

## METODOLOGIA DE TESTE PARA REDE LOCAL TIPO ETHERNET

B. B. Albert; J. S. B. Martins; W. F. Giozza

ITEEL: Instituto de Tecnologia Eletro-Eletrônica \*

UFPb - GRC: Grupo de Redes de Computadores \*\*

Caixa Postal: 10041 - Campina Grande - PB - Brasil

CEP: 58100 - Fone: (083)341-1696

### Resumo

Neste artigo é apresentada uma metodologia de teste numa rede local tipo Ethernet que visa detetar e isolar as falhas oriundas do hardware da interface de comunicação, do suporte de transmissão (cabo coaxial) e do dimensionamento inadequado dos parâmetros de operação do controlador de rede utilizado. A metodologia apresentada é aplicável para redes tipo Ethernet de uma maneira geral.

### 1. Introdução

Uma rede de computadores que segue o Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos RM-OSI ("Open Systems Interconnection") da ISO ("International Standards Organization") [ISO 83] é funcionalmente estruturada em 7 camadas hierárquicas como ilustrado na fig. 1.1. O objetivo principal do modelo de referência é garantir, através de protocolos e serviços comuns, a interconexão de equipamentos heterogêneos.

-----  
\* Trabalho desenvolvido sob contrato ITEEL/CPcD-TELEBRAS.

\*\* Trabalho desenvolvido com o apoio do CNPq.

Um dos padrões definidos segundo o RM-OSI para o nível físico e parte do nível de enlace de dados em redes locais (fig. 1.1) é o IEEE 802.3, baseado essencialmente na especificação da rede Ethernet [Mebo 76] [Eth 80]. A especificação Ethernet é um padrão "de facto" para redes locais orientado para a automação de escritórios. Ele dispõe de uma ampla aceitação por parte dos usuários e vários são os circuitos VLSI controladores de rede, seguindo este padrão que se encontram disponíveis no mercado [Leit 87].

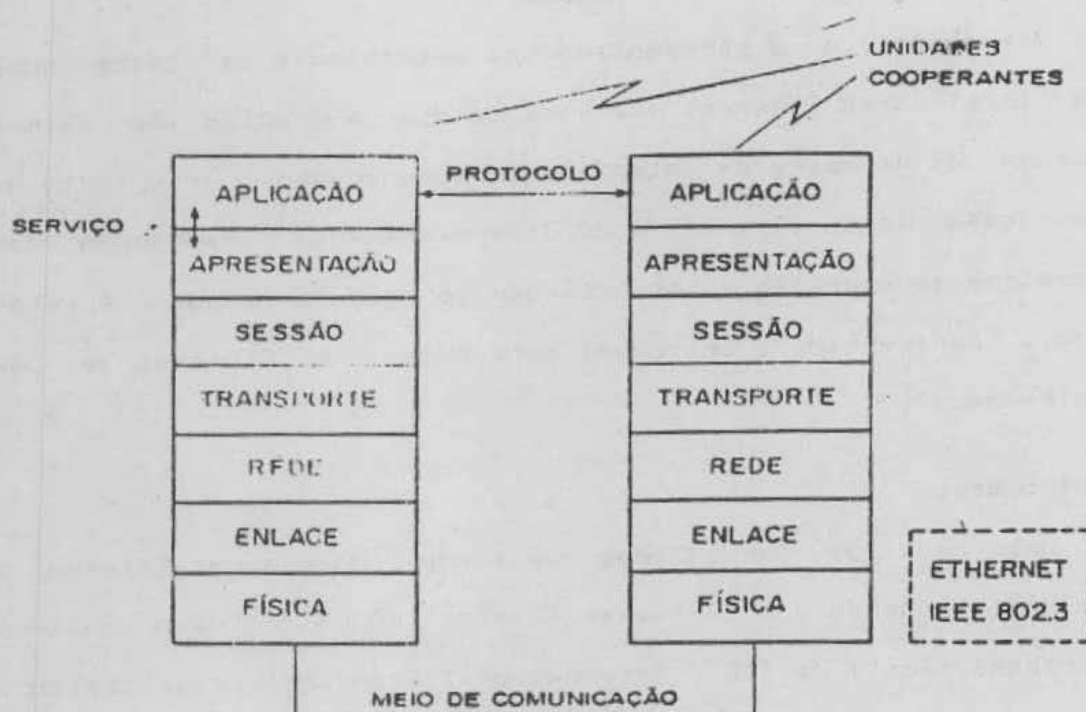


Fig. 1.1: Estrutura hierárquica do RM/OSI-ISO

Neste artigo, é apresentada uma metodologia e a estruturação de um pacote de testes para verificação da operacionalidade de uma rede local tipo Ethernet. Os testes verificam o funcionamento

da interface de comunicação e sua capacidade de operar na rede, procurando isolar as eventuais falhas encontradas. As facilidades de teste existentes no "firmware" do controlador de rede da interface são utilizadas nos módulos de teste desenvolvidos.

## 2. Interface de Comunicação Ethernet

As arquiteturas das interfaces de comunicação diferem substancialmente entre máquinas ou diferentes redes. Várias são as variantes existentes [Mart 87]:

- . utilização de memória de duplo acesso ou de um mecanismo de acesso direto à memória para movimentação dos dados;
- . utilização de microprocessadores nas interfaces;
- . lógica cabeada ou circuitos controladores de rede VLSI;
- . barramento utilizado e
- . finalmente, o método de acesso utilizado.

A arquitetura da interface de comunicação utilizada no desenvolvimento do pacote de testes é ilustrada na fig. 2.1. Ela não é inteligente, usa uma memória comum de duplo acesso local à interface como memória de trabalho, utiliza controlador de rede "on chip" e o barramento utilizado é específico à máquina para a qual a interface foi desenvolvida [CPqD 86].

A arquitetura da interface de comunicação utilizada influencia o desenvolvimento do pacote rede da seguinte forma:

- . é necessário a manipulação de parâmetros do sistema operacional (nível de interrupção, controle de excessos e acesso ao espaço de endereçamento da memória comum), pois a UCP tem acesso direto aos descritores de operação do controlador de rede para programação e

. o nível de programação é alto usando linguagem de alto nível e, eventualmente, "assembler" (com arquitetura inteligente faz-se necessário um mecanismo de "down-load" para garantir esta flexibilidade).

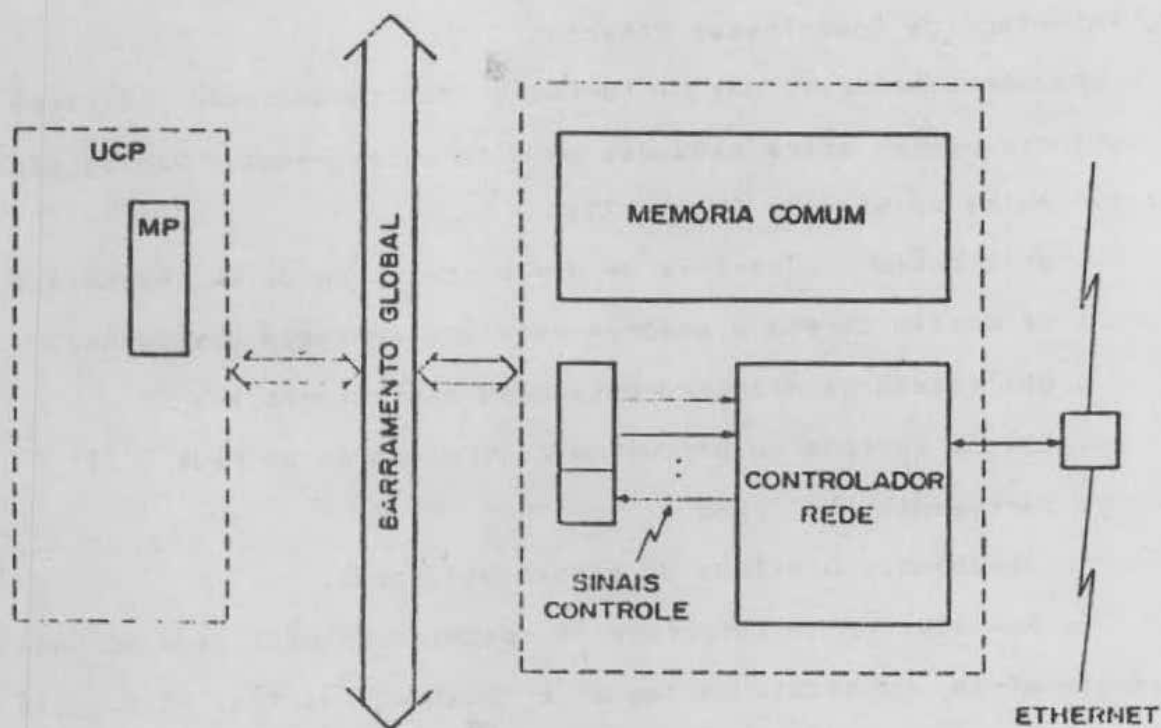


Fig. 2.1: Arquitetura da Interface de Comunicação

Finalmente, o controlador de rede utilizado na interface é o par de circuitos 82586/82501 da Intel [Int 84].

### 3. Controlador de Rede

Com o desenvolvimento tecnológico obtido no campo da integração de circuitos, tem-se verificado um deslocamento das funções de gerenciamento de rede para o "firmware" ou, em outras palavras, para os circuitos integrados dedicados e coprocessadores.

O coprocessador controlador de rede, utilizado neste projeto, é um circuito flexível que endereça 16 octetos de memória, opera com palavras de 16 ou 8 bits, tem um mecanismo interno de acesso direto à memória, faz gerenciamento completo dos buffers de recepção e transmissão, se comunica com a UCP via memória comum e mecanismo de interrupção e, enfim, pode ser configurado no modo CSMA-CD ("Carrier-Sense Multiple-Access with Collision Detection") [Gioz 86] para velocidades inferiores a 10M bits/s.

As estruturas de dados de programação e operação do coprocessador são ilustradas na fig. 3.1. Elas são a base para a programação dos testes e, resumidamente, se compõem de uma lista de comandos de operação (CBL) e de uma lista de descritores de recepção (RFL). A estrutura de dados de controle de lançamento de comandos e de lançamento de recepção é a SCB ("System Control Block").

O coprocessador dispõe de facilidades de teste e diagnóstico:

- . estatísticas de erros de CRC ("Cyclic Redundancy Check"), de formatação de pacote, de falta de recursos (buffers) e de "overrun" no mecanismo de acesso direto à memória;
- . diagnósticos dos contadores internos, determinação de anomalia no cabo e diagnóstico do estado dos registros internos do coprocessador;
- . monitoração dos pacotes em trânsito pela rede, do número de colisões e da quantidade de erros de "underrun" no mecanismo de acesso direto à memória.

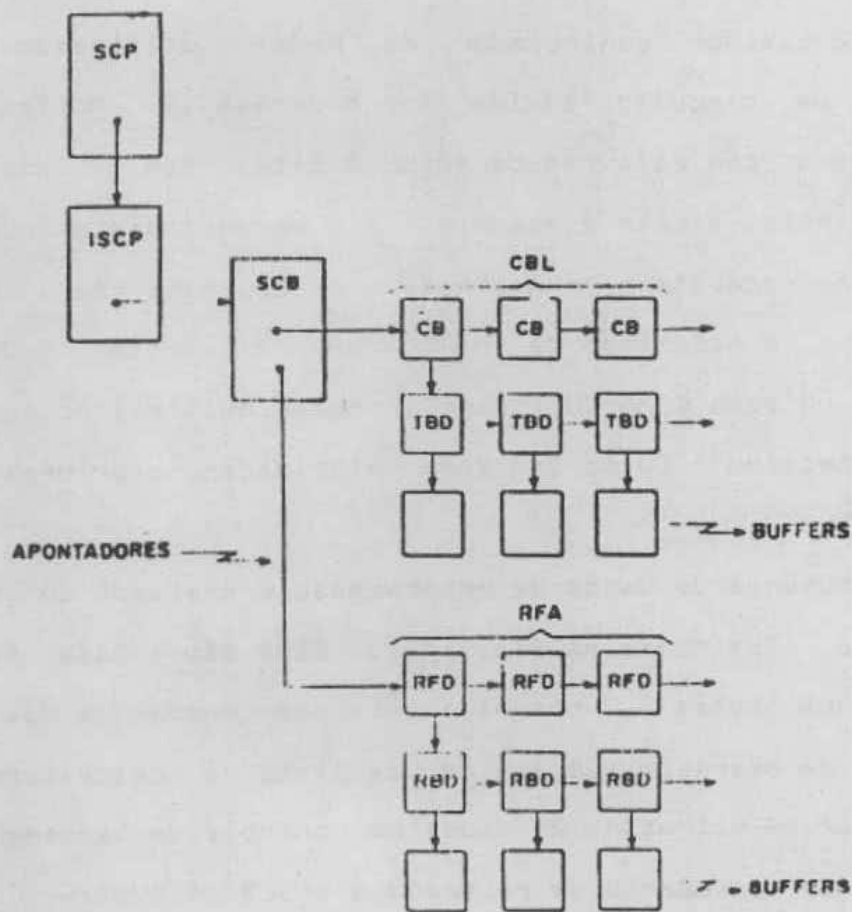


Fig. 3.1: Estrutura de Dados do Coprocessador

Do ponto de vista de flexibilidade no software, cumpre ressaltar o uso eficiente da memória comum com a possibilidade de escolha entre listas estáticas, dinâmicas, lineares ou circulares para a programação dos comandos e encadeamento dos pacotes em recepção. A operação do coprocessador pode também ser suspensa, reativada ou interrompida através de programação nas estruturas de dados.

#### 4. Ambiente de Programação

O ambiente de programação para os programas de teste é o

seguinte:

- . sistema operacional CP/M 86;
- . programação em linguagem C - Compilador Supersoft C - versão 1.1 e
- . programação em "assembler" das funções de baixo-nível de acesso à memória comum e aos registros de operação da interface de comunicação.

### 5. Escopo dos Testes

Os tipos de falhas que podem ocorrer numa rede de computadores são inúmeras. De uma maneira geral, as falhas são oriundas da especificação e/ou implementação dos protocolos [Souza 85], são resultantes de falhas na operação do hardware de suporte ou resultam de uma escolha inadequada dos parâmetros de operação da rede. Neste sentido, os testes desenvolvidos têm um escopo de verificação e detecção limitado à detecção de erros de hardware e de ajuste inadequado de parâmetros (fig. 5.1).

Os tipos de falhas detetadas na interface de comunicação são as seguintes:

- . falha na lógica da interface;
- . falha na memória comum;
- . falha no controlador de rede;
- . falha na unidade de serialização e
- . falha na unidade de acoplamento ao cabo (transceptor)

Em relação à rede, são detetadas as falhas no cabo coaxial (curto-circuito e circuito aberto) e são monitoradas anomalias nas operações de transmissão e recepção que podem ser oriundas de:

- . configuração inadequada dos parâmetros de operação do controlador de rede;
- . endereçamento ou
- . dimensionamento inadequado dos parâmetros de operação.

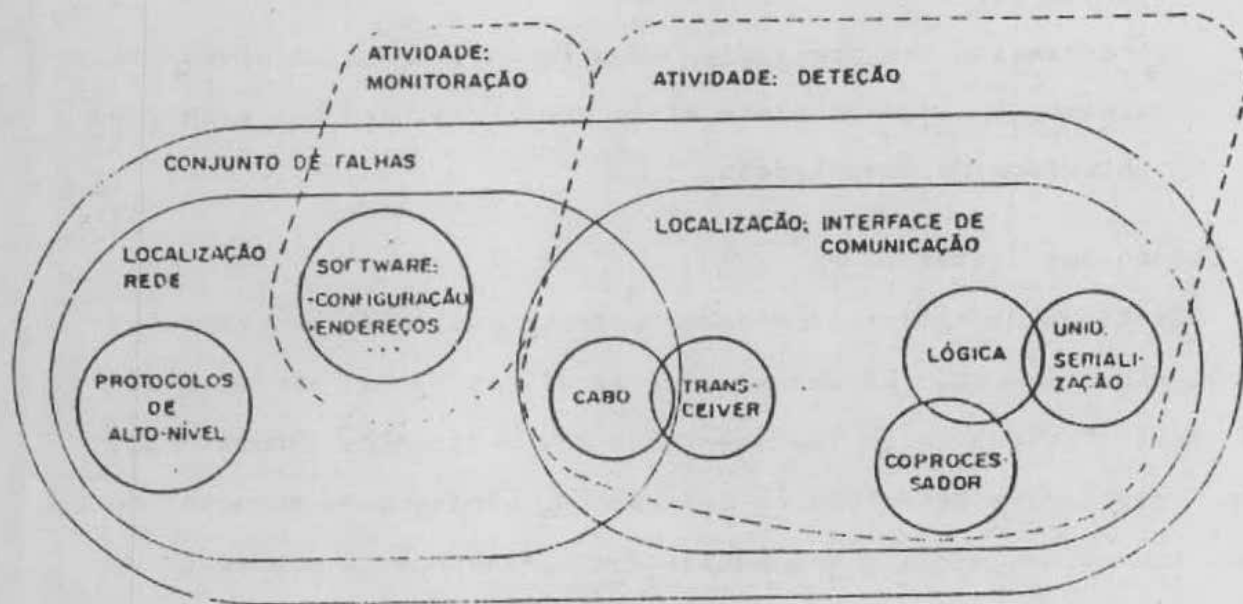


Fig. 5.1: Escopo dos Testes

As falhas nos protocolos de alto-nível não são investigadas.

## 6. Ambiente de Testes

O ambiente de testes é composto por um conjunto de módulos de teste e um conjunto de rotinas de gerenciamento da interface com o usuário. Os módulos de teste são os seguintes:

Módulo 1 - Inicialização da Interface

Módulo 2 - Operação da Memória Comum

Módulo 3 - Procedimento de Inicialização do Controlador de Rede e do Mecanismo de "Handshake"



Módulo 4 - Funcionamento do Controlador de Rede

Módulo 5 - Operação Interna do Nó de Comunicação

Módulo 6 - Operação do Cabo Coaxial

Módulo 7 - Comunicação em Rede

A sequência normal de execução dos testes é ilustrada na fig. 6.1. Com os módulos sendo executados na sequência indicada,

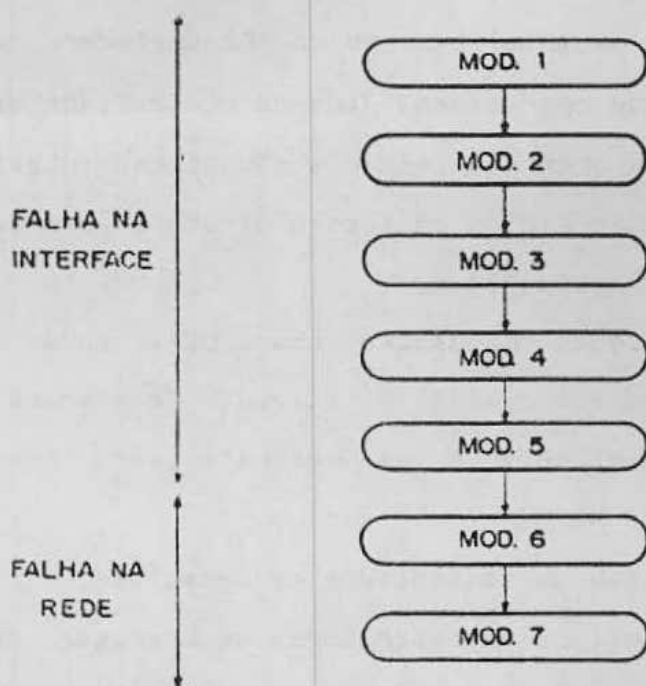


Fig. 6.1: Sequência de Execução dos Testes

isola-se progressivamente eventuais falhas do hardware de suporte, do controlador de rede, dos circuitos ligados ao cabo (interface física da rede) e, enfim, da própria rede (incluindo a estação remota). Os módulos são independentes e qualquer outra sequência de testes pode ser

aplicada. A interface com os usuários é "amigável" na medida em que são fornecidos diagnósticos e mensagens de erro para as falhas encontradas.

O módulo Inicialização da Interface verifica a operacionalidade dos registros de controle da interface de comunicação (dependente do hardware) e o mecanismo de inicialização por software do controlador de rede. Este módulo

verifica a operacionalidade básica do controlador.

O módulo Operação da Memória Comum verifica a corretude do endereçamento e da capacidade de armazenamento da memória de acesso comum utilizada para a programação do controlador de rede. Apesar de ser um teste conceitualmente simples, ele é imprescindível na medida em que todos os descritores de operação e os dados transmitidos e recebidos pela rede passam pela memória comum. Os testes são feitos bit a bit.

O módulo Procedimento de Inicialização do Controlador de Rede testa o primeiro nível de operacionalidade do controlador de rede Ethernet. Os aspectos de operação testados são os seguintes:

- . a capacidade de executar ciclos de acesso direto à memória ("DMA - Direct Memory Access");
- . o procedimento do ciclo de "handshake" com a UCP, onde o controlador de rede recebe o sinal de ativação de operação ("CA - Channel Attention") e em resposta gera uma interrupção e
- . o ciclo de inicialização do controlador de rede.

Para atingir tais objetivos os descritores de operação do controlador são programados dentro do seu segmento de trabalho e, em seguida, ele é ativado. No caso em que a interface de comunicação verifica erros no endereçamento por parte do controlador de rede, é recomendável também que, numa segunda etapa, o mesmo seja "forçado" por programação a ter acesso fora do segmento de trabalho para forçar a geração de uma exceção.

O módulo Funcionamento do Controlador de Rede testa a funcionalidade do controlador de rede através do lançamento dos

comandos de operação intrinsicamente definidos pelo padrão Ethernet.

Os comandos de diagnóstico ("diagnose"), inicialização de endereço individual, inicialização de endereço "multi-cast" e de configuração de parâmetros ("configure") são lançados sequencialmente. Os comandos de programação de endereços e parâmetros são seguidos de um comando específico "Dump" que verifica o estado interno dos registros do controlador de rede e os valores programados externamente.

Este módulo além de verificar a operacionalidade do controlador de rede, testa repetidamente o mecanismo de DMA. Na realidade, a execução dos comandos bloqueia a memória comum por vários ciclos, o que em alguns sistemas pode ser problemático.

O módulo Operação Interna do Nó de Comunicação verifica o funcionamento das unidades de emissão e recepção do controlador de rede, do circuito de serialização e da unidade de acoplamento ao cabo (transceptor) usando a facilidade de operação em laço ("loopback").

O teste é executado em 3 etapas como ilustrado na fig. 6.2. Na etapa 1 o controlador de rede é programado em laço interno ficando logicamente desconectado da unidade de serialização. Pacotes de 1500 octetos são então transmitidos e recebidos pelo próprio controlador de rede.

Na etapa 2 o controlador de rede é programado em laço externo e a unidade de serialização em laço, ou seja, os dados não passam pelo transceptor. O funcionamento da unidade de serialização é então testado com a transmissão de pacotes de 18 octetos. Observe que o controlador de rede deve ser reconfigurado

para a operação em laço externo e o número máximo de octetos do pacote transmitido é uma função do relógio do controlador de rede, da latência do barramento (local ou global) e do nível de gatilhamento dos FIFOs internos do controlador de rede.

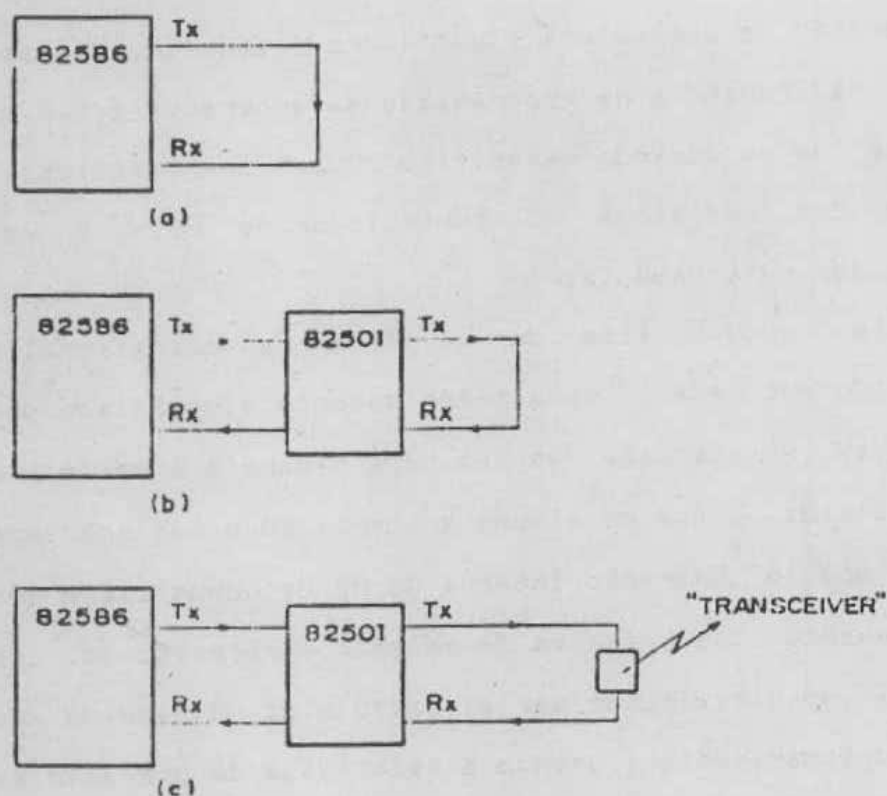


Fig 6.2: Estratégia de Isolamento de Falha  
- Operação em Laço ("loopback")

Na etapa 3 o controlador de rede é programado em laço externo e a unidade de serialização opera normalmente. Assim sendo, esta etapa testa o funcionamento do transceptor utilizado pela interface de comunicação.

O módulo Operação do Cabo Coaxial é específico para o controlador utilizado e verifica a operacionalidade do meio de comunicação utilizado. Os circuitos abertos e curto-circuitos são

detetados e sua localização, à partir do nó executando o teste, é determinada.

O módulo Comunicação em Rede simula uma operação normal na rede. Neste caso, uma estação A emite pacotes Ethernet que são simplesmente ecoados por uma estação B. O procedimento é realizado exaustivamente e a integridade do pacote é verificada para cada uma das interações realizadas. Este módulo faz um levantamento estatístico dos erros ocorridos, tais como:

- . erro de CRC;
- . erro de formatação;
- . erro no mecanismo de DMA ("overrun" e underrun");
- . transmissão mal sucedida por excesso de colisões e
- . erro de recepção devido à falta de buffers.

## 7. Conclusão

O ambiente de testes desenvolvido permite a detecção de falhas e o seu isolamento através de uma metodologia que faz uso das facilidades e funções implantadas no "firmware" do controlador de rede utilizado na interface de comunicação. Desta forma, a operacionalidade dos nós de comunicação de uma rede local tipo Ethernet pode ser verificada sistematicamente, facilitando assim a sua manutenção. A interface com o usuário é "amigável" na medida em que são enviadas mensagens de erro indicando sintomas de mau funcionamento e má configuração da interface de comunicação.

O código desenvolvido tem aproximadamente 3500 linhas de programa em linguagem C, é transportável a menos de 5% que correspondem à funções de baixo-nível de manipulação de objetos,

escritas em "assembler" da máquina utilizada, e ajustes de endereços nos circuitos baseados na mesma família dos controladores de rede. É importante observar que a maioria das interfaces de rede com controle CSMA-CD no mercado brasileiro (8 dos 9 maiores fabricantes) são "Ethernet-like" e utilizam os controladores de rede mencionados acima. Para outros controladores, a metodologia de teste usada no ambiente é aplicável, requerendo ajustes adicionais na programação das estruturas de dados de controle.

#### 8. Referências Bibliográficas

- [ISO 83] ISO DIS 7498; "Information Processing Systems - Basic Reference Model for Open Systems Interconnection"; 1983.
- [Eth 80] Xerox, DEC and Intel; "THE ETHERNET: A Local Area Network - Data Link Layer and Physical Layer Specification"; 1980.
- [MeBo 76] Robert M. Metcalfe and David Boggs; "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks"; Communications of ACM; vol. 19; no. 7; 1976.
- [Leit 87] Neucimar J. Leite e Joberto S. B. Martins; "Análise das Características Funcionais de Controladores de Rede Compatíveis com a Norma IEEE 802.3"; Relatório Técnico no. 10/87 do Grupo de Redes de Computadores - GRC/UFPb; 1987.
- [Mart 87] Joberto S. B. Martins e Gérard Noguez; "Considerações Sobre a Arquitetura e o Desempenho de uma Implantação do Protocolo Ethernet em Ambiente Unix"; 4o. Simpósio

Brasileiro de Telecomunicações; Rio: 1986.

- [CPqD 86] CPqD/ TELEBRAS; "Processador Preferencial - Unidade Central de Processamento: Especificações e Características da UCP - PD.25.PP. H3 P. 0001A/CA-01-AE"; 1986.
- [Int 84] Intel Corporation; "Microsystem Components Handbook - Volume II"; 1984.
- [Gioz 86] William F. Glozza et al.; Redes Locais de Computadores: Tecnologia e Aplicações; McGraw-Hill; São Paulo; 1986.
- [Souza 85] Wanderley L. de Souza et al.; "Ambiente de Teste para Protocolos de Comunicação"; Anais do 3o. Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores; Rio; 1985.