

TESE

933

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

Programação e Compatibilização de uma  
Rede Padrão Profibus

MARCELO MOHALLEM CHUCRE

SETEMBRO - 1997

**ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ**

**PROGRAMAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE UMA REDE  
PADRÃO PROFIBUS**

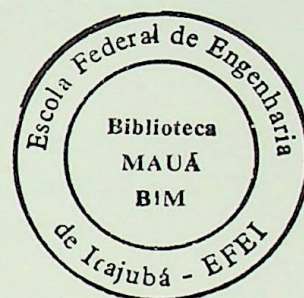
por

**MARCELO MOHALLEM CHUCRE**  
Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Borges da Silva  
Co-orientador: Prof. Valberto Ferreira da Silva

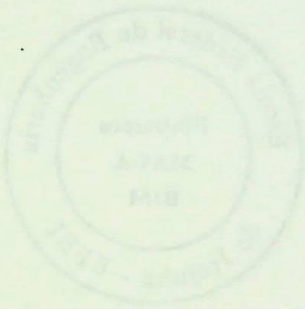
**INSTITUTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

Setembro 1997



CLASS. 681.51(043.2)  
CUTTER. C.559 p  
TOMBO. 933





## RESUMO

Este trabalho está inserido no contexto de um sistema de automação interligado em rede padrão Profibus.

O sistema contém três níveis hierárquicos. O nível mais baixo simula o chão-de-fábrica, dispondo de um inversor de frequência microprocessado que controla um motor de indução trifásico. No nível intermediário, denominado nível de controle, estão conectados dois PLC's que trocam dados entre si e enviam valores de referência para o inversor de frequência. No nível superior um microcomputador gerencia e supervisiona os outros componentes do sistema.

Para tornar operacional a rede é necessário implementar a comunicação entre os PLC's. Foi detectada uma diferença nas regras de comunicação adotadas pelos PLC's e pelas placas que os interligam à rede.

Este trabalho apresenta, primeiramente, a filosofia adotada pela rede Profibus, sendo a seguir detalhado o hardware e o software do sistema, concentrando-se nas características a serem utilizadas quando do start-up da rede.

Na sequência, descreve os algoritmos e a implementação do software desenvolvidos para a realização do "by-pass" da inconsistência dos protocolos. São descritas, para tanto, três abordagens. A primeira, denominada acesso direto ao nível 2, descreve o modo de programação em que através de subrotinas do usuário são acessados os serviços usuais oferecidos pelo nível 2 do modelo de padronização internacional OSI/ISO, sendo ignorados os demais serviços oferecidos pelos níveis superiores. Segue então a descrição sobre a abordagem utilizando acesso parcial ao nível 2 onde as próprias subrotinas do usuário são encarregadas da formatação do telegrama de dados. O acesso é parcial pois a formatação dos dados é apenas parte dos serviços oferecidos pelo nível 2. Os demais serviços oferecidos pelo nível dois e pelos outros níveis são ignorados. Como última abordagem é descrita a tratativa global da periferia onde a idéia de desprezar os serviços oferecidos pelos níveis superiores ao nível 2 é mantida. Inovou-se através do uso da área de memória usualmente reservada à troca de dados entre o PLC e suas próprias placas de entrada e saída.

Finalizando, a fim de comprovar as abordagens e respectivos programas, resultados experimentais são apresentados.

A contribuição deste trabalho é uma tratativa sobre regras práticas para a solução de problemas de compatibilidade de protocolos em redes industriais.

## **ABSTRACT**

This work is involved with an automation system interconnected with a Profibus Standard network.

The system is arranged in three hierarchical levels. The lower level simulates the industrial plant and includes a microprocessed frequency inverter that controls a three-phase induction motor. At the intermediate level, called control level, there are two PLC's arranged to exchange information and to send reference values to the frequency inverter. At the upper level, a microcomputer manages and supervises other system devices.

To start the network it is necessary to establish communication between the PLCs. A discrepancy between the PLCs communication protocol and the protocol used by their network cards was detected.

First, this work explains the Profibus network's principles. Thereafter, system hardware and software are detailed. The focuses are on the properties used during the "start-up" of the network.

Subsequently, the algorithms and the implementation of the software, which solves the discrepancies in the protocol, are described. For this purpose, three approaches are presented. The first, called "direct access to layer two", describes the programming mode in which, through user's routines, the usual services offered in the layer two of the OSI/ISO models are made available. The other services offered in the upper layers are ignored. The second approach is the partial access to layer two. In this case, the user's routines need to format the data telegrams. This access is called partial because the data telegram formatting is only part of the services that are offered in layer two. In the third

approach, called “global approach of the periphery” the idea of the by-pass in the services of the upper layers is held. The innovation here is the use of the memory sector which is usually reserved for data exchange between the PLC and its own input/output card.

Finally, experimental results are presented to prove the approaches and their programs.

The main contribution of this work is the development of an approach that offers practical rules for solving protocol compatibility problems in industrial networks.

SUMÁRIO

PÁGINA

INTRODUÇÃO..... 02

RESUMO..... 03

ABSTRACT..... 04

AGRADECIMENTOS..... 06

SUMÁRIO..... 07

**AGRADECIMENTOS**

Disse um pensador : “O agradecimento é, na verdade, a expressão da secreta esperança de se conseguir novos e maiores favores”. Neste caso, não o é.

Agradeço a nosso Deus, a meus queridos pais e esposa.

A meus orientadores pela paciência com que sempre me receberam.

A meus alunos pelo trabalho conjunto do qual todos obtivemos frutos.

Ao Prof. Dr. Renato de Aquino Faria Nunes pelo nobre exemplo de que podemos e devemos ousar, meu agradecimento especial.



**SUMÁRIO**

	PÁGINA
DEDICATÓRIA.....	02
RESUMO.....	03
ABSTRACT.....	04
AGRADECIMENTOS.....	06
SUMÁRIO.....	07
LISTA DE ANEXOS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE NOTAÇÕES E SÍMBOLOS.....	14
2.2 COMUNICAÇÃO PROFIBUS DP 2 COM SERVIÇOS P2L.....	30
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 SOBRE O FIELDBUS E O PROFIBUS.....	16
1.2 OBJETIVOS DESTE TRABALHO.....	17
1.3 FLUXOGRAMA DO TRABALHO.....	17
CAPÍTULO 2. FILOSOFIA E COMPOSIÇÃO DO SISTEMA.....	18
2.1 MACROELEMENTOS DA PROFIBUS ESCOLHIDA.....	20
2.2 SOBRE A L2-DP.....	20
2.2.1 PADRONIZAÇÃO.....	22

2.2.2 TÉCNICAS DE ACESSO AO MEIO..... 23

2.3 ESCOLHA DA TOPOLOGIA DA REDE..... 25

2.4 CONFIGURAÇÃO DA REDE..... 26

CAPÍTULO 3. MODELO DE REFERÊNCIA PARA COMUNICAÇÃO OSI/ISO..... 27

3.1 ARQUITETURA E AMBIENTE OSI/ISO..... 28

3.1.1 MODELO DE COMUNICAÇÕES..... 28

3.1.1.1 RELAÇÕES LÓGICAS ENTRE APLICATIVOS..... 28

3.1.1.2 TROCA LÓGICA DE DADOS..... 29

3.1.2 RELAÇÕES DE COMUNICAÇÃO..... 29

3.1.2.1 MODELO DE ENDEREÇAMENTO PARA COMUNICAÇÃO  
EXPLÍCITA..... 30

3.2 COMUNICAÇÃO FREE LAYER 2 COM SERVIÇOS FDL..... 30

CAPÍTULO 4. O PROCESSADOR DE COMUNICAÇÃO..... 32

4.1 INDICADORES DO MODO DE OPERAÇÃO..... 32

4.2 O LED DE FALTA..... 35

4.3 TROCA DE DADOS ENTRE A CPU E O PROCESSADOR  
DE COMUNICAÇÃO..... 36

4.4 SUPERVISÃO DE HARDWARE..... 38

CAPÍTULO 5. PRINCÍPIOS DE CONFIGURAÇÃO COM O SOFTWARE  
'NETWORK AND COMMUNICATIONS MANAGEMENT'..... 39

5.1 NETWORK AND COMMUNICATIONS MANAGEMENT-NCM..... 39

5.2 DIRETRIZES GERAIS ADOTADAS NO USO DO SOFTWARE..... 40

5.3 VISÃO GERAL DA CONFIGURAÇÃO BÁSICA.....	41
5.4 EXECUÇÃO DA CONFIGURAÇÃO BÁSICA.....	42
5.4.1 EDIÇÃO.....	42
5.4.2 CP INIT.....	43
5.4.3 PARÂMETROS DA REDE.....	45
5.4.3.1 PARÂMETROS GLOBAIS DA REDE.....	46
5.4.3.2 PARÂMETROS LOCAIS DA REDE.....	49
CAPÍTULO 6. TENTATIVAS DE START-UP DA REDE.....	51
6.1 TENTATIVA DE START-UP VIA ACESSO LIVRE AO NÍVEL 2 DO MODELO OSI/ISO.....	51
6.1.1 PRINCÍPIOS DA TRANSMISSÃO DE DADOS USANDO OS SERVIÇOS DA CAMADA 2.....	51
6.1.2 MODO DE TRABALHO IMPLEMENTADO PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO LIVRE AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2.....	57
6.1.2.1 VARIANTES ADOTADAS PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS... 61	
6.1.3 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO DIRETO AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2.....	67
6.1.4 RESULTADOS DA TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO DIRETO AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2.....	69
6.2 TENTATIVA DE START-UP VIA ACESSO PARCIAL AO NÍVEL 2 DO MODELO OSI/ISO.....	69
6.2.1 MODO DE TRABALHO IMPLEMENTADO PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO PARCIAL AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2.....	69

6.2.2 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO PARCIAL AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2.....	70
6.2.3 RESULTADOS DA TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO PARCIAL AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2.....	71
6.3 TENTATIVA DE START-UP VIA TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA.....	71
6.3.1 MODO DE TRABALHO IMPLEMENTADO PARA A TRANSMISSÃO POR TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA.....	71
6.3.2 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS UTILIZANDO TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA.....	72
6.3.3 RESULTADOS DA TRANSMISSÃO COM UTILIZAÇÃO DE TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA .....	72
CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES.....	74
7.1 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	74
7.2 PERSPECTIVAS .....	78
CAPÍTULO 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS .....	81

**LISTA DE ANEXOS**

PÁGINA  
PÁGINA

Figura 2.1- CONFIGURAÇÃO DA REDE..... 21

ANEXO 1-PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EM STEP5 PARA  
ACESSO DIRETO AO NÍVEL 2.....81

ANEXO 2-PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EM STEP5 PARA  
ACESSO PARCIAL AO NÍVEL 2.....93

Figura 3.1- ESTRUTURA DE UM CANAL DE I/O COM UM JOB BUFFER..... 93

ANEXO 3-PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EM STEP5 PARA  
TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA.....105

Figura 3.2- SEQUÊNCIA BASE DE COMUNICAÇÃO USANDO..... 105

ANEXO 4- RESULTADOS DO DESEMPENHO DA REDE  
FORNECIDOS PELO SOFTWARE DE GERENCIAMENTO.....117

Figura 4.3- ALGORITMO DO PROGRAMA DE INICIALIZAÇÃO  
MODO SDA..... 63

Figura 4.4- FLUXO DE DADOS DURANTE A TRANSMISSÃO E  
RECEPÇÃO DE DADOS COM RETARDAMENTO  
(SERVIÇO SDA)..... 67

Figura 4.5- ALGORITMO DO PROGRAMA DE INICIALIZAÇÃO SDA..... 63

Figura 4.6- FLUXO DE DADOS DURANTE A TRANSMISSÃO E  
RECEPÇÃO DE DADOS SEM RETARDAMENTO  
(SERVIÇO SDN).....64

Figura 4.7- ALGORITMO DO PROGRAMA PARA PREPARAÇÃO  
DO BUFFER DO RECEPTOR NO MODO SDA..... 65

Figura 4.8- ALGORITMO DO PROGRAMA DE INICIALIZAÇÃO/SDN..... 66

Figura 4.9- FLUXO DE DADOS DURANTE A TRANSMISSÃO E  
RECEPÇÃO DE DADOS (MODO SDN).....67

Figura 4.10- ALGORITMO DO PROGRAMA PARA O PLC S5-115B..... 68

Figura 4.11- ALGORITMO DO PROGRAMA PARA O PLC S5-95U..... 68

**LISTA DE FIGURAS**

	PÁGINA
Figura 2.1- CONFIGURAÇÃO DA REDE.....	21
Figura 3.1- INCOMPATIBILIDADES ENTRE A CP5431 E A CPU DO PLC S5-115U.....	28
Figura 3.2- TROCA LÓGICA DE DADOS.....	29
Figura 6.1- ESTRUTURA DE UM CABEÇALHO COM UM JOB BUFFER A SER ENVIADO/ RECEBIDO.....	53
Figura 6.2- SEQÜÊNCIA BÁSICA DE COMUNICAÇÃO USANDO ACESSO LIVRE À CAMADA 2.....	57
Figura 6.3- ALGORITMO DO PROGRAMA DE INICIALIZAÇÃO/ MODO SDA.....	62
Figura 6.4- FLUXO DE DADOS DURANTE A TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS COM RECONHECIMENTO (SERVIÇO SDA).....	62
Figura 6.5- ALGORITMO DO PROGRAMA DE INICIALIZAÇÃO/SDN.....	63
Figura 6.6- FLUXO DE DADOS DURANTE A TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS SEM RECONHECIMENTO (SERVIÇO SDN).....	64
Figura 6.7- ALGORITMO DO PROGRAMA PARA PREPARAÇÃO DO BUFFER DO RECEPTOR NO MODO SRD.....	65
Figura 6.8- ALGORITMO DO PROGRAMA DE INICIALIZAÇÃO/SRD.....	66
Figura 6.9- FLUXO DE DADOS DURANTE A TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS (MODO SRD).....	67
Figura 6.10- ALGORITMO DO PROGRAMA PARA O PLC S5-115U.....	68
Figura 6.11- ALGORITMO DO PROGRAMA PARA O PLC S5-95U.....	68

**LISTA DE TABELAS**

PÁGINA

Tabela 2.1- TAXA DE DADOS X COMPRIMENTO MÁXIMO PARA CABOS.....26

Tabela 3.1- AS SETE CAMADAS DO SISTEMA DE REFERÊNCIA OSI/ISO.....27

Tabela 4.1- MUDANÇAS DOS MODOS DE OPERAÇÃO.....32

Tabela 4.2- INTERPRETAÇÃO DOS LEDS DO CP.....33

Tabela 4.3- SIGNIFICADO DO LED DE FALTA.....35

Tabela 5.1- PARÂMETROS DA REDE (VALORES TESTADOS).....49

Tabela 6.1- SIGNIFICADO DOS VALORES NO BYTE 3 (LINK STATUS)  
NO CABEÇALHO DE INDICAÇÃO.....56

Tabela 6.2- PROBLEMAS ENFRENTADOS E SOLUÇÕES NA UTILIZAÇÃO DOS  
BITS DE ERRO NA PALAVRA DE STATUS.....60

Tabela 7.1- RESULTADOS DO ACESSO LIVRE AO NÍVEL 2.....75

Tabela 7.2- RESULTADOS DO ACESSO PARCIAL AO NÍVEL 2.....77

## LISTA DE NOTAÇÕES E SÍMBOLOS

ANR: Auftragsnummer (parâmetro pedido pela subrotina que indica número do job).

AS511: Interface serial (proprietária da empresa Siemens) utilizada nos PLCs de sua fabricação.

CP: Communications Processor.

DIN: Deutsche Industrie Norm.

EIA: Electronic Industries Association.

Enlace (ou “link”): Um circuito físico ou lógico que interliga dois nós.

FDL: Fieldbus Data Link.

GAP: Nome da área de memória que contém os endereços das estações ativas da rede.

HDB: Handling blocks, subrotinas oferecidas pela camada 2 da placa CP5431.

I/O: Input/Output.

ISO: International Standards Organization.

Job: Tarefa especificada para envio ou busca de dados.

KH: Indica opção de representação no sistema hexadecimal.

LAN: Local Area Network (rede local).

L2-DP: Versão comercial de rede padrão Profibus comercializada na Alemanha.

MMS: Manufacturing Message Specification.

NCM: Network and Communications Management.

Nó: Elemento conectado a uma rede de comunicação de dados, o qual pode ser fonte ou destino de dados.

OSI: Open System Interconnection.

PAA: Prozes Abbild der Ausgang (processo imagem das saídas).

PAE: Prozes Abbild der Eingang (processo imagem das entradas).

PDU: Protocol Data Unit.

PG: Maleta portátil para programação de PLCs.

PLC: Programmable Logic Controller.

PROFIBUS: Process Fieldbus.

Quadro: Seqüência de bits numa transmissão de dados.

Repeater: Equipamento que, em redes locais, realiza as ações básicas de restauração da amplitude e forma de onda do sinal e de temporização aplicada aos dados normais e sinais de colisão.

SAP: Service Access Point.

Setpoint: Valor final desejado para uma variável.

SINEC: Linha de redes comercializada pela empresa Siemens.

SSNR: Schnittstellernummer (parâmetro pedido pela subrotina que indica número da interface).

S5: Linha de controladores lógicos programáveis da empresa Siemens.

Token: Quadro transmitido em redes de comunicação de dados e que serve de código para permitir o acesso ao meio de transmissão.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

#### **1.1 SOBRE O FIELDBUS E O PROFIBUS**

Segundo Lúcia R.H.R. Franco [1], o fieldbus originou-se na década de 80, tendo surgido com o objetivo de interligar e operar instrumentos de campo com características diferentes e de diversos fabricantes, para usufruir de toda sua inteligência através da filosofia de redes e para proporcionar a descentralização das tarefas. Esta interligação traz alguns efeitos desejáveis: maior imunidade a ruídos, pré-processamento de dados específicos, transmissão de informações adicionais para diagnose de falhas do dispositivo e redução dos custos de projeto, de fiação, de instalação e de expansão.

A descentralização das tarefas é a possibilidade de espalhar entre vários dispositivos um determinado programa ou processo de controle, buscando-se uma melhoria do desempenho. Para aumento da confiabilidade há a possibilidade de substituição imediata por outro dispositivo, no caso de falha de qualquer nó da rede.

Devido à diversidade de fabricantes e dispositivos foi necessária a padronização das funções a serem implementadas nos mesmos. Estas funções são chamadas 'Function Blocks' (FB's) [2] e sua interligação no programa principal da rede define a estratégia de controle e programação do processo a ser controlado. Na configuração especifica-se a escolha do FB e o dispositivo em que será executado. O projeto original prevê a reconfiguração automática on-line em caso de defeitos, especificando em qual dispositivo os FB's do dispositivo em pane serão executados. Este enfoque é válido somente para a especificação internacional. Sem isto a redundância de FB's fica limitada, diminuindo a confiabilidade.

**PROFIBUS:** O esforço de padronização [3] resultou nas normas nacional alemã, nacional francesa e internacional. Foi utilizada neste trabalho prático uma rede segundo a norma alemã (PROFIBUS = PROcess FIeldBUS). A PROFIBUS foi normalizada na Alemanha através da norma DIN (Deutsche Industrie Norm) 19245 e teve como ponto de partida padrões utilizados como referência na época: EIA RS485 (para a camada física) e MMS (Manufacturing Message Specification). Embora idealizado para a área de chão de fábrica, que deveria incluir manufatura e controle de processos, foi influenciado pela forte atuação alemã na área

de manufatura, focalizando o atendimento às suas necessidades e afastando-se das restrições de tempo mais exigentes da área de controle de processos.

Uma de suas deficiências é a sua não adequação às necessidades de segurança intrínseca. Seu método de acesso ao meio é uma combinação de mestre/escravo com o método do *token*, como mostrado adiante.

## **1.2 OBJETIVOS DESTE TRABALHO**

A finalidade deste trabalho foi a de analisar o funcionamento da rede SINEC L2, uma rede padrão PROFIBUS, executar toda montagem física pré-operacional, a sincronização entre CPU's de PLC's (utilizados como nós da rede) e as placas de rede padrão PROFIBUS e a comunicação (programação e compatibilização) entre os dispositivos que compõem a rede.

A PROFIBUS é um sistema de barramento para aplicações em engenharia de automação em áreas intimamente associadas ao processo de produção, que permite uma fácil implementação das interfaces de barramento [4]. Com a PROFIBUS, os PLC's de diversos fabricantes, maletas programadoras, PC's AT-compatíveis [5], outros sistemas de controle e dispositivos PROFIBUS-compatíveis podem ser conectados em rede.

A placa de comunicação CP 5431 é usada para conectar PLC's à rede local SINEC L2-DP e está de acordo com os padrões PROFIBUS (DIN 19245 - partes 1 e 2), formando uma estação ativa no barramento. A CP 5431 também possui os serviços de periferia distribuída L2-DP.

## **1.3 FLUXOGRAMA DO TRABALHO**

O trabalho tem a seguinte ordem:

1) Análise da filosofia do sistema Profibus/Sinec L2, descrita no capítulo 2;

2) Estudo das possibilidades de interligação, dos modos de comunicação disponíveis, do software de parametrização e do processador de comunicação, descrito nos capítulos 3, 4 e 5.

3) Verificação da comunicação através do emprego de diferentes modos de programação, descrita no Capítulo 6.

3.1) Programação utilizando acesso livre ao nível 2 do modelo OSI/ISO (Open System Interconnection/International Standards Organization);

3.2) Programação utilizando acesso parcial ao nível 2 do modelo OSI/ISO;

3.3) Programação através de uma tratativa global da periferia;

4) Conclusões gerais.

## CAPÍTULO 2

### FILOSOFIA E COMPOSIÇÃO DO SISTEMA

O desempenho de sistemas de controle não é simplesmente determinado pelos controladores programáveis, como também, em grande parte, pelos equipamentos auxiliares. Levar isto em consideração pode significar um sistema de comunicação de alto desempenho.

Sistemas de automação distribuídos estão sendo cada vez mais usados na produção e na automação de processos. Isto significa que uma tarefa de controle complexa é dividida em subtarefas menores e mais simples com sistemas de controle distribuído [6]. Como resultado, uma eficiente comunicação entre sistemas distribuídos é uma necessidade real.

Tais estruturas distribuídas têm, por exemplo, as seguintes vantagens:

- Start-up independente e simultâneo de seções individuais da fábrica;
- Programas mais simples e menores;
- Processamento paralelo por sistemas de automação distribuídos com os seguintes resultados:
  - Tempos de resposta mais curtos;
  - Redução de carga nas unidades de processamento individuais.
- Programas supervisórios podem manusear diagnósticos adicionais;
- Aumento da confiabilidade do sistema, pois a falha de uma estação não interrompe todo o sistema.

Um sistema de comunicações amplo e de alto desempenho é obrigatório para fábricas com estruturas de automação distribuídas.

Analisando a rede PROFIBUS, foi observado tratar-se de um sistema aberto e heterogêneo de comunicação com várias redes locais para ambientes industriais.

Optou-se por uma rede local padrão PROFIBUS contendo dois nós. Cada nó é um PLC. Preferiu-se PLC a sensores ou atuadores visto que o PLC simula com vantagens os demais elementos possíveis de serem implantados, no que tange a programas para testes de desempenho na troca de dados via rede.

As LAN's formam a base dos sistemas de comunicação e podem ser implementadas eletricamente, opticamente ou como uma combinação óptica/elétrica.

## **2.1 MACROELEMENTOS DA PROFIBUS ESCOLHIDA**

Os elementos utilizados na montagem, conforme ilustrado na Fig. 2.1, são os seguintes:

- O meio físico de transmissão (par trançado blindado) e os componentes de conexão e transmissão (mini-repetidores);
- Os protocolos e serviços para a transmissão de dados entre os dispositivos mencionados ;
- Os nós propriamente ditos (2 PLC's);
- Os módulos do sistema de automação ou do computador que fornecem os enlaces para a rede de comunicações (processador de comunicações ou placa de comunicação "CP").

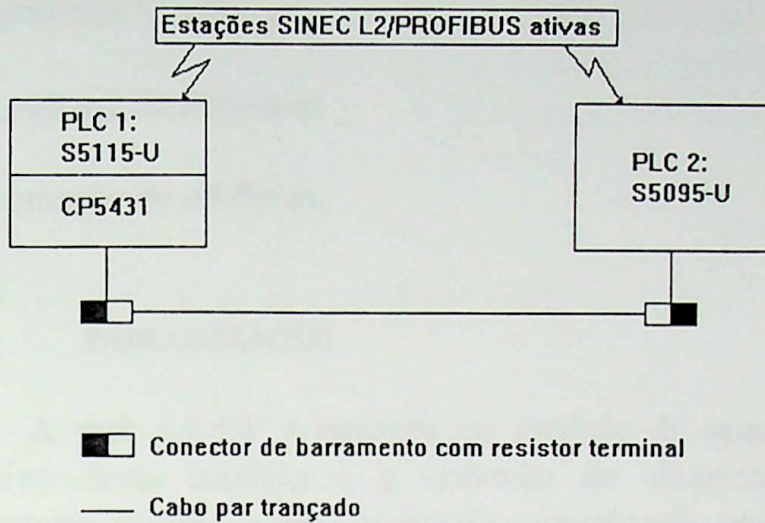


Figura 2.1: Configuração da rede

## 2.2 SOBRE A L2-DP

L2-DP é uma rede para a área de campo [7], particularmente para ambientes industriais, que segue a norma alemã PROFIBUS DIN 19245.

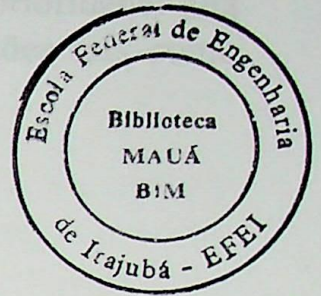
A rede usa transmissão elétrica baseada em cabo tipo par trançado blindado e tem as seguintes características:

- Baixo custo de instalação;
- Alta flexibilidade nas suas opções de comunicação, por exemplo, comunicação aberta usando *standards*;
- Grande variedade de topologias possíveis, através do uso de repetidores.

Esta rede pode ser usada em uma grande variedade de aplicações, como as seguintes:

- Engenharia de Processos;
- Engenharia de Produção;

- Engenharia Mecânica;
- Engenharia de Potência;
- Automação de edifícios.



### 2.2.1 PADRONIZAÇÃO

A rede L2-DP é baseada no modelo de arquitetura OSI/ISO. O objetivo deste modelo é a conexão de dispositivos de diferentes fabricantes através de um sistema de comunicação padrão.

Este tipo de PROFIBUS serve para a conexão a baixo custo de sistemas de I/Os distribuídos e corresponde à parte 3 da DIN 19245 PROFIBUS - DP.

A versão DP usa o protocolo de interligação PROFIBUS, parte 1 da DIN 19245. Este protocolo pode ser operado em um sistema de barramento simultaneamente a outros protocolos, entretanto, a comunicação só é possível entre estações que estejam usando o mesmo protocolo.

O modelo de referência OSI/ISO é dividido em 2 áreas distintas:

- Camadas de transporte-orientado: 1 - 4
- Camadas de aplicação-orientada: 5 - 7

As camadas inferiores 1 (camada física) e 2 (camada de enlace) estão de acordo com a parte 1 da norma DIN 19245. O modelo de rede suporta várias técnicas de transmissão (camada 1):

- RS-485 (de acordo com PROFIBUS);
- Fibra Óptica.

As técnicas de controle de acesso ao meio (camada 2) são híbridas.

A camada 2 oferece a interface padronizada FDL (Fieldbus Data Link) para as camadas de nível mais elevado. Quadros podem ser processados nesta interface com dois tipos diferentes de prioridade: alta ou baixa. O transporte L2 como camada 4 oferece funções tais como segmentação e estabelecimento de enlace.

### 2.2.2 TÉCNICAS DE ACESSO AO MEIO

As técnicas de acesso ao meio [8] na Profibus utilizada, são de passagem de *token* para as estações ativas e sistema mestre-escravo entre as estações ativas e passivas, conforme consta na parte 1 da norma DIN 19245.

As estações ativas podem enviar dados para outras estações mesmo que não haja requisição e podem requisitar dados de outras estações.

As estações passivas somente podem enviar dados após uma requisição de uma estação ativa.

Uma estação é ativa ou passiva dependendo do dispositivo em questão. Dispositivos de campo simples, como controladores de motor, geralmente são passivos; já, dispositivos “inteligentes” como PLC’s, são normalmente ativos. Muitos dispositivos podem ser ativos ou passivos. O CP utilizado só pode ser programado como estação ativa.

A técnica de acesso não é dependente do meio de transmissão e possui a seguinte filosofia:

- Todas as estações ativas formam o anel lógico de passagem do *token* em uma ordem fixa, com cada estação tendo conhecimento das outras e de sua ordem no anel lógico.
- O *token* (direito para transmitir) é passado de uma estação ativa para outra. Para todas as estações ativas, o tempo de circulação do *token* decorre entre os instantes em que é transmitido e é novamente recebido.
- Cada estação ativa “sabe” os endereços das outras estações ativas. Ela verifica a área de endereço entre ela e a próxima estação ativa ciclicamente. Isto é conhecido como área de endereço GAP. Com esta

verificação, a estação reconhece se uma estação ativa ou passiva foi incluída ou retirada do anel.

O fator de atualização do GAP especifica o intervalo no qual uma estação ativa verifica a sua área de endereço GAP. Quando uma estação nova é adicionada ao anel, ela recebe o *token* imediatamente.

- Quando uma estação está com o *token*, ela pode transmitir enquanto o seu tempo de retenção do *token* não tiver terminado. O tempo de retenção do *token* é calculado de acordo com um método especial a cada novo ciclo do *token* e indica por quanto tempo é permitido a estação manter o *token*. Se o tempo de retenção já estiver esgotado quando o *token* é recebido, a estação ainda pode transmitir um quadro de alta prioridade.

- Se uma estação ativa está com o *token* e se um enlace com uma estação passiva foi configurado, as estações passivas são 'consultadas' (por exemplo: valores são lidos) ou dados são transmitidos para elas (por exemplo: transferência de um 'setpoint').

No mecanismo de *token* para as estações ativas são definidos vários procedimentos para as seguintes situações especiais:

- inicialização do anel lógico do *token*;
- duplicação do *token*;
- perda do *token* e
- adição ou remoção de uma estação ativa no anel lógico.

O modo de funcionamento da rede resulta em dois casos especiais:

- Quando apenas **uma estação é ativa e todas as outras são passivas**, o barramento opera no **princípio mestre-escravo**.
- Quando **todas as estações são ativas**, a técnica é **passagem de *token***.

A circulação do *token* na rede leva um certo período de tempo. O máximo tempo de circulação permitido deve ser programado e é conhecido como tempo alvo de circulação (TTR).

Mesmo quando o tráfego de dados é intenso, o TTR programado deve ser respeitado. Para se manter dentro deste tempo, a rede usa o princípio explicado a seguir:

- Cada estação mede o tempo real de circulação do *token* e calcula a diferença entre o tempo alvo de circulação e o tempo real de circulação. Esta diferença é o tempo de retenção do *token*. Durante este tempo, a estação pode transmitir, primeiramente os quadros de alta prioridade e depois os quadros de baixa prioridade. Uma vez que o tempo de retenção do *token* tenha terminado, o *token* deve ser passado adiante.

- Se o transmissor possuir muito pouco ou nenhum tempo disponível, relativamente ao tempo que seria necessário para o envio da quantidade de dados que compõe a mensagem a ser enviada, ele só poderá enviar um quadro de alta prioridade antes que seja forçado a passar o *token* para frente.

### **2.3 ESCOLHA DA TOPOLOGIA DA REDE**

Dentre os padrões possíveis para a camada física, optou-se pelo elétrico, o qual possui baixo custo quando comparado com o padrão óptico. O cabo usado no barramento é do tipo par trançado blindado, com impedância característica de 160 ohms. Todas as estações foram conectadas ao barramento da rede usando terminais de barramento. Cada segmento do barramento deve ser conectado a resistores terminais nos dois lados, conforme mostra a Fig.1.1 .

Optou-se por tal estrutura pois possibilita a expansão otimizada do sistema, facilitando a futura expansão do Laboratório de Redes. A topologia aqui é a de barramento linear. Através do uso de repetidores, vários segmentos de barramento podem ser ligados, expandindo o comprimento total do sistema e aumentando o número de estações. Ressalte-se que a configuração implementada possui um único barramento com dois nós, atualmente sem repetidores.

Esta opção (com o uso do padrão elétrico RS-485) permite 32 conexões (terminais de barramento ou repetidores) por segmento de barramento. O comprimento máximo de cada segmento depende da taxa de dados usada. A Tabela 2.1 seguinte lista os limites superiores para o cabo utilizado:

Tabela 2.1: Taxa de dados x Comprimento máximo para cabos

<b>Taxa de Dados [Kbps]</b>	<b>Comprimento Máximo do Segmento [m]</b>
9.6	1200
19.2	1200
93.75	1200
187.5	1000
500.0	400
1500.0	200

Usando repetidores como um elemento estrutural, os sistemas de barramento da rede Profibus poderão, no caso de incremento do Laboratório de Redes, ser implementados em estrutura de colunas e de árvore.

#### **2.4 CONFIGURAÇÃO DA REDE**

Este item tem o objetivo de mostrar, numa visão ampla, quais são as grandezas mais importantes para se configurar a rede escolhida. A configuração através de software será vista em detalhes no Capítulo 6 deste trabalho.

Para se configurar a rede alguns valores são importantes:

- Comprimento máximo dos segmentos;
- Fator de redundância (número de vezes que um nó emissor tenta retransmitir uma mensagem após uma tentativa sem sucesso);
- Número máximo de estações;
- Taxa de troca de dados;
- Comprimento máximo dos cabos de conexão e
- Regras de conexão dos repetidores.

Devido à atenuação do cabo, que é função da frequência, o comprimento máximo do segmento depende da taxa de dados.

### CAPÍTULO 3

#### MODELO DE REFERÊNCIA PARA COMUNICAÇÃO OSI/ISO

Para obter uma arquitetura estruturada, as tarefas de comunicação foram divididas em sete camadas, conforme ilustra a Tabela 3.1 [9]. Cada dispositivo (estação) que esteja na rede tem a mesma estrutura. As camadas são hierárquicas e cada uma provê uma série de serviços para a camada seguinte. Utilizando-se do correspondente serviço a camada executante da estação local comunica-se com a correspondente camada da estação remota (troca lógica de dados). Esta comunicação usa um enlace virtual com um protocolo para cada camada. As camadas 1 e 2 são as relevantes para as tarefas de comunicação neste trabalho. A incompatibilidade de protocolos entre a CPU do PLC S5-115U e a CP 5431 foi determinada através de testes de exclusão e localiza-se da camada 3 à 7, conforme ilustra a Fig. 3.1.

Tabela 3.1:As Sete Camadas do Sistema de Referência OSI/ISO

CAMADA		FUNÇÃO
7	APLICAÇÃO	Interface para aplicativos.
6	APRESENTAÇÃO	Trata da codificação dos dados a serem transmitidos, transformação de sintaxe local para sintaxe de transferência.
5	SESSÃO	Controle da comunicação, sincronização.
4	TRANSPORTE	Controle de fluxo de serviço de transporte não dependente da rede.
3	REDE	Roteamento do tráfego na rede, estabelecimento e término de enlaces.
2	ENLACE	Controle de fluxo, correção e detecção de erros.
1	FÍSICA	Transmissão e recepção de cadeias não-estruturadas de bits, representação elétrica de sinais.

	CP5431	CPU do S5-115U
7b	TF=MMS	
7a	SINEC AP	
6		
5		
4	Transporte	
3	inativa	
2	FDL RS485	FDL RS485
1		

Camada incompatível com a da CP5431  
 Camada compatível com a da CP5431

Figura 3.1: Incompatibilidades entre a CP5431 e a CPU do PLC S5-115U.

### 3.1 ARQUITETURA E AMBIENTE OSI/ISO

Os nós da rede foram configurados como ativos. O nó ativo utiliza-se do processador de comunicação CP 5431 FMS, cuja estrutura funcional segue o modelo OSI/ISO, com limitações nas camadas 3 a 7.

#### 3.1.1 MODELO DE COMUNICAÇÕES

Em termos de comunicação, um aplicativo inclui todos os programas, recursos e tarefas adicionais a uma camada de comunicação. Isto inclui, por exemplo, sistemas supervisórios.

##### 3.1.1.1 RELAÇÕES LÓGICAS ENTRE APLICATIVOS

Existem relações lógicas entre aplicativos [10] que são usados para fazer troca de informação. Estas relações devem ser estabelecidas totalmente antes que a troca de dados se inicie. Um aplicativo pode participar da comunicação através de pontos de comunicação. Um ou mais pontos de comunicação são associados à uma base fixa e um único

aplicativo. Estes pontos são endereçados pelo aplicativo usando as referências locais de comunicação, isto é, pelos endereços dos pontos de comunicação. As referências de comunicação são específicas para cada dispositivo. Entre dois aplicativos, existem uma ou mais relações de comunicação as quais são unicamente associadas aos pontos de comunicação.

### 3.1.1.2 TROCA LÓGICA DE DADOS

Os serviços da interface FDL são disponíveis para emitir *jobs*. *Jobs* são transferidos de um equipamento para outro através de relações de comunicação especificadas (canais lógicos) em PDUs (Unidade de Dados do Protocolo), conforme representado na Fig. 3.2.

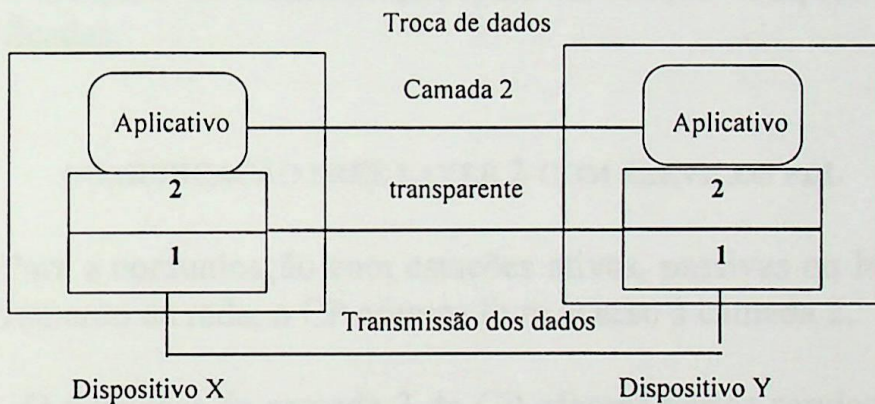


Figura 3.2: Troca lógica de dados

### 3.1.2 RELAÇÕES DE COMUNICAÇÃO

Nesta rede, do ponto de vista do usuário, a comunicação se dá por meio de canais lógicos, que são definidos na fase de configuração.

Para cada comunicação, as seguintes informações são armazenadas:

- endereço da estação remota;
- ponto de acesso de serviço (SAP) local e remoto.

O ponto do canal lógico entre duas estações no barramento é conhecido como Ponto de Acesso de Serviço (SAP). O SAP é uma extensão do critério de endereço, isto é, um parâmetro a mais que deve ser

especificado ao se endereçar uma estação remota. É preciso especificar o número do SAP de cada canal para que se possa usar os serviços da camada 2.

### **3.1.2.1 MODELO DE ENDEREÇAMENTO PARA COMUNICAÇÃO EXPLÍCITA**

Uma interface para o processo do usuário é especificada entre o PLC e o processador de comunicação através do número da interface e do número do *job*. Na própria placa de comunicação (CP), um *job* é identificado e controlado usando apenas o número do *job*.

A designação do número do *job* para o SAP deve ser única, tanto para a estação local, quanto para a estação remota. Na configuração do CP, as relações de comunicação para as outras estações devem ser especificadas.

## **3.2 COMUNICAÇÃO FREE LAYER 2 COM SERVIÇOS FDL**

Para a comunicação com estações ativas, passivas ou heterogêneas no barramento da rede, o CP oferece livre acesso à camada 2.

O *firmware* da camada 2 do CP oferece vários serviços para uma transmissão confiável de dados, a qual pode ser usada no programa de controle. Isto significa que uma requisição de serviços da camada 2 é feita para transferência de dados e avaliação de confirmações (incluindo mensagens de erros) que são disponíveis para esta camada no programa de controle. Também devem ser feitas avaliações de indicações da camada 2 quando um quadro é recebido pelo CP.

Os serviços FDL especificados na norma DIN 19245 parte 1 e implementados no CP para transmissão de dados são os seguintes:

- FDL\_DATA. -req/-ind/-conf (serviço SDN)
- FDL\_DATA\_ACK. -req/-ind/-conf (serviço SDA)
- FDL\_DATA\_REPLY -req/-ind/-conf (serviço SRD)
- FDL\_SEND\_UPDATE -req/-ind/-conf (RPL\_UPD\_S)

- FDL\_REPLY\_UPDATE -req/-ind/-conf (RPL\_UPD\_M)

Os serviços oferecidos pelo *firmware* da camada 2 do CP são usados no programa de controle do PLC chamando “handling blocks” [11], os quais se referem aos *buffers* dos *jobs*. O *buffer* do *job* deve ser completado pelo usuário. Os primeiros 8 bytes (cabeçalho) do *buffer* do *job* a ser transferido contêm informações de controle. O receptor pode avaliar os primeiros 8 bytes do bloco de dados recebido como informações de “*status*” e de erro.

Com os serviços acíclicos de transmissão de dados SDA (Send Data with Acknowledgement), SDN (Send Data with No Acknowledgement) e SRD (Send and Request Data with Reply) o processador de comunicação usa as informações de controle do cabeçalho do bloco de dados para agrupar os dados em um quadro que pode então ser transmitido via barramento PROFIBUS. Os 242 bytes restantes estão disponíveis para dados do usuário nas transmissões e nas recepções.

4.3 MUDANÇAS NO MODO DE OPERAÇÃO

4.3.1 Mudanças dos Modos de Operação

O modo de operação pode variar de várias formas. A Tabela 4.1 ilustra os dados de controle para cada modo de operação em particular. O conhecimento de cada mudança de estado será essencial para os testes.

Tabela 4.1: Mudanças de Modos de Operação

DE	ACIÃO	PARA
STOP	acionamento de chave STOP/RUN no painel frontal do CP para RUN	RUN
FAZTA DE SINCRONIZ- MUN	chamar a RDB para iniciar as atividades de sincronização do PLC, chamar STOP/STOP para o painel frontal para parar o PLC	RUN
STOP	chamar a chave STOP/RUN para STOP, executar a função de programa para CP	STOP
RUN DE STOP	acione a chave para mudar o estado do PLC para o modo STOP ou para o modo de sincronização de estados de emergência	FAZTA DE SINCRONIZ- MUN

## CAPÍTULO 4

### O PROCESSADOR DE COMUNICAÇÃO

Os elementos de hardware importantes para operação do CP (processador de comunicação) e conseqüentemente para os testes, são basicamente [12]:

**Indicadores de Modo de Operação:** RUN; STOP; CP fault

**Chave Seletora do Modo:** STOP/RUN

**Interfaces :** conectores ‘backplane’ para barramento interno do PLC, interface para PROFIBUS, interface para programador (PG), slot para submódulo de memória, ‘medium’ conector (usado para extensões), interface para cabo de fibra óptica e ‘jumpers’ de teste.

**Eprom :** Contém o *firmware* do processador de comunicação.

#### 4.1 INDICADORES DO MODO DE OPERAÇÃO

##### **Mudanças dos Modos de Operação**

O modo de operação pode variar de várias formas. A Tabela 4.1 ilustra os fatores que causam uma mudança em particular. O conhecimento destas mudanças e causas será essencial para os testes.

Tabela 4.1: Mudanças dos Modos de Operação

DE	AÇÕES	PARA
STOP	comutação da chave STOP/RUN no painel frontal do CP para RUN.	RUN
FALTA DE SINCRONISMO	chamar a HDB <i>synchron</i> na subrotina de inicialização do PLC; chave STOP/RUN no painel frontal ajustada para RUN.	RUN
RUN	mudar a chave STOP/RUN para STOP. executar a função do programa “stop CP”.	STOP
RUN ou STOP	somente após uma queda de energia: - o PLC está no modo STOP ou - não há HDB de sincronização na subrotina de inicialização.	FALTA DE SINCRONISMO

A Tabela 4.2 explica o significado dos LEDs RUN e STOP.

Tabela 4.2: Interpretação dos LEDs do CP

LED	Estado do CP	SIGNIFICADO
Led Run verde aceso, vermelho apagado	Run	Todos os tipos de transmissão de dados possíveis, tanto do programa de controle da CPU quanto via funções do PG. O submódulo de memória pode ser lido, mas não escrito.
Led Stop vermelho aceso e o verde apagado	Stop	Troca de dados entre CP e CPU via barramento backplane bloqueado (avaliação de mensagem de erro no byte de erro 'PAFE' possível). Podem ser designados parâmetros ao CP via interface tipo AS 511 (pode-se escrever no submódulo de memória). Troca de dados entre funções de barramento do programador e serviços de gerenciamento possíveis.
Led Run verde e Led Stop vermelho acesos.	Falta de Sincronismo	Nenhuma transmissão de dados possível (troca de dados com a CPU via barramento backplane bloqueada). Não podem ser designados parâmetros ao CP via interface AS 511. O submódulo de memória pode ser lido, mas não escrito. Causa: HDB SYNCHRON com erro. Correção em HDB SYNCHRON.
Nenhum Led aceso.		DESLIGADO CP não está corretamente plugado Falta indicada pelo LED FAULT Resultado: nenhuma transmissão de dados possível (troca de dados com a CPU via barramento backplane bloqueada).

### A Resposta Start/Stop

O CP é um sistema processador escravo conectado ao barramento do PLC e portanto deve seguir a resposta START/STOP do mestre (no

caso, o PLC). Após, o CP executa um programa de teste de hardware. Em seguida, o CP ajusta um bloco de gerenciamento na área de RAM para cada *job* definido no módulo para gerenciamento de programas internos. O CP então espera pelo sinal de “start” do PLC. Neste estado ocioso, todos os programas que processam tarefas de sistema ou operam a interface do programador (PG) podem ser executados, entretanto, as trocas de dados com o PLC ou com o barramento estão bloqueadas.

**O estado Stop é definido como se segue:**

- Os programas de sistema e interface com o PG estão habilitados;
- Os enlaces virtuais permanecem estabelecidos ou continuam a ser estabelecidos;
- As transferências de dados com o barramento e interfaces com o PLC ficam bloqueadas.

**O estado Run é definido como se segue:**

- Todos os programas do CP e interfaces com o PLC estão habilitados;
- A interface do PG está habilitada e todas as funções *on line* do PG podem ser executadas (exceção: mudanças na base de dados).
- A transferência de dados está habilitada e pode ser monitorada com as funções de teste.

O CP executa uma reinicialização “a quente” sempre que o seu estado muda de *Stop* para *Run* e de *Run* para *Stop* e novamente para *Run* (nova sincronização por chaveamento repetitivo do seletor start/stop no PLC). Todos os enlaces previamente estabelecidos são apagados e depois restabelecidos. Todos os dados que estavam nos *buffers* do PLC são perdidos durante a troca de estado.

Com as funções ‘comstart.cp’ e ‘stop.cp’, o programador também pode executar as requisições *Start* ou *Stop*. Um estado *Stop* provocado com a chave de seleção somente pode ser mudado com esta chave.

## 4.2 O LED DE FALTA

Quando da execução dos programas durante a inicialização e compatibilização dos elementos da rede, o LED de falta será de grande valia. O LED de falta fica aceso permanentemente ou pisca quando o *firmware* do CP detecta um erro. Antes da compatibilização implementada o LED de falta piscava permanentemente, indicando incompatibilidades. Os significados constam da Tabela 4.3.

Observação: quando o LED de falta do CP está aceso ou piscando, os LEDs run e stop são irrelevantes.

Tabela 4.3: Significado do LED de falta

LED	SIGNIFICADO
LED de falta está piscando	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nenhuma transmissão de dados é possível (troca de dados com a CPU via barramento backplane é bloqueada).</li><li>- Pode-se designar parâmetros na interface AS 511.</li><li>- Troca de dados usando as funções de barramento do PG não são possíveis.</li><li>- Módulo do usuário detectado como inválido durante o start-up.</li><li>- Serviços de gerenciamento continuam possíveis.</li></ul> Possíveis causas: Falta do ou erro no submódulo de memória. <i>Firmware</i> e configuração não-compatíveis.
Pisca 2 vezes	Muitos enlaces programados.
Pisca 3 vezes	Problema de memória (falta de recursos suficientes) ou base de dados incompleta (OB1 não presente).
Pisca 4 vezes	Configuração incorreta do SAP (p. ex., dupla configuração)
Pisca 5 vezes	Parâmetros do barramento incorretos.
Pisca 6 vezes	Associações de aplicação incorretas (camada 7).
Pisca 7 vezes	Erro de designação do parâmetro DP escravo.
LED de falta do CP aceso	Falha de hardware.

### **4.3 TROCA DE DADOS ENTRE A CPU E O PROCESSADOR DE COMUNICAÇÃO**

Dependendo dos programas de compatibilização, a CPU e os CPs, no mesmo PLC, trocaram dados de modos diferentes:

- Usando os I/Os [13];
- Usando *job buffers* e dual-port RAM.

#### **Troca de dados usando I/O's (Inputs/Outputs)**

Com a troca de dados usando métodos GP(Periferia Global), DP(Periferia Distribuída) e ZP (Periferia Cíclica), as trocas de dados ocorrem usando a área de endereçamento de I/O. Dependendo do endereço, esta área no programa de controle do PLC pode ser endereçada através da imagem de processo de entradas e saídas (PAE e PAA) ou diretamente.

#### **Troca de dados usando os *job buffers* da dual-port RAM (DPR)**

Com a transmissão de dados denominada S5-S5 e Free Layer 2 Access, os dados são trocados usando a dual-port RAM do CP. Todos os dados e funções que passam através da dual-port RAM do CP devem ser providos por HDB's do ponto de vista do programa de controle.

#### **O Princípio do Enlace PLC-CP**

A interface entre CPs e o PLC é uma dual-port RAM. O CP possui 4 destas interfaces DPR para que em PLCs multiprocessados cada CPU possa se comunicar com o CP independentemente das outras. O programa do PLC controla o CP via DPR usando HDBs. O usuário do programa do PLC não pode acessar CPs diretamente (sem usar HDBs). As seguintes chamadas de sistema ( p. ex. HDBs) são disponíveis:

- SEND                      transferência de dados para o CP
- RECEIVE                  recepção de dados vindos do CP
- RESET ALL                reinicialização "a quente" no módulo

- CONTROL      requisita o estado de um *job*
- SYNCHRON    inicializa e sincroniza o CP e o PLC

A todos estes HDB's devem ser associados um número da interface e um número de job (ANR). O SYNCHRON somente pede um número de interface.

O ANR identifica tanto a tarefa no CP quanto no PLC. No CP, o ANR também envolve um conjunto de parâmetros que define uma designação a um circuito virtual, a direção dos dados e a classe de prioridade.

O Número da Interface (SSNR) consiste do número base da interface e o número da página do CP.

Para a troca de dados entre o CP e o PLC-CPU, existe uma dual-port RAM (DPR) de 4 KB, a qual é dividida em 4 páginas de 1 KB cada uma.

Na área de endereço da CPU utilizada, a região entre F400<sub>H</sub> e F7FF<sub>H</sub> (1 KB) é disponível para endereçamento da DPR de CPs com endereçamento por página. Para permitir que mais de um CP use esta área de memória para trocar dados com a CPU, os números de página não devem ser sobrepostos. Para assegurar uma única designação, as páginas, como vistas pelo PLC, são numeradas de 0 a 255.

O CP utilizado neste trabalho sempre ocupa 4 páginas, começando o número da página designada para ele com o parâmetro denominado "número base da interface". Por esta razão, o número base da interface começando em zero só pode ser ajustado de 4 em 4 (0,4,8,12,...,248).

A utilização de múltiplos de 4 para o CP somente é necessária caso o PLC contenha mais de uma CPU. Evita-se assim que os números de páginas se sobreponham, o que resultaria em duplo endereçamento.

Para a utilização neste trabalho, à base de PLC monoprocessado, faz sentido que se use somente o número base da interface "zero".

O enlace entre o programa do usuário e uma ação particular do CP é a combinação SSNR- ANR. Para evitar que o sistema reaja

incorretamente, um ANR somente deve ser designado uma vez por CP conectado.

#### 4.4 SUPERVISÃO DE HARDWARE

Se um erro ocorre no módulo que não pode ser corrigido pelo *firmware*, a supervisão de hardware (*watchdog*) atua e reinicializa o módulo (*cold restart*).

## CAPÍTULO 5

### PRINCÍPIOS DE CONFIGURAÇÃO COM O SOFTWARE 'NETWORK AND COMMUNICATIONS MANAGEMENT'

Parametrizamos o CP acessando o correspondente software de configuração, que de agora em diante será chamado simplesmente de COM (nome usual entre os programadores), o qual pode ser executado em computadores que possuam no mínimo o processador 80486 e 16 MB RAM. O COM sob Profibus NCM (Network and Communications Management) permite uma programação controlada por menus de todos os parâmetros necessários para o CP. Uma distinção é feita entre parâmetros que não dependem do tipo de transmissão de dados (configuração básica) e parâmetros que dependem do tipo de transmissão de dados selecionado.

#### **5.1 NETWORK AND COMMUNICATIONS MANAGEMENT-NCM**

NCM é um gerenciador dotado de menus que une os softwares de configuração de sistemas finais completamente diferentes sob uma interface de usuário. Quando da inicialização do sistema, as seguintes características são observadas:

- A configuração fica mais compreensível e clara com o método de representação;
- O guia dos menus é padronizado com teclas de atalho e operação com mouse;
- Os ajustes que estiverem sendo feitos no projeto corrente são armazenados nos seus estados "up-to-date" e são reconstruídos quando do retorno ao projeto;
- A operação é padronizada;
- Os passos selecionados hierarquicamente oferecem visão global.

## 5.2 DIRETRIZES GERAIS ADOTADAS NO USO DO SOFTWARE

Após várias parametrizações da rede, foi criada uma seqüência própria de passos de projeto. A seqüência é a seguinte:

- Determinação do número de PLCs e dispositivos de campo necessários para a aplicação;
- Atribuição de endereços a cada uma das estações;
- Armazenamento dos dados de configuração em um arquivo.

Obs.: Sempre que possível, trabalha-se *off-line*, armazenando-se os resultados primeiramente na estação programadora. Isto evita perda do programa por retirada acidental das baterias dos PLC's.

### **Criação de arquivos de parâmetros de configuração**

O CP tem um local para um submódulo de memória. Estes submódulos podem ser RAMs ou EPROMs. Dependendo do submódulo, podem estar disponíveis 16 ou 64 KB de memória. O CP espera encontrar a descrição de um enlace e os parâmetros gerais (dados do usuário) neste submódulo de memória.

Existem duas maneiras de se inserir nesta memória os parâmetros desejados. Optou-se pela maneira denominada *off-line*.

**Off-line:** Os blocos no disco do aparelho programador são criados e o conjunto de parâmetros criado é transferido diretamente para o submódulo de memória RAM usando a função de transferência Transfer→CP Database Transfer→FD→CP. A função de transferência somente está disponível quando o CP está no modo STOP (Transfer→Start CP/Stop CP). Ou quando a chave no CP está em STOP.

**On line:** Os blocos são criados diretamente no CP. Modificações e transferências de blocos somente são permitidas quando o CP está em stop (Transfer→Start CP/Stop CP ou ligando o CP ajustado para STOP). Em *On line* são selecionadas as funções *On line* do COM. É assumido que o PG está conectado diretamente ao CP. As funções selecionadas *On line* basicamente oferecem as mesmas possibilidades das funções *Off-line*

no disco rígido. Nas tentativas de compatibilização e inicialização esta função foi muito utilizada na fase de correção de erros dos programas.

### 5.3 VISÃO GERAL DA CONFIGURAÇÃO BÁSICA

Nesta seção será explicado em maiores detalhes o procedimento adotado para a configuração do sistema através de software.

Os itens de menu são mencionados nas seções seguintes segundo a ordem hierárquica vigente no NCM.

Quando o NCM é chamado pela primeira vez, deve-se editar os parâmetros de inicialização (máscara Init→Edit). A menos que estes parâmetros sejam corretamente inseridos nenhum outro procedimento posterior poderá ser executado.

A seguir são dadas as informações sobre os parâmetros e seus significados. Os valores parametrizados estão indicados nos programas.

Os parâmetros inicializados são:

1. Init→Edit: “CP TYPE e nome do banco de dados do projeto”.

O tipo de placa de rede de cada elemento foi identificado visualmente e atribuído a este parâmetro. É interessante notar que se pode atribuir um nome de arquivo ao projeto da rede como um todo. Sob este nome de arquivo serão “linkadas” todas as inicializações de quaisquer outros nós pertencentes à rede.

2. Edit→CP Init: inicialização básica (SYSID) block.

Aqui foram indicados os parâmetros do sistema que descrevem a alocação geral do CP para um PLC. Os parâmetros também têm informações sobre as versões do *firmware* e software do CP.

3. Edit→Parâmetros: Globais/Locais da Rede “parâmetros da rede/inicialização da rede”.

Aqui são especificados os parâmetros da rede, que incluem vários tempos de processamento e o maior endereço de um nó presente na

rede (em todos os programas o endereço máximo utilizado foi “2”). O software NCM propõe valores que podem ser corrigidos, se necessário.

Na tela de parâmetros globais da rede, pode-se definir todos os parâmetros de barramento para todas as estações da rede. Estes parâmetros podem ser transferidos para todas as bases de dados pertencentes à rede usando funções de ‘Network Matching’. Esta definição de parâmetros globais só pode ser utilizada *off-line*. Uma dica de projeto é que primeiro se defina todas as estações e então finalmente proceda-se a edição e padronização dos parâmetros globais da rede.

Através dos parâmetros locais da rede, são editados *off-line* os parâmetros de barramento para uma estação específica da rede (p. ex. para otimização). Durante os testes de compatibilização, os recursos de mudanças *on line* são utilizados.

#### 4. Network→Network Matching:

Com esta função é possível executar a transferência dos parâmetros de barramento, editados na tela de parâmetros globais, para todas as bases de dados pertencentes à rede.

### 5.4 EXECUÇÃO DA CONFIGURAÇÃO BÁSICA

#### 5.4.1 EDIÇÃO

Quando o software NCM é executado pela primeira vez no processo de inicialização da rede, é necessário que se selecione o tipo de CP na tela Init-Edit. Utiliza-se então a função ‘seleção’ e seleciona-se o CP desejado de uma lista. O nome do módulo então aparece no campo apropriado. Só é permitido abandonar esta subrotina após todos parâmetros solicitados terem sido ajustados ou através da função ‘abortar’ (tecla <ESC>). Os ajustes feitos nesta subrotina do NCM são armazenados em um arquivo de configuração e acessados automaticamente todas as vezes que o NCM for ativado.

Um arquivo do módulo (arquivo de base de dados) é criado para cada módulo de CP. Ele contém todos os parâmetros para operação do CP.

## 5.4.2 CP INIT

O bloco SYSID editado com esta função contém todos os parâmetros de inicialização do CP, os quais somente são adotados durante o *start-up* do sistema, isto é, na transição de STOP para RUN ou após a energização do CP. Modificações no bloco SYSID somente são permitidas, portanto, no modo STOP. Alguns parâmetros são processados no bloco SYSID, outros são apenas usados como funções de gerenciamento no NCM.

O bloco SYSID possui as seguintes tarefas:

- Identificação uniforme e designação do módulo entre os PLC's e a rede Profibus.
- Transferência de parâmetros que definem certas respostas do módulo.
- Identificação da versão do *firmware* do módulo.

Quando um novo arquivo de módulo é criado, o programador deve automaticamente definir os parâmetros '**Tamanho do submódulo**' e '**Base SSNR**'.

Neste caso, como a tela de inicialização do CP já tinha sido programada, a subrotina de edição dos parâmetros do CP foi acionada diretamente. Esta subrotina trabalha com os seguintes parâmetros :

### **Entradas:**

### **Init. data:**

L2 address: qualquer endereço de estação é possível, mas deve ser único no barramento. (faixa de valores: estações ativas no barramento, 1 a 126). Optou-se por operar com endereços '1' e '2' para os PLC's, pois assim o tempo de varredura para alcançar o HSA (maior endereço ativo da rede) é minimizado.

Active / passive: o CP da aplicação foi parametrizado como ativo, pois devido ao método híbrido de acesso adotado pela Profibus (mestre-escravo entre estações

ativas e passivas e *token* entre estações ativas. Pelo menos uma estação mestre foi necessária.

Network file: aqui o sistema local é vinculado a rede. A rede é gerenciada independentemente da base de dados. Como padrão, o nome da última rede processada é mostrado. A designação para uma rede é necessária para estabelecer um campo de parâmetros de barramento consistente em todas as bases de dados pertencentes a rede. A Profibus apresenta uma função interessante para possibilitar a homogeneização dos parâmetros das bases de dados locais, a qual se denomina 'Network Matching'. Nesta aplicação, foi utilizado o arquivo TESENCM.NET.

### **Parâmetros do PLC:**

Base SSNR: Valores correspondentes ao endereçamento da página (faixa de valores: 0 a 248, em passos de 4).

Observação: na prática, para o modelo de PLC S5-115U utilizado no trabalho, foi utilizado o valor '0', já que o modelo usado possui um único processador.

No. of interfaces: Este parâmetro especifica quantas interfaces (páginas) podem ser endereçadas. (faixa de valores: 1 a 4). Observação: na prática, para o PLC S5-115U utilizado neste trabalho, foi utilizado o valor '1', devido à capacidade de operação do PLC.

### **Parâmetros informativos:**

Submodule size: Capacidade de memória do submódulo em Kilobytes. (faixa de valores: 16, 32 e 64).

Os valores mínimos, com os quais se conseguiu operar os serviços testados neste trabalho foram:

16 KB para enlaces com PLC e para acesso aos serviços da camada 2.

64 KB para aplicações que utilizem serviços da camada 7.

Date created: Data de projeto (máximo de 8 caracteres ASCII).

Plant designation: Designação do projeto (seleções possíveis: caracteres ASCII).

### **Campos de saída:**

#### **Submodule**

type: Este parâmetro é atualizado no modo *on line* e é usado para mostrar o tipo do submódulo empregado. Os seguintes tipos de memória são permitidos: "RAM" e EPROM". Na fase de projeto operou-se com a RAM.

Module ID: A identificação do módulo de comunicação (através do parâmetro ID) é feita pelo *firmware* quando o NCM é executado.

*On line:*  
especifica o ID do hardware completado pelo *firmware*.

*Off-line:*  
entrada baseada no tipo do módulo.

*Firmware version* Versão do *firmware* na forma "V X.YZ".

### **5.4.3. PARÂMETROS DA REDE**

Se os parâmetros da rede não forem completados na tela de parâmetros da rede, o COM automaticamente entra com valores padrão (*default*). Os parâmetros da rede são fundamentais para o funcionamento de toda a rede e de cada estação. Na configuração da rede, a seguinte distinção é feita:

- configuração dos parâmetros globais da rede;
- configuração dos parâmetros locais da rede.

A tela “Parâmetros Globais da Rede” permite editar os parâmetros do barramento pertencentes à rede. Estes parâmetros são armazenados em arquivo com extensão “.BPB”.

#### **5.4.3.1 PARÂMETROS GLOBAIS DA REDE**

São três os tipos de parâmetros globais utilizados pela Profibus deste trabalho:

- dados cumulativos da topologia;
- parâmetros do barramento;
- dados dos parâmetros do barramento.

As primeiras duas áreas contêm informações para calcular os valores *default* dos parâmetros do barramento. Com a subrotina denominada ‘calcular’ pode-se obter estes valores *default*. Os parâmetros modificados são aceitos nas bases de dados locais com a função Network Matching.

A seguir são apresentados os conceitos dos principais parâmetros utilizados nos programas. Os valores atribuídos a cada um deles também são indicados.

#### **Campos de Entrada:**

##### **Informações Cumulativas da Topologia:**

No. of remote

stations:

Número de estações ativas não incluídas no arquivo da topologia. Normalmente estas são estações de outros fabricantes. Este parâmetro é necessário para calcular os parâmetros do barramento. Faixa de valores: 0 a HSA (número de estações ativas configuradas). Neste trabalho este valor permaneceu em zero.

Highest Station

Address (HSA): Especifica o endereço mais alto de uma estação ativa no barramento. Endereços de estações passivas podem ser

mais altos que o HSA. Faixa de valores: endereço ativo mais alto da rede:126. Foi utilizado o valor 2.

### **Parâmetros da rede:**

**Data rate:** Velocidade dos dados no barramento (Valores aceitos pela Profibus: 9.6 Kbps, 19.2 Kbps, 93.75 Kbps, 187.5 Kbps, 500 Kbps e 1.5 Mbps). Todos os valores permitidos foram testados.

**Default SAP:** Se um quadro é recebido sem um número de SAP, o CP automaticamente seleciona o valor indicado neste campo para substituir o SAP faltante. O *default* utilizado foi 61.

**Maximum no. of retries:** Carrega um registro que indica o número máximo de tentativas de envio de uma mensagem quando os respectivos processos de envio são terminados sem sucesso, ou seja, nenhum quadro de reconhecimento de transmissão correta é recebido (faixa de valores: 1 a 8). Neste trabalho, o número máximo permitido foi utilizado. A razão é simples: Devido a diversos erros que costumam ocorrer na fase de inicialização, pode-se garantir um maior número de envios de mensagem e com isto obter um maior conjunto de dados para efeito de análise e correção de erros.

### **Dados dos Parâmetros de Barramento:**

**Slot time (TSL):** duração do tempo de supervisão com o qual o transmissor (iniciador) de um quadro espera por um reconhecimento do receptor. Quando este tempo termina, a transmissão é repetida de acordo com o valor do "maximum number of retries". (faixa de valores: 80 a 4095 tempos de bit)

**Setup time:** "dead time" mínimo entre a recepção de um reconhecimento antes do iniciador enviar um novo quadro. ( faixa de valores: 1 a 255 tempos de bit).

#### Minimum station

delay (min TSR): A estação receptora remota não deve enviar um reconhecimento de um quadro recebido até que este tempo tenha passado. Também representa o menor tempo entre receber o último bit de um quadro antes de enviar o primeiro bit do próximo quadro (faixa de valores: 0 a 255 tempos de bit).

#### Maximum station

delay (max. TSDR): Um iniciador deve esperar pelo menos este tempo após transmitir, antes de enviar mais quadros. Também representa o maior tempo entre receber o último bit de um quadro para transmitir o primeiro bit do próximo quadro (faixa de valores: 1 a 1024 tempos de bit).

#### Target rotation

time (TTR): Tempo de circulação do *token*, pré-ajustado, durante o qual o *token* deve circular por todo o anel lógico. Quando o *token* é recebido, este tempo é constantemente comparado com o tempo real (decorrido) de circulação do *token*. Esta comparação decide se e quais quadros podem ser enviados pela estação (faixa de valores: 3000 a 1048575 tempos de bit). Este tempo deve coincidir com as limitações do sistema de barramento.

#### GAP update

factor (G): Após o tempo 'G x TTR' ter decorrido, uma área livre de endereço entre duas estações ativas (GAP) é verificada pela estação de menor endereço para ver se uma terceira estação deseja entrar no anel lógico (faixa de valores: 1 a 100).  
É necessário que este parâmetro coincida com as limitações do sistema de barramento.

Observação: Tempo de Bit é o tempo necessário para se transmitir um bit (calculado a partir da taxa de bits). Esta unidade tem a vantagem de que os parâmetros não ficam dependentes da taxa de transmissão adotada.

### 5.4.3.2 PARÂMETROS LOCAIS DA REDE

Com esta rotina, pode-se editar os parâmetros do barramento da base de dados local para otimização especial. A base de dados local pode estar localizada em um arquivo ou em um CP (*on line*). Os parâmetros podem ser livremente editados. No modo *off-line*, um arquivo editado localmente é declarado como local. Se a equiparação da rede for feita posteriormente, o usuário é informado que este arquivo foi especialmente editado. Antes de sobrescrever os parâmetros do barramento pelos parâmetros globais, deve-se confirmá-los.

Uma observação simples, porém importante, neste ponto do projeto é de que qualquer parâmetro que não for compatível com a rede pode reduzir consideravelmente seu desempenho.

#### Testes efetuados com diversos parâmetros:

Os parâmetros da rede dependem do número de estações ativas, das características dos dispositivos que estão nas “pontas” da rede e da taxa de dados.

Apesar de haver uma gama enorme de valores permitidos, os seguintes valores foram utilizados nos testes. Os tempos estão indicados em número de janelas de bits, na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Parâmetros da Rede (Valores testados)

Taxa de bits [Kbps]	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500
Slot time	100	170	240	400	1000	3000
Setup time	10	15	45	80	60	80
Minimum station delay	12	15	45	80	80	150
Maximum station delay	60	65	200	360	360	980
Fator Gap (G)	2	4	6	20	30	50

Estes parâmetros foram obtidos através da conjugação de dois critérios, quais sejam: Foi utilizado, para melhor desempenho, o número de janelas de bits. *Escola Federal de Engenharia de Itajubá*

mínimo de janelas de bit permitido pelo fabricante em cada caso. Este valor só foi aumentado quando o limite mínimo imposto em termos de número de janelas de bits resultou insuficiente (em conjugação com a taxa de transmissão fixada) para a transmissão eficiente do número de bytes pretendido em cada uma das tentativas de comunicação realizadas ao longo deste trabalho.

A metodologia utilizada em cada tentativa envolve sempre o estudo prévio do modo de transmissão a ser utilizado, a implementação do software (na linguagem STEP 3, nos casos) e a análise do resultado (vide análise de resultados no capítulo "Conclusões").

### 3.1. TENTATIVA DE START-UP VIA ACENSO LIVRE AO NÍVEL 2 DO MODO 0/1/2

#### 3.1.1. PRINCÍPIOS DA TRANSMISSÃO DE DADOS USANDO OS SERVIÇOS DA CAMADA 2

O firmware do CP gerencia em STEPS a partir dos bancos de dados do PLC, os quais seguem as normas do padrão PROFIBUS. Os serviços da primeira e segunda camada do modelo de referência OSI/ISO são os seguintes:

O firmware da camada 2 do CP oferece vários serviços para uma transmissão confiável de dados, a qual pode ser usada no programa de controle. Isso significa que uma requisição de serviços da camada 2 é feita para transferência de dados e avaliação de confirmações (incluindo mensagens de erro), que estão disponíveis para esta camada no programa de controle. Também devem ser feitas avaliações de indicações da camada 2 quando um quadro é recebido pelo CP. Os serviços disponíveis são:

- SDA (Send Data with Acknowledge): os dados são enviados para a estação remota e são confirmados e recebidos.

- SDN (Send Data with No Acknowledge): os dados são enviados para a estação remota, mas não são confirmados e recebidos.

## CAPÍTULO 6

### TENTATIVAS DE START-UP DA REDE

Uma vez analisada a filosofia geral deste tipo de rede e o modo de parametrização, cabe investigar os modos de inicializar a rede e provocar a troca de dados entre seus dois PLC's.

A seqüência utilizada em cada tentativa envolve sempre o estudo teórico do modo de transmissão a ser utilizado, a implementação do software (vide subrotinas , em linguagem STEP 5, nos anexos) e a análise do resultado (vide análise de resultados no capítulo "Conclusões").

#### **6.1 TENTATIVA DE START-UP VIA ACESSO LIVRE AO NÍVEL 2 DO MODELO OSI/ISO**

##### **6.1.1 PRINCÍPIOS DA TRANSMISSÃO DE DADOS USANDO OS SERVIÇOS DA CAMADA 2**

O *firmware* do CP gera quadros em STEP5 a partir dos bancos de dados do PLC, os quais seguem as normas do padrão PROFIBUS. Os serviços da primeira e segunda camadas do modelo de referência OSI/ISO são usados.

O *firmware* da camada 2 do CP oferece vários serviços para uma transmissão confiável de dados, a qual pode ser usada no programa de controle. Isto significa que uma requisição de serviços da camada 2 é feita para transferência de dados e avaliação de confirmações (incluindo mensagens de erro), que estão disponíveis para esta camada no programa de controle. Também devem ser feitas avaliações de indicações da camada 2 quando um quadro é recebido pelo CP. Os serviços disponíveis são:

- SDA (Send Data with Acknowledge): os dados são enviados para a estação remota e esta coteja a recepção.
- SDN (Send Data with No Acknowledge): os dados são enviados para a estação remota, mas esta não coteja a recepção.

- SRD (Send and Request Data): os dados são enviados para a estação remota e ao mesmo tempo são solicitados dados desta mesma estação. Os dados solicitados já devem estar preparados pela estação remota em um *buffer* de transferência.
- RPL\_UPD\_S (RePly-UPDate-Single): com este serviço, o *buffer* de transferência é completado com os dados a serem buscados pelos parceiros de comunicação, utilizando o serviço SRD. Depois que os dados são buscados, o *buffer* é esvaziado.
- RPL\_UPD\_M (RePly-UPDate-Multiple): com este serviço, o *buffer* de transferência é completado com os dados a serem buscados pelos parceiros de comunicação usando o serviço SRD. Os dados não são apagados após serem buscados (permanecem disponíveis até que sejam sobrescritos).

A opção escolhida foi a utilização dos serviços oferecidos pelo *firmware* da camada 2 do CP no programa de controle do PLC através da programação de HDB's (subrotinas). Como se trabalhou quase que em nível Assembler, esta opção foi sem dúvida aquela que apresentou maior complexidade de programação. No entanto, a vantagem perseguida foi alcançada, qual seja, o 'by-pass' de incompatibilidades entre a placa de comunicação e a CPU. Estas incompatibilidades estavam localizadas em serviços oferecidos pelos níveis mais elevados do modelo OSI/ISO.

### **Usando os serviços para a transferência de dados**

Os dados a serem transmitidos (máximo de 242 bytes) e os dados recebidos (também máximo de 242 bytes) podem ser armazenados em um bloco de dados. Estes dados também podem ser armazenados na área de *flag*.

Os dados a serem transmitidos e recebidos são sempre precedidos por um cabeçalho de 8 bytes contendo informações de controle e *status* para o *firmware* da camada 2. Para calcular o tamanho da memória necessária para os dados transmitidos e recebidos estes 8 bytes devem ser levados em conta. Os parâmetros referentes a tamanho do buffer a ser alocado para a transmissão e recepção, QLAE e ZLAE respectivamente, devem ser inseridos quando programarmos a subrotina correspondente. Os dados, incluindo o cabeçalho, formam a interface geral para a chamada de serviços conhecida como o "job buffer". A ação é iniciada

por um programa de aplicação através do *job buffer*. Os *job buffers* são transferidos para o módulo de interface através da dual-port RAM usando os HDB's padrões. O próprio *job buffer* é usado para transferir os parâmetros para uma correta execução do serviço no módulo de interface. Eles sempre devem estar na área de blocos de dados ou na área de blocos de dados estendidos e estão restritos a um tamanho de 250 bytes. Cada *job buffer* consiste de um cabeçalho e dos dados.

A Fig. 6.1 ilustra a estrutura básica de um *job buffer*, que deve ser específico para cada serviço.

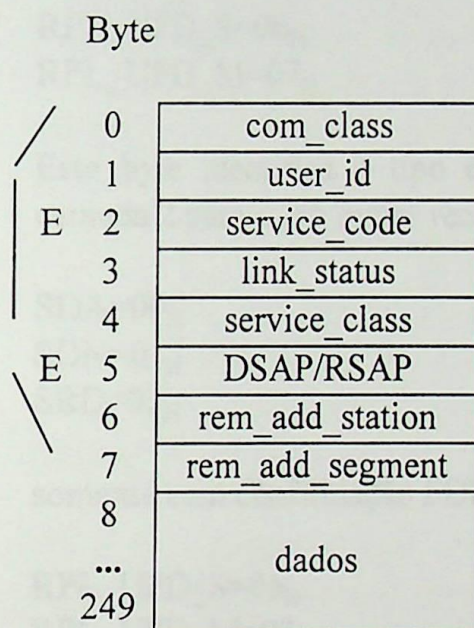


Figura 6.1: Estrutura de um Cabeçalho com um *Job Buffer* a ser Enviado/Recebido

Uma análise cuidadosa revelou o conteúdo de cada posição do cabeçalho:

com\_class: 1 byte, formato KH  
Requisição FDL = 00<sub>H</sub> no *buffer* de transmissão:  
Requisição de serviço para camada 2  
Confirmação FDL = 01<sub>H</sub> no *buffer* de recebimento:  
Reconhecimento de camada 2 após requisição FDL  
Indicação FDL = 02<sub>H</sub> no *buffer* de recebimento:  
Indica que os dados foram recebidos.

user\_id: 1 byte, formato KH

ID com designação livre que é retornada sem mudanças com a confirmação. Em uma indicação o valor é "0". Com o *user\_id* é possível estabelecer uma única relação entre a requisição e a confirmação.

**service\_code:** 1 byte, formato KH  
Este byte identifica o tipo de serviço requisitado para o *job buffer* de transmissão:

SDA=00<sub>H</sub>  
SDN=01<sub>H</sub>  
SRD=03<sub>H</sub>  
RPL\_UPD\_S=06<sub>H</sub>  
RPL\_UPD\_M=07<sub>H</sub>

Este byte identifica o tipo de serviço oferecido pela camada 2 para o *job buffer* recebido.

SDA=00<sub>H</sub>  
SDN=01<sub>H</sub>  
SRD=03<sub>H</sub>

somente com confirmação FDL:

RPL\_UPD\_S=06<sub>H</sub>  
RPL\_UPD\_M=07<sub>H</sub>

somente com indicação FDL:

SDN\_MULTICAST=7F<sub>H</sub>

**link\_status:** 1 byte, formato KH  
A Tabela 6.1 a seguir descreve o *link\_status* para uma indicação SRD e o *link\_status* para uma confirmação.

**service\_class:** 1 byte, formato KH  
O *service\_class* especifica a prioridade do serviço  
*Low*=00<sub>H</sub>  
*High*=01<sub>H</sub>

**DSAP/RSAP:** 1 byte, formato KH

Durante a transmissão, é o número do SAP de destino codificado em hexadecimal (SAP padrão =FF<sub>H</sub>).

rem\_add\_station: 1 byte, formato KH

Durante a transmissão, indica o endereço da estação receptora codificado em hexadecimal.

Durante a recepção, indica o endereço da estação transmissora codificado em hexadecimal.

rem\_add\_segment: 1 byte, formato KH

Sempre deve ser preenchido com FF<sub>H</sub>. Qualquer outra opção provoca erro na transmissão. Não foi descoberto o significado e o motivo da presença deste parâmetro. O fabricante, infelizmente, nega-se a informar detalhes de projeto.

dados:

Conseguiu-se colocar neste campo um máximo de 241 bytes com formato hexadecimal (KH).

Na transmissão, os dados a serem enviados devem ser colocados neste campo.

Na recepção, este campo contém os dados recebidos (somente com indicação e confirmação SRD).

Tabela 6.1: Significado dos valores no byte 3 (Link Status) no cabeçalho de indicação

Valor do <i>link_status</i>	Abreviação PROFIBUS	Significado
<b>SDA</b>		
00 <sub>H</sub>	OK	reconhecimento positivo, serviço executado.
01 <sub>H</sub>	EU	reconhecimento positivo, erro em usuário remoto ou interface FDL
02 <sub>H</sub>	RR	reconhecimento positivo, recursos do controlador remoto FDL não disponíveis.
03 <sub>H</sub>	RS	serviço ou rem_add no SAP remoto não ativado. sem reação (Ack./Res.) da estação remota.
11 <sub>H</sub>	NA	FDL/PHY local não presente no anel lógico do <i>token</i> ou não conectado ao barramento.
12 <sub>H</sub>	DS	
<b>SDN</b>		
00 <sub>H</sub>	OK	reconhecimento positivo, transferência de dados pelo controlador FDL/PHY local completada pois:
12 <sub>H</sub>	DS	FDL/PHY local não presente no anel lógico do <i>token</i> ou não conectado ao barramento.
<b>SRD</b>		
20 <sub>H</sub>	LO	resposta com dados de baixa prioridade.
21 <sub>H</sub>	HI	resposta com dados de alta prioridade.
22 <sub>H</sub>	NO_DATA	nenhum dado de resposta foi enviado.
08 <sub>H</sub>	DL	reconhecimento positivo, existem dados de resposta <i>low</i> .
0A <sub>H</sub>	DH	reconhecimento positivo, existem dados de resposta <i>high</i> .
01 <sub>H</sub>	UE	reconhecimento positivo, erro em usuário remoto ou interface FDL
02 <sub>H</sub>	RR	reconhecimento positivo, recursos do controlador remoto FDL não disponíveis.
03 <sub>H</sub>	RS	serviço ou rem_add no SAP remoto não ativado.
09 <sub>H</sub>	NR	reconhecimento positivo, recursos do controlador remoto FDL não disponíveis.
0C <sub>H</sub>	RDL	existem dados de resposta <i>low</i> , exceto reconhecimento negativo para os dados transmitidos, 09 <sub>H</sub> (NR).
0D <sub>H</sub>	RDH	existem dados de resposta <i>high</i> , exceto reconhecimento negativo para os dados transmitidos, 09 <sub>H</sub> (NR).
11 <sub>H</sub>	NA	sem reação (Ack./Res.) da estação remota.
12 <sub>H</sub>	DS	FDL/PHY local não presente no anel lógico do <i>token</i> ou não conectado ao barramento.
<b>REPLY_UPDATE_SINGLE/ REPLY_UPDATE_MULTIPLE</b>		
00 <sub>H</sub>	OK	reconhecimento positivo, área de dados carregada.
12 <sub>H</sub>	LR	recurso de resposta sendo usado pelo MAC.
<b>SDA/SDN/SRD/REPLY_UPDATE_SINGLE/ REPLY_UPDATE_MULTIPLE</b>		
10 <sub>H</sub>	LS	serviço no SAP local não ativado.
15 <sub>H</sub>	IV	parâmetros inválidos no cabeçalho de requisição.

### 6.1.2 MODO DE TRABALHO IMPLEMENTADO PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO LIVRE AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2

Os primeiros 8 bytes do bloco de dados a serem transmitidos (no cabeçalho) contêm informações de controle para o *firmware* da camada 2. O receptor também pode avaliar os primeiros 8 bytes do bloco de dados recebido como informações de *status* (por exemplo, mensagens de erro (*link\_status*)).

Com os serviços de transmissão de dados SDA, SDN e SRD, o CP usa a informação de controle do cabeçalho de dados para “empacotar” os dados transmitidos em um quadro que é então transmitido pelo barramento da rede. A seqüência básica de comunicação através do livre acesso à camada 2 está ilustrada na Fig. 6.2.

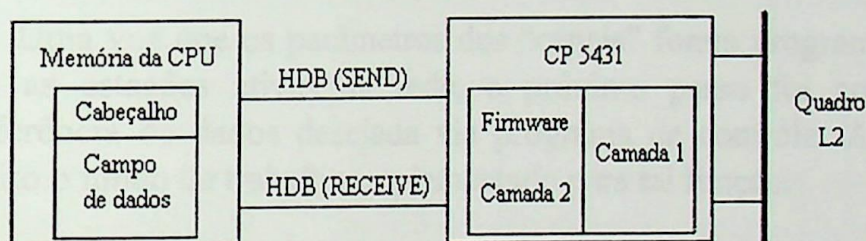


Figura 6.2: Seqüência Básica de Comunicação usando Acesso Livre à Camada 2

Para se comunicar através de livre acesso à camada 2, um enlace deve ser configurado usando “canais” com o editor de enlace.

#### Características dos Canais Livres

Um Service Access Point (SAP) é um critério de endereço complementar que se soma ao endereço da estação. É possível relacionar sob um mesmo SAP vários canais que são representados por números de *job* (ANR). As designações do ANR e do SAP local são feitas durante a programação.

#### Com o editor de enlace especifica-se o seguinte:

- O número da interface;

- As associações entre os números de SAP e de ANR.
- Prioridade do enlace.

Com o editor de enlace, os parâmetros de enlace da estação local podem ser selecionados.

A informação faltante deve ser armazenada no cabeçalho do pacote de dados correspondente. Isso inclui o seguinte:

- DSAP (SAP de destino) da estação remota;
- Endereço da estação remota;
- Serviços necessários para a camada 2 (SDA, SDN, SRD).

Uma vez que os parâmetros dos “canais” foram programados para todas as estações ativas da rede, o próximo passo foi coordenar a transferência de dados desejada via programa de controle. A seguir, é descrito o modo de trabalho implementado para tal função.

A subrotina SEND pode ser usada para transferir uma requisição FDL. As confirmações ou as indicações FDL são aceitas e processadas no PLC com uma subrotina denominada RECEIVE. Através de bits na palavra de *status*, que podem ser modificados pela subrotina denominada CONTROL, os resultados da execução das subrotinas SEND e RECEIVE podem ser controlados.

A palavra de *status* contém informações sobre o *status* de um *job*, sobre o gerenciamento de dados e sobre os bits de erro.

Se mensagens são enviadas por um PLC, ele espera por um reconhecimento. Este reconhecimento pode ser positivo ou negativo e simplesmente indica se o quadro chegou até a outra estação ou não. O reconhecimento fornece informações sobre o *status* de processamento do quadro e pode ser avaliado pela palavra de *status* atualizada (ANZW) das subrotinas CONTROL, SEND e RECEIVE.

**A palavra de *status* tem as seguintes informações:**

- o *status* do *job*;
- o gerenciamento de dados;
- quaisquer erros.

Após a sincronização, as palavras de *status* de todos os ANR que foram parametrizados pelo CP contêm o valor  $0008_H$ . Se o enlace não foi definido, a ANZW fica com o valor  $0F0A_H$ .

A palavra de *status* é parte de uma *double word* definida pelo parâmetro ANZW na chamada da subrotina. A segunda parte da *double word* é a palavra indicativa de quantidade, ou seja, indica quantos dados já foram transferidos pelo *job* corrente.

Apesar de haver a palavra de *status*, deve-se também avaliar o byte “link\_status” do cabeçalho de confirmação (ou cabeçalho de indicação de uma SRD) no programa de controle. O significado da informação do byte “link status” pode ser visto nas Tabela 6.2.

Se o bit “job complete with error”, contido na palavra de *status*, apresentar o valor “1”, os “error bits” fornecem os códigos das causas. Os erros ocorridos em uma requisição FDL são transferidos com a correspondente confirmação. O erro número 15 ( $0F_H$ ) é indicado pelo CP quando o SAP correspondente não for habilitado. Com este número, os bits “job complete with error” e “job active” também são levados ao estado “1” (ANZW  $0F0A_H$ ).

Tabela 6.2 :Problemas enfrentados e soluções na utilização dos bits de erro na palavra de status.

Valor dos Bits 8 a 11	Significado dos bits de erro
0	Sem erros. Se o bit 3 do “job complete with error” estiver em “1”, significa que o CP iniciou o <i>job</i> outra vez logo após um RESET ou uma reinicialização.
1	Foi especificado na chamada da subrotina um tipo errado para a fonte ou para o destino dos dados a serem transferidos (QTYP/ZTYP).
2	Não existe área de memória (p. ex. não inicializada).
3	Área de memória muito pequena. A área de memória especificada na chamada da subrotina (parâmetros Q(Z)TYP, Q(Z)ANF e Q(Z)LAE) é muito pequena para a transmissão dos dados.
4	<i>Timeout</i> (QVZ). O Reconhecimento da célula de memória está ausente durante a transferência de dados.  <i>(Obs.: Isto ocorreu nos testes e a solução foi verificar e trocar o submódulo de memória e corrigir os parâmetros da fonte/destino).</i>
5	A palavra de <i>status</i> está com parâmetros incorretos.  <i>(Obs.: Também ocorreu este erro nos testes. Constatou-se que o parâmetro ANZW foi especificado incorretamente. Solução: corrigir o ANZW e reconfigurar o bloco de dados onde este parâmetro está localizado).</i>
6	Parâmetro da fonte/destino inválido. Parâmetro ID “NN” ou “RW” foi usado ou o comprimento dos dados é muito pequeno(=0) ou maior que 128 bytes.  <i>Obs.:(A solução encontrada foi trivial. Usar o parâmetro Q(Z)TYP como sendo um Data Block limitado a 244 bytes).</i>
7	Sobrecarga dos recursos locais. Não existem <i>buffers</i> de dados disponíveis para processar o <i>job</i> . Solução: Reinicie o <i>job</i> , reduza a carga do CP.  <i>(Obs.: Não ocorreu nos testes este problema. Isto se deve ao fato do programa de teste conter poucos dados pois sua finalidade principal era a compatibilização e Start-up da rede)</i>
B	Erro de <i>handshake</i> . O processamento de qualquer subrotina de transferência de dados foi incorreto ou o tempo de supervisão da mesma foi excedido.  <i>Obs.: Ocorreu uma única vez tal erro. A solução adotada foi drástica: reinicializar o job. As sugestões para futura investigação, quanto a fonte deste erro, são: EMI, IES, diafonia.</i>
C	Erro de sistema! Código de serviço <i>service_code</i> ilegal ou erro no programa do sistema.
D	Campo de dados bloqueado! A transmissão de dados é ou foi desabilitada durante a execução da subrotina (bit de controle habilita/desabilita na palavra de <i>status</i> está ajustado para desabilitar).
E	Livre.
F	<i>Job</i> ou canal não programado!  <i>Obs.: Erro frequente, quando a programação ou chamada de subrotina é feita de modo incorreto (parâmetro SSSNR/ANR). A solução adotada foi reprogramar o número do job (ANR) como “canal livre” (tipo: FREE) ou corrigir o SSSNR/ANR.</i>

## **Estrutura do Byte de Designação de Parâmetro de Erro 'PAFE' (Parameter Assignment Error Byte)**

O byte de designação de parâmetro de erro informa sobre várias designações de parâmetros de erros. Quando se designa parâmetros a um bloco individual, especifica-se o endereço no qual esta informação está disponível.

### **6.1.2.1 VARIANTES ADOTADAS PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS**

Os dados foram transmitidos com a subrotina SEND. Dados e reconhecimentos (confirmação e indicação) foram processados pela subrotina RECEIVE. Para poder monitorar a troca de dados, avalia-se constantemente, no programa do usuário, a palavra de *status* para o *job*.

Foi constatado que enquanto uma indicação está aguardando para ser aceita pelo PLC, o SAP correspondente não apresentou um *buffer* de recepção ! É um artifício do firmware, obviamente com a finalidade de poupar memória.

### **Subrotinas principais organizatórias (OB's) de *Start-up* para os PLCs da rede:**

No início das OBs é sempre 'chamado' o HDB SYNCHRON, para inicializar a interface do CP. Na OB de *start-up* o parâmetro informado é o número da interface a ser inicializada.

### **Transmitindo e recebendo dados com reconhecimento (serviço SDA)**

Os números dos *jobs* de SEND e RECEIVE devem ser iguais aos números dos *jobs* programados. Se o enlace não foi programado, o *job* (iniciado via subrotina SEND) é bloqueado pelo *firmware* do CP (ANZW 0F0A<sub>H</sub>).

A seqüência elaborada para a programação da transmissão é a da Fig. 6.3. O fluxo de dados durante a transmissão e recepção está ilustrado na Fig. 6.4 .

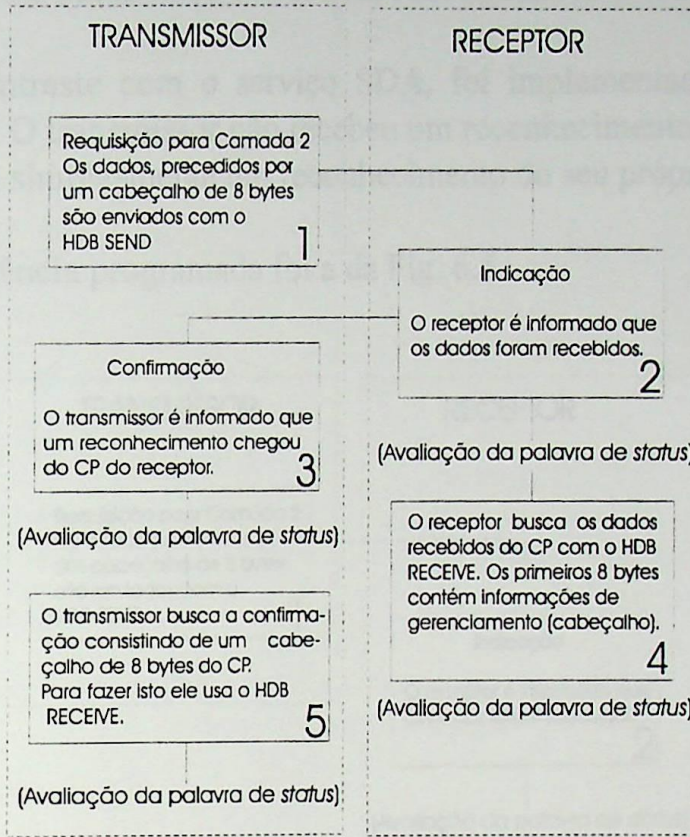


Figura 6.3: Algoritmo do programa de inicialização/Modo SDA

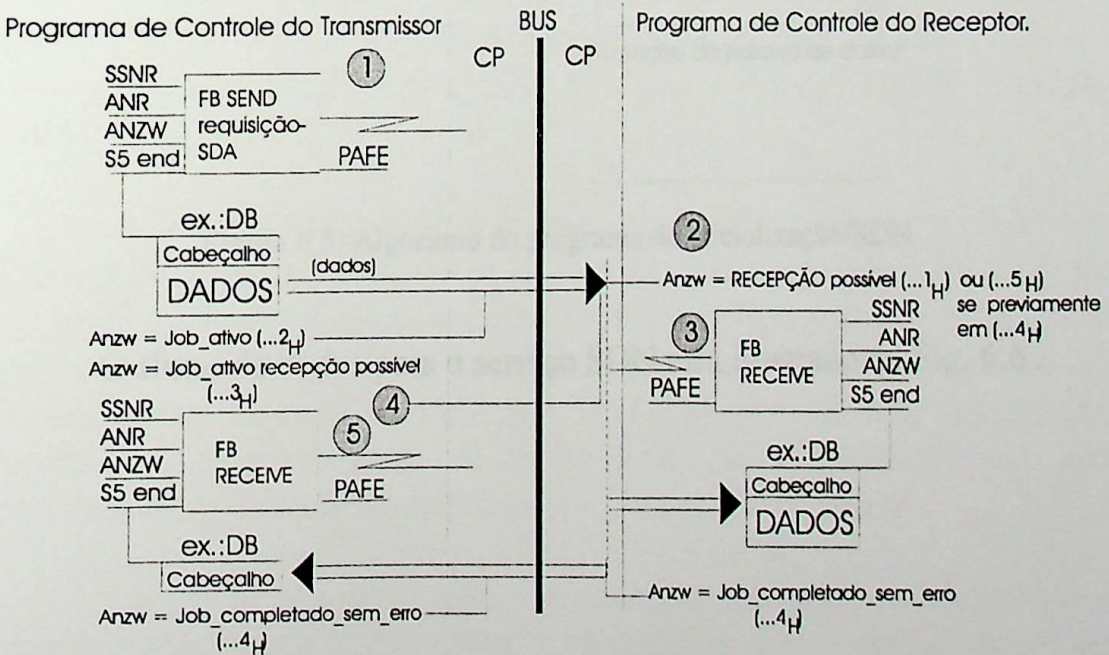


Figura 6.4: Fluxo de dados durante a transmissão e recepção de dados com reconhecimento (Serviço SDA)

## **Transmitindo e recebendo dados sem reconhecimento (serviço: SDN)**

Em contraste com o serviço SDA, foi implementado também o serviço SDN. O transmissor não recebeu um reconhecimento vindo do CP receptor, mas simplesmente um reconhecimento do seu próprio CP local.

A seqüência programada foi a da Fig. 6.5.

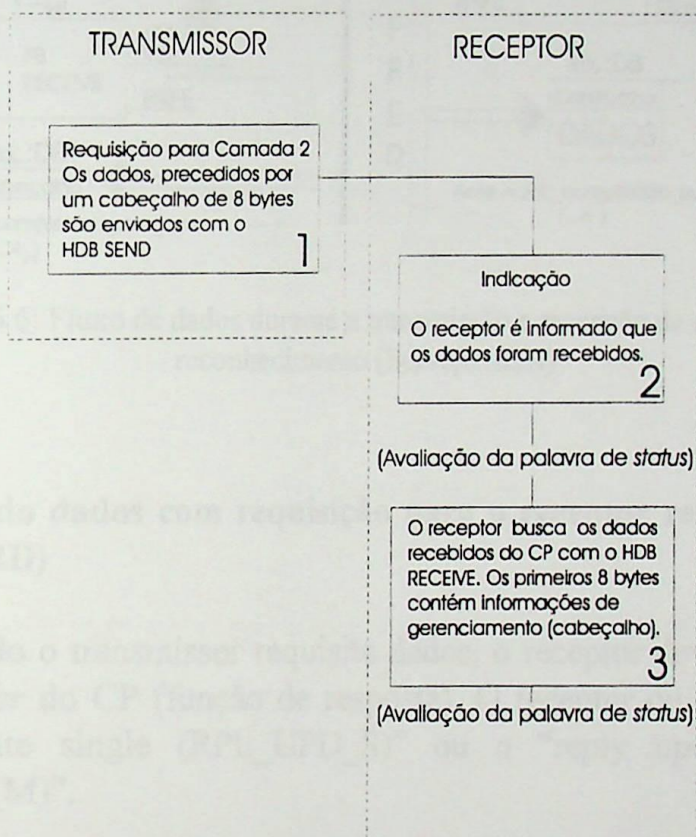


Figura 6.5: Algoritmo do programa de inicialização/SDN

O fluxo de dados para o serviço SDN está ilustrado na Fig. 6.6 .

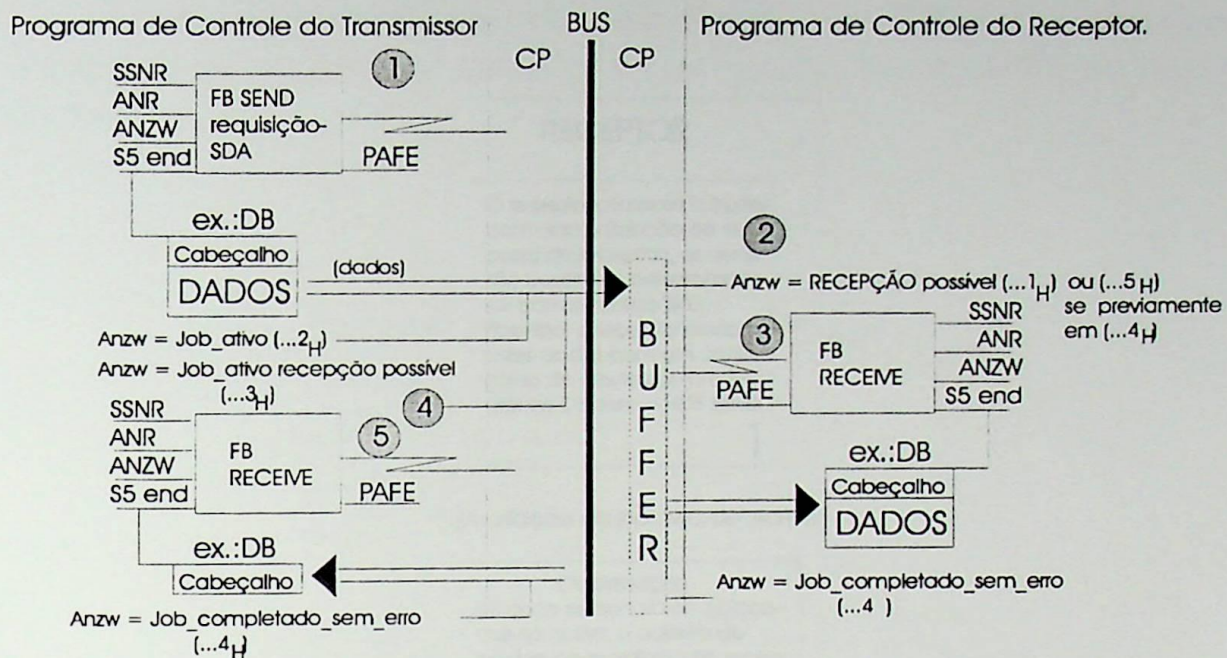


Figura 6.6: Fluxo de dados durante a transmissão e recepção de dados sem reconhecimento (Serviço SDN)

### Transmitindo dados com requisição para o receptor retornar dados (serviço: SRD)

Quando o transmissor requisita dados, o receptor deve prepará-los em um *buffer* do CP (função de resposta). O receptor ou usa o serviço “reply update single (RPL\_UPD\_S)” ou o “reply update multiple (RPL\_UPD\_M)”.

O serviço RPL\_UPD\_S prepara os dados requisitados uma vez. Depois que a estação solicitante (aquela que pediu os dados) fez a leitura do *buffer*, o *buffer* é apagado e deve ser preenchido novamente com outro serviço RPL\_UPD\_S. Deve-se sinalizar no programa de controle que os dados foram buscados na indicação SRD (*link\_status*). Se a estação que pediu os dados encontrar um *buffer* vazio, ela é informada por uma mensagem de erro no cabeçalho da confirmação (*link\_status*).

Com o serviço RPL\_UPD\_M, os dados permanecem no *buffer* até que o *buffer* receba novos dados. Isto significa que os dados podem ser lidos mais de uma vez.

A seqüência de programação para transferir os dados para o *buffer* foi implementada conforme mostram a Fig. 6.7, Fig. 6.8 e Fig. 6.9.

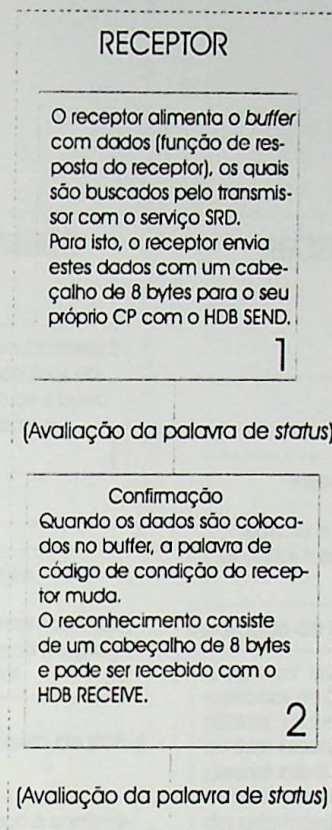


Figura 6.7: Algoritmo do programa para preparação do buffer do receptor no modo SRD

Uma vez que as requisições para os serviços SRD são processadas, o transmissor pode enviar dados para o receptor e buscar dados do *buffer* do receptor.

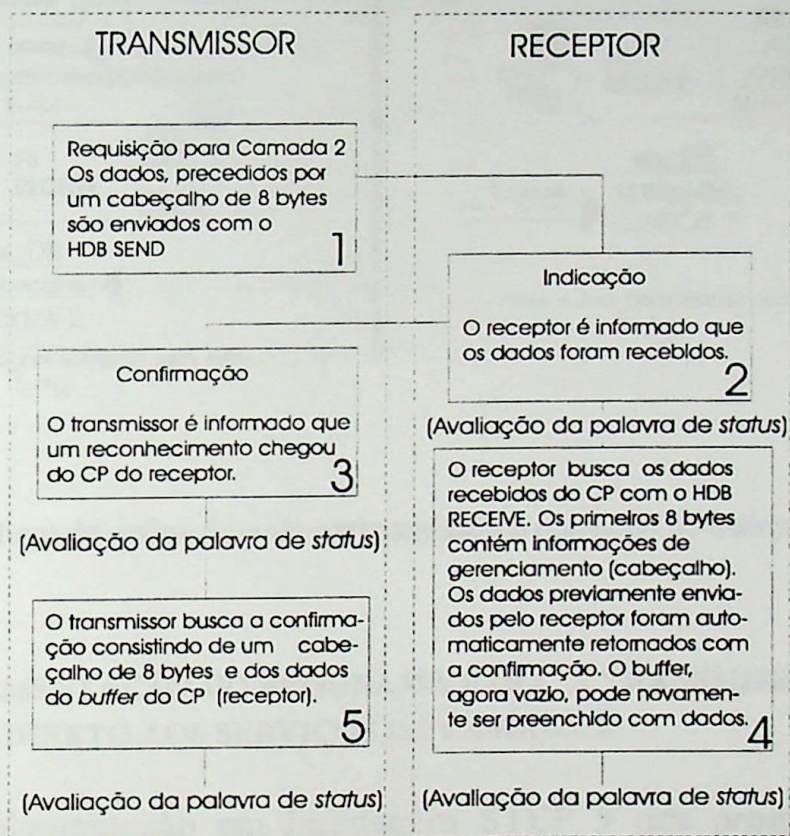


Figura 6.8: Algoritmo do programa de inicialização/ SRD

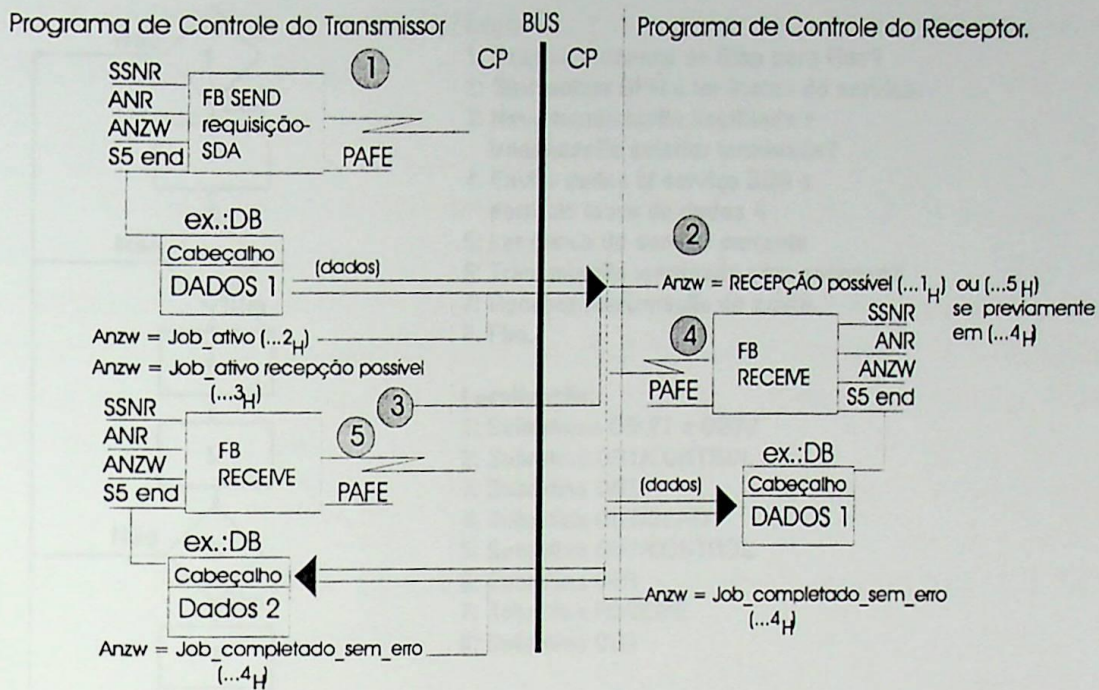
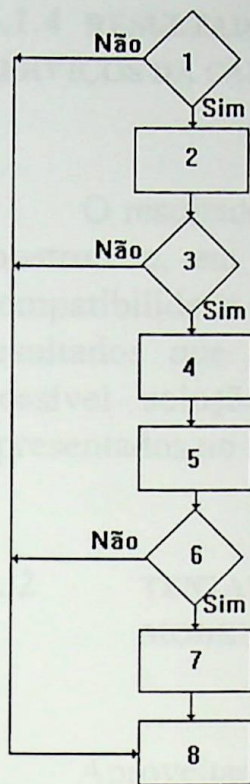


Figura 6.9: Fluxo de dados durante a transmissão e recepção de dados (Modo SRD)

### 6.1.3 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO DIRETO AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2

A implementação em linguagem STEP 5 dos programas para a compatibilização e as máscaras dos parâmetros locais e globais da rede constam do Anexo 1. Os algoritmos correspondentes aos programas são mostrados na Fig. 6.10 e Fig. 6.11.



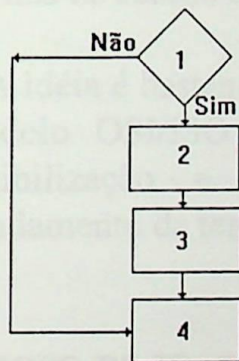
**Legenda:**

- 1: Ocorreu mudança de Stop para Run?
- 2: Sincronizar DPR e ler Status do serviço.
- 3: Nova transmissão habilitada e transmissão anterior terminada?
- 4: Enviar dados c/ serviço SDA a partir do bloco de dados 4
- 5: Ler status do serviço corrente
- 6: Transmissão terminada com sucesso?
- 7: Receber confirmação do envio.
- 8: Fim.

**Localização:**

- 1: Subrotinas OB 21 e OB22
- 2: Subrotina OB1/CONTROL
- 3: Subrotina OB1
- 4: Subrotina OB1/SEND
- 5: Subrotina OB1/CONTROL
- 6: Subrotina OB1
- 7: Subrotina RECEIVE
- 8: Subrotina OB1

Figura 6.10: Algoritmo do programa para o PLC S5-115U



**Legenda:**

- 1: Estão chegando dados?
- 2: Receber dados e armazená-los.
- 3: Para efeito de visualização, transferir dados recebidos para flagwords.
- 4: Fim.

**Localização:**

- 1: Subrotina OB1
- 2: Subrotina OB1/L2-REC
- 3: Subrotina OB1
- 4: Subrotina OB1

Figura 6.11: Algoritmo do programa para o PLC S5-95U

#### **6.1.4 RESULTADOS DA TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO DIRETO AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2**

O resultado das implementações utilizando acesso direto ao nível 2 mostrou-se, em todas as variantes testadas, capaz de proporcionar a compatibilidade desejada para a troca de dados no modelo de rede. Os resultados que fundamentam a aprovação deste método como uma possível solução para o problema proposto nesta dissertação são apresentados no item 7.1 .

#### **6.2 TENTATIVA DE START-UP VIA ACESSO PARCIAL AO NÍVEL 2 DO MODELO OSI/ISO**

Aproveitando a experiência anterior com o acesso direto aos serviços do nível 2, fez-se o seguinte questionamento:

“Qual seria o resultado se as próprias CPU’s dos PLC’s gerassem telegramas de acordo com a norma Profibus (parte 1) ?”

A idéia é bastante simples. Quanto mais se atua próximo ao nível 1 do modelo OSI/ISO (nível físico) menores serão os problemas de compatibilização e inicialização da rede. Na verdade, é um aprofundamento da tentativa apresentada no item 6.1.

##### **6.2.1 MODO DE TRABALHO IMPLEMENTADO PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO PARCIAL AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2**

A tarefa coloca-se do seguinte modo:

No PLC 1 há uma determinada quantidade de dados (nesta implementação, o dado está inicialmente no input byte 2) e quer-se transmiti-la para uma área livre de memória no PLC 2 [14]. A tarefa deve ser executada como no caso do item 6.1, i.e., deve-se resolver os problemas de compatibilidade entre a CPU e a placa de comunicação (CP) dos PLCs.

Na programação da tarefa descrita (vide anexo 2), foram inseridas no programa de controle do PLC1 uma subrotina do tipo “SEND Direkt” (a qual envia dados sem que os mesmos sejam trabalhados pela placa de comunicação) e no programa de controle do PLC2, uma subrotina do tipo “RECEIVE Direkt”, com função inversa.

Ao parametrizar a dual-port RAM de ambos os PLC's optou-se, como no item 6.1, por trabalhar com uma única página de memória (1KB), pois o volume de dados para teste é relativamente pequeno.

Observando a subrotina FB SENDD, nota-se a presença de quase todos os parâmetros utilizados no item 6.1. Os parâmetros SSNR e ANR indicam ‘para onde’ quer-se mandar os dados e o parâmetro ANZW irá abrigar neste caso a informação sobre o término do envio de dados. Já os parâmetros QTYP (tipo de fonte de dados), DBNR (número do Data Block onde estão contidos os dados a serem enviados), QANF (endereço de início dos dados) e QLAE (endereço final dos dados) indicam ‘o quê’ desejamos enviar do PLC 1 para o PLC 2. O byte PAFE é um byte de erro, ou seja, indicará eventuais erros que venham a ocorrer na transmissão.

O raciocínio para a FB RECEIVED é análogo, sendo que os parâmetros SSNR e A-NR respondem à pergunta ‘de onde’ vêm os dados recebidos, ANZW abrigará a informação sobre o término do recebimento dos dados. Os parâmetros ZTYP (tipo do destino dos dados), DBNR (número do Data Block onde serão armazenados os dados recebidos), ZANF (endereço inicial de armazenamento dos dados no destino) e ZLAE (endereço final de armazenamento dos dados no destino) indicam ‘o quê’ esta sendo recebido. O byte PAFE possui idêntica função ao da FB SEND.

### **6.2.2 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO PARCIAL AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2**

A implementação em linguagem STEP 5 dos programas para a compatibilização e as máscaras dos parâmetros locais e globais da rede constam do Anexo 2.

### **6.2.3 RESULTADOS DA TRANSMISSÃO DE DADOS POR ACESSO PARCIAL AOS SERVIÇOS DA CAMADA 2**

O resultado das implementações utilizando acesso parcial ao nível 2 mostrou-se capaz de proporcionar a compatibilidade desejada para a troca de dados no modelo de rede. No entanto, tal solução apresentou efeitos indesejáveis sobre o desempenho de outros elementos do sistema. Conforme já mencionado no item 6, pode-se verificar no item 'Conclusões', subitem 'análise de resultados' os resultados que fundamentam a rejeição deste método como uma possível solução para o problema proposto nesta dissertação.

### **6.3 TENTATIVA DE START-UP VIA TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA**

Na verdade, foi justamente com a implementação deste método que foram iniciadas as tentativas de compatibilização da rede.

A forma proposta para a implementação da tratativa global da periferia tornou desnecessária a utilização de camadas superiores à camada de enlace (camada 2 do modelo OSI/ISO), razão pela qual estimou-se, no início, que a incompatibilidade entre a placa do PLC e a placa de rede seria sanada. Isto aconteceu, porém trouxe conseqüências indesejáveis, conforme exposto a seguir.

#### **6.3.1 MODO DE TRABALHO IMPLEMENTADO PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS POR TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA**

Um caminho normal para que o PLC envie dados ao processo e dele também possa receber informações é o uso da periferia inteligente. Surge daí a idéia de se reservar parte desta área de memória (anteriormente reservada para comunicação com o processo) para a troca de dados entre PLCs. Está é a idéia básica desta abordagem.

Nas trocas de dados implementadas via periferia global (GP), as operações foram implementadas via periferia I/O do PLC. Isto equivale a dizer que os dados a serem enviados foram (via programa de controle) alocados na área de memória denominada pelo sistema, PAA (Process Ausgang Abbild, ou seja, imagem do processo de saída). Já os dados

recebidos foram encaminhados, via instruções em linguagem de máquina, para a área de memória denominada PAE (Process Abbild der Eingang). Fica assim melhor caracterizada a denominação dada a esta solução: o termo 'global' refere-se ao fato de se alocar parte da memória do PLC (antes utilizada pelas entradas e saídas locais) para toda e qualquer troca de dados na rede.

O comando para o início da transmissão é simulado por um 'flag' que ao mudar de estado provoca a chamada de uma subrotina do tipo 'Send'. A seguir o programa procede à leitura da área de memória PAA do PLC, verifica a ocorrência de modificações no conteúdo da mesma. Ao final os dados são ordenados e enviados (via Broadcast) a todos os participantes da rede.

Faz-se aqui oportuno um comentário. O método usual para determinar o momento do início de uma transmissão é denominado 'freilaufend', i.e., de livre decurso. No método 'freilaufend' é o CP quem determina este momento. Nesta implementação, ao ignorar este comando do CP, utilizou-se um modo de trabalho que poderia ser definido como 'síncrono', pois o início da transmissão é determinado em sincronismo com o ciclo do programa principal do CLP.

### **6.3.2 IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA PARA A TRANSMISSÃO DE DADOS UTILIZANDO TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA**

A implementação em linguagem STEP 5 dos programas para a compatibilização e as máscaras dos parâmetros locais e globais da rede constam do Anexo 3.

### **6.3.3 RESULTADOS DA TRANSMISSÃO COM UTILIZAÇÃO DE TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA**

O resultado das implementações utilizando tratativa global da periferia foi capaz de proporcionar a compatibilidade desejada para a troca de dados na rede. No entanto, tal solução apresentou efeitos indesejáveis sobre o desempenho de outros elementos do sistema. Conforme já mencionado no item 6, pode-se verificar no item 'Conclusões', subitem 'análise de resultados' os resultados que

fundamentam a rejeição deste método como uma possível solução para o problema proposto nesta dissertação.

Para maior clareza, serão apresentados os dados em duas tabelas.

No primeiro item, serão analisados os resultados, por ciclo de teste e uma análise dos resultados observados por cada uma das implementações efetuadas. Base para esta análise são os resultados de desempenho fornecidos pelo software de rede SIM, o qual armazena automaticamente em uma máquina todos os resultados medidos na rede (on-line). As rotinas utilizadas para medição dos parâmetros de desempenho estão protegidas por chaves de segurança e não se pode alterar seu conteúdo, mas somente seus resultados. Observar que este tipo de resultado fornecido por estas rotinas (ou seja, baseadas em dados da rede, com um período de tempo alvo de execução e armazenado e difícil verificar que as medições são feitas por temporização em Siga).

Todos os parâmetros de desempenho medidos serão listados no Anexo 4.

No segundo item, são analisadas as perspectivas trilhadas para a operacionalização desta rede.

### 7.1 ANÁLISE DE RESULTADOS

#### RESULTADOS DE DESEMPENHO PARA A TENTATIVA VIA MODO LIVRE AO NÍVEL 2

Observando os resultados da subrotina "control", mais especificamente os valores retornados aos bytes de erro do programa principal OBI, conclui-se que as tentativas de envio e recepção de dados foram executadas sem erro. Pode-se concluir que a tarefa de inicialização do CP foi concluída com sucesso pelas subrotinas OB21 e OB22, fato que adicionalmente pode ser comprovado pelo valor retornado no byte de erro das rotinas OB21 e OB22.

Quanto aos diversos modos de operação (SDA, SDV, etc.), nota-se que a variação entre eles não produz alterações significativas na inicialização e desempenho da rede. Após esta constatação, foram feitas análises no modo SDA.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSÕES

Para maior clareza, este tópico está dividido em dois itens.

No primeiro item, denominado análise de resultados, procede-se a uma análise dos resultados oferecidos por cada uma das implementações efetuadas. Base para esta análise são os parâmetros de desempenho fornecidos pelo software de rede NCM, o qual fornece resumidamente em uma máscara todos os parâmetros medidos na rede (on-line). As rotinas utilizadas para medição dos parâmetros de desempenho estão protegidas por chaves de software e não se pode acessar seu conteúdo, mas somente seus resultados. Observando porém o tipo de resultado fornecido por estas rotinas (ou seja, basicamente tempos da rede, como por exemplo o tempo alvo de circulação e outros) não é difícil concluir que as medições são feitas por temporizações em Step5. Todos os parâmetros de desempenho medidos estão listados no Anexo 4.

No segundo item, são analisadas as perspectivas criadas com a operacionalização desta rede.

#### **7.1 ANÁLISE DE RESULTADOS**

##### **RESULTADOS DE DESEMPENHO PARA A TENTATIVA VIA ACESSO LIVRE AO NÍVEL 2**

Observando os resultados da subrotina 'control', mais especificamente os valores retornados nos bytes de erro do programa principal OB1, conclui-se que as tarefas de envio e recepção de dados foram executadas sem erro. Pode-se concluir que a tarefa de inicialização do CP foi conduzida com sucesso pelas subrotinas OB21 e OB22, fato que adicionalmente pode ser comprovado pelo valor retornado no byte de erro das citadas OB21 e OB22.

Quanto aos diversos modos de operação (SDN, SDA, etc.) nota-se que a variação entre eles não produz alterações significativas na inicialização e desempenho da rede. Após esta constatação, foram feitas análises no modo SDA.

Quanto ao aspecto quantitativo, nota-se que o número máximo de bytes úteis que se pode transmitir (por job) é de 242 bytes. Isto decorre da utilização de 'data blocks' como áreas de armazenamento dos dados a serem transmitidos. Cada 'data block' pode conter, no máximo, 250 bytes (limitação imposta pela linguagem Step5). Como foram utilizados 8 bytes para transmissão de informações referentes à formatação dos dados para a transmissão (os quais são utilizados como informação de status pelo nível 2), restam 242 bytes úteis. Isto poderá ser uma limitação no caso de se necessitar transmitir grandes blocos de dados. Pelas próprias características dos processos envolvendo o tipo de rede Profibus, esta limitação não é suficiente para a reprovação desta implementação.

Ainda quanto ao aspecto quantitativo pode-se observar a partir dos resultados referentes aos tempos da rede, mostrados na Tabela 7.1, que com o crescimento da taxa de baud imposta ao sistema ( 9600 a 1500000 baud) , houve um decréscimo geral dos tempos envolvidos (TTR, TSL, TSET, TSDR).

Tabela 7.1: Resultados do acesso livre ao nível 2

	9600 baud	19200 baud	93750 baud	187500 baud	500000 baud	1500000 baud
TSL (x 10 <sup>-3</sup> s)	312,60	157,75	32,44	16,27	6,14	2,06
TSET (x 10 <sup>-3</sup> s)	8,33	4,22	0,90	0,46	0,18	0,61
TSDRmín. (x 10 <sup>-3</sup> s)	15,63	7,81	1,61	0,82	0,31	0,11
TSDRmáx. (x 10 <sup>-3</sup> s)	102,11	51,58	10,58	5,31	1,99	0,67
TTR (x 10 <sup>-3</sup> s)	2813,40	1407,70	288,62	144,56	54,45	18,17

Apesar da característica quase linear com que os tempos da rede acompanharam a variação da taxa de baud, está presente uma não-linearidade que faz com que o número de janelas de bits que representa cada um dos parâmetros de desempenho (TTR, TSL, TSET, TSDR) apresente um pequeno crescimento, quando do incremento da taxa de Baud. Propõe-se a seguinte explicação para o fato: sabe-se que o aumento da taxa de baud, com conseqüente diminuição da largura da 'janela de bit'

e aumento da largura de faixa necessária à transmissão de cada pulso, pode causar uma maior BER (Bit Error Rate). Isto ocorre devido às distorções impostas pelo meio de transmissão aos sinais que nele trafegam, sendo que as curvas de impedância fornecidas pelo fabricante (tanto a parte real quanto a imaginária) mostram claras variações das mesmas com a frequência, provocando assim maior espalhamento do sinal, maior interferência entre símbolos (IES) e conseqüente aumento da BER. Com o aumento da BER, maior é o tempo gasto pela CPU para os procedimentos de detecção e correção de erros impostos pelos algoritmos da camada de enlace. Assim, cresce o número de janelas de bits necessários para tais procedimentos.

Não obstante tais considerações, numa análise qualitativa, pode-se afirmar que ocorreu um acréscimo no desempenho do sistema, que se tornou mais ágil e conseguiu acompanhar quase que linearmente a exigência de uma maior capacidade de transmissão. Uma análise quantitativa deste índice de desempenho só faz sentido em uma aplicação concreta. No entanto, pode-se afirmar que, dada a ordem de grandeza dos tempos obtidos em nossos testes (para a taxa=1.500.000 baud, TTR da ordem de 18 ms), para um número restrito de nós na rede (no caso este número era 2) e mensagens de até 242 bytes, a velocidade de resposta da rede é suficiente para aplicações que envolvam tarefas que exijam respostas em tempos da ordem de 40ms.

Destarte, o objetivo proposto foi alcançado. A implementação via acesso livre ao nível 2 pode ser utilizada como solução do problema de programação e compatibilização da rede Profibus.

#### **RESULTADOS DE DESEMPENHO DA REDE PARA A TENTATIVA VIA ACESSO PARCIAL AO NÍVEL 2**

No primeiro teste (para taxa de baud=9600 baud) deste modelo, embora houvesse troca de dados entre os nós da rede, o sistema estava muito lento, i.e., os valores dos parâmetros de desempenho medidos indicavam que a velocidade de resposta da rede havia caído muito em relação à implementação via acesso direto ao nível 2.

A explicação reside na sobrecarga das CPUs dos PLCs que receberam a tarefa adicional de processar a comunicação. Tal abordagem, de fato, resolveu o problema dos erros de comunicação.

Os resultados destes testes são mostrados na Tabela 7.2.

Tabela 7.2: Resultados do acesso parcial ao nível 2

	9600 baud	19200 baud	93750 baud	187500 baud	500000 baud	1500000 baud
TSL (x 10 <sup>-3</sup> s)	418,88	210,01	43,15	(*)	(*)	(*)
TSET (x 10 <sup>-3</sup> s)	23,96	12,19	2,56	(*)	(*)	(*)
TSDRmín. (x 10 <sup>-3</sup> s)	21,05	11,04	2,37	(*)	(*)	(*)
TSDRmáx. (x 10 <sup>-3</sup> s)	106,70	53,35	10,92	(*)	(*)	(*)
TTR (x 10 <sup>-3</sup> s)	96593,00	48817,00	11,82	(*)	(*)	(*)

(\*) CPU em Stop devido a ultrapassagem do tempo de ciclo.

Devido ao baixíssimo desempenho (TTR's da ordem de segundos) apresentado pelo sistema como um todo, esta abordagem foi rejeitada.

#### RESULTADOS DE DESEMPENHO DA REDE PARA A TENTATIVA VIA TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA

Da observação da área de periferia reservada para a troca de dados (nesta implementação PB 20 a PB 49 para as entradas e PB 60 a PB 89 para as saídas) pode-se concluir que esta abordagem proporcionou a troca de dados.

Não foi possível, entretanto, medir os parâmetros de desempenho da rede. Isto decorre da impossibilidade que tem o software de gerenciamento de rede de acessar a área PAA e PAE do PLC, a fim de efetuar as temporizações.

Pode-se apenas prever que, se tal medição fosse feita, seriam obtidos tempos menores que os do caso do acesso parcial e maiores que os do caso do acesso direto. Tal raciocínio explica-se da seguinte maneira:

- Os tempos seriam menores que os do caso do acesso parcial, pois no caso da tratativa global a CPU da placa de

comunicação continua auxiliando no processamento das mensagens, o que com certeza torna o sistema mais rápido.

- Os tempos seriam maiores que os do caso do acesso direto, pois basicamente o acesso direto tem a vantagem de não necessitar acessar a área de periferia e , presume-se, desta forma que o tempo de preparação dos dados deve ser menor que o do caso da tratativa global.

## **7.2 PERSPECTIVAS**

Após este trabalho, contando com o incentivo do Departamento de Eletrônica, foi elaborada uma intensa programação de utilização deste sistema. Pode-se fazer uma análise positiva dos problemas (de compatibilização) enfrentados. As abordagens implementadas serão expostas aos alunos e utilizadas como exercício de programação, fato este que certamente vai auxiliar os mesmos no desenvolvimento de suas habilidades neste campo.

## CAPÍTULO 8

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Franco, Lúcia R.H.R. Normas para o fieldbus, IPESI, p.36-41, junho 1996.
- [2] Instrument Society of America. Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems. Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition, setembro 1992.
- [3] Profibus User Organization. Technical Description, maio 1994.
- [4] Franco, Lúcia R.H.R. Sensores Inteligentes e o barramento de campo: a inteligência distribuída na automação industrial, INSTEC, n°. 59, p. 52-5, outubro 1992.
- [5] Caro, Richard H. The SP50 Perspective, Industrial Computing, p. 34-9, outubro 1994.
- [6] Franco, Lúcia R.H.R. et al. . Comunicação em Chão de Fábrica- Solução Fieldbus, Anais do 3º Congresso Brasileiro da ISA/1º Congresso Internacional da ISA- ISA Show Brasil
- [7] SIEMENS - SINEC CP 5412 TF, Manual, SIEMENS AG, 1992.
- [8] Fortier, Paul J. Handbook of LAN Technology, Ed. Mc Graw-Hill, 1989.
- [9] Franco, Lúcia R.H.R. O Modelo de Referência OSI e as Redes de Barramento de Campo, INSTEC, n°. 82, p. 18-23, outubro 1994.
- [10] Thomesse, J.P. Factory Instrumentation Protocol. Control Engineering, p. 65-7, setembro 1991.
- [11] SIEMENS - SIMATIC S5 S5-115U, Programmable Controller, Manual, SIEMENS AG, 1991

- [12] SIEMENS - SINEC CP 5430 TF with COM 5430 TF, CP 5431 FMS with COM , Manual, Volume 1, SIEMENS AG, 1995.
- [13] Santori, Michael. Device descriptions: The key to fieldbus interoperability. Intech, p. 40-3, março 1995.
- [14] SIEMENS - SIMATIC S5 SINEC L2 Interface of the S5-95U Programmable Controller, Manual, SIEMENS AG, 1993.

As interfaces CPU do PLC1 e CPU do PLC2 são configuradas através das chamadas dos subrotinas DB1 e DB2. A partir daí, o PLC 1 e o PLC2 serão enviados dados (escritos nos slots A e B) do PLC 1 para o PLC 2.

Os dados recebidos pelo PLC 2, através do serviço SDA, são armazenados na área de memória reservada no slot block 3 (endereços 4 a 64).

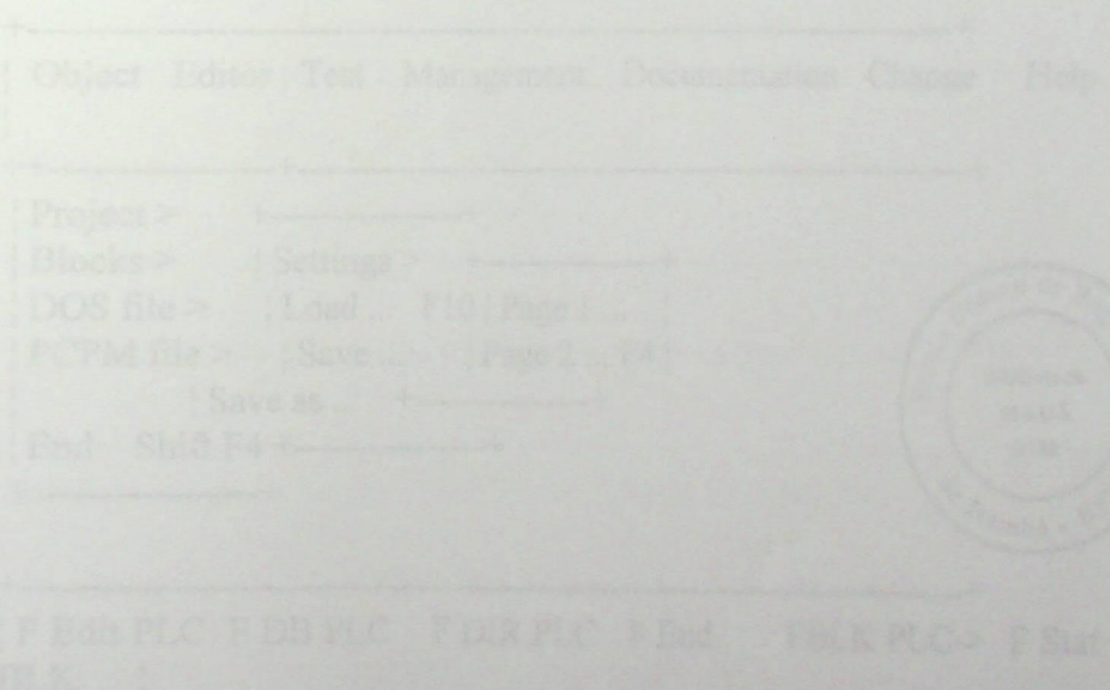
Como os dados são enviados através do serviço SDA do nível 2 do modelo OSI/ISO, o PLC 1 deverá responder com uma confirmação de recepção dos dados (a ser armazenada nos slots 76 a 81 do slot block 4).

Provê-se a recepção dos dados recebidos dos pontos finais do nível 3 do modelo OSI/ISO, através do nível 2 do modelo OSI/ISO de recebimento da confirmação.

### ANEXO 1

#### PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EM STEP5 PARA ACESSO DIRETO AO NÍVEL 2

1) Início do projeto: Ativação de parâmetros globais (para todos os PLCs):



Inicializou-se a rede com o seguinte funcionamento do programa:

As interfaces CPU do PLC/CPU do CP serão sincronizadas através das chamadas das subrotinas OB21 e OB22. Após isto, do PLC 1 (115U) serão enviadas dados (escritos nas palavras 4 a 64 do data block 4) ao PLC 2.

Os dados recebidos pelo PLC 2, através do serviço SDA serão armazenados na área de memória reservada na data block 5 (palavras 4 a 64).

Como os dados são enviados através do serviço SDA do nível 2 do modelo OSI/ISO, o PLC 2 deverá responder com uma confirmação de recepção dos dados ( a ser armazenada nas palavras 76 a 81 do data block 4).

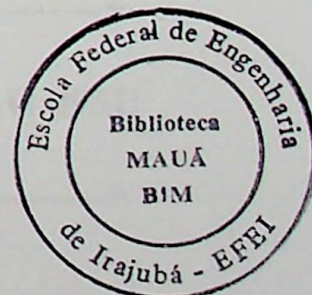
Prova-se a superação das incompatibilidades das placas (acima do nível 3 do modelo OSI/ISO) através do correto envio de dados e do recebimento da confirmação.

A seqüência do projeto e os respectivos programas são transcritos abaixo:

**1) Início do projeto: Alocação de parâmetros globais (para todos os PLCs):**

```
+-----+
| Object Editor Test Management Documentation Change Help
|
+-----+
| Project > +-----+
| Blocks > | Settings > +-----+
| DOS file > | Load ... F10 | Page 1 ... |
| PCPM file > | Save ... | Page 2 ... F4 |
|           | Save as ... +-----+
| End Shift F4 +-----+
+-----+

+-----+
| F Edit PLC F DB PLC F DIR PLC F End FBLK PLC-> F Stat
| BLK |
```





```
| XRF file      : C:AG095UXR.INI      |
| Symbols file  : C:AG0095Z0.INI [ RW ] |
| Sequential file : C:AG0095Z0.SEQ [ RW ] |
| Footer file   : C:AG0095F1.INI      |
| SYSID file    : C:AG0095SD.INI      |
| Path file     : AG0095AP.INI      (in system direc.) |
| Doc comm file : C:AG0095SU.INI      |
+-----+-----+-----+-----+
```

```
F      F      F      F      F      F      F      F Help
1      2      3 Select 4 Page 2 5      6 Save 7 Info 8 Return
```

**4) Programa mestre para o PLC AG095U contendo instrução para recebimento de dados e atualização de flags de acordo com os dados recebidos :**

```
+----- Edit STEP 5 block(s) -----+
| Program file: C:AG095UST.S5D      |
|                                     |
| +----- Selection -----+      |
| || Block:   [OB1           ]||      |
| || Search key : [           ]||      |
| +-----+-----+-----+      |
| +- Confirm before overwriting --+ +- Update XRF      --+ |
| || (X) Yes   () No   || (X) Yes   () No   ||      |
| +-----+-----+-----+      |
| +- Update seq. source file  --+      |
| || (X) Yes   () No   |      |
| +-----+-----+-----+      |
+-----+-----+-----+-----+
```

```

OB 1          C:AG095UST.S5D          LEN=20
Segment 1          Edit
  :A F 79.0          testar cond. de início
  :JC FB 253          jump condicional se teste ok
Name :L2-REC
A-NR : KY 0,150          set job number
ZTYP : KS DB          set tipo de destino
DBNR : KY 0,5          set número do data block
ZANF : KF +0          set byte de início
ZLAE : KF -1          string curinga/tamanho var.
  :C DB 5          abrir data block
  :L DW 5          carrega ACCU1
  :T FW 5          atualiza flagword
  :L DW 7          carrega ACCU1
  :T FW 7          atualiza flagword
  :
  :BE          fim do segmento
    
```

```

F      F      F      F Sym com F      F Seg com F Extras F Help
1      2      3 Delete 4      5      6 Compl seg7 Enter 8 Cancel
    
```

**5) Programação do bloco de dados com cabeçalho e preparação de memória para receber dados com o serviço Send data with acknowledge, para o PLC 095U:**

```

DB5  C:AG095UST.S5D          LEN=81 /6
                                byte1/byte 2
  0:  KH = 0200;          Fdl confirmation 'dados recebidos'/user id
  1:  KH = 0000;          service code (00=SDA)/link status
  2:  KH = 0028;          prioridade(00=baixa)/remote SAP
  3:  KH = 02FF;          Endereço send-station/fixo FF
  4:  KS ='              ';livre para dados recebidos
 16:  KS ='              ';;
 28:  KS ='              ';;
 40:  KS ='              ';;
 52:  KS ='              ';;
 64:  KS ='              ';;
    
```

76:

F Lib no F FLine fwd FLine backF Title F Comment F Help  
1Expand DC2Delete DC3Expand DF4Delete DF5 KG test 6 7 Enter  
8 Cancel

### 6) Programação do Data Block do sistema contendo parâmetros para troca de dados do PLC 095U:

DB1 C:AG095UST.S5D

LEN=226 /4

```
0: KS='DB1 OBA: AI 0 ; OBI: ' ;
12: KS=' ' ; OBC: CAP N CBP ' ;
24: KS='N ' ; #SL1: SLN 1 SF ' ;
36: KS='DB2 DW0 EF DB3 DW0 ' ;
48: KS=' KBE MB100 KBS MB1 ' ;
60: KS='01 PGN 1 ; #SDP: N ' ;
72: KS='T 128 PBUS N ; TFB: OB13 ' ;
84: KS=' 100 ' ; #CLP: STW MW10 ' ;
96: KS='2 CLK DB5 DW0 ' ;
108: KS=' SET 3 01.10.91 12:00: ' ;
120: KS='00 OHS 000000:00:00 ' ;
132: KS=' TIS 3 01.10. 12:00:00 ' ;
144: KS=' STP Y SAV Y CF 00 ' ;
156: KS=' ; # SL2: TLN 3 STA AKT ' ;
      endereço=2/status=akt
168: KS=' BDR 1500 HSA 32 TTR ' ;      baudrate=1500kbps
180: KS='288000 SET 80 ST 3000 ' ;      parametros da rede
192: KS='SDT 1 150 SDT 2 980 ' ;      parametros da rede
204: KS=' STBR 50 MB79 ' ;      parametros da rede
216: KS=' ; END ' ;
221:
```

F F Lib no F FLine fwd FLine backF Title F Comment F  
Help  
1Expand DC2Delete DC3Expand DF4Delete DF5 KG test 6 7 Enter  
8 Cancel

### 7) Alocação de parâmetros globais /PLC 115U

+-----+  
!Settings (page 2) in C:\STEP5\S5\_STFBLOCKPJ.INI |

```
| Mode      : Offline  [ --- ]  Representation : STL      |
| PLC type  :                               |
| Interface : AS511          Checksum   : No          |
| Path name :                               |
| Path file : AG0115AP.INI (in system direc.)      |
| Symbols   : Yes           Symbol length : 8         |
| Display   : Sym          Comment length : 40        |
| Comments  : Yes                               |
| Documentation: (X) on printer Char. set : ASCII    |
|              () to file   Footer   : No           |
|              Name: C:PT10GFLS.INI                |
| Printer file : PT10GFDR.INI (in system direc.)    |
| Diagnosis  : --                               |
+-----+
```

```
F      F      F      F      F      F      F      F Help
1      2      3 Select 4 Page 1 5      6 Save 7 Info 8 Return
```

### 8) Definição de diretórios e arquivos de trabalho/PLC 115U

```
+-----+
| Settings (page 1)   in C:\STEP5\S5_ST\FBLOCKPJ.INI |
| Working dir        : C:\STEP5\S5_ST                |
| Program file       : C:AG115UST.S5D [ RW ]   Data mgment : S5DOS |
| XRF file           : C:AG115UXR.INI           |
| Symbols file       : C:AG0115Z0.INI [ RW ]     |
| Sequential file    : C:AG0115Z0.SEQ [ RW ]     |
| Footer file        : C:AG0115F1.INI           |
+-----+
```

```
| SYSID file      : C:AG0115SD.INI          |
| Path file      : AG0115AP.INI          (in system direc.) |
| Doc comm file  : C:AG0115SU.INI          |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

**9) Programa mestre para o PLC 115U contendo instrução para envio de dados e recebimento da confirmação de que a mensagem chegou a seu destino (serviço SDA):**

OB 1	C:AG115UST.S5D	LEN=42
Segment 1		Output
:JU FB 247		ler status do serviço SDA
Name :CONTROL		
SSNR : KY 0,0		número da interface
A-NR : KY 0,140		número do job
ANZW : FW 24		palavra de controle
PAFE : FY 6		byte de erro
:A I 4.1		comando manual p/envio
:AN F 25.1		executando outro envio?
:JC FB 244		se result.=1, jump send
Name :SEND		
SSNR : KY 0,0		número da interface
A-NR : KY 0,140		número do job
ANZW : FW 24		palavra de controle
QTYP : KS DB		tipo da fonte dados
DBNR : KY 0,4		número da fonte
QANF : KF +0		byte de início
QLAE : KF +76		último byte a transmitir
PAFE : FY 7		byte de erro
:JU FB 247		ler status do serv. SDA
Name :CONTROL		
SSNR : KY 0,0		número da interface
A-NR : KY 0,140		número do job
ANZW : FW 24		palavra de controle
PAFE : FY 8		byte de erro
:A F 25.0		Se envio ok, espere conf.
:JC FB 245		jump condicional
Name :RECEIVE		

SSNR : KY 0,0	número da interface
A-NR : KY 0,140	número do job
ANZW : FW 24	palavra de controle
ZTYP : KS DB	tipo de destino da confirm.
DBNR : KY 0,4	data block p/ confirm.
ZANF : KF +77	byte de início p/confirm.
ZLAE : KF -1	curinga/tamanho confirm.
PAFE : FY 9	byte de erro
:	
:BE	fim

1165:Screen margin reached

FAddressesF Lib no FSymb. ABSF Symb com F -> LAD F Seg com F

Save F Help

1Disp symb2Reference3 Search 4Diagnosis5 Seg fct 6 Edit 7 Enter 8  
Cancel

**10) Programação do bloco de dados com cabeçalho e preparação de memória, no PLC 115U , que contém os dados a serem enviados com o serviço Send data with acknowledge :**

DB4 C:AG115UST.S5D

LEN=87 /8

0:	KH = 0000;	fdl-request/user id
1:	KH = 0000;	service code(SDA=00)/linksatatus
2:	KH = 0032;	service class(low)
3:	KH = 03FF;	endereço do dest./irrelevante
4:	KS =' ;	dados a serem enviados
16:	KS =' ;	“
28:	KS =' ;	“
40:	KS =' ;	“
52:	KS =' ;	“
64:	KS =' ;	“
76:	KH = 6530;	link-status/confirmation
77:	KH = 0100;	“
78:	KH = 0000;	“
79:	KH = 0032;	“
80:	KH = 03FF;	“
81:	KH = 6530;	“
82:		

F F Lib no F FLine fwd FLine backF Title F Comment F  
Help  
1Expand DC2Delete DC3Expand DF4Delete DF5 KG test 6 7 Enter  
8 Cancel

**11) Os programas a seguir são responsáveis pela sincronização da CPU do PLC com a placa de comunicação respectiva (válido apenas para o PLC 115U, pois o 095U processa a comunicação através de sua CPU principal):**

A subrotina OB21 é chamada pelo sistema automaticamente quando da energização do PLC. Já a subrotina OB22 é sempre executada quando ocorre a passagem de estado 'stop' para 'run' no PLC.

OB 21 C:AG115UST.S5D LEN=11  
Segment 1 Edit  
:JU FB 249 sincroniza na energizacao  
Name :SYNCHRON  
SSNR : KY 0,0 número da interface  
BLGR : KY 0,3 tamanho da DPR  
PAFE : QB 8 byte de erro  
:BE fim

OB 22 C:AG115UST.S5D LEN=11  
Segment 1 Output  
:JU FB 249 sincroniza em stop => run  
Name :SYNCHRON  
SSNR : KY 0,0 número da interface  
BLGR : KY 0,3 tamanho da DPR  
PAFE : QB 9 byte de erro  
:BE fim

11A7:Key blocked

FAddressesF Lib no FSymb. ABSF Sym com F -> LAD F Seg com F  
Save F Help  
1Disp symb2Reference3 Search 4Diagnosis5 Seg fct 6 Edit 7 Enter 8  
Cancel

## 12) Ajuste dos parâmetros da rede/arquivos de trabalho

Fixou-se neste ponto do projeto em quais arquivos serão gravados os dados desta configuração de rede e demais parâmetros associados. Informou-se o modo de trabalho e os arquivos para documentação do projeto.

É importante salientar que, enquanto os ajustes anteriores foram feitos na CPU do PLC, este ponto do projeto é executado na CPU da placa de comunicação.

```
+-----+
|                                             |
|          SINEC NCM                          |
|          V 4.5                             |
|                                             |
| (N)etwork and (C)ommunication (M)anagement |
|                                             |
| Copyright (c) 1994 by SIEMENS AG          |
| All Rights reserved                       |
|                                             |
+-----+ OK -----+
```

SINEC NCM (ENDE)  
Grundeinstellungen

---

ART DES CP : CP5431 STATUS : OFFLINE FD

DATENBASIS-DATEI : C : QDATAB01

DOKUMENTATION : SCHRIFTFUSS AUS  
DRUCKERAUSGABE AUS

DRUCKERDATEI : C : QCHICODR.INI  
SCHRIFTFUSSDATEI : C : QCHICOF1.INI

F F F F F F F F HILFE  
1 2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8 AUSWAHL

### 13) projeto dos enlaces a serem utilizados

Através do software NCM indicou-se à placa de comunicação do PLC 115U qual enlace seria utilizado e quais são os parâmetros associados.

= Init Editieren Netz Laden Test Werkzeuge  
FMS

SINEC CP 5431

```
+-----+
| CP Init      |
| Uhr Init     |
| Netzparameter - global |
| Netzparameter - lokal |
| Verbindungen +-----+
| VFD Variablen Editor| Freie Layer2-Verb. |
| Peripherie      | AGAG-Verb.      |
| Dokumentation   | FMS Verbindungen |
+-----+
```

Freie Layer2-Verbindungen

CP Typ: CP5431 (ENDE)

Verbindungseitor freie Layer 2 - Verbindungen Quelle: C:QDATAB01

Lokale L2 - Teilnehmeradresse : 1

PRIOR (H/L) : L

Parameter Senden / Empfangen :

	Kommentaer
SSAP : 28	endereco SAP
SSNR : 0	número da interface
ANR : 140	job number

F F F F F F F F HILFE  
1 +1 2 -1 3 4 EINGABE 5 LOESCHEN 6 7 UEBERN. 8  
AUSWAHL

inicialmente a rede com o seguinte funcionamento de programa:

As interfaces CPU dos PLCs serão sincronizadas através das chamadas das subrotinas OB31 e OB32. Após isto, do PLC 1 (1131) serão enviados dados (atribuições ao sistema na área de memória correspondente ao início byte 2) ao PLC 2.

Os dados recebidos pelo PLC 2 através do serviço SDA serão armazenados na área de memória reservada ao início byte 5. Neste caso, por simplicidade inicial, foi enviada apenas 1 byte (o que pode ser observado pelo parâmetro QUA5=QLAE+1 nas rotinas principais dos dois PLCs). Após isso o modelo foi testado para um número maior de bytes, até o limite de 128 bytes, sendo de qual o sistema não mais respondeu.

Como os dados são enviados através do serviço SDA do nível 2 do modelo OSI/ISO, o PLC 2 deverá responder com uma confirmação de recepção dos dados e a ser um bit 2 das palavras flag word 19

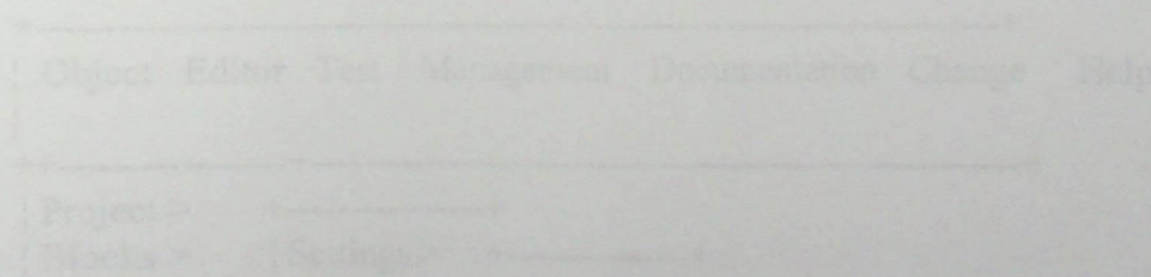
**ANEXO 2**

**PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EM STEP5  
PARA ACESSO PARCIAL AO NÍVEL 2**

Prova-se a existência das incompatibilidades em nível 1 do modelo OSI/ISO através do envio e recebimento de confirmação (o bit 2 de flag word 19 estado lógico "1" indicando que o envio de dados ocorreu).

A sequência do projeto e os respectivos programas são os a seguir:

- 1) - Início do projeto: Atribuição parâmetros globais para todos os PLCs);



Inicializou-se a rede com o seguinte funcionamento do programa:

As interfaces CPU dos PLCs serão sincronizadas através das chamadas das subrotinas OB31 e OB32. Após isto, do PLC 1 (115U) serão enviados dados (oferecidos ao sistema na área de memória correspondente ao input byte 2) ao PLC 2.

Os dados recebidos pelo PLC 2, através do serviço SDA serão armazenados na área de memória reservada ao output byte 6. Neste caso, por simplicidade inicial, foi enviado apenas 1 byte (o que pode ser observado pelo parâmetro QLAE=ZLAE=1 nas rotinas principais dos dois PLCs). Após isto, o modelo foi testado para um número maior de bytes, até o limite de 128 bytes, acima do qual o sistema não mais respondeu.

Como os dados são enviados através do serviço SDA do nível 2 do modelo OSI/ISO, o PLC 2 deverá responder com uma confirmação de recepção dos dados ( a ser armazenada no bit 2 das palavras flagword 10 e flagword 20, pela subrotina CONTROL a ser chamada nas rotinas principais dos PLCs 115U e 095U ). Aliás, esta é a função principal da subrotina CONTROL, ou seja, verificar o estado da tarefa e preencher uma palavra de informação indicando o resultado cíclico desta verificação.

Prova-se a superação das incompatibilidades das placas (acima do nível 1 do modelo OSI/ISO) através do correto envio de dados e do recebimento da confirmação (o bit 3 do flagbyte MB 3 é chaveado para o estado lógico '1' indicando que o envio de dados ocorreu sem erros).

A seqüência do projeto e os respectivos programas são transcritos abaixo:

**1) Início do projeto: Alocação parâmetros globais (para todos os PLCs):**

```
+-----+
| Object Editor Test Management Documentation Change Help
|
++-----+
| Project > +-----+
| Blocks > | Settings > +-----+
```

```
| DOS file > | Load ... F10 | Page 1 ... |
| PCPM file > | Save ... | Page 2 ... F4 |
|           | Save as ... +-----+
| End   Shift F4 +-----+
+-----+
```

```
+-----+
| F Edit PLC F DB PLC F DIR PLC F End FBLK PLC-> F Stat
| BLK |
| 1 Edit 2 DB 3 DIR 4 Presets 5BLK ->PLC 6 Comp BLK
| >>|
+----- Other key assignments with TAB -----
+
The project settings can be modified
```

## 2) Continuação da alocação de parâmetros globais /PLC 095U

```
+-----+
| Settings (page 2) in C:\STEP5\S5_ST\FB2LOCPJ.INI |
|
| Mode : Offline [ --- ] Representation : STL |
| PLC type : AG 095U |
| Interface : AS511 Checksum : No |
| Path name : |
| Path file : AG0952AP.INI (in system direc.) |
|
| Symbols : Yes Symbol length : 8 |
| Display : Sym Comment length : 40 |
| Comments : Yes |
|
| Documentation: (X) on printer Char. set : ASCII |
| ( ) to file Footer : No |
| Name: C:PT11GFLS.INI |
|
| Printer file : PT11GFDR.INI (in system direc.) |
|
| Diagnosis : -- |
+-----+
```

## 3) Definição de diretórios e arquivos de trabalho/PLC AG 095U

```
+-----+
|Settings (page 1)   in C:\STEP5\S5_ST\FB2LOCPJ.INI      |
|Working dir       : C:\STEP5\S5_ST                    |
|Program file      : C:AG952UST.S5D [ RW ]   Data mgment : S5DOS
|XRF file          : C:AG952UXR.INI
|Symbols file      : C:AG0952Z0.INI [ RW ]
|Sequential file   : C:AG0952Z0.SEQ [ RW ]
|Footer file       : C:AG0952F1.INI
|SYSID file        : C:AG0952SD.INI
|Path file         : AG0952AP.INI   (in system direc.)
|Doc comm file     : C:AG0952SU.INI
+-----+
```

```
F   F   F   F   F   F   F   F Help
1   2   3 Select 4 Page 2 5   6 Save 7 Info 8 Return
```

**4) Programa mestre para o PLC AG095U contendo instrução para recebimento de dados e atualização de flags de acordo com os dados recebidos :**

```
+----- Edit STEP 5 block(s) -----+
|
| Program file: C:AG952UST.S5D
|
|+----- Selection -----+
| Block: [OB1 ]|
| Search key : [ ]|
|
|+-----+
|+- Confirm before overwriting --+ +- Update XRF --+ |
```

```

|| (X) Yes   ( ) No   || (X) Yes   ( ) No ||
+-----+ +-----+
+- Update seq. source file  --+
|| (X) Yes   ( ) No   ||
+-----+

```

```

OB 1                C:AG952UST.S5D                LEN=23
Segment 1          Edit
  :SPA FB 347      jump FB control/ler status servico SDA
Name :CONTROL
SSNR : KY 0,80    set número da interface
A-NR : KY 0,118  set número do 'job'
ANZW : MW 20     palavra armazena status da tarefa
PAFE : MB 4      byte de erro
:
  :U M 21.0      se M21.0=1, existem dados a receber
  :SPB FB 345    jump condicional para receive
Name :RECEIVED    receive tipo direto
SSNR : KY 0,80   número da interface
A-NR : KY 0,118 número do job
ANZW : MW 20     palavra de controle
ZTYP : KC AB     tipo de destino dados (output byte !)
DBNR : KY 0,0   data block não usado
ZANF : KF +6    endereco inicial p/ colocar dados receb.
ZLAE : KF +1    tamanho campo dados a receber
PAFE : MB 5     byte de erro

:BE              fim

```

```

F   F   F   F Sym com F   F Seg com F Extras F Help
1   2   3 Delete 4   5   6Compl seg7 Enter 8 Cancel

```

### 5) Alocação de parâmetros globais /PLC 115U

```

+-----+
|Settings (page 2)   in C:\STEP5\S5_ST\FB3LOCPJ.INI   |
|                                                           |
|                                                           |

```

```
| Mode      : Offline [ --- ] Representation : STL      |
| PLC type  : AG 115U                               |
| Interface : AS511          Checksum      : No         |
| Path name :                                         |
| Path file : AG1152AP.INI (in system direc.)         |
|-----|
| Symbols   : Yes          Symbol length : 8           |
| Display   : Sym         Comment length : 40          |
| Comments  : Yes                                               |
|-----|
| Documentation: (X) on printer Char. set   : ASCII     |
|               () to file   Footer      : No         |
|               Name: C:PT13GFLS.INI                    |
|-----|
| Printer file : PT13GFDR.INI (in system direc.)       |
|-----|
| Diagnosis   : --                                           |
|-----|
```

```
+-----+
F      F      F      F      F      F      F      F Help
1      2      3 Select 4 Page 1 5      6 Save 7 Info 8 Return
```

**6) Definição de diretórios e arquivos de trabalho/PLC 115U**

```
+-----+
| Settings (page 1)   in C:\STEP5\S5_ST\FB3LOCPJ.INI    |
|-----|
| Working dir        : C:\STEP5\S5_ST                   |
|-----|
| Program file       : C:AG1152ST.S5D [ RW ]   Data mgmt : S5DOS
|-----|
| XRF file           : C:AG1152UX.INI
|-----|
| Symbols file       : C:AG1152Z0.INI [ RW ]
|-----|
| Sequential file    : C:AG1152Z0.SEQ [ RW ]
|-----|
| Footer file        : C:AG1152F1.INI
|-----|
| SYSID file         : C:AG1152SD.INI
|-----|
```

```
| Path file      : AG1152AP.INI      (in system direc.) |
| Doc comm file : C:AG1152SU.INI    |
+-----+-----+
```

7) Programa mestre para o PLC 115U contendo instrução para envio de dados e recebimento da confirmação de que a mensagem chegou a seu destino (serviço SDA):

OB 1	C:AG1152UST.S5D	LEN=48
Segment 1	Output	
:JU FB 347	ler status do serviço SDA	
Name :CONTROL		
SSNR : KY 0,60	número da interface	
A-NR : KY 0,19	número do job	
ANZW : MW 10	palavra de status	
PAFE : MB 2	byte de erro	
:U E 1.0	autorização p/envio dos dados	
:UN M 11.1	executando outro envio?	
:JC FB 344	se res. =1, envie os dados	
Name :SENDD	send tipo direto	
SSNR : KY 0,60	número da interface	
A-NR : KY 0,19	número do job	
ANZW : MW 10	palavra de controle	
QTYP : KC EB	tipo da fonte dados ( input byte ! )	
DBNR : KY 0,0	data block/não utilizada	
QANF : KF +2	byte de início	
QLAE : KF +1	número de bytes a transmitir	
PAFE : MB 3	byte de erro	

1165:Screen margin reached

FAddressesF Lib no FSymb. ABSF Sym com F -> LAD F Seg com F

Save F Help

1Disp symb2Reference3 Search 4Diagnosis5 Seg fct 6 Edit 7 Enter 8

Cancel

8) Os programas a seguir são responsáveis pela sincronização das CPU's dos PLCs entre si.

A subrotina OB31 é chamada pelo sistema automaticamente quando da energização do PLC.

A subrotina OB32 é sempre executada quando ocorre a passagem de estado 'stop' para 'run' no PLC.

```
OB 31          C:AG1152UST.S5D          LEN=10
Segment 1          Edit
  :JU FB 349          sincroniza na energizacao
Name :SYNCHRD
SSNR : KY 0,60          número da interface
BLGR : KY 0,0          tamanho da DPR
PAFE : MB 6          byte de erro
  :BE          fim
```

```
OB 32          C:AG1152UST.S5D          LEN=10
Segment 1          Output
  :JU FB 349          sincroniza em stop => run
Name :SYNCHRD
SSNR : KY 0,60          número da interface
BLGR : KY 0,0          tamanho da DPR
PAFE : MB 6          byte de erro
  :BE          fim
```

11A7:Key blocked

FAddressesF Lib no FSymb. ABSF Sym com F -> LAD F Seg com F  
Save F Help

1Disp symb2Reference3 Search 4Diagnosis5 Seg fct 6 Edit 7 Enter 8  
Cancel

### 9) Ajuste dos parâmetros da rede/arquivos de trabalho

Fixou-se neste ponto do projeto em quais arquivos serão gravados os dados desta configuração de rede e demais parâmetros associados. Informou-se o modo de trabalho e os arquivos para documentação do projeto.

Este ponto do projeto é executado na CPU da placa de comunicação.

+-----+

```

SINEC NCM
V 4.5
(N)etwork and (C)ommunication (M)anagement |
Copyright (c) 1994 by SIEMENS AG |
All Rights reserved |
+----- OK -----+
```

SINEC NCM (ENDE)  
Grundeinstellungen

---

ART DES CP : CP5431 STATUS : OFFLINE FD

DATENBASIS-DATEI : C : OLAGER1.TF

DOKUMENTATION : SCHRIFTFUSS AUS  
DRUCKERAUSGABE AUS

DRUCKERDATEI : C : OLAGERDR.INI  
SCHRIFTFUSSDATEI : C : OLAGERF1.INI

F F F F F F F F HILFE  
1 2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8 AUSWAHL

### 10) projeto dos enlaces a serem utilizados

Através do software NCM indicou-se à placa de comunicação do PLC 115U qual enlace seria utilizado e quais são os parâmetros associados.

= Init Editieren Netz Laden Test Werkzeuge  
FMS

SINEC CP 5431

```

+-----+
| CP Init |
| Uhr Init |
| Netzparameter - global |
```

```
| Netzparameter - lokal |
| Verbindungen +-----+
| VFD Variablen Editor| Freie Layer2-Verb. |
| Peripherie | AGAG-Verb. |
| Dokumentation | FMS Verbindungen |
+-----+
```

Freie Layer2-Verbindungen

SINEC-NCM (ENDE)

Editieren - CP Init Grundinitialisierung      Quelle: C:OLAGER1.TF

---

Urladedenaten :

SIMATIC Spezifika :

L2 - Adresse : 18                      Basis-SSNR : 60  
Aktiv / Passiv : AKTIV              Anzahl Schnittst. : 1  
Netzdatei : PROFINCM.NET

Informative Parameter :

Modulart : EPROM                      Modulgroesse : 64 KB  
Baugruppenkennung : CP5431  
Firmware-Version : V 3.03  
Erstellungsdatum : 01.02.97  
Anlagenbezeichnung : EFEI/TESE/CHUCRE

F    F    F    F    F    F    F    F HILFE  
1    2    3    4    5    6    7 UEBERN. 8 AUSWAHL

= Init Editieren Netz Laden Test Werkzeuge

SINEC CP 5431

FMS

```
+-----+
| CP Init |
| Uhr Init |
| Netzparameter - global |
| Netzparameter - lokal |
| Verbindungen +-----+
| VFD Variablen Editor| Freie Layer2-Verb. |
| Peripherie | AGAG-Verb. |
| Dokumentation | FMS Verbindungen |
+-----+
```

AGAG Verbindungen

CP Typ: CP5431 (ENDE)

Verbindungseditor AGAG - Verbindungen

Quelle:

C:OLAGER1.TF

---

Lokale L2 - Teilnehmeradresse : 18 'endereço plc local'

Entfernte L2 - Teilnehmeradresse : 19 'endereço plc remoto'

PRIO (H/L/I) : L 'prioridade'

SSAP : 20 'SAP -caixa postal- da fonte dos dados'

DSAP : 19 'SAP-caixa postal- do destino dos dados'

Parameter Senden :  
'parametros de envio'

Parameter Empfangen :  
'parametros de recebimento'

SSNR : 0

SSNR : 0

'nr. interfece'

ANR : 19

ANR : 119

'nr. job'

F F F F F F F F HILFE  
1 +1 2 -1 3 4 EINGABE 5LOESCHEN 6 7 UEBERN. 8  
AUSWAHL

CP Typ: CP5431 (ENDE)

Verbindungseditor AGAG - Verbindungen

Quelle:

C:OLAGER1.TF

---

Lokale L2 - Teilnehmeradresse : 19

Entfernte L2 - Teilnehmeradresse : 18

PRIO (H/L/I) : L

SSAP : 19

DSAP : 20

Parameter Senden :

Parameter Empfangen :

SSNR : 0

SSNR : 0

ANR : 18

ANR : 118



F    F    F    F    F    F    F    F HILFE  
1 +1 2 -1 3    4 EINGABE 5 LOESCHEN 6    7 UEBERN. 8  
AUSWAHL

**ANEXO 3**

**PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EM STEP5  
PARA TRATATIVA GLOBAL DA PERIFERIA**



```
| DOS file > | Load ... F10 | Page 1 ... |
| PCPM file > | Save ... | Page 2 ... F4 |
| | Save as ... +-----+
| End Shift F4 +-----+
+-----+
```

```
+-----+
| F Edit PLC F DB PLC F DIR PLC F End FBLK PLC-> F Stat
BLK |
| 1 Edit 2 DB 3 DIR 4 Presets 5BLK ->PLC 6 Comp BLK
>>|
```

+----- Other key assignments with TAB -----

+

The project settings can be modified

## 2) Continuação da alocação de parâmetros globais /PLC 095U

```
+-----+
| Settings (page 2) in C:\STEP5\S5_ST\FB4LOCPJ.INI |
| Mode : Offline [ --- ] Representation : STL |
| PLC type : AG 095U |
| Interface : AS511 Checksum : No |
| Path name : |
| Path file : AG0954AP.INI (in system direc.) |
| Symbols : Yes Symbol length : 8 |
| Display : Sym Comment length : 40 |
| Comments : Yes |
| Documentation: (X) on printer Char. set : ASCII |
| ( ) to file Footer : No |
| Name: C:PT14GFLS.INI |
| Printer file : PT14GFDR.INI (in system direc.) |
| Diagnosis : -- |
+-----+
```

### 3) Definição de diretórios e arquivos de trabalho/PLC AG 095U

```
+-----+
|Settings (page 1)   in C:\STEP5\S5_ST\FB4LOCPJ.INI      |
|Working dir       : C:\STEP5\S5_ST                    |
|Program file      : C:AG954UST.S5D [ RW ]   Data mgment : S5DOS
|XRF file         : C:AG954UXR.INI
|Symbols file     : C:AG0954Z0.INI [ RW ]
|Sequential file  : C:AG0954Z0.SEQ [ RW ]
|Footer file      : C:AG0954F1.INI
|SYSID file       : C:AG0954SD.INI
|Path file        : AG0954AP.INI   (in system direc.)
|Doc comm file    : C:AG0954SU.INI
+-----+
```

F F F F F F F Help  
1 2 3 Select 4 Page 2 5 6 Save 7 Info 8 Return

### 4) Programa mestre para o PLC AG095U:

```
+----- Edit STEP 5 block(s) -----+
|Program file: C:AG954UST.S5D          |
|+----- Selection -----+
|| Block: [OB1 ]||
|| Search key : [ ]||
|+-----+
|+- Confirm before overwriting --+ +- Update XRF --+ |
|| (X) Yes   () No   || (X) Yes   () No ||
```



: O M 0.0  
: ON M 0.0 'VKE=1 p/ chamada FB'  
:  
: SPA FB 121  
NAME: RECEIVE  
SSNR: KY 0,0  
A-NR: KY 0,211 'nr. job para GP-receive'  
ANZW: MW 100  
QTYP: KC NN 'irrelevante'  
DBNR: KY 0,0  
QANF: KF +0  
QLAE: KF +0  
PAFE: MB 105 'byte de erro'  
:  
: BE

### 5) Rotinas de inicialização

'rotinas principais'  
OB 21 C:AG954UST.S5D LEN=17  
Segment 1 Edit  
: SPA FB 111 'sincronização do CP5431'  
NAME: ANLAUF  
FEHL : M 1.0 'processo = ok'  
: SPA FB 116 'wait ate periferia ok'  
NAME: GPT1ok  
: BE 'fim'

OB 22 C:AG954UST.S5D LEN=17  
Segment 1 Edit  
: SPA FB 111 'sincronização do CP5431'  
NAME: ANLAUF  
FEHL : M 1.0 'processo = ok'  
: SPA FB 116 'wait ate periferia ok'  
NAME: GPT1ok  
: BE 'fim'

'rotinas auxiliares'

FB 111 C: LEN:12

segment 1

NAME: ANLAUF 'sincronização CP 5431'  
BEZ: FEHL E/A/D/B/T/Z: A BI/BY/W/D: BI

:  
: SPA FB 125

NAME: SYNCHRON

SSNR : KY 0,8 'interface nr. CP5431'

BLGR: KY 0,0 'irrelevante'

PAFE: MB 255

:  
: U M 255.0 'erro presente =?'

: = =FEHL

:  
:BE 'fim'

FB 116 C: LEN:42

segment 1

NAME:GPT1ok 'verifica se periferia GP ok'

WAIT:

:SPA FB 114 'Atualiza GP -satationlist'

:GP -REC

: O M 0.0

: ON M 0.0 'VKE=1 p/ chamada FB'

:  
: SPA FB 121

NAME: RECEIVE

SSNR: KY 0,8

A-NR: KY 0,201 'nr. job para GP-ler lista de estacoes'

ANZW: MW 50

QTYP: KC DB 'lista GP sera'

DBNR: KY 0,201 'armazenada da DB 201'

QANF: KF +1 'a partir da palavra 1'

QLAE: KF -1 'curinga/tamanho qualquer'

PAFE: MB 55 'byte de erro'

:  
: O M 55.0 'erro PAFE ?'

: O M 51.3 'erro ANZW?'

```
: SPB WAIT          'então jump condicional p/ wait'  
:  
: A DB 201         'abrir lista de estações'  
:  
: L DW 1           'ler status para estação 1 e 2'  
: T MW 254        'transferir status para flagword 254'  
:  
:U M 254.0        'GP do end. 1 esta ok?'  
:U M 254.2        'plc 1 esta modo run?'  
:  
: U M 255.0       'GP do end. 2 esta ok?'  
: U M 255.2       'plc 2 esta modo run?'  
:  
:BEB              'se sim, então fim rotina'  
:  
:SPA=WAIT        'se não espere ate GP=ok'  
:  
:BE
```

## 6) Alocação de parâmetros globais /PLC 115U

```
+-----+  
|Settings (page 2)  in C:\STEP5\S5_ST\FB4LOCPJ.INI  |  
|Mode      : Offline [ --- ] Representation : STL  |  
|PLC type  : AG 115U                               |  
|Interface : AS511          Checksum      : No     |  
|Path name :                                           |  
|Path file : AG1154AP.INI (in system direc.)      |  
|Symbols   : Yes          Symbol length  : 8       |  
|Display   : Sym          Comment length : 40      |  
|Comments  : Yes                                               |  
|Documentation: (X) on printer Char. set   : ASCII  |  
|              ( ) to file   Footer      : No     |  
|              Name: C:PT14GFLS.INI              |  
|Printer file : PT14GFDR.INI (in system direc.)  |  
|Diagnosis    : --                                           |
```

```
|
+-----+
F      F      F      F      F      F      F      F Help
1      2      3 Select 4 Page 1 5      6 Save 7 Info 8 Return
```

### 7) Definição de diretórios e arquivos de trabalho/PLC 115U

```
+-----+
|Settings (page 1)   in C:\STEP5\S5_ST\FB4LOCPJ.INI
|
|Working dir       : C:\STEP5\S5_ST
|
|Program file     : C:AG1154ST.S5D [ RW ]   Data mgment : S5DOS
|
|XRF file        : C:AG1154UX.INI
|
|Symbols file    : C:AG1154Z0.INI [ RW ]
|
|Sequential file : C:AG1154Z0.SEQ [ RW ]
|
|Footer file     : C:AG1154F1.INI
|
|SYSID file      : C:AG1154SD.INI
|
|Path file       : AG1154AP.INI   (in system direc.)
|
|Doc comm file   : C:AG1154SU.INI
|
+-----+
```

### 8) Programa mestre e de sincronização para o PLC 115U :

O mesmo dos programas do PLC 95U.

### 9) Ajuste dos parâmetros da rede/arquivos de trabalho

Fixou-se neste ponto do projeto em quais arquivos serão gravados os dados desta configuração de rede e demais parâmetros associados.

Informou-se o modo de trabalho e os arquivos para documentação do projeto.

Este ponto do projeto é executado na CPU da placa de comunicação.

```
+-----+
|                                     |
|          SINEC NCM                 |
|          V 4.5                     |
|                                     |
| (N)etwork and (C)ommunication (M)anagement |
|                                     |
| Copyright (c) 1994 by SIEMENS AG   |
| All Rights reserved                |
|                                     |
+-----+ OK -----+
```

SINEC NCM (ENDE)  
Grundeinstellungen

---

ART DES CP : CP5431 STATUS : OFFLINE FD

DATENBASIS-DATEI : C : OLAGER2.TF

DOKUMENTATION : SCHRIFTFUSS AUS  
DRUCKERAUSGABE AUS

DRUCKERDATEI : C : OLAGE2DR.INI  
SCHRIFTFUSSDATEI : C : OLAGE2F1.INI

F F F F F F F F HILFE  
1 2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8 AUSWAHL

### 10) projeto das áreas de periferia a serem reservadas

Através do software NCM indicou-se à placa de comunicação do PLC 115U qual a área do PAA e do PAE que foi reservada e quais são os parâmetros associados.

‘máscara inicial’

= Init Editieren Netz Laden Test Werkzeuge

SINEC CP 5431

FMS

```
+-----+
| CP Init      |
| Uhr Init     |
| Netzparameter - global |
| Netzparameter - lokal |
| Verbindungen >|
| VFD Variablen Editor |
| Peripherie   +-----+
| Dokumentation | E/A Bereiche |
+-----+ GP-Stations Editor |
| ZI-Editor     |
| DP-Slave Parametrierung |
| DP-Editor     |
+-----+
```

‘máscara de detalhamento’

Eingangs- und Ausgangsbereiche projektieren

CP Typ: CP 5431

quelle C: OLAGER2.TF

L2-Teilnehmeradresse : 2

‘endereço do PLC’

Aktualisierung: synchron

‘modo de chamada síncrono’

Stationen, von denen globale Peripherie erwartet wird:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11									
x	x								
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22									
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

‘marcar estacoes das quais se espera reserva de periferia PAA e PAE’

Eingangsbereiche:

‘reserva de area PAE’

GP-ANF: PB 20

GP-END : PB 49

‘início byte 20

fim byte 49’

Ausgangsbereiche: 'reserva de area PAA'

GP-ANF: PB 60

GP-END: PB 89

início byte 60

'fim byte 89'

RESUMO  
RESULTADOS DO DESEMPENHO DA REDE  
CONECTADA PELO SOFTWARE DE GERENCIAMENTO





Busparameter Ergebnis :

Baudrate : 19200 Baud  
SAP : 61  
Anzahl Telegramm-Wiederholungen (Max. Retry Limit) : 1  
Medium Redundanz : Keine Redundanz

Busparameter Daten :

Slot-Time (TSL) : 3028 Bit Zeiten 157.75 msec  
Setup-Time (TSET) : 81 Bit Zeiten 4.2201 msec  
Kleinste Station-Delay (min TSDR) : 150 Bit Zeiten 7.8150 msec  
Groesste Station-Delay (max TSDR) : 990 Bit Zeiten 51.579 msec  
Target-Rotation-Time (TTR) : 27020 Bit Zeiten 1407.7 msec  
GAP-Aktualisierungsfaktor (G) : 50

F F F F F F F F HILFE  
1BERECHNEN2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8  
AUSWAHL

**1.3) Baudrate= 93750 Baud**

SINEC-NCM (ENDE)

Ergebnis Netzparameter - Global Quelle: NETZ1NCM.BPB

-----  
Hoechste aktive L2-Teilnehmeradresse in der Netzdatei : 2  
additive Topologie Ergebnis :

Anzahl fremder akt. Stationen : 0 Hoechste Teilnehmeradr. (HSA) :  
2

-----  
Busparameter Ergebnis :

Baudrate : 93750 Baud  
SAP : 61  
Anzahl Telegramm-Wiederholungen (Max. Retry Limit) : 1  
Medium Redundanz : Keine Redundanz

Busparameter Daten :

Slot-Time (TSL) : 3040 Bit Zeiten 32.436 msec  
Setup-Time (TSET) : 84 Bit Zeiten .89628 msec  
Kleinste Station-Delay (min TSDR) : 151 Bit Zeiten 1.6111 msec  
Groesste Station-Delay (max TSDR) : 992 Bit Zeiten 10.584 msec  
Target-Rotation-Time (TTR) : 27050 Bit Zeiten 288.62 msec  
GAP-Aktualisierungsfaktor (G) : 50

F F F F F F F F HILFE  
1BERECHNEN2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8  
AUSWAHL

#### 1.4) Baudrate= 187500 Baud

SINEC-NCM (ENDE)

Ergebnis Netzparameter - Global

Quelle: NETZ1NCM.BPB

-----  
Hoechste aktive L2-Teilnehmeradresse in der Netzdatei : 2  
additive Topologie Ergebnis :  
Anzahl fremder akt. Stationen : 0 Hoechste Teilnehmeradr. (HSA) :  
2

-----  
Busparameter Ergebnis :

Baudrate : 187500 Baud  
SAP : 61  
Anzahl Telegramm-Wiederholungen (Max. Retry Limit) : 1  
Medium Redundanz : Keine Redundanz

Busparameter Daten :

Slot-Time (TSL) : 3052 Bit Zeiten 16.267 msec  
Setup-Time (TSET) : 87 Bit Zeiten .46371 msec  
Kleinste Station-Delay (min TSDR) : 154 Bit Zeiten .82082 msec  
Groesste Station-Delay (max TSDR) : 997 Bit Zeiten 5.3140 msec  
Target-Rotation-Time (TTR) : 27123 Bit Zeiten 144.56 msec  
GAP-Aktualisierungsfaktor (G) : 50

F F F F F F F F HILFE  
1BERECHNEN2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8  
AUSWAHL

#### 1.5) Baudrate = 500.000 Baud

SINEC-NCM (ENDE)

Ergebnis Netzparameter - Global

Quelle: NETZ1NCM.BPB

-----  
Hoechste aktive L2-Teilnehmeradresse in der Netzdatei : 2  
additive Topologie Ergebnis :

Anzahl fremder akt. Stationen : 0   Hoechste Teilnehmeradr. (HSA) :  
2

---

Busparameter Ergebnis :

Baudrate : 500000 Baud  
SAP : 61  
Anzahl Telegramm-Wiederholungen (Max. Retry Limit) : 1  
Medium Redundanz : Keine Redundanz

Busparameter Daten :

Slot-Time (TSL) : 3071 Bit Zeiten 6.1420 msec  
Setup-Time (TSET) : 89 Bit Zeiten .17800 msec  
Kleinste Station-Delay (min TSDR) : 157 Bit Zeiten .31400 msec  
Groesste Station-Delay (max TSDR) : 998 Bit Zeiten 1.9960 msec  
Target-Rotation-Time (TTR) : 27223 Bit Zeiten 54.446 msec  
GAP-Aktualisierungsfaktor (G) : 50

F    F    F    F    F    F    F    F HILFE  
1BERECHNEN2    3    4    5    6    7 UEBERN. 8  
AUSWAHL

### 1.6) Baudrate = 1.500.000 Baud

SINEC-NCM (ENDE)

Ergebnis Netzparameter - Global                   Quelle: NETZ1NCM.BPB

---

Hoechste aktive L2-Teilnehmeradresse in der Netzdatei : 2  
additive Topologie Ergebnis :  
Anzahl fremder akt. Stationen : 0   Hoechste Teilnehmeradr. (HSA) :  
2

---

Busparameter Ergebnis :

Baudrate : 1500000 Baud  
SAP : 61  
Anzahl Telegramm-Wiederholungen (Max. Retry Limit) : 1  
Medium Redundanz : Keine Redundanz

Busparameter Daten :

Slot-Time (TSL) : 3084 Bit Zeiten 2.0570 msec  
Setup-Time (TSET) : 92 Bit Zeiten .06136 msec  
Kleinste Station-Delay (min TSDR) : 161 Bit Zeiten .10738 msec

Groesste Station-Delay (max TSDR) : 1004 Bit Zeiten .66966 msec  
Target-Rotation-Time (TTR) : 27253 Bit Zeiten 18.177 msec  
GAP-Aktualisierungsfaktor (G) : 50

F F F F F F F F HILFE  
1BERECHNEN2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8  
AUSWAHL

## 2) Resultados referentes a tentativa de programação utilizando acesso parcial ao nível 2

### 2.1) Baudrate = 9600 Baud

SINEC-NCM (ENDE)

Ergebnis Netzparameter - Global

Quelle: NETZ2NCM.BPB

-----  
Hoechste aktive L2-Teilnehmeradresse in der Netzdatei : 2  
additive Topologie Ergebnis :  
Anzahl fremder akt. Stationen : 0 Hoechste Teilnehmeradr. (HSA) :  
2

-----  
Busparameter Ergebnis :

Baudrate : 9600 Baud  
Default SAP : 61  
Anzahl Telegramm-Wiederholungen (Max. Retry Limit) : 1  
Medium Redundanz : Keine Redundanz

Busparameter Daten :

Slot-Time (TSL) : 4020 Bit Zeiten 418.88 msec  
Setup-Time (TSET) : 230 Bit Zeiten 23.966 msec  
Kleinste Station-Delay (min TSDR) : 202 Bit Zeiten 21.048 msec  
Groesste Station-Delay (max TSDR) : 1024 Bit Zeiten 106.70 msec  
Target-Rotation-Time (TTR) : 927000 Bit Zeiten 96593. msec  
GAP-Aktualisierungsfaktor (G) : 50

F F F F F F F F HILFE  
1BERECHNEN2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8  
AUSWAHL



Medium Redundanz

: Keine Redundanz

Busparameter Daten :

Slot-Time (TSL) : 4044 Bit Zeiten 43.149 msec

Setup-Time (TSET) : 240 Bit Zeiten 2.5608 msec

Kleinste Station-Delay (min TSDR) : 222 Bit Zeiten 2.3687 msec

Groesste Station-Delay (max TSDR) : 1024 Bit Zeiten 10.926 msec

Target-Rotation-Time (TTR) : 1048000 Bit Zeiten 1182.1 msec

GAP-Aktualisierungsfaktor (G) : 50

F F F F F F F F HILFE

1BERECHNEN2 3 4 5 6 7 UEBERN. 8

AUSWAHL

Obs.: acima desta taxa Baud o sistema apresentou condição de erro (PLC em stop devido a ultrapassagem de seu tempo máximo de ciclo. Status: 'zykluszeitueberzogen').

