


1. Classificação <i>INPE-COM.4/RPE</i> <i>C.D.U.: 621.39</i>		2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>BALÃO</i> <i>TELECOMANDO</i> <i>TELECOMUNICAÇÕES</i>			interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº <i>INPE-1830-RPE/194</i>	6. Data <i>Julho, 1980</i>	7. Revisado por <i>Lucio B.T. Cividanes</i>	
8. Título e Sub-Título <i>SISTEMA DE TRANSMISSÃO PARA TELECOMANDO</i> <i>DE BALÕES ESTRATOSFÉRICOS</i>		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>	
10. Setor <i>DEE/GTE</i>	Código	11. Nº de cópias <i>10</i>	
12. Autoria <i>Patrício Paul Normandin Sanz</i> <i>Aydano Barreto Carleial</i>		14. Nº de páginas <i>15</i>	
13. Assinatura Responsável 		15. Preço	
16. Sumário/Notas <i>Este relatório descreve um sistema de telecomunicações projetado e desenvolvido no INPE para telecomandar cargas científicas e tecnológicas transportadas em balões estratosféricos à taxa de transmissão de 1200 bit/seg. O sistema aproveita partes de um transceptor FM em 460 MHz disponível comercialmente. O sinal modulador é construído em código Manchester, a partir do trem de bits de telecomando, de modo a obter uma composição espectral compatível com a faixa de voz do transceptor.</i>			
17. Observações <i>Apresentado na 32a. Reunião Anual da SBPC, de 6 a 12 de julho de 1980.</i>			

ABSTRACT

This report describes a telecommunication system designed and developed in INPE for telecommand of scientific and technologic payloads taken on board stratospheric balloons, at the transmission rate of 1200 bit/sec. The system takes advantage of parts of a commercially available FM transceiver in 460 MHz. The modulation signal is constructed in Manchester code, from the telecommand bit stream, so as to obtain a spectral composition that is compatible with the transceiver's voice passband.

ÍNDICE

ABSTRACT	<i>iv</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>v</i>
1.INTRODUÇÃO	1
2.DESCRICÃO GERAL DO SISTEMA	2
3.DESCRICÃO DO TRANSMISSOR DE TERRA	5
4.DESCRICÃO DO RECEPTOR DE BORDO	8
5.CONCLUSÕES	9
BIBLIOGRAFIA	11

LISTA DE FIGURAS

1 - Diagrama de blocos do sistema	3
2 - Densidade espectral de potência do sinal composto de dados (formato Manchester) com relógio de 2400 Hz, gerado com uma sequência pseudo-aleatória de dados	4
3 - Transmissor de telecomando	6
4 - Formas de onda e níveis de disparo de Schmitt Trigger, no caso em que a presença de parte das harmônicas da frequência de 600Hz levaria a falha do sistema	7
5 - Receptor de telecomando	10

1. INTRODUÇÃO

Este relatório descreve um sistema de telecomunicações, projetado e desenvolvido no INPE, para telecomandar cargas científicas e tecnológicas transportadas em balões estratosféricos. O projeto foi realizado a partir de um conjunto de requisitos básicos, dos quais os mais importantes são:

a) Utilização de um transceptor FM em 460 MHz, disponível comercialmente (modelo Unitel Patrulheiro III), destinado a comunicações de voz na faixa 300-3000 Hz (estes limites estão nos pontos de -6dB).

b) Transmissão de sinal digital, na forma de caracteres ASCII assíncronos, à taxa de 1200 bit/seg.

O requisito (a) decorreu da decisão de não fazer, neste projeto, o desenvolvimento de transmissor e receptor próprios, por economia de tempo e recursos. O transceptor FM seria usado, sem alteração, na transmissão de telecomandos (estação em terra); enquanto um equipamento semelhante, do mesmo fabricante, alimentável por baterias e contendo apenas a parte de recepção, seria embarcado no balão, também sem modificação nos seus circuitos e ajustes internos. Quanto ao requisito (b), decorreu das características dos computadores de solo e de bordo, que já haviam sido definidas antes do projeto do sistema de telecomunicações para telecomando.

Verificou-se que o projeto de um sistema de sinalização por pulsos, atendendo aos requisitos citados, apresenta certas dificuldades, devido à alta velocidade de transmissão e às características da faixa passante do receptor (especialmente o corte das baixas frequências). A solução adotada foi o emprego de pulsos do tipo Manchester (também conhecidos como bifásicos) na transmissão. Isto envolve uma mudança de formato, pois os pulsos recebidos do computador de terra, bem como os exigidos pelo computador de bordo, são do tipo NRZ.

Na Seção 2 deste relatório faz-se uma breve descrição geral do sistema. O transmissor de terra e o receptor de bordo são apresentados com mais pormenores nas Seções 3 e 4. Alguns comentários finais sobre a utilização do sistema são feitos na Seção 5.

2. DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O sistema de telecomunicações para telecomando de balões está representado esquematicamente no diagrama de blocos da Figura 1.

O computador de terra fornece telecomandos na forma de caracteres assíncronos, a 1200 bit/seg. A interface do computador entrega ao sistema de transmissão um sinal NRZ série, acompanhado de um sinal relógio sincronizado (onda quadrada de 2400 Hz). O sinal de dados NRZ é convertido para o formato de pulsos Manchester (bifásico), com o auxílio do sinal relógio. Como mostra o diagrama de blocos, tanto o sinal de dados Manchester como o relógio são transmitidos ao balão. A separação desses dois componentes no receptor é facilitada pela composição espectral do sinal de dados. A relação entre os níveis dos dois sinais à entrada do transmissor FM é ajustável, mantendo um nível total de 1 volt pico-a-pico. Normalmente, o relógio participa com uma pequena parte do sinal modulador, sendo predominante em intensidade o sinal de dados.

A Figura 2 mostra a composição espectral do sinal composto que resulta da aplicação de uma sequência pseudo-aleatória na entrada de dados do sistema. O pico mais alto, à esquerda da figura, não faz parte do espectro do sinal, mas serve para marcar o ponto zero da escala de frequências do analisador de espectro. Próximo ao centro da escala está a raia isolada de 2400 Hz, associada ao relógio. Conforme previsto em teoria, o espectro do sinal de dados está distribuído principalmente entre 300 e 1600 Hz, e portanto, incluído na faixa de passagem do transceptor FM, utilizado para transmissão e recepção, nominalmente especificada como 300-3000 Hz.

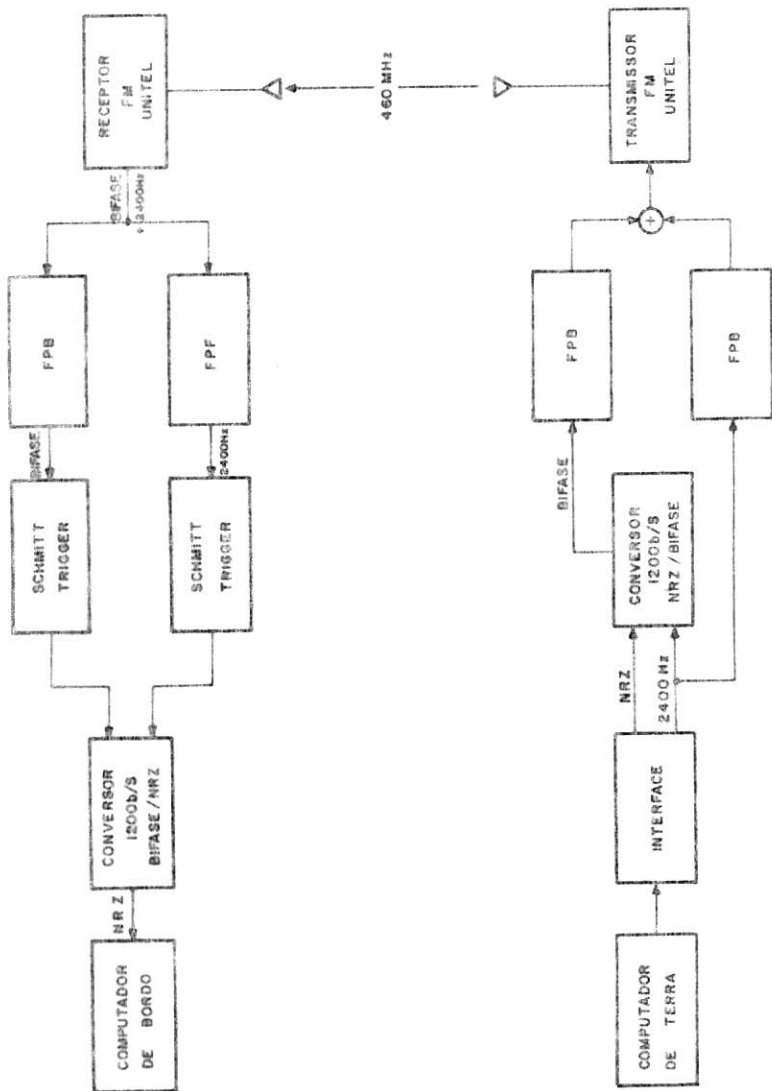


Fig. 1 - Diagrama de blocos do sistema.

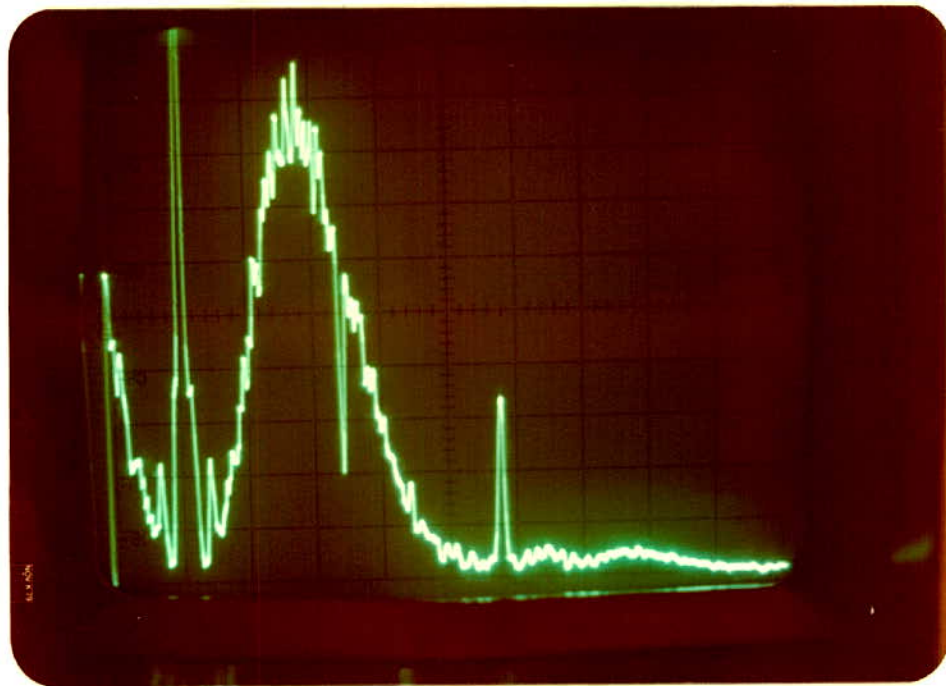


Fig. 2 - Densidade espectral de potência do sinal composto de dados (formato Manchester) com relógio de 2400 Hz, gerado com uma sequência pseudo-aleatória de dados.

Na prática, a transmissão da parte mais baixa do espectro é ainda um pouco prejudicada pela restrição de faixa do transceptor, mas não excessivamente. Por outro lado, a parte alta da faixa de passagem (2500-3000 Hz) não chega a ser aproveitada.

Cumprê notar que a sequência de dados, frequentemente, terá características bastantes distintas das de uma sequência aleatória, produzindo uma distribuição espectral diferente da mostrada na Figura 2. Por exemplo, uma longa sequência de "zeros" na entrada do sistema produz uma onda quadrada de 1200 Hz (raias em 1200, 3600, etc.). Devido a uma codificação diferencial aplicada ao sinal NRZ antes da conversão ao formato Manchester, resulta que uma longa sequência de "uns" é convertida em sequência alternante, que, por sua vez, produz uma onda quadrada de 600 Hz (raias em 600, 1800, 3000, etc.). Outras sequências particulares, periódicas, bem como sequências aleatórias com memória, etc., podem ser igualmente analisadas quanto ao comportamento es

pectral. Embora seja teoricamente possível obter sinais com raias (ou espectro contínuo), com energia não-desprezível abaixo de 300 Hz, verificou-se experimentalmente que, para uma grande variedade de sequências de dados, a limitação de faixa nas baixas frequências (como nas altas) não chega a produzir falhas no sistema.

3. DESCRIÇÃO DO TRANSMISSOR DE TERRA

Os circuitos que tratam o sinal de telecomando, desde a interface com o computador de terra até a entrada do modulador FM, são apresentados na Figura 3.

Os amplificadores de entrada para o sinal de dados NRZ e para o sinal relógio (onda quadrada de 2400 Hz, sincronizada com o NRZ) têm por função principal aumentar os níveis de voltagem, de 0 a +5 volt (provenientes da interface TTL) para 0 a +9.1 volt. Os circuitos CMOS utilizados no transmissor e receptor de telecomando (com vantagens quanto à estabilidade com temperatura) levaram a essa conversão de níveis.

O sinal de dados NRZ, amplificado, é convertido para uma forma NRZ diferencial, através de um flip-flop T, resultando que um bit "zero" na entrada produz a repetição do bit de saída anterior, enquanto um bit "um" na entrada produz, na saída, o complemento do bit anterior. Em seguida, o sinal NRZ diferencial é combinado em soma binária (XOR) com uma onda quadrada de 1200 Hz, gerando os pulsos do tipo Manchester (bifásicos), que têm a composição espectral desejada. O sinal relógio de 1200 Hz é obtido por divisão de frequência do sinal de 2400 Hz, através de um flip-flop J-K.

O sinal Manchester passa por um amplificador e depois por um filtro-passa baixas ativo. O amplificador apresenta alta impedância de entrada ao somador binário que o procede. O filtro tem a função de eliminar componentes de frequência elevada do sinal Manchester, que são desnecessárias e podem ser prejudiciais ao sistema. Em particular, são fortemente atenuadas harmônicas de 600 Hz a partir de 1800Hz.

Como visto, dependendo dos dados de entrada, pode haver predom̃nio da frequênciã 600 Hz e suas harmônicas, ou de 1200 Hz e suas harmônicas, para certas sequênciã de dados nã-aleatõrios. Por razões prãticas, ligadas ã recuperaçã do sinal na recepçã, ã muito importante a eli naçã das componentes de 1800 e 3000 Hz (terceira e quinta harmônicas de 600 Hz) antes da transmissã. A Figura 4 ilustra o problema que po deria ocorrer no Schmitt Trigger usado na recepçã, devido ã distorçã causada pela presençã das harmônicas 3 e 5 junto ã fundamẽtal de 600 Hz. Este fenõmeno nã se manifestaria em ocasiões de predom̃nio da outra frequênciã bãsicã (1200 Hz) porque suas harmônicas ímpares estão acima da faixa de 300-3000 Hz do prõprio transceptor FM.

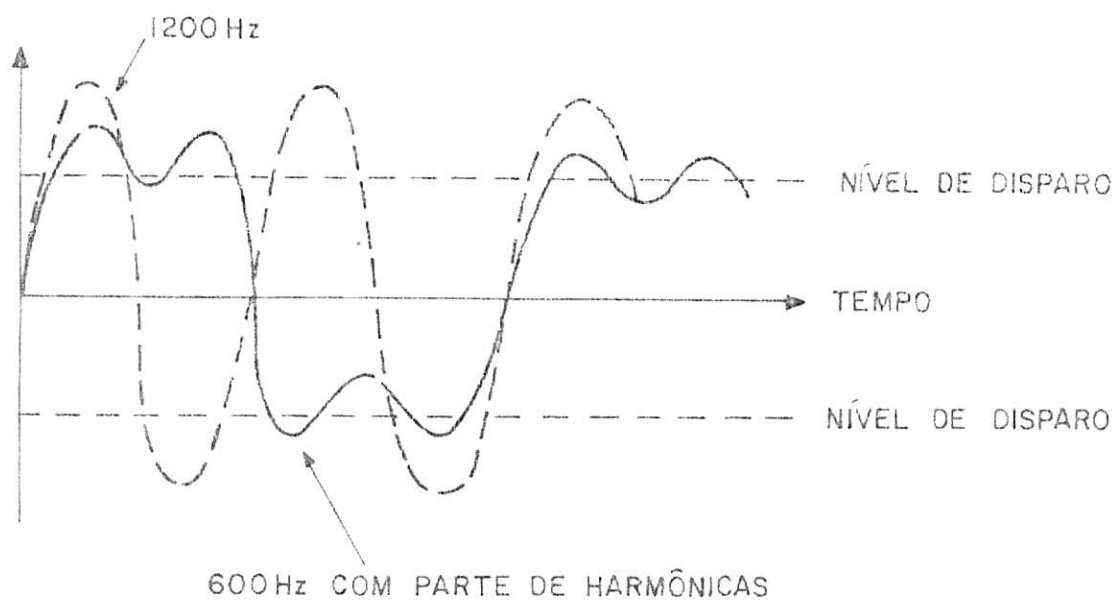


Fig. 4 - Formas de onda e ñveis de disparo de Schmitt Trigger, no caso em que a presençã de parte das harmônicas da frequênciã de 600Hz levaria a falha do sistema.

Do mesmo modo que o sinal Manchester, a onda quadrada de 2400 Hz (a ser utilizada na recepção como referência relógio) é desacoplada e ajustada ao nível adequado. O filtro passa-baixas, usado neste caso, visa essencialmente facilitar a combinação do sinal relógio com o sinal de dados (feito através de circuitos RC série na saída). Os resistores fazem o casamento de impedância com a entrada do transceptor. Os capacitores permitem somar os dois sinais em forma desacoplada.

4. DESCRIÇÃO DO RECEPTOR DE BORDO

O sinal combinado de dados Manchester com o relógio de 2400 MHz é separado em suas partes componentes: de um lado, passa por filtro passa-baixas ativo, que recupera o sinal de dados em pulsos arredondados; por outro lado, passa por um filtro passa-faixa ativo, de alta seletividade e ganho, que fornece a frequência de 2400 Hz em forma senoidal.

Os dois sinais são amplificados e limitados a níveis entre 0 e 9.1 volt, passando depois por circuitos Schmitt Trigger para moldagem dos pulsos.

Uma onda quadrada de 1200 Hz, gerada a partir da onda de 2400 Hz invertida, é usada para marcar os instantes de amostragem do sinal de dados. O método escolhido para a geração do sinal de 1200 Hz, a partir do sinal de 2400 Hz invertido, garante que as amostras serão tomadas longe das transições do sinal de dados.

O sinal de dados, que sai do Schmitt Trigger correspondente, é invertido antes do processo de amostragem, o que, em última análise, não tem importância, devido à codificação diferencial introduzida no sinal NRZ do transmissor. Com efeito, o sinal amostrador de 1200 Hz encerra necessariamente uma ambiguidade de polaridade, que se transfere à saída detectada. Esta apresenta-se na forma NRZ à saída de um primeiro flit-flop D, e é igual ao sinal NRZ diferencial gerado no transmissor, ou ao seu complemento. Através da passagem por um se

gundo flip-flop D (gatilhado pelo mesmo sinal de 1200 Hz) e da combinação de saídas em somador binário (circuito XOR) obtêm-se o sinal NRZ de telecomando em sua forma original (não diferencial), cancelando a ambiguidade no processo.

Os circuitos do sistema de recepção utilizado, desde a saída do demodulador FM até a entrada do computador de bordo, são mostrados na Figura 5. Devido às baixas temperaturas em que deve operar o sistema de bordo (até -40°C), a escolha de componentes e a montagem dos circuitos requerem especiais cuidados.

5. CONCLUSÕES

O sistema de telecomunicações para telecomando de balões descrito neste relatório foi construído no INPE e está sendo submetido a testes, isoladamente e em integração com os demais sistemas envolvidos, durante o mês de julho de 1980. A primeira missão (lançamento de balão estratosférico), para a qual se prevê a utilização do referido sistema de telecomando, está prevista para o final do mês.

BIBLIOGRAFIA

GRUENBERG, E.L. (Editor). *Handbook of telemetry and remote control*.
New York, McGraw-Hill, 1967.

LINDSEY, W.C.. *Telecommunication systems engineering*. Englewood
Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1973.

MAX, J.. *Méthodes et techniques de traitement du signal (Tome 1^{er})*.
Paris, Masson et Cie., 1972.