INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Automação do processo de soldagem a laser (Nd:YAG) para confecção
das sementes de iodo-125 utilizadas em braquiterapia**

SAMIR LUIZ SOMESSARI

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear - Aplicações.**

Orientador:
Dr. Wilson Aparecido Parejo Calvo

São Paulo
2010

*Dedico este trabalho à
minha esposa Elizabeth
e à minha filha Fernanda.*

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Wilson Aparecido Parejo Calvo coordenador do Centro da Tecnologia das Radiações – CTR, do IPEN-CNEN/SP, pela orientação, incentivo, amizade e inestimável ajuda durante a elaboração e execução deste trabalho.

À Dra. Maria Elisa Chuery Martins Rostelato pela amizade e por acreditar em minha capacidade de desenvolver este trabalho de pesquisa.

À Elizabeth S. Ribeiro Somessari, Anselmo Feher, Francisco E. Sprenger, Fabio Eduardo da Costa, Hélio Antonio Paes, Carlos Gaia da Silveira, Gilberto Albano, Claudio Botelho, Vladimir Lepki, Carlos A. Medeiros Gamboa e Fernanda Ribeiro Somessari pela amizade, sugestões e grande colaboração neste trabalho.

À todos os amigos do IPEN-CNEN/SP, que contribuíram diretamente ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo apoio financeiro no projeto de pesquisa.

À Direção do IPEN-CNEN/SP pela oportunidade.

Automação do processo de soldagem a laser (Nd:YAG) para confecção das sementes de iodo-125 utilizadas em braquiterapia

Samir Luiz Somessari

RESUMO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de automação para a produção das sementes de iodo-125 por soldagem a laser (Nd:YAG). As sementes de iodo-125 são utilizadas com sucesso no tratamento de câncer por braquiterapia, via baixa taxa de dose. Esta pequena semente é constituída por uma cápsula de titânio soldada, com 0,8mm de diâmetro e 4,5mm de comprimento, contendo iodo-125 adsorvido em fio de prata, no interior da mesma. As sementes de iodo-125 são implantadas na próstata humana para irradiar o tumor e tratar o câncer. Hoje, o Centro de Tecnologia das Radiações - CTR, do IPEN-CNEN/SP importa e distribui 36.000 sementes de iodo-125 por ano, para as clínicas e hospitais no País. No entanto, o potencial do mercado brasileiro é de 8.000 sementes de iodo-125 por mês. Assim, a produção local destas fontes radioativas de iodo-125 tornou-se uma prioridade para o Instituto, visando reduzir o preço e aumentar o fornecimento à população. Por outro lado, a automação industrial desempenha papel importante na fabricação das sementes de iodo-125, com aumento da produtividade e padrão elevado de qualidade, além de facilitar a implementação e o funcionamento de processos com Boas Práticas de Fabricação (BPF). A tecnologia consiste em associar peças mecânicas e componentes eletro-eletrônicos, para controle de máquinas e processos. A tecnologia de automação para produção das sementes de iodo-125 desenvolvida neste trabalho emprega Controlador Lógico Programável (CLP), motores de passos, *drivers*, máquina de soldagem a laser (Nd:YAG), sensores fotoelétricos e interfaces de comunicação.

Development of an automation system for iodine-125 brachytherapy seed production by (Nd:YAG) laser welding

Samir Luiz Somessari

ABSTRACT

The aim of this work is to develop an automation system for iodine-125 radioactive seed production by (Nd:YAG) laser welding, which has been used successfully in Low Dose Rate (LDR) brachytherapy treatment. This small seed consists of a welded titanium capsule, with 0.8mm in diameter and 4.5mm in length, containing iodine-125 adsorbed onto a silver rod. The iodine-125 seeds are implanted into the human prostate to irradiate the tumor for cancer treatment. Nowadays, the Radiation Technology Center, at IPEN-CNEN/SP imports and distributes 36,000 iodine-125 seeds per year, for the clinics and hospitals in the country. However, the Brazilian market potential is now over 8,000 iodine-125 seeds per month. The local production of these iodine-125 radioactive sources becomes a priority for the Institute, in order to reduce the price and the problems of prostate cancer management. It will permit to spread their use to a largest number of patients in Brazil. On the other hand, the industrial automation plays an important role for iodine-125 seeds in order to increase the productivity, with high quality and assurance, avoiding human factors, implementing and operating with Good Manufacturing Practices (GMP). The technology consists of appliance electronic and electro-mechanical parts and components to control machines and processes. The automation system technology for iodine-125 seed production developed in this work was mainly assembled employing Programmable Logic Controller (PLC), stepper motors, drivers, (Nd:YAG) laser welding machine, photoelectric sensors and supervisory.

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO
1.1	O diagnóstico
1.2	As alternativas
1.3	As sementes de iodo-125
2	OBJETIVO
3	LITERATURA
3.1	Automação
3.1.1	Arquitetura de automação
3.1.2	Controlador lógico programável
3.1.3	Norma IEC 61131
3.2	Processos de soldagem
3.2.1	Soldagem a laser
3.2.2	Soldagem a arco plasma
3.3	Sistemas de supervisão e aquisição de dados
3.4	Motor de passo
3.4.1	Relutância variável
3.4.2	Ímã permanente
3.4.3	Híbrido
3.4.4	Motor unipolar
3.4.5	Motor bipolar
3.5	Sistema de controle, sensores e atuadores
3.5.1	Sensores
3.5.2	Atuadores
3.6	Boas Práticas de Fabricação (ANVISA RDC 17)

SUMÁRIO

		Página
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1	Infraestrutura	26
4.2	Processo de automação da soldagem a laser, para confecção das sementes de iodo-125	26
4.2.1	Equipamentos e componentes utilizados no processo de automação	27
4.2.2	Arquitetura do <i>hardware</i>	29
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	31
5.1	Confecção e montagem do <i>hardware</i>	31
5.2	Processo de automação	36
5.3	Montagem do <i>hardware</i> e desenvolvimento dos aplicativos (<i>software</i>)	43
5.3.1	<i>Hardware</i>	43
5.3.2	Máquina de solda a laser LW15A	45
5.3.3	<i>Driver</i> do motor de passo	47
5.3.4	<i>Software</i> do <i>driver</i> do motor de passo	50
5.3.5	<i>Software Microwin 4.0</i>	55
5.3.6	Supervisório - gerenciamento do processo	58
5.4	Falhas operacionais	64
6	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	APÊNDICE A	71

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Taxa bruta de mortalidade por câncer em algumas localizações primárias	2
2	Esquema da semente de iodo-125 a ser produzida com tecnologia nacional	5
3	Pirâmide de automação	10
4	Elementos de um sistema típico para soldagem a laser	14
5	Equipamento para soldagem a arco plasma	16
6	Motor de relutância variável	19
7	Motor de ímã permanente	19
8	Motor de configuração híbrido	20
9	Motor unipolar	21
10	Motor bipolar	22
11	Arquitetura do <i>hardware</i>	29
12	Sistema de soldagem a laser (Nd:YAG), para confecção das sementes de iodo-125 utilizadas em braquiterapia	31
13	<i>Hardware</i> do sistema que contém CLP, fontes de alimentação e <i>drivers</i> dos motores de passos (SIEMENS S7-200)	32
14	Montagem do sistema de soldagem da semente de iodo-125 na <i>glove-box</i>	32
15	Diagrama do processo de automação da soldagem a laser (Nd:YAG)	34
16	Diagrama de blocos do processo de automação da soldagem a laser na fabricação das sementes de iodo-125	35
17	Dispositivo de armazenagem e distribuição dos tubos de titânio	36
18	Dispositivo de armazenagem e distribuição dos tubos de titânio, montado na <i>glove-box</i>	37
19	Dispositivo de posicionamento e soldagem a laser (Nd:YAG)	38
20	Dispositivo de posicionamento e soldagem a laser (Nd:YAG), montado na <i>glove-box</i>	38
21	Dispositivo de inversão e distribuição das sementes de iodo-125	39
22	Dispositivo de inversão e distribuição das sementes de iodo-125, montado na <i>glove-box</i>	40

LISTA DE FIGURAS

		Página
23	Recipientes dos rejeitos normais e radioativos, e das sementes de iodo-125	40
24	Recipientes dos rejeitos normais e radioativos, e das sementes de iodo-125, montados na <i>glove-box</i>	41
25	Dispositivo de armazenagem e distribuição dos fios de prata radioativos com iodo-125 absorvido	41
26	Dispositivo de armazenagem e distribuição dos fios de prata radioativos, com iodo-125 absorvido, montado na <i>glove-box</i>	42
27	Dimensões do fio de prata, tubo de titânio e da semente de iodo-125, comparadas com uma moeda	44
28	Dispositivo mecânico para fixação das fibras e dos sensores ópticos	44
29	Conector de entradas e saídas de sinais digitais para controle externo	45
30	Esquema em <i>Ladder</i> para interligação da máquina de solda a laser com o controlador lógico programável	47
31	Diagrama de ligação do <i>driver</i> do motor de passo com o CLPS7 200	48
32	Diagrama de alimentação do <i>driver</i> 1240i	49
33	Ligação do <i>driver</i> 1240i com o motor de passo P/N 5033-196	50
34	<i>Software</i> para os motores de passo M1 e M4	51
35	Configurações dos motores de passo M1 e M4, nas entradas e saídas digitais	52
36	Configurações dos motores de passo M1 e M4, para velocidade e rotação	52
37	<i>Software</i> do motor de passo M2, com as configurações das entradas e saídas digitais	53
38	Configurações do motor de passo M2, para velocidade e rotação	53
39	<i>Software</i> do motor de passo M3, com as configurações das entradas digitais	54

40	Configurações do motor de passo M3, para velocidade, rotação e posicionamento	54
41	Configuração típica da linguagem <i>Ladder</i>	57
42	Configuração típica da linguagem da lista de instruções	57
43	Configuração típica da linguagem do diagrama de blocos lógicos de funções	58
44	Controle remoto do processo de soldagem a laser (Nd:YAG)	60
45	Tela inicial do processo de automação em tempo real	60
46	Tela de monitoração do processo de automação em tempo real	61
47	Tela da Solda 1 a ser aprovada ou rejeitada pelo operador	62
48	Tela da Solda 2 a ser aprovada ou rejeitada pelo operador	62
49	Tela do contator para controle do processo de automação	63
50	Tela de serviço do processo de automação	63
51	Tela dos alarmes e de monitoração dos eventos	64

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Ligações entre a máquina de solda a laser LW15A e o controlador lógico programável.	46

1. INTRODUÇÃO

1.1 O diagnóstico

Câncer é o nome dado a um conjunto de mais de 100 doenças que têm em comum o crescimento desordenado de células, que invadem tecidos e órgãos. Dividindo-se rapidamente, estas células tendem a ser muito agressivas e incontroláveis, determinando a formação de tumores malignos, que podem espalhar-se para outras regiões do corpo. As causas de câncer são variadas, podendo ser externas ou internas ao organismo, estando inter-relacionadas. As causas externas referem-se ao meio ambiente e aos hábitos ou costumes próprios de uma sociedade. As causas internas são, na maioria das vezes, geneticamente pré-determinadas e estão ligadas à capacidade do organismo de se defender das agressões externas.

Os tumores podem ter início em diferentes tipos de células. Quando começam em tecidos epiteliais, como pele ou mucosas são denominados carcinomas. Se o ponto de partida são os tecidos conjuntivos, como osso, músculo ou cartilagem, são chamados sarcomas ^[1].

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde - OMS, em recente relatório (*World Cancer Report, 2008*) da Agência Internacional para Pesquisa em Câncer (*IARC*), o impacto global do câncer mais que dobrou em 30 anos. Estimou-se que, no ano de 2008, ocorreriam cerca de 12 milhões de casos novos de câncer e 7 milhões de óbitos. O contínuo crescimento populacional, bem como seu envelhecimento, afetará de forma significativa o impacto do câncer no mundo, quando não se consideram os óbitos por causas externas ^[2].

Considerado um problema de saúde pública no Brasil, o câncer é a segunda causa de morte por doença. Em 1994, as neoplasias foram responsáveis por 10,86% dos 887.594 óbitos registrados, sendo que 53,81% dos óbitos ocorreram entre os homens e 46,05%, entre as mulheres ^[3]. Um estudo realizado pelo Instituto Nacional do Câncer - INCA

revelou que 107.950 pessoas morreram de câncer e outras 269.000 contraíram a doença no País, no ano de 1998^[4].

A cada ano, porém, os dados de mortalidade para o sexo masculino demonstram que, exceto pela taxa do câncer de estômago, com tendência de queda, as taxas são crescentes (cânceres de cólon e reto, pulmão, traquéia, brônquios e próstata). Essa evolução é mostrada na FIG. 1, com a taxa bruta de mortalidade por tumores, de 1980 a 2007, no Brasil, para o sexo masculino (taxa por 100.000 homens)^[5].

FIGURA 1 - Taxa bruta de mortalidade por câncer de algumas localizações primárias. Brasil – Homens, 1980-2007. Fontes - Ministério da Saúde: DataSus, SIM, INCA; e IBGE: DEPE/DEPIS^[5].

O câncer de próstata representa um sério problema de saúde pública no Brasil, em função de suas altas taxas de incidência e mortalidade. Ele é o segundo mais comum em homens, só sendo superado pelo câncer de pele não melanoma. Segundo as Estimativas de Incidência e Mortalidade por Câncer no Brasil, do Instituto Nacional de Câncer, deverão ocorrer 52.350 novos casos de câncer de próstata em 2010 e ocorreram 11.955 de óbitos em 2008^[5].

Enquanto a incidência está ligada às características demográficas da população, a mortalidade alta é causada pelo retardo do diagnóstico, que favorece a ocorrência de

tumores com alta capacidade biológica de invasão local e de disseminação para outros órgãos. Tais tumores são incuráveis quando tratados em fase metastásica.

O câncer de próstata atinge principalmente os homens acima de 50 anos de idade. O aumento de sua incidência na população é também uma decorrência do aumento da expectativa de vida do brasileiro verificada ao longo deste século, cuja tendência é ultrapassar os 70 anos no ano 2020^[6].

Na cidade de São Paulo, segundo dados da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, o número de homens que sofrem de câncer de próstata subiu cinco vezes desde 1969^[7].

1.2 As alternativas

Algumas das opções de tratamento para o câncer de próstata são a cirurgia e a radioterapia (teleterapia ou braquiterapia).

A primeira opção, prostatectomia radical, é um procedimento cirúrgico onde a próstata e os tecidos vizinhos são removidos enquanto o paciente está sob anestesia. Os principais efeitos colaterais são a incontinência urinária, que atinge 35% e a impotência sexual, que atinge de 65% a 90% dos pacientes^[8].

A segunda opção, terapia com radiação, pode ser de dois tipos. A teleterapia, a qual é a mais utilizada, feita com feixe de radiação externo, onde a próstata e os tecidos vizinhos são tratados por um feixe de radiação proveniente de um acelerador linear. No outro tipo, chamado de braquiterapia, as fontes radioativas são colocadas em contato com o tumor^[9].

Na braquiterapia, pequenas sementes contendo iodo-125 ou paládio-103, ambos os materiais radioativos, são implantadas na próstata^[10]. Como a ocorrência de efeitos colaterais é menor, 85% dos pacientes até 70 anos de idade, que são potentes sexualmente antes do procedimento, permanecem potentes após o implante e a incontinência urinária raramente os acomete^[11].

As vantagens dos implantes com sementes radioativas são a preservação dos tecidos saudáveis e órgãos próximos à próstata, as baixas taxas de impotência e incontinência urinária, quando em comparação aos tratamentos convencionais, tais como, a prostatectomia radical e o feixe de radiação externo ^[12,13].

Para maioria dos pacientes, o implante com sementes é um procedimento de baixo impacto e não é uma cirurgia. O paciente pode retomar a atividade normal dentro de um a três dias, com pequena ou nenhuma dor. No caso da prostatectomia radical, os pacientes permanecem no hospital por três a cinco dias e a recuperação em casa, se dá após diversas semanas. Os que se submetem ao feixe externo de radiação devem ir ao centro de tratamento para aplicações diárias por sete a oito semanas ^[14]. As sementes são implantadas durante um procedimento não cirúrgico.

Pequenas sementes são injetadas diretamente na próstata com a ajuda de uma fina agulha através da pele, entre o reto e o escroto ^[15,16]. Uma grande dose de radiação é liberada apenas no tumor, pois o iodo-125 tem uma radiação de baixa energia que é pouco penetrante preservando assim os tecidos circunvizinhos ^[17,18,19].

Os implantes com sementes de iodo-125 estão sendo realizados no Brasil, utilizando-se sementes importadas. O custo do produto para os hospitais e as clínicas especializadas varia de US\$ 25.00 a US\$ 34.00 por semente. A técnica exige, em geral, a aplicação de 80 a 120 sementes por paciente.

Levando-se em conta o preço das sementes e as dificuldades de importação, o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, começou um projeto para o desenvolvimento da tecnologia e produção das sementes de iodo-125, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP.

A estimativa de demanda das sementes de iodo-125 no País é de 8.000 sementes/mês. O Laboratório de Produção de Fontes para Radioterapia – LPFR implantado no Centro de Tecnologia das Radiações – CTR, do IPEN-CNEN/SP terá esta capacidade de produção.

1.3 As sementes de iodo-125

As sementes de iodo-125 consistem de uma cápsula de titânio - material inerte ao tecido humano - de 0,8mm de diâmetro externo, 0,05mm de espessura de parede e 4,5mm de comprimento ^[20, 21,22]. O interior da cápsula acomoda um fio de prata contendo o iodo-125 adsorvido. O fio de prata tem 0,5mm de diâmetro e 3,0mm de comprimento, conforme mostrado na FIG. 2. A atividade típica da semente é de 18,5MBq (0,5mCi) recomendando-se variação de no máximo de 5% num mesmo lote de sementes ^[23,24].

FIGURA 2 - Esquema da semente de iodo-125 a ser produzida com tecnologia nacional, no IPEN-CNEN/SP^[19].

Uma das fases de produção das sementes de iodo-125 é a soldagem dos tubos de titânio, que deverá ser feita nas duas extremidades, de modo a permitir a classificação das sementes como fontes radioativas seladas, atendendo aos rigorosos testes estabelecidos em padronizações pertinentes, obedecendo-se à norma internacional ISO-2919 e também a estanqueidade das sementes, utilizando-se a norma ISO-9978 ^[19,25,26].

A soldagem nas duas extremidades deverá ser estanque, não podendo haver falta de fusão, contrações, trincas e porosidades, para que o iodo-125 adsorvido no fio de prata, não saia e se espalhe pelo corpo humano. A curva anisotrópica da semente e os aplicadores de

semente requerem que o acabamento da soldagem seja o mais esférico possível. Uma das técnicas de soldagem utilizada é a solda a laser (Nd:YAG).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver o processo de automação da soldagem a laser (Nd:YAG), para confecção das sementes de iodo-125 utilizadas no tratamento do câncer de próstata por braquiterapia, estabelecendo-se as Boas Práticas de Fabricação (BPF).

Mostrar as vantagens da automação no processo de fabricação das sementes de iodo-125 tais como:

- Não exposição do trabalhador as doses de radiação;
- Aumento da segurança;
- Diminuição dos custos operacionais;
- Melhoria das condições de operação;
- Simplificação das instalações;
- Aumento dos níveis de controle;
- Aumento dos níveis de acompanhamento;
- Qualidade do produto;
- Economia no processo; entre outros.

3. LITERATURA

3.1 Automação

Automação industrial é o uso de qualquer dispositivo mecânico ou eletro-eletrônico para controlar máquinas e processos. Entre os dispositivos eletro-eletrônicos podem-se utilizar microcomputadores ou outros dispositivos lógicos, tais como, Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) ou *Computer Numerical Control (CNC)*, substituindo, muitas vezes, tarefas humanas ou realizando outras que o ser humano não consegue realizar. É um passo além da mecanização, onde operadores humanos são providos de maquinaria para auxiliá-los em seus trabalhos. A automação é largamente aplicada nas mais variadas áreas de produção industrial ^[27].

A parte mais visível da automação, atualmente, está ligada à robótica, mas também é utilizada nas indústrias química, petroquímica e farmacêutica, com o uso de transmissores de pressão, vazão, temperatura e outras variáveis necessárias para um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) ou Controlador Lógico Programável (CLP). A automação industrial visa, principalmente, a produtividade, qualidade e segurança em um processo. Em um sistema típico, toda a informação dos sensores é concentrada em um controlador programável, o qual, de acordo com o programa em memória, define o estado dos atuadores.

Atualmente, com o advento da instrumentação de campo inteligente, funções executadas no controlador programável têm uma tendência de serem migradas para estes instrumentos de campo. A automação industrial possui mais de dez barramentos de campo, incluindo vários protocolos - *CAN OPEN*, *INTERBUS-S*, *FIELD BUS FOUNDATION*, *MODBUS*, *STD 32*, *SSI*, *PROFIBUS*, entre outros - específicos para a área industrial. Em tese, esses barramentos assemelham-se a unidades comerciais tipo *ETHERNET*, *INTRANET*, entre outras, mas controlando equipamentos de campo, como válvulas, atuadores eletromecânicos, indicadores, e enviando estes sinais a uma central de controle. A partir destes barramentos, os quais se comunicam com o sistema central de controle, eles podem também se comunicar com o sistema administrativo da empresa.

Uma contribuição adicional importante dos sistemas de automação industrial é a conexão do sistema de supervisão e controle com sistemas corporativos de administração das empresas. Esta conectividade permite o compartilhamento de dados importantes da operação diária dos processos, contribuindo para uma maior agilidade do processo decisório e maior confiabilidade dos dados, que suportam as decisões dentro da empresa para assim melhorar a produtividade ^[28].

3.1.1 Arquitetura de automação

A automação industrial exige a realização de muitas funções. A pirâmide de automação, mostrada na FIG. 3, possui os diferentes níveis de automação, encontrados em uma planta industrial.

Na base da pirâmide está freqüentemente envolvido o Controlador Lógico Programável (CLP), atuando via inversores, conversores ou sistemas de partida suave sobre máquinas e motores e outros processos produtivos ^[29].

A Pirâmide de automação possui os seguintes níveis:

- Nível 1 - Máquinas, dispositivos, e componentes da planta;
- Nível 2 - Equipamentos que executam o controle automático das atividades da planta (*CLP, PC, CND, SDCD*);
- Nível 3 - Supervisão do processo. Normalmente possui um banco de dados com informações relativas ao processo (*Workstation, PC, IHM*);
- Nível 4 - Programação e planejamento da produção, realizando o controle e a logística de suprimentos (*Workstation*); e
- Nível 5 - Administração de recursos da empresa. Neste nível encontram-se o software para gestão de vendas e financeira (*Mainframe*).

FIGURA 3 – Pirâmide de automação ^[29].

3.1.2 Controlador lógico programável

Controlador lógico programável é definido pela *International Electrotechnical Commission (IEC)*, como o sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário, para implementar funções específicas, tais como, lógica sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos.

Um Controlador Lógico Programável ou Controlador Programável, conhecido também por suas siglas CLP ou CP e pela sigla de expressão inglesa *PLC (Programmable Logic Controller)*, é um computador especializado, baseado num microprocessador que desempenha funções de controle de diversos tipos e níveis de complexidade. Geralmente as famílias de controladores lógicos programáveis são definidas pela capacidade de processamento de um determinado número de pontos de Entradas e/ou Saídas (E/S).

Controlador lógico programável, segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é um equipamento eletrônico digital com *hardware* e *software* compatíveis com aplicações industriais.

Segundo a NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*), é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para programar funções específicas, tais como, lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Um CLP é o controlador indicado para lidar com sistemas caracterizados por sistemas de eventos discretos (SED's), ou seja, com processos em que as variáveis assumem valores 0 ou 1, ou variáveis digitais, ou seja, que só assumem valores dentro de um conjunto finito. Podem ainda lidar com variáveis analógicas definidas por intervalos de valores de corrente ou tensão elétrica. As entradas e/ou saídas digitais são os elementos discretos, as entradas e/ou saídas analógicas são os elementos variáveis, tais como, de 0 a 10 Volts ou 0 a 5 Volts de tensão e corrente de 0 a 20 mA ou 4 a 20 mA.

Os CLP's estão muito difundidos nas áreas de controle de processos ou de automação industrial. No primeiro caso, a aplicação dá-se nas indústrias do tipo contínuo, produtoras de líquidos, materiais gasosos e outros produtos. No outro caso, a aplicação ocorre nas áreas relacionadas com a produção em linhas de montagem, por exemplo, na indústria do automóvel.

Num sistema típico, toda a informação dos sensores é concentrada no controlador (CLP) que, de acordo com o programa em memória, define o estado dos pontos de saída conectados a atuadores. Os CLP's têm capacidade de comunicação de dados via canais seriais, paralelas, etc. Com isto, podem ser supervisionados por computadores formando sistemas de controle integrados. *Softwares* de supervisão controlam redes de controladores lógicos programáveis. Os canais de comunicação nos CLP's permitem conectar à interface de operação (*IHM*), computadores, outros CLP's e até mesmo com unidades de entradas e saídas remotas. Cada fabricante estabelece um protocolo para fazer com que seus equipamentos troquem informações entre si. Os protocolos mais comuns são *Modbus* (MODICON-SCHNEIDER ELETRIC), *Profibus* (SIEMENS), *Unitelway*

(TELEMECANIQUE-SCHNEIDER ELETRIC) e *DeviceNet* (ALLEN BRADLEY), entre muitos outros ^[30].

3.1.3 Norma IEC 61131

Em 1979, considerando-se o reconhecimento da necessidade de um padrão para CLP's, por parte da comunidade industrial internacional, designou-se um grupo de trabalho com o *IEC (International Electro-technical Commission)* voltado para este propósito, estabelecendo-se, como norma que regulamenta os controladores lógicos programáveis, a IEC 61131 ^[31].

A Norma IEC 61131 está dividida em 8 partes:

- Informações gerais;
- Requisitos para o equipamento e os testes;
- Linguagens de programação;
- Guia do usuário;
- Especificação de serviço de mensagens;
- Comunicação via *fieldbus*;
- Controle difuso de programação; e
- Diretrizes para a aplicação e implementação das linguagens de programação.

A Parte 3 refere-se à linguagem de programação, sendo a norma IEC 61131-3, o único padrão global para programação de controle industrial. Uma interface de programação padrão permite as pessoas com diferentes habilidades e formações, criar elementos diferentes de um programa durante estágios diferentes do ciclo de vida de um *software*: especificação, projeto, implementação, teste, instalação e manutenção. O padrão inclui a definição da linguagem *Sequential Function Chart (SFC)*, usada para estruturar a organização interna do programa, e das quatro linguagens: Lista de Instrução (IL), Diagrama *Ladder (LD)*, Diagrama de Blocos de Funções (*FBD*) e Texto Estruturado (*ST*)^[32].

3.2 Processos de soldagem

Soldagem por fusão é um processo no qual as partes são fundidas por meio de energia elétrica ou processo químico, sem aplicação de pressão ^[33].

Soldagem por pressão baseia-se na deformação localizada das partes a serem unidas, que pode ser auxiliada pelo aquecimento dessas até uma temperatura inferior à temperatura de fusão, conhecido como processos de soldagem por pressão ou processos de soldagem no estado sólido.

Uma operação parecida com soldagem, que também tem por objetivo a união permanente de peças, é a brasagem. Ela se diferencia da soldagem pelo fato de que na soldagem por fusão as peças a serem unidas sempre se fundem e na brasagem elas nunca se fundem. A união é obtida pelo uso de um material suplementar, chamado de material de adição, e somente esse é fundido durante a operação. Outra diferença é que, na brasagem, o mecanismo responsável pelo preenchimento do espaço entre as peças pelo material de adição é a capilaridade.

3.2.1 Soldagem a laser

O nome laser é a abreviatura da descrição do processo em Inglês *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Em uma tradução livre para o Português pode-se dizer amplificação da luz através da emissão estimulada da radiação ^[33].

A soldagem a laser (*LBW - Laser Beam Welding*) é um processo de união baseado na fusão localizada da junta, através de seu bombardeamento por um feixe de luz concentrada, coerente e monocromática de alta intensidade. Este feixe de alta intensidade é suficiente para fundir e vaporizar parte do material da junta no ponto de entrada do feixe no material, causando um furo com formato de fechadura (*key hole*), que penetra profundamente no metal de base.

Para produção do laser podem ser usadas cavidades laser com dióxido de carbono, capazes de produzir laser de infravermelho e densidades de energia em torno de $1,0 \times 10^{10}$ W/m², ou fontes pulsadas de *YAG* (*Yttrium Aluminum Garnet*) no estado sólido. As primeiras são usadas para a soldagem laser de elevada penetração, enquanto que os lasers de estado sólido são mais usados para a soldagem de ponto e de costura em juntas de pequena espessura, soldagem em microeletrônica e em outras aplicações que exijam um controle preciso da quantidade de energia fornecida à peça.

A soldagem a laser é um processo de alta velocidade, ideal para aplicações automatizadas, exigindo um perfeito ajuste das peças. O valor do equipamento de soldagem a laser é elevado, fazendo com que o processo seja tipicamente usado em aplicações com um grande volume de soldas, em aplicações críticas que necessitem de características especiais do cordão ou uma grande reprodutibilidade. A eficiência do equipamento *LBW* é baixa (8% a 15%), necessitando de grandes unidades de refrigeração para aplicações de alta potência.

Embora o equipamento seja muito sofisticado, é projetado para ser operado sem a necessidade de soldadores altamente treinados.

Na FIG. 4 é mostrada a forma esquemática um sistema de soldagem *LBW*.

FIGURA 1 -

FIGURA 2 - FIGURA 4 - Elementos de um sistema típico para soldagem a laser.

3.2.2 Soldagem a arco plasma

A soldagem a arco plasma (*PAW – Plasma Arc Welding*) é um processo de soldagem que produz coalescência dos metais, pelo aquecimento com um arco constrito entre o eletrodo e a peça de trabalho (arco transferido) ou entre o eletrodo e o bocal constrito da tocha (arco não transferido). A proteção é obtida do gás quente e ionizado, proveniente da tocha. Este gás é usualmente fornecido por uma fonte auxiliar de gás de proteção, que deve ser um gás inerte ou uma mistura de gases inertes. O metal de adição pode ou não ser utilizado ^[33].

O processo consiste inicialmente em provocar em uma coluna de gás, com o auxílio de um arco elétrico, o aumento de sua temperatura, o suficiente para que os impactos entre as moléculas de gás provoquem entre si certo grau de dissociação e ionização. O gás ionizado é forçado a passar através de um orifício de parede fina. Esta repentina mudança provoca um grande gradiente térmico, entre o centro da coluna de gás e a periferia, que está em contato com a parede de cobre, fazendo com que a densidade no centro da coluna diminua, favorecendo aos elétrons adquirirem energia suficiente para provocar a ionização de outros átomos. Este efeito eleva, de maneira sensível, o grau de ionização da coluna do arco e sua temperatura, possibilitando o aumento da taxa de energia transferida para a peça a ser soldada, sendo o aumento da velocidade do plasma, consequência direta da constrição.

A proteção da poça de fusão é obtida parcialmente com o gás ionizado em alta temperatura, que escoar através do bocal de constrição. Uma proteção auxiliar de gás pode ser necessário para proteger completamente a poça de fusão da oxidação do ar. O gás auxiliar de proteção pode ser um gás inerte ou uma mistura de gases.

O processo de soldagem a arco plasma (*PAW*), assim como o processo *TIG* (*Tungsten Inert Gas*) ou *GTAW* (*Gas Tungsten Arc Welding*), usa eletrodo não consumível. A tocha tem um bocal que cria uma câmara de gás ao redor do eletrodo. O arco aquece o gás na câmara até uma temperatura em que se torna ionizado e conduz

eletricidade. Este gás ionizado é definido como plasma, que sai do orifício do bocal a uma temperatura próxima de 16.700°C .

O equipamento básico para soldagem com plasma consiste de uma tocha, fonte de energia, painel de controle, cilindros de gases de plasma e proteção, circuito de água de refrigeração e controle remoto de corrente de soldagem mostrado na FIG. 5.

FIGURA 3 -

FIGURA 4 - FIGURA 5 – Equipamento para soldagem a arco plasma.

3.3 Sistemas de supervisão e aquisição de dados

Os sistemas de supervisão e aquisição de dados ou *SCADA* (*Supervisory Control and Data Aquisition*) são sistemas que utilizam *software* para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos dos sistemas de controle, conectados através de *drivers* específicos. Estes sistemas podem assumir topologia mono-posto, cliente-servidor ou múltiplos servidores-clientes. Atualmente, tendem a libertar-se dos protocolos de comunicação proprietários, como os dispositivos *PAC's* (Controladores Programáveis para Automação), módulos de entrada/saída remotas, Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), registradores, entre outros, para arquiteturas cliente-servidor *OPC* (*OLE for Process Control*) [34].

O objetivo principal dos sistemas *SCADA* é propiciar uma interface de alto nível do operador com o processo, informando-o em tempo real, de todos os eventos de importância da planta. A utilização de sistemas *SCADA* permite uma série de vantagens, se comparados com os painéis convencionais ^[35]:

- Redução de gastos com montagem dos painéis de controle e projeto;
- Redução de custos da aquisição de instrumentos de painel, pois no sistema *SCADA* são virtuais;
- Eliminação de custos com peças de reposição, pois se tratam de instrumentos virtuais;
- Redução de espaço necessário para a sala de controle;
- Dados disponíveis em formato eletrônico, facilitando a geração de relatórios e integração com sistemas *ERP* (*Enterprise Resource Planning*) ou *SIGE* (Sistemas Integrados de Gestão Empresarial); e
- Praticidade da operação, pois os instrumentos são apresentados ao operador em um simples clique do dispositivo apontador.

Em contrapartida existe a necessidade de mão-de-obra capacitada para desenvolver as Interfaces Homem-Máquina (IHM) ^[35]. Atualmente, os principais sistemas de supervisão oferecem três funções básicas:

- Supervisão de todas as funções de monitoramento do processo, tais como, sinóticos animados, gráficos de tendência de variáveis analógicas e digitais, relatórios em vídeo e impressos;
- Operação dos sistemas *SCADA*, os quais substituíram, com vantagens, as funções da mesa de controle. As funções de operação incluem ligar e desligar equipamentos e seqüência de equipamentos, operação de malhas *PID* e mudança do modo de operação dos equipamentos; e
- Controle *DDC* (*Digital Direct Control*). Alguns sistemas de supervisão possuem uma linguagem que permite definir diretamente ações de controle, sem depender de um nível intermediário, representado por remotas inteligentes. Todas as operações de entrada e saída são executadas diretamente, através de cartões de I/O ligados diretamente ao barramento do microcomputador, ou por remotas mais simples. Os dados são amostrados, um algoritmo de controle como um controlador *PID* é executado, e a saída é aplicada ao processo (ação direta sobre uma variável

manipulada). Isto, entretanto só é possível quando a velocidade do processo assim o permite.

3.4 Motor de passo

Os motores de passo são dispositivos eletro-mecânicos que convertem pulsos elétricos em movimentos mecânicos, que geram variações angulares discretas. O rotor ou eixo de um motor de passo é rotacionado em pequenos incrementos angulares, denominados passos, quando pulsos elétricos são aplicados em uma determinada sequência nos terminais deste ^[36].

A rotação de tais motores é diretamente relacionada aos impulsos elétricos que são recebidos, bem como a sequência, a qual tais pulsos são aplicados e reflete diretamente na direção a qual o motor gira. A velocidade que o rotor gira é dada pela frequência de pulsos recebidos, e o tamanho do ângulo rotacionado é diretamente relacionado com o número de pulsos aplicados ^[36].

O funcionamento básico do motor de passo é dado pelo uso de solenóides alinhados dois a dois que, quando energizados, atraem o rotor, fazendo com que este se alinhe com o eixo determinado pelos solenóides, causando assim uma pequena variação de ângulo que é chamada de passo. A velocidade e o sentido de movimento são determinados pela forma como cada solenóide é ativado (sua ordem e a velocidade entre cada ativação).

O número de passos é dado pelo número de alinhamentos possíveis entre o rotor e as bobinas. Ou seja, para aumentar o número de passos de um motor usa-se um maior número de bobinas, maior número de pólos no rotor. Para isso usa-se uma roda dentada.

A energização de uma e somente uma bobina de cada vez produz um pequeno deslocamento no rotor. Este deslocamento ocorre simplesmente pelo fato do rotor ser magneticamente ativo, e a energização das bobinas criar um campo magnético intenso, que atua no sentido de se alinhar com os dentes do rotor. Assim, polarizando de forma adequada as bobinas, podemos movimentar o rotor entre as bobinas (meio passo ou *half-step*) ou alinhadas com as mesmas (passo completo ou *full-step*).

Os tipos do motor de passo podem ser de relutância variável, ímã permanente e híbrido, e as formas de operação são motores unipolares e motores bipolares.

3.4.1 Relutância variável

Este tipo de motor mostrado na FIG. 6 consiste de um rotor de ferro, com múltiplos dentes e um estator com enrolamentos. Quando os enrolamentos do estator são energizados com corrente contínua (DC) os pólos ficam magnetizados. A rotação ocorre quando os dentes do estator são atraídos para os pólos do estator energizado, devido à força que aparece, para que o sistema tenha o circuito com menor relutância.

FIGURA 6 – Motor de relutância variável.

3.4.2 Ímã permanente

O motor de ímã permanente, mostrado na FIG. 7, tem baixo custo e baixa resolução, com passos típicos de $7,5^\circ$ a 15° (48 - 24 passos/revolução). O rotor é construído com ímãs permanentes e não possui dentes. Os pólos magnetizados do rotor provêm uma maior intensidade de fluxo magnético e, por isto, o motor de ímãs permanente exibe uma melhor característica de torque, quando comparado ao de relutância variável.

FIGURA 7 – Motor de ímã permanente.

3.4.3 Híbrido

O motor de passo híbrido, mostrado na FIG. 8 é mais caro que o de ímã permanente, mas provê melhor desempenho, com respeito à resolução de passo, torque e velocidade. Ângulos de passo típico de motores híbridos estão entre $0,9^\circ$ a $3,6^\circ$ (400 - 100 passos/volta). O motor híbrido combina as melhores características dos motores de ímã permanente e motor de relutância variável. O rotor é multi-dentado como no motor de relutância variável e contém um ímã permanente ao redor do seu eixo. Os dentes do rotor provêm um melhor caminho que ajuda a guiar o fluxo magnético para locais preferidos no *gap* de ar.

FIGURA 8 – Motor de configuração híbrido.

3.4.4 Motor unipolar

O motor de passo unipolar, mostrado na FIG. 9, tem dois enrolamentos por fase, um para cada sentido da corrente. Desde que neste arranjo um pólo magnético possa ser invertido sem comutar o sentido da corrente, o circuito da comutação pode ser feito de

forma muito simples (transistor único) para cada enrolamento. Tipicamente, dada uma fase, um terminal de cada enrolamento é feito como terra, possibilitando três ligações por fase e seis ligações para um motor bifásico típico. Frequentemente, os terras comuns bifásicos são juntados internamente, assim o motor tem somente cinco ligações.

A resistência entre o fio comum e o fio de excitação da bobina é sempre metade do que entre os fios de excitação da bobina. Isto se deve ao fato que há realmente duas vezes o comprimento da bobina entre as extremidades e somente meio comprimento do centro (o fio comum) à extremidade. Os motores de passo unipolares, com seis ou oito fios, podem ser conduzidos usando excitadores bipolares deixando os terras comuns da fase desconectados, e conduzindo os dois enrolamentos de cada fase junto. É igualmente possível usar um excitador bipolar para conduzir somente um enrolamento de cada fase, deixando a metade dos enrolamentos não utilizada.

FIGURA 9 – Motor unipolar.

3.4.5 Motor bipolar

O motor bipolar, mostrado na FIG. 10, tem um único enrolamento por fase. A corrente em um enrolamento precisa ser invertida, a fim de inverter um pólo magnético. Assim sendo, o circuito de condução é um pouco mais complexo, usando um arranjo de ponte H. Há duas ligações por fase, nenhuma está em comum. Os efeitos de estática da fricção que usam uma ponte são observados em determinadas topologias de

movimentação. Como os enrolamentos são melhores utilizados, são mais poderosos do que um motor unipolar do mesmo peso.

FIGURA 10 – Motor bipolar.

3.5 Sistema de controle, sensores e atuadores

São aqueles que unem o resultado da leitura dos sensores e dos atuadores. Eles recebem as informações fornecidas pelos sensores para saber o estado atual do processo, executam cálculos, lógicas pré-definidas, e enviam o resultado para os atuadores, de modo que a situação atual do processo seja modificada para se atingir um ponto de operação desejado.

Para projetar um controlador são utilizadas diversas ferramentas computacionais, técnicas e teorias de controle. As ferramentas computacionais permitem que o processo seja simulado em um computador para que os parâmetros do controlador possam ser projetados sem a necessidade de utilizar o processo real. Uma vez projetado o controlador, o mesmo é implementado e validado no processo real.

Para implementar sistemas de controle, são utilizados dispositivos como microcontroladores, CLP's e microprocessadores, entre outros. Estes dispositivos possuem, em comum, entradas e saídas (portas de entrada/saída), que servem para realizar a comunicação com os dispositivos periféricos (sensores e atuadores).

Estas portas de entrada/saída também podem ser destinadas a realizar a comunicação com outros sistemas, a fim de fornecer dados de leitura dos sensores ou até receber instruções externas para os atuadores ^[37].

3.5.1 Sensores

Os sensores são elementos responsáveis pela leitura do estado em que o processo se encontra. Os sensores ou transdutores medem grandezas mecânicas (posição, velocidade e aceleração), grandezas físicas (temperatura, fluxo nível e pressão), e grandezas químicas (concentração), entre outras. Eles enviam para o controlador a atual situação do processo para que este possa tomar as medidas necessárias ^[37].

3.5.2 Atuadores

Os atuadores são elementos ativos que atuam sobre uma grandeza física do processo, atendendo a comandos que podem ser manuais ou automáticos. São exemplos de atuadores: cilindros pneumáticos (pneumática), cilindros hidráulicos (hidráulica), motores, válvulas e aquecedores elétricos ^[37].

3.6 Boas Práticas de Fabricação (ANVISA RDC 17)

Esta resolução possui o objetivo de estabelecer os requisitos mínimos a serem seguidos na fabricação de medicamentos para padronizar a verificação do cumprimento das Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos de uso humano durante as inspeções sanitárias ^[38].

Fica internalizada a Resolução GMC n° 15/09 - Boas Práticas de Fabricação de Produtos Farmacêuticos e Mecanismo de Implementação no âmbito do MERCOSUL, que estabeleceu a adoção do Relatório n° 37 da OMS (*WHO Technical Report Series 908*), publicado em 2003. Podem ser adotadas ações alternativas às descritas nesta resolução de forma a acompanhar o avanço tecnológico ou atender às necessidades específicas de determinado medicamento, desde que, essas sejam validadas pelo fabricante e que a qualidade do medicamento seja assegurada.

Boas Práticas de Fabricação (BPF) é a parte da Garantia da Qualidade, a qual assegura que os produtos são consistentemente produzidos e controlados, com padrões de qualidade apropriados para o uso pretendido e requerido pelo registro.

O cumprimento das BPF está orientado primeiramente à diminuição dos riscos inerentes a qualquer produção farmacêutica, os quais não podem ser detectados somente pela realização de ensaios nos produtos terminados.

Os riscos são constituídos essencialmente por contaminação cruzada, contaminação por partículas, troca ou mistura de produto. As BPF determinam que:

- I. Todos os processos de fabricação devam ser claramente definidos e sistematicamente revisados em função da experiência adquirida. Além disso, devem ser capazes de fabricar medicamentos dentro dos padrões de qualidade exigidos, atendendo às respectivas especificações;
- II. Sejam realizadas as qualificações e validações necessárias;
- III. Sejam fornecidos todos os recursos necessários, incluindo
 - a) Pessoal qualificado e devidamente treinado;
 - b) Instalações e espaço adequados e identificados;
 - c) Equipamentos, sistemas computadorizados e serviços adequados;
 - d) Materiais, recipientes e rótulos apropriados;
 - e) Procedimentos e instruções aprovados e vigentes;
 - f) Armazenamento e transporte adequados;
 - g) Instalações, equipamentos e pessoal qualificado para controle em processo;
- IV. As instruções e os procedimentos devam ser escritos em linguagem clara, inequívoca e serem aplicáveis de forma específica às instalações utilizadas;
- V. Os funcionários devam ser treinados para desempenharem corretamente os procedimentos;
- VI. Devam ser feitos registros (manualmente e/ou por meio de instrumentos de registro) durante a produção para demonstrar que todas as etapas constantes nos procedimentos e instruções foram seguidas e que a qualidade do produto obtido

esteja em conformidade com o esperado. Quaisquer desvios significativos devem ser registrados e investigados;

- VII. Os registros referentes à fabricação e distribuição, que possibilitam o rastreamento completo de um lote, sejam arquivados de maneira organizada e de fácil acesso;
- VIII. O armazenamento seja adequado e a distribuição dos produtos minimize qualquer risco à sua qualidade;
- IX. Esteja implantado um sistema capaz de recolher qualquer lote, após sua comercialização ou distribuição; e
- X. As reclamações sobre produtos comercializados devam ser examinadas, registradas e as causas dos desvios da qualidade, investigadas e documentadas. Devem ser tomadas medidas com relação aos produtos com desvio da qualidade e adotadas as providências no sentido de prevenir reincidências.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Infraestrutura

Neste trabalho utilizou-se a infraestrutura do Laboratório de Produção de Fontes para Radioterapia (LPFR), do Centro de Tecnologia das Radiações (CTR), do IPEN-CNEN/SP.

4.2 Processo de automação da soldagem a laser, para confecção das sementes de iodo-125

Os recursos financeiros necessários à aquisição dos equipamentos, materiais de consumo e contratação dos serviços foram providos por meio do Projeto de Auxílio à Pesquisa da FAPESP nº 01/04768-3 – Desenvolvimento da técnica de produção de sementes, além do próprio Centro de Tecnologia das Radiações (CTR), do IPEN-CNEN/SP.

O desenvolvimento do processo de automação da soldagem a laser constitui-se em:

- a) Qualificar os equipamentos e componentes eletro-eletrônicos da automação para o processo de solda a laser
- Microcomputador;
 - Controlador Lógico Programável (S7-200, *Microwin 4.0*, SIEMENS);
 - *Drivers* de comunicação e motores de passo (APPLIED MOTION *Programming*);
 - Sensores fotoelétricos e a laser;

- Interfaces de comunicação (INDUSOFT *Web Studio* 6.1);
- Máquina de solda a laser (Nd:YAG ou *Neodymium:Yttrium Aluminium Garnet*), MIYACHI UNITEK, LW15A;
- Distribuidor dos tubos de titânio, na forma de cânula;
- Distribuidor das sementes radioativas iodo-125;
- Dispositivo de soldagem;
- Dispositivo de distribuição e inversão das sementes;
- Sistema óptico para controle de qualidade, entre outros dispositivos relevantes ao processo; e

b) Projetar os dispositivos eletro-eletrônicos, mecânicos e pneumáticos, entre outros.

4.2.1 Equipamentos e componentes utilizados no processo de automação

O microcomputador *notebook* utilizado, modelo W7650 *Duo Core 2* da Itautec, possui a seguinte configuração :

- Frequência de relógio (*clock*) de 2GHz;
- Memória RAM 3GB;
- Monitor de 15" LCD com memória de vídeo de 256MB;
- Teclado padrão 101/102 PS2 – ABNT;
- Disco rígido de 250GB; e
- Sistema operacional *Windows XP Professional*.

O controlador lógico programável utilizado é o da linha SIMATIC S7, incluído:

- CPU 224 com memória 8/5kB, tensão de alimentação 110/220VAC, entradas digitais integradas de 14 x 24VCC, 10 saídas digitais integradas a rele de 2A, 1 porta de comunicação, 2 módulos modelo EEM 223/32 com 16 entradas digitais 24VCC e 16 saídas digitais a rele de 2A, e 1 módulo EEM223/16 com 8 entradas digitais 24VCC e 8 saídas digitais a rele de 2A, com o programa *Microwin 4.0* da SIEMENS.

Os *drivers* e motores de passo da APPLIED MOTION utilizados neste trabalho possuem:

- Modulação de largura de pulso precisa fornecendo até 1,2A por fase e até 50.800 passos/revolução de comutação;
- Alimentação de 12 - 42VCC. Programa com plataforma *Windows* (Microsoft), 8 entradas para interação com o usuário e outros equipamentos, 3 saídas para a coordenação de equipamento externo;
- Acionamento externo de entradas e saídas isoladas opticamente, sinais de 5 – 24VCC, porta de comunicação RS-232, interface homem-máquina, permitindo que o operador introduza distâncias, velocidades e ciclo de contagens com o programa SI da APPLIED MOTION; e
- Motores de passo modelo P/N 5023-196, com 6 fios de ligação para as bobinas, torque de 0,80 N-m (113 oz-in), comprimento de 50,8mm, tensão de 18,7 Volts, 0,42 Amper, 44,0 Ohms e indutância de 128mH.

Os sensores utilizados neste trabalho possuem:

- Sensor fotoelétrico com o amplificador da linha FX 301, com a fibra óptica FT E22 da *SunX* – Panasonic. Esta fibra maximiza a eficiência de emissão de luz, resultando em uma enorme melhoria no intervalo de sensoramento, para ser utilizada no sistema de automação da solda.

A máquina de solda a laser (Nd:YAG) utilizada no sistema é a LW15A da MIYACHI UNITEK, com potência máxima de 15 Watts, energia do pulso de 15J/5ms, pico máximo de potência de 4,0kW, pulsos entre 0,2 a 10ms, com velocidade de repetição de 1 a 30 pulsos/segundo, tensão de alimentação de 200 a 240 Volts, frequência de 60Hz, com 32 programas para soldagem.

O programa utilizado para os sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA) é o da *Web Studio 6.1* da INDUSOFT.

O distribuidor dos tubos de titânio (forma de cânula), o distribuidor das sementes radioativas de iodo-125, o dispositivo de soldagem e o dispositivo de distribuição e inversão das sementes foram projetados e desenvolvidos na Gerência Adjunta de Projeto Institucional (CTRP), do Centro de Tecnologia das Radiações (CTR), do IPEN-CNEN/SP.

4.2.2 Arquitetura do *hardware*

A arquitetura do *hardware*, com suas características e especificações utilizadas neste trabalho é mostrado na FIG. 11.

FIGURA 11 – Arquitetura do *hardware*.

A arquitetura do *hardware* de nível 1, descrita no item 3.1.1 Arquitetura de automação e na pirâmide de automação mostrada na FIG. 3 é compreendida pelos componentes de campo necessários ao controle dos processos (dispositivos pneumáticos, válvulas, sensores, motores, bombas de vácuo e outros componentes). A arquitetura do *hardware* de nível 2, compreende o controle do processo em uma malha de circuito fechado, posicionamentos, análise proporcional, integral e derivativa com realimentação, controle de válvulas, *drivers* e motores de passo. A arquitetura do *hardware* de nível 3, compreende o sistema de gerenciamento do processo, com a utilização de uma interface gráfica, sendo executada pelo aplicativo *Web Studio 6.1*, que permite acompanhar em

tempo real o processo da soldagem e adquire uma série de dados de informação, para se obter informações analíticas do processo.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Confeção e montagem do *hardware*

A FIG. 12 mostra o sistema de soldagem a laser (Nd:YAG), para confecção das sementes de iodo-125 utilizadas em braquiterapia.

FIGURA 12 – Sistema de soldagem a laser (Nd:YAG), para confecção das sementes de iodo-125 utilizadas em braquiterapia.

As FIG. 13 e 14 mostram o *hardware* do sistema que contém o CLP S7-200 da SIEMENS e a *glove-box* do sistema de soldagem a laser, respectivamente.

FIGURA 13 – *Hardware* do sistema que contém o CLP, fontes de alimentação e *drivers* dos motores de passos (SIEMENS S7-200).

FIGURA 14 – Montagem do sistema de soldagem da semente de iodo-125 na *glove-box*.

Com o sistema automatizado por CLP, mostrado na FIG. 15 conseguiu-se uma monitoração em tempo real (processador de 250 μ s), simplicidade operacional e de manutenção, seqüências automáticas de etapas, estruturas compactadas, maior produtividade, segurança operacional e confiabilidade, redução da taxa de exposição do trabalhador à radiação, diagnósticos de falhas, sistema de monitoração e gerenciamento, proporcionando a integração homem - máquina com informações mais precisas, tratando estas informações de modo a melhorar o desempenho do sistema.

O sistema de automação foi desenvolvido utilizando-se o controlador lógico programável da SIEMENS S7-200 e a linguagem *Ladder*, ao qual foram interligados os *drivers* de controle para motores de passo programáveis, a máquina de solda a laser (Nd:YAG) e um *software* de supervisão do processo. O CLP fixa todas as válvulas pneumáticas nas posições corretas, checa todos os sensores de posicionamento, alinha os motores de passo, executa uma checagem de todos os parâmetros (vácuo, pressão de ar, entre outros) antes de executar o processo de soldagem. O diagrama do processo é mostrado na FIG. 15 e o diagrama de blocos na FIG. 16.

FIGURA 15 – Diagrama do processo de automação da soldagem a laser (Nd:YAG).

FIGURA 16 – Diagrama de blocos do processo de automação da soldagem a laser na fabricação das sementes de iodo-125.

5.2 Processo de automação

O CLP aciona o dispositivo de distribuição do tubo de titânio, com controle no *driver* do motor de passo M1 e habilita a válvula de vácuo V1. Com o tubo de titânio sendo transportado do dispositivo de distribuição até o dispositivo de soldagem, o sensor S1 detecta esta passagem e desativa o acionamento do dispositivo de distribuição, mostrado nas FIG. 17 e 18.

FIGURA 17 – Dispositivo de armazenagem e distribuição dos tubos de titânio.

FIGURA 18 – Dispositivo de armazenagem e distribuição dos tubos de titânio, montado na *glove-box*.

O tubo de titânio ao chegar no dispositivo de soldagem mostrado nas FIG. 19 e 20, aciona o cilindro C1 por 1s, até que o tubo esteja na posição P1 central, com a válvula de vácuo V2 ligada, para que o tubo desça numa pequena cavidade e acione o cilindro C5, para nivelar o tubo de titânio com a base na posição P1.

O CLP recebe a informação de posicionamento correto, desliga C5, envia um comando para o *driver* do motor de passo M2 e reposiciona o tubo de titânio corretamente a 2,0mm da posição anterior. O cilindro C3 trava o tubo de titânio, aciona a válvula VA de gás argônio e desliga a válvula de vácuo V2. Após 2,0s, o CLP envia um sinal à máquina de solda, para um pulso laser numa das extremidades do tubo de titânio. Após a soldagem, desliga-se a válvula VA. Através de um monitor com câmara de alta resolução, o operador faz uma inspeção visual da solda e determinada se a mesma foi aprovada ou não.

FIGURA 19 – Dispositivo de posicionamento e soldagem a laser (Nd:YAG).

FIGURA 20 – Dispositivo de posicionamento e soldagem a laser (Nd:YAG), montado na *glove-box*.

Caso a solda seja aprovada, o CLP recebe esta informação do operador, desativa o cilindro C3, envia a informação para o *driver* do motor de passo M2, e reposicionar o tubo de titânio (inverter sua extremidade), acionado o cilindro C4, com vácuo V0, transportando-o até o dispositivo de distribuição e inversão mostrado na FIG. 21. Em seguida, o CLP envia um comando para o *driver* do motor M3, faz-se uma inversão da extremidade do tubo, invertendo-se o fluxo de vácuo com V0 desliga e V3 acionada, retornando-o ao dispositivo de posicionamento e soldagem, mostrado na FIG. 19. O tubo de titânio é posicionado na cavidade, aguardando o fio de prata radioativo com iodo-125 adsorvido.

Se a primeira solda não for aprovada, o CLP recebe essa informação do operador desativa o cilindro C3, envia a informação para o *driver* do motor de passo M2, posicionar o tubo de titânio (inverter sua extremidade), acionando o cilindro C4, com vácuo V0, transportando-o até o dispositivo de distribuição e inversão nas FIG. 21 e 22 . Em seguida, o CLP envia um comando para o *driver* do motor M3, para girar o tubo de titânio em 90°, desliga o vácuo V0 e aciona a válvula de vácuo V4, para transportá-lo ao recipiente de rejeito normal, passando pelo sensor S5 mostrado nas FIG. 23 e 24. Assim que o tubo entra no recipiente, o sistema volta à posição inicial do processo.

FIGURA 21 – Dispositivo de inversão e distribuição das sementes de iodo-125.

FIGURA 22 – Dispositivo de inversão e distribuição das sementes de iodo-125, montado na *glove-box*.

FIGURA 23 – Recipientes dos rejeitos normais e radioativos, e das sementes de iodo-125.

FIGURA 24 – Recipientes dos rejeitos normais e radioativos, e das sementes de iodo-125, montados na *glove-box*.

Se a primeira solda for aprovada, o tubo de titânio é posicionado no dispositivo de soldagem da FIG. 19. O CLP aciona o dispositivo de distribuição do fio de prata radioativo absorvido com iodo-125, por meio de controle no *driver* do motor de passo M4, acionando-se a válvula de vácuo V3. O sensor S2 detecta a passagem do fio de prata radioativo, transportado do dispositivo de distribuição até o dispositivo de soldagem, desativando o dispositivo de distribuição, mostrado nas FIG. 25 e 26.

FIGURA 25 – Dispositivo de armazenagem e distribuição dos fios de prata radioativos com iodo-125 absorvido.

FIGURA 26 - Dispositivo de armazenagem e distribuição dos fios de prata radioativos com iodo-125 absorvidos, montado na *glove-box*.

O fio de prata radioativo, após chegar ao dispositivo de soldagem da FIG. 19, aciona o cilindro C2 por 1s, até que o fio de prata seja inserido dentro do tubo de titânio, na posição P1 central do dispositivo. Com a válvula de vácuo V2 ligada, aciona-se o cilindro C5 para nivelar o tubo de titânio e o fio de prata com a base na posição P1.

Após o posicionamento do tubo de titânio e fio radioativo de prata, adsorvido com iodo-125, o CLP recebe informação de posicionamento correto, desliga C5, envia um comando para o *driver* do motor de passo M2 e reposiciona o tubo de titânio corretamente a 2,0mm da posição anterior. Ao chegar nessa posição, o cilindro C3 trava o tubo de titânio, aciona a válvula VA do gás argônio e desliga a válvula de vácuo V2. Após 2,0s, o CLP envia um sinal para a máquina de solda, a qual libera um pulso de laser na extremidade do tubo de titânio, selando o fio de prata radioativo. Após a soldagem, desliga-se a válvula VA. Por meio de um monitor com câmara de alta resolução o operador faz uma inspeção visual da solda e determina se a solda foi aprovada ou não.

Se a segunda solda não for aprovada, o CLP recebe essa informação do operador, desativa o cilindro C3, envia a informação para o *driver* do motor de passo M2, reposiciona a semente (tubo de titânio com fio de prata radioativo). Para que a semente

possa ser retirada do dispositivo de posicionamento e soldagem, aciona-se o cilindro C4, com vácuo V0, transportando-a até o distribuidor e inversor mostrado na FIG. 21. O CLP envia um comando para o *driver* do motor M3, o qual gira o motor M3 em 135°, desliga o vácuo V0, aciona a válvula de vácuo V6, para transportar a semente não aprovada ao recipiente de rejeito radioativo, passando pelo sensor S6 mostrado na FIG. 21. Assim que o tubo entra no recipiente, o sistema volta à posição inicial do processo.

Se a segunda solda for aprovada, o CLP recebe essa informação do operador, desativa o cilindro C3, envia a informação para o *driver* do motor de passo M2, reposiciona a semente (tubo de titânio com fio de prata radioativo). Para que a semente pronta possa ser retirada do dispositivo de posicionamento e soldagem, aciona-se o cilindro C4, com vácuo V0, transportando-a até o distribuidor e inversor mostrado na FIG. 20. O CLP envia um comando para o *driver* do motor M3, gira o motor em 12°, desliga o vácuo V0, aciona a válvula de vácuo V5, para transportar essa semente aprovada ao recipiente de sementes prontas, passando pelo sensor S4, mostrado na FIG. 23. Assim que o tubo entra no recipiente, o sistema volta à posição inicial do processo.

5.3 Montagem do *hardware* e desenvolvimento dos aplicativos (*software*)

5.3.1 *Hardware*

O *hardware* utilizado neste sistema pertence à família de CLP SIMATIC S7 (STEP 7) da SIEMENS, linha 200. Trata-se de um sistema de configuração de pequeno porte, com uma variedade de módulos de adaptação, para aplicação em qualquer nível de automação e flexibilidade. A escolha da SIMATIC S7 da SIEMENS deve-se à confiabilidade, certificações de qualidade, fácil manutenção, interage com diversos tipos de periféricos e sensores entre outras vantagens ^[39].

O tubo de titânio, o fio de prata radioativo e a própria semente de iodo-125 são mostrados na FIG. 27, comparados à moeda de R\$ 0,10.

FIGURA 27 – Dimensões do fio de prata, tubo de titânio e da semente de iodo-125, comparadas com uma moeda.

A velocidade de transporte entre os dispositivos de distribuição dos tubos, fios de prata, sistema de inversão e distribuição, recipientes de armazenagem de rejeitos e sementes prontas é da ordem de 10m/s em vácuo mecânico de 10^{-2} Torr. Nesse sentido, pesquisaram-se, intensamente, os sensores ópticos especiais para o sistema de automação. O sensor óptico da marca SUNX (Panasonic) da linha FX301, atendeu às especificações técnicas, pois possui sensibilidade de 250 μ s com uma fibra óptica de barreira FT E22, a qual detecta material com dimensões superior a 0,02mm^[40]. Para atender às necessidades de detecção dos materiais projetou-se um dispositivo mecânico para fixação das fibras nas linhas de transporte, mostrado na FIG. 28.

FIGURA 28 - Dispositivo mecânico para fixação das fibras e dos sensores ópticos.

Os sensores ópticos além de detectarem os tubos de titânio, fios de prata radioativos e as sementes prontas pelas linhas de transportes, também são utilizados para elaboração da planilha de dados de produção:

- Sensor S1 – número de tubos de titânio no processo de fabricação;
- Sensor S2 – número de fios de prata radioativos no processo;
- Sensor S3 – posição de fabricação das sementes de iodo-125;
- Sensor S4 – número de sementes de iodo-125 fabricadas corretamente;
- Sensor S5 – número de rejeitos normais gerados; e
- Sensor S6 – número de rejeitos radioativos gerados.

5.3.2 Máquina de solda laser LW15A

Por meio do conector 1, mostrado na FIG. 29, realizou-se a interligação da máquina de solda a laser LW15A com o controlador lógico programável, para que o CLP S7 controla-se todo o processo de automação (entradas e saídas digitais interligadas) ^[41,42].

FIGURA 29 – Conector de entradas e saídas de sinais digitais para controle externo.

Os sinais de saída digitais da máquina de solda a laser LW15A são interligados nas entradas digitais do controlador lógico programável. Em conformidade, os sinais de entrada digitais da máquina de solda LW15A são interligados nas saídas digitais do CLP. As entradas do controlador lógico programável são representadas pela letra I, mais o endereço correspondente (0 a 7). Os sinais de saída digitais do CLP são representados pela letra Q, mais o endereço correspondente (0 a 7).

Na Tabela 1 são apresentadas as conexões entre a máquina de solda LW15A e o controlador lógico programável. Na FIG. 30 é mostrada a interligação do CLP na linguagem *Ladder*.

Tabela 1 – Ligações entre a máquina de solda a laser LW15A e o controlador lógico programável.

Conexões de entrada e saída da máquina de solda a laser LW15 A com o CLP S7	
Sinal da máquina de solda laser LW15A	Controlador lógico programável
<i>Ready</i> (pino 1) saída	I 6.0 - entrada
<i>END</i> (pino 4) saída - pulso laser	I 6.1 - entrada
<i>HV on</i> (pino 2)	I 6.2 - entrada
<i>HV on/off</i> (pino 18) - entrada	Q 6.0 - saída
<i>Laser start</i> (pino 20) - entrada	Q 6.1 - saída
<i>Laser stop</i> (pino 21) - entrada	Q 6.2 - saída
<i>Beam select 1</i> (pino 25) - entrada	Q 6.3 - saída
<i>Schedule 1</i> (pino 29) - entrada	Q 6.5 - saída

FIGURA 30 – Esquema em *Ladder* para interligação da máquina de solda a laser com o controlador lógico programável.

5.3.3 Driver do motor de passo

O Controlador Lógico Programável S7-200 controla, por meio das suas entradas e saídas digitais, o *driver* do motor de passo 1240i da APPLIED MOTION nas entradas e saídas digitais do mesmo ^[42,43].

Na configuração das ligações, as saídas digitais do CLP S7-200, representadas pela letra Q mais o endereço digital correspondente (0 a 7) são ligadas nas entradas digitais dos *drivers* de controle dos motores de passo. As entradas digitais do CLP S7-200, representadas pela letra I mais o endereço digital correspondente (0 a 7) são ligadas nas saídas digitais dos *drivers*, conforme mostrado na FIG. 31.

FIGURA 31 – Diagrama de ligação do *driver* do motor de passo com o CLP S7-200.

Para utilização do *driver* 1240i, torna-se necessário uma fonte de alimentação de 12A e 42VDC. Entretanto, neste trabalho utilizou-se uma fonte de 24VDC, conforme mostrado na FIG. 32, além do cabo de comunicação RS232 para programação do microcomputador tipo PC, com a plataforma *Windows XP*. O *driver* possui as seguintes características:

- Micro pulsos chaveados de até 1,2 Amper/fase;

- Programação de até 50.800 micropassos por rotação;
- Oito entradas de sinais digitais;
- Três saídas de sinais digitais;
- Entradas e saídas digitais opticamente isoladas, com tensão de funcionamento de 5 a 24VDC; e
- Interface homem-máquina, que permite ao operador introduzir distâncias, velocidades e ciclo de contagens, entre outros parâmetros.

FIGURA 32 – Diagrama de alimentação do *driver* 1240i.

A maioria dos motores de passo oferece a escolha entre passo completo (*full-step*) ou meio passo (*half-step*). Unidades de micropassos, tais como, o *driver* 1240i controlam a quantidade de corrente em cada fase e subdividem as posições eletronicamente com precisão. O *driver* 1240i oferece opção de 13 resoluções em 360°. A configuração mais alta do motor de passo divide cada etapa de 1,8° em 254 micropassos, fornecendo 50.800 passos por revolução completa de 360°.

As 13 opções de resoluções em 360°, selecionáveis no motor de passo por meio de *software*, com onda na forma de puro seno e etapas de 1,8° são: 2.000, 5.000, 10.000, 12.800, 18.000, 20.000, 21.600, 25.000, 25.400, 25.600, 36.000, 50.000 e 50.800.

A ligação do *driver* 1240i com os motores de passo P/N 5023-196 do dispositivo de armazenagem e distribuição dos tubos de titânio (M1), dispositivo de posicionamento e soldagem a laser (M2), dispositivo de inversão e distribuição das sementes de iodo-125 (M3) e dispositivo de armazenagem e distribuição dos fios de prata adsorvidos com iodo-125 (M4) é mostrado na FIG. 33.

FIGURA 33 – Ligação do *driver* 1240i com o motor de passo P/N 5033-196.

5.3.4 Software do driver do motor de passo

O *software* programador Si™ da APPLIED MOTION foi utilizado no controle do *driver* 1240i, para automação do processo de soldagem das sementes de iodo-125 ^[44,45].

As características do programador Si™ incluem:

- Potência, flexibilidade e facilidade para uso indexado;
- Armazenamento de programas não voláteis;
- Processa automaticamente a execução dos programas armazenados;
- Conexão por cabo, incluído RS233, do PC para o programador;
- Base de ambiente *Windows* da Microsoft para fácil adaptação e planejamento;
- Entradas digitais planejadas para interagir com o usuário e outros equipamentos;
- Saídas digitais planejadas para equipamentos com coordenação externa;
- Habilidade para trabalhar em unidades de uso definido (polegadas, graus, galão, entre outras); e
- Opção *Man Machine Interface* ou Interface Homem-Máquina (IHM), permitindo ao operador entrar com distâncias, velocidades, temporizador, entre outros parâmetros.

Para executar o *software* Programador Si™ foi necessário um microcomputador com a seguinte configuração mínima:

- IBM compatível com 386, 486, PENTIUM (recomendado para melhor desempenho);
- *Windows 3.1, Windows 95, 98, NT, XP;*
- Mínimo de 8Mb de memória;
- 4Mb disponível em espaço no disco rígido (HD);
- Monitor VGA ou superior;
- *Mouse* ou outro meio de *input* de comandos;
- Dispositivo de disquete 3,5" ou CD; e
- Entrada serial de nove pinos, preferencialmente a COM1.

O *software* desenvolvido para os *drivers* dos motores de passo, dos dispositivos de armazenagem e distribuição dos tubos de titânio (M1), e armazenagem e distribuição dos fios de prata adsorvidos com iodo-125 (M4) é mostrado na FIG. 34. As configurações dos motores de passo M1 e M4 são mostradas nas FIG. 35 e 36.

FIGURA 34 – *Software* para os motores de passo M1 e M4.

FIGURA 35 – Configurações dos motores de passo M1 e M4, nas entradas e saídas digitais.

FIGURA 36 – Configurações dos motores de passo M1 e M4, para velocidade e rotação.

O *software* e as configurações desenvolvidas neste trabalho, para o *driver* do motor de passo M2, do dispositivo de posicionamento e soldagem a laser (Nd:YAG) são mostrados nas FIG. 37 e 38, respectivamente.

FIGURA 37 – *Software* do motor de passo M2, com as Configurações das entradas e saídas digitais.

FIGURA 38 – Configurações do motor de passo M2, para velocidade e rotação.

O *software* e as configurações desenvolvidas neste trabalho, para o *driver* do motor de passo M3, do dispositivo de inversão e distribuição das sementes de iodo-125 são mostrados nas FIG. 39 e 40, respectivamente.

FIGURA 39 - *Software* do motor de passo M3, com as configurações das entradas digitais.

FIGURA 40 – Configurações do motor de passo M3, para velocidade, rotação e posicionamento.

5.3.5 Software Microwin 4.0

O *software Microwin 4.0* é um aplicativo que usa o padrão *Windows* e inclui todas as ferramentas necessárias para *conFIG.r* e programar os controladores lógicos programáveis da linha *SIMATIC S7-200*, com instruções gráficas de alto desempenho, compatível com a *IEC 61131*.

A versão do *Microwin 4.0* utilizada neste trabalho oferece ainda mais memória de dados, melhora a manipulação das estruturas de programa e comando, funções de diagnóstico, bem como um específico do usuário, erro histórico, edição de tempo de execução, solução de automação de complexos, *download* via *internet* e pode ser usado em todas as fases da programação de um controle de processo, tais como:

- Configuração e controle;
- Configuração e pré-definição dos parâmetros de *hardware*;
- Desenvolvimento da lógica de controle;
- Definição de simbologia;
- *Download* do programa por meios magnéticos;
- Diagnóstico e teste do programa; e
- Diagnóstico de falhas.

O *Microwin 4.0* utilizado neste trabalho possui bloco de programa, bloco de dados, bloco de sistema, tabela de símbolos e tabelas de *status* das variáveis ^[46,47]:

- O bloco de programa (*program block*) contém as instruções executáveis e os comentários. As instruções executáveis consistem de um programa principal (*OB1*) e várias sub-rotinas ou interrupções. Essas instruções são compiladas e carregadas no *CLP*;
- O bloco de dados (*data block*) contém os valores iniciais da memória e das constantes, e comentários. Os dados são compilados e carregados no *CLP*;
- O bloco do sistema (*system block*) contém informações de configuração, como parâmetros de comunicação, áreas de dados retentivos, filtros para entradas analógicas e digitais, valores das saídas no instante da transição para *stop* e informações das senhas;

- A tabela de símbolos (*symbol table*) habilita utilizar endereçamento simbólico. Símbolos tornam a programação mais simples e os programas mais fáceis de serem lidos. O programa compilado que é carregado no CLP converte todos os simbólicos em endereçamentos absolutos; e
- As informações da tabela de *status* das variáveis (*status chart*) não são carregadas no CLP. Podem entrar com endereços na tabela de *status*, para que possam monitorar e/ou modificar valores variáveis do programa. Os valores de temporizadores ou contadores podem ser mostrados como ligado ou desligado (*on* ou *off*). Podem selecionar o formato de palavra, o valor atual do temporizador ou do contador e mostrá-lo.

O *software* foi feito dentro do padrão de conceito de estado-da-arte, em facilidade do uso, flexibilidade, entre outras vantagens. O *Microwin 4.0* trabalha com diferentes linguagens de programação. Em função da preferência ou experiência prévia, as linguagens são representadas pela lógica *Ladder*, lista de instruções e diagrama de blocos de funções^[45].

A lógica *Ladder* utiliza o diagrama de contatos (*LAD*), muito similar ao desenho em diagrama de relés, por meio de símbolos como contatos de bobinas. Este método é o mais popular e usado por pessoas que costumam trabalhar com contator e relés em painéis de comando e CCM's. Na FIG. 41 é mostrada uma configuração típica da linguagem *Ladder*, correspondendo a uma parte da etapa do sistema de automação da soldagem a laser (Nd:YAG), na fabricação das sementes de iodo-125, utilizando o *software Microwin 4.0* da SIEMENS.

FIGURA 41 – Configuração típica da linguagem *Ladder*.

Na lista de instruções (*STL*) está contido todo o range de instruções do *STEP 7*. A lista de instruções é a linguagem que possibilita uma maior liberdade de programação. Na FIG. 42 é mostrada uma configuração típica da linguagem da lista de instruções, correspondendo a uma parte da etapa do sistema de automação da soldagem a laser (Nd:YAG) na fabricação das sementes de iodo-125, utilizando o *software Microwin 4.0* da SIEMENS.

FIGURA 42 – Configuração típica da linguagem da lista de instruções.

O diagrama de blocos lógicos (*FDB*) utiliza caixas para representar cada função. O símbolo dentro da caixa indica qual a função utilizada (& = operação *AND*). Na FIG. 43 é mostrada uma configuração típica da linguagem de blocos lógicos de funções, correspondendo a uma parte da etapa do sistema de automação da soldagem a laser (Nd:YAG), na fabricação das sementes de iodo-125, utilizando o *software Microwin 4.0* da SIEMENS.

FIGURA 43 – Configuração típica da linguagem do diagrama de blocos lógicos de funções.

O endereçamento das entradas e saídas (*bits* lógicos) utilizado no controlador lógico programável, no sistema de automação da soldagem a laser (Nd:YAG), no *software* “Automação_solda_laser_iodo-125” desenvolvido neste trabalho, em suas referências cruzadas é mostrado no Apêndice A.

5.3.6 Supervisório – gerenciamento do processo

Desenvolveu-se o *software* do sistema supervisor e a definição da lógica de funcionamento, por meio do aplicativo *Web Studio 6.1* da INDUSOFT, para o processo de automação de soldagem a laser (Nd:YAG), na fabricação das sementes de iodo-125 utilizadas em braquiterapia. Confeccionaram-se várias telas gráficas para gerenciar o processo de soldagem a laser, com processador de 250µs.

O *Web Studio 6.1* da INDUSOFT é um *software* flexível, de alto desempenho e versátil para automação de processos, permitindo criar aplicações em diversos segmentos^[48].

- Interface homem-máquina;
- Aquisição de dados;
- Supervisão em tempo real dos processos industriais;
- Integração de dados e comunicação com sistemas corporativos;
- Estações remotas de operação e supervisão; e
- Estações auxiliam nas manutenções.

O *Web Studio 6.1* utiliza um microcomputador e seus dispositivos de entrada e saída (portas seriais RS232, USB e paralelas), e uma interface de *software* denominada de *driver* de comunicação. A estação de trabalho é interligada, em tempo real, aos processos ou às máquinas por meio dos CLP's, com seus módulos de entrada e saída, e a outros equipamentos de aquisição de dados.

O *Web Studio 6.1* fornece as funções necessárias para controle e supervisão dos processos (interface homem-máquina), assim como para armazenamento e aquisição de dados *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*), oferecendo ferramentas para automação dos processos. O *Web Studio 6.1* tem a capacidade de monitoração em tempo real, de todo o processo.

No processo de automação da soldagem das sementes de iodo-125, desenvolveu-se o controle remoto mostrado na FIG. 44 e as sete telas de trabalho: inicial, de monitoração, de soldas 1 e 2, do contador, de serviço e de alarmes. O sistema pode ser operado somente com o controle remoto. As telas possibilitam uma monitoração em tempo real dos eventos, durante o processo de automação da soldagem a laser (Nd:YAG), na fabricação das sementes de iodo-125.

As únicas funções que o controle remoto exerce é iniciar e finalizar o processo de soldagem a laser, e aprovar ou reprovar tanto a primeira como a segunda solda, na fabricação das sementes de iodo-125.

FIGURA 44 – Controle remoto do processo de soldagem a laser (Nd:YAG).

Na FIG. 45 é mostrada a tela inicial do processo de automação. O operador pode, por meio do *mouse*, iniciar ou finalizar o processo de soldagem a laser (Nd:YAG), na fabricação das sementes de iodo-125, além de acompanhar todo o processo em tempo real.

FIGURA 45– Tela inicial do processo de automação em tempo real.

A tela de monitoração é mostrada na FIG. 46. Nela o operador consegue, em tempo real, visualizar todo o processo com o funcionamento das válvulas de controle de pressão,

vácuo, motores de passo, sensores, máquina de solda, além de possibilitar o acesso às outras telas de controle.

FIGURA 46 – Tela de monitoração do processo de automação em tempo real.

A tela de Solda 1 é mostrada na FIG. 47. Nela o operador informa, por meio do *mouse*, se a primeira solta a laser está aprovada ou rejeitada, além de possibilitar o acesso às outras telas de controle.

FIGURA 47 – Tela da Solda 1 a ser aprovada ou rejeitada pelo operador.

A tela de Solda 2 é mostrada na FIG. 48. Nela o operador informa, por meio do *mouse*, se a segunda solda a laser está aprovada ou rejeitada, além de possibilitar o acesso às outras telas de controle.

FIGURA 48 – Tela da Solda 2 a ser aprovada ou rejeitada pelo operador.

A tela do contador é mostrada na FIG. 49. Nela o operador acompanha quantas sementes foram produzidas e quantos rejeitos radioativos e/ou convencionais foram gerados, permitindo uma análise quantitativa do processo de automação e controle da produção das sementes de iodo-125.

FIGURA 49 – Tela do contador para controle do processo de automação.

A tela de serviço é mostrada na FIG. 50. Nela o operador, por meio de senha cadastrada, tem acesso direto às válvulas de vácuo, válvulas de pressão e motores de passo. Na tela de serviço o operador resolve alguns problemas relacionados à produção, tais como, o travamento da semente nas linhas de transporte, entre outros tipos de manutenção.

FIGURA 50 – Tela de serviço do processo de automação.

A tela dos alarmes e de monitoração dos eventos é mostrada na FIG. 51. Qualquer evento anormal ao processo de soldagem a laser (Nd:YAG), para fabricação das sementes de iodo-125 é registrado nesta tela, em tempo real, e disponível ao operador.

Activation Time	Message	Tag Name	Norm Time	Display Value
06/23/2010 21:09:58		VW3		0
06/23/2010 21:09:58		VW3		0
06/23/2010 21:09:58		VW13		0
06/23/2010 21:09:58		VW13		0
06/23/2010 21:09:58		VW11		0
06/23/2010 21:09:58		VW11		0
06/23/2010 21:09:58	produção atrasada	VW1		0
06/23/2010 21:09:58		Q35		0
06/23/2010 21:09:58		Q01		0
06/23/2010 21:09:58		I26		0
06/23/2010 21:09:58		I25		0
06/23/2010 21:09:58		I24		0
06/23/2010 21:09:58		I21		0
06/23/2010 21:09:58		I20		0
06/23/2010 21:09:58		I13		0
06/23/2010 21:09:58		I11		0
06/23/2010 21:09:58		I10		0
06/23/2010 21:09:58		I04		1
06/23/2010 21:09:58		I03		1
06/23/2010 21:09:58	Sistema Desabilitado	I01		1
06/23/2010 21:09:58		I00		1
06/23/2010 21:09:58	Funcionamento normal	I07		1

FIGURA 51 – Tela dos alarmes e de monitoração dos eventos.

5.4 Falhas operacionais

Quando se executou o primeiro programa no CLP, ocorreram algumas falhas as quais foram detectadas, e que prejudicariam o desenvolvimento eficaz do projeto. Ao escrever o endereçamento do *software* observaram-se alguns conflitos operacionais, ou seja, as instruções que o *software* deveria realizar acabavam em conflitos no mesmo endereçamento. Objetivando-se não apenas sua eficácia no projeto, mas também sua eficiência, o *software* foi desenvolvido em blocos e sub-rotinas, o que não apenas diminuíram os conflitos de endereçamento, mas acabaram com a probabilidade destas falhas ocorrerem novamente. Com esta nova forma de desenvolver o programa, sua execução passou a ser confiável, sem riscos de falhas.

Porém este não foi o único problema detectado. Ao iniciar o sistema, o processo de automação era afetado em função de alguns ruídos nos sensores fotoelétricos. O CLP

decifrava os ruídos como sinais de comando, o que acarretava em alguns problemas operacionais, tais como, acionamento involuntário dos cilindros e travamento do sistema.

Visando o aperfeiçoamento do projeto, ao iniciar o processo estabeleceu-se uma base de tempo de 500ms. Isto faz com que o processo inicialize sem estes ruídos, os quais afetavam o processo de automação.

O CLP é vital para toda operação. Um erro em sua programação altera todo o sistema. Um dos problemas solucionados estava relacionado às memórias retentivas, as quais causavam falhas no processo de automação, pois mesmo quando o CLP estava desligado, as memórias retentivas ficavam ativadas. A solução mais viável foi apagar todas as memórias retentivas existentes no programa. Assim, ao ligar o CLP todas as memórias retentivas são apagadas, em seu primeiro ciclo.

Detectaram-se também problemas em geral na solda a laser. Ao analisar o fluxo de gás argônio, observaram-se falhas na pressão e na vazão do mesmo. Após avaliação instalou-se uma válvula de 2 estágios, com a qual foi possível controlar e manter a vazão e pressão constantes, para se ter uma boa qualidade da solda. O CLP envia um sinal para abrir a válvula do gás argônio 3s antes do pulso de solda a laser, e o fechamento da válvula ocorre após 2s deste pulso.

Realizaram-se também vários ajustes mecânicos e pneumáticos para uma melhor eficiência na automação, evitando-se possíveis problemas, tais como, travamentos dos cilindros pneumáticos e das sementes de iodo-125 nas linhas de transporte, entre outros, os quais possam ocorrer durante o processo de soldagem.

Corrigidas estas falhas e realizados estes ajustes mecânicos e pneumáticos, o programa do controlador lógico programável está pronto para um bom desenvolvimento, repetibilidade do processo, qualidade e rapidez na soldagem a laser (Nd:YAG), na fabricação das sementes de iodo-125.

6. CONCLUSÕES

A automação industrial desempenha um papel imprescindível na fabricação das sementes de iodo-125, a fim de aumentar sua produtividade e flexibilidade, com alta qualidade e confiabilidade, reduzindo-se custos, evitando-se falhas humanas, com execução das Boas Práticas de Fabricação (BPF).

O sistema desenvolvido neste trabalho conta com uma tecnologia de ponta, utilizando controlador lógico programável, que integra conforto e praticidade para os operadores durante a soldagem a laser (Nd:YAG), na fabricação das sementes de iodo-125, os quais podem administrar o processo por intermédio de um microcomputador, com o auxílio de um sistema supervisor. Assim, com a interface gráfica e de alta definição o sistema fornece informações objetivas durante a operação.

O *hardware* e *software* de computador desempenham um papel importante em sistemas de automação. Computadores controlam e gerenciam a automação das tarefas físicas e analíticas.

Sistemas complexos de automação integram *hardware* e *software* no computador, linha de equipamentos robóticos, processos de controle, estoque e treinamento, para se aumentar a eficiência de produção e a produtividade dos funcionários. Neste trabalho utilizou-se uma tecnologia de ponta, pela necessidade de se estudar detalhes alternativos e soluções de última geração em automação industrial.

Para uma produção contínua, com boa qualidade e repetibilidade, faz-se necessário o ajuste de alguns parâmetros, tais como, regular a vazão do gás argônio na soldagem, ajustar dispositivos para se evitar travamento nas linhas de transporte (sementes, tubos de titânio e fios de prata), adquirir um sistema eletrônico de inspeção visual e substituir o operador na decisão de qualidade de solda, para que o processo de automação da soldagem a laser tenha condições técnicas ideais de produção das sementes de iodo-125, conforme estabelecido nas Boas Práticas de Fabricação (BPF).

A automação do processo e a nacionalização das sementes de iodo-125 permitirão reduzir o preço destas fontes seladas em radioterapia, ampliando-se a utilização das mesmas a um número maior de pacientes no País.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. Informações o que é Câncer. Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/oquee>>. Acesso em: 11 abril 2010.
- 2 ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS) apud MINISTÉRIO DA SAÚDE. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **Estimativa da incidência e mortalidade por câncer no Brasil 2010**. Rio de Janeiro: 2010.
- 3 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **O Problema do câncer no Brasil**. Coordenação de Programas de controle de câncer – (Pro-onco). 4. Ed. Rio de Janeiro: 1997.
- 4 MORAES M. F. Revista Brasileira de Cancerologia – V. 44 n°1-**Estimativa da incidência e mortalidade por câncer no Brasil em 1998**. São Paulo, 1998.
- 5 MINISTÉRIO DA SAÚDE. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **Estimativa da incidência e mortalidade por câncer no Brasil em 2007**. Rio de Janeiro: 2007
- 6 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. Comunicação e Informação sobre Câncer de Próstata INCA. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/cancer/prostataf>>. Acesso em: 20 agosto 2003.
- 7 FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO apud O ESTADO DE SÃO PAULO. **Estudo aponta aumento nos casos de câncer em São Paulo**. São Paulo, 07 julho 1999.
- 8 AMERICAN CANCER SOCIETY, NCCN-ACS. **Prostate cancer treatment guidelines for patients**. USA: 1999.
- 9 KHAN, F. M. **The physics of radiation therapy**. 2. ed., Baltimore: Williams & Wilkins, 1994.
- 10 AMERICAN UROLOGICAL ASSOCIATION PROSTATE CANCER Clinical Guidelines Panel **"The management of localized prostate cancer - A patient's guide"**. USA: 1998.
- 11 BLASKO, J. C.; GRTHLM, P. D.; RAGDE, H. **Brachytherapy and Organ Preservation in the Management of Carcinoma of the Prostate**. Seminário radiologia oncologia., v. 3, n.4, p.240-249, 1993.
- 12 POLLACK, A. ; ZAGARS, G. K. ; ROSEN, I. I. **Prostate cancer treatment with radiotherapy: Maturing methods that minimize morbidity**. Seminário oncologia M. D. Anderson Cancer Center, v. 26, n. 2, p.150-161, 1999.

- 13 MEIGOONI, A. S.; GEARHEART, D. M.; SOW ARDS, K. **Experimental determination of dosimetric characteristics of best 1-125 brachytherapy source.** Medical Physics., v. 27, n. 9, Sept., 2000.
- 14 GRIMM, P. **Ultrasound-guided prostate permanent seed implant therapy.** Seattle: Swedish Medical Center's Seattle Prostate Institute, 1997.
- 15 STRUM, S. B.; SCHOLZ, M. C. **Implantation of prostate cancer with radioactive isotope - Brachytherapy.** USA: 1996.
- 16 BUTLER W. M. **Review of modern prostate brachytherapy** In: WORLD CONGRESS MED. PHYS. AND BIOMED. ENG., July 23-28, 2000. **Proceedings...** Chicago, 2000.
- 17 EIGOONI, A S. **Dosimetric characterization of low energy brachytherapy sources m,easurements.** In: WORLD CONGRESS ON MED. PHYS. AND BIOMED, ENG., July 23-28, 2000, Chicago, **Proceedings...**Chicago, 2000.
- 18 ROSTELATO, M, E. C. M.; RELA, P. R.; GAS1GLIA, H. T.; LEPKI, V.; FEHER, A; **Iodine-125 seeds production for brachytherapy use.** In: WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYS1CS AND B1OMEDICAL ENGINEERING, Chicago – USA 2000.
- 19 ROSTELATO, MARIA E. CHUERY MARTINS; **Estudo e desenvolvimento de uma nova metodologia para confecção de sementes de iodo-125 para aplicação em braquiterapia-** Tese Doutorado – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2005.
- 20 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, **Unalloyed titanium for surgical implant applications** (ASTM F 67-77), 1977.
- 21 COMMITTEE ON TITANIUM AND TITANIUM A1LOYS, Metals Handbook 9 Ed. V.3, **Properties and selection: stainless steels, tool materials and special purpose metals**, p.374 - 375, 1980.
- 22 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Implantes para cirurgia materiais metálicos - (NBR ISO 5832-2) Titânio puro**, Maio 2001.
- 23 SHEARER, D. R. **Recent advances in brachytherapy Physics.** USA: AAPM, 1981. N.7: Medical Physics Monograph.
- 24 BLASKO, J.; DATOLLI, M, J.; W-ALLNER, K. **Prostate brachytherapy.** Washington: Smart Medicine, 1997.

- 25 INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **Radiation protection sealed radioactive sources - General requirements and classification.** (ISO-2919) 08 março 1995.
- 26 INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION - **Sealed radioactive sources - leakage test methods** (ISO-9978). 15 fevereiro 1992.
- 27 DESCRIÇÃO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL – Disponível em: Wikipédia Enciclopédia livre <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Automa%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 30 abril 2010.
- 28 RIBEIRO, MARCO ANTÔNIO – **Automação Industrial** – Editora Tek Treinamento e Consultoria Ltda. – Salvador 2001.
- 29 MORAES, CÍCERO COUTO; CASTRUSCCI, PLÍNIO DE LAURO –**Engenharia de Automação** – 2. Ed. – P. 13 e 14 – Rio de Janeiro – Editora LTC, 2007.
- 30 DESCRIÇÃO DO CONTROLADOR LOGICO PROGRAMÁVEL (CLP) – Disponível em: Wikipédia Enciclopédia livre <http://pt.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_program%C3%A1vel>. Acesso em: 03 março2010.
- 31 INTERNATIONAL STANDARD – International Electrotechnical Commission. (IEC 61131) - **Programmable controllers** – 2. Ed. - Maio 2003
- 32 INTERNATIONAL STANDARD – International Electrotechnical Commission. (IEC 61131-3) - **Programmable controllers** – 2. Ed. Maio 2003
- 33 FEHER, ANSELMO; **Desenvolvimento de procedimento utilizando processo de soldagem plasma para confecção de sementes de iodo-125** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2006.
- 34 DESCRIÇÃO DE SISTEMA SCADA - Disponível em: Wikipédia Enciclopédia livre <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistemas_de_Supervis%C3%A3o_e_Aquisi%C3%A7%C3%A3o_de_dados>. Acesso em: 02 fevereiro 2010.
- 35 VIANNA, WILLIAM DA SILVA – **Sistema SCADA supervisor**– Instituto Federal Fluminense de Educação Ciência e Tecnologia – Campos dos Goytacazes – RJ – 2008.
- 36 BRITES, FELIPE GONÇALVES; SANTOS, VINICIUS PUGA DE ALMEIDA – **Motor de Passo** – Escola de Engenharia - Curso de Engenharia de Telecomunicações Universidade Federal Fluminense– Niterói - RJ – 2008.
- 37 SISTEMA DE CONTROLE, SENSORES E ATUADORES – Disponível em: Wikipédia Enciclopédia livre <http://pt.wikipedia.org/wiki/Engenharia_de_controle_e_automa%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 07 abril 2010.

- 38 AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - **Boas práticas de fabricação de medicamentos** – Resolução ANVISA - RDC No. 17, de 16 de Abril de 2010.
- 39 SIEMENS AG, 2010 Automação & Drives Controlador Lógico Programável S7-200. Disponível em: <http://www.siemens.com.br/templates/v2/templates/TemplateD.aspx?channel=3633>>. Acesso em: 05 maio 2010.
- 40 MANUAL DO USUÁRIO- **Fiber sensor FX 300 series – Photoelectric sensor** – SUNX Limited – N. CE FX 300 1-5, Dezembro , 2006 - Japão
- 41 MANUAL DO USUÁRIO – **Laser Machine LW15A** N. 990.534 Revision A: MIYACHI UNITEK Laser - Novembro 2001, USA
- 42 MANUAL DO USUÁRIO SIEMENS – **Micro System SIMATIC S7-200** – ed. 01 2000 Germany.
- 43 MANUAL DO USUÁRIO HARDWARE – **Driver 1240i step motor**. APPLIED MOTION Products – 24 abril 2000 USA.
- 44 MANUAL DO USUÁRIO SOFTWARE – **Si Programmable step motor**. APPLIED MOTION Products – Código 920-0006 – Rev. 5 – 19 março 2009, USA
- 45 MANUAL DO USUÁRIO SOFTWARE – **Si Programmable step motor- Driver 1240i**. APPLIED MOTION Products – Rev 2 – 23 abril 2008, USA.
- 46 MANUAL DE TREINAMENTO - **Programação step 7 MICROWIN 4.0** – Sitrain training for automation and driver – Siemens Brasil – abril 2007 - Brasil.
- 47 MANUAL SIEMENS SIMATIC S7-200. **System software for S7-200 and standard functions**. Reference manual SIEMENS AG. 2003, Germany.
- 48 MANUAL WEB STUDIO 6.1 INDUSOFT – **Getting started guide**, PN: IND-GSG-WD002 - 2003, USA.

APÊNDICE A

Endereçamento das entradas e saídas (*bits* lógicos) utilizado no controlador lógico programável, no sistema de automação da soldagem a laser (Nd:YAG), no *software* “Automação_solda_laser_iodo-125”, desenvolvido nesta Dissertação de Mestrado, em suas referências cruzadas.

Automação solda laser semente iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
IO.1	MAIN (OB1)	Network 59	
IO.4	MAIN (OB1)	Network 4	- -
IO.4	MAIN (OB1)	Network 4	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 3	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 4	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 5	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 7	
IO.7	MAIN (OB1)	Network 8	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 9	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 10	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 11	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 12	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 13	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 14	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 15	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 16	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 17	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 18	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 19	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 20	
IO.7	MAIN (OB1)	Network 21	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 22	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 23	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 24	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 24	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 25	
IO.7	MAIN (OB1)	Network 25	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 26	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 27	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 28	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 29	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 30	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 31	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 32	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 33	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 34	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 34	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 35	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 36	
IO.7	MAIN (OB1)	Network 37	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 38	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 39	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 39	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 40	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 40	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 41	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 42	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 42	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 43	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 44	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 44	- -
IO.7	MAIN (OB1)	Network 45	- -

Automação solda laser semente iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
I0.7	MAIN (OB1)	Network 46	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 47	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 48	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 48	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 49	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 50	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 50	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 51	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 52	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 52	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 53	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 54	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 54	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 55	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 56	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 56	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 57	- -
I0.7	MAIN (OB1)	Network 58	- -
I1.0	MAIN (OB1)	Network 18	- -
I1.0	SBR_1 (SBR1)	Network 21	- -
I1.1	MAIN (OB1)	Network 17	- -
I1.1	SBR_1 (SBR1)	Network 18	- -
I1.2	MAIN (OB1)	Network 27	- -
I1.2	SBR_2 (SBR2)	Network 5	- -
I1.2	SBR_3 (SBR3)	Network 5	- -
I1.2	SBR_4 (SBR4)	Network 5	- -
I1.4	SBR_0 (SBR0)	Network 9	- -
I1.4	SBR_2 (SBR2)	Network 17	- -
I1.4	SBR_3 (SBR3)	Network 17	- -
I1.4	SBR_4 (SBR4)	Network 17	- -
I2.0	SBR_0 (SBR0)	Network 4	- -
I2.0	SBR_0 (SBR0)	Network 12	- -
I2.0	SBR_2 (SBR2)	Network 15	- -
I2.0	SBR_3 (SBR3)	Network 15	- -
I2.0	SBR_4 (SBR4)	Network 15	- -
I2.1	MAIN (OB1)	Network 52	- -
I2.1	SBR_2 (SBR2)	Network 19	- -
I2.2	MAIN (OB1)	Network 54	- -
I2.2	SBR_4 (SBR4)	Network 19	- -
I2.3	MAIN (OB1)	Network 56	- -
I2.3	SBR_3 (SBR3)	Network 19	- -
I2.4	MAIN (OB1)	Network 5	- -
I2.4	MAIN (OB1)	Network 6	- -
I2.4	MAIN (OB1)	Network 18	
I2.5	MAIN (OB1)	Network 50	
I2.5	SBR_1 (SBR1)	Network 1	
I2.5	SBR_1 (SBR1)	Network 5	- -
I3.0	MAIN (OB1)	Network 24	- -
I3.1	MAIN (OB1)	Network 40	- -
I3.1	SBR_1 (SBR1)	Network 27	- -
I3.2	MAIN (OB1)	Network 25	- -
I3.2	MAIN (OB1)	Network 44	- -

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
I3.3	MAIN (OB1)	Network 42	- -
I3.3	SBR_1 (SBR1)	Network 28	- -
I6.0	MAIN (OB1)	Network 4	- -
I6.1	MAIN (OB1)	Network 23	- -
I6.1	SBR_1 (SBR1)	Network 26	- -
I6.2	MAIN (OB1)	Network 3	- -
Q0.0	MAIN (OB1)	Network 14	-(S)
Q0.0	MAIN (OB1)	Network 15	
Q0.0	MAIN (OB1)	Network 16	-(R)
Q0.3	MAIN (OB1)	Network 26	-()
Q0.3	SBR_2 (SBR2)	Network 4	-(S)
Q0.3	SBR_2 (SBR2)	Network 6	-(R)
Q0.3	SBR_3 (SBR3)	Network 4	-(S)
Q0.3	SBR_3 (SBR3)	Network 6	-(R)
Q0.3	SBR_4 (SBR4)	Network 4	(S)
Q0.3	SBR_4 (SBR4)	Network 6	-(R)
Q0.4	SDR_1 (SDR1)	Network 15	-()
Q0.4	SBR_1 (SBR1)	Network 16	- -
Q0.5	SBR_1 (SBR1)	Network 20	-()
Q0.7	SBR_2 (SBR2)	Network 15	-(S)
Q0.7	SBR_2 (SBR2)	Network 17	-(R)
Q0.7	SBR_3 (SBR3)	Network 15	(S)
Q0.7	SBR_3 (SBR3)	Network 17	-(R)
Q0.7	SDR_4 (SDR4)	Network 15	-(S)
Q0.7	SBR_4 (SBR4)	Network 17	-(R)
Q1.0	MAIN (OB1)	Network 4	-(S)
Q1.0	MAIN (OB1)	Network 5	-(R)
Q1.1	SBR_1 (SBR1)	Network 3	-(S)
Q1.1	SBR_1 (SBR1)	Network 4	(R)
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 1	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 2	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 3	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 4	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 5	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 7	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 8	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 9	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 10	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 11	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 12	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 13	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 14	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 15	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 16	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 17	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 18	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 19	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 20	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 21	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 22	- -
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 23	- -

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 24	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 24	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 25	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 25	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 26	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 27	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 28	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 29	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 30	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 31	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 32	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 33	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 34	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 34	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 35	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 36	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 37	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 38	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 39	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 39	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 40	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 40	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 41	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 42	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 42	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 43	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 44	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 44	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 45	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 46	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 47	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 48	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 48	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 49	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 50	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 50	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 51	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 52	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 52	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 53	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 54	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 54	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 55	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 56	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 56	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 57	-
Q1.4	MAIN (OB1)	Network 59	-()
Q1.6	MAIN (OB1)	Network 4	- /
Q1.6	MAIN (OB1)	Network 4	- /
Q1.6	MAIN (OB1)	Network 4	-(R)
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 48	-
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 49	- /

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 50	- -
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 51	- -
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 52	- -
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 53	- -
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 54	- -
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 55	- -
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 56	- -
Q1.7	MAIN (OB1)	Network 57	- -
Q2.0	SBR_0 (SBR0)	Network 3	-(S)
Q2.0	SBR_0 (SBR0)	Network 11	-(R)
Q2.0	SBR_2 (SBR2)	Network 11	-(S)
Q2.0	SBR_2 (SBR2)	Network 12	- -
Q2.0	SBR_2 (SBR2)	Network 18	-(R)
Q2.0	SBR_3 (SBR3)	Network 11	-(S)
Q2.0	SBR_3 (SBR3)	Network 12	- -
Q2.0	SBR_3 (SBR3)	Network 18	-(R)
Q2.0	SBR_4 (SBR4)	Network 11	-(S)
Q2.0	SBR_4 (SBR4)	Network 12	- -
Q2.0	SBR_4 (SBR4)	Network 18	-(R)
Q2.1	SBR_2 (SBR2)	Network 18	-(S)
Q2.1	SBR_2 (SBR2)	Network 19	- -
Q2.1	SBR_2 (SBR2)	Network 22	-(R)
Q2.2	SBR_4 (SBR4)	Network 18	-(S)
Q2.2	SBR_4 (SBR4)	Network 19	- -
Q2.2	SBR_4 (SBR4)	Network 22	-(R)
Q2.3	SBR_3 (SBR3)	Network 18	-(S)
Q2.3	SBR_3 (SBR3)	Network 19	- -
Q2.3	SBR_3 (SBR3)	Network 22	-(R)
Q2.4	MAIN (OB1)	Network 1	(R)
Q2.4	MAIN (OB1)	Network 7	-(S)
Q2.4	MAIN (OB1)	Network 14	-(R)
Q2.4	MAIN (OB1)	Network 23	-(S)
Q2.4	MAIN (OB1)	Network 33	-(R)
Q2.4	SBR_0 (SBR0)	Network 10	-(S)
Q2.4	SBR_0 (SBR0)	Network 12	- -
Q2.4	SBR_1 (SBR1)	Network 4	-(R)
Q2.4	SBR_1 (SBR1)	Network 26	-(S)
Q2.4	SBR_2 (SBR2)	Network 4	-(S)
Q2.4	SBR_2 (SBR2)	Network 13	-(R)
Q2.4	SBR_3 (SBR3)	Network 4	-(S)
Q2.4	SBR_3 (SBR3)	Network 13	(R)
Q2.4	SBR_4 (SBR4)	Network 4	-(S)
Q2.4	SBR_4 (SBR4)	Network 13	-(R)
Q2.5	MAIN (OB1)	Network 4	-(S)
Q2.5	MAIN (OB1)	Network 7	-(R)
Q2.6	SBR_1 (SBR1)	Network 3	-(S)
Q2.6	SBR_1 (SBR1)	Network 9	-(R)
Q3.0	SBR_0 (SBR0)	Network 6	-(S)
Q3.0	SBR_0 (SBR0)	Network 7	- -
Q3.0	SBR_0 (SBR0)	Network 8	-(R)
Q3.1	SBR_2 (SBR2)	Network 16	-()
Q3.1	SBR_2 (SBR2)	Network 17	- -

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
Q3.2	SBR_4 (SBR4)	Network 10	-()
Q3.2	SBR_4 (SBR4)	Network 17	- -
Q3.3	SBR_3 (SBR3)	Network 16	-()
Q3.3	SBR_3 (SBR3)	Network 17	- -
Q3.4	SBR_0 (SBR0)	Network 13	-(S)
Q3.4	SBR_0 (SBR0)	Network 14	- -
Q3.4	SBR_0 (SBR0)	Network 15	-(R)
Q3.4	SBR_0 (SBR0)	Network 17	-(R)
Q3.4	SBR_2 (SBR2)	Network 20	-()
Q3.4	SBR_3 (SBR3)	Network 20	-()
Q3.4	SBR_4 (SBR4)	Network 20	-()
Q3.5	MAIN (OB1)	Network 24	- -
Q3.6	SBR_2 (SBR2)	Network 5	-(S)
Q3.6	SBR_2 (SBR2)	Network 6	- -
Q3.6	SBR_2 (SBR2)	Network 8	-(R)
Q3.6	SBR_3 (SBR3)	Network 5	(S)
Q3.6	SBR_3 (SBR3)	Network 6	- -
Q3.6	SBR_3 (SBR3)	Network 8	-(R)
Q3.6	SBR_4 (SBR4)	Network 5	-(S)
Q3.6	SBR_4 (SBR4)	Network 6	- -
Q3.6	SBR_4 (SBR4)	Network 8	-(R)
Q3.7	MAIN (OB1)	Network 40	- -
Q3.7	SBR_1 (SBR1)	Network 27	- -
Q4.0	MAIN (OB1)	Network 8	-(S)
Q4.0	MAIN (OB1)	Network 9	- -
Q4.0	MAIN (OB1)	Network 10	-(R)
Q4.1	MAIN (OB1)	Network 12	-(S)
Q4.1	MAIN (OB1)	Network 17	-(R)
Q4.1	MAIN (OB1)	Network 27	-(S)
Q4.1	MAIN (OB1)	Network 29	-(R)
Q4.1	SBR_1 (SBR1)	Network 13	-(S)
Q4.1	SBR_1 (SBR1)	Network 18	(R)
Q4.1	SBR_2 (SBR2)	Network 6	-(S)
Q4.1	SBR_2 (SBR2)	Network 7	- -
Q4.1	SBR_2 (SBR2)	Network 8	-(R)
Q4.1	SBR_3 (SBR3)	Network 6	-(S)
Q4.1	SBR_3 (SBR3)	Network 7	- -
Q4.1	SBR_3 (SBR3)	Network 8	-(R)
Q4.1	SBR_4 (SBR4)	Network 6	-(S)
Q4.1	SBR_4 (SBR4)	Network 7	- -
Q4.1	SBR_4 (SBR4)	Network 8	-(R)
Q4.2	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
Q4.2	MAIN (OB1)	Network 17	-(S)
Q4.2	MAIN (OB1)	Network 18	-(R)
Q4.2	MAIN (OB1)	Network 29	-(S)
Q4.2	MAIN (OB1)	Network 31	-(R)
Q4.2	SBR_1 (SBR1)	Network 18	-(S)
Q4.2	SBR_1 (SBR1)	Network 21	(R)
Q4.2	SBR_2 (SBR2)	Network 8	-(S)
Q4.2	SBR_2 (SBR2)	Network 10	-(R)
Q4.2	SBR_3 (SBR3)	Network 8	-(S)
Q4.2	SBR_3 (SBR3)	Network 10	-(R)

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
Q4.2	SBR_4 (SBR4)	Network 8	-(S)
Q4.2	SBR_4 (SBR4)	Network 10	-(R)
Q4.3	SDR_1 (SBR1)	Network 7	-(S)
Q4.3	SBR_1 (SBR1)	Network 8	-
Q4.3	SBR_1 (SBR1)	Network 11	-(R)
Q4.4	MAIN (OB1)	Network 18	-(S)
Q4.4	MAIN (OB1)	Network 23	-(R)
Q4.4	MAIN (OB1)	Network 26	-(R)
Q4.4	MAIN (OB1)	Network 45	-(R)
Q4.4	SBR_1 (SBR1)	Network 3	-(S)
Q4.4	SBR_1 (SBR1)	Network 13	-(R)
Q4.4	SBR_1 (SBR1)	Network 21	-(S)
Q4.4	SBR_1 (SBR1)	Network 26	-(R)
Q4.5	MAIN (OB1)	Network 31	-(S)
Q4.5	MAIN (OB1)	Network 36	-(R)
Q4.5	SBR_0 (SBR0)	Network 19	-(R)
Q4.5	SBR_2 (SBR2)	Network 10	-(S)
Q4.5	SBR_2 (SBR2)	Network 20	-(R)
Q4.5	SBR_3 (SBR3)	Network 10	-(S)
Q4.5	SBR_3 (SBR3)	Network 20	-(R)
Q4.5	SDR_4 (SBR4)	Network 10	-(S)
Q4.5	SBR_4 (SBR4)	Network 20	-(R)
Q5.3	MAIN (OB1)	Network 42	-
Q5.3	SBR_1 (SBR1)	Network 28	-
Q5.4	MAIN (OB1)	Network 34	-(S)
Q5.4	SBR_0 (SBR0)	Network 1	-
Q5.4	SBR_0 (SBR0)	Network 17	-(R)
Q5.5	MAIN (OB1)	Network 25	
Q5.5	MAIN (OB1)	Network 44	-
Q5.6	MAIN (OB1)	Network 20	-(S)
Q5.6	MAIN (OB1)	Network 21	-
Q5.6	MAIN (OB1)	Network 23	-(R)
Q5.6	SBR_1 (SBR1)	Network 23	-(S)
Q5.6	SBR_1 (SBR1)	Network 24	-
Q5.6	SBR_1 (SBR1)	Network 26	-(R)
Q5.7	MAIN (OB1)	Network 4	-
Q6.0	MAIN (OB1)	Network 3	-()
Q6.1	MAIN (OB1)	Network 22	-()
Q6.1	SBR_1 (SBR1)	Network 25	-()
Q6.2	MAIN (OB1)	Network 3	-()
Q6.3	MAIN (OB1)	Network 3	-()
Q6.5	SBR_1 (SBR1)	Network 21	-(S)
Q6.5	SBR_1 (SBR1)	Network 20	-(R)
Q6.6	MAIN (OB1)	Network 35	-
Q6.6	MAIN (OB1)	Network 36	-(R)
Q6.6	SBR_0 (SBR0)	Network 17	-(S)
Q6.6	SBR_0 (SBR0)	Network 18	-
VW1	MAIN (OB1)	Network 49	ADD_I
VW3	MAIN (OB1)	Network 51	ADD_I
VW5	MAIN (OB1)	Network 53	ADD_I
VW7	MAIN (OB1)	Network 55	ADD_I
VW9	MAIN (OB1)	Network 57	ADD_I

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
M0.3	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M0.3	SBR_0 (SBR0)	Network 9	-(S)
M0.3	SBR_0 (SBR0)	Network 10	- -
M0.3	SBR_0 (SBR0)	Network 13	-(R)
M0.4	MAIN (OB1)	Network 1	(R)
M0.4	SBR_0 (SBR0)	Network 12	-(S)
M0.4	SBR_0 (SBR0)	Network 13	- -
M0.4	SBR_0 (SBR0)	Network 16	- -
M0.4	SBR_0 (SBR0)	Network 17	-(R)
M0.5	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M0.5	SBR_0 (SBR0)	Network 1	-(S)
M0.5	SBR_0 (SBR0)	Network 2	- -
M0.5	SBR_0 (SBR0)	Network 4	- -
M0.5	SBR_0 (SBR0)	Network 5	-(R)
M0.5	SBR_0 (SBR0)	Network 11	-(R)
M0.7	SBR_2 (SBR2)	Network 19	-(S)
M0.7	SBR_2 (SBR2)	Network 20	- -
M0.7	SBR_2 (SBR2)	Network 21	- -
M0.7	SBR_2 (SBR2)	Network 22	-(R)
M0.7	SBR_3 (SBR3)	Network 19	-(S)
M0.7	SBR_3 (SBR3)	Network 20	- -
M0.7	SBR_3 (SBR3)	Network 21	- -
M0.7	SBR_3 (SBR3)	Network 22	-(R)
M0.7	SBR_4 (SBR4)	Network 19	-(S)
M0.7	SBR_4 (SBR4)	Network 20	- -
M0.7	SBR_4 (SBR4)	Network 21	- -
M0.7	SBR_4 (SBR4)	Network 22	-(R)
M1.2	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M1.2	SBR_2 (SBR2)	Network 11	-(S)
M1.2	SBR_2 (SBR2)	Network 14	- -
M1.2	SBR_2 (SBR2)	Network 15	- -
M1.2	SBR_2 (SBR2)	Network 16	- -
M1.2	SBR_2 (SBR2)	Network 18	(R)
M1.2	SBR_3 (SBR3)	Network 11	-(S)
M1.2	SBR_3 (SBR3)	Network 14	- -
M1.2	SBR_3 (SBR3)	Network 15	- -
M1.2	SBR_3 (SBR3)	Network 16	- -
M1.2	SBR_3 (SBR3)	Network 18	-(R)
M1.2	SBR_4 (SBR4)	Network 11	(S)
M1.2	SBR_4 (SBR4)	Network 14	- -
M1.2	SBR_4 (SBR4)	Network 15	- -
M1.2	SBR_4 (SBR4)	Network 16	- -
M1.2	SBR_4 (SBR4)	Network 16	- -
M1.2	SBR_4 (SBR4)	Network 18	-(R)
M1.4	SBR_2 (SBR2)	Network 17	-(S)
M1.4	SBR_2 (SBR2)	Network 18	- -
M1.4	SBR_2 (SBR2)	Network 20	-(R)
M1.4	SBR_3 (SBR3)	Network 17	-(S)
M1.4	SBR_3 (SBR3)	Network 18	- -
M1.4	SBR_3 (SBR3)	Network 20	-(R)

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
M1.4	SBR_4 (SBR4)	Network 17	-(S)
M1.4	SBR_4 (SBR4)	Network 18	- -
M1.4	SBR_4 (SBR4)	Network 20	-(R)
M2.5	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M2.5	SBR_0 (SBR0)	Network 4	-(S)
M2.5	SBR_0 (SBR0)	Network 5	- -
M2.5	SBR_0 (SBR0)	Network 6	- -
M2.5	SBR_0 (SBR0)	Network 8	(R)
M2.6	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M2.6	SBR_1 (SBR1)	Network 9	-(S)
M2.6	SBR_1 (SBR1)	Network 10	- -
M2.6	SBR_1 (SBR1)	Network 11	-(R)
M2.6	SBR_2 (SBR2)	Network 15	-(S)
M2.6	SBR_2 (SBR2)	Network 16	- -
M2.6	SBR_2 (SBR2)	Network 18	-(R)
M2.6	SBR_3 (SBR3)	Network 15	-(S)
M2.6	SBR_3 (SBR3)	Network 16	- -
M2.6	SBR_3 (SBR3)	Network 18	(R)
M2.6	SBR_4 (SBR4)	Network 15	-(S)
M2.6	SBR_4 (SBR4)	Network 16	- -
M2.6	SBR_4 (SBR4)	Network 18	-(R)
M3.0	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M3.0	MAIN (OB1)	Network 34	- -
M3.0	SBR_0 (SBR0)	Network 1	-(S)
M3.0	SBR_0 (SBR0)	Network 17	-(R)
M3.5	MAIN (OB1)	Network 4	- -
M3.6	MAIN (OB1)	Network 7	-()
M3.6	MAIN (OB1)	Network 8	- -
M3.7	MAIN (OB1)	Network 18	-(R)
M4.1	MAIN (OB1)	Network 24	-(S)
M4.1	MAIN (OB1)	Network 26	- -
M4.1	MAIN (OB1)	Network 34	- -
M4.1	SBR_0 (SBR0)	Network 4	-(R)
M4.3	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M4.3	MAIN (OB1)	Network 25	-(S)
M4.3	MAIN (OB1)	Network 45	- -
M4.3	MAIN (OB1)	Network 46	(R)
M4.5	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M4.5	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M4.5	MAIN (OB1)	Network 23	-(S)
M4.5	MAIN (OB1)	Network 26	- -
M4.5	MAIN (OB1)	Network 29	-(R)
M4.5	MAIN (OB1)	Network 45	- -
M4.5	MAIN (OB1)	Network 46	-(R)
M5.0	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M5.0	MAIN (OB1)	Network 17	- / -
M5.0	MAIN (OB1)	Network 40	(S)
M5.0	MAIN (OB1)	Network 41	- -
M5.0	SBR_2 (SBR2)	Network 1	- -
M5.0	SBR_2 (SBR2)	Network 22	-(R)
M5.1	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M5.1	SBR_2 (SBR2)	Network 1	-(S)

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
M5.1	SBR_2 (SBR2)	Network 2	-
M5.1	SBR_2 (SBR2)	Network 22	-(R)
M5.1	SBR_3 (SBR3)	Network 1	(S)
M5.1	SBR_3 (SBR3)	Network 2	-
M5.1	SBR_3 (SBR3)	Network 22	-(R)
M5.1	SBR_4 (SBR4)	Network 1	-(S)
M5.1	SBR_4 (SBR4)	Network 2	-
M5.1	SBR_4 (SBR4)	Network 22	-(R)
M5.2	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M5.2	SBR_2 (SBR2)	Network 10	-(S)
M5.2	SBR_2 (SBR2)	Network 11	
M5.2	SBR_2 (SBR2)	Network 18	-(R)
M5.2	SBR_3 (SBR3)	Network 10	-(S)
M5.2	SBR_3 (SBR3)	Network 11	-
M5.2	SBR_3 (SBR3)	Network 18	-(R)
M5.2	SBR_4 (SBR4)	Network 10	-(S)
M5.2	SBR_4 (SBR4)	Network 11	-
M5.2	SBR_4 (SBR4)	Network 18	-(R)
M5.4	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M5.4	MAIN (OB1)	Network 4	-
M5.4	MAIN (OB1)	Network 5	-(R)
M5.4	SBR_3 (SBR3)	Network 22	-(S)
M5.5	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M5.5	MAIN (OB1)	Network 4	-
M5.5	MAIN (OB1)	Network 5	-(R)
M5.5	SBR_2 (SBR2)	Network 22	-(S)
M5.6	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M5.6	MAIN (OB1)	Network 4	
M5.6	MAIN (OB1)	Network 5	-(R)
M5.6	SBR_4 (SBR4)	Network 22	-(S)
M6.0	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M6.0	MAIN (OB1)	Network 42	-(S)
M6.0	MAIN (OB1)	Network 43	-
M6.0	SBR_3 (SBR3)	Network 1	-
M6.0	SBR_3 (SBR3)	Network 22	-(R)
M7.0	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M7.0	SBR_2 (SBR2)	Network 4	-(S)
M7.0	SBR_2 (SBR2)	Network 6	-
M7.0	SBR_2 (SBR2)	Network 8	-(R)
M7.0	SBR_3 (SBR3)	Network 4	-(S)
M7.0	SBR_3 (SBR3)	Network 6	-
M7.0	SBR_3 (SBR3)	Network 8	-(R)
M7.0	SBR_4 (SBR4)	Network 4	-(S)
M7.0	SBR_4 (SBR4)	Network 6	-
M7.0	SBR_4 (SBR4)	Network 8	(R)
M7.1	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M7.1	MAIN (OB1)	Network 26	-(S)
M7.1	MAIN (OB1)	Network 27	-
M7.1	MAIN (OB1)	Network 27	-(R)
M7.1	SBR_2 (SBR2)	Network 1	-(R)
M7.1	SBR_3 (SBR3)	Network 1	-(R)
M7.1	SBR_4 (SBR4)	Network 1	-(R)

Automação_solda_laser_semente_iodo 125 / Cross Reference

Clement	Block	Location	Context
M7.3	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M7.3	SBR_2 (SDR2)	Network 0	-(S)
M7.3	SBR_2 (SBR2)	Network 9	- -
M7.3	SBR_2 (SBR2)	Network 10	-(R)
M7.3	SBR_3 (SBR3)	Network 8	-(S)
M7.3	SBR_3 (SBR3)	Network 9	- -
M7.3	SBR_3 (SBR3)	Network 10	-(R)
M7.3	SBR_4 (SBR4)	Network 8	-(S)
M7.3	SBR_4 (SBR4)	Network 9	- -
M7.3	SBR_4 (SBR4)	Network 10	-(R)
M7.4	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M7.4	SBR_2 (SBR2)	Network 3	-(S)
M7.4	SBR_2 (SBR2)	Network 4	- -
M7.4	SBR_2 (SBR2)	Network 5	-(R)
M7.4	SBR_3 (SBR3)	Network 3	-(S)
M7.4	SBR_3 (SBR3)	Network 4	- -
M7.4	SBR_3 (SBR3)	Network 5	-(R)
M7.4	SBR_4 (SBR4)	Network 3	-(S)
M7.4	SBR_4 (SBR4)	Network 4	- -
M7.4	SBR_4 (SBR4)	Network 5	-(R)
M7.5	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M7.5	SBR_2 (SBR2)	Network 2	- -
M7.5	SBR_2 (SBR2)	Network 4	-(S)
M7.5	SBR_2 (SBR2)	Network 22	-(R)
M7.5	SBR_3 (SBR3)	Network 2	- -
M7.5	SBR_3 (SBR3)	Network 4	-(S)
M7.5	SBR_3 (SBR3)	Network 22	-(R)
M7.5	SBR_4 (SBR4)	Network 2	- -
M7.5	SBR_4 (SBR4)	Network 4	-(S)
M7.5	SBR_4 (SBR4)	Network 22	-(R)
M8.0	SBR_1 (SBR1)	Network 2	-()
M8.0	SBR_1 (SBR1)	Network 3	- -
M8.1	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M8.1	SBR_1 (SBR1)	Network 11	-(S)
M8.1	SBR_1 (SBR1)	Network 12	- -
M8.1	SBR_1 (SBR1)	Network 13	-(R)
M8.2	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M8.3	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M8.3	SBR_1 (SBR1)	Network 13	-(S)
M8.3	SBR_1 (SBR1)	Network 14	- -
M8.3	SBR_1 (SBR1)	Network 17	-(R)
M8.4	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M8.4	SBR_1 (SBR1)	Network 18	-(S)
M8.4	SBR_1 (SBR1)	Network 19	- -
M8.4	SBR_1 (SBR1)	Network 21	-(R)
M9.0	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M9.0	MAIN (OR1)	Network 44	-(S)
M9.0	MAIN (OB1)	Network 47	- -
M9.0	SBR_4 (SBR4)	Network 1	- -
M9.0	SBR_4 (SBR4)	Network 22	-(R)
M10.2	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M10.2	MAIN (OB1)	Network 8	-(S)

Automação_solda_laser_semente_iodo 125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
M10.2	MAIN (OB1)	Network 11	-
M10.2	MAIN (OB1)	Network 12	-(R)
M10.5	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M10.5	MAIN (OB1)	Network 18	-(S)
M10.5	MAIN (OB1)	Network 19	-
M10.5	MAIN (OB1)	Network 23	-(R)
M11.0	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M11.0	MAIN (OB1)	Network 6	-()
M11.0	MAIN (OB1)	Network 7	
M11.1	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M11.1	MAIN (OB1)	Network 27	-(S)
M11.1	MAIN (OB1)	Network 28	-
M11.1	MAIN (OB1)	Network 29	-(R)
M11.2	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M11.2	MAIN (OB1)	Network 29	-(S)
M11.2	MAIN (OB1)	Network 30	-
M11.2	MAIN (OB1)	Network 31	-(R)
M11.3	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M11.3	SBR_1 (SBR1)	Network 5	-()
M11.3	SBR_1 (SBR1)	Network 7	-
M12.0	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M12.0	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M12.0	MAIN (OB1)	Network 31	-(S)
M12.0	MAIN (OB1)	Network 34	-
M12.0	SBR_0 (SBR0)	Network 1	-
M12.0	SBR_0 (SBR0)	Network 4	-(R)
M12.5	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M12.5	MAIN (OB1)	Network 31	-(S)
M12.5	MAIN (OB1)	Network 32	
M12.5	MAIN (OB1)	Network 33	-(R)
M13.0	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M13.0	MAIN (OB1)	Network 36	-(S)
M13.0	MAIN (OB1)	Network 37	-
M13.0	SBR_1 (SBR1)	Network 3	-(R)
M14.5	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M14.5	SDR_1 (SDR1)	Network 21	-(S)
M14.5	SBR_1 (SBR1)	Network 22	-
M14.5	SBR_1 (SBR1)	Network 26	(R)
M17.0	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M17.0	SBR_1 (SBR1)	Network 4	-(S)
M17.0	SBR_1 (SBR1)	Network 6	-
M17.0	SBR_1 (SBR1)	Network 9	-(R)
M17.1	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M17.1	MAIN (OB1)	Network 23	-(S)
M17.1	MAIN (OB1)	Network 24	-(R)
M17.1	MAIN (OB1)	Network 25	-(R)
M17.1	MAIN (OB1)	Network 40	-
M17.1	MAIN (OB1)	Network 42	-
M17.2	MAIN (OB1)	Network 2	(R)
M17.2	MAIN (OB1)	Network 24	-
M17.2	MAIN (OB1)	Network 25	-
M17.2	MAIN (OB1)	Network 44	-

Automação_solda_laser_semente_iodo 125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
M17.2	SBR_1 (SBR1)	Network 26	-(S)
M17.2	SBR_1 (SBR1)	Network 27	-(R)
M17.2	SBR_1 (SBR1)	Network 28	-(R)
M18.1	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M18.1	MAIN (OB1)	Network 38	-()
M18.1	MAIN (OB1)	Network 39	-
M18.2	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M18.2	MAIN (OB1)	Network 17	- /
M18.2	MAIN (OB1)	Network 18	- /
M18.2	MAIN (OB1)	Network 23	/
M18.2	MAIN (OB1)	Network 39	-
M18.2	SBR_1 (SBR1)	Network 1	-(S)
M18.2	SBR_1 (SBR1)	Network 2	-
M18.2	SBR_1 (SBR1)	Network 27	-(R)
M18.2	SBR_1 (SBR1)	Network 28	-(R)
M18.3	MAIN (OB1)	Network 1	-(R)
M18.3	MAIN (OB1)	Network 39	-()
M18.3	SBR_1 (SBR1)	Network 1	-
M20.0	MAIN (OB1)	Network 2	-(R)
M20.0	MAIN (OB1)	Network 12	-(S)
M20.0	MAIN (OB1)	Network 13	-
M20.0	MAIN (OB1)	Network 14	-(R)
M20.0	MAIN (OB1)	Network 18	-(R)
C48	MAIN (OB1)	Network 48	CTU
C48	MAIN (OB1)	Network 49	ADD_I
C49	MAIN (OB1)	Network 50	CTU
C49	MAIN (OB1)	Network 51	ADD_I
C50	MAIN (OB1)	Network 52	CTU
C50	MAIN (OB1)	Network 53	ADD_I
C51	MAIN (OB1)	Network 54	CTU
C51	MAIN (OB1)	Network 55	ADD_I
C52	MAIN (OB1)	Network 56	CTU
C52	MAIN (OB1)	Network 57	ADD_I
T32	SBR_2 (SBR2)	Network 14	TON
T32	SBR_2 (SBR2)	Network 16	-
T32	SBR_3 (SBR3)	Network 14	TON
T32	SBR_3 (SBR3)	Network 16	-
T32	SBR_4 (SBR4)	Network 14	TON
T32	SBR_1 (SBR1)	Network 16	
T33	SBR_0 (SBR0)	Network 16	TON
T33	SBR_0 (SBR0)	Network 17	-
T34	SBR_2 (SBR2)	Network 21	TON
T34	SBR_2 (SBR2)	Network 22	-
T34	SBR_3 (SBR3)	Network 21	TON
T34	SBR_3 (SBR3)	Network 22	-
T34	SBR_4 (SBR4)	Network 21	TON
T34	SBR_4 (SBR4)	Network 22	-
T35	SBR_1 (SBR1)	Network 6	TON
T35	SBR_1 (SBR1)	Network 7	-
T36	MAIN (OB1)	Network 15	TON
T36	MAIN (OB1)	Network 16	-
T37	MAIN (OB1)	Network 5	TON

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
T37	MAIN (OB1)	Network 7	II
T38	MAIN (OB1)	Network 11	TON
I38	MAIN (OB1)	Network 12	-II-
T39	MAIN (OB1)	Network 19	TON
T30	MAIN (OB1)	Network 20	-II-
T40	MAIN (OB1)	Network 28	TON
T40	MAIN (OB1)	Network 29	-II-
T44	MAIN (OB1)	Network 13	TON
T44	MAIN (OB1)	Network 14	-II-
T47	MAIN (OB1)	Network 21	TON
T47	MAIN (OB1)	Network 22	-II-
T48	MAIN (OB1)	Network 30	TON
T40	MAIN (OB1)	Network 31	-II-
T49	MAIN (OB1)	Network 32	TON
T49	MAIN (OB1)	Network 33	-II-
T50	SBR_0 (SBR0)	Network 10	TON
T50	SDR_0 (SDR0)	Network 11	-II-
T52	SBR_0 (SBR0)	Network 2	TOF
T52	SBR_0 (SBR0)	Network 3	-II-
T52	SBR_0 (SBR0)	Network 7	TON
T52	SBR_0 (SBR0)	Network 8	-II-
T55	SBR_0 (SBR0)	Network 14	TON
T55	SBR_0 (SBR0)	Network 15	-II-
I56	MAIN (OB1)	Network 35	ION
T56	MAIN (OB1)	Network 36	-II-
T56	SBR_0 (SBR0)	Network 18	TON
T56	SDR_0 (SDR0)	Network 19	-II-
I60	SBK_1 (SBK1)	Network 8	ION
T60	SBR_1 (SBR1)	Network 9	-II-
T61	SBR_2 (SBR2)	Network 2	TON
T61	SBR_2 (SBR2)	Network 3	-II-
T61	SBR_3 (SBR3)	Network 2	TON
T61	SBR_3 (SBR3)	Network 3	-II-
T61	SDR_4 (SDR4)	Network 2	TON
T61	SBR_4 (SBR4)	Network 3	-II-
T62	MAIN (OB1)	Network 37	TON
T62	MAIN (OB1)	Network 38	-II-
T63	SDR_2 (SDR2)	Network 12	TON
T63	SBR_2 (SBR2)	Network 13	-II-
T63	SBR_3 (SBR3)	Network 12	TON
T63	SBR_3 (SBR3)	Network 13	-II-
T63	SDR_4 (SDR4)	Network 12	TON
T63	SBR_4 (SBR4)	Network 13	-II-
T97	SBR_2 (SBR2)	Network 7	TON
T97	SBR_2 (SBR2)	Network 8	-II-
T97	SBR_3 (SBR3)	Network 7	TON
T97	SBR_3 (SBR3)	Network 8	II
T97	SBR_4 (SBR4)	Network 7	TON
I97	SBK_4 (SBK4)	Network 8	-II-
T98	SBR_2 (SBR2)	Network 9	TON
T98	SBR_2 (SBR2)	Network 10	II
T98	SBR_3 (SBR3)	Network 9	TON

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Cross Reference

Element	Block	Location	Context
T98	SBR_3 (SBR3)	Network 10	- -
T98	SBR_4 (SBR4)	Network 9	TON
T98	SBR_4 (SBR4)	Network 10	- -
T101	SBR_1 (SBR1)	Network 10	TON
T101	SBR_1 (SBR1)	Network 11	- -
T102	SBR_1 (SBR1)	Network 12	TON
T102	SBR_1 (SBR1)	Network 13	- -
T103	SBR_1 (SBR1)	Network 14	TON
T103	SBR_1 (SBR1)	Network 15	- -
T104	SBR_1 (SBR1)	Network 16	TON
T104	SBR_1 (SBR1)	Network 17	- -
T105	SBR_1 (SBR1)	Network 19	TON
T105	SBR_1 (SBR1)	Network 20	- -
T106	SBR_1 (SBR1)	Network 24	TON
T106	SBR_1 (SBR1)	Network 25	- -
T110	MAIN (OB1)	Network 45	TON
T110	MAIN (OB1)	Network 46	- -
T111	SBR_1 (SBR1)	Network 22	TON
T111	SBR_1 (SBR1)	Network 23	- -
T122	MAIN (OB1)	Network 9	TON
T122	MAIN (OB1)	Network 10	- -
SM0.1	MAIN (OB1)	Network 1	- -
SM0.1	MAIN (OB1)	Network 2	- -

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Byte Usage

Byte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
VE0	W	W	W	W	W	W	W	W	W	.
VE10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	W
M80	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
M810	.	b	b	.	.	b	b	b	b	b
M820	.	.	.	.	.	.	.	.	.	b
C0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C40	X	X	.	.	.	.	.	.	.	.
C50	.	.	.	.	.	.	.	X	X	X
T0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T30	X	X	X	X	X	X	X	X	.	.
T40	X	X	X	.	.	X	.	.	.	X
T50	.	.	.	X	X	.	.	X	.	X
T60	.	.	.	.	.	.	X	X	X	X
T70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T90	.	X	X	.	.	.	.	.	.	.
T100	.	.	.	X	X	X	X	X	X	.
T110	.	.	.	.	.	.	.	.	X	X
T120	.	.	.	.	.	.	.	X	.	.
SMB0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	b

Automação_solda_laser_semente_iodo-125 / Bit Usage

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
I0.0	b	.	.	b	.	.	b	.
I1.0	.	.	.	b	.	b	b	b
I2.0	.	.	b	b	b	b	b	b
I3.0	.	.	.	.	b	b	b	b
I4.0	.	.	.	.	.	.	.	.
I5.0	.	.	.	.	.	.	.	.
I6.0	.	.	.	.	.	b	b	b
Q0.0	b	.	b	b	b	.	.	b
Q1.0	b	b	.	b	.	.	b	b
Q2.0	.	b	b	b	b	b	b	b
Q3.0	b	b	b	b	b	b	b	b
Q4.0	.	.	b	b	b	b	b	b
Q5.0	b	b	b	b	b	.	.	.
Q6.0	.	b	b	.	b	b	b	b
M0.0	b	.	b	b	b	.	.	.
M1.0	.	.	.	b	.	b	.	.
M2.0	.	b	b	.	.	.	.	.
M3.0	b	b	b	.	.	.	.	b
M4.0	.	.	b	.	b	.	b	.
M5.0	.	b	b	b	.	b	b	b
M6.0	.	.	.	.	.	.	.	b
M7.0	.	.	b	b	b	.	b	b
M8.0	.	.	.	b	b	b	b	b
M9.0	.	.	.	.	.	.	.	b
M10.0	.	.	b	.	.	b	.	.
M11.0	.	.	.	.	b	b	b	b
M12.0	.	.	b	.	.	.	.	b
M13.0	.	.	.	.	.	.	.	b
M14.0	.	.	b	.	.	.	.	.
M15.0	.	.	.	.	.	.	.	.
M16.0	.	.	.	.	.	.	.	.
M17.0	.	.	.	.	.	b	b	b
M18.0	.	.	.	.	b	b	b	.
M19.0	.	.	.	.	.	.	.	.
M20.0	.	.	.	.	.	.	.	b