

## SISTEMA DE DIGITALIZAÇÃO DE VOZ: APLICAÇÃO EM CENTRAIS TELEFÔNICAS

Rui de Souza Lima  
João Marques de Carvalho

Laboratório de Sinais, Imagens e Computação Gráfica  
Deptº de Eng. Elétrica - CCT - UFPB  
Campus II - Campina Grande

Misael Elias de Moraes

Laboratório de Automação e Controle Discreto  
Deptº de Eng. Elétrica - CCT - UFPB  
Campus II - Campina Grande

### RESUMO

Grande parte dos serviços de auxílio aos assinantes e de utilidade pública fornecidos pelas empresas telefônicas ainda necessitam de intervenção humana ou utilizam tecnologia analógica, como a de fitas magnéticas. Este artigo apresenta um sistema que, trabalhando com voz digitalizada, pode substituir com vantagens aqueles atualmente em uso em centrais telefônicas. Como exemplo de aplicação é apresentado um SERVIDOR DE DESPERTADOR USANDO MICROCOMPUTADOR. Adicionalmente, este sistema pode ser utilizado como ferramenta de um laboratório, de processamento de voz, permitindo a implantação de algoritmos e a comunicação com outros computadores.

### 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos os serviços prestados pelas companhias telefônicas vêm sendo gradativamente automatizados. A intervenção de operadores e telefonistas no estabelecimento de uma ligação, tornou-se na grande maioria dos casos dispensável, graças a introdução dos serviços de discagem direta, como DDD, DDI e DDC [1].

Paralelamente, o advento das centrais de comutação digital tem viabilizado a implantação das chamadas Redes Digitais de Serviços Integrados (RDSI), abrindo uma nova dimensão em termos de automação de serviços de informação [2,3]. Aplicações destas redes incluem automação de escritórios, através do uso de centrais digitais de pequeno e médio porte [4], bem como os serviços públicos de vídeo texto, já disponíveis em vários países, através dos quais os assinantes têm acesso automático a vários tipos de informação (lista telefônica, meteorologia, bolsa de valores, etc.) sob as mais variadas formas (textos, tabelas, gráficos, figuras, etc.) [5].

Dentro deste contexto de crescente diversidade de opções, os serviços de informação e auxílio têm assumido um papel cada vez mais significativo, possibilitando ao assinante, ou usuário, do sistema telefônico, uma melhor utilização dos recursos à sua disposição. Também os serviços automáticos de informações de utilidade pública, como hora certa, programação de cinemas e teatros, resultados de loterias, etc., desempenham uma significativa função social, tendo se tornado parte do hábito da grande maioria destes assinantes.

Todos os serviços de informação automática atualmente em operação no país fazem uso de mensagens fa-

ladas gravadas em fita magnética, para fornecer ao assinante a informação desejada. Este processo de gravação e reprodução, apesar de envolver uma tecnologia bem conhecida, sofre de conhecidas limitações do ponto de vista da qualidade do sinal reproduzido, da confiabilidade do sistema e da versatilidade do mesmo.

Uma classe de serviços, onde a intervenção humana ainda se faz necessária é aquela que envolve algum tipo de interação com o assinante. Como exemplos pode-se citar o serviço de auxílio à lista e o serviço de despertador. Em ambos os casos a presença de um(a) operador(a) é requerida, para receber a solicitação do usuário e para fornecer-lhe a informação desejada.

Para que a classe de serviços acima descrita possa ser automatizada é preciso que se disponha de um sistema capaz de receber e interpretar a solicitação enviada pelo assinante (geralmente sob a forma de uma mensagem falada), selecionar a informação a ser enviada de volta em resposta à solicitação e colocar esta informação sob uma forma que possa ser interpretada pelo assinante (também geralmente uma mensagem falada).

Considerando os pontos acima expostos, o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema capaz de desempenhar as seguintes funções:

- Digitalização do sinal de voz a uma taxa de 64K bits/seg.
- Armazenamento do sinal digitalizado em memória RAM, disco flexível ou gravação do mesmo em memória PROM.
- Transmissão do sinal armazenado através de linha serial.

- Compressão, através da supressão de intervalos de silêncio, do sinal a ser armazenado ou transmitido.
- Reconstrução analógica do sinal armazenado para uso local ou para transmissão.
- Comunicação com a rede telefônica pública, podendo receber e identificar tons enviados por centrais, pulsos enviados por assinantes (através de discagem no terminal telefônico), bem como transmitir mensagens faladas para o assinante ao qual estiver conectado, de uma forma interativa.
- Comunicação com um operador, através do qual o sistema pode ser programado para desempenhar tarefas específicas.

Este sistema pode ser utilizado em centrais telefônicas para aplicações diversas, podendo substituir os sistemas automáticos que atualmente utilizam gravação de mensagens em fita magnética, com consideráveis ganhos em termos de fidelidade, confiabilidade e versatilidade. Adicionalmente este sistema permite a automação de serviços que atualmente exigem a intervenção de operadores, como é ilustrado com exemplo de um Serviço Automático de Despertador.

Finalmente, o sistema aqui apresentado pode ser eficazmente utilizado para experimentos e testes com sinais de voz em laboratórios, permitindo a implementação de algoritmos de processamento e modulação, bem como funcionando como unidade de aquisição e entrada de dados para outro processador mais poderoso.

## 2. APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

A Figura 1 mostra em diagrama de blocos a arquitetura do sistema. Três unidades básicas podem ser observadas:

- Interface com a rede telefônica (I.R.T.) que permite ao sistema computadorizado comunicar-se com a rede telefônica.
- O sistema microcomputadorizado propriamente dito, composto por quatro bancos de memória para armazenamento de dados, unidade central de processamento implementada por um microcomputador e controles de interface com a rede telefônica e homem/máquina.
- A interface homem/máquina (I.H.M.) que utiliza os dispositivos terminal de vídeo, microfone e autofalante.

A operação básica do sistema é controlada por três programas principais, GRAVAÇÃO, REPRODUÇÃO E TRANSMISSÃO, os quais interagem da forma mostrada em diagrama de fluxo na Figura 2. São programas independentes, que podem ser chamados a partir do sistema operacional. Estes três programas fornecem o suporte necessário para o desenvolvimento e implementação de programas aplicativos, como é o caso do Serviço de Despertador Automático, descrito neste artigo. Adicionalmente, também

podem ser implementados algoritmos para processamento e análise do sinal de voz digitalizado.

Na GRAVAÇÃO de mensagens o sinal de voz é captado através de um microfone e convertido para a forma digital pelo conversor A/D. Os dados obtidos desta conversão são armazenados no buffer de dados, podendo ou não sofrer compressão e/ou ser armazenados em disco.

Na REPRODUÇÃO de mensagens os dados são transferidos do disco para o buffer de dados, onde podem ou não sofrer descompressão, sendo então convertidos para a forma analógica pelo conversor D/A, o qual está ligado a um autofalante.

O programa de TRANSMISSÃO de dados envia dados armazenados no buffer e provenientes do disco, para outro computador através de uma interface serial.

## 3. CARACTERÍSTICAS DA IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção são descritos aspectos relativos à implementação do hardware e do software do sistema.

### 3.1 Hardware

Na realização do protótipo foi utilizado um sistema modular Camaçari (Microcomputador para aplicações industriais desenvolvido pela Calcon Tecnologia S.A.), consistindo de uma CPU Z80 de 6MHz, quatro bancos de memória RAM de 64K bytes cada (bancos 0, 1, 2 e 3), placas de aquisição e reprodução de dados (conversores A/D e D/A), além de unidades de disco flexível, vídeo e teclado. O banco 0 de memória RAM é utilizado para armazenar o sistema operacional e os demais programas. Bancos 1, 2 e 3 são utilizados para armazenar o sinal de voz digitalizado.

Tanto o conversor A/D, quanto o D/A são utilizados em frequências de amostragem de 8KHz. Trabalham com palavras de oito bits e quantização do tipo linear, resultando numa taxa de amostragem de 64Kbits por segundo [6].

Adicionalmente, foi projetada e implementada uma placa de interface com a rede telefônica como fim de tornar possível a comunicação entre o sistema e a rede telefônica pública através de uma linha comum. Esta placa possui três funções principais descritas a seguir:

- a) Deteção dos tons enviados pela central, feita através da abertura de uma janela pela qual são enviados pulsos de 425Hz para a CPU. De acordo com o comprimento das janelas, a CPU identifica o respectivo tom.
- b) Identificação dos pulsos correspondentes aos números discados pelo assinante, feita detectando-se os pulsos gerados com tensão inversa.
- c) Transmissão de dados, descomprimidos pelo software da Figura 2 - Parte Reprodução.

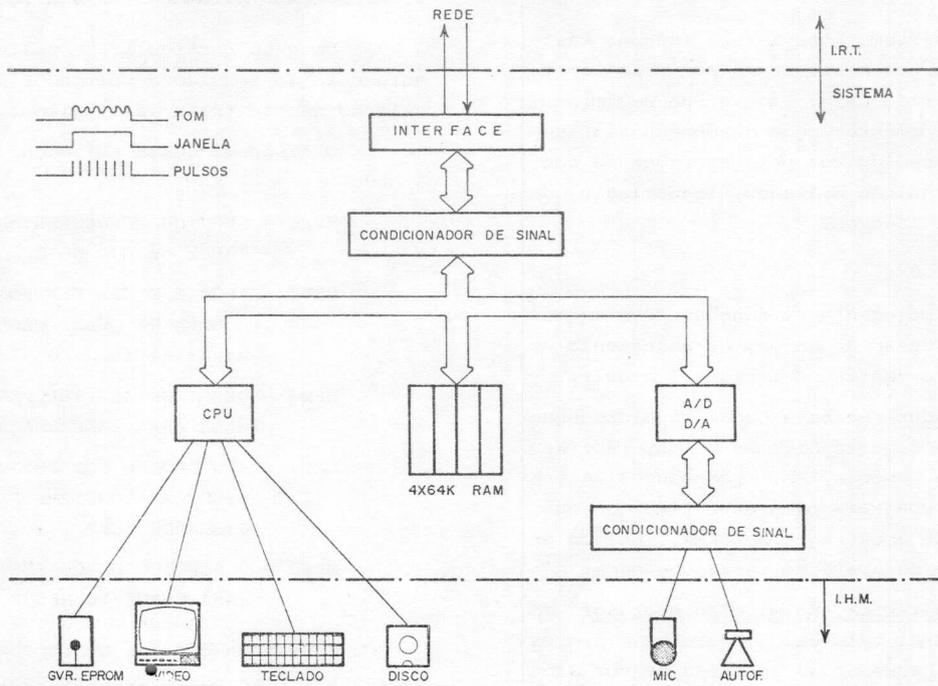


Figura 1: Arquitetura do Sistema

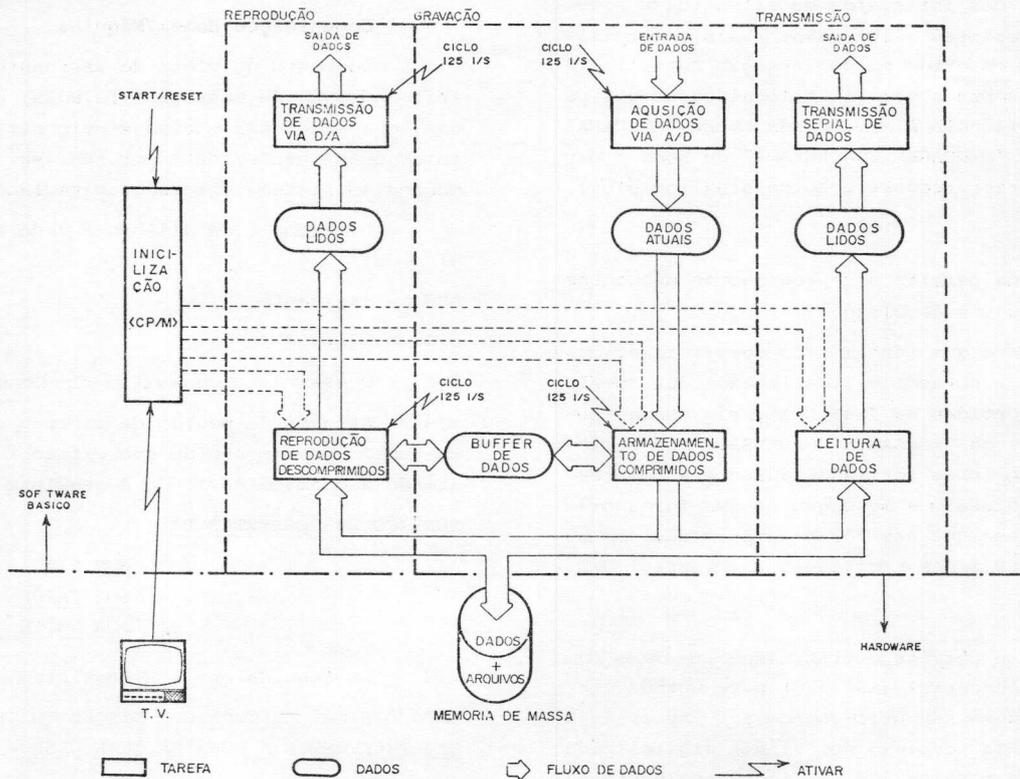


Figura 2: Diagrama de Fluxo da Operação do Sistema

### 3.2 Programas

O software do sistema possui três funções básicas independentes, que podem ser chamadas pelo operador na central a partir do CP/M. Este grupo de funções, como mencionado anteriormente, pode desempenhar as seguintes tarefas: gravação de voz pelo operador da central; reprodução de arquivos gravados; transmissão de dados para outros computadores.

#### Gravação

Este programa implementa as funções de aquisição de dados, de compressão de dados, armazenamento em disco e reprodução para testes, descritos a seguir:

- Aquisição de dados, recebe a cada 125 microsegundos uma palavra de oito bits de um conversor A/D e a armazena na memória RAM. Três bancos de 64K bytes estão disponíveis para este fim, o que, para uma taxa de amostragem de 8KHz, implica em um tempo máximo de gravação de 24 segundos.
- Reprodução para testes, permite ao operador do sistema na central telefônica, durante o processo de gravação, acessar as amostras de voz armazenadas na memória RAM e reproduzi-las através do conversor D/A.
- Armazenamento em disco, cria arquivos na unidade de disco especificada pelo operador com os dados contidos nos bancos 1, 2 e 3.
- O processo de compressão é baseado na detecção e supressão dos intervalos de silêncio, no sinal de voz, superiores a 10ms (intervalo intersilábico máximo esperado em conversação normal). A informação sobre a duração e localização dos períodos de silêncio é armazenada em uma "MÁSCARA" junto com a "MENSAGEM CONDENSADA" de modo a permitir posterior reconstrução do sinal original.

#### Reprodução

Este programa permite a reprodução de mensagens armazenadas em arquivos de disco.

Para mensagens que tenham sido comprimidas, as informações quanto a duração e localização dos períodos de silêncio, contidas na "MÁSCARA", são usadas pela CPU para inserir na "MENSAGEM CONDENSADA" os períodos de silêncio que foram retirados durante a compressão, reconstituindo assim a mensagem na sua forma original. Para mensagens que não foram comprimidas, os dados são simplesmente lidos e entregues ao conversor D/A.

#### Transmissão

Este programa permite a transmissão de dados através de uma interface serial (RS 232C) para outros computadores. Isto poderá ser útil quando for necessário um processamento mais complexo do sinal digitalizado de voz que não seja possível de realizar localmente.

### 4. APLICAÇÃO: AUTOMAÇÃO DO SERVIÇO DE DESPERTADOR

Um caso particular de aplicação do sistema, é a automação do serviço despertador atualmente em funcionamento nas centrais telefônicas.

O diagrama desta aplicação é mostrado na Figura 3 onde:

- MEN1 = SERVIÇO DE DESPERTADOR, BOM DIA ou BOA TARDE ou BOA NOITE
- MEN2 = APÓS O SINAL ELETRÔNICO DISQUE OU TECLE A HORA NA QUAL DESEJA SER DESPERTADO + sinal eletrônico
- MEN3 = DESLIGUE SEU TELEFONE E AGUARDE NOSSA CHAMADA PARA CONFIRMAÇÃO
- MEN4 = SEU PEDIDO FOI FEITO PARA "XX" HORAS E "YY" MINUTOS? CONFIRME DISCANDO UM, OU NEGUE DISCANDO ZERO
- MEN5 = O SERVIÇO DE DESPERTADOR FOI SOLICITADO PARA CHAMÁ-LO NESTE HORÁRIO

O sistema é capaz de receber novos pedidos de assinantes para serem despertados, e desperta os que já pediram.

O número do telefone dos assinantes que fazem pedido são armazenados juntamente com a hora em um arquivo em ordem de chamada. De cinco em cinco minutos o sistema consulta o arquivo de chamadas, ativando uma chamada no caso de haver um pedido à espera.

#### Comunicação Homem/Máquina

Do ponto de vista do assinante, a comunicação é feita através de mensagens faladas, previamente gravadas, que devem ser enviadas pelo sistema a fim de orientar o assinante, este por sua vez, manda suas informações ao sistema discando ou teclando números.

Um exemplo de diálogo é dado a seguir, (ver Fig. 3) onde:

ASS = assinante

SIS = sistema

ASS O assinante chama o serviço de despertador (ex. 103).

SIS Através de pedido de interrupção a CPU do sistema toma conhecimento de que existe alguém chamando e atende a chamada enviando a seguinte mensagem:

SERVIÇO DE DESPERTADOR

BOM DIA  
BOA TARDE  
BOA NOITE

SIS Em seguida envia a seguinte mensagem de orientação:

APÓS O SINAL ELETRÔNICO, DISQUE OU TECLE O NÚMERO DO SEU TELEFONE E A HORA NA QUAL DESEJA SER DESPERTADO

SIS O sistema envia um sinal senoidal de 1KHz.

ASS O assinante discou ou teclou o número do seu telefone e a hora em que deseja ser chamado.

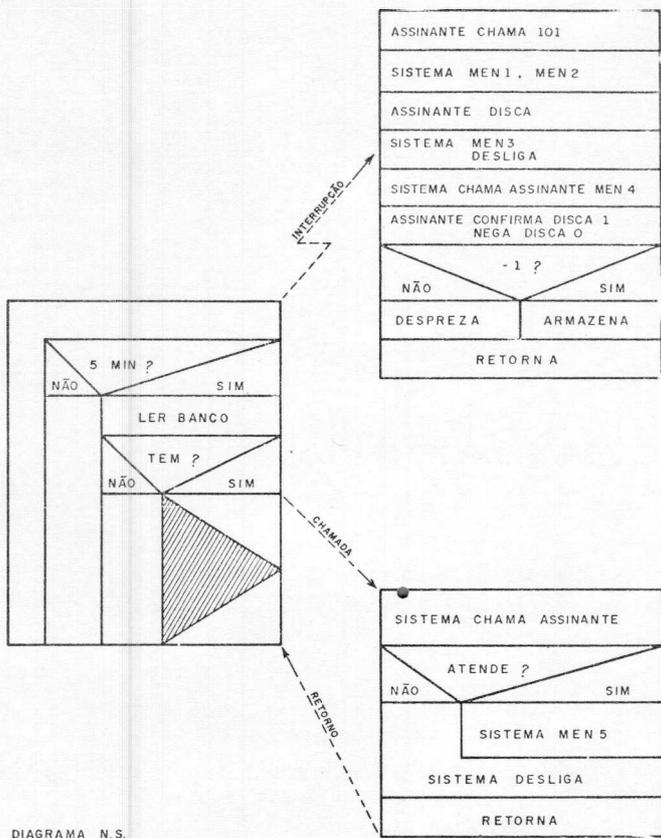


DIAGRAMA N.S.

Figura 3: Diagrama de Operação do Serviço Despertador

SIS Após o sistema detectar que o assinante discou ou teclou o número do seu telefone e a hora, envia a seguinte mensagem:

DESLIGUE O SEU TELEFONE E AGUARDE NOSSA CHAMADA PARA CONFIRMAÇÃO

SIS O sistema desfaz a ligação imediatamente.

ASS O assinante desliga o seu telefone.

SIS O sistema espera por um determinado tempo, (suficiente para que o assinante possa repor o fone no gancho).

SIS O sistema chama o assinante e envia a seguinte mensagem:

SEU PEDIDO FOI FEITO PARA "XX" HORAS E "YY" MINUTOS? CONFIRME DISCANDO "UM", OU NEGUE DISCANDO "ZERO".

ASS O assinante discar ou tecla ZERO ou UM (se não discar, o sistema interpreta como desistência).

SIS O sistema desfaz a ligação e armazena os dados do assinante no arquivo de números de assinantes caso o pedido tenha sido confirmado.

ASS O assinante desfaz a ligação.

## 5. COMENTÁRIOS FINAIS

Um protótipo do sistema apresentado encontra-se em fase final de montagem. O SERVIDOR DE DESPERTADOR USANDO MICROCOMPUTADOR, descrito neste artigo, deverá ser implementado e testado em operação real numa central telefônica.

Devido a limitações de equipamento disponível, algumas opções de implementação que podem melhorar o desempenho do sistema não serão utilizadas neste primeiro protótipo, ficando como uma sugestão para futuras implementações. Dentre estas destacamos:

- 1 - A utilização de conversores com curva de quantização não linear.
- 2 - A utilização de um processador com capacidade de endereçamento pelo menos de 256K posições de memória, evitando assim o uso de bancos de memória e aumentando a velocidade de operação do sistema.
- 3 - A incorporação ao sistema de um programador de EPROM, aumentando a versatilidade do mesmo. Memórias EPROM gravadas poderiam por exemplo ser utilizadas em substituição a fitas magnéticas em algumas aplicações em centrais telefônicas.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] PERSONICK, S.D. e FLECKENSTEIN, W.O.; "Communications Switching - From Operator to Photonics", Proceedings of the IEEE, Vol. 75, Nº 10, p.p. 1380-1403, Outubro, 1987.
- [2] DORROS, I.; "Telephone Nets Go Digital"; IEEE Spectrum, Vol. 20, p.p. 48-53, Abril, 1983.
- [3] DORROS, I.; "ISDN"; IEEE Communications Magazine, Vol. 19, p.p. 16-19, Março, 1981.
- [4] TEGER, S.L.; "Factors Impacting the Evolution of Office Automation"; Proceedings of the IEEE, Vol. 71, Nº 4, p.p. 503-511, Abril, 1983.
- [5] ARMBRUSTER, H. e ARNDT, G.; "Broad Band Communication and its Realization with Broad band ISDN"; IEEE Communications Magazine, Vol. 25, Nº 11, p.p. 8-19, Novembro, 1987.
- [6] RABINER, L.R. e SCHAFFER, R.W.; DIGITAL PROCESSING OF SPEECH SIGNALS; Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1978.