.



Figura 2.15 – Sistema pneumático

2.3.2. Sistemas electrónicos

A constituição e interligação de todos os sistemas electrónicos são visualizadas na Figura 2.16.

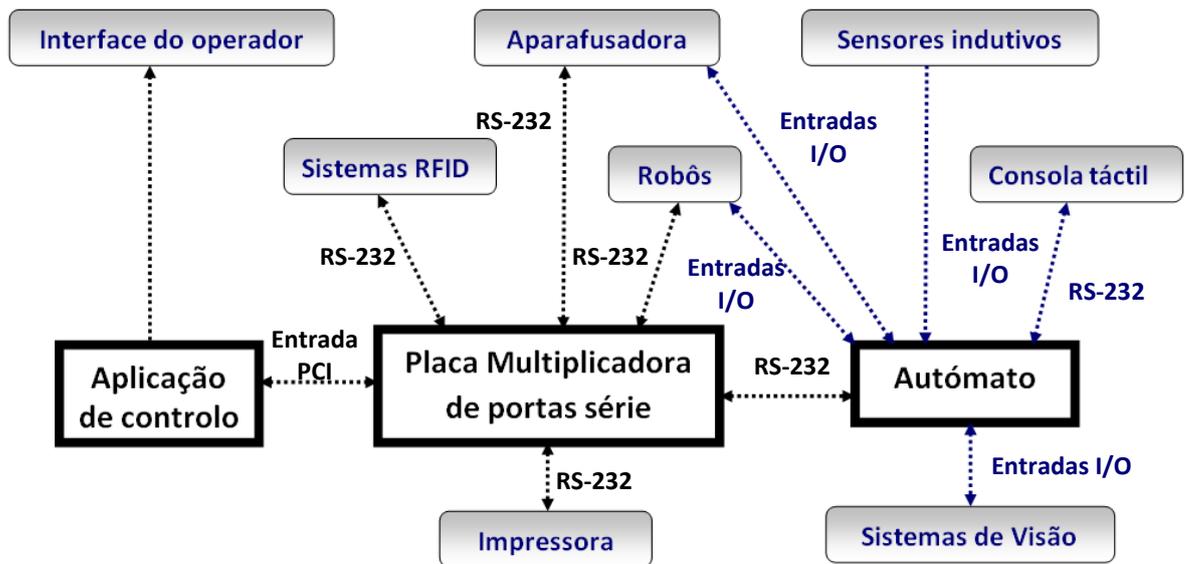


Figura 2.16 – Interligação entre os vários sistemas electrónicos e o computador de secretária [2].

Analisando a Figura 2.16 podemos identificar e descrever cada um dos sistemas electrónicos usados.

Sistemas de visão, responsáveis pela aquisição e processamento de imagem de acordo com a sua programação. No fim do processamento transmitem ao autómato o respectivo resultado através das entradas I/O.

Foram utilizados dois sistemas de visão distintos:

O **sistema ZFX** (Figura 2.17) da marca Omron o qual é responsável pela análise das regiões de gel localizadas na tampa da centralina.



Figura 2.17 - Sistema de visão responsável pelo processamento das regiões de gel localizadas na tampa da centralina.

As principais características deste equipamento são:

- Possibilidade de visualização em tempo real das imagem adquiridas;
- Permite a configuração de várias regiões de análise;
- Possui 32 bancos de memória o que possibilitam a criação de 32 programas diferentes;
- Disponibilização de filtros de imagem.

Programação efectuada:

- Processamento por padrão das regiões a analisar;
- Definiu-se no banco 0 as regiões de gel a analisar e no banco 1 o item da posição da peça a analisar;
- O automático é responsável pelo pedido de aquisição de imagem enviando um sinal trigger ao controlador;
- No fim de toda a análise de imagem o automático é informado do seu resultado;
- Este sistema encontra-se ainda ligado às entradas I/O do automático para realização da mudança de programa de análise de gel pois as zonas de gel variam com o modelo da centralina a assemblar.
- Devido à cor esbranquiçada apresentada pelo gel tivemos alguns problemas causados pela luz emitida pela cintura de leds acoplada ao câmara responsável pela aquisição da imagem, este problema foi resolvido após a introdução de um filtro de cor extra à saída da iluminação, eliminando assim todos os reflexos causados pela reflexão da luz no gel e os quais causavam dificuldades na análise por parte do controlador.



Figura 2.18 - Tampa da centralina com as respectivas zonas de gel e posição programadas, estas zonas variam com a gama de centralina a assemblar.

O automático faz também a comutação dos bancos e grupos de bancos do controlador através de I/O, isto é necessário para termos acesso a vários tipos de análises de imagens para diferentes peças que foram previamente parametrizadas. Na tabela 2.3 podemos ver como se procede a mudança de bancos e grupo de bancos, e na tabela 2.4 podemos ver a ligação dos I/O ao automoto.

Comando	DI8	DI7	DI6	DI5	DI4	DI3	DI2	DI1	DI0
Mudar banco	1	0	1	0	Número do banco				
Mudar grupo banco	1	1	1	0	Número do grupo banco				

Tabela 2.3 – Configuração de bancos e grupo de bancos do controlador de imagem

Descrição	Controlador	Automato
Strobe (paralela 0)	DI8	4.11 - O
Bit7 (paralela 0)	DI7	4.10 - O
Bit6 (paralela 0)	DI6	4.09 - O
Bit4 (paralela 0)	DI4	4.08 - O
Bit3 (paralela 0)	DI3	4.07 - O
Bit2 (paralela 0)	DI2	4.06 - O
Bit1 (paralela 0)	DI1	4.05 - O
Bit2 (paralela 0)	DI0	4.04 - O
Trigger (paralela 0)	Trigger	2.01 - O
Judge do gel (paralela 1)	DI0	0.08 - I
Judge da posição (paralela 1)	DI1	1.05 - I

Tabela 2.4 – Ligação entre PLC/ controlador de imagem

O sistema ZFV é responsável pela análise do cordão de silicone e encontra-se ilustrado na Figura 2.19.

Como características específicas deste sistema temos:

- Processamento de imagem em formato de sensor;
- Visualização em tempo real das imagens adquiridas;
- Possibilidade de configuração de uma rotina de inspeção específica;
- Filtragem automática de cores;



Figura 2.19 - Sistema ZFV responsável pela análise do cordão de silicone.

Programação efectuada:

- Escolheu-se o reconhecimento de imagem por padrões;
- Definiu-se apenas uma zona especifica do cordão pois o cliente garantia que se aquela zona se encontra-se presente então o cordão estava em perfeitas condições (figura 2.20);
- Todo o controlo de aquisição de imagem é realizado pelo autómato através de um *trigger* enviado ao controlador de análise de silicone
- No fim da análise do cordão o autómato é informado, através das entradas I/O do resultado da operação (“OK” ou “NG”).

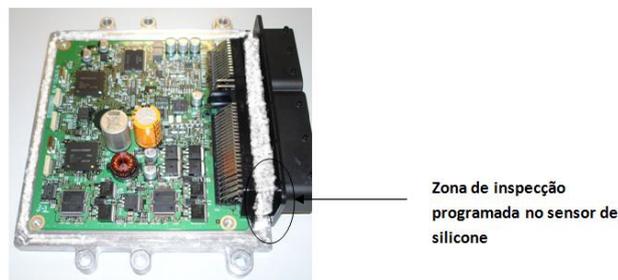


Figura 2.20 - Base da centralina e zona do cordão de silicone inspeccionado pelo sensor de silicone [2].

Sensores indutivos detectam, sem contacto directo, elementos metálicos que atravessam o seu campo magnético emitindo um sinal eléctrico inteligível.

Como principais características apresentadas por este tipo de sensores temos:

- Excelente precisão e garantia da supervisão;
- Grande durabilidade;
- Altas frequências de comutação até 3000Hz;
- Indicação de sinal através de Leds;
- Insensível a trepidações;
- Podem ser utilizados em ambientes industriais agressivos;

- Versatilidade de formatos e formas de fixação;

No nosso caso, foram utilizados dois sensores indutivos os quais tinham diferentes formatos e diferentes responsabilidades, assim sendo usou-se:

Detector da passagem de parafusos, ilustrado na Figura 2.21, sensor responsável pelo fornecimento da informação ao robô 2 da passagem de um parafuso no canal. Emitindo também um sinal luminoso á passagem de cada parafuso.



Figura 2.21 - Sensor indutivo detector de parafusos [2].

Sensor de detecção de rotação de mesa (Figura 2.22) foram usados dois, encontrando-se espaçados de 60 graus um do outro tendo como finalidade a indicação da correcta rotação da mesa. A mesa rotativa dispõe de 3 saliências espaçadas de 120 graus.

Encontram-se ligados ao autómato informado o mesmo da correcta rotação da mesa.



Figura 2.22 - Sensor indutivo detector de rotação de mesa.

Placa Multiplicadora Rs-232, placa utilizada tendo como objectivo o aumento do número de portas série disponibilizadas pelo computador. Foi utilizada a placa da marca Moxa modelo Cp-118 U, representada na Figura 2.23.

Esta placa fornece oito portas série como saída, duas das quais encontram-se ligadas ao autómato o qual informa, através de uma delas, a aplicação existente no computador de todo o processo real e actual de assemblagem. A outra porta serve para a aplicação activar/desactivar certas flags no decorrer do processo e para escrever/ler em certas zonas do autómato.



Figura 2.23 - Placa multiplicadora de portas série usada na ligação dos vários dispositivos ao computador via RS-232.

Consola Táctil – NT21

A consola táctil permite ao operador comandar a célula de trabalho, tendo a sua disposição varios Ecrãs informativos e as operações devidas nos modos diferentes de funcionamento da mesma: Automático e Manual. O modo Automático é o funcionamento normal da célula, sendo possível operar toda a célula em modo Manual, deforma a poder fazer debug das funcionalidades de todos os diferentes sub-equipamentos.



Figura 2.24 – Consola Táctil – NT21.

PLC – CJ1M

O autómato escolhido para implementar todo o controlo da célula de trabalho foi o CJ1M da Omron, trata-se de um PLC capaz de funcionar com cartas de expansão de I/O desta forma preenchendo as nossas necessidades, derivado aos diversos perifericos necessários a ser controlados. A programação usada foi Ladder, sendo esta implementada no PLC através do CX-Programmer da Omron



Figura 2.25 – PLC – CJ1M.

CAPÍTULO 3

Aplicação Desenvolvida

3.1. Introdução

Com o objectivo de desenvolver/implementar de uma forma mais eficaz no PLC o controlo da célula de trabalho foi necessário definir com rigor todas as tarefas a executar.

Foram definidas as seguintes tarefas e respectivas fases:

- Controlo do número de parafusos existente na célula de trabalho
 - Actualização em tempo real da quantidade de parafusos existente nas painelas (alimentador automático)
 - Actualização do número de parafusos na consola de forma a manter o operador sempre informado
 - Verificação se o número de parafusos é suficiente para o correcto funcionamento da célula de trabalho
 - Sempre que o utilizador ache necessário ou quando o número de parafusos existentes não for suficiente para o correcto funcionamento da célula permitir a sua reposição.
- Controlo do tempo da peça desde o instante em que saem da máquina que coloca o silicone até ao instante em que é colocada a tampa pelo robô 1. Esta tarefa, é de suma importância porque se a tampa for colocada com o tempo expirado a garantia de a peça ficar à prova de água deixa de ser válida.
 - Gerir os tempos das peças
 - Avisar o operador na eventualidade de um tempo ultrapassar o tempo definido para alarme
- Controlo manual da célula de trabalho, para manutenção e operação individual de todas as partes.
 - Controlar a parte frontal da célula de trabalho, mesa/ elevador/ trigger das câmaras
 - Controlar o robô 1 (pick and place)
 - Controlar o robô 2 (aparafusamento)

- Gerir os programas da célula de trabalho, criar/ editar/ mudar. Fazendo o interface com os robôs e controladores de imagem/ aparafusamento.
- Controlar a barreira de forma segura, para evitar que o operador corra perigo na altura em que houver movimento na parte frontal da célula de trabalho
- Controlo da sirene, para o operador ser alertado de todas as situações que impedem o correcto funcionamento da célula de trabalho
- Controlos auxiliares
 - Inicializar o programa do controlador de imagem
 - Informar o PC em que modo (automatico/ manual) se encontra a célula de trabalho
- Controlo automático da célula de trabalho
- Controlo da sinalização luminosa
 - Luz vermelha
 - Luz amarela
 - Luz verde
- Inicializações, Reset's e condições auxiliares necessarios ao correcto funcionamento do controlo da célula de trabalho

Todas as tarefas e suas respectivas fases irão funcionar simultaneamente e em paralelo. Para efectuar o controlo de todas as tarefas e suas respectivas fases foi inicialmente criado um *grafcet* que posteriormente foi implementado no PLC.

3.2. Trabalho desenvolvido

A implementação do controlo da célula de trabalho foi feita em ladder, dessa forma foi necessário recorrer a conceitos de baixo nivel (*bit, byte, etc*), todos estes conceitos foram necessários para as receptividades e operações do PLC. Todas as informações referentes as receptividades, acções, memorias do PLC e ecrãs da Consola **encontram-se em anexo**. Ecrãs em **Anexo 1**, Memorias auxiliares em **Anexo 2**, Receptividades em **Anexo 3**, Acções em **Anexo 4**.

3.2.1. Controlo do número de parafusos da célula de trabalho

Para a **tarefa** de controlo do número de parafusos da célula de trabalho foram definidas quatro fases. Para controlar cada fase existe um *grafcet* individual.

Fase 1 - Actualização em tempo real da quantidade de parafusos existente nas painelas (alimentador automático)

Grafcet para descontar os parafusos à medida que estes são utilizados

Descrição

Para fazer um correcto controlo da célula de trabalho, será necessário actualizar em tempo real a quantidade de parafusos existente nas painelas (alimentador automático). Com essa finalidade criou-se *grafcet*¹ da figura 3.1. A decrementação/actualização do número de parafusos é efectuada com base na informação fornecida por um sensor inductivo que indica a passagem de parafuso para o robô de aparafusamento. Após a detecção, esse parafuso será decrementado na painela que se encontra em utilização nesse instante.

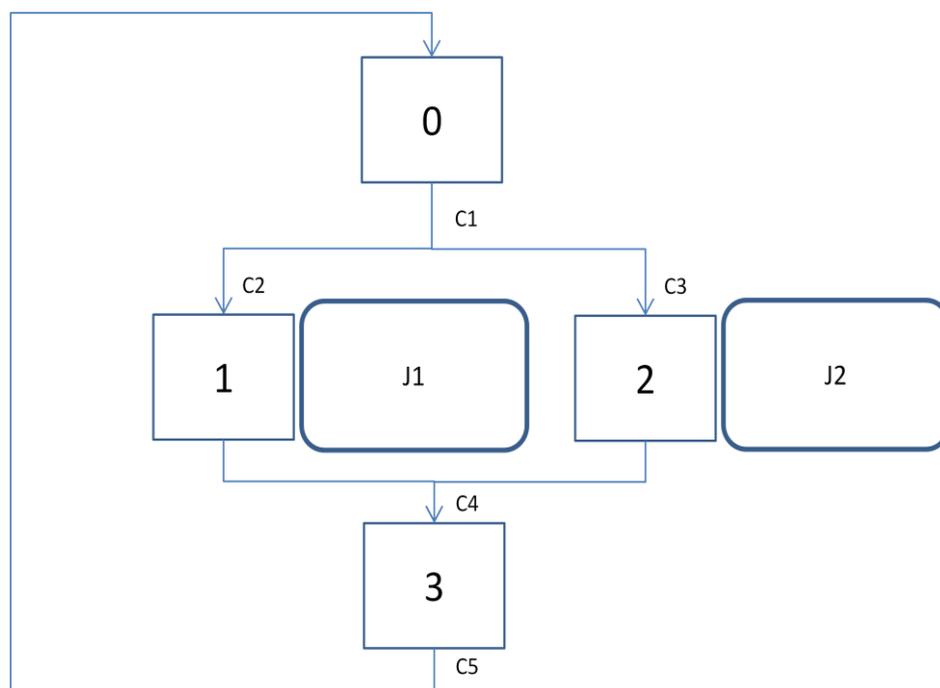


Figura 3.1 – *Grafcet* para descontar parafusos à medida que estes são utilizados

¹ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

Etapas:

Etapa	Endereço
0	207.06
1	207.07
2	207.08
3	207.09

Tabela 3.1 – Etapas do *Grafcet* para descontar parafusos à medida que estes são utilizados

Condições nível 1:

- C1. Computador já efectuou todas as inicializações e sensor de saída de parafuso activo.
- C2. Parafusos em utilização da panela 1.
- C3. Parafusos em utilização da panela 2.
- C4. 1.03
- C5. Sensor de saída de parafuso não activo.

Condições nível 2:

- C1. A490.14*1.03
- C2. A490.12
- C3. A490.13
- C4. 1.03
- C5. /1.03

Operações nível 1:

- J1. Subtrair um parafuso à panela 1
- J2. Subtrair um parafuso à panela 2

Operações nível 2:

- J1. D20=D20-1
- J2. D21=D21-1

Fase 2 - Actulização do número de parafusos na consola de forma a manter o operador sempre informado

Grafcet para actualizar o número de parafusos no ecrã

Descrição

Este *grafcet*² permite actualizar a amostragem do número de parafusos da panela em utilização na consola. Como existem duas posições na memória reservadas a cada uma das panelas de parafusos (D20 e D21) e uma para a consola aceder (D18), o *grafcet* terá como função verificar a panela em utilização e colocar o valor da quantidade de parafusos na posição de memória que a consola está a aceder.

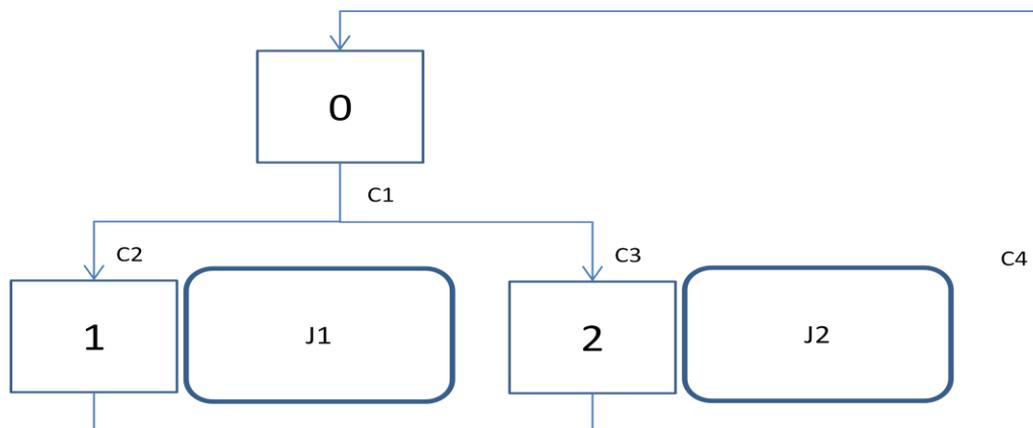


Figura 3.2 – Grafcet para actualizar o número de parafusos no ecrã

Etapas:

Etapa	Endereço
0	207.00
1	207.01
2	207.02

Tabela 3.2 – Etapas do Grafcet para actualizar o número de parafusos no ecrã

² GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

Condições nível 1:

- C1. Computador já efectuou todas as inicializações.
- C2. Parafusos em utilização da panela 1.
- C3. Parafusos em utilização da panela 2.
- C4. Passaram (100ms)

Condições nível 2:

- C1. A409.11
- C2. A490.12
- C3. A490.13
- C4. T33

Operações nível 1:

- J1. Actualiza número de parafusos da panela geral com o número de parafusos da panela 1, Temporizador (100ms)
- J2. Actualiza número de parafusos da panela geral com o número de parafusos da panela 2, Temporizador (100ms)

Operações nível 2:

- J1. D18=D20, TIM33
- J2. D18=D21, TIM33

Fase 3 - Verificação se o número de parafusos é suficiente para o correcto funcionamento da célula de trabalho

Grafcet para verificar os limites dos parafusos

Descrição

Uma das funções fundamentais da célula de trabalho é manter os limites de aviso para a quantidade de parafusos da panela em utilização. Nesse sentido será necessário verificar constantemente a quantidade de parafusos, e mediante a posição entre os limites definidos será actualizada uma *flag* global (A490.08). Esta *flag* será verificada em outros *grafcets*³ desencadeando as acções necessárias para que a quantidade de parafusos não desça abaixo de um limite que impeça o correcto funcionamento da célula de trabalho.

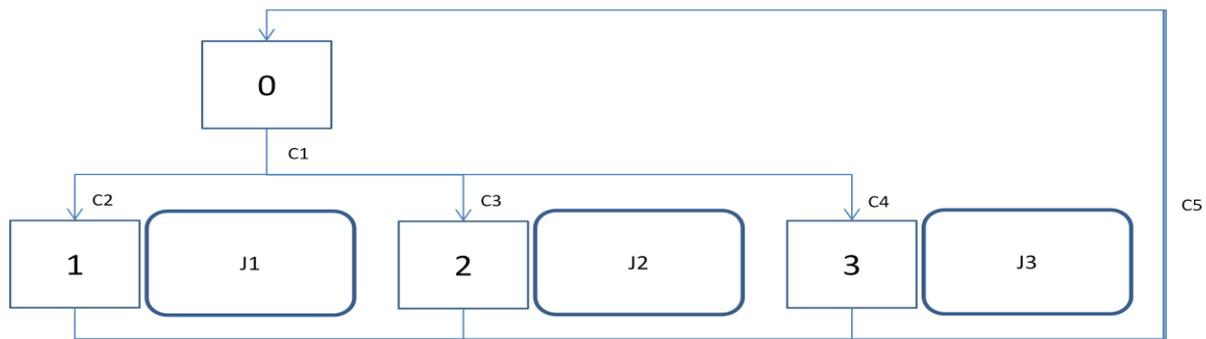


Figura 3.3 – Grafcet para verificar os limites dos parafusos

Etapas:

Etapa	Endereço
0	201.02
1	201.03
2	201.04
3	201.05

Tabela 3.3 – Etapas do Grafcet para verificar os limites dos parafusos

Condições nível 1:

- C1. Computador já efectuou todas as inicializações.
- C2. Número de parafusos superior ao limite máximo.
- C3. Número de parafusos inferior ao limite máximo e superior ao limite mínimo.
- C4. Número de parafusos inferior ao limite mínimo
- C5. Passaram (100ms)

³ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

Condições nível 2:

C1.A490.14

C2.D18>D24

C3.D25<D18<=D24

C4.D18>=D25

C5.T34

Operações nível 1:

J1. Quantidade de parafusos normal, temporizador (100ms)

J2. Quantidade de parafusos normal, temporizador (100ms)

J3. Quantidade de parafusos anormal, temporizador (100ms)

Operações nível 2:

J1. SET(A490.08), TIM34

J2. SET(A490.08), TIM34

J3. RSET(A490.08), TIM34

Fase 4 – Permitir repor parafusos sempre que o utilizador ache necessário ou quando o número de parafusos existente não for suficiente para o correcto funcionamento da célula

Grafcet para introduzir parafusos

Descrição

Um dos requisitos da célula de trabalho é ter a funcionalidade de permitir ao operador poder introduzir parafusos nas painelas ou ser obrigado a fazê-lo se o número de parafusos da panela em utilização for inferior ao limite mínimo estabelecido. Para aceder à introdução de parafusos em modo normal será necessário pressionar o botão “colocar parafusos” dos ecrãs (1, 2) da consola, a partir daí o operário irá visualizar o ecrã 22 onde terá que escolher a

panela onde quer introduzir os parafusos, após ter efectuado essa escolha irá surgir o ecrã 5 ou 23, dependendo da opção, onde mostrará o código de parafusos que se encontram nessa panela de forma que o operador não cometa o erro de introduzir os parafusos errados, nesse mesmo momento a porta correspondente à panela de parafusos seleccionada ficará desbloqueada. Após o operador confirmar o código dos parafusos através do botão “aceitar código” dos ecrãs (5, 23) da consola irá surgir o ecrã 6 onde o operador terá que introduzir a quantidade de parafusos que colocou na panela, seguidamente irá aceitar essa quantidade através do botão “aceitar número de parafusos” do ecrã 6 da consola. Por fim surgirá o ecrã 7 onde o operador terá que dizer se a panela estava vazia ou se já continha parafusos, quando o operário foi colocar os parafusos, desta forma a quantidade que colocou será somada ao valor actual ou será dada como sendo o total de parafusos existentes na panela. Numa situação anormal em que a quantidade de parafusos da panela em utilização é inferior ao limite mínimo, o operador será obrigado a introduzir os parafusos pois irá surgir o ecrã correspondente ao código de parafusos da panela em utilização e a sirene irá tocar até este confirmar o código, de resto o procedimento será igual ao que foi anteriormente descrito.

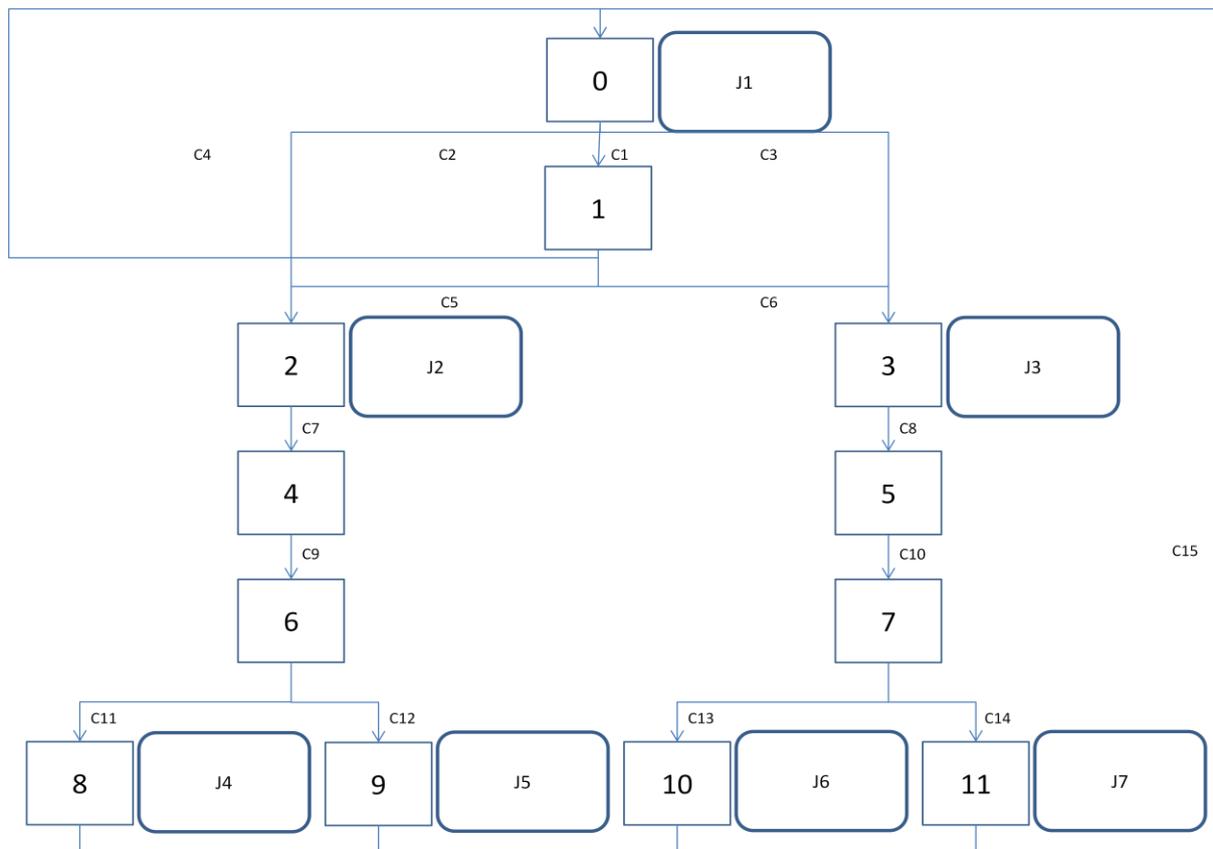


Figura 3.4 – Grafcet para introduzir parafusos

Etapas:

Etapa	Endereço
0	201.06
1	201.07
2	201.09
3	201.08
4	201.10
5	201.14
6	201.11
7	201.15
8	201.12
9	201.13
10	202.00
11	202.01

Tabela 3.4 – Etapas do *Grafcet* para introduzir parafusos

Condições nível 1:

- C1. Botão “colocar parafusos” dos ecrãs (1, 2) da consola e o computador já efectuou todas as inicializações.
- C2. Passaram (1s) e o computador já efectuou todas as inicializações e a quantidade de parafusos está anormal e a panela em utilização é a 2.
- C3. Passaram (1s) e o computador já efectuou todas as inicializações e a quantidade de parafusos está anormal e a panela em utilização é a 1.
- C4. Botão “menu anterior” do ecrã 22 da consola
- C5. Botão “panela 2” do ecrã 22 da consola e não botão “panela 1” do ecrã 22 da consola
- C6. Botão “panela 1” do ecrã 22 da consola e não botão “panela 2” do ecrã 22 da consola
- C7. Botão “aceitar código” dos ecrãs (5, 23) da consola
- C8. Botão “aceitar código” dos ecrãs (5, 23) da consola
- C9. Botão “aceitar número de parafusos” do ecrã 6 da consola
- C10. Botão “aceitar número de parafusos” do ecrã 6 da consola
- C11. Botão “sim” do ecrã 7 da consola
- C12. Botão “não” do ecrã 7 da consola

C13. Botão “sim” do ecrã 7 da consola

C14. Botão “não” do ecrã 7 da consola

C15. 1

Condições nível 2:

C1.A490.14*A474.15

C2.T00*A490.15*/A490.08*A490.13

C3.T00*A490.15*/A490.08*A490.12

C4.A474.10

C5.A492.01*/A492.00

C6.A492.00*/A492.01

C7.A474.11

C8.A474.11

C9.A474.12

C10. A474.12

C11. A474.13

C12. A474.14

C13. A474.13

C14. A474.14

C15. 1

Operações nível 1:

J1. Desactiva os cadeados das painéis, põe o conteúdo a zero da variável auxiliar para gestão dos Parafusos, temporizador (0,1s)

J2. Abre o cadeado 1 da panela 1

J3. Abre o cadeado 2 da panela 2

J4. Coloca a quantidade de parafusos introduzida na panela 1

J5. Soma a quantidade de parafusos introduzida a panela 1

J6. Coloca a quantidade de parafusos introduzida na panela 2

J7. Soma a quantidade de parafusos introduzida a panela 2

Operações nível 2:

- J1. RSET(2.08), RSET(2.09), D19=00, TIM00
- J2. SET(2.08)
- J3. SET(2.09)
- J4. D20=D19
- J5. D20=D20+D19
- J6. D21=D19
- J7. D21=D21+D19

3.2.2. Controlo do tempo da peça desde o instante em que saem da máquina que coloca o silicone até ao instante em que é colocada a tampa pelo robô 1 (*pick and place*)

Fase 1 – Gerir o tempo das peças

Para fazer a gestão do tempo das peças foi necessário criar três *grafcets*, um para cada *timer* das peças e outro para supervisionar os outros dois .

Grafcet para gerir os *timers* das peças

Descrição

A aplicação do silicone é efectuada por uma máquina colocada antes da célula de trabalho desenvolvida. O tempo a partir do instante em que o silicone é aplicado até ao instante da colocação da tampa pelo robô de *pick and place* tem que ser controlado de forma a garantir a estanquicidade da peça produzida.

O número total de peças que ficam em espera à entrada da célula de trabalho são duas, desta forma teremos que controlar dois tempos um para cada peça. O *grafcet*⁴ da figura 3.5 verifica o sinal da máquina de silicone que indica que uma peça está pronta. Após essa situação irá ser activada uma *flag* para iniciar um *timer* (A493.00 ou A493.01) que ficará ligado à peça que acabou de estar pronta e outra *flag* irá ser activada para indicar qual o *timer* que simboliza a

⁴ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

peça que vai entrar na célula de trabalho (A493.02). Todas as etapas deste *grafcet* contem o *bit* (/0.05) em série pois este só deve funcionar em modo automático. A etapa 0 é a única excepção pois terá que conter o *bit* (0.05) como condição de validação, pois quando existe uma comutação para modo manual este *grafcet* tem que voltar à etapa 0.

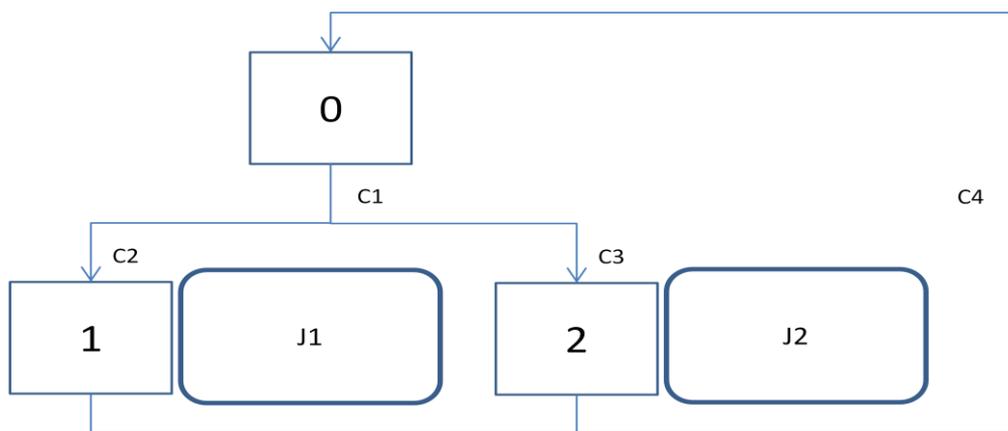


Figura 3.5 – *Grafcet* para gerir os *timers* das peças

Etapas:

Etapa	Endereço
0	220.00
1	220.01
2	220.02

Tabela 3.5 – Etapas do *Grafcet* para gerir os *timers* das peças

Condições nível 1:

- C1. Computador já efectuou todas as inicializações e não estamos em fim de turno e não estamos em mudança de produto.
- C2. *Flag* do *timer* 1 das peças desactivado e (sinal da máquina de silicone ou botão “sim” do ecrã 37 da consola).
- C3. *Flag* do *timer* 1 das peças activado e *flag* do *timer* 2 das peças desactivado e (sinal da máquina de silicone ou botão “sim” do ecrã 37 da consola).
- C4. Sinal da máquina de silicone desactivado e botão “sim” do ecrã 37 da consola desactivado.

Condições nível 2:

C1.A490.14*/A491.00*/A495.00

C2./A493.00*(0.03+A499.06)

C3.A493.00*/A493.01*(0.03+A499.06)

C4./0.03*/A499.06

Operações nível 1:

J1. Activa a *flag timer1* silicone, se *flag timer2* silicone activa, então *flag* que indica qual o *timer* da peça que vai entrar é desactivado avisando o PC do *timer* silicone on.

J2. Activa a *flag timer2* silicone, avisa o PC do *timer* silicone on.

Operações nível 2:

J1. SET(A493.00), A493.01*RSET(A493.02), DIFU(A480.02), A480.02*TXD(D108)

J2. SET(A493.01), DIFU(A480.02), A480*TXD(D108)

Grafcet timer 1 ou *timer 2* da peça

Descrição

Este *grafcet* é semelhante para o controlo do *timer 1* e *2* e tem como função controlar um dos tempos das peças que estão à entrada da célula de trabalho, após a activação da *flag* (A493.00) para *timer 1* ou (A493.01) para *timer 2*, pelo *grafcet*⁵ que gere os *timers* das peças, será iniciado um *timer* com o tempo de alarme de silicone. De seguida ficará à espera que o tempo de alarme seja ultrapassado e a peça seja rejeitada pela célula de trabalho ou que a peça seja validada pela célula de trabalho sem ultrapassar o tempo de alarme. Por fim apaga a *flag* inicial que activou o *timer* (A493.00) ou (A493.01) e altera a *flag* que indica o *timer* que está ligado á peça que vai entrar na célula de trabalho (A493.02). Todas as etapas desde *grafcet* contêm o *bit* (/0.05) em série pois este só deve funcionar em modo automático. A etapa 0 é a única excepção pois terá que conter o *bit* (0.05) como condição de validação, pois quando existe uma comutação para modo manual este *grafcet* tem que voltar a etapa 0.

⁵ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

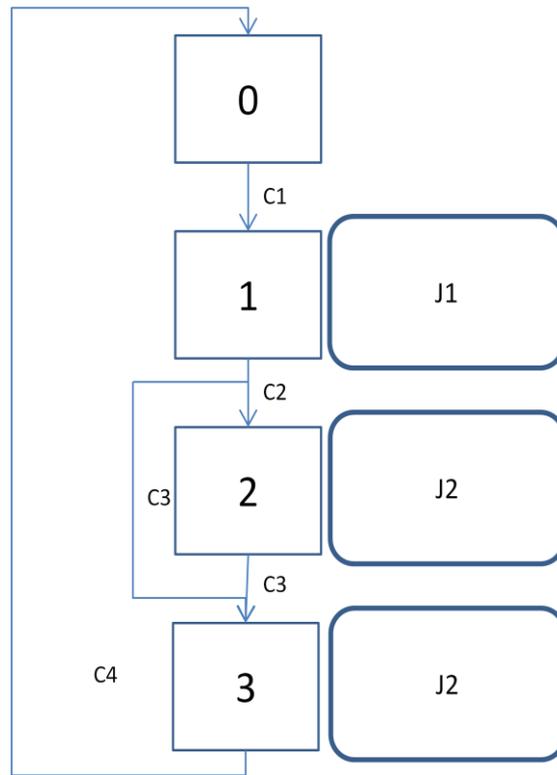


Figura 3.6 – Grafcet timer 1 ou timer 2 da peça

Etapas do Grafcet timer 1 da peça:

Etapa	Endereço
0	220.03
1	220.04
2	220.05
3	220.06

Tabela 3.6 – Etapas do Grafcet timer 1 da peça

Etapas do Grafcet timer 2 da peça:

Etapa	Endereço
0	220.07
1	220.08
2	220.09
3	220.10

Tabela 3.7 – Etapas do Grafcet timer 2 da peça

Condições nível 1 do *Grafcet timer 1* da peça:

- C1. *Flag timer1* silicone activa.
- C2. Passou o tempo de alarme do silicone.
- C3. Se a peça foi validada ou rejeitada à entrada da célula de trabalho e a *flag* que indica qual o *timer* da peça que vai entrar está desactivada.
- C4. Passaram (0,5s).

Condições nível 2 do *Grafcet timer 1* da peça:

- C1. A493.00
- C2. T25
- C3. $(214.08+214.14+216.06+216.12)*DIFU(A499.07), A499.07*/A493.02$
- C4. T29

Operações nível 1 do *Grafcet timer 1* da peça:

- J1. Inicia o *timer* da peça com o tempo de alarme dado pelo PC, activa *timer 1 ok silicone*
- J2. Desactiva *timer 1 ok silicone*
- J3. Desactiva *timer 1 ok silicone*, desactiva a *flag timer1 silicone*, activa a *flag* que indica qual o *timer* da peça que vai entrar, temporizador (0,5s)

Operações nível 2 do *Grafcet timer 1* da peça:

- J1. TIM25(D190), SET(A493.03)
- J2. RSET(A493.03)
- J3. RSET(A493.03), RSET(A493.00), SET(A493.02), TIM29

Condições nível 1 do *Grafcet timer 2* da peça:

- C5. *Flag timer2* silicone activa.
- C6. Passou o tempo de alarme do silicone.

C7. Se a peça foi validada ou rejeitada à entrada da célula de trabalho e a *flag* que indica qual o *timer* da peça que vai entrar está desactivada.

C8. Passaram (0,5s).

Condições nível 2 do *Grafcet timer 2* da peça:

C5. A493.01

C6. T26

C7. $(214.08+214.14+216.06+216.12)*DIFU(A499.07)$, $A499.07*A493.02$

C8. T28

Operações nível 1 do *Grafcet timer 2* da peça:

J4. Inicia o *timer* da peça com o tempo de alarme dado pelo PC, activa *timer 2 ok silicone*.

J5. Desactiva *timer 2 ok silicone*.

J6. Desactiva *timer 2 ok silicone*, desactiva a *flag timer2 silicone*, desactiva a *flag* que indica qual o *timer* da peça que vai entrar, temporizador (0,5s).

Operações nível 2 do *Grafcet timer 2* da peça:

J4. $TIM26(D190)$, $SET(A493.04)$

J5. $RSET(A493.04)$

J6. $RSET(A493.04)$, $RSET(A493.01)$, $RSET(A493.02)$, $TIM28$

Fase 2 – Avisar o operador na eventualidade de um tempo ultrapassar o tempo definido para alarme

Grafcet aviso alarme tempo

Descrição

Este *grafcet*⁶, tem como função informar o operador, quando o tempo de alarme do silicone da peça que vai entrar foi ultrapassado, surgindo o ecrã 38 na etapa 2, que só após a

⁶ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

confirmação da ocorrência por parte do operário, irá voltar para o ecrã no qual se encontrava anteriormente. Todas as etapas deste *grafcet* contêm o *bit* (/0.05) em série, pois este só deve funcionar em modo automático. A etapa 0 é a única exceção, pois terá que conter o *bit* (0.05) como condição de validação, pois só quando existe uma comutação para modo manual é que este *grafcet* tem que voltar à etapa 0.

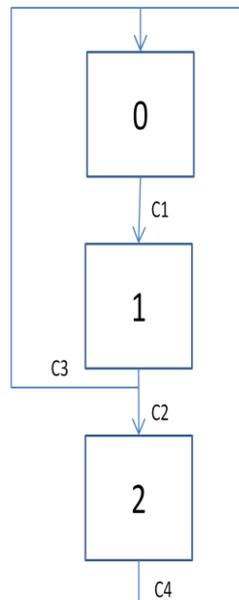


Figura 3.7 – *Grafcet* aviso alarme tempo

Etapas:

Etapa	Endereço
0	224.00
1	224.01
2	224.02

Tabela 3.8 – Etapas do *Grafcet* aviso alarme tempo

Condições nível 1:

- C1. Tempo da peça prestes a entrar está bom.
- C2. Tempo da peça prestes a entrar está mau e temos peça à entrada
- C3. Tempo da peça prestes a entrar está mau e não há peças à entrada
- C4. Botão “ok tempo” do ecrã 38 da consola

Condições nível 2:

C1.A490.10

C2./A490.10*(A493.00+A493.01)

C3./A490.10*A493.00*A493.01

C4.A510.01

3.2.3. Controlo manual da célula de trabalho, para manutenção e operação individual de todas as partes

Fase 1 – Controlo da parte frontal da célula de trabalho, mesa/ elevador/ trigger das câmaras

Descrição

Como o nome indica este *grafcet*⁷ permite fazer o controlo manual da mesa (rotação de 120° com unclamping aos 60°), controlo do elevador (subir, descer), trigger das câmaras (gel e silicone), desbloquear a mesa. O movimento da mesa é feito através duma sequência de desbloquear mesa → rodar mesa → sensor de posição → desbloquear mesa → rodar mesa → sensor de posição, nesta sequência sempre que a mesa estiver no sensor de posição 60 irá ser feito o unclamping da peça que consiste em accionar um dispositivo mecânico que liberta a peça que estava pressionada. Por fim desactiva-se o mesmo, para que este volte à posição inicial. A opção para desbloquear a mesa serve para poder desactivar o sistema pneumático sobre a mesma para que se possa proceder a um alinhamento mecânico (serve para proceder à manutenção da mesa). Todas as etapas deste *grafcet* contêm o *bit* (0.05) em serie pois este só deve funcionar em modo manual. A etapa 0 é a única excepção pois terá que conter o *bit* (/0.05) como condição de validação pois quando existe uma comutação para modo automático este *grafcet* tem que voltar a etapa 0.

⁷ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

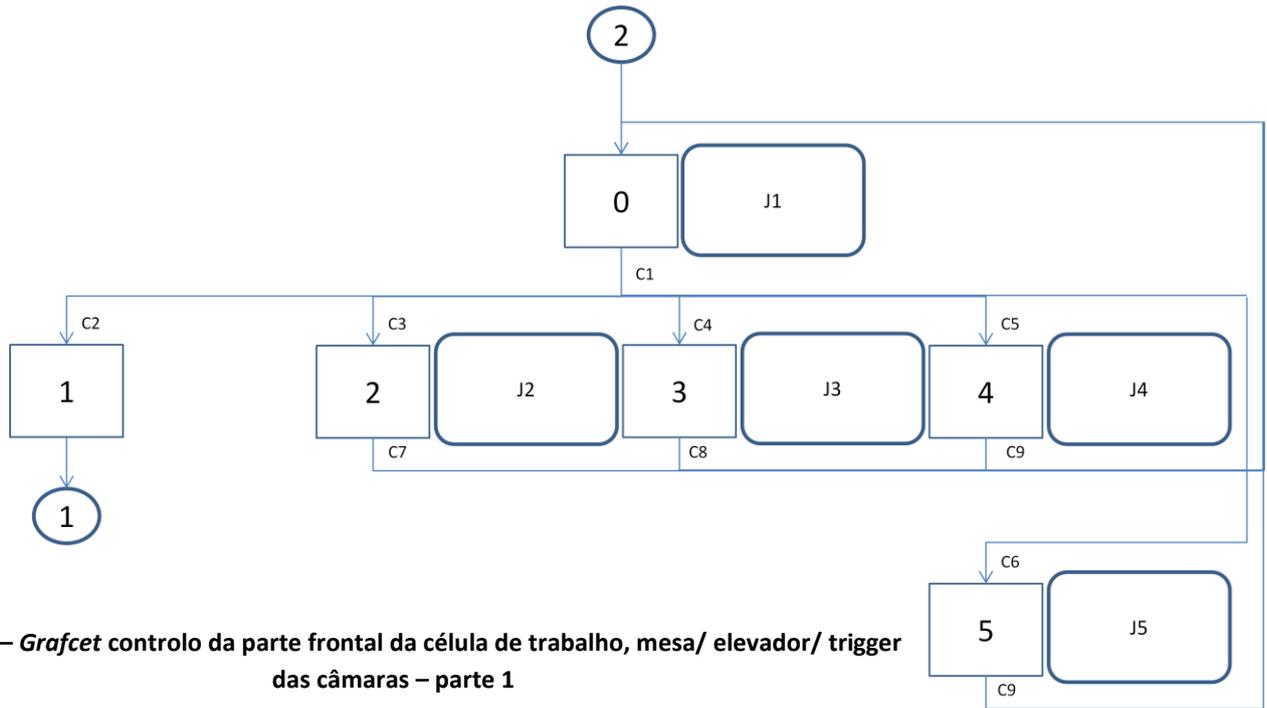


Figura 3.8 – Grafcet controlo da parte frontal da célula de trabalho, mesa/ elevador/ trigger das câmaras – parte 1

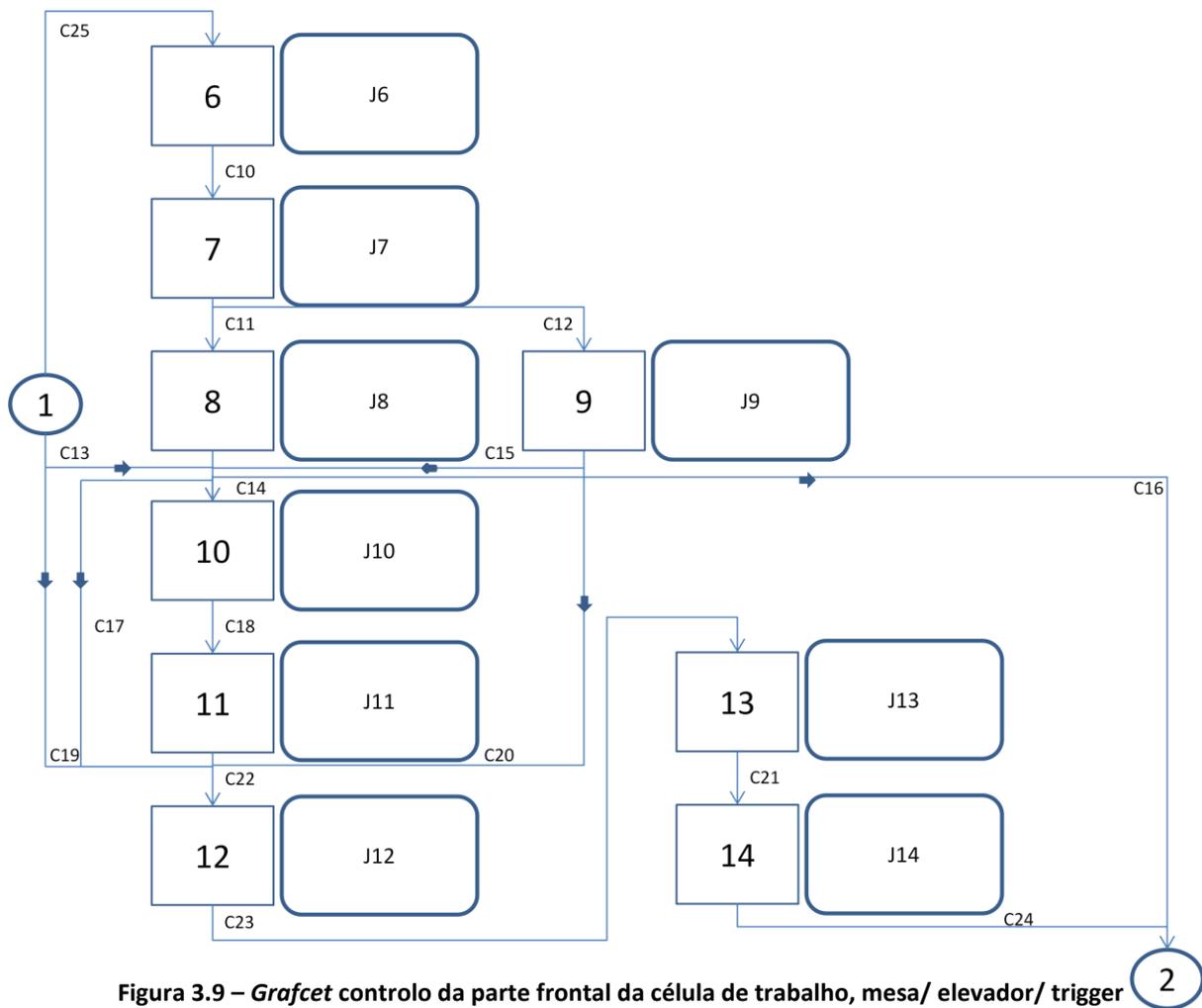


Figura 3.9 – Grafcet controlo da parte frontal da célula de trabalho, mesa/ elevador/ trigger das câmaras – parte 2

Etapas:

Etapa	Endereço
0	205.02
1	205.08
2	205.04
3	205.05
4	206.02
5	206.03
6	205.09
7	205.10
8	205.11
9	205.12
10	205.13
11	205.14
12	205.15
13	206.00
14	206.01

Tabela 3.9 – Etapas do *Grafcet* controlo da parte frontal da célula de trabalho, mesa/ elevador/ trigger das câmaras

Condições nível 1:

- C1. O computador já efectuou todas as inicializações
- C2. Botão “rodar mesa” do ecrã 2 da consola
- C3. Botão “sobe elevador” do ecrã 2 da consola e mesa posição 120°
- C4. Botão “desce elevador” do ecrã 2 da consola e mesa posição 120°
- C5. Botão “trigger das câmaras” do ecrã 2 da consola
- C6. Botão “desbloqueia mesa” do ecrã 40 da consola
- C7. Elevador em cima
- C8. Elevador em baixo
- C9. Passaram (1s)
- C10. Passaram (2s)
- C11. Mesa não está na posição de 120°

- C12. Mesa está na posição de 120°
- C13. Mesa está na posição de 60° e a mesa não está desbloqueada
- C14. Mesa está na posição de 60° e a mesa não está desbloqueada
- C15. Mesa não está na posição 120° e mesa está na posição de 60° e a mesa não está desbloqueada
- C16. Mesa está na posição 120°
- C17. Mesa está na posição de 60° e a mesa está desbloqueada
- C18. Sensor de unclamping interior
- C19. Mesa está não posição de 60° e a mesa está desbloqueada
- C20. Mesa não está na posição 120° e mesa está na posição de 60° e a mesa está desbloqueada
- C21. Mesa não está na posição de 60°
- C22. Sensor de unclamping fora
- C23. Passaram (2s)
- C24. Mesa está na posição de 120°

Condições nível 2:

- C1.A490.14
- C2.A474.02*0.00*1.09*/A474.00*/A471.01*/A480.03*0.15*/0.12*1.02*/1.00
- C3.A474.00*/0.01*0.02*/A474.02*/A474.01*/A480.03*/540.08
- C4.A474.01*/0.00*0.02*/A474.02*/474.00*/480.03*/540.08
- C5.A480.03*0.01*0.02*/A474.00*/474.01*/A474.02
- C6.A540.09*0.00
- C7.0.01
- C8.0.00
- C9.T15
- C10. T07
- C11. /0.02
- C12. 0.02
- C13. 1.07*/540.08
- C14. 1.07*/540.08
- C15. /0.02*1.07*/540.08
- C16. 0.02
- C17. 1.07*540.08

- C18. 1.08
- C19. 1.07*540.08
- C20. /0.02*1.07*540.08
- C21. /1.07
- C22. 1.09
- C23. T07
- C24. 0.02
- C25. /1.07

Operações nível 1:

- J1. Mantém as posições da mesa e elevador
- J2. Sobe o elevador e preserva a posição da mesa
- J3. Sobe o elevador e preserva a posição da mesa
- J4. Verifica a o Gel e o silicone, preserva a posição do elevador e da mesa, temporizador (1s)
- J5. Desbloqueia a mesa, activa a *flag* que indica que a mesa está desbloqueada, temporizador (1s)
- J6. Desbloqueia a mesa, temporizador (2s)
- J7. Roda a mesa
- J8. Roda a mesa e desactiva a *flag* que indica que a mesa está desbloqueada
- J9. Roda a mesa
- J10. Faz o unclamping da peça e mantém a mesa na sua posição
- J11. Mantém a mesa na sua posição
- J12. Desbloqueia a mesa, temporizador (2s)
- J13. Roda a mesa
- J14. Roda a mesa e desactiva a *flag* que indica que a mesa está desbloqueada

Operações nível 2:

- J1. 2.13=((0.02+1.07)/A540.08), 2.02=0.01, 2.03=0.00
- J2. 2.13=/A490.11, 2.02=/A490.11
- J3. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11

- J4. TIM15, 2.13=/A490.11, 2.02, 2.01
- J5. TIM15, 2.10, SET(A540.08),
- J6. TIM07, 2.10
- J7. 2.13=/A490.11
- J8. 2.13=/A490.11, RSET(A540.08)
- J9. 2.13=/A490.11
- J10. 2.13=/A540.08*/490.11, 3.14= 1.07*/A490.11
- J11. 2.13=/A490.11
- J12. TIM07, 2.10
- J13. 2.13=/A490.11
- J14.2.13=/A490.11, RSET(A540.08)

Fase 2 – Controlar o robô 1

Grafcet para controlo manual do robô 1

Descrição

Como o nome indica este *grafcet*⁸ permite controlar o robô 1 em modo manual. Neste caso teremos a oportunidade de executar diferentes funções do robô 1 (trabalhar, ir para home, reiniciar), no caso de reiniciar o robô 1 é necessário uma sequência de três funções (limpar erros, estabelecer velocidade dos motores 100%, ligar motores). Todas as etapas desde *grafcet* contêm o *bit* (0.05) em serie pois este só deve funcionar em modo manual, a etapa 0 é a única excepção pois terá que conter o *bit* (/0.05) como condição de validação pois quando existe uma comutação para modo automático este *grafcet* tem que voltar a etapa 0.

⁸ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

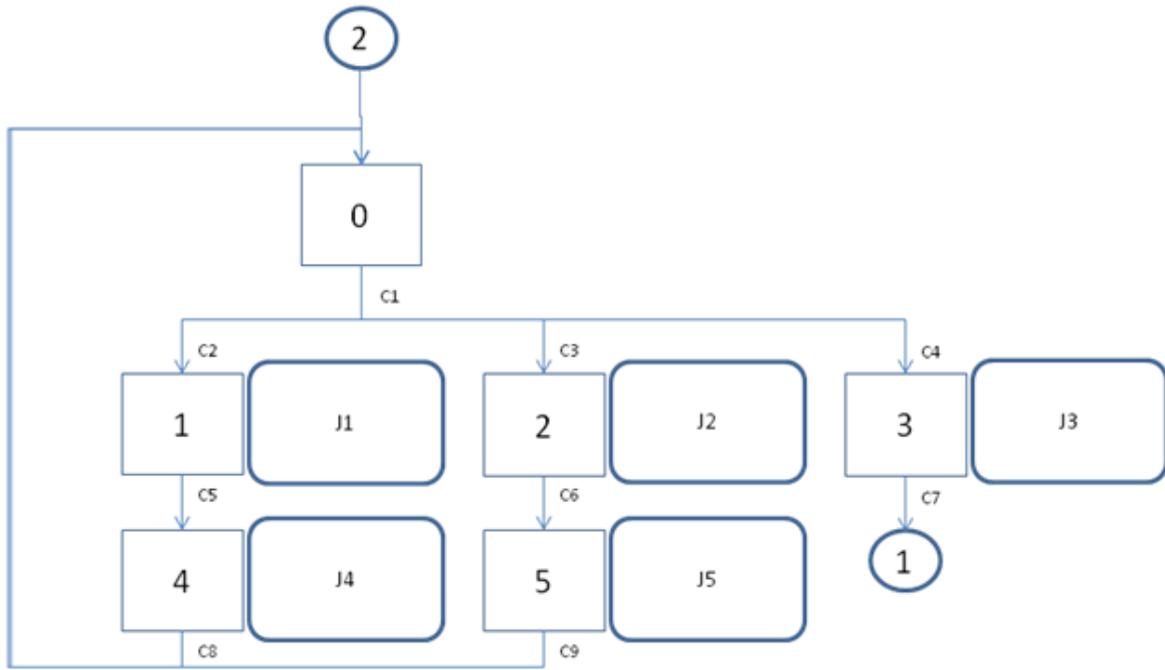


Figura 3.10 – Grafcet para controlo manual do robô 1 – parte 1

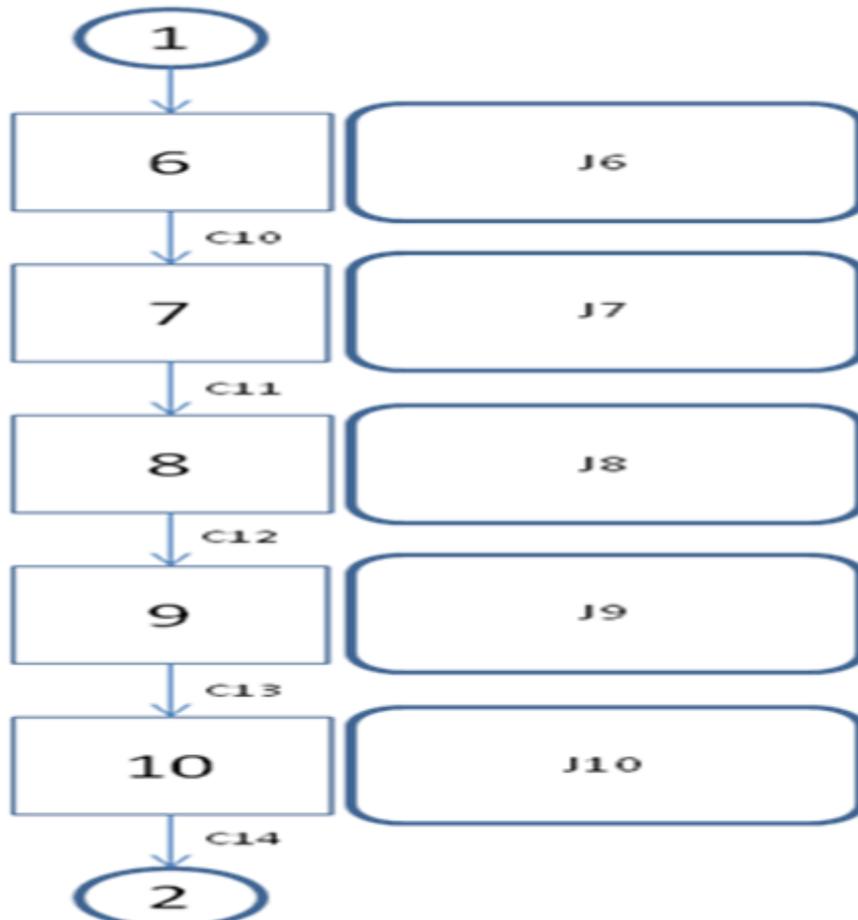


Figura 3.11 – Grafcet para controlo manual do robô 1 – parte 2

Etapas:

Etapa	Endereço
0	202.06
1	202.07
2	202.09
3	202.11
4	202.08
5	202.10
6	202.12
7	202.13
8	202.14
9	202.15
10	203.00

Tabela 3.10 – Etapas do *Grafcet* para controlo manual do robô 1

Condições nível 1:

- C1. O computador já efectuou todas as inicializações
- C2. Botão “robô 1 trabalha” do ecrã 3 da consola
- C3. Botão “robô 1 home” do ecrã 3 da consola
- C4. Botão “limpar erros do robô 1” do ecrã 40 da consola
- C5. Passaram (1s)
- C6. Passaram (1s)
- C7. Passaram (1s)
- C8. Passaram (1s)
- C9. Passaram (1s)
- C10. Passaram (1s)

C11. Passaram (1s)

C12. Passaram (1s)

C13. Passaram (1s)

C14. Passaram (1s)

Condições nível 2:

C1.A490.14

C2.A474.03*/A474.06*/A477.03*/1.00*1.02*0.02*205.02

C3.A474.06*/A474.03*/477.03*/1.00*1.02*0.02*205.02

C4.A477.03*/A474.06*/A474.03

C5.T01

C6.T01

C7.T01

C8.T03

C9.T03

C10. T02

C11. T01

C12. T02

C13. T01

C14. T02

Operações nível 1:

J1. Executa a função para o robô 1 trabalhar, temporizador (1s)

J2. Executa a função para o robô 1 ir para home, temporizador (1s)

J3. Executa a função para limpar os erros do robô 1, temporizador (1s)

J4. Ordena a execução da função para o robô 1 trabalhar, temporizador (1s)

J5. Ordena a execução da função para o robô 1 ir para home, temporizador (1s)

J6. Ordena a execução da função para limpar os erros do robo 1, temporizador (1s)

J7. Executa a função para colocar a velocidade dos motores a 100% do robô 1,
temporizador (1s)

J8. Ordena a execução da função para colocar a velocidade dos motores a 100% do robô
1, temporizador (1s)

J9. Executa a função de ligar os motores do robô 1, temporizador (1s)

J10. Ordena a execução da função de ligar os motores do robô 1, temporizador (1s)

Operações nível 2:

J1. TIM01, 3.04, 3.00

J2. TIM01, 3.04

J3. TIM01, 3.03

J4. TIM03, 3.04, 3.00, 3.06

J5. TIM03, 3.04, 3.06

J6. TIM02, 3.03, 3.06

J7. TIM01, 3.00

J8. TIM02, 3.00, 3.06

J9. TIM01, 3.01

J10. TIM02, 3.01, 3.06

Fase 3.1 – Controlar o robô 2

Grafcet para controlo manual do robô 2

Descrição

Como o nome indica este *grafcet*⁹ permite controlar o robô 2 em modo manual. Neste caso teremos a oportunidade de executar diferentes funções do robô 2 (trabalhar, inicialização, reiniciar, testar o torque, cuspir parafusos das diferentes painéis, mudar a ponta de aparafusamento), no caso de reiniciar o robô 2 é necessário uma sequência de quatro funções (limpar erros, velocidade dos motores 100%, ligar motores, inicialização), o processo de inicialização consiste em o robô deitar fora 4 parafusos da panela em utilização e regressar a home, por fim a função de testar o torque faz com que o robô 2 vá fazer um aparafusamento e ao mesmo tempo também faça a leitura dos valores de torque. Todas as etapas deste *grafcet* contêm o *bit* (0.05) em série pois este só deve funcionar em modo manual. A etapa 0 é a

⁹ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

única exceção pois terá que conter o *bit* (/0.05) como condição de validação pois quando existe uma comutação para modo automático este *grafcet* tem que voltar à etapa 0.

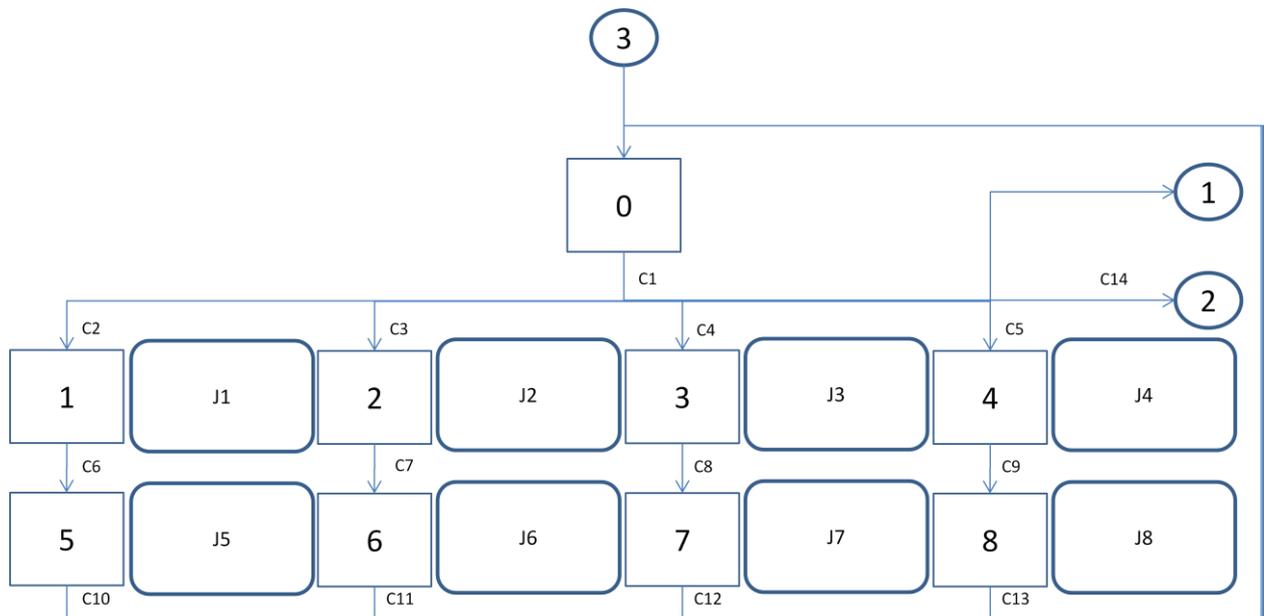


Figura 3.12 – *Grafcet* para controlo manual do robô 2 – parte 1

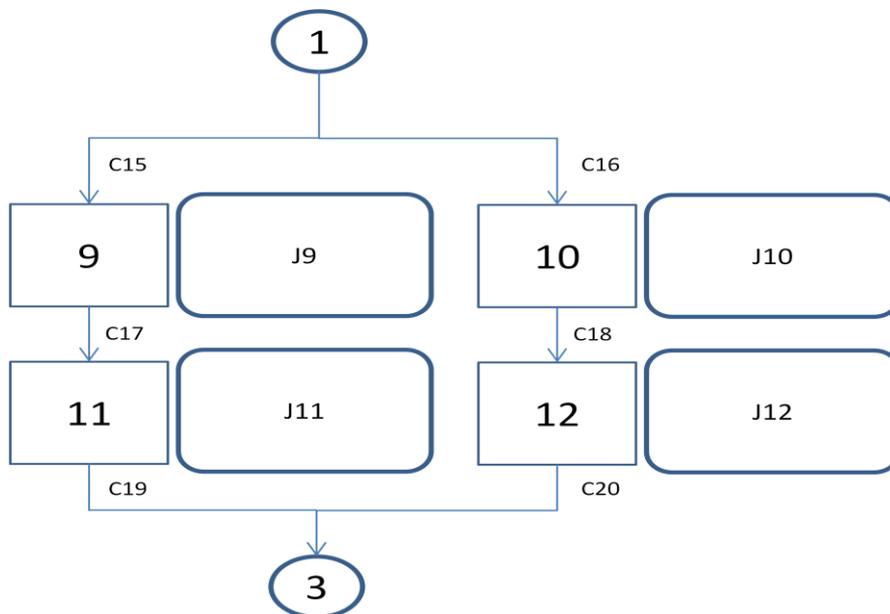


Figura 3.13 – *Grafcet* para controlo manual do robô 2 – parte 2

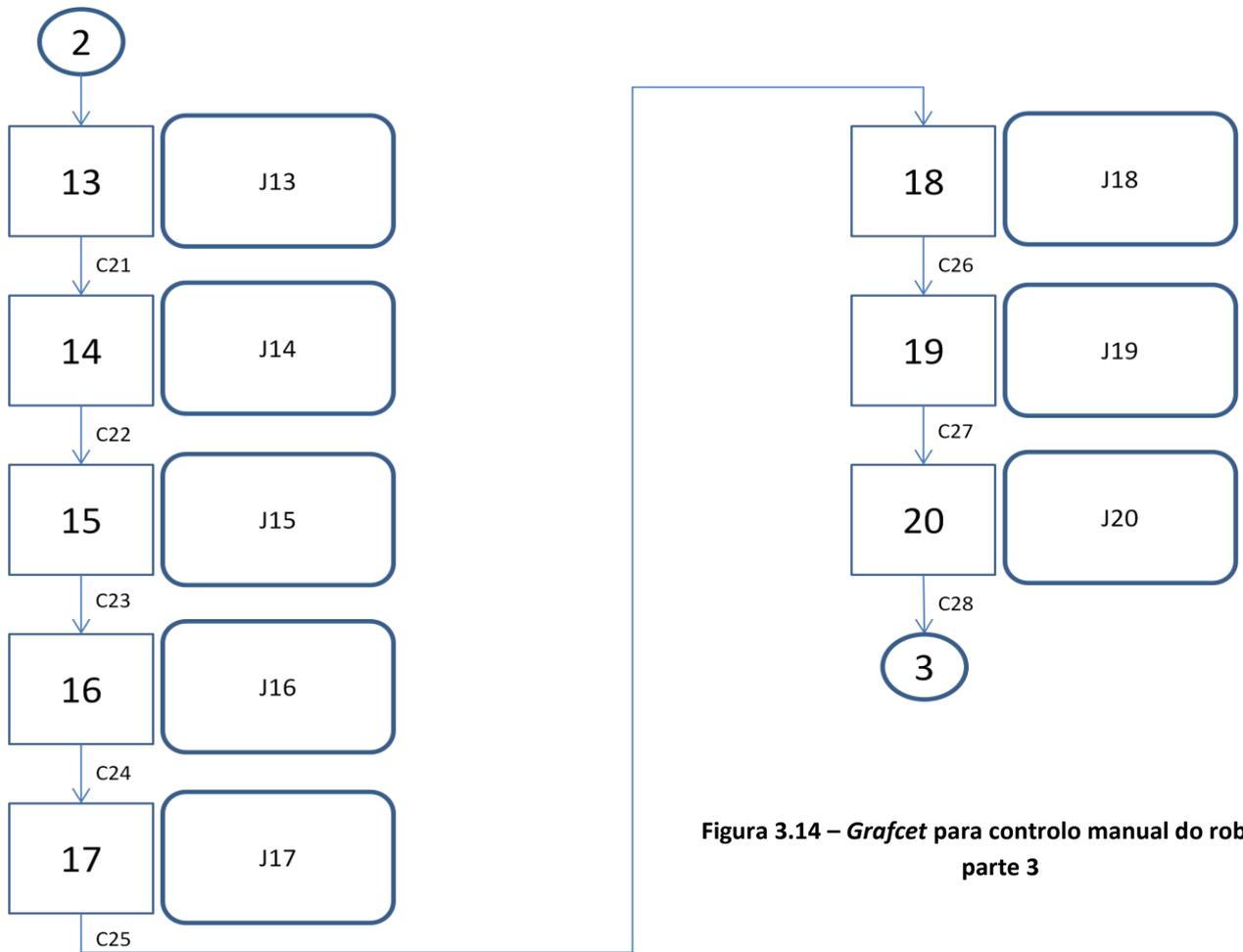


Figura 3.14 – Grafset para controlo manual do robô 2 – parte 3

Etapas:

Etapa	Endereço
0	203.01
1	203.02
2	203.04
3	203.06
4	203.08
5	203.03
6	203.05

7	203.07
8	203.09
9	204.00
10	204.04
11	204.01
12	204.05
13	203.10
14	203.11
15	203.12
16	203.13
17	203.14
18	203.15
19	204.02
20	204.03

Tabela 3.11 – Etapas do *Grafcet* para controlo manual do robô 2

Condições nível 1:

- C1. O computador já efectuou todas as inicializações
- C2. Botão “robô 2 trabalha” do ecrã 3 da consola
- C3. Botão “robô 2 home” do ecrã 3 da consola
- C4. Botão “robô 2 testa torque” do ecrã 3 da consola
- C5. Botão “robô 2 cospe parafuso da panela 1” do ecrã 3 da consola
- C6. Passaram (1s)
- C7. Passaram (1s)
- C8. Passaram (1s)
- C9. Passaram (1s)
- C10. Passaram (1s)
- C11. Passaram (1s)
- C12. Passaram (3s) e o robô 2 já não está a trabalhar
- C13. Passaram (3s) e o robô 2 já não está a trabalhar
- C14. Botão “limpar erros do robô 2” do ecrã 40 da consola
- C15. Botão “robô 2 cospe parafuso da panela 2” do ecrã 3 da consola
- C16. Botão “mudar ponta de aparafusamento” do ecrã 40 da consola

- C17. Passaram (1s)
- C18. Passaram (1s)
- C19. Passaram (3s) e o robô 2 já não está a trabalhar
- C20. Passaram (1s)
- C21. Passaram (1s)
- C22. Passaram (3s)
- C23. Passaram (1s)
- C24. Passaram (3s)
- C25. Passaram (1s)
- C26. Passaram (3s)
- C27. Passaram (1s)
- C28. Passaram (3s) e o robô 2 já não está a trabalhar

Condições nível 2:

- C1.A490.14
- C2.0.15*A474.04*/A474.07*/A474.09*/A474.08*/A477.04*/480.00*/0.12*0.02*205.02
- C3.0.15*/A474.04*A474.07*/A474.09*/A474.08*/A477.04*/480.00*/0.12*0.02*205.02
- C4.0.15*/A474.04*/A474.07*/A474.09*A474.08*/A477.04*/480.00*/0.12*0.02*205.02
- C5.0.15*/A474.04*/A474.07*A474.09*/A474.08*/A477.04*/480.00*/0.12*0.02*205.02
- C6.T04
- C7.T04
- C8.T04
- C9.T04
- C10. T06
- C11. T06
- C12. T19*/1.00
- C13. T19*/1.00
- C14. 0.15*A477.04*/A474.04*/A474.07*/A474.09*/A474.08*/A480.00*0.02*205.02
- C15. 0.15*/A474.04*/A474.07*/A474.09*/A474.08*/A477.04*480.00*/0.12*0.02*205.02
- 2
- C16. A540.00*0.15*/0.12*0.02*205.02
- C17. T04
- C18. T04
- C19. T19*/1.00

- C20. T06
- C21. T04
- C22. T05
- C23. T04
- C24. T05
- C25. T04
- C26. T05
- C27. T04
- C28. T19*/1.00

Operações nível 1:

- J1. Executa a função para o robô 2 trabalhar, temporizador (1s)
- J2. Executa a função para o robô 2 ir para home, temporizador (1s)
- J3. Executa a função para o robô 2 testar o torque, temporizador (1s), avisa o PC de teste de torque, executa o programa 15 da aparafusadora
- J4. Executa a função para o robô 2 cuspir parafuso da panela 1, temporizador (1s)
- J5. Ordena a execução da função para o robô 2 trabalhar, temporizador (1s)
- J6. Ordena a execução da função para o robô 2 ir para home, temporizador (1s)
- J7. Ordena a execução da função para o robô 2 testar o torque, temporizador (3s)
- J8. Ordena a execução da função para o robô 2 cuspir parafuso da panela 1, temporizador (3s)
- J9. Executa a função para o robô 2 cuspir parafuso da panela 2, temporizador (1s)
- J10. Executa a função para o robô 2 ir para a posição de mudar a ponta de aparafusamento, temporizador (1s)
- J11. Ordena a execução da função para o robô 2 cuspir parafuso da panela 2, temporizador (1s)
- J12. Ordena a execução da função para o robô 2 ir para a posição de mudar a ponta de aparafusamento, temporizador (1s)
- J13. Executa a função para limpar os erros do robô 2, temporizador (1s)
- J14. Ordena a execução da função para limpar os erros do robô 2, temporizador (3s)
- J15. Executa a função para colocar a velocidade dos motores a 100% do robô 2, temporizador (1s)

- J16. Ordena a execução da função para colocar a velocidade dos motores a 100% do robô 2, temporizador (3s)
- J17. Executa a função de ligar os motores do robô 2, temporizador (1s)
- J18. Ordena a execução da função de ligar os motores do robô 2, temporizador (3s)
- J19. Executa a função de inicialização do robô 2, temporizador (1s)
- J20. Ordena a execução da função de inicialização do robô 2, temporizador (3s)

Operações nível 2:

- J1. TIM04, 3.07, 3.11
- J2. TIM04, 3.11
- J3. TIM04, DIFU(A491.11), A491.11*TXD(D172), 3.07, 3.08, 3.11, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J4. TIM04, 3.09, 3.11
- J5. TIM06, 3.07, 3.11, 3.13
- J6. TIM06, 3.11, 3.13
- J7. TIM19, 3.07, 3.08, 3.11, 3.13, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J8. TIM19, 3.09, 3.11, 3.13
- J9. TIM04, 3.09, 3.11, 3.15
- J10. TIM04, 3.08, 3.09, 3.11
- J11. TIM19, 3.09, 3.11, 3.15, 3.13
- J12. TIM06, 3.08, 3.09, 3.11, 3.13
- J13. TIM04, DIFU(A491.11), A491.11*TXD(D172), 3.10, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J14. TIM05, 3.10, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03, 3.13
- J15. TIM04, 3.07, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J16. TIM05, 3.07, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03, 3.13
- J17. TIM04, 3.08, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J18. TIM05, 3.08, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03, 3.13
- J19. TIM04, 3.07, 3.09, 3.11, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J20. TIM04, 3.07, 3.09, 3.11, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03, 3.13

3.2.4. Gerir os programas da célula de trabalho, criar/ editar/ mudar. Fazendo o interface com os robos e controladores de imagem/ aparafusamento

Grafcet para gestão de programas

Descrição

Este *grafcet*¹⁰ tem como função fazer a gestão dos programas da célula de trabalho (criar, editar, mudar). As primeiras duas opções são exclusivas do modo manual, enquanto a opção mudar pode ser usada em manual ou em automático (opção “cambiar produto”) através da variável (A495.00). Para ter acesso à gestão de programas em modo manual terá que introduzir no ecrã 21 uma *password* que foi introduzida na memória do PLC na altura do arranque da célula de trabalho. Após a correcta introdução da *password* irão surgir as três opções (criar, editar, mudar) do ecrã 4, na primeira opção o utilizador terá que introduzir varias informações referentes à criação de um novo programa (tag – ecrã 11, id – ecrã 9, programa aparafusadora – ecrã 29, programa GEL – ecrã 30, número da panela – ecrã 31, código parafusos – ecrã 33, tempo alarme do silicone – ecrã 33, tempo erro do silicone – ecrã 34, número pontos aparafusamento – ecrã 10), após todos os dados terem sido introduzidos o PLC irá executar a função de mudar programa do robô 1 e 2 e avisará o PC da criação de novo programa. Por fim o PLC irá esperar 2 minutos pela confirmação do PC se o processo foi concluído ou não, mediante essa situação irá mostrar o ecrã 13 ou 14. Na segunda opção (editar) o operador poderá escolher editar o robô 1 ou o robô 2, ao mesmo tempo o PLC avisa o PC para mostrar a lista de programas existentes. Para editar o robô 1 o operador terá que escolher o id do programa que quer editar, por fim o PLC irá executar a função de mudar programa do robô 1 e avisar o PC da edição do robô 1 de forma a que o PC vá buscar as novas coordenadas ao robô 1 de forma a editar esse programa, seguidamente o PLC irá esperar pela confirmação do processo por parte do PC e mostrará a informação correspondente ao operador. Para editar o robô 2 o processo será semelhante com a pequena adição de que o operador terá que introduzir o número de pontos de aparafusamento quando surgir o ecrã 10. A terceira opção (mudar) o PLC avisa o PC para mostrar a lista de programas existentes, seguidamente o operador irá escolher o id do programa para o qual a célula de trabalho irá mudar, por fim se o processo for bem executado o PLC irá alterar o programa do controlador de GEL se não o processo voltará ao inicio tendo que ser repetido se

¹⁰ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

estiver em modo automático (mudar programa), se estiver em modo manual poderá optar por sair do modo de gestão de programas. Se o processo de mudar programa em modo automático for bem concluído a *flag* auxiliar para mudar o programa em modo automático será activada para que o *grafcet* de modo automático possa sair da etapa 65 e voltar à etapa 0. Todas as etapas desde *grafcet* contêm o *bit* (0.05) em série, pois este só deve funcionar em modo manual, o que não irá afectar o facto de mudar o programa em modo automático, pois a *flag* (A495.00) encontra-se em paralelo com o (0.05) nessas etapas. A etapa 0 é a única excepção pois terá que conter o *bit* (/0.05) como condição de validação pois quando existe uma comutação para modo automático este *grafcet* tem que voltar a etapa 0.

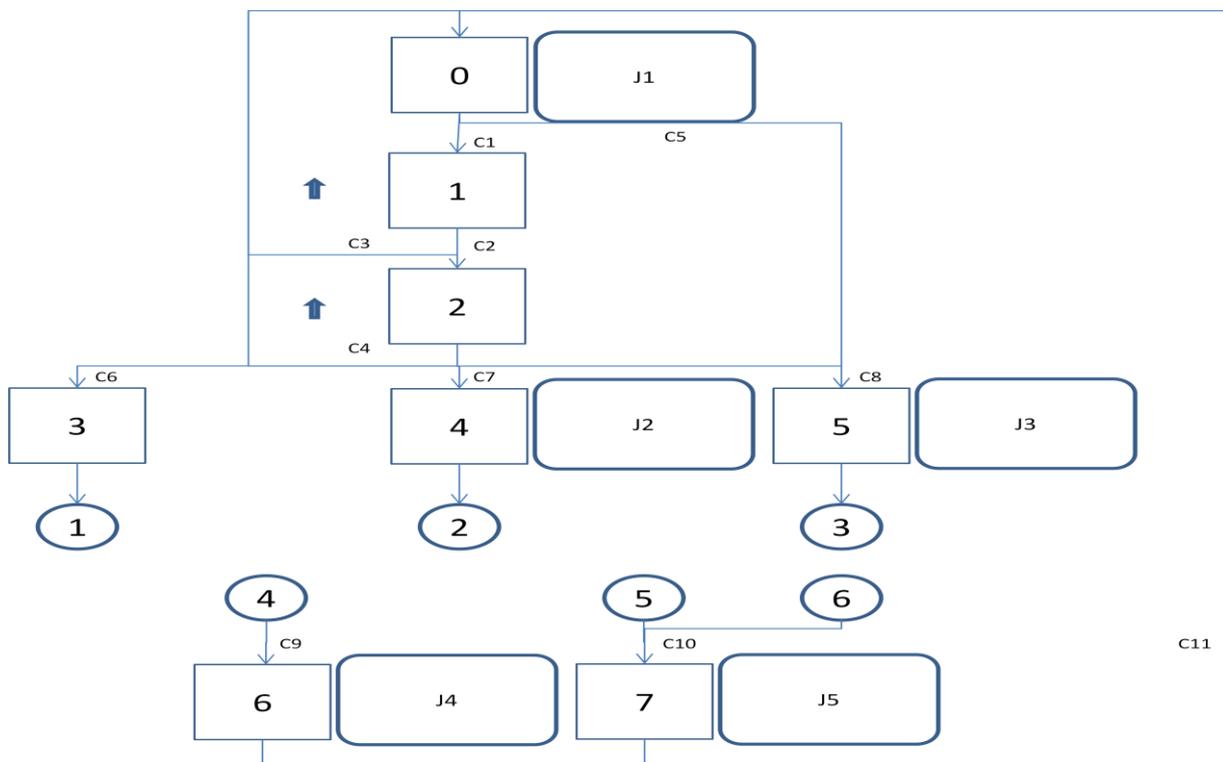


Figura 3.15 – *Grafcet* para gestão de programas – parte 1

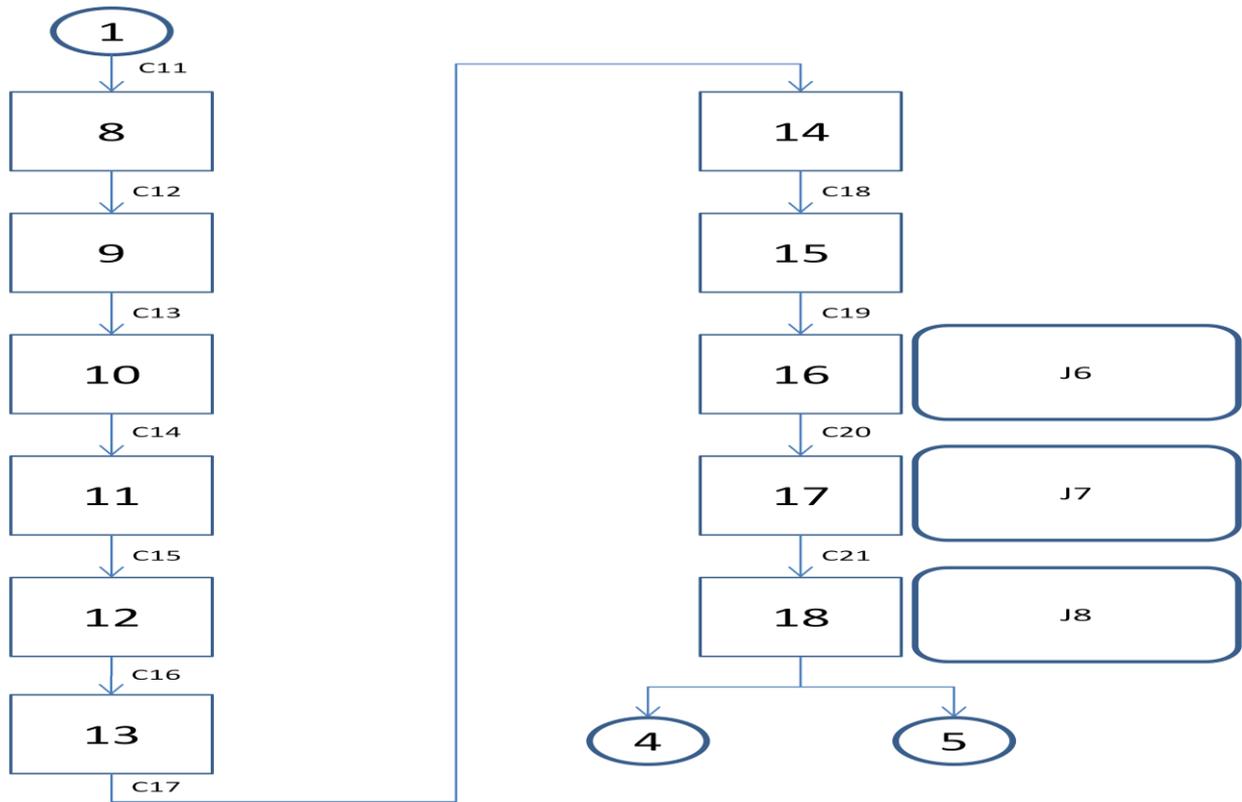


Figura 3.16 – Grafcet para gestão de programas – parte 2

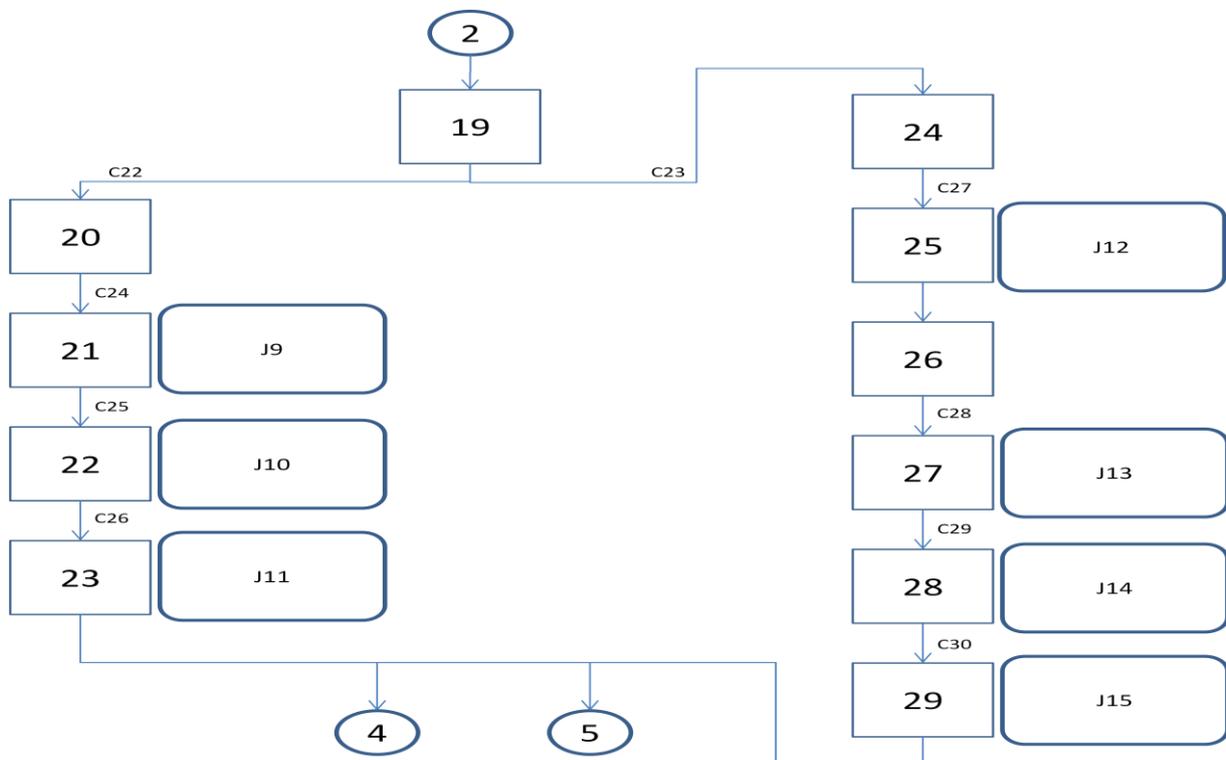


Figura 3.17 – Grafcet para gestão de programas – parte 3

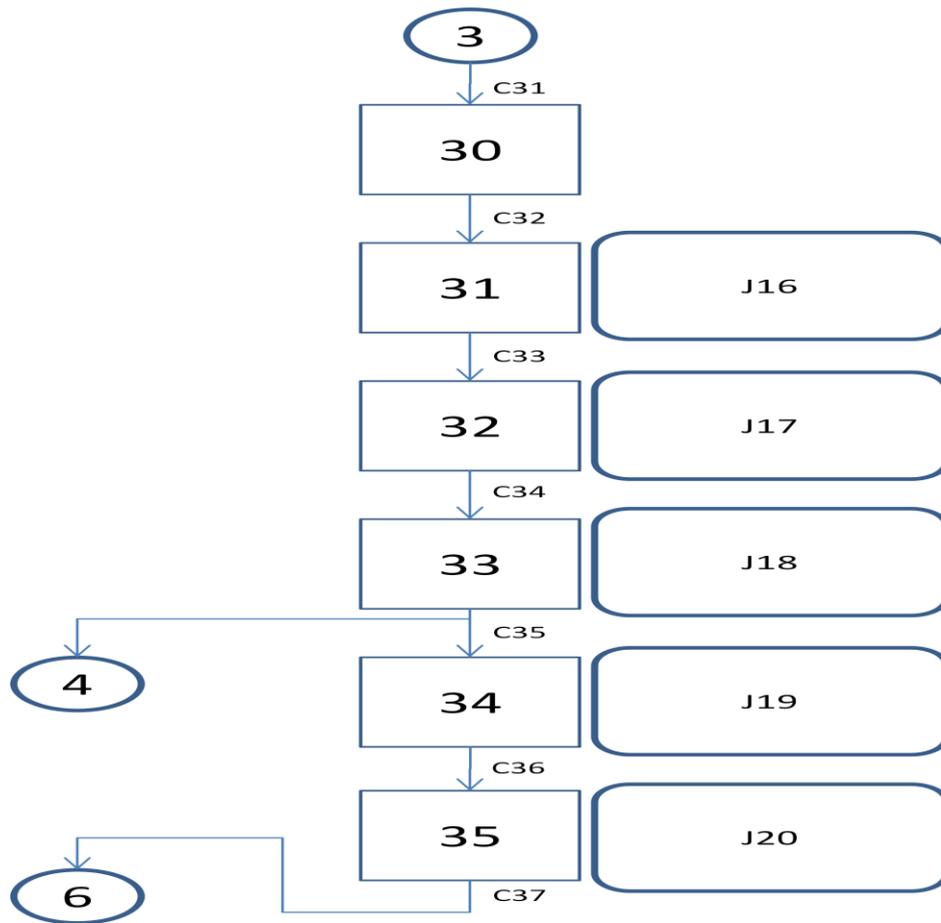


Figura 3.18 – Grafcet para gestão de programas – parte 4

Etapas:

Etapa	Endereço
0	209.00
1	210.10
2	209.01
3	209.02
4	209.09
5	210.05
6	209.07
7	209.08
8	209.03
9	210.11
10	210.12

11	210.13
12	210.14
13	210.15
14	211.00
15	211.01
16	209.04
17	209.05
18	209.06
19	209.10
20	209.11
21	209.12
22	209.13
23	209.14
24	209.15
25	210.00
26	210.01
27	210.02
28	210.03
29	210.04
30	210.06
31	210.07
32	210.08
33	210.09
34	211.02
35	211.03

Tabela 3.12 – Etapas do *Grafcet* para gestão de programas

Condições nível 1:

C1. O computador já efectuou todas as inicializações e botão “gestão dos robôs” do ecrã 2 da consola

C2. Botão “aceitar *password*” do ecrã 21 da consola e *password* correcta

C3. Botão “*back*” dos ecrãs (4, 21) da consola

C4. Botão “*back*” dos ecrãs (4, 21) da consola

- C5. Modo automático já acabou e está à espera de mudar o produto e ainda não mudou
- C6. Botão “novo programa” do ecrã 4 da consola
- C7. Botão “editar programa” do ecrã 4 da consola
- C8. Botão “mudar programa” do ecrã 4 da consola
- C9. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático e a variável que o PC usa para indicar que houve erro no processo de gestão de programas está activa ou passou o tempo máximo de gestão de programas.
- C10. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático e a variável que o PC usa para indicar que houve sucesso no processo de gestão de programas está activa.
- C11. Botão “aceitar *tag*” do ecrã 11 da consola
- C12. Botão “aceitar memória” do ecrã 28 da consola
- C13. Botão “aceitar programa aparafusadora” do ecrã 29 da consola
- C14. Botão “aceitar programa Gel” do ecrã 30 da consola
- C15. Botão “aceitar número da panela” do ecrã 31 da consola
- C16. Botão “aceitar código parafuso” do ecrã 32 da consola
- C17. Botão “aceitar tempo alarme de silicone” do ecrã 33 da consola
- C18. Botão “aceitar tempo erro de silicone” do ecrã 34 da consola e tempo erro de silicone maior que tempo alarme de silicone
- C19. Botão “aceitar pontos de aparafusamento” do ecrã 10 da consola
- C20. Passaram (0,1s)
- C21. Passaram (0,1s)
- C22. Botão “robô 1” do ecrã 8 da consola
- C23. Botão “robô 2” do ecrã 8 da consola
- C24. Botão “aceitar *id*” do ecrã 9 da consola
- C25. Passaram (0,1s)
- C26. Passaram (0,1s)
- C27. Botão “aceitar *id*” do ecrã 9 da consola
- C28. Botão “aceitar pontos de aparafusamento” do ecrã 10 da consola
- C29. Passaram (0,1s)
- C30. Passaram (0,1s)

- C31. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático.
- C32. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático e botão “aceitar *id*” do ecrã 9 da consola
- C33. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático e passaram (0,1s)
- C34. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático e passaram (0,1s)
- C35. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático e variável que o pc usa para indicar que houve sucesso no processo de gestão de programas.
- C36. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático e passaram (0,5s).
- C37. Para além de existir a condição manual existe também a variável de mudar de produto em modo automático e passaram (0,5s).

Condições nível 2:

- C1.A90.14*A478.00
- C2.A478.08*(D[120...129]==D[140...149])
- C3.A478.09
- C4.A478.09
- C5.(A495.00+0.05)*217.05*/A495.01
- C6.A478.01
- C7.A478.02
- C8.A478.03
- C9.(A495.00+0.05)*(A478.12+T18)
- C10. (A495.00+0.05)*A478.11
- C11. A478.08
- C12. A492.02
- C13. A492.03
- C14. A492.04
- C15. A492.05
- C16. A492.06
- C17. A492.07

- C18. A492.08*(D188>D186)
- C19. A478.07
- C20. T10
- C21. T11
- C22. A478.04
- C23. A478.05
- C24. A478.06
- C25. T10
- C26. T11
- C27. A478.06
- C28. A478.07
- C29. T10
- C30. T11
- C31. A495.00+0.05
- C32. (A495.00+0.05)*A478.06
- C33. (A495.00+0.05)*T10
- C34. (A495.00+0.05)*T11
- C35. (A495.00+0.05)*A478.11
- C36. (A495.00+0.05)*T30
- C37. (A495.00+0.05)*T31

Operações nível 1:

- J1. Apaga as variáveis de gestão de programas
- J2. Avisa o PC para mostrar a lista de programas disponíveis
- J3. Avisa o PC para mostrar a lista de programas disponíveis
- J4. Desactiva a variável que o PC usa para indicar que houve erro no processo de gestão de programas
- J5. Desactiva a variável que o PC usa para indicar que houve sucesso no processo de gestão de programas
- J6. Temporizador (0,1s), executa a função mudar programa no robô 1 e 2
- J7. Temporizador (0,1s), ordena o arranque de execução de mudar programa no robô 1 e 2

- J8. Temporizador (120s), avisa o PC de um novo programa
- J9. Temporizador (0,1s), executa a função mudar programa no robô 1
- J10. Temporizador (0,1s), ordena o arranque de execução de mudar programa no robô 1
- J11. Temporizador (120s), avisa o PC de edição de programa para o robô 1
- J12. Avisa o PC de edição de programa para o robo2 (receber os pontos do robo2)
- J13. Temporizador (0,1s), executa a função mudar programa no robô 2
- J14. Temporizador (0,1s), ordena o arranque de execução de mudar programa no robô 2
- J15. Temporizador (120s), avisa o PC de edição de programa para o robo2 (enviar novos pontos ao robo2)
- J16. Temporizador (0,1s), executa a função mudar programa no robô 1 e 2
- J17. Temporizador (0,1s), ordena o arranque de execução de mudar programa no robô 1 e 2
- J18. Temporizador (120s), avisa o PC de mudança de programa
- J19. Temporizador (0,5s), muda programa da câmara de gel
- J20. Temporizador (0,5s), ordena a execução de mudança de programa da câmara de gel

Operações nível 2:

- J1. D120=2020H, D121=2020H, D122=2020H, D123=2020H, D124=2020H, D125=2020H, D126=2020H, D127=2020H, D127=2020H, D128=2020H, D129=2020H, D50=0000H, D51=0000H, D52=0000H, D53=0000H, D54=0000H, D55=0000H, D56=0000H, D57=0000H, D58=0000H, D59=0000H, D23=0004H, D22=0001H, D188=0001H, D186=0001H, D184=0001H, D182=0000H, D180=0000H, D178=0000H, D200=0000H, D201=0000H, D202=0000H, D203=0000H, D204=0000H, D205=0000H, D206=0000H, D207=0000H, D208=0000H, D209=0000H
- J2. DIFU(A479.02), A479.02*TXD(D80)
- J3. DIFU(A479.02), A479.02*TXD(D80)
- J4. RSET(A478.12)
- J5. RSET(A478.11), SET(A495.01)
- J6. TIM10, 3.04, 3.01, 3.11, 3.08
- J7. TIM11, 3.04, 3.01, 3.06, 3.11, 3.08, 3.13
- J8. TIM18, DIFU(A478.13), A478.13*TXD(D72)
- J9. TIM10, 3.04, 3.01
- J10. TIM11, 3.04, 3.01, 3.06

- J11. TIM18, DIFU(A478.15), A478.15*TXD(D74)
- J12. DIFU(A479.00), A479.00*TXD(D76)
- J13. TIM10, 3.11, 3.08
- J14. TIM11, 3.11, 3.08, 3.13
- J15. TIM18, DIFU(A479.01), A479.01*TXD(D78)
- J16. TIM10, 3.04, 3.01, 3.11, 3.08
- J17. TIM11, 3.04, 3.01, 3.06, 3.11, 3.08, 3.13
- J18. TIM18, DIFU(A478.14), A478.14*TXD(D70)
- J19. TIM30, 4.04=A497.00, 4.05=A497.01, 4.06=A497.02, 4.07=A497.03,
4.08=A497.04, 4.09
- J20. TIM31, 4.04=A497.00, 4.05=A497.01, 4.06=A497.02, 4.07=A497.03,
4.08=A497.04, 4.09, 4.11

3.2.5. Controlar a barreira de forma segura, para evitar que o operador corra perigo na altura em que houver movimento na parte frontal da célula de trabalho

Descrição

Uma das grandes preocupações respectivamente ao controlo da célula de trabalho era a segurança do operador. Nesse sentido foram consideradas como acções perigosas todos os movimentos que decorressem na parte frontal da célula de trabalho (ex. rotação da mesa, movimento do elevador, unclamping da peça). Desta forma sempre que qualquer *grafcet*¹¹ se encontre a efectuar algum destes movimentos e a barreira frontal seja interrompida, é emitido um aviso que surge na consola e uma *flag* global será activada para que as saídas correspondentes a esses movimentos deixem de estar activas. Para a célula de trabalho voltar ao seu funcionamento normal esta situação tem que estar devidamente resolvida, ou seja, a barreira não estar interrompida e haver confirmação na consola por parte do operador.

¹¹ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

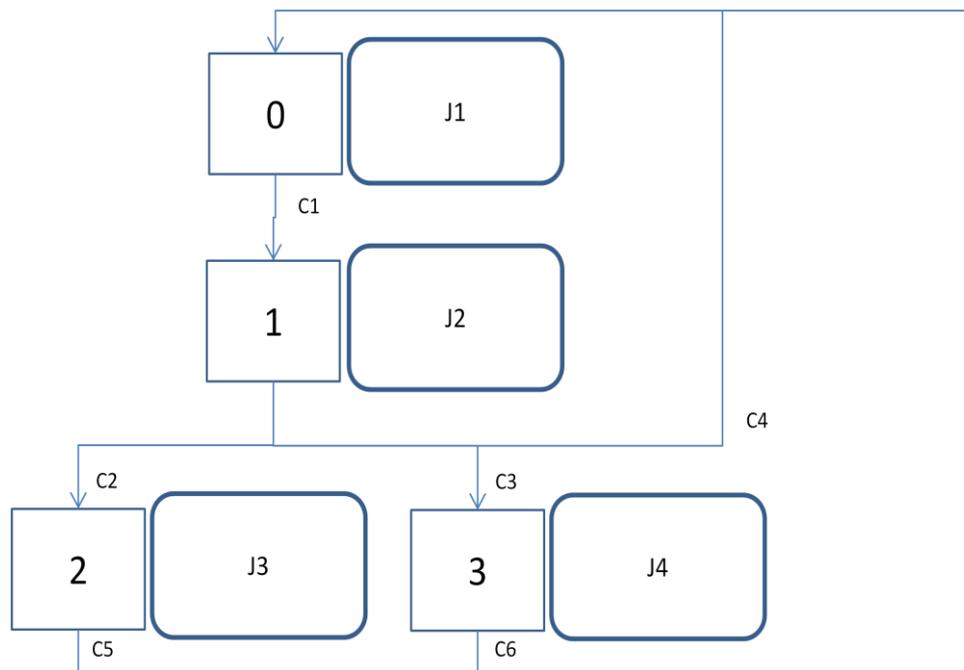


Figura 3.19 – Grafcet para controlar a barreira de forma segura

Etapas:

Etapa	Endereço
0	208.00
1	208.01
2	208.02
3	208.03

Tabela 3.13 – Etapas do Grafcet para controlar a barreira de forma segura

Condições nível 1:

- C1. Computador já efectuou todas as inicializações e a barreira foi interrompida e existe movimento na parte frontal da célula de trabalho (mesa, elevador).
- C2. Passou o tempo máximo de interrupção da barreira e a barreira continua interrompida e não estamos em fim de turno e também não estamos em mudança de produto e estamos na fase de descida do elevador após aceitação da peça em modo automático.
- C3. Passou o tempo máximo de interrupção da barreira e a barreira continua interrompida e ((não estamos em fim de turno e também não estamos em mudança de produto e estamos na fase de movimento da parte frontal da célula de trabalho com excepção

aos estados da condição C2) ou estamos em fim de turno ou em mudança de produto ou existe movimento na parte frontal da célula de trabalho no modo manual).

C4. Passou o tempo máximo de interrupção da barreira e a barreira já não está interrompida.

C5. Botão “não” do ecrã 18 da consola ou botão “sim” do ecrã 18 da consola e a barreira já não está interrompida.

C6. Botão “ok” do ecrã 16 da consola e a barreira já não está interrompida.

Condições nível 2:

C1. $A490.14 * 0.07 * (214.04 + 214.15 + 216.02 + 216.13 + 213.01 + 213.11 + 213.12 + 213.13 + 213.14 + 213.15 + 214.01 + 214.02 + 215.01 + 215.02 + 215.03 + 215.04 + 215.06 + 215.07 + 205.08 + 205.09 + 205.10 + 205.11 + 205.12 + 205.13 + 205.14 + 205.15 + 206.00 + 206.01 + 205.04 + 205.05)$

C2. $T20 * 0.07 * A491.00 * A495.00 * (214.15 + 216.13)$

C3. $T20 * 0.07 * (((214.04 + 216.02 + 213.14 + 213.01 + 213.11 + 213.12 + 213.13 + 213.14 + 213.15 + 214.01 + 214.02 + 215.01 + 215.02 + 215.03 + 215.04 + 215.06 + 215.06 + 215.07) * A491.00 * A495.00) + A491.00 + A495.00 + 250.04 + 205.5 + 205.08 + 205.09 + 205.10 + 205.11 + 205.12 + 205.13 + 205.14 + 205.15 + 206.00 + 206.01)$

C4. $T20 * 0.07$

C5. $A476.01 + A476.03$

C6. $A480.01$

Operações nível 1:

J1. Desactiva a *flag* auxiliar ao controlo da barreira

J2. Temporizador (0,0s)

J3. Activa a *flag* auxiliar ao controlo da barreira e avisa o pc que a barreira foi interrompida

J4. Activa a *flag* auxiliar ao controlo da barreira

Operações nível 2:

J1. RSET(A490.11)

J2. TIM20

J3. SET(A490.11), DIFU(A476.10), A476.10*TXD(D110)

J4. SET(A490.11)

3.2.6. Controlos auxiliares

Fase 1 – Inicializar o programa do controlador de imagem

Descrição

Este *grafcet*¹² permite efectuar a inicialização do controlador da câmara de gel com o programa que se encontra na memória do PLC após a correcta inicialização do PC.

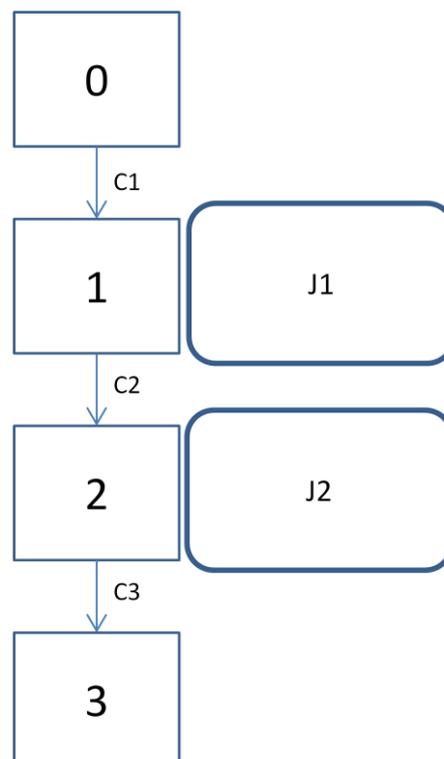


Figura 3.20 – *Grafcet* para inicializar o programa do controlador de imagem

¹² GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

Etapas:

Etapa	Endereço
0	222.00
1	222.01
2	222.02
3	222.03

Tabela 3.14 – Etapas do *Grafcet* para inicializar o programa do controlador de imagem

Condições nível 1:

C1. Computador já efectuou todas as inicializações.

C2. Passaram 0,5 segundos.

C3. Passaram 0,5 segundos.

Condições nível 2:

C1. A409.11

C2. T30

C3. T31

Operações nível 1:

J1. Muda programa da câmara, temporizador (0,5s)

J2. Strobe da câmara, temporizador (0,5s)

Operações nível 2:

J1. 4.04= A497.00, 4.05=A497.01, 4.06=A497.02, 4.07= A497.03, 4.08=A497.04, 4.09,
TIM30

J2. 4.04=A497.00, 4.05= A497.01, 4.06= A497.02, 4.07= A497.03, 4.08=A497.04, 4.09,
4.11 TIM31

Fase 2 – Informar o PC em que modo (automatico/ manual) se encontra a célula de trabalho

Descrição

Um dos requisitos para o PC, seria mostrar constantemente em que estado se encontra a célula de trabalho (AUTOMATICO/ MANUAL), para isso o PLC deverá fornecer essa informação. Este *grafcet*¹³ verifica a transição de automático para manual e vice-versa e nesse momento envia uma *trama* ao PC informando em que modo a célula de trabalho se encontra.

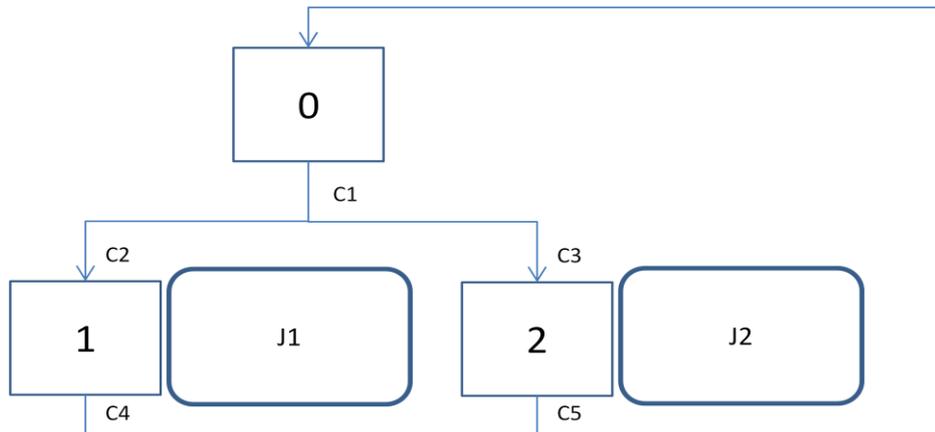


Figura 3.21 – *Grafcet* para informar o PC em que modo (automatico/ manual) se encontra a célula de trabalho

Etapas:

Etapa	Endereço
0	207.10
1	207.11
2	207.12

Tabela 3.15 – Etapas do *Grafcet* para informar o PC em que modo (automatico/ manual) se encontra a célula de trabalho

Condições nível 1:

¹³ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

- C1. Computador já efectuou todas as inicializações.
- C2. Está no modo automático.
- C3. Está no modo manual.
- C4. Está no modo manual.
- C5. Está no modo automático.

Condições nível 2:

- C1.A409.11
- C2./0.05
- C3.0.05
- C4.0.05
- C5./0.05

Operações nível 1:

- J1. Avisa o PC que a célula de trabalho está em modo automático.
- J2. Avisa o PC que a célula de trabalho esta em modo manual.

Operações nível 2:

- J1. DIFU(A479.13), A479.13*TXD(D102)
- J2. DIFU(A479.14), A479.14*TXD(D104)

3.2.7. Controlo automático da célula de trabalho

Descrição

Este *grafcet*¹⁴ pode considerar-se o mais complexo de todos os que foram previamente descritos. Numa forma resumida, a sua principal função será de finalizar o fabrico das peças desde que estas saiem da máquina que aplica o silicone, passando por um processo de validação do Gel e do Silicone, seguidamente procedendo ao seu clamping, por fim o

¹⁴ GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

aparafusamento e o unclamping das mesmas. Todo este processo é feito seguindo uma filosofia de pipeline de forma a rentabilizar o processo de fabrico. Ao longo do decorrer deste *grafcet* convém referir que existe a todo o momento uma interligação/comunicação com os outros *grafcets* fundamentais (*grafcet* para verificar os limites dos parafusos, *grafcet* para controlar a barreira de forma segura, *grafcet timer 1* da peça, *grafcet timer 2* da peça) e que são essenciais ao funcionamento deste *grafcet*.

Etapas 0

- Inicializações
- Ecrã 15

Etapas 1 a 2

- Reset robo 1 e 2
- Ecrã 25

Etapas 3 a 4

- Velocidades dos motores a 100% para o robo 1 e 2
- Ecrã 25

Etapas 5 a 6

- Ligar os motores do robo 1 e 2
- Ecrã 25

Etapas 7 a 8

- Robo 1 vai para home
- Ecrã 25

Etapas 9 a 10

- Robo 2 verifica o torque e vai para home
- Ecrã 26

Etapas 11 a 18

- Reposicionamento da mesa na posição de 120°

- Ecrã 26 nas etapas 11 a 12
- Ecrã 27 nas etapas 13 a 18

Etapas 19 a 21

- Trigger das câmaras apartir do botão start
- Ecrã 1

Etapas 22 a 25

- Processo de validação da peça, verificando os erros de Gel, silicone e tempo
- Ecrã 18

Etapas 26

- Aviso ao pc de que a peça foi rejeitada
- Ecrã 1

Etapas 27

- Aviso ao pc de que a peça foi forçada
- Ecrã 1

Etapas 28 a 29

- Posicionamento do elevador em baixo
- Na eventualidade da barreira ser interrompida, o *grafcet* de controlo da barreira de forma segura irá colocar o ecrã 19, dessa forma o operador terá que optar rejeitar a peça ou forçar
- Ecrã 1

Etapas 30 a 38

- Rotação de 120° da mesa, com unclamping na posição de 60°, da peça que vai sair
- É feito um shift do estado das peças nas posições da mesa (POS0→POS1→POS2)
- Ecrã 1

Etapas 39 a 40

- Robô 1 trabalha
- Ecrã 1

Etapa 41

- Avisa o pc de que a peça no robô 1 foi bem concluída
- Ecrã 1

Etapas 42 a 43

- Avisa o pc de que a peça no robô 1 teve erro
- Ecrã 17

Etapa 44

- Robô 1 não trabalha
- Ecrã 1

Etapas 45 a 47

- Robô 2 trabalha
- Ecrã 1

Etapa 48

- Robô 2 não trabalha
- Ecrã 1

Etapa 49

- Sirene liga durante 2 segundos até o operador interromper a barreira
- Ecrã 1

Etapa 50

- Aviso ao operador que a peça que vai sair teve erros durante o seu processamento
- Ecrã 24

Etapa 51 a 54

- Esta sequencia só será feita se a maquina não estiver em fim de turno ou mudar produto
- Em caso de fim de turno ou mudar produto o processo irá directo para a etapa 61
- Verifica a *flag* (A493.11) que indica que o trigger é feito pelo negara switch ou detecção de peça
- Trigger das câmaras apartir do negara switch ou detecção de peça (transição na barreira)
- Ecrã 1

Etapas 55 a 58

- Processo de validação da peça, verificando os erros de Gel, silicone e tempo
- Ecrã 18

Etapas 59

- Aviso ao pc de que a peça foi rejeitada
- Ecrã 1

Etapas 60

- Aviso ao pc de que a peça foi forçada
- Ecrã 1

Etapas 61 a 63

- Posicionamento do elevador em baixo
- Em caso de fim de turno ou mudar produto é subtraída uma peça a um total de 3 de forma a máquina ser totalmente esvaziada
- Na eventualidade da barreira ser interrompida, o *grafcet* de controlo da barreira de forma segura irá colocar o ecrã 19, dessa forma o operador terá que optar rejeitar a peça ou forçar
- Ecrã 1

Após o robô 1 estar pronto, e o robô 2 estar pronto e o elevador em baixo, existem 3 alternativas;

- A primeira se não estivermos em fim de turno ou mudar produto ou se estivermos numa dessas situações mas a célula de trabalho ainda contém peças iremos para a etapa 30 onde a mesa irá rodar 120° e o processo irá repetir-se;
- A segunda se estivermos em fim de turno e a célula de trabalho já não contém peças então entrámos na etapa 64 onde mostrará o ecrã 20;
- A terceira se estivermos em mudar produto e a célula de trabalho já não contém peças então entramos na etapa 65 onde o *bit* (A495.01) será activado para que o *grafcet* de gestão de programas entre em modo de mudar programa.

Só após a escolha de um novo programa ser bem concluída é que o *grafcet* automático sairá da etapa 65 e irá para o início, carregando um novo programa para a célula de trabalho inteira.

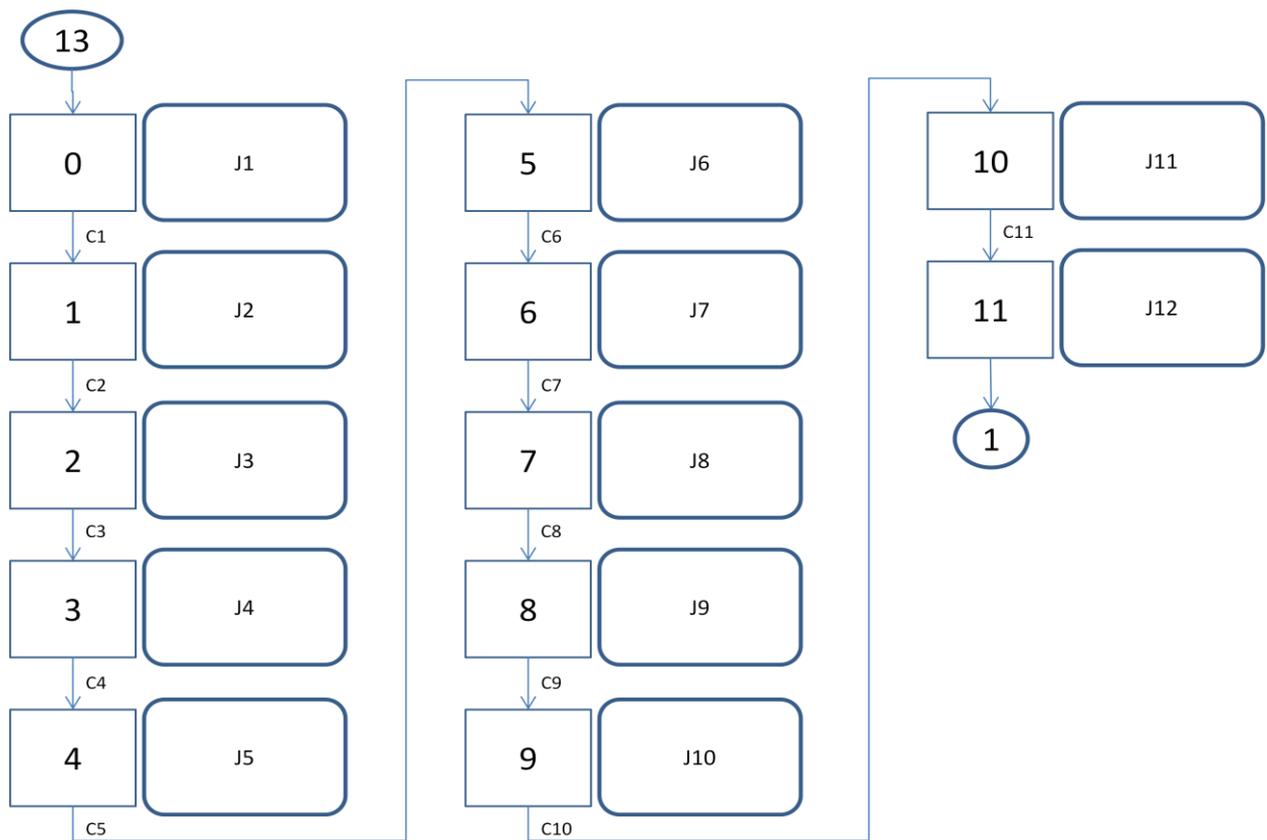


Figura 3.22 – *Grafcet* Automático – parte 1

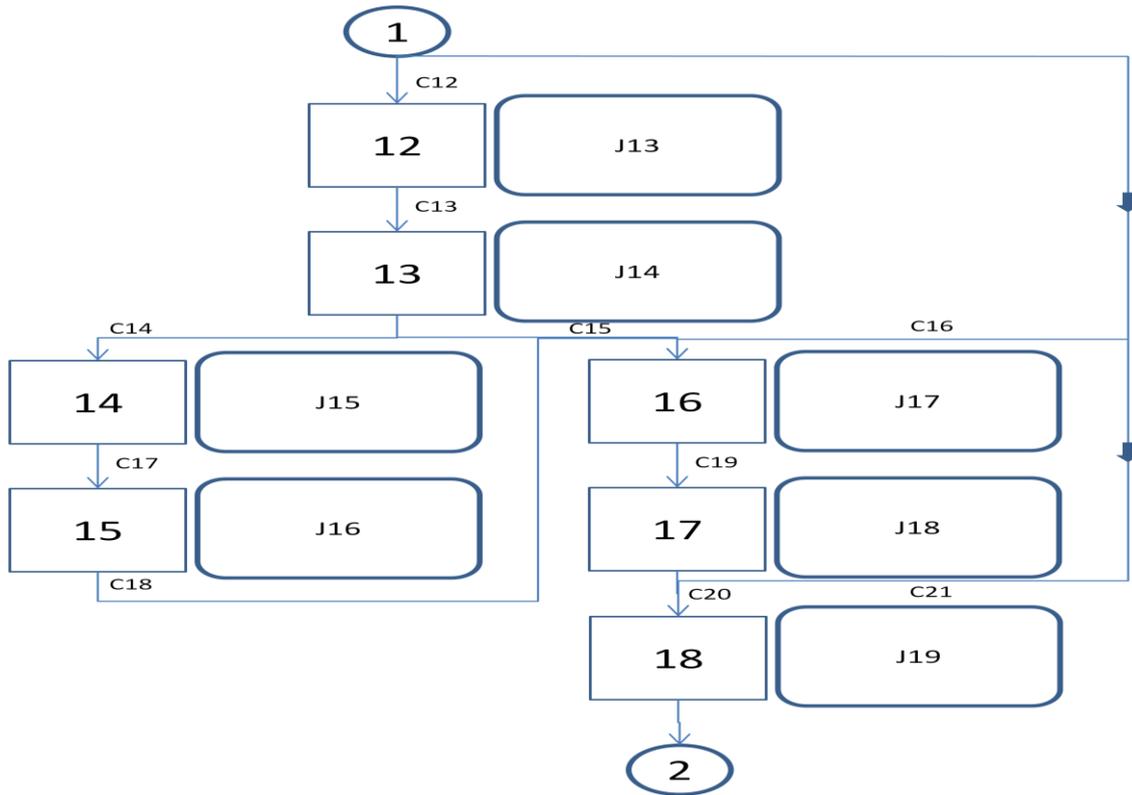


Figura 3.23 – Grafcet Automático – parte 2

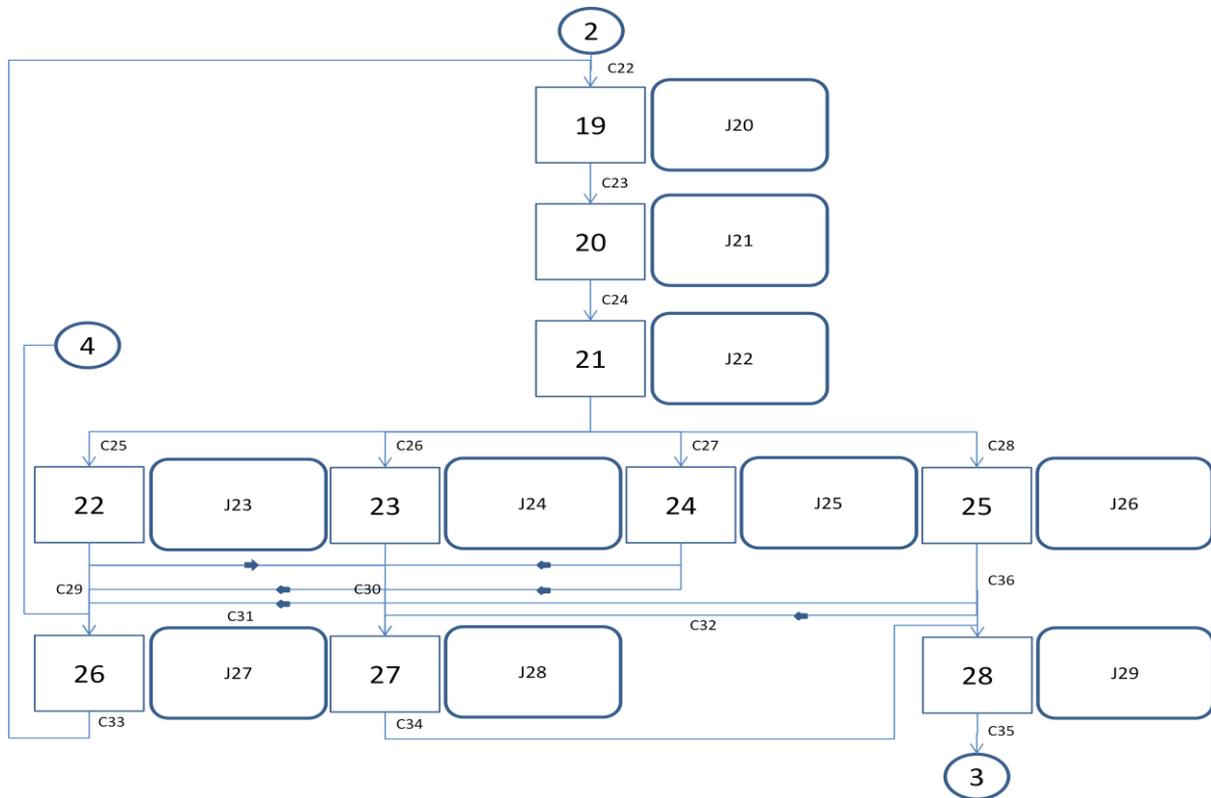


Figura 3.24 – Grafcet Automático – parte 3

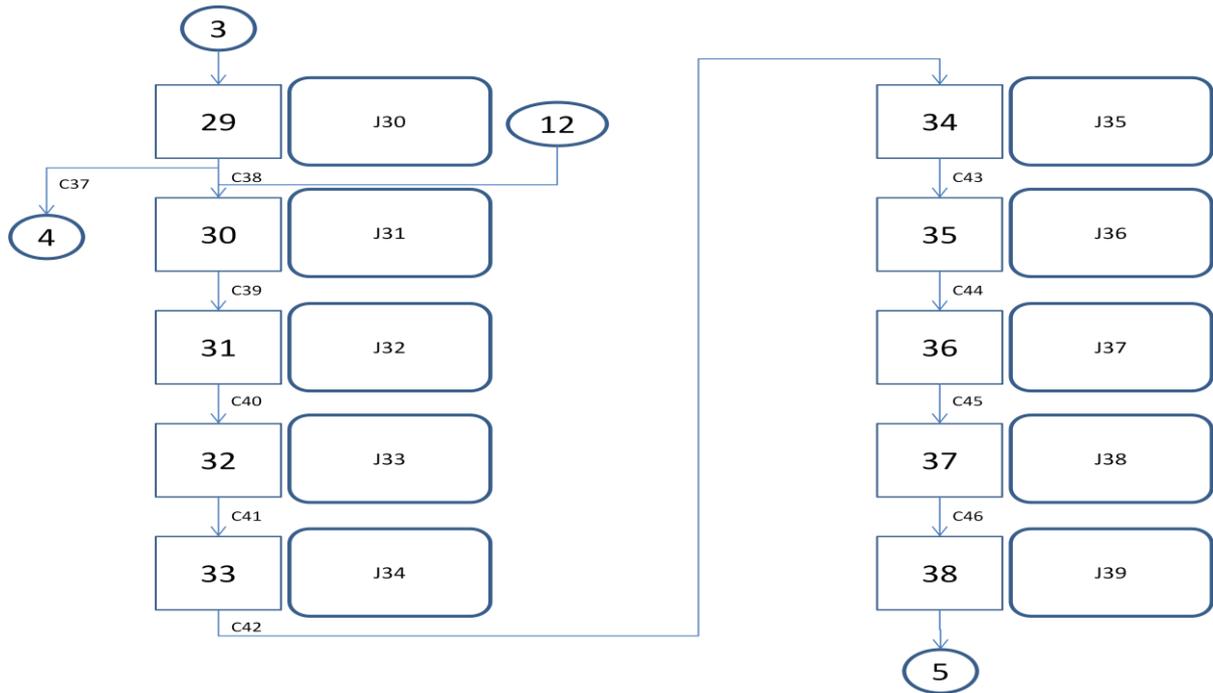


Figura 3.25 – Grafcet Automatico – parte 4

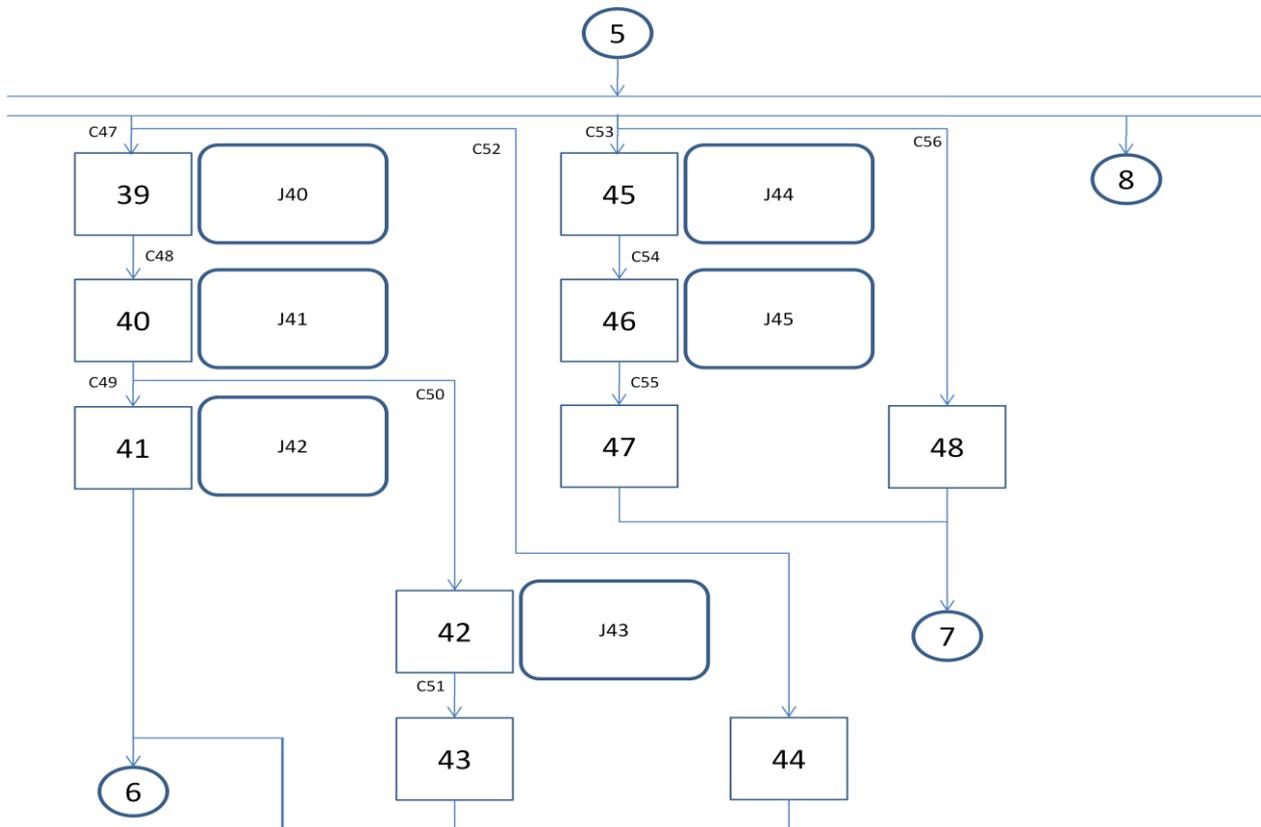


Figura 3.26 – Grafcet Automatico – parte 5

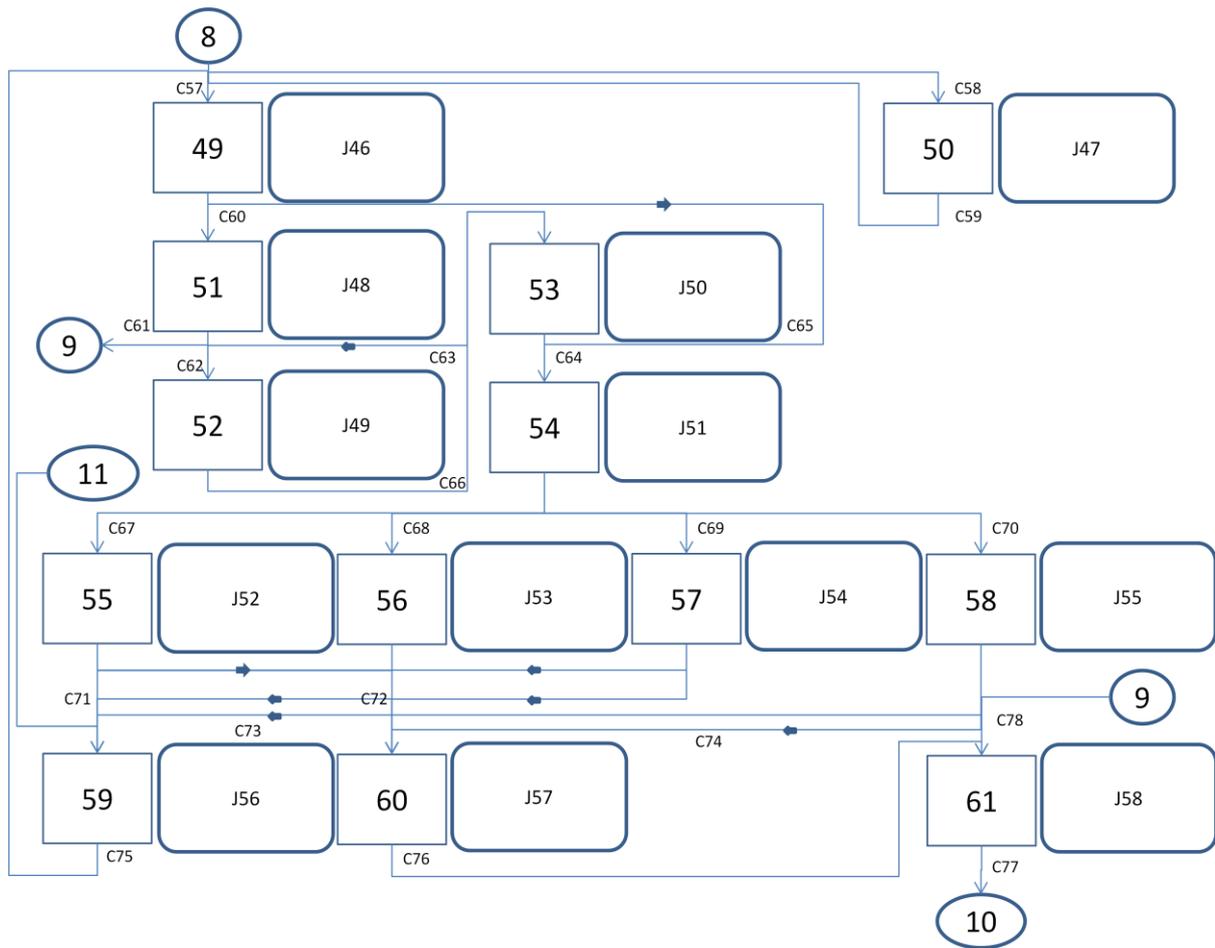


Figura 3.27 – Grafset Automático – parte 6

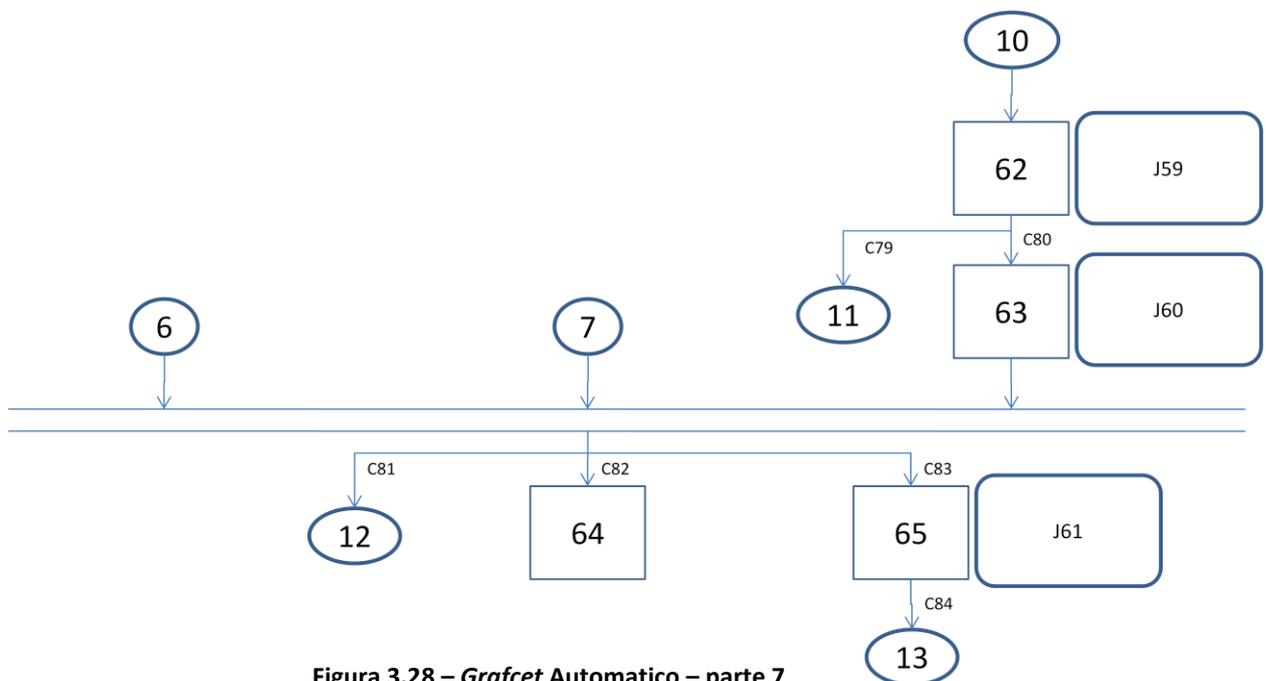


Figura 3.28 – Grafset Automático – parte 7

Etapas:

Etapa	Endereço
0	213.00
1	213.01
2	213.02
3	213.03
4	213.04
5	213.05
6	213.06
7	213.07
8	213.08
9	217.00
10	217.01
11	213.09
12	213.10
13	213.11
14	213.12
15	213.13
16	213.14
17	213.15
18	214.03
19	214.04
20	214.05
21	214.09
22	214.10
23	214.11
24	214.12
25	214.13
26	214.08
27	217.02
28	214.14
29	214.15
30	215.00
31	215.01
32	215.02

33	215.03
34	215.04
35	215.05
36	215.06
37	215.07
38	215.08
39	215.09
40	215.10
41	215.11
42	216.15
43	215.12
44	215.13
45	215.14
46	215.15
47	216.00
48	216.01
49	216.02
50	217.06
51	216.03
52	216.04
53	216.05
54	216.07
55	216.08
56	216.09
57	216.10
58	216.11
59	216.06
60	217.03
61	216.12
62	216.13
63	216.14
64	217.04
65	217.05

Tabela 3.16 – Etapas do *Grafcet Automatico*

Condições nível 1:

- C1. O computador já efectuou todas as inicializações e passaram (3s)
- C2. Elevador em baixo e passaram (1s)
- C3. Passaram (3s)
- C4. Passaram (1s)
- C5. Passaram (3s)
- C6. Passaram (1s)
- C7. Passaram (3s)
- C8. Passaram (1s)
- C9. Passaram (3s) e o robô 1 está em home
- C10. Passaram (1s)
- C11. Passaram (3s)
- C12. Os robôs estão em home e a mesa não está na posição de 60° ou 120° e a pressão do ar está boa
- C13. Passaram (1s)
- C14. Mesa na posição 120°
- C15. Mesa na posição 60°
- C16. Os robôs estão em home e a mesa está na posição de 60° e a pressão do ar está boa
- C17. Passaram (1s)
- C18. Mesa na posição 60°
- C19. Passaram (1s)
- C20. Mesa na posição 120°
- C21. Os robôs estão em home e a mesa está na posição de 120° e a pressão do ar está boa
- C22. Pressão do ar está boa
- C23. Elevador em cima e a pressão do ar está boa e a quantidade de parafusos está normal e *flag* auxiliar ao controlo da barreira não está activa
- C24. Start e pressão do ar está boa e variável que o PC usa para avisar o autómato que o programa que está a ser usado está ok está activa e a variável que o PC usa para avisar o autómato que o id da peça está ok está activa
- C25. Gel não valido e silicone não valido e passaram (1s)
- C26. Gel não valido e silicone valido e passaram (1s)
- C27. Gel válido e silicone não válido e passaram (1s)
- C28. Gel válido e silicone válido e passaram (1s)

- C29. Passaram (0,5s) e (botão "não" do ecrã 18 da consola ou *flag* que força a peça a não entrar na célula de trabalho se esta já ultrapassou o tempo de erro do silicone activa)
- C30. Botão "sim" do ecrã 18 da consola
- C31. Peça que vai entrar ultrapassou o tempo de alarme do silicone e Passaram (0,5s) e (botão "não" do ecrã 18 da consola ou *flag* que força a peça a não entrar na célula de trabalho se esta já ultrapassou o tempo de erro do silicone activa)
- C32. Peça que vai entrar ultrapassou o tempo de alarme do silicone e botão "sim" do ecrã 18 da consola
- C33. Passaram (0,5s)
- C34. Passaram (0,5s)
- C35. Pressão do ar está boa
- C36. Peça que vai entrar ainda não ultrapassou o tempo de alarme do silicone
- C37. *Flag* auxiliar ao controlo da barreira está activa e passaram (0,5s) e (botão "não" do ecrã 18 da consola ou *flag* que força a peça a não entrar na célula de trabalho se esta já ultrapassou o tempo de erro do silicone activa)
- C38. Elevador em baixo e pressão do ar está boa e a *flag* auxiliar ao controlo da barreira não está activa e o botão "não" do ecrã 18 da consola
- C39. Passaram (1s)
- C40. Mesa na posição 120°
- C41. Mesa está na posição 60°
- C42. Sensor de unclamping interior
- C43. Sensor de unclamping exterior
- C44. Passaram (1s)
- C45. Mesa não está na posição 60°
- C46. Mesa está na posição de 120°
- C47. Indicação que a peça na POS1 pode ser trabalhada e pressão do ar está boa
- C48. Passaram (1s)
- C49. Passaram (2s) e o trabalho foi bem feito pelo robô 1
- C50. Passaram (2s) e o trabalho foi mal feito pelo robô 1
- C51. Botão "ok" do ecrã 24 da consola
- C52. Indicação que a peça na POS1 não pode ser trabalhada e pressão do ar está boa
- C53. Indicação que a peça na POS2 pode ser trabalhada e a pressão do ar está boa
- C54. Passaram (1s)

- C55. Passaram (2s) e o robô 2 já acabou o trabalho
- C56. Indicação que a peça na POS2 não pode ser trabalhada e pressão do ar está boa
- C57. Peça que vai sair não teve erros durante o seu processamento e a pressão do ar está boa
- C58. Peça que vai sair teve erros durante o seu processamento
- C59. Botão “ok” do ecrã 24 da consola
- C60. Elevador está em cima e a pressão do ar está boa e a quantidade de parafusos está normal e a barreira não foi interrompida
- C61. Start e pressão do ar está boa e (estamos em fim de turno ou em mudança de produto)
- C62. Pressão do ar está boa e não estamos em fim de turno e não estamos em mudança de produto e a barreira está interrompida e o *bit* inicial do PC que activa o negara está desactivado e a variável que o PC usa para avisar o autómato que o programa que está a ser usado está ok está activa e a variável que o PC usa para avisar o autómato que o id da peça está ok está activa
- C63. Pressão do ar está boa e não estamos em fim de turno e não estamos em mudança de produto e o *bit* inicial do PC que activa o negara está activo e negara switch foi pressionado e variável que o PC usa para avisar o autómato que o programa que está a ser usado está ok está activa e variável que o PC usa para avisar o autómato que o id da peça está ok está activa
- C64. Passaram (1s) e (o *bit* inicial do PC que activa o negara está desactivado e foi detectada a posição da peça ou o *bit* inicial do PC que activa o negara está activado)
- C65. Passaram (1s) e o *bit* inicial do PC que activa o negara está desactivado e não foi detectada a posição da peça
- C66. Barreira não está interrompida
- C67. Gel não válido e silicone não válido e passaram (1s)
- C68. Gel não válido e silicone válido e passaram (1s)
- C69. Gel válido e silicone não válido e passaram (1s)
- C70. Gel válido e silicone válido e passaram (1s)
- C71. Passaram (0,5s) e (botão “não” do ecrã 18 da consola ou *flag* que força a peça a não entrar na célula de trabalho se esta já ultrapassou o tempo de erro do silicone activa)
- C72. Botão “sim” do ecrã 18 da consola

- C73. Peça que vai entrar ultrapassou o tempo de alarme do silicone e Passaram (0,5s) e (botão “não” do ecrã 18 da consola ou *flag* que força a peça a não entrar na célula de trabalho se esta já ultrapassou o tempo de erro do silicone activa)
- C74. Peça que vai entrar ultrapassou o tempo de alarme do silicone e botão “sim” do ecrã 18 da consola
- C75. Passaram (0,5s)
- C76. Passaram (0,5s)
- C77. Pressão do ar está boa
- C78. Peça que vai entrar ainda não ultrapassou o tempo de alarme do silicone
- C79. *Flag* auxiliar ao controlo da barreira está activa e Passaram (0,5s) e (botão “não” do ecrã 18 da consola ou *flag* que força a peça a não entrar na célula de trabalho se esta já ultrapassou o tempo de erro do silicone activa)
- C80. Elevador em baixo e pressão do ar está boa e a barreira não está interrompida
- C81. ((Está em fim de turno ou em mudança de produto) e ainda não se retirou a última peça da célula de trabalho) ou não estamos em fim de turno e não estamos em mudança de produto)
- C82. Está em fim de turno e não está em mudança de produto e já se retirou a última peça da célula de trabalho
- C83. Não está em fim de turno e está em mudança de produto e já se retirou a última peça da célula de trabalho
- C84. Passaram (0,5s) e o programa foi mudado

Condições nível 2:

- C1.A490.14*T16*0.02
- C2.T12*0.02
- C3.T16
- C4.T12
- C5.T16
- C6.T12
- C7.T16
- C8.T12
- C9.T16*0.15
- C10. T12
- C11. T16

- C12. $0.15*1.02*0.06*/0.02*/1.02$
C13. T15
C14. 0.02
C15. 1.07
C16. $0.15*1.02*0.06*1.07$
C17. T15
C18. 1.07
C19. T15
C20. 0.02
C21. $0.15*1.02*0.06*0.02$
C22. 0.06
C23. $0.01*0.06*A490.08*/A490.11$
C24. $1.04*0.06*A495.03*A541.00$
C25. $/0.08*/0.10*T15$
C26. $/0.08*0.10*T15$
C27. $0.08*/0.10*T15$
C28. $0.08*0.10*T15$
C29. $T24*(A476.01+A491.14)$
C30. A476.03
C31. $T24*(A476.01+A491.14)/(A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)$
C32. $A476.03)/(A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)$
C33. T23
C34. T23
C35. 0.06
C36. $/A493.02*A493.03+A493.02*A493.04$
C37. $A490.11* T24*(A476.01+A491.14)$
C38. $0.00*0.06*/A490.11*/A476.01$
C39. T15
C40. 0.02
C41. $/0.02*1.07$
C42. 1.08
C43. 1.09
C44. T15

- C45. /1.07
C46. 0.02
C47. $A490.06*0.06$
C48. T12
C49. $T21*/0.12*/0.14$
C50. $T21*0.14$
C51. A480.04
C52. / $A490.06*0.06$
C53. $A490.07*0.06$
C54. T13
C55. / $1.00*T14$
C56. / $A490.07*0.06$
C57. $A498.00*0.06$
C58. / $A498.00$
C59. A480.04
C60. $0.01*0.06*A490.08*/A490.11$
C61. $1.04*0.06*(A491.00+A495.00)$
C62. $0.06*/A491.00*/A495.00*/0.07*/A493.11*A495.03*A541.00$
C63. $A493.11*1.06*/A491.00*/A495.00*0.06* A495.03*A541.00$
C64. $T15*(1.05*/A493.11+A493.11)$
C65. $T15*/1.05*/A493.11$
C66. 0.07
C67. / $0.08*/0.10*T15$
C68. / $0.08*0.10*T15$
C69. $0.08*/0.10*T15$
C70. $0.08*0.10*T15$
C71. $T24*(A476.01+A491.14)$
C72. A476.03
C73. $T24*(A476.01+A491.14)*(/A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)$
C74. $A476.03)*(/A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)$
C75. T23
C76. T23
C77. 0.06

C78. /A493.02*A493.03+A493.02*A493.04
 C79. A490.11* T24*(A476.01+A491.14)
 C80. 0.00*0.06*/A490.11*/A476.01
 C81. ((A491.00+A495.00)*(D26>0)+/A491.00*/A495.00)
 C82. A491.00*/A495.00*(D26==0)
 C83. /A491.00*A495.00*(D26==0)
 C84. T27*A495.01

Operações nível 1:

- J1. Reinicia todas as variáveis do modo automático, temporizador (3s)
- J1. Executa a função para limpar os erros do robô 1 e 2, temporizador (1s)
- J2. Ordena a execução da função para limpar os erros do robô 1 e 2, temporizador (3s)
- J3. Executa a função para colocar a velocidade dos motores a 100% do robô 1 e 2, temporizador (1s)
- J4. Ordena a execução da função para colocar a velocidade dos motores a 100% do robô 1 e 2, temporizador (3s)
- J5. Executa a função de ligar os motores do robô 1 e 2, temporizador (1s)
- J6. Ordena a execução da função de ligar os motores do robô 1 e 2, temporizador (3s)
- J7. Executa a função para o robô 1 ir para home, temporizador (1s)
- J8. Ordena a execução da função para o robô 1 ir para home, temporizador (3s)
- J9. Executa a função de inicialização do robô 2, temporizador (1s)
- J10. Ordena a execução da função de inicialização do robô 2, temporizador (3s)
- J11. Inicia o posicionamento da mesa
- J12. Temporizador (1s), destrava a mesa
- J13. Roda a mesa
- J14. Temporizador (1s), destrava a mesa
- J15. Roda a mesa
- J16. Temporizador (1s), destrava a mesa
- J17. Roda a mesa
- J18. Bloqueia a mesa
- J19. Bloqueia a mesa, sobe o elevador
- J20. Avisar o PC de barreira aberta

- J21. Temporizador (1s), trigger (gel e silicone)
- J22. Temporizador (0,5s), se o tempo de alarme de silicone foi ultrapassado então avisa o PC de erro (gel silicone tempo), se o tempo de alarme de silicone não foi ultrapassado então avisa o PC de erro (gel silicone) e tempo ok
- J23. Temporizador (0,5s), se o tempo de alarme de silicone foi ultrapassado então avisa o PC de erro (gel tempo) e silicone ok, se o tempo de alarme de silicone não foi ultrapassado então avisa o PC de erro gel e (silicone tempo) ok
- J24. Temporizador (0,5s), se o tempo de alarme de silicone foi ultrapassado então avisa o PC de erro (silicone tempo) e gel ok, se o tempo de alarme de silicone não foi ultrapassado então avisa o PC de erro silicone e (gel tempo) ok
- J25. Temporizador (0,5s), se o tempo de alarme de silicone foi ultrapassado então avisa o PC de erro tempo e (gel silicone) ok, se o tempo de alarme de silicone não foi ultrapassado então avisa o PC de (gel silicone tempo) ok
- J26. Temporizador (0,5s), avisa o PC de peça não forçada com erros
- J27. Temporizador (0,5s), avisa o PC de peça forçada com erros
- J28. Desactiva a *flag* que indica o estado do tempo da peça a entrar, actualiza o estado da peça na mesa a entrada, avisa o PC de barreira fechada
- J29. Desce o elevador
- J30. Temporizador (1s), destrava a mesa
- J31. Roda a mesa, actualiza as posições das peças na mesa
- J32. Roda a mesa
- J33. Faz o unclamping da peça
- J34. Mantém a mesa na sua posição
- J35. Temporizador (1s), destrava a mesa
- J36. Roda a mesa
- J37. Roda a mesa, avisa o PC de mesa na posição 120°
- J38. Mantém a mesa na sua posição
- J39. Executa a função para o robô 1 trabalhar, temporizador (1s)
- J40. Ordena a execução da função para o robô 1 trabalhar, temporizador (2s)
- J41. Avisa o PC de peça robô 1 boa
- J42. Apaga a indicação que a peça na POS1 pode ser trabalhada, avisa o PC de peça no robô 1 ma
- J43. Executa a função para o robô 2 trabalhar, temporizador (1s)

- J44. Ordena a execução da função para o robô 2 trabalhar, temporizador (2s)
- J45. Bloqueia a mesa, sobe o elevador, activa a *flag* auxiliar para a sirene tocar após a peça ser finalizada até a barreira ser interrompida
- J46. Apaga a indicação que a peça que vai sair teve erros
- J47. Avisa o PC de barreira aberta
- J48. Mantém a mesa na sua posição
- J49. Temporizador (1s), trigger (gel e silicone)
- J50. Temporizador (1s), trigger (gel e silicone)
- J51. Temporizador (0,5s), se o tempo de alarme de silicone foi ultrapassado então avisa o PC de erro (gel silicone tempo), se o tempo de alarme de silicone não foi ultrapassado então avisa o PC de erro (gel silicone) e tempo ok
- J52. Temporizador (0,5s), se o tempo de alarme de silicone foi ultrapassado então avisa o PC de erro (gel tempo) e silicone ok, se o tempo de alarme de silicone não foi ultrapassado então avisa o PC de erro gel e (silicone tempo) ok
- J53. Temporizador (0,5s), se o tempo de alarme de silicone foi ultrapassado então avisa o PC de erro (silicone tempo) e gel ok, se o tempo de alarme de silicone não foi ultrapassado então avisa o PC de erro silicone e (gel tempo) ok
- J54. Temporizador (0,5s), se o tempo de alarme de silicone foi ultrapassado então avisa o PC de erro tempo e (gel silicone) ok, se o tempo de alarme de silicone não foi ultrapassado então avisa o PC de (gel silicone tempo) ok
- J55. Temporizador (0,5s), avisa o PC de peça não forçada com erros
- J56. Temporizador (0,5s), avisa o PC de peça forçada com erros
- J57. Desactiva a *flag* que indica o estado do tempo da peça a entrar, actualiza o estado da peça na mesa a entrada, avisa o PC de barreira fechada
- J58. Desce o elevador, desactiva a *flag* auxiliar para a sirene tocar após a peça ser finalizada
- J59. Temporizador (1s), destrava a mesa
- J60. Temporizador (0,5s), activa a *flag* para iniciar a mudança de programa em modo automático

Operações nível 2:

- J1. D26=03, RSET(A491.00), RSET(A495.00), TIM16, RSET(A490.05),
RSET(A490.06), RSET(A490.07), RSET(A491.08), RSET(A491.14), SET(A498.00),
SET(A495.01), RSET(A495.00), SET(A495.03), RSET(541.00)

- J2. TIM12, 2.03=/A490.11, 3.03, 3.10, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J3. TIM16, DIFU(A540.03), A540.03*TXD(D304), 2.03=/A490.11, 3.03, 3.06, 3.10, 3.13, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J4. TIM12, 2.03=/A490.11, 3.00, 3.07, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J5. TIM16, 2.03=/A490.11, 3.00, 3.06, 3.07, 3.13, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J6. TIM12, 2.03=/A490.11, 3.01, 3.08, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J7. TIM16, 2.03=/A490.11, 3.01, 3.06, 3.08, 3.13, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J8. TIM12, 2.03=/A490.11, 3.04, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J9. TIM16, 2.03=/A490.11, 3.04, 3.06, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J10. TIM12, 2.03=/A490.11, 3.07, 3.09, 3.11
- J11. TIM16, 2.03=/A490.11, 3.07, 3.09, 3.11, 3.13
- J12. 2.03=A490.11, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J13. TIM15, 2.03=/A490.11, 2.10, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J14. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J15. TIM15, 2.03=/A490.11, 2.10, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J16. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J17. TIM15, 2.03=/A490.11, 2.10, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J18. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11, 4.00, 4.01, 4.02, 4.03
- J19. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11
- J20. 2.13=/A490.11, 2.02=/A490.00
- J21. DIFU(A479.09), A479.09*/A491.08*TXD(D82),
A479.09*/A491.08*DIFU(A491.09), A491.09*SET(A491.08), 2.13=/A490.11, 2.02,
2.11
- J22. TIM15, 2.13=/A490.11, 2.02, 2.01, 2.11
- J23. TIM24, DIFU(A491.06),
A491.06*/(A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*TXD(D86),
A491.06*/(A493.02*A493.03+A493.02*A493.04)*TXD(162), 2.13=/A490.11, 2.02,
2.07, 2.11
- J24. TIM24, DIFU(A479.07),
A479.07*/(A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*TXD(D88),
A479.07*/(A493.02*A493.03+A493.02*A493.04)*TXD(164), 2.13=/A490.11, 2.02,
2.07, 2.11

- J25. TIM24, DIFU(A479.06),
 A479.06*(/A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*TXD(D90),
 A479.06*(/A493.02*A493.03+A493.02*A493.04)*TXD(166), 2.13=/A490.11, 2.02,
 2.07, 2.11
- J26. TIM24, DIFU(A479.05),
 A479.05*(/A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*TXD(D92),
 A479.05*(/A493.02*A493.03+A493.02*A493.04)*TXD(168), 2.13=/A490.11, 2.02,
 (/A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*2.07, 2.11
- J27. TIM23, DIFU(A491.10), A491.10*TXD(D170), 2.11, RSET(A491.08),
 RSET(A491.14)
- J28. TIM23, DIFU(A491.07), A491.07*TXD(D114)
- J29. RSET(A490.10), DIFU(A480.07), A480.07*/A491.00*/A495.00*SET(A490.05),
 A480.07*(A491.00+A495.00)*RSET(A490.05), DIFU(A479.04),
 A479.04*TXD(D94), 2.13=/A490.11, RSET(A491.08)
- J30. TIM24, 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11
- J31. TIM15, 2.03=/A490.11, 2.10
- J32. DIFU(A480.05), A480.05*A490.06*SET(A490.07),
 A480.05*/A490.06*RSET(A490.07), A480.05*DIFU(A480.06),
 A480.06*A490.05*SET(A490.06), A480.06*/A490.05*RSET(A490.06),
 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11
- J33. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11
- J34. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11, 3.14=1.07*/A490.11
- J35. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11
- J36. TIM15, 2.03=/A490.11, 2.10
- J37. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11
- J38. DIFU(A479.03), A479.03*TXD(D96), 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11
- J39. 2.13=/A490.11, 2.03=/A490.11
- J40. TIM12, 3.04, 3.00
- J41. TIM21, DIFU(A491.04), A491.04*TXD(D116), 3.04, 3.00, 3.06
- J42. DIFU(A479.11), A479.11*TXD(D100)
- J43. RSET(A490.06), DIFU(A479.12), A479.12*TXD(D98)

- J44. TIM13, DIFU(A491.05), A491.05*TXD(D118), 3.07, 3.11
- J45. TIM14, 3.07, 3.11, 3.13
- J46. 2.13=/A490.11, 2.02=/A490.11, DIFU(A491.03), A491.03*SET(A491.01),
/0.07*RSET(A491.01), A491.01*0.01*TIM22, 2.07=A491.01*T22
- J47. DIFU(A494.04), A494.04*SET(A498.08)
- J48. DIFU(A479.09), A479.09*/A491.08*TXD(D82), A479.09*/A491.08*DIFU(A491.09),
A491.09*SET(A491.08), 2.13=/A490.11, 2.02, 2.11
- J49. 2.13=/A490.11, 2.02, 2.11
- J50. TIM15, 2.13=/A490.11, 2.02, 2.01, 2.11
- J51. TIM15, 2.13=/A490.11, 2.02, 2.01, 2.11
- J52. TIM24, DIFU(A491.06), A491.06*/(A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*TXD(D86),
A491.06*/(A493.02*A493.03+A493.02*A493.04)*TXD(162), 2.13=/A490.11, 2.02, 2.07,
2.11
- J53. TIM24, DIFU(A479.07), A479.07*/(A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*TXD(D88),
A479.07*/(A493.02*A493.03+A493.02*A493.04)*TXD(164), 2.13=/A490.11, 2.02, 2.07,
2.11
- J54. TIM24, DIFU(A479.06), A479.06*/(A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*TXD(D90),
A479.06*/(A493.02*A493.03+A493.02*A493.04)*TXD(166), 2.13=/A490.11, 2.02, 2.07,
2.11
- J55. TIM24, DIFU(A479.05), A479.05*/(A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*TXD(D92),
A479.05*/(A493.02*A493.03+A493.02*A493.04)*TXD(168), 2.13=/A490.11, 2.02,
(/A493.02*/A493.03+A493.02*/A493.04)*2.07, 2.11
- J56. TIM23, DIFU(A491.10), A491.10*TXD(D170), 2.11, RSET(A491.08), RSET(A491.14)
- J57. TIM23, DIFU(A491.07), A491.07*TXD(D114)
- J58. RSET(A490.10), DIFU(A480.07), A480.07*/A491.00*/A495.00*SET(A490.05),
A480.07*(A491.00+A495.00)*RSET(A490.05), DIFU(A479.04), A479.04*TXD(D94),
2.13=/A490.11, RSET(A491.08)
- J59. TIM24, 2.13=/A490.11, 2.02=/A490.11, RSET(A491.08)
- J60. 2.13=/A490.11, 2.02=/A490.11
- J61. TIM27, DIFU(A495.02), A495.02*RSET(A495.01)

3.2.8. Controlo da sinalização luminosa

3.2.8.1. Luz vermelha

Condição nível 1:

Ou a quantidade de parafusos não está normal, ou a pressão do ar não está normal, ou a barreira foi interrompida, ou a peça no robô 1 caiu, ou o computador ainda não efectuou todas as inicializações, ou a variável que o PC usa para avisar o PLC que o programa que está a ser usado está ok está desactivada, ou o botão de emergência está pressionado.

Condição nível 2:

201.05+/0.06+A490.11+216.15+/490.14+/495.03+/0.04

3.2.8.2. Luz amarela

Condição nível 1:

A luz vermelha não está acesa e (a célula de trabalho está a reiniciar o modo automático, ou houve um erro de (Gel ou Silicone ou tempo) na peça)).

Condição nível 2:

0.04*/2.06*(201.04+214.10+214.11+214.12+214.13+216.08+216.09+216.10+216.11+213.01+213.02+213.03+213.04+213.05+213.06+213.07+213.08+213.09+213.10+213.11+213.12+213.13+213.14+213.15+214.00+214.01+214.02+214.03+217.00+217.01)

3.2.8.3. Luz verde

Condição nível 1:

A luz vermelha não está acesa e a luz amarela não está acesa.

Condição nível 2:

0.04*/2.05*/2.06

3.2.9. Inicializações, Reset's e condições auxiliares necessarios ao correcto funcionamento do controlo da célula de trabalho

Após o *bit* de arranque do PLC (A200.11) efectuar a sua transição, todas as inicializações serão efectuadas, sendo estas as seguintes:

D6645="2000", D172="A02E", D70="A037", D72="A033", D74="A034", D76="A035",
 D78="A036", D80="A037", D82="A007", D84="A009", D86="A005", D88="A004",
 D90="A003", D92="A006", D94="A008", D96="A00A", D100="A00A", A98="A020",
 D114="A014", D116="A015", D118="A016", D160="A017", D162="A02A",
 D164="A018", D166="A019", D168="A02B", D170="A02C", D174="A030",
 D176="A031", D304="A043", D302="A042", D306="A044", D308="A045",
 D110="A012", D108="A011", RSET(A490.14), RSET(A491.14), SET(A495.01),
 RSET(A495.00), SET(A495.03), RSET(541.00), RSET(A491.15), RSET(A493.00),
 RSET(A493.01), RSET(A493.02), RSET(A493.03), RSET(A493.04)

Serão necessários vários resets a certas variáveis, quando existir a transição de automático para manual e vice versa, sendo estes os seguintes:

/0.05*RSET(A499.00), /0.05*RSET(A499.01), 0.05*RSET(A499.02),
 /0.05*RSET(A475.01), /0.05*RSET(A475.02), 0.05*RSET(A493.00),

$0.05 * RSET(A493.01)$, $0.05 * RSET(A493.03)$, $0.05 * RSET(A493.04)$, $/0.05 * RSET(540.08)$,
 $/0.04 * RSET(540.08)$

Existem várias Condições auxiliares que se encontram activas a todo o momento, sendo estas as seguintes:

- Sinalização para a máquina de silicone trabalhar:

$2.00 = 0.04 * /0.05 * /A490.11 * (/A493.00 + /A493.01) * A490.14$

- Manter o programa da aparafusadora correspondente ao que se encontra inserido no programa actual:

$4.00 = A496.00$, $4.01 = A496.01$, $4.02 = A496.02$, $4.03 = A496.03$

- Activar fim de turno ou mudar produto:

$0.04 * /0.05 * /A495.00 * A540.05 * SET(A491.00)$

$0.04 * /0.05 * /A495.00 * A540.04$

CAPÍTULO 4

Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

4.1. Conclusões

Pode-se concluir deste trabalho que os objectivos foram atingidos com sucesso pois a aplicação projectada e implementada correspondeu aos requisitos pedidos pelo cliente.

Podemos afirmar que toda a fase de estudo do projecto e implementação dos algoritmos que supriam as necessidades apresentadas pelo cliente foram essenciais para a implementação da solução final.

Em ambiente industrial, surgiram os primeiros problemas, entre eles a comunicação, recepção e tratamento de toda a informação dos vários dispositivos ligados ao sistema, várias mudanças requeridas pelo cliente entre elas a implementação do *timer* do cordão do silicone, pois toda esta parte teve de ser desenvolvida em ambiente de simulação uma vez que não tínhamos acesso á máquina auxiliar de colocação de cordão de silicone e regiões de gel, mudança na forma como era realizado todo o processo de reprogramação da célula.

Foi necessário ter total atenção as prioridades da célula de trabalho, pois esta iria trabalhar 24 horas por dia, dessa forma teríamos que ter um sistema viavel e que não tivesse falhas. A grande complexidade da implementação do controlo da célula de trabalho fez-nos optar por criar varios *grafcets* prioritarios que estariam interligados entre si, desta forma poderíamos controlar todas as partes cruciais ao funcionamento da célula de trabalho sem haver interferencias entre elas. Com esta implementação o problema tornou-se bastante complexo, exigindo uma total concentração nas variaveis globais (prioritarias) pois estas seriam fundamentais para a estabilidade da célula de trabalho.

Uma das grandes prioridades da célula de trabalho seria manter a integridade fisica do operador, desta forma foi necessário criar um *grafcet* que tivesse em tempo real a verificar todos os *grafcets* que criassem qualquer tipo de movimento na parte frontal da mesma, assim poderia intervir sobre os *grafcets*, activando uma flag prioritaria, impedindo o *grafcet* responsavel pelo movimento, de prosseguir com a sua tarefa e por fim alertar o operador da situação. Outra grande prioridade seria fazer a gestão do historico das peças no PC e ao

mesmo tempo informar o operador do estado das mesmas no ecrã do PC, para este problema optou-se por criar uma tabela de *tramas* a serem enviadas pela porta serie ao PC, estas *tramas* seriam enviadas em momentos cruciais do funcionamento da célula de trabalho, desta forma alertando o PC do estado de cada parte da célula de trabalho.

Foi necessario fazer uma gestão dos parafusos nas painelas da célula de trabalho, pois para as centralinas serem correctamente operadas seria necessario ter uma quantidade minima de parafusos na panela em utilização, desta forma foi necessario criar um grafcet que verifica-se em tempo real a quantidade de parafusos na panela em utilização, na eventualidade de não haver parafusos uma flag prioritaria seria activada, dessa forma impedindo o incorrecto funcionamento da célula de trabalho. Foi tambem criado um grafcet para permitir introduzir parafusos nas painelas da célula de trabalho, esta operação é possivel a qualquer altura desde que a célula de trabalho não tenha nenhuma anomalia.

Uma das grandes prioridades e grandes problemas da célula de trabalho foi fazer o controlo do tempo de cada peça que sairia da maquina que coloca o silicone nas centralinas, pois as centralinas não poderiam ser operadas se o tempo de alarme do silicone fosse ultrapassado. Para resolver este problema foi necessaria uma grande complexidade para sincronizar os varios grafkets que controlam os tempos das peças e o controlo automatico da célula de trabalho de forma a manter a integridade dos tempos das peças usando o menor numero de *timers* possiveis, pois seria necessário alternar os *timers* entre as peças e saber constantemente qual a peça que iria entrar na célula de trabalho.

Outro dos requisitos da célula de trabalho seria criar uma forma de gerir os seus programas de forma a operar sobre varias centralinas, esta gestão será feita atraves da consola e será armazenada no PC. Para este problema foi necessário criar um grafcet capaz de fazer a gestão completa dos programas e criar um sincronismo com os robôs, aparafusadora e controlador de gel para que estes possam operar com os programas correctos. Foi tambem criada uma solução complexa para o problema de mudar programa em modo automatico, desta forma existe um sincronismo entre o grafcet de automático e o de gestão de programas para que se possa mudar o programa da célula de trabalho quando está se encontra em modo automatico. Esta solução tornou-se complexa mas reduziu o codigo e facilitou ao debug do mesmo.

Podemos concluir que toda a implementação do controlo da célula de trabalho foi extremamente complexa, necessitando duma total concentração nas prioridades ao controlo da mesma, mas no final tornou-se extremamente gratificante pois todos os requisitos foram

preenchidos e a operação da célula de trabalho deu-se sem falhas, tornando-se capaz de operar em ambiente industrial 24 horas por dia.

4.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Como trabalho futuro requisitado pelo cliente para a construção de uma nova célula temos:

- Programação automática da célula com base na leitura do código do tabuleiro e na referência da centralina. Isto é, a nova aplicação que gere a célula de trabalho deverá ter a capacidade de carregar os novos programas, nos vários dispositivos do sistema para que os mesmos trabalhem a respectiva centralina. Com esta actualização podemos otimizar o trabalho da célula podendo a mesma assemblar três modelos diferentes de centralinas em simultâneo.
- Implementação de um sistema de *timers* que tenha em conta uma maior cadência de centralinas fornecidas pela máquina auxiliar de colocação de regiões de gel e cordão de silicone;
- Possibilidade da centralina ser executada de forma automática em ciclos diferentes de forma a obter a sua conclusão, ou seja, caso a centralina obtenha erros que possam ser resolvidos percorrendo um novo ciclo o *software* no fim do primeiro ciclo deve reagir de acordo com os erros obtidos durante o processo de montagem verificando também os tempos do cordão de silicone e só depois dar a ordem para a célula completar a centralina. Esta fase pode ocorrer caso por exemplo o robô 2 efectue um processo de aparafusamento incompleto.
- Implementação de uma terceira panela de parafusos, desta forma a célula de trabalho poderá trabalhar mais tipos de centralinas.

REFERÊNCIAS

[1] GRAFCET - Diagrama Funcional Para Automatismos e Sequências, Telemec

[2] André Costa, "Tese de Mestrado Engenharia Electrónica Industrial e Computadores - Desenvolvimento de um Sistema de Monitorização Para uma Célula de Assemblagem Automática de Centralinas", Universidade do Minho - Escola de Engenharia, 28 Novembro 2008;

Referências WWW

[3] http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/zfx_csm1405.pdf ZFX-C controller

[4] http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/cj1-cpu_dsheet_csm1610.pdf CJ1M PLC

[5] http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/nt11_nt21_dsheet_gwv071-e1-02.pdf NT21 console

ANEXO 1 – ECRÃS

Ecrã 1

AUTOMÁTICO		
Tornillos	0000	Camb. Prod.
Tiempo	○	
Silicona	○	
Gel	○	Sim. Tiemp.
Presión aire	○	
Barrera	○	Abierta ● Cerrada ○
Alim. torn.	Alarma Off	Fin Turno

Condição:

0.04*/0.05*/201.07*/201.08*/201.09*/201.10*/201.11*/201.12*/201.13*/201.14*/201.15*/202.00*/202.01*/213.00*/213.01*/213.02*/213.03*/213.04*/213.05*/213.06*/213.07*/213.08*/217.00*/217.01*/213.09*/213.10*/213.11*/213.12*/213.13*/213.14*/213.15*/214.00*/214.01*/214.02*/214.03*/217.04*/208.03*/208.02*/216.15*/217.05*/217.06*/224.02

Ecrã 2

MANUAL		
Subir elevador	○	Alim. torn.
Bajar elevador	○	Config. robot
Girar Mesa	○	Verifi. pieza
Siguiente Menu		Alarma OFF
Gel	○	Tornillos 0000
Silicona	○	Presión aire ○

Condição:

0.04*0.05*/A475.01*/A475.02*/201.07*/201.08*/201.09*/201.10*/201.11*/201.12*/201.13*/201.14*/201.15*/202.00*/202.01*/209.01*/209.02*/209.03*/210.11*/210.12*/210.13*/210.14*/210.15*/211.00*/209.04*/209.05*/209.06*/209.07*/209.08*/209.09*/209.10*/209.11*/209.12*/209.13*/209.14*/209.15*/210.00*/210.01*/210.02*/210.03*/210.04*/210.05*/210.06*/210.07*/210.08*/210.09*/210.10*/A499.00*/A499.01

Ecrã 3

MANUAL	
Robot1 Trabaja	Robot2 Torque
Robot1 Home <input type="radio"/>	Robot2 Trabaja
Purga Tornil. 1	Purga Tornil. 2
Siguiente Menu <input type="radio"/>	Robot2 Home
Gel <input type="radio"/>	Tornillos @@@@
Silicona <input type="radio"/>	Presión aire <input type="radio"/>

Condição:

0.04*0.05*A475.01*/A475.02*/201.07*/201.08*/201.09*/201.10*/201.11*/201.12*/201.13*/201.14*/201.15*/202.00*/202.01*/209.01*/209.02*/209.03*/210.11*/210.12*/210.13*/210.14*/210.15*/211.00*/209.04*/209.05*/209.06*/209.07*/209.08*/209.09*/209.10*/209.11*/209.12*/209.13*/209.14*/209.15*/210.00*/210.01*/210.02*/210.03*/210.04*/210.05*/210.06*/210.07*/210.08*/210.09*/210.10*/A499.00*/A499.01

Ecrã 4

Gestión Programas
Nuevo Programa
Editar Programa
Cambiar Programa
Menu anterior

Condição:

0.04*0.05*209.01

Ecrã 5

Introducir Tornillos
Deposito 1

Acceptar Código

Condição:

$0.04 * 201.09$

Ecrã 6

Introducir Tornillos

Tornillos
0000

Acceptar Numero Tornillos

Condição:

$0.04 * 201.10 + 201.14$

Ecrã 7

Introducir Tornillos

Tinna de tornillos vacia?

Condição:

$0.04 * 201.11 + 201.15$

Ecrã 8

Seleccionar Robot

Condição:

$0.04 * 0.05 * 209.10$

Ecrã 9

Seleccionar Id. Programa

Id

0000

-	-	-	-
0	0	0	0
+	+	+	+

Aceptar Id. Programa

Condição:

$$0.04 * (0.05 + A495.00) * (209.11 + 209.15 + 210.06)$$

Ecrã 10

Introducir Nº Puntos Atornillado

Numero Puntos

00

-	-
0	0
+	+

Aceptar Numero Puntos

Condição:

$$0.04 * 0.05 * (211.01 + 210.01)$$

Ecrã 11

Introduzir TAG Programa												
<input type="text"/>												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
CLR			DEL		<--		Ent					

Condição:

0.04*0.05*209.02

Ecrã 12

Espere Por Favor	
Automata -> PC -> Robot	

Condição:

$0.04 * 0.05 + A495.00) * (209.04 + 209.05 + 209.06 + 209.12 + 209.13 + 209.14 + 210.02 + 210.03 + 210.04 + 210.07 + 210.08 + 210.09)$

Ecrã 13



Condição:

$0.04 * 0.05 + A495.00) * 209.07$

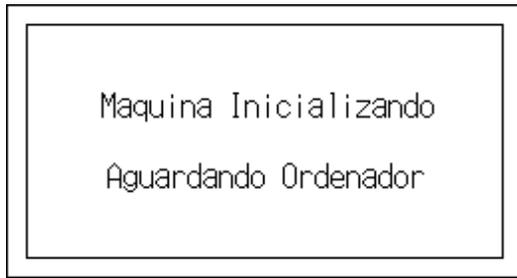
Ecrã 14



Condição:

$0.04 * 0.05 + A495.00) * 209.08$

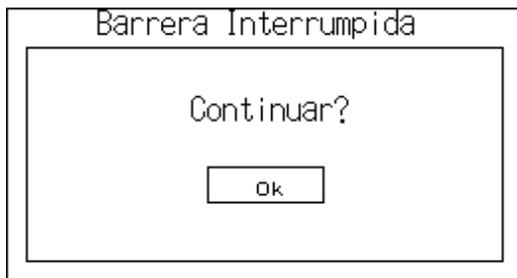
Ecrã 15



Condição:

$0.04 * / 0.05 * 213.00 * / 208.03$

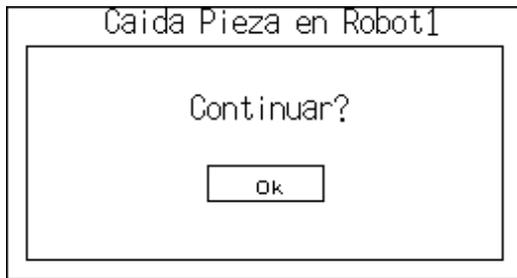
Ecrã 16



Condição:

$0.04 * 208.03$

Ecrã 17



Condição:

0.04*/0.05*/208.03*216.15

Ecrã 18



Condição:

0.04*/0.05*/216.15*(214.10+214.11+214.12+214.13+216.08+216.09+
216.10+216.11)

Ecrã 19

Barrera Interrumpida

Forzar Avance?

Condição:

0.04*/0.05*208.02

Ecrã 20

Desconecte la Máquina
ó
Cambie a Modo Manual

Condição:

0.04*/0.05*217.04

Ecrã 21

Introducir Password												
<input type="text"/>												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ent		
CLR		DEL		<--		Validar		Back				

Condição:

0.04*0.05*210.10

Ecrã 22

Seleccionar Deposito												
<input type="text"/>												
Deposito 1				Deposito 2								
<input type="text"/>												
Menu anterior												

Condição:

0.04*201.07

Ecrã 23

Introducir Tornillos
Deposito 2

Aceptar Código

Condição:

0.04*201.08

Ecrã 24

Erro Etiqueta

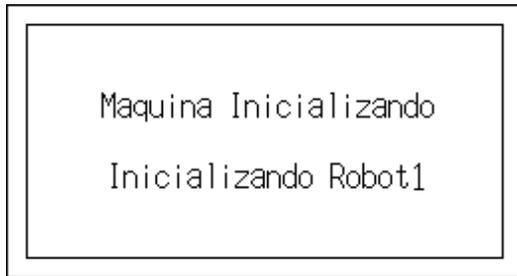
Continuar?

ok

Condição:

0.04*/0.05*217.06*/201.07*/201.08*/201.09*/201.10*/201.11*/201.12*/201.13*/201.14*/201.15*/202.00*/202.01*/A499.02

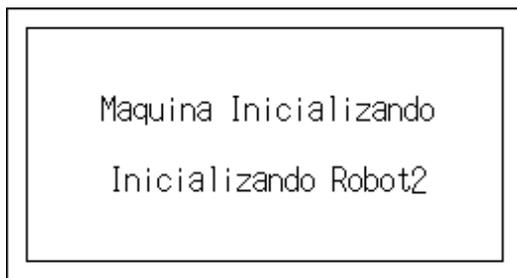
Ecrã 25



Condição:

$0.04^*/0.05^*/208.03^*(213.01^*213.02^*213.03^*213.04^*213.05^*213.06^*213.07^*213.08)$

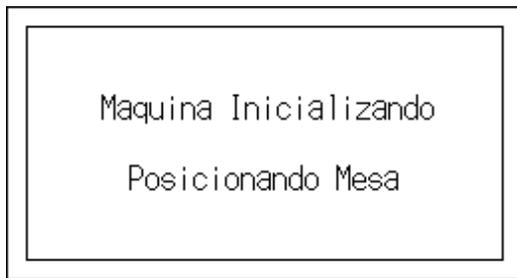
Ecrã 26



Condição:

$0.04^*/0.05^*(217.00+217.01+213.09)$

Ecrã 27



Condição:

0.04*/0.05*(213.10+213.11+213.12+213.13+213.14+213.15+214.00+214.01+214.02+214.03)

Ecrã 28



Condição:

0.04*0.05*209.03

Ecrã 29

Introduzir Nº Programa Átom II.

Nº

00



Aceptar Nº Programa

Condição:

0.04*0.05*210.11

Ecrã 30

Introduzir Nº Programa Gel

Nº

00



Aceptar Nº Programa

Condição:

0.04*0.05*210.12

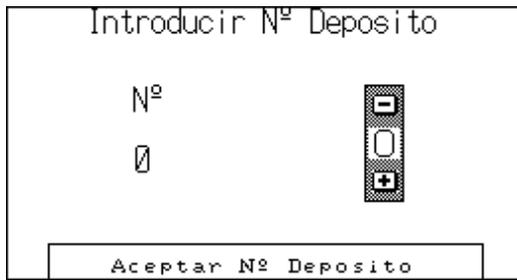
Ecrã 31

Introducir Nº Deposito

Nº

0

Acceptar Nº Deposito



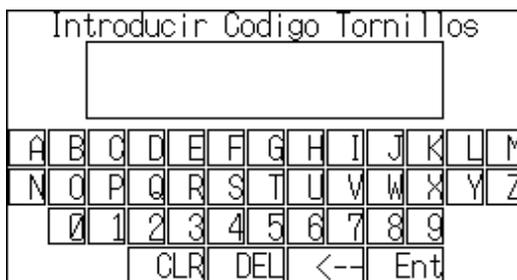
Condição:

0.04*0.05*210.13

Ecrã 32

Introducir Codigo Tornillos

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
	CLR	DEL	<--	Ent								



Condição:

0.04*0.05*210.14

Ecrã 33

Introducir Tempo Alarma Silicona

Segundos

000

-	-	-
0	0	0
+	+	+

Aceptar Tempo Silicona

Condição:

0.04*0.05*210.15

Ecrã 34

Introducir Tiempo Error Silicona

Segundos

000

-	-	-
0	0	0
+	+	+

Aceptar Tiempo Silicona

Condição:

0.04*0.05*211.00

Ecrã 35

<input type="radio"/> I1-0	<input type="radio"/> I1-14	<input type="radio"/> I2-0	<input type="radio"/> I2-14
<input type="radio"/> I1-1	<input type="radio"/> I1-15	<input type="radio"/> I2-1	<input type="radio"/> I2-15
<input type="radio"/> I1-2		<input type="radio"/> I2-2	
<input type="radio"/> I1-3		<input type="radio"/> I2-3	
<input type="radio"/> I1-4		<input type="radio"/> I2-4	
<input type="radio"/> I1-5		<input type="radio"/> I2-5	
<input type="radio"/> I1-6		<input type="radio"/> I2-6	
<input type="radio"/> I1-7		<input type="radio"/> I2-7	
<input type="radio"/> I1-8		<input type="radio"/> I2-8	
<input type="radio"/> I1-9		<input type="radio"/> I2-9	
<input type="radio"/> I1-10		<input type="radio"/> I2-10	
<input type="radio"/> I1-11		<input type="radio"/> I2-11	
<input type="radio"/> I1-12		<input type="radio"/> I2-12	
<input type="radio"/> I1-13		<input type="radio"/> I2-13	
			<input type="button" value="Back"/>

Condição:

$0.04 * 0.05 * A499.00 * / 208.03$

Ecrã 36

<input type="radio"/> O1-0	<input type="radio"/> O1-14	<input type="radio"/> O2-0	<input type="radio"/> O2-14	<input type="radio"/> O3-0
<input type="radio"/> O1-1	<input type="radio"/> O1-15	<input type="radio"/> O2-1	<input type="radio"/> O2-15	<input type="radio"/> O3-1
<input type="radio"/> O1-2		<input type="radio"/> O2-2		<input type="radio"/> O3-2
<input type="radio"/> O1-3		<input type="radio"/> O2-3		<input type="radio"/> O3-3
<input type="radio"/> O1-4		<input type="radio"/> O2-4		<input type="radio"/> O3-4
<input type="radio"/> O1-5		<input type="radio"/> O2-5		<input type="radio"/> O3-5
<input type="radio"/> O1-6		<input type="radio"/> O2-6		<input type="radio"/> O3-6
<input type="radio"/> O1-7		<input type="radio"/> O2-7		<input type="radio"/> O3-7
<input type="radio"/> O1-8		<input type="radio"/> O2-8		<input type="radio"/> O3-8
<input type="radio"/> O1-9		<input type="radio"/> O2-9		<input type="radio"/> O3-9
<input type="radio"/> O1-10		<input type="radio"/> O2-10		<input type="radio"/> O3-10
<input type="radio"/> O1-11		<input type="radio"/> O2-11		<input type="radio"/> O3-11
<input type="radio"/> O1-12		<input type="radio"/> O2-12		
<input type="radio"/> O1-13		<input type="radio"/> O2-13		
				<input type="button" value="Back"/>

Condição:

$0.04 * 0.05 * A499.01 * / 208.03$

Ecrã 37

Simular Tiempo

Forzar Tiempo?

Si No

Condição:

0.04*/0.05*/208.03*/208.02*A499.02

Ecrã 38

Alarma de Tiempo

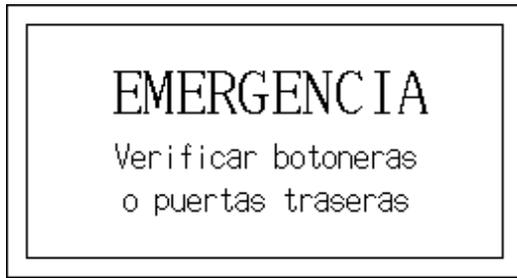
Continuar?

Ok

Condição:

0.04*/0.05*224.02*/208.02*/208.03

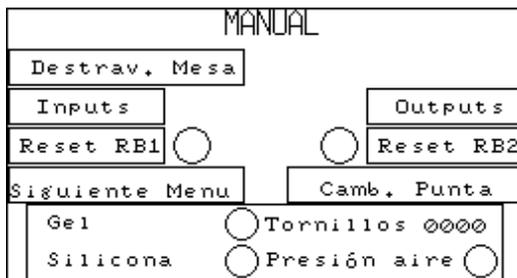
Ecrã 39



Condição:

/0.04

Ecrã 40



Condição:

0.04*0.05*A475.02*/201.07*/201.08*/201.09*/201.10*/201.11*/201.12*/201.13*/201.14*/201.15*/202.00*/202.01*/209.01*/209.02*/209.03*/210.11*/210.12*/210.13*/210.14*/210.15*/211.00*/209.04*/209.05*/209.06*/209.07*/209.08*/209.09*/209.10*/209.11*/209.12*/209.13*/209.14*/209.15*/210.00*/210.01*/210.02*/210.03*/210.04*/210.05*/210.06*/210.07*/210.08*/210.09*/210.10*/A499.00*/A499.01

ANEXO 2 – MEMORIAS AUXILIARES

Descrição	Endereço
Contém o valor do Ecrã actual	D0
Contém o número de parafusos da panela actual	D18
Variável auxiliar para gestão dos parafusos	D19
Contém o número de parafusos da panela 1	D20
Contém o número de parafusos da panela 2	D21
Contém o valor do id do programa para a gestão de programas	D22
Contém o valor dos pontos de aparafusamento para a gestão de programas	D23
Quantidade de parafusos limite máximo	D24
Quantidade de parafusos limite mínimo	D25
Quantidade de peças para fazer fim de turno	D26
Código dos parafusos na panela 1	D30
Código dos parafusos na panela 2	D40
Contém o TAG da peça para criação do programa	D50
<i>Trama</i> de mudança de programa	D70
<i>Trama</i> de novo programa	D72
<i>Trama</i> de edição de programa para o robo1	D74
<i>Trama</i> de edição de programa para o robo2 (receber os pontos do robo2)	D76
<i>Trama</i> de edição de programa para o robo2 (enviar novos pontos ao robo2)	D78
<i>Trama</i> para o PC mostrar a lista de programas disponíveis	D80
<i>Trama</i> barreira aberta	D82
<i>Trama</i> de start	D84
<i>Trama</i> erro (gel silicone tempo)	D86
<i>Trama</i> erro (gel tempo), silicone ok	D88
<i>Trama</i> erro (silicone tempo), gel ok	D90
<i>Trama</i> erro (tempo), (gel silicone) ok	D92
<i>Trama</i> barreira fechada	D94
<i>Trama</i> mesa na posição 120º	D96
<i>Trama</i> peça no robo1 má	D98
<i>Trama</i> peça robo1 boa	D100
<i>Trama</i> automático	D102
<i>Trama</i> manual	D104
<i>Trama timer</i> silicone on	D108
<i>Trama</i> barreira interrompida	D110
<i>Trama</i> peça forçada com tempo de silicone ultrapassado	D114
<i>Trama</i> robô 1 a trabalhar	D116
<i>Trama</i> robô 2 a trabalhar	D118
<i>Password</i> temp	D120
<i>Password</i>	D140
<i>Trama</i> mesa vai rodar	D160
<i>Trama</i> erro (gel silicone), tempo ok	D162
<i>Trama</i> erro gel, (silicone tempo) ok	D164
<i>Trama</i> erro silicone, (gel tempo) ok	D166
<i>Trama</i> (gel silicone tempo) ok	D168

<i>Trama</i> peça não forçada com tempo de silicone ultrapassado	D170
<i>Trama</i> teste de torque	D172
<i>Trama</i> início fim de turno	D174
<i>Trama</i> fim do fim de turno	D176
Contém o valor do <i>id</i> da peça para criação de programa	D178
Contém o número do programa da aparafusadora para a criação de programa	D180
Contém o número do programa do GEL para a criação de programa	D182
Contém a Painela de parafusos para a criação de programa	D184
Contém o valor do tempo de silicone de alarme para a criação de programa	D186
Contém o valor do tempo de silicone de erro para a criação de programa	D188
Tempo silicone alarme a ser usado no programa actual	D190
Código dos parafusos para a criação de programa	D200
<i>Trama</i> início mudar produto	D302
<i>Trama</i> iniciar máquina	D304
<i>Trama</i> emergência	D306
<i>Trama</i> fim da emergência	D308
Endereço de configuração da porta série que comunica com o PC	D6645

ANEXO 3 - RECEPTIVIDADES

Descrição	Receptividades
Elevador baixo	0.00
Elevador cima	0.01
Mesa posição 120º	0.02
Sinal máquina silicone (silicone colocado na peça)	0.03
Emergência	0.04
Manual	0.05
Pressostato	0.06
Barreira interrompida	0.07
Câmara gel ok	0.08
Câmara silicone ok	0.10
Robô 1 a trabalhar	0.12
Robô 1 erro	0.13
Robô 1 erro peça caiu	0.14
Robô 1 posição <i>home</i>	0.15
Robô 2 a trabalhar	1.00
Robô 2 erro	1.01
Robô 2 posição <i>home</i>	1.02
Sensor parafuso	1.03
Start	1.04
Câmara posição da peça ok	1.05
Negara switch	1.06
Mesa posição 60º	1.07
Sensor de unclamping interior	1.08
Sensor de unclamping exterior	1.09
Robô 2 bateria dos encoders gasta	1.12
Robô 1 bateria dos encoders gasta	1.13
Sensor amortecimento da mesa	1.14
Botão “sobe elevador” do ecrã 2 da consola	A474.00
Botão “desce elevador” do ecrã 2 da consola	A474.01
Botão “rodar mesa” do ecrã 2 da consola	A474.02
Botão “robô 1 trabalha” do ecrã 3 da consola	A474.03
Botão “robô 2 trabalha” do ecrã 3 da consola	A474.04
Botão “robô 1 <i>home</i> ” do ecrã 3 da consola	A474.06
Botão “robô 2 <i>home</i> ” do ecrã 3 da consola	A474.07
Botão “robô 2 testa <i>torque</i> ” do ecrã 3 da consola	A474.08
Botão “robô 2 cospe parafuso da panela 1” do ecrã 3 da consola	A474.09
Botão “menu anterior” do ecrã 22 da consola	A474.10
Botão “aceitar código” dos ecrãs (5, 23) da consola	A474.11
Botão “aceitar número de parafusos” do ecrã 6 da consola	A474.12
Botão “sim” do ecrã 7 da consola	A474.13
Botão “não” do ecrã 7 da consola	A474.14
Botão “colocar parafusos” dos ecrãs (1, 2) da consola	A474.15
Botão “menu seguinte” do ecrã 2 da consola	A475.01

Botão “menu seguinte” do ecrã 3 da consola	A475.02
Botão “não” do ecrã 18 da consola	A476.01
Botão “sim” do ecrã 18 da consola	A476.03
<i>Flag trama</i> barreira interrompida	A476.10
Botão “limpar erros do robô 1” do ecrã 40 da consola	A477.03
Botão “limpar erros do robô 2” do ecrã 40 da consola	A477.04
Botão “desliga sirene” dos ecrãs (1, 2) da consola	A477.05
Botão “gestão dos robôs” do ecrã 2 da consola	A478.00
Botão “novo programa” do ecrã 4 da consola	A478.01
Botão “editar programa” do ecrã 4 da consola	A478.02
Botão “mudar programa” do ecrã 4 da consola	A478.03
Botão “robô 1” do ecrã 8 da consola	A478.04
Botão “robô 2” do ecrã 8 da consola	A478.05
Botão “aceitar <i>id</i> ” do ecrã 9 da consola	A478.06
Botão “aceitar pontos de aparafusamento” do ecrã 10 da consola	A478.07
Botão “aceitar <i>password</i> ” do ecrã 21 ou <i>tag</i> do ecrã 11 da consola	A478.08
Botão “ <i>back</i> ” dos ecrãs (4, 21) da consola	A478.09
Botão “ <i>ok</i> ” do ecrã 13 da consola	A478.10
Variável que o PC usa para indicar que houve sucesso no processo de gestão de programas	A478.11
Variável que o PC usa para indicar que houve erro no processo de gestão de programas	A478.12
<i>Flag trama</i> novo programa	A478.13
<i>Flag trama</i> mudar programa	A478.14
<i>Flag trama</i> editar robô 1	A478.15
<i>Flag trama</i> editar robô 2 (recebe os pontos do robô 2)	A479.00
<i>Flag trama</i> editar robô 2 (actualizar os pontos do robô 2)	A479.01
<i>Flag trama</i> PC mostra a lista de programas	A479.02
<i>Flag trama</i> mesa na posição 120º	A479.03
<i>Flag trama</i> barreira fechada	A479.04
<i>Flag trama</i> gel e silicone bons	A479.05
<i>Flag trama</i> erro silicone	A479.06
<i>Flag trama</i> erro gel	A479.07
<i>Flag trama</i> barreira aberta 1	A479.09
<i>Flag</i> actualiza peças	A479.10
<i>Flag trama</i> peça 1 boa	A479.11
<i>Flag trama</i> peça 1 má	A479.12
<i>Flag trama</i> automático	A479.13
<i>Flag trama</i> manual	A479.14
Botão “robô 2 cospe parafuso da panela 2” do ecrã 3 da consola	A480.00
Botão “ <i>ok</i> ” do ecrã 16 da consola	A480.01
<i>Flag trama</i> timer	A480.02
Botão “ <i>trigger</i> das câmaras” do ecrã 2 da consola	A480.03
Botão “ <i>ok</i> ” do ecrã 24 da consola	A480.04
<i>Flag</i> actualização do estado da peça na posição 2	A480.05
<i>Flag</i> actualização do estado da peça na posição 1	A480.06
<i>Flag</i> inicializa da validação da primeira peça	A480.07

Indicação que a peça na POS0 foi validada	A490.05
Indicação que a peça na POS1 pode ser trabalhada	A490.06
Indicação que a peça na POS2 pode ser trabalhada	A490.07
<i>Flag</i> que indica que o número de parafusos da panela em utilização ainda é superior ao limite máximo	A490.08
<i>Flag</i> que indica o estado do tempo da peça a entrar	A490.10
<i>Flag</i> auxiliar ao controlo da barreira	A490.11
<i>Flag</i> que indica que a panela de parafusos que está a ser usada é a 1	A490.12
<i>Flag</i> que indica que a panela de parafusos que está a ser usada é a 2	A490.13
<i>Flag</i> que indica que o PC já fez todas as inicializações	A490.14
<i>Flag</i> que indica fim de turno	A491.00
<i>Flag</i> auxiliar para a sirene tocar após a peça ser finalizada	A491.01
<i>Flag</i> activa <i>flag</i> sirene	A491.03
<i>Flag trama</i> robô 1 trabalhar	A491.04
<i>Flag trama</i> robô 2 trabalhar	A491.05
<i>Flag trama</i> erro gel e silicone	A491.06
<i>Flag trama</i> peça forçada	A491.07
Variável que auxilia o envio da <i>trama</i> de barreira aberta ser feito so uma vez em cada peça	A491.08
<i>Flag trama</i> barreira aberta 2	A491.09
<i>Flag trama</i> peça não forçada	A491.10
<i>Flag trama</i> de teste de torke	A491.11
<i>Flag trama</i> fim do fim de turno	A491.12
<i>Flag trama</i> inicio fim turno	A491.13
<i>Flag</i> que força a peça a não entrar na máquina se esta já ultrapassou o tempo de erro do silicone	A491.14
<i>Flag</i> que o PC usa para ligar a sirene	A491.15
Botão “panela 1” do ecrã 22 da consola	A492.00
Botão “panela 2” do ecrã 22 da consola	A492.01
Botão “aceitar memória” do ecrã 28 da consola	A492.02
Botão “aceitar programa aparafusadora” do ecrã 29 da consola	A492.03
Botão “aceitar programa Gel” do ecrã 30 da consola	A492.04
Botão “aceitar número da panela” do ecrã 31 da consola	A492.05
Botão “aceitar código parafuso” do ecrã 32 da consola	A492.06
Botão “aceitar tempo alarme de silicone” do ecrã 33 da consola	A492.07
Botão “aceitar tempo erro de silicone” do ecrã 34 da consola	A492.08
<i>Flag timer</i> 1 silicone	A493.00
<i>Flag timer</i> 2 silicone	A493.01
<i>Flag</i> que indica qual o <i>timer</i> da peça que vai entrar	A493.02
<i>Timer</i> 1 ok silicone	A493.03
<i>Timer</i> 2 ok silicone	A493.04
<i>Bit</i> inicial do PC que activa o negara	A493.11
<i>Flag trama</i> peça 2 boa	A494.04
<i>Flag trama</i> avisa peça forçada	A494.05
<i>Flag trama</i> avisa peça não forçada	A494.06
<i>Bit</i> auxiliar para mudar produto em automático	A495.00
<i>Flag</i> auxiliar para mudar o programa em modo automático	A495.01
<i>Flag</i> para iniciar a mudança de programa em modo automático	A495.02

Variável que o PC usa para avisar o PLC que o programa que está a ser usado está ok	A495.03
Controlador da aparafusadora <i>bit0</i>	A496.00
Controlador da aparafusadora <i>bit1</i>	A496.01
Controlador da aparafusadora <i>bit2</i>	A496.02
Controlador da aparafusadora <i>bit3</i>	A496.03
Câmara de gel <i>bit0</i> do banco	A497.00
Câmara de gel <i>bit1</i> do banco	A497.01
Câmara de gel <i>bit2</i> do banco	A497.02
Câmara de gel <i>bit3</i> do banco	A497.03
Câmara de gel <i>bit4</i> do banco	A497.04
Variável que indica que a peça que vai sair teve erros	A498.00
Câmara de gel <i>bit0</i> do grupo de bancos	A498.00
Câmara de gel <i>bit1</i> do grupo de bancos	A498.01
Câmara de gel <i>bit2</i> do grupo de bancos	A498.02
Câmara de gel <i>bit3</i> do grupo de bancos	A498.03
Câmara de gel <i>bit4</i> do grupo de bancos	A498.04
Botão “ <i>ecrã inputs</i> ” do ecrã 40 da consola	A499.00
Botão “ <i>ecrã outputs</i> ” do ecrã 40 da consola	A499.01
Botão “ <i>ecrã simular tempo</i> ” do ecrã 1 da consola	A499.02
Botão “ <i>sim</i> ” do ecrã 37 da consola	A499.06
<i>Flag</i> verificação do <i>timer</i> da peça à entrada da maquina	A499.07
Botão “ <i>ok tempo</i> ” do ecrã 38 da consola	A510.01
Botão “ <i>mudar ponta de aparafusamento</i> ” do ecrã 40 da consola	A540.00
<i>Flag trama</i> avisa emergência	A540.01
<i>Flag trama</i> inicio mudar produto	A540.02
<i>Flag trama</i> iniciar maquina	A540.03
Botão “ <i>mudar produto</i> ” do ecrã 1 da consola	A540.04
Botão “ <i>fim de turno</i> ” do ecrã 1 da consola	A540.05
<i>Flag trama</i> emergência	A540.06
<i>Flag trama</i> avisa emergência fim	A540.07
Variável que indica que a mesa foi desbloqueada em manual	A540.08
Botão “ <i>desbloqueia mesa</i> ” do ecrã 40 da consola	A540.09
Variável que o PC usa para avisar o PLC que o id da peça está ok	A541.00
Temporizador de 1s	T1
Temporizador de 3s	T2
Temporizador de 1s	T3
Temporizador de 1s	T4
Temporizador de 3s	T5
Temporizador de 1s	T6
Temporizador de 2s	T7
Temporizador de 1,5s	T8
Temporizador de 100ms	T10
Temporizador de 100ms	T11
Temporizador de 1s	T12
Temporizador de 1s	T13

Temporizador de 2s	T14
Temporizador de 1s	T15
Temporizador de 3s	T16
Temporizador de 2min	T18
Temporizador de 3s	T19
Temporizador de 0s	T20
Temporizador de 2s	T21
Temporizador de 2s	T22
Temporizador de 500ms	T23
Temporizador de 500ms	T24
Temporizador de 500ms	T27
Temporizador de 500ms	T30
Temporizador de 500ms	T31
Temporizador de 1,5s	T32

ANEXO 4 - ACÇÕES

Operações	Acções
Máquina silicone trabalha	2.00
Trigger (gel e silicone)	2.01
Elevador sobe	2.02
Elevador desce	2.03
Luz verde	2.04
Luz amarela	2.05
Luz vermelha	2.06
Sirene	2.07
Cadeado da porta que dá acesso a panela 1	2.08
Cadeado da porta que dá acesso a panela 2	2.09
Desbloqueia mesa	2.10
Luz verde barreira	2.11
Activa leitura câmaras (gel e silicone) (enable)	2.12
Mesa roda	2.13
Activa amortecedor da mesa	2.14
Activa sistema pneumático	2.15
Robô 1 <i>bit0</i> dados	3.00
Robô 1 <i>bit1</i> dados	3.01
Robô 1 <i>bit2</i> dados	3.02
Robô 1 <i>bit0</i> controlo	3.03
Robô 1 <i>bit1</i> controlo	3.04
Robô 1 <i>bit2</i> controlo	3.05
Robô 1 <i>strobe</i>	3.06
Robô 2 <i>bit0</i> dados	3.07
Robô 2 <i>bit1</i> dados	3.08
Robô 2 <i>bit2</i> dados	3.09
Robô 2 <i>bit0</i> controlo	3.10
Robô 2 <i>bit1</i> controlo	3.11
Robô 2 <i>bit2</i> controlo	3.12
Robô 2 <i>strobe</i>	3.13
Activa o unclamping de forma a desprender a última peça	3.14
Indicação da panela de parafusos ao robô 2	3.15
Aparafusadora <i>bit0</i>	4.00
Aparafusadora <i>bit1</i>	4.01
Aparafusadora <i>bit2</i>	4.02
Aparafusadora <i>bit3</i>	4.03
Câmara gel <i>bit0</i>	4.04
Câmara gel <i>bit1</i>	4.05
Câmara gel <i>bit2</i>	4.06
Câmara gel <i>bit3</i>	4.07
Câmara gel <i>bit4</i>	4.08
Câmara gel <i>bit6</i>	4.09
Câmara gel <i>bit7</i>	4.10

Câmara gel bit8	4.11
<i>Flag trama</i> novo programa	A478.13
<i>Flag trama</i> mudar programa	A478.14
<i>Flag trama</i> editar robô 1	A478.15
<i>Flag trama</i> editar robô 2 (recebe os pontos do robô 2)	A479.00
<i>Flag trama</i> editar robô 2 (actualizar os pontos do robô 2)	A479.01
<i>Flag trama</i> PC mostra a lista de programas	A479.02
<i>Flag trama</i> mesa na posição 120º	A479.03
<i>Flag trama</i> barreira fechada	A479.04
<i>Flag trama</i> gel e silicone bons	A479.05
<i>Flag trama</i> erro silicone	A479.06
<i>Flag trama</i> erro gel	A479.07
<i>Flag trama</i> barreira aberta 1	A479.09
<i>Flag</i> actualiza peças	A479.10
<i>Flag trama</i> peça 1 boa	A479.11
<i>Flag trama</i> peça 1 ma	A479.12
<i>Flag</i> actualização do estado da peça na posição 2	A480.05
<i>Flag</i> actualização do estado da peça na posição 1	A480.06
<i>Flag</i> inicializa da validação da primeira peça	A480.07
<i>Flag</i> auxiliar para a sirene tocar após a peça ser finalizada	A491.01
Informação da barreira fechada no ecrã 1 da consola	A491.02
<i>Flag</i> activa <i>flag</i> sirene	A491.03
<i>Flag trama</i> robô 1 trabalhar	A491.04
<i>Flag trama</i> robô 2 trabalhar	A491.05
<i>Flag trama</i> erro gel e silicone	A491.06
<i>Flag trama</i> peça forçada	A491.07
<i>Flag trama</i> barreira aberta 2	A491.09
<i>Flag trama</i> peça não forçada	A491.10
<i>Flag trama</i> de teste de torke	A491.11
<i>Flag trama</i> fim do fim de turno	A491.12
<i>Flag trama</i> inicio fim turno	A491.13
<i>Flag trama</i> peça 2 boa	A494.04
<i>Flag trama</i> avisa peça forçada	A494.05
<i>Flag trama</i> avisa peça não forçada	A494.06
<i>Flag</i> para iniciar a mudança de programa em modo automático	A495.02
<i>Flag trama</i> avisa emergência	A540.01
<i>Flag trama</i> inicio mudar produto	A540.02
<i>Flag trama</i> iniciar máquina	A540.03
<i>Flag trama</i> emergência	A540.06
<i>Flag trama</i> avisa emergência fim	A540.07
Temporizador de 1s	TIM1
Temporizador de 3s	TIM2
Temporizador de 1s	TIM3
Temporizador de 1s	TIM4
Temporizador de 3s	TIM5

Temporizador de 1s	TIM6
Temporizador de 2s	TIM7
Temporizador de 1,5s	TIM8
Temporizador de 100ms	TIM10
Temporizador de 100ms	TIM11
Temporizador de 1s	TIM12
Temporizador de 1s	TIM13
Temporizador de 2s	TIM14
Temporizador de 1s	TIM15
Temporizador de 3s	TIM16
Temporizador de 2min	TIM18
Temporizador de 3s	TIM19
Temporizador de 0s	TIM20
Temporizador de 2s	TIM21
Temporizador de 2s	TIM22
Temporizador de 500ms	TIM23
Temporizador de 500ms	TIM24
Temporizador de 500ms	TIM27
Temporizador de 500ms	TIM30
Temporizador de 500ms	TIM31
Temporizador de 1,5s	TIM32
Temporizador de 100ms	TIM33
Temporizador de 100ms	TIM34