

**INSTITUTO
FEDERAL**

Santa Catarina

Câmpus
São José

Modulações GMSK e CPM

Sistemas de Comunicações I

Gabriel Luiz Espindola Pedro

19 de Agosto de 2024

Sumário

1. Introdução	3
2. Fundamentação teórica	3
2.1. Modulação PSK	3
2.2. Modulação FSK	3
2.3. Modulação MSK (<i>Minimum Shift Keying</i>)	4
3. Modulação CPM (<i>Continuous Phase Modulation</i>)	4
4. Modulação GMSK (<i>Gaussian Minimum Shift Keying</i>)	5
4.1. Modulador	5
4.2. Demodulador	6
5. Conclusões	6
Bibliografia	6

1. Introdução

A modulação é uma técnica fundamental em comunicações digitais, permitindo a transmissão de informações através de diferentes meios. Entre as diversas técnicas de modulação, destacam-se a modulação de fase contínua (CPM) e a modulação de desvio de frequência mínima (MSK), que incluem a variação conhecida como GMSK. Este trabalho tem como objetivo explorar essas modulações, com foco especial em suas aplicações práticas e em uma comparação com outras técnicas comuns, como a modulação por desvio de frequência (FSK) e a modulação por deslocamento de fase (PSK). A análise abordará a eficiência espectral, a largura de banda, e a robustez de cada técnica.

2. Fundamentação teórica

2.1. Modulação PSK

A modulação PSK (*Phase Shift Keying*) é uma técnica de modulação digital que consiste em chavear (*shift keying*) em valores de fases discretos para representar símbolos digitais. [1]

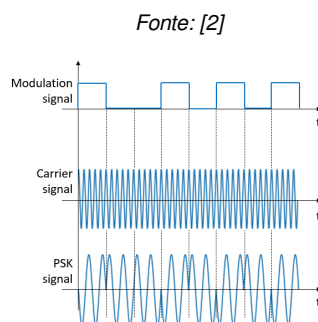
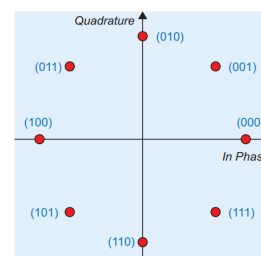


Figura 2: Diagrama de tempo para modulação PSK

Figura 4: Constelação de fase para BPSK (Binary Phase Shift Keying)



Fonte: [3]

2.2. Modulação FSK

Outra técnica de modulação digital amplamente utilizada é a modulação FSK (*Frequency Shift Keying*), por sua vez utiliza da frequência como parâmetro para representar os símbolos digitais. Cada frequência representa um símbolo diferente. [1]

Fonte: [4]

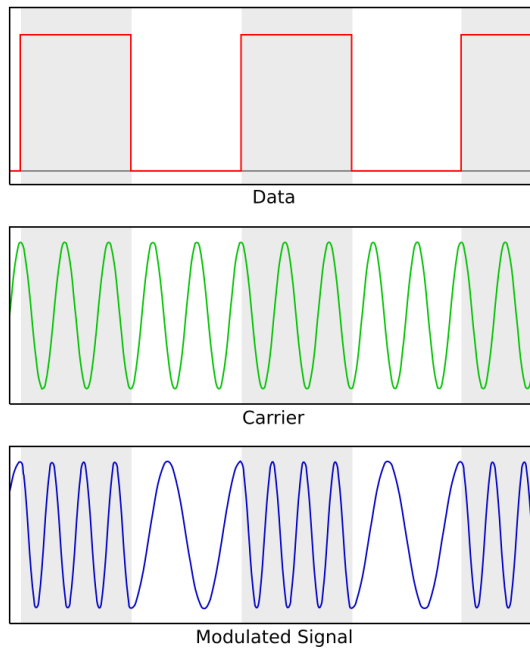


Figura 6: Constelação de fase para BPSK (Binary Phase Shift Keying)

2.3. Modulação MSK (Minimum Shift Keying)

MSK (*Minimum Shift Keying*) é uma modulação que codifica cada bit como uma meia senoide, resultando em um sinal com um envelope de sinal constante, o que reduz os problemas causados pela distorção não-linear. [5]

Fonte: [6]

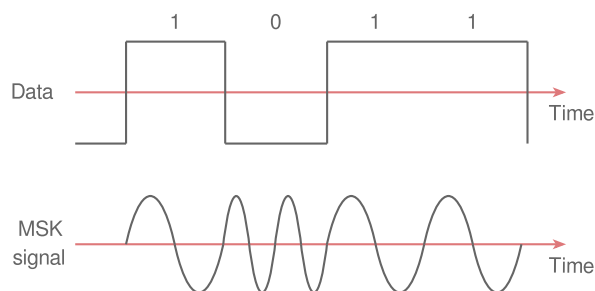


Figura 8: Diagrama de tempo para modulação MSK

Como podemos observar na figura 7, diferentemente da modulação o chaveamento de fase não ocorre de forma abrupta, mas sim de forma suave, o que reduz a largura de banda necessária para transmitir o sinal.

3. Modulação CPM (Continuous Phase Modulation)

Na modulação de fase contínua CPM (*Continuous Phase Modulation*) a fase do sinal é continuamente variada com o objetivo de reduzir a largura de banda necessária para

transmitir um dado sinal. Comumente implementada como um onda de envelope contante, portanto, a potência da portadora é constante. [7]

O CPM é amplamente utilizado em sistemas de comunicação modernos, como o GSM (*Global System for Mobile Communications*). Sua eficiência em termos de uso do espectro e sua capacidade de manter uma comunicação clara e confiável fazem dele uma escolha popular para redes móveis e outros sistemas que exigem alta capacidade e eficiência.

4. Modulação GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*)

A modulação GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) é uma variação da modulação MSK, onde a transição de fase é suavizada pela utilização em conjunto com um filtro gaussiano. [8].

Fonte: [8]

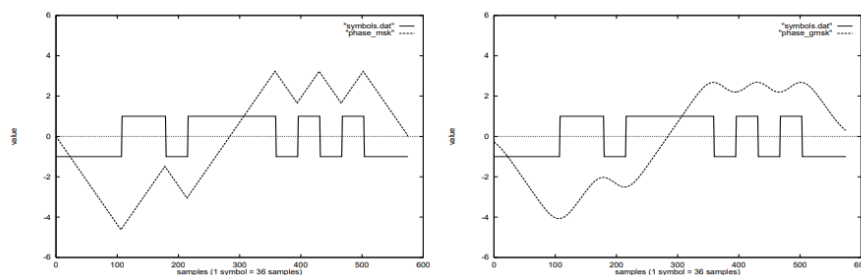


Figura 10: Comparação entre MSK e GMSK

O GMSK é amplamente utilizado no GSM devido à sua eficiência espectral e capacidade de reduzir a interferência entre canais adjacentes. O GSM é um dos padrões de comunicação móvel mais antigos e amplamente adotados.

4.1. Modulador

De acordo com Culler [8] etapas para a modulação GMSK são:

1. Criar sequência NRZ
2. Criar N amostras por símbolo
3. Integrar a sequência NRZ
4. Convolver com a função gaussiana
5. Separar em fase e quadratura
6. Multiplicar pelas portadoras $\cos(\omega_0 n)$ e $-\sin(\omega_0 n)$
7. Somar as saídas dos multiplicadores

Ou representado em diagrama de blocos:

Fonte: [8]

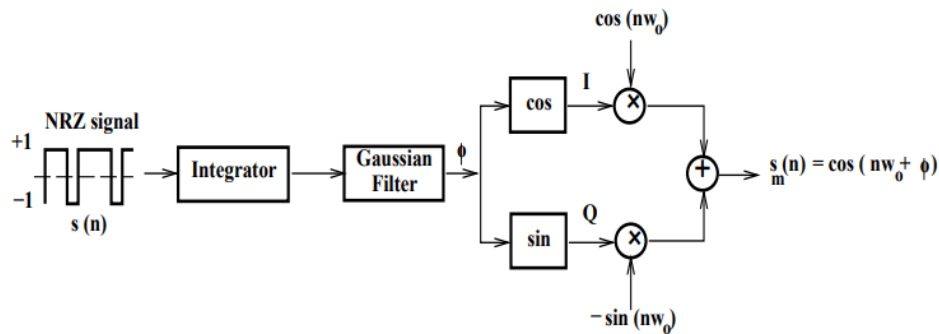


Figura 12: Diagrama de blocos do modulador GMSK

4.2. Demodulador

Podemos representar o demodulador GMSK em diagrama de blocos:

Fonte: [8]

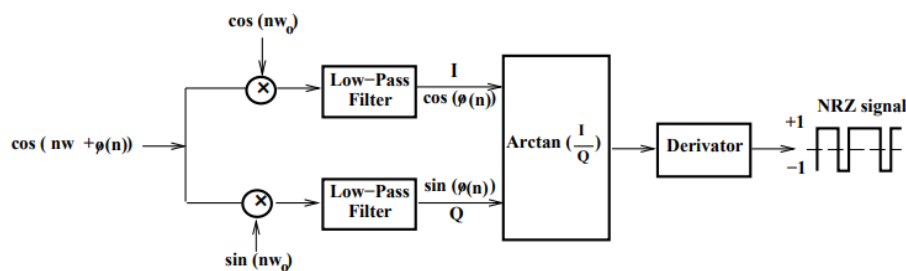


Figura 14: Diagrama de blocos do demodulador GMSK

5. Conclusões

A técnica de modulação GMSK é mais eficiente em termos de largura de banda e eficiência espectral do que outras técnicas de modulação, como FSK e PSK, porém com um custo computacional maior, devido a necessidade de memória, filtro gaussiano, integradores e derivadores. Este custo computacional é compensado pela capacidade de reduzir a interferência entre canais adjacentes e manter uma comunicação clara e confiável, tornando-a uma escolha popular para sistemas de comunicação móvel e outros sistemas que exigem alta capacidade e eficiência.

Bibliografia

- [1] B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001.
- [2] K. Saxena, «Phase Shift Keying Modulation: An Introduction and Simulation in Python». [Em linha]. Disponível em: <https://levelup.gitconnected.com/phase-shift-keying-modulation-an-introduction-and-simulation-in-python-7fda95529cf8>

- [3] R. W. Stewart, K. W. Barlee, e D. S. W. Atkinson, *Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR*, Paperback. Strathclyde Academic Media, 2015, p. 672–673. [Em linha]. Disponível em: <https://lead.to/amazon/com/?op=bt&la=en&cu=usd&key=0992978718>
- [4] «Frequency-shift keying». [Em linha]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-shift_keying
- [5] Wikipedia contributors, «Minimum-shift keying». 2024.
- [6] Electronics Notes, «What is Minimum Shift Keying (MSK)?». [Em linha]. Disponível em: <https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/what-is-msk-minimum-shift-keying.php>
- [7] Wikipedia Contributors, «Continuous phase modulation». [Em linha]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Continuous_phase_modulation
- [8] T. Turetti, «GMSK in a Nutshell», abr. 1996.