

Simulação de Transmissor e Receptor PTT-A3 para Aplicações no Sistema de Satélites ARGOS-3

Trabalho de Conclusão de Curso - 2 - 06 de Novembro de 2025

Arthur Cadore M. Barcella

Sumário

Objetivos	3
Fundamentação Teórica	5
Desenvolvimento	15
Resultados	42
Referências:	45

Objetivos

Objetivo Geral

Desenvolver um simulador de transmissão e recepção de sinais seguindo o padrão PTT-A3 (Platform Transmitter Terminal) para aplicações no sistema de satélites ARGOS-3, com o intuito de auxiliar na análise e validação do desempenho do sistema.

- Estudar o padrão de comunicação ARGOS;
- Simular a cadeia de transmissão do sistema PTT-A3;
- Simular o efeito da adição de ruído;
- Simular a detecção de portadoras;
- Simular a cadeia de recepção do sistema ARGOS-3;
- Simular a montagem e interpretação do datagrama recebido;
- Analisar o desempenho do sistema comparando com outros métodos de transmissão de dados;

Fundamentação Teórica

PCD (Plataforma de Coleta de Dados)

As PCDs são responsáveis pela coleta de dados ambientais em diversas regiões do Brasil, utilizando sensores para monitorar variáveis como temperatura, umidade, pressão atmosférica, entre outros.

PCD Terrestre



PCD Marítima (Projeto Pirata)



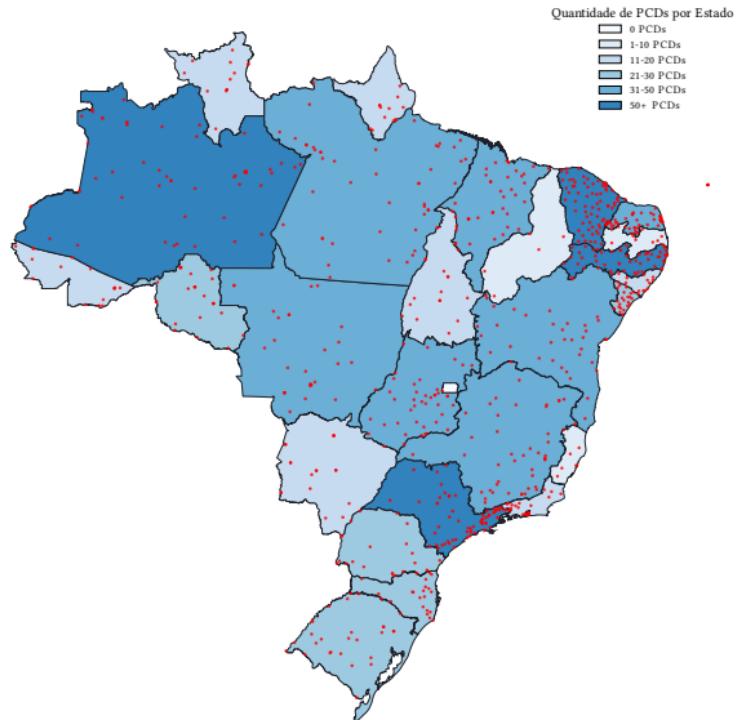
PCDs no Brasil

Exemplo de dados coletados da PCD 31855:

- Direção do vento;
- Precipitação;
- Pressão atmosférica;
- Radiação solar acumulada;
- Temperatura do ar;
- Umidade relativa do ar;
- Velocidade do vento;

Dados coletados através do SINDA (Sistema Integrado de Dados Ambientais)

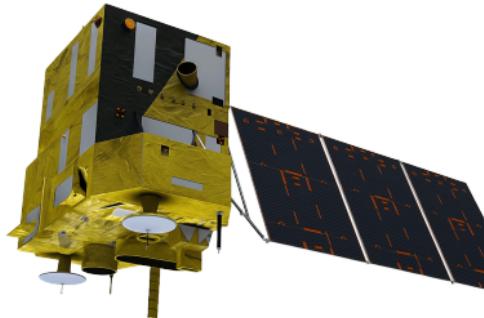
PCDs espalhadas pelo brasil



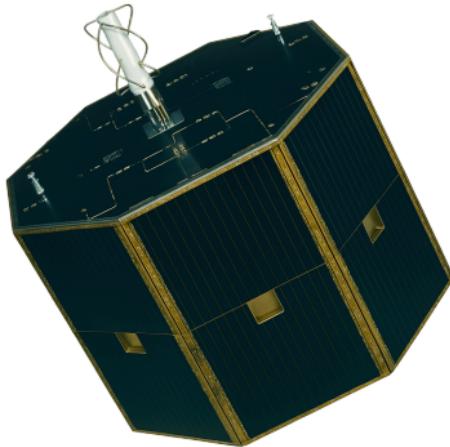
Satélites

Os dados coletados pelos sensores são enviados para os satélites em órbita, como CBERS-4 e SCD-1, que são responsáveis por receber os sinais das PCDs e retransmiti-los para as Estações Terrenas de Recepção (ETRs).

Satélite CBERS-4



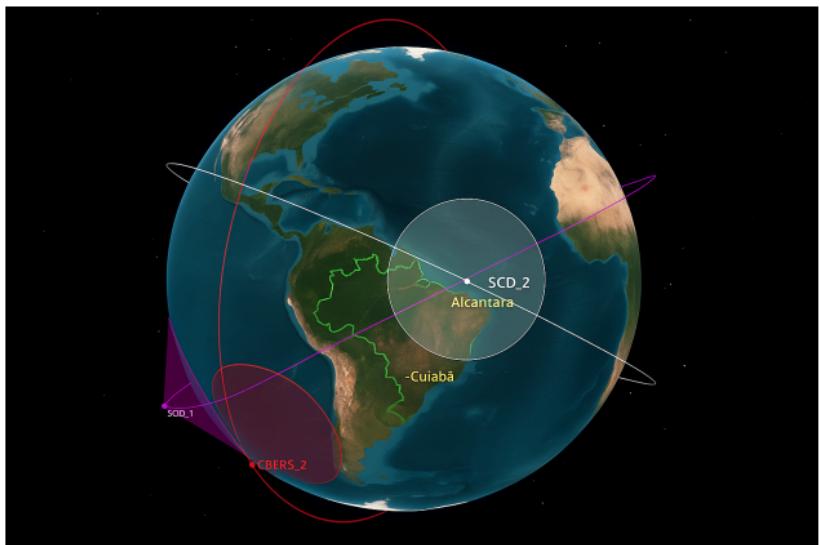
Satélite SCD-1



ETR (Estação Terrestre de Recepção)

As ETRs são responsáveis por receber os sinais retransmitidos pelos satélites, processá-los e armazená-los para posterior análise e utilização dos dados coletados.

Passada dos satélites

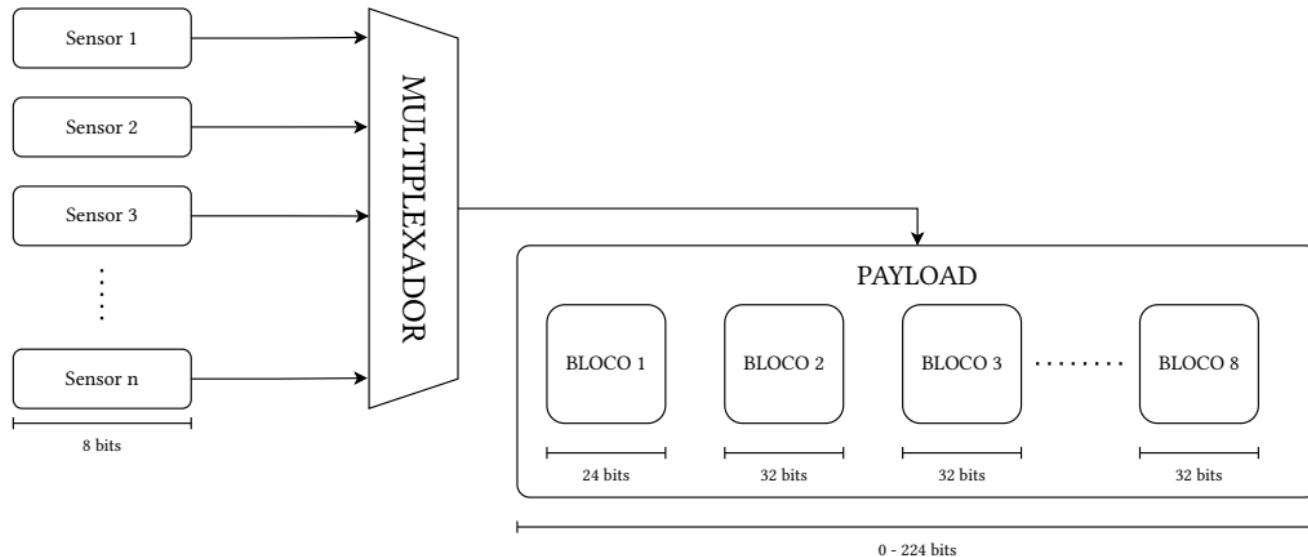


ETR (Estação Terrestre de Recepção)



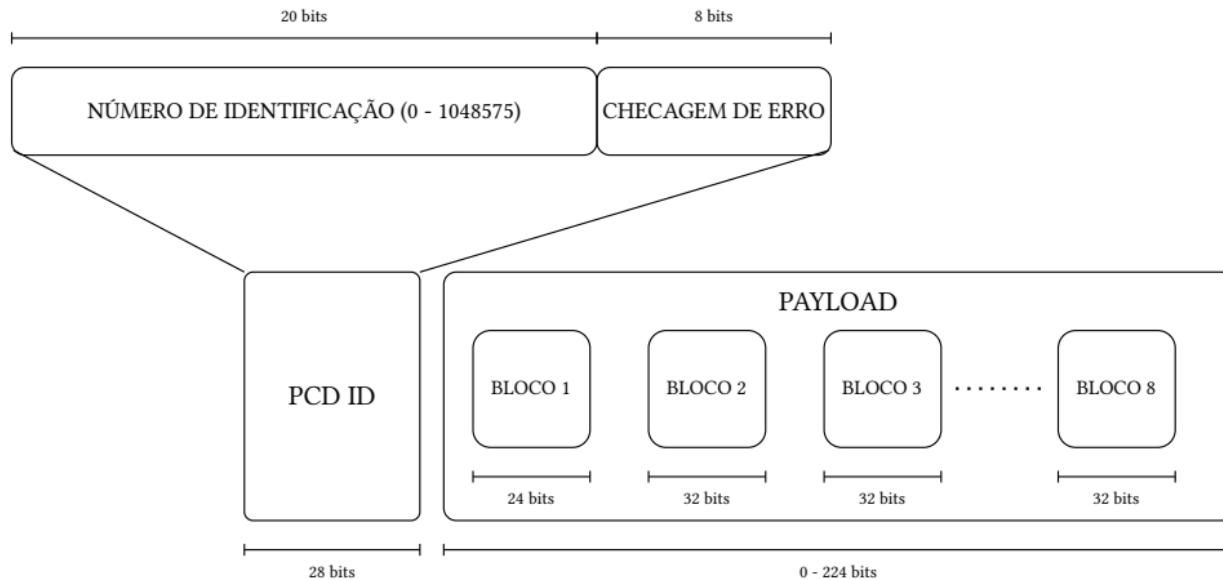
Payload de Aplicação

O payload de aplicação do ARGOS-3 é composto por diversos campos que armazenam informações essenciais para a correta interpretação dos dados transmitidos pelas PCDs.



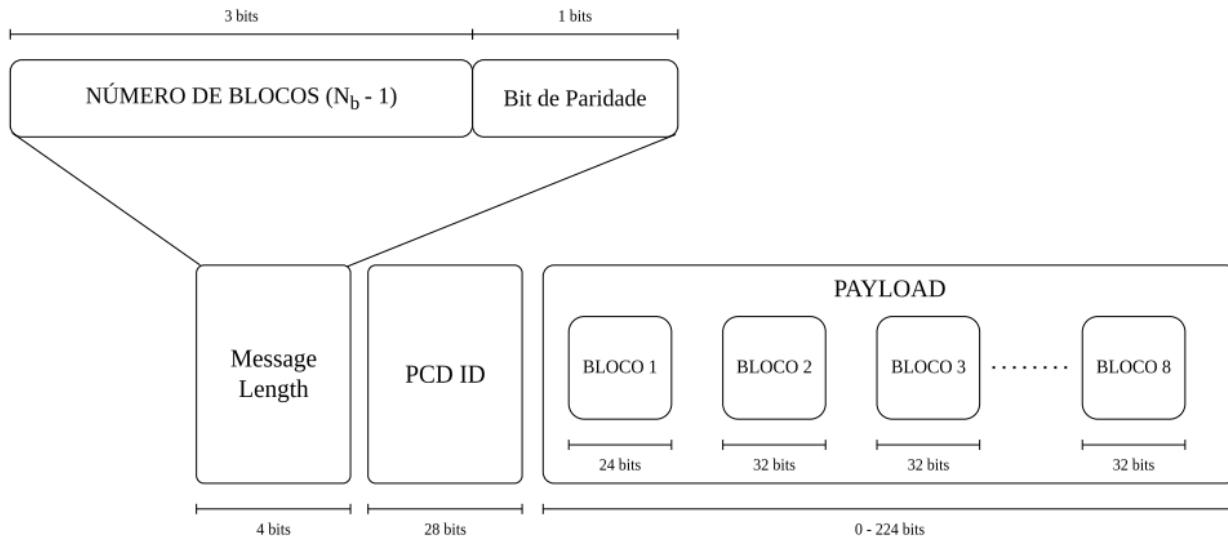
Identificação da PCD

O campo de identificação da PCD é crucial para garantir que os dados recebidos possam ser associados corretamente à fonte de coleta.



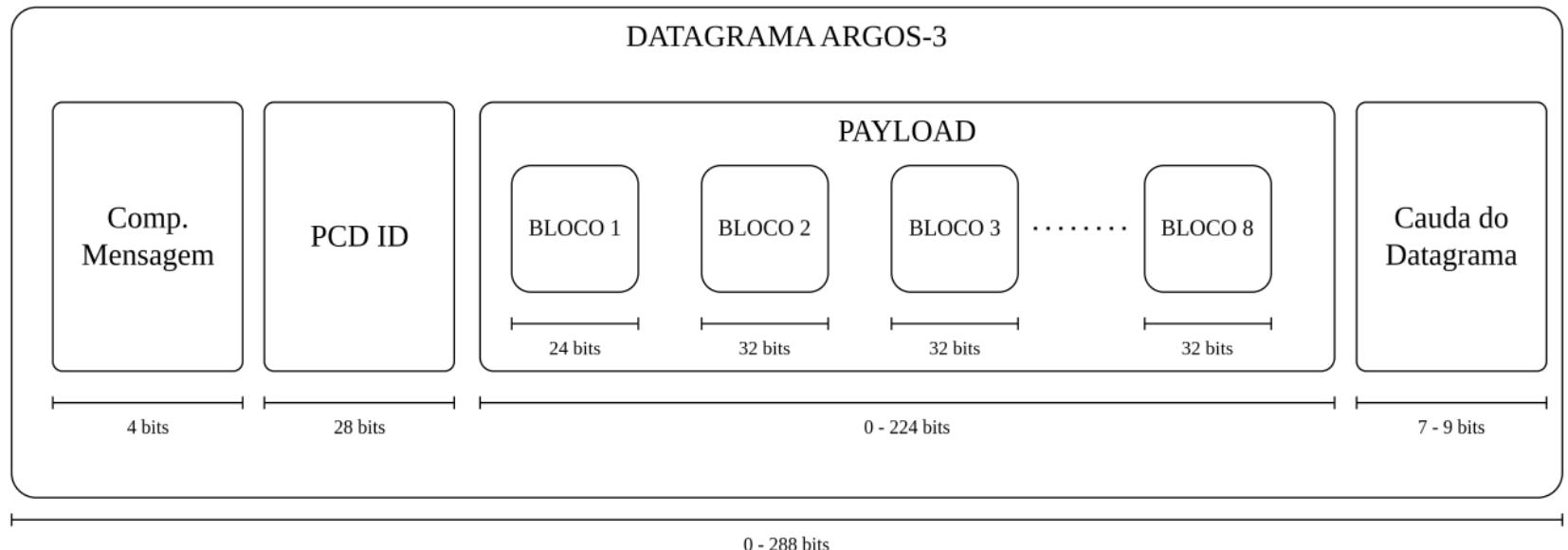
Comprimento de mensagem

O campo de comprimento da mensagem é responsável por indicar o tamanho total dos dados transmitidos, permitindo que o receptor saiba exatamente quantos bytes esperar.



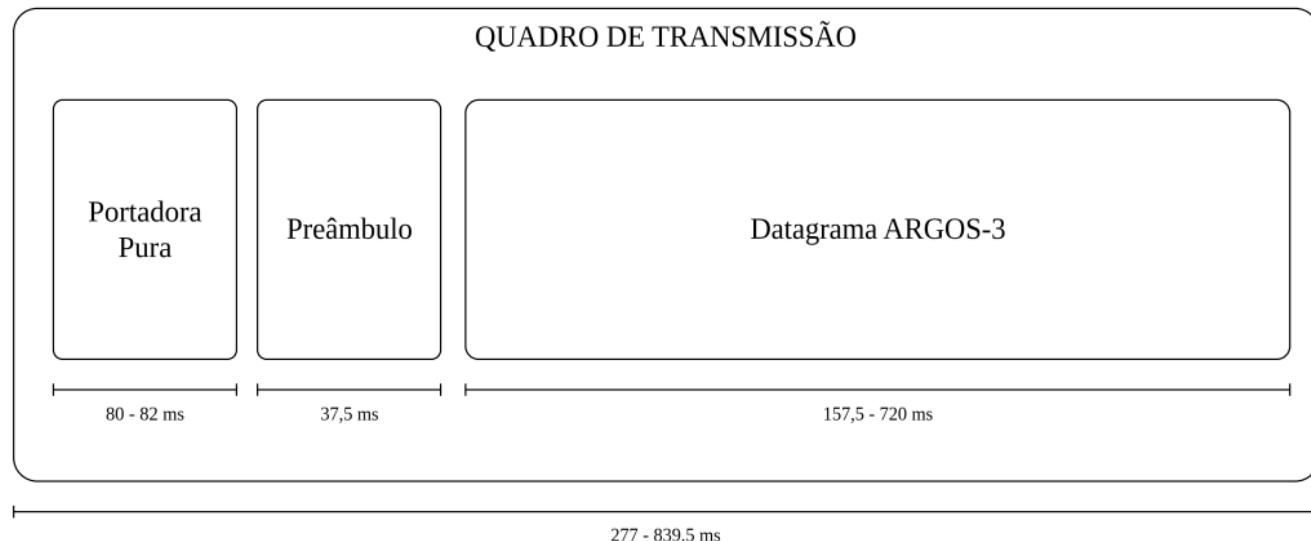
Datagrama ARGOS-3

O padrão ARGOS-3 possui um formato específico de datagrama para a transmissão dos dados coletados pelas PCDs, conforme apresentado a seguir.



Quadro Transmitido

O quadro transmitido no padrão ARGOS-3, inclui três campos, sendo eles: portadora pura, preâmbulo e datagrama, conforme apresentado a seguir.

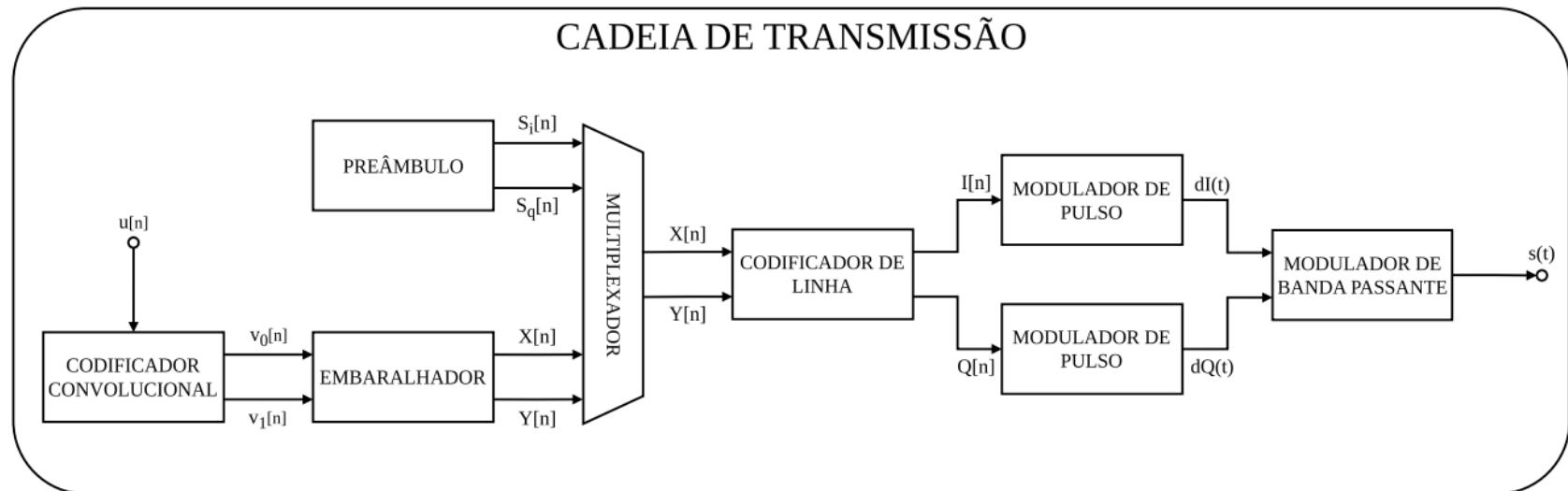


Desenvolvimento

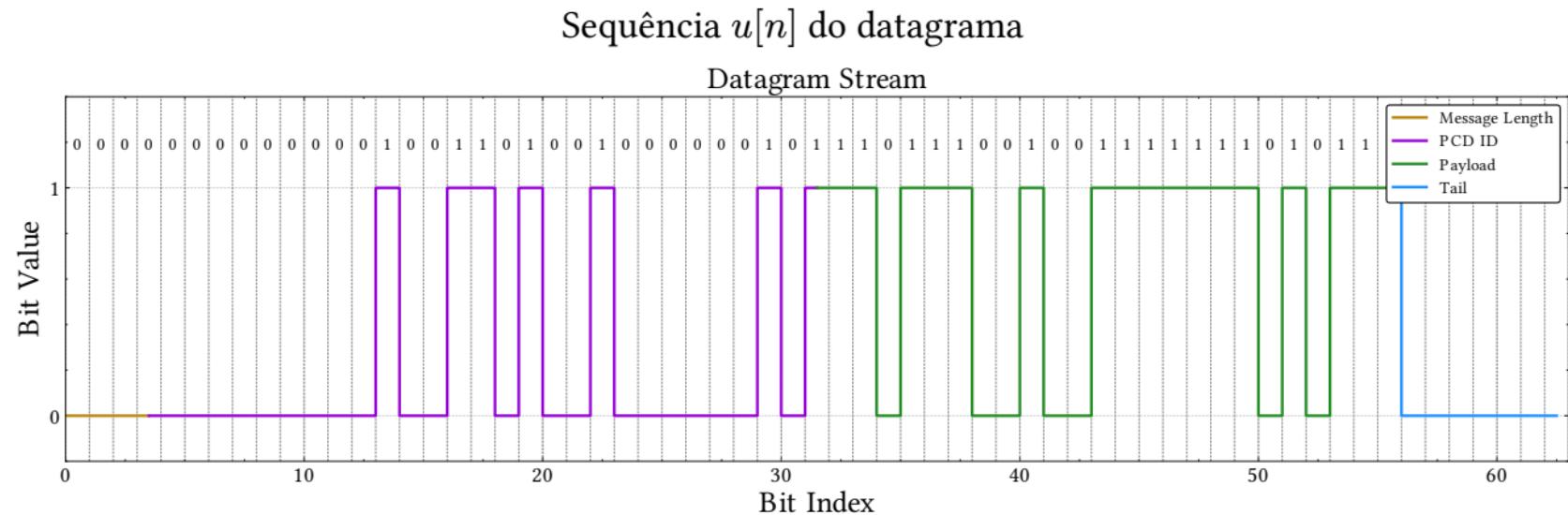
Transmissor ARGOS-3

Diagrama de blocos do Transmissor

CADEIA DE TRANSMISSÃO

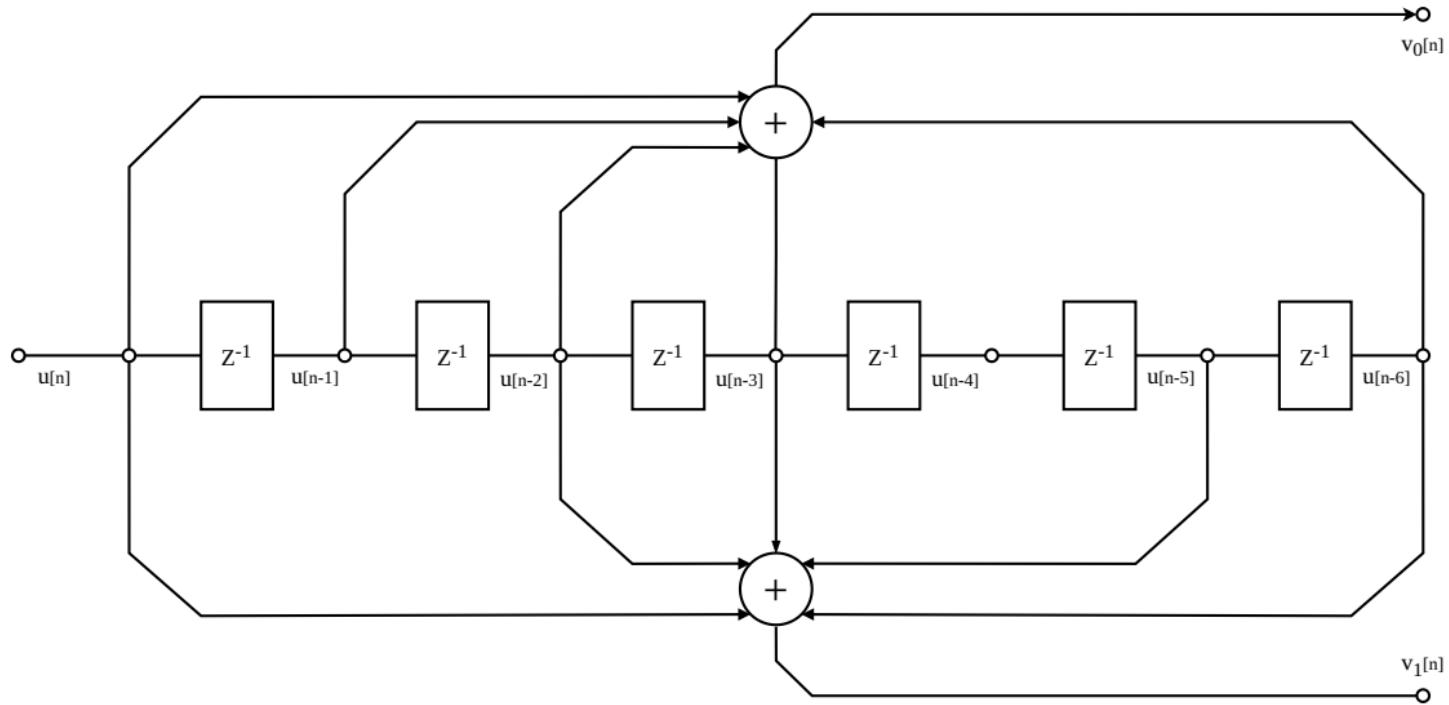


Datagrama



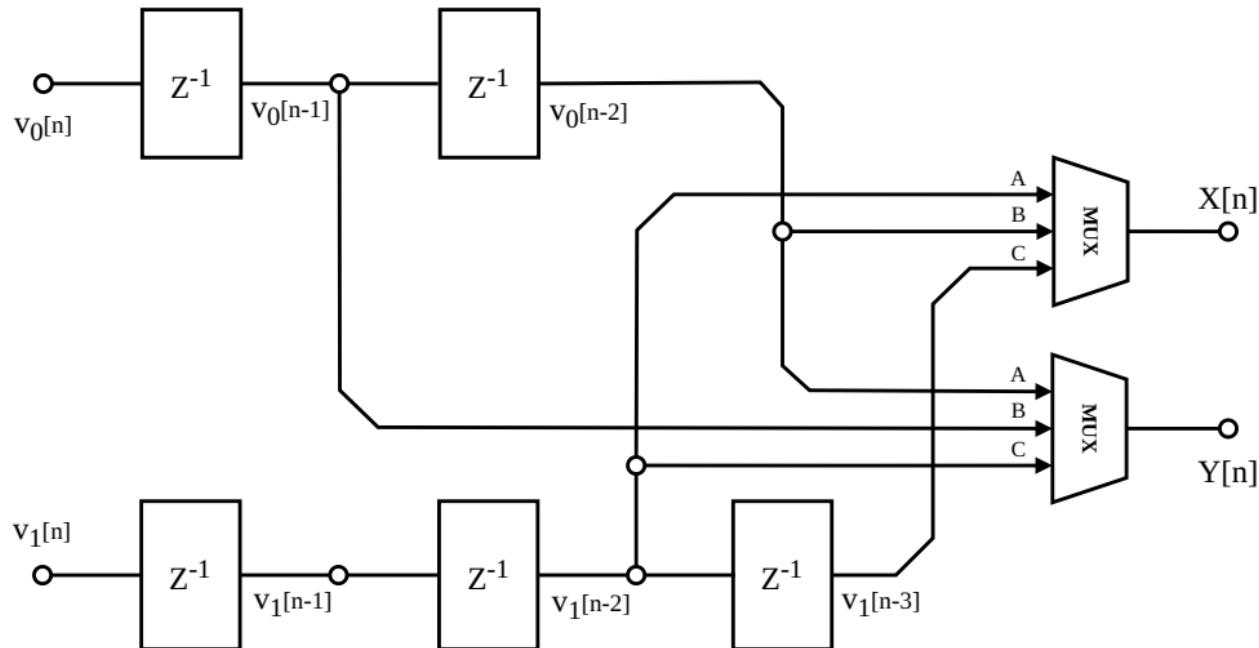
Codificador convolucional

Diagrama de blocos - Codificador convolucional



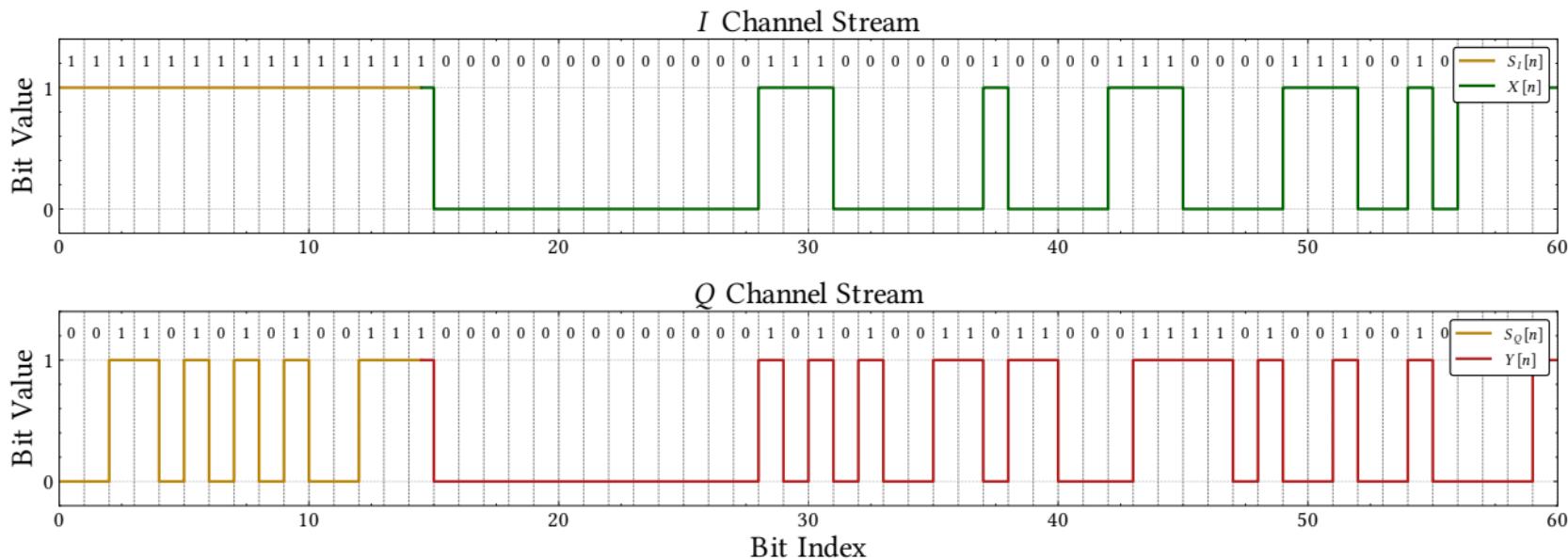
Embaralhador

Diagrama de blocos - Embaralhador



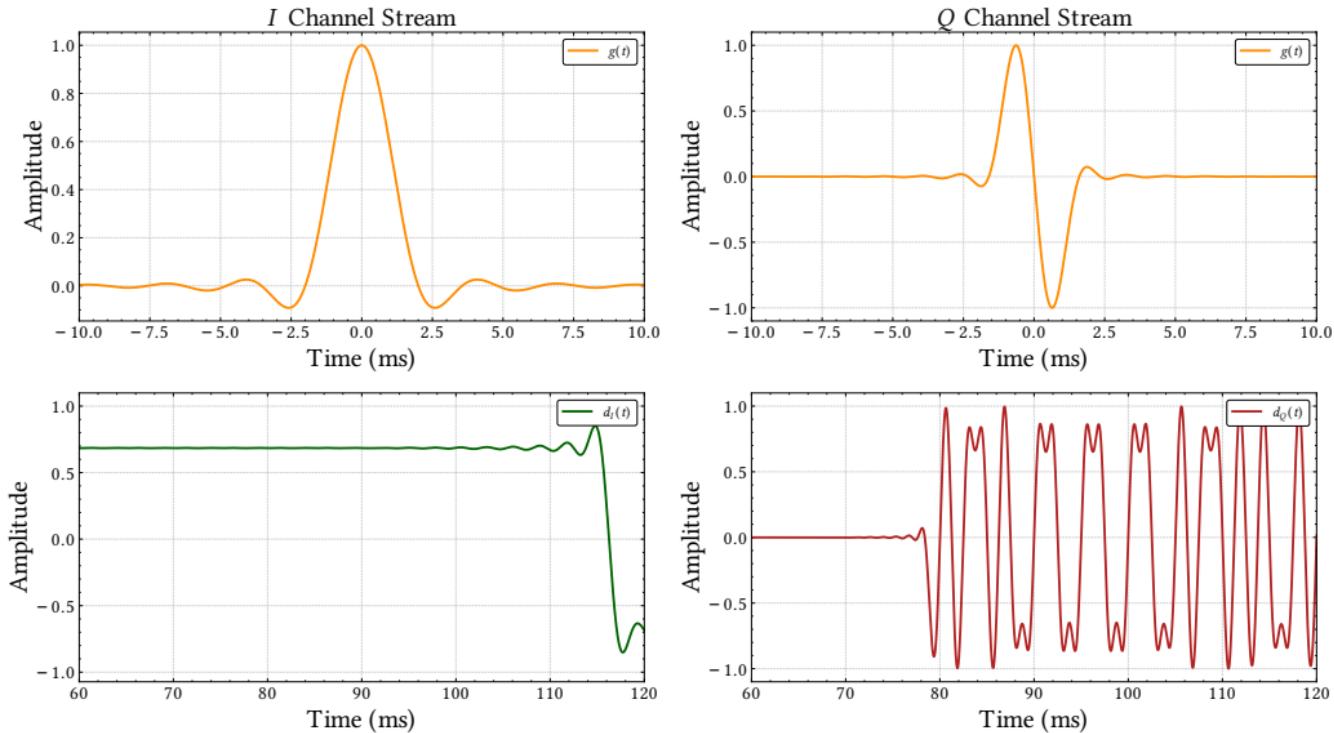
Multiplexador

Multiplexação - preâmbulo com sequência embaralhada



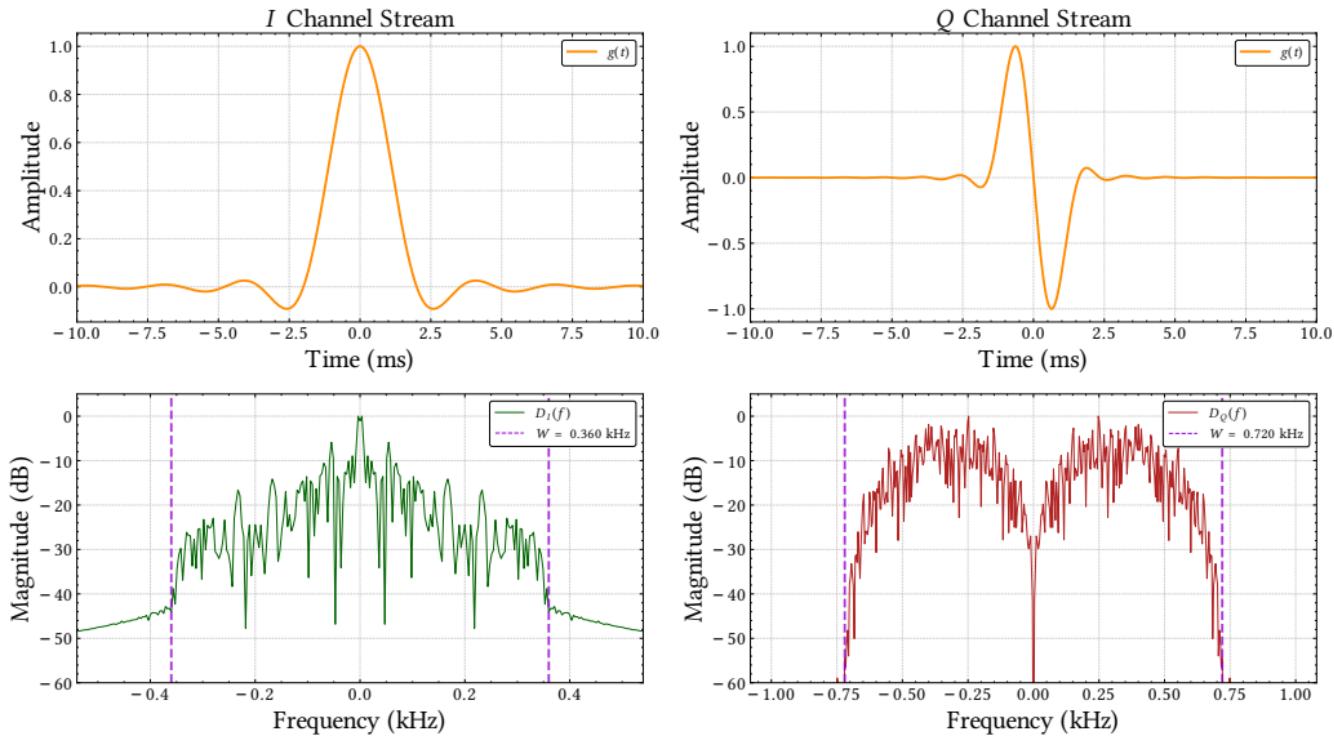
Modulação de pulso (domínio do tempo)

Formatação dos simbolos para transmissão



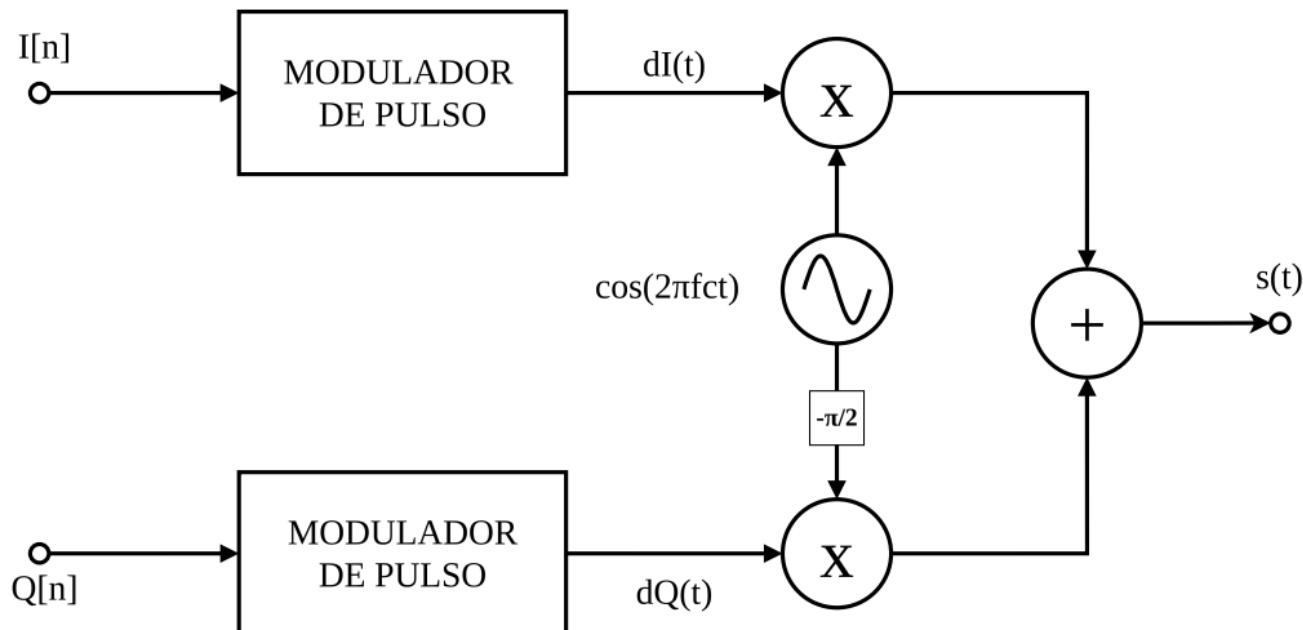
Modulação de pulso (domínio da frequência)

Formatação dos símbolos para transmissão



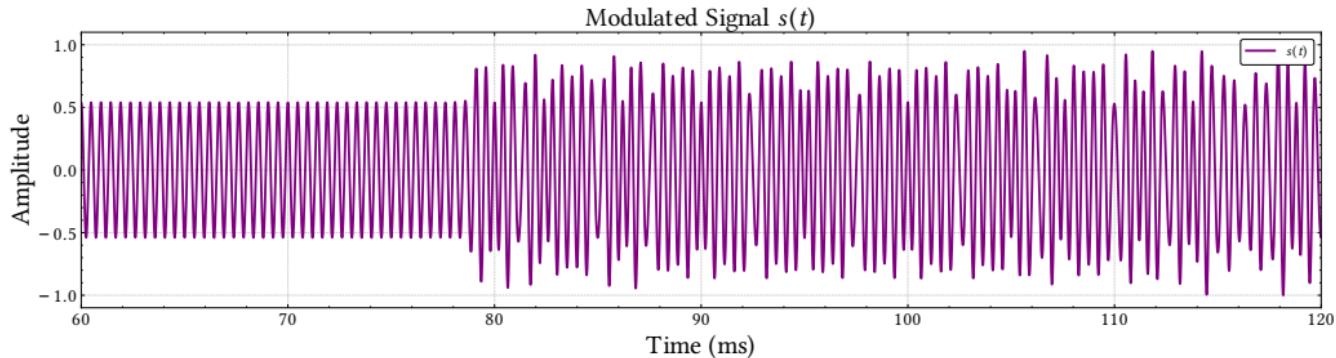
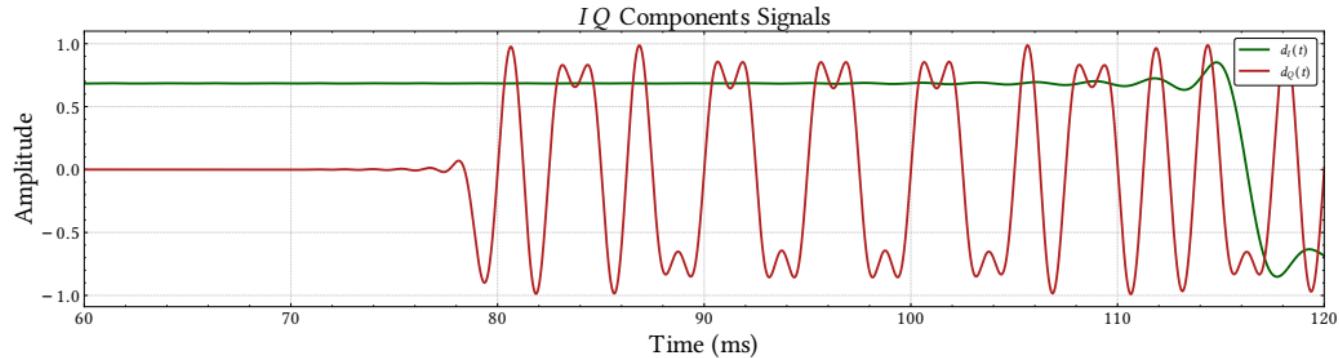
Modulador QPSK

Diagrama de blocos do modulador QPSK



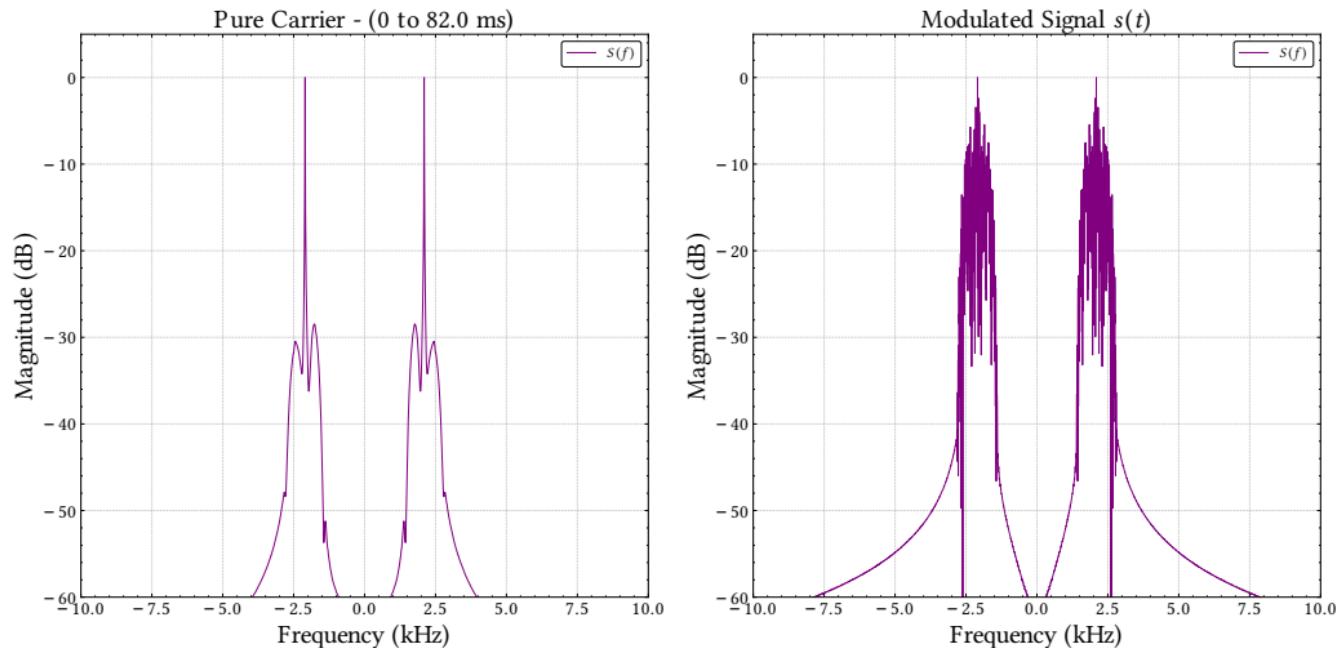
Modulação em banda passante

Modulação do sinal em banda passante



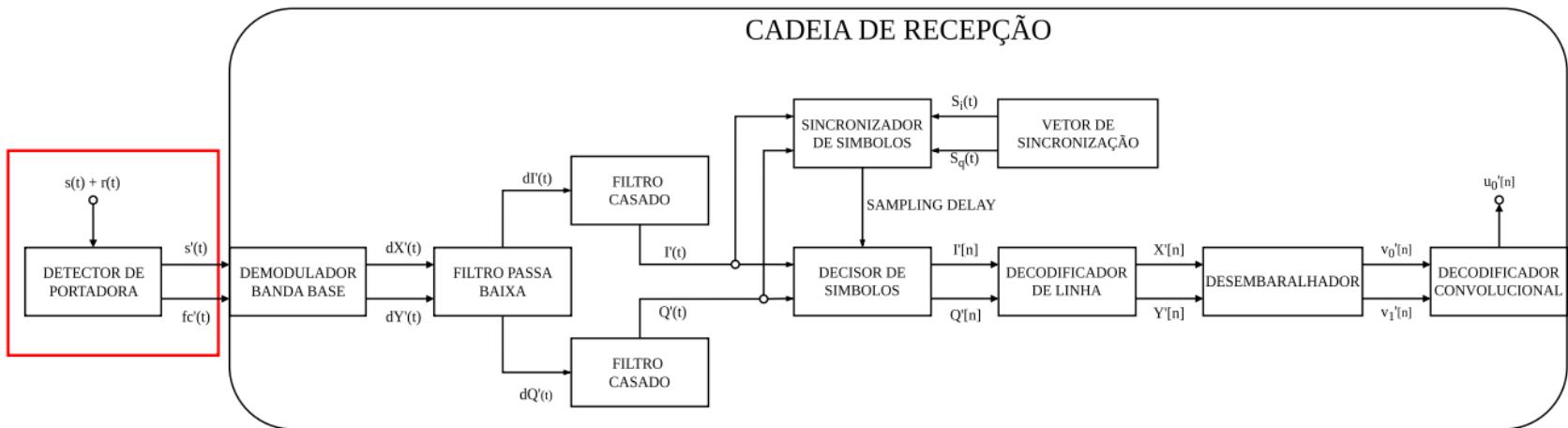
Modulação em banda passante (período de portadora pura)

Período de portadora pura - comparação do domínio da frequência



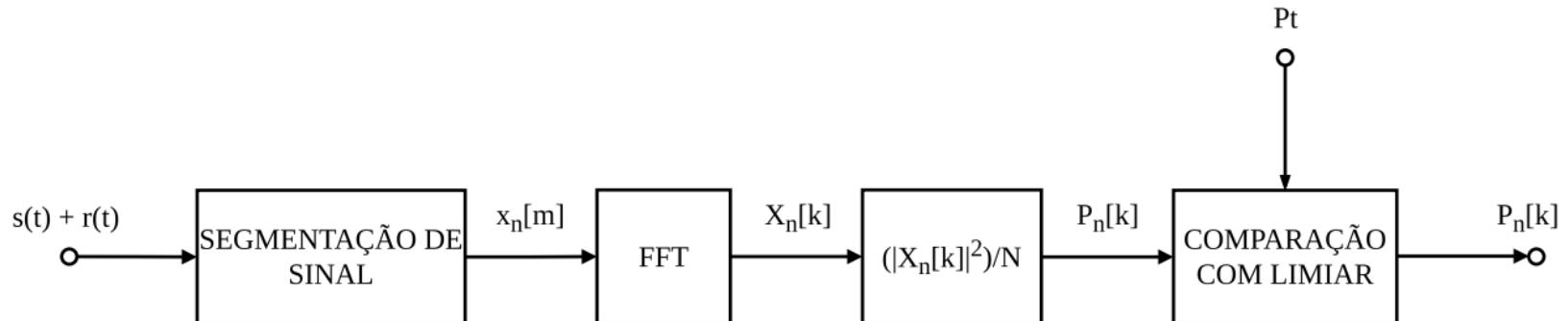
Receptor ARGOS-3

Diagrama de blocos do receptor



Detecção de portadora

Diagrama de blocos - Detector de portadora



Detecção de portadora

Detecção de portadora - domínio da frequência

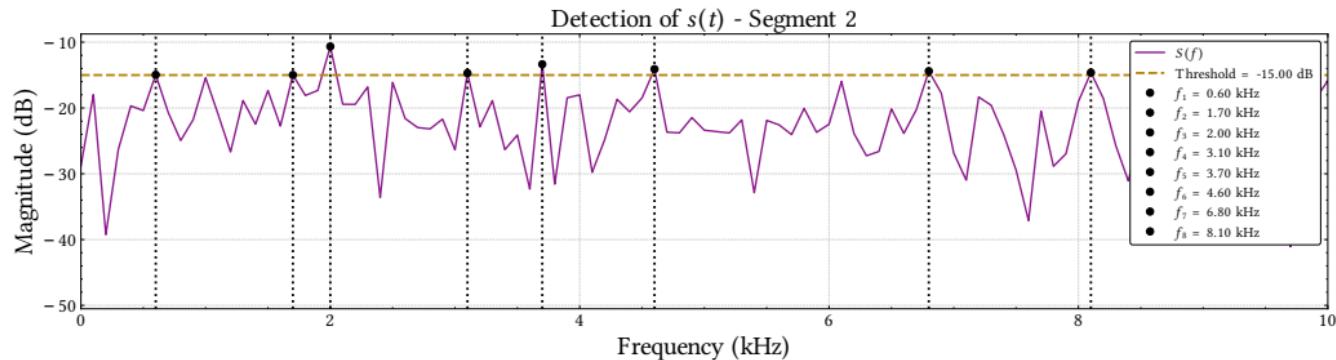
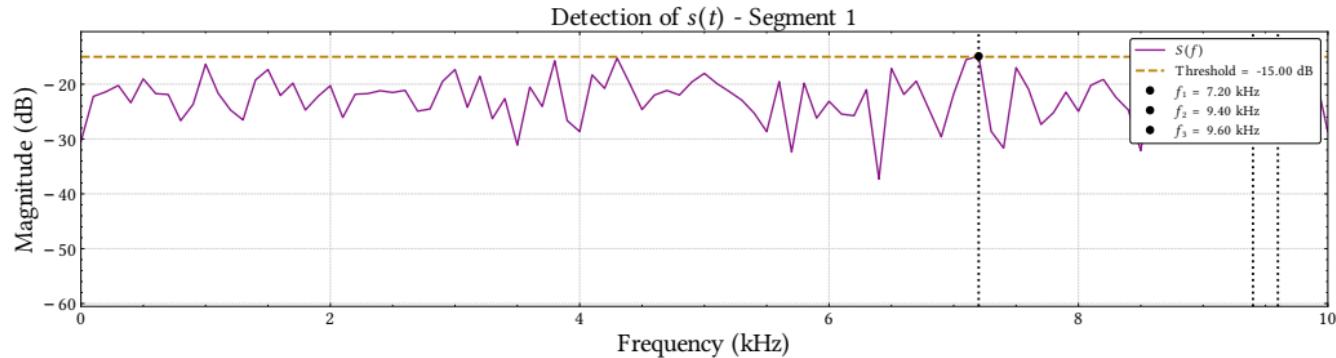


Diagrama de Waterfall do sinal recebido

Diagrama de Waterfall - tempo vs frequência

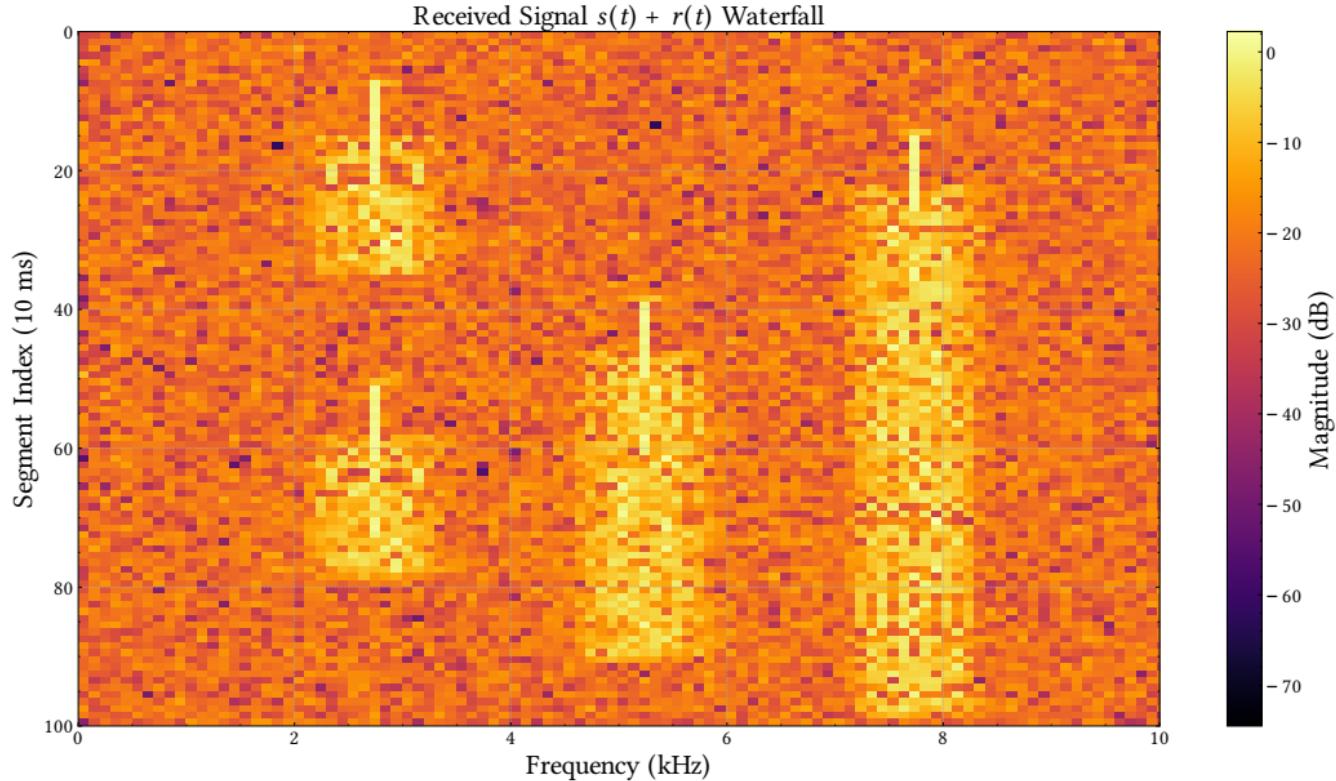


Diagrama de Waterfall detecção

Diagrama de Waterfall - detecção

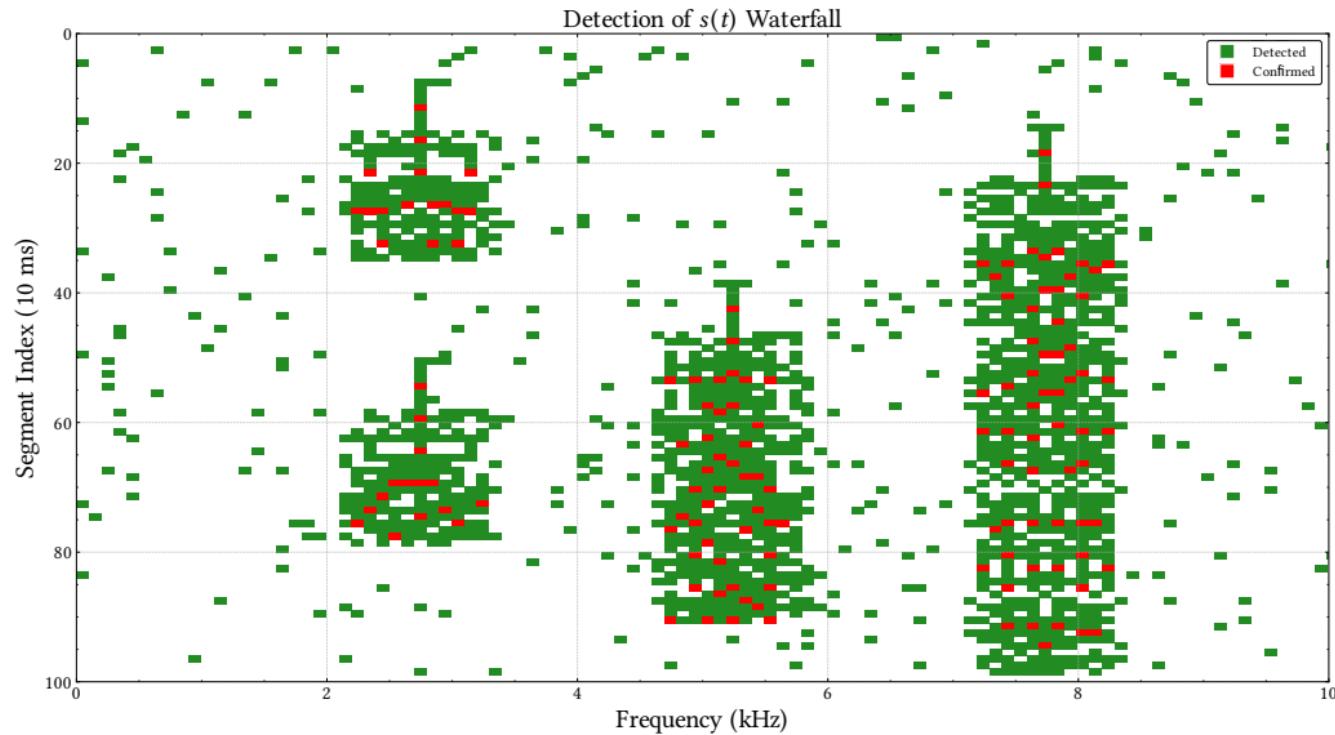
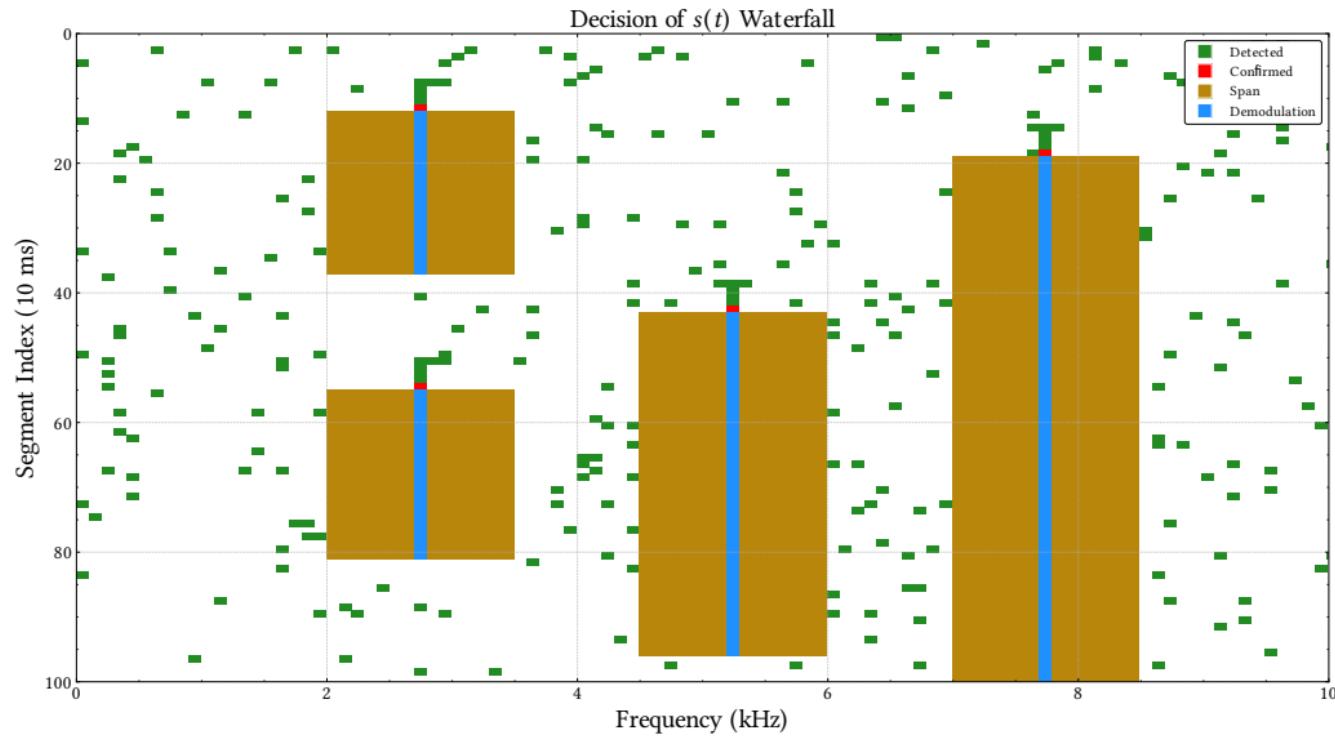


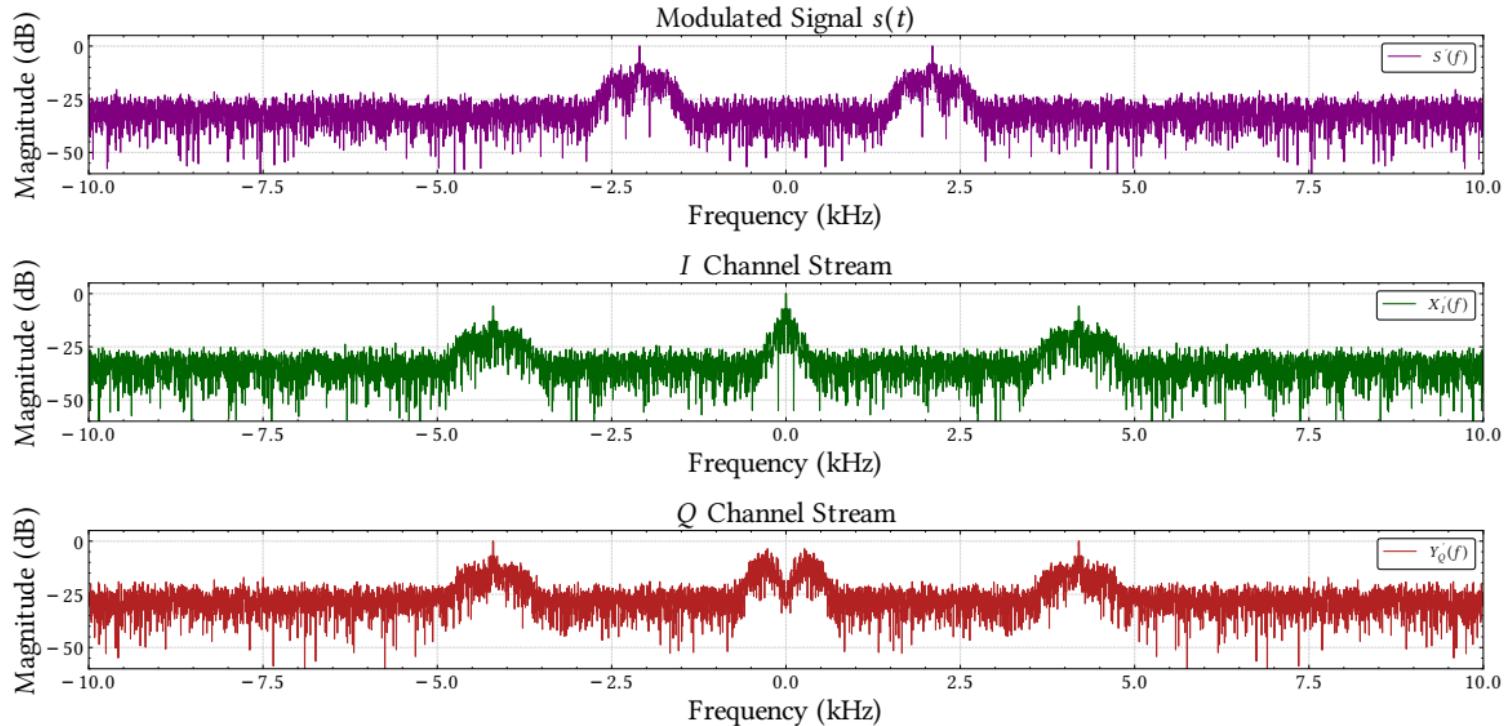
Diagrama de Waterfall decisão

Diagrama de waterfall - decisão



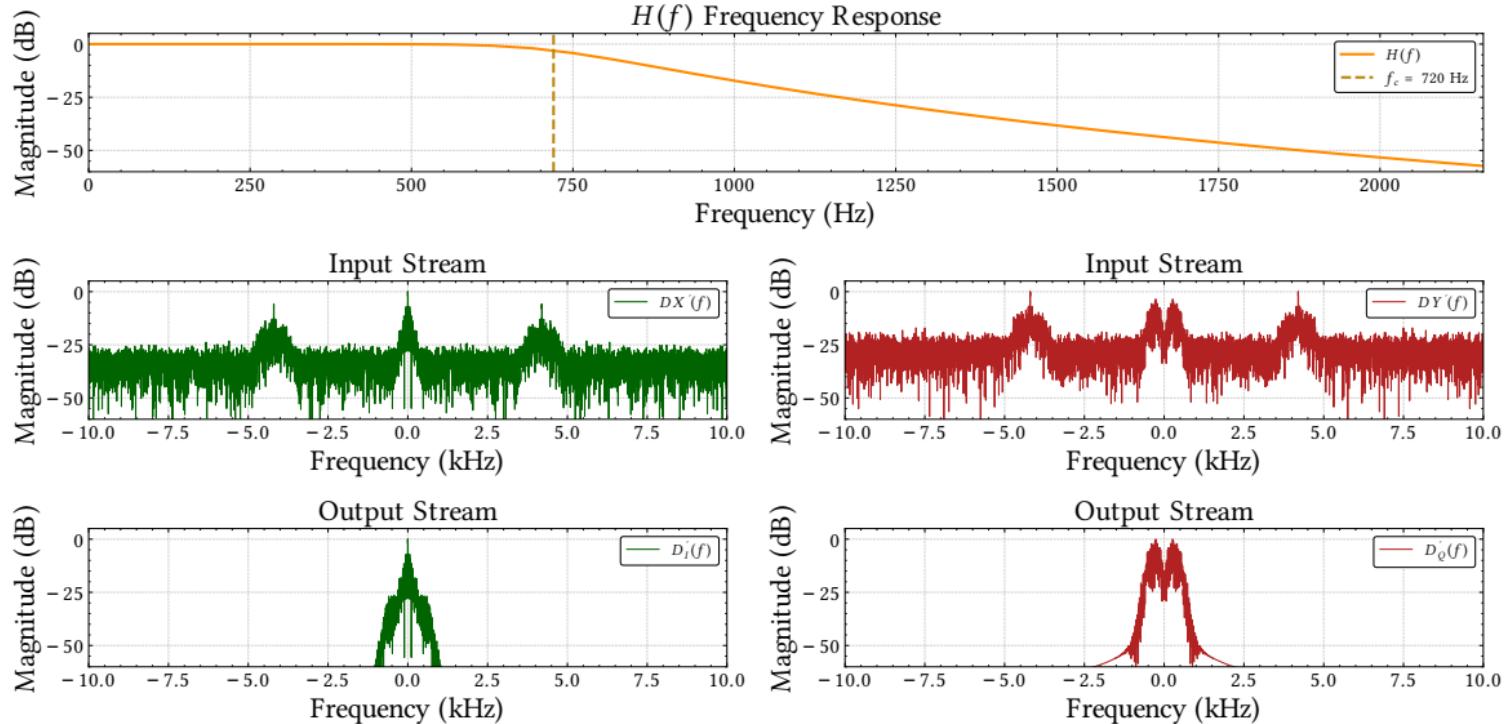
Demodulação para banda base

Demodulação do segmento de sinal para banda base



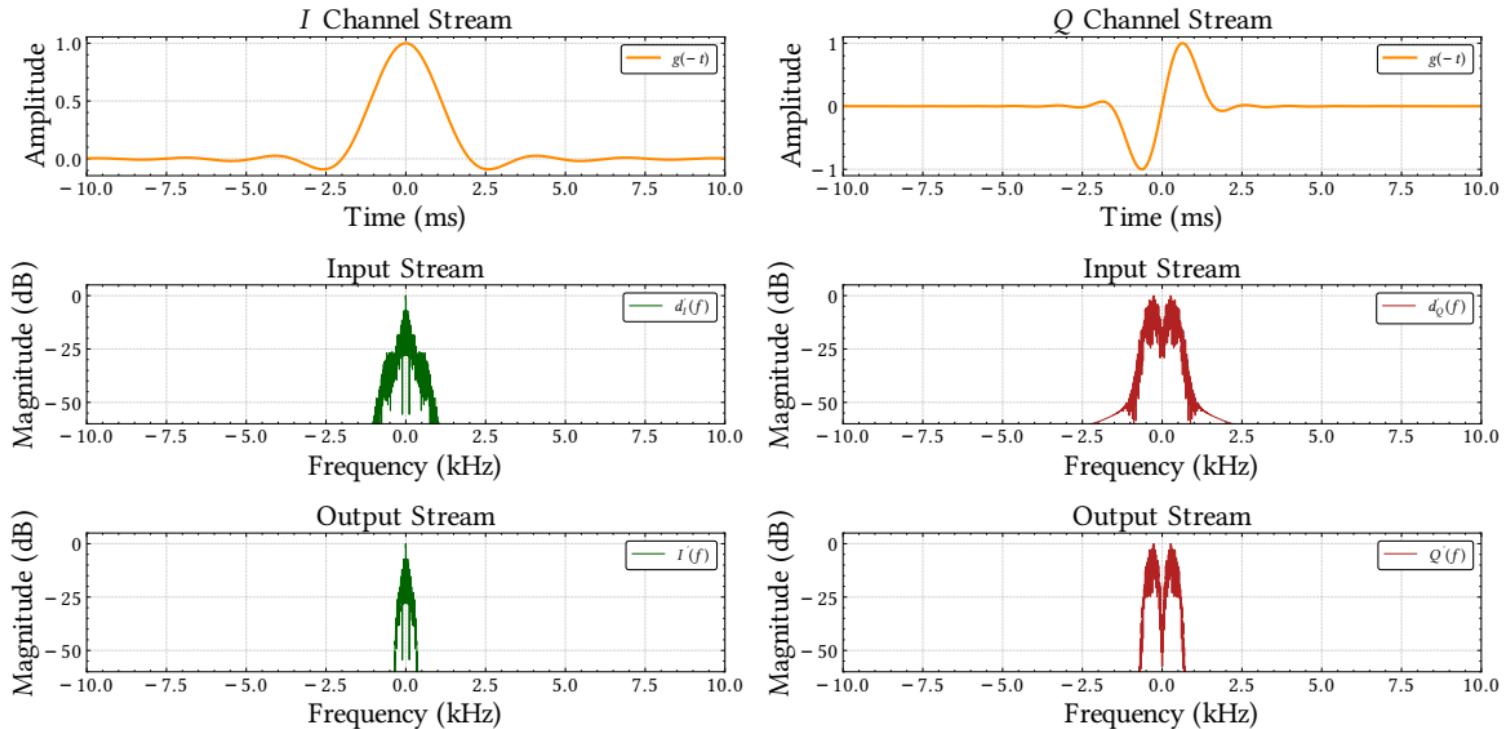
Filtro passa baixa

Filtragem passa baixa - domínio da frequência



Filtro casado

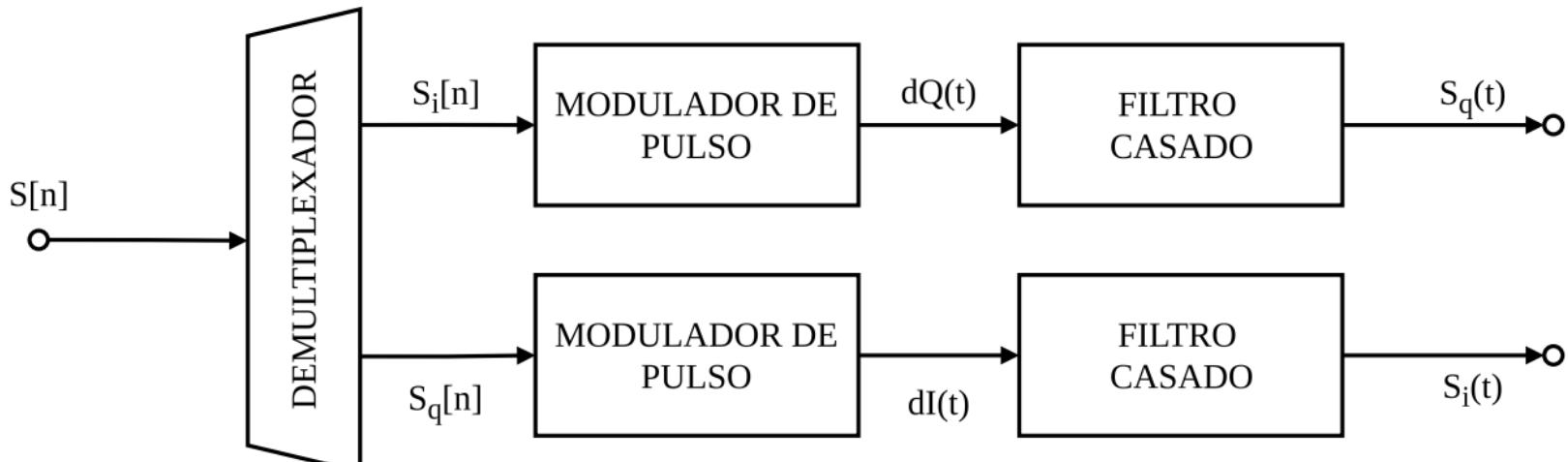
Filtragem casada - domínio da frequência



Processo de sincronização

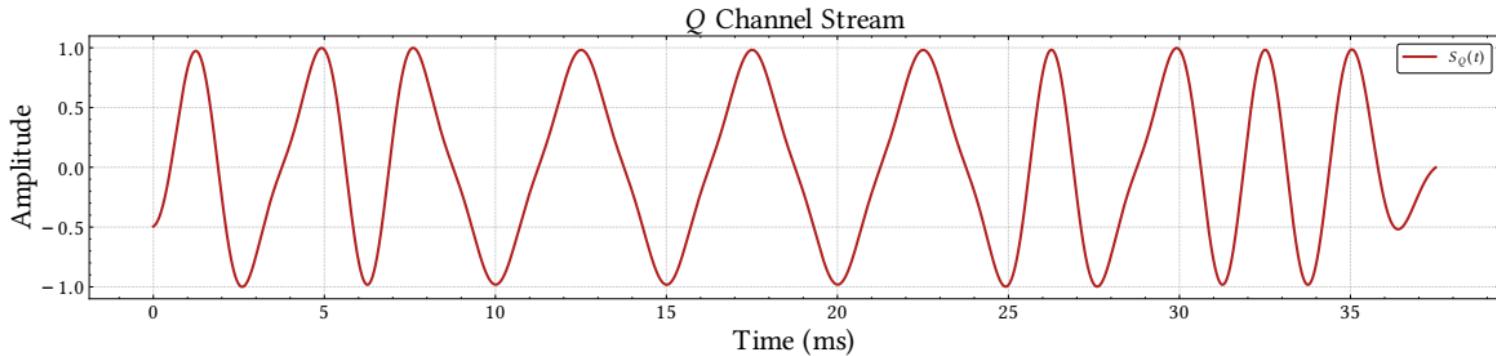
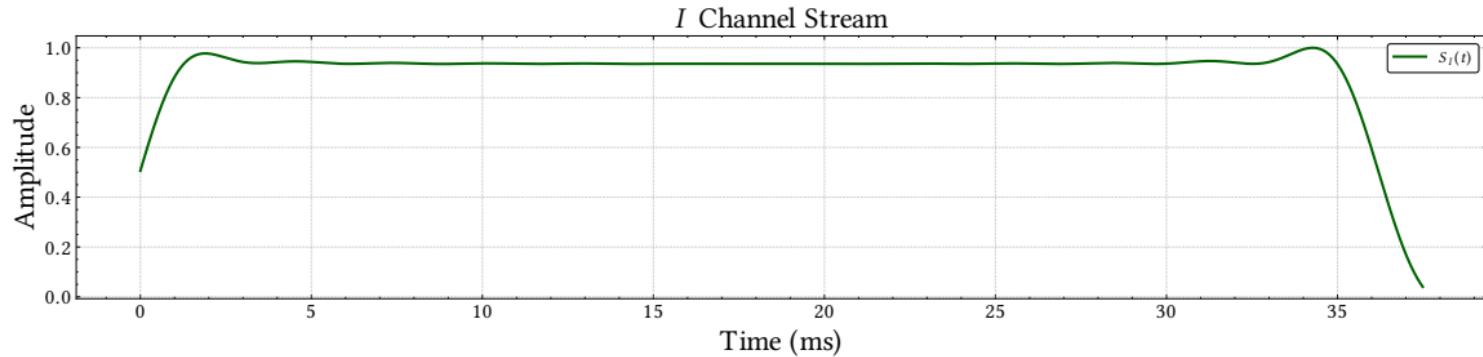
Diagrama de blocos - sincronizador

VETOR DE SINCRONIZAÇÃO



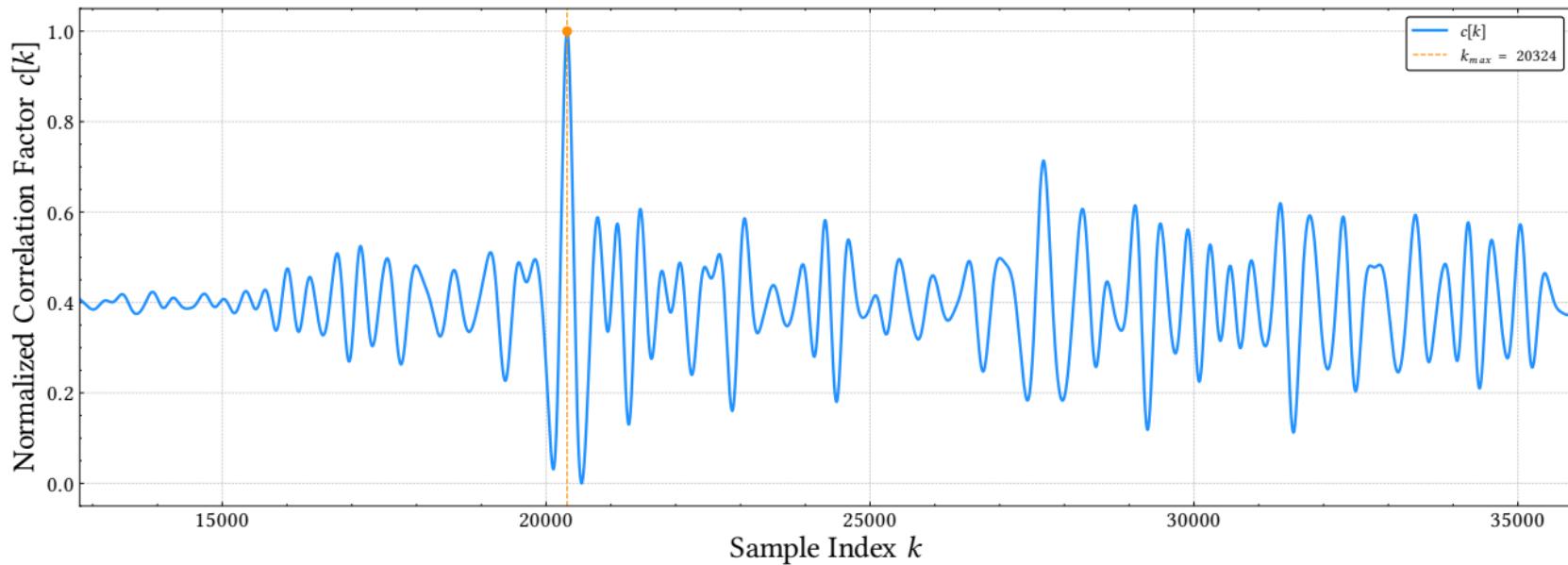
Vetor de sincronismo (vetor esperado)

Vetor de sincronismo (vetor esperado)



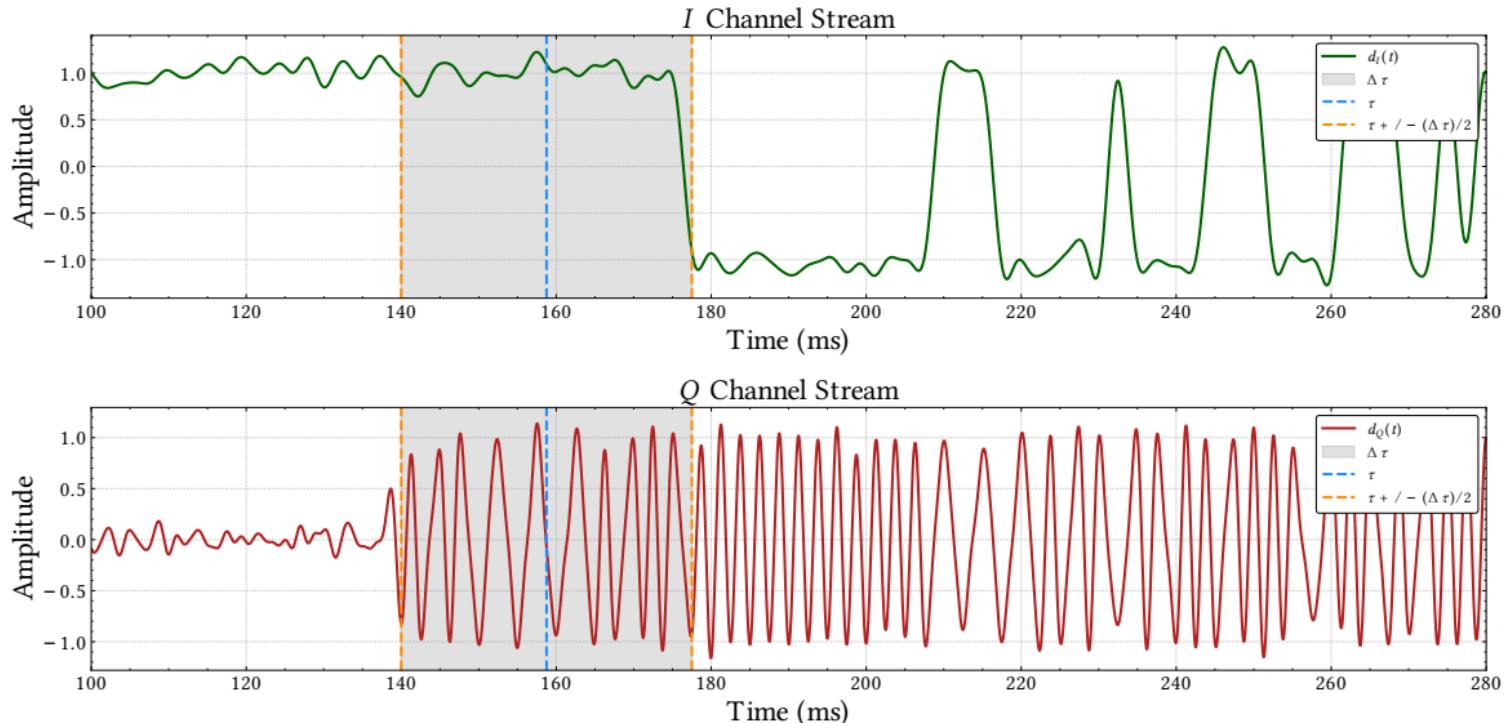
Vetor de correlação esperado vs recebido

Correlação sinal esperado vs recebido



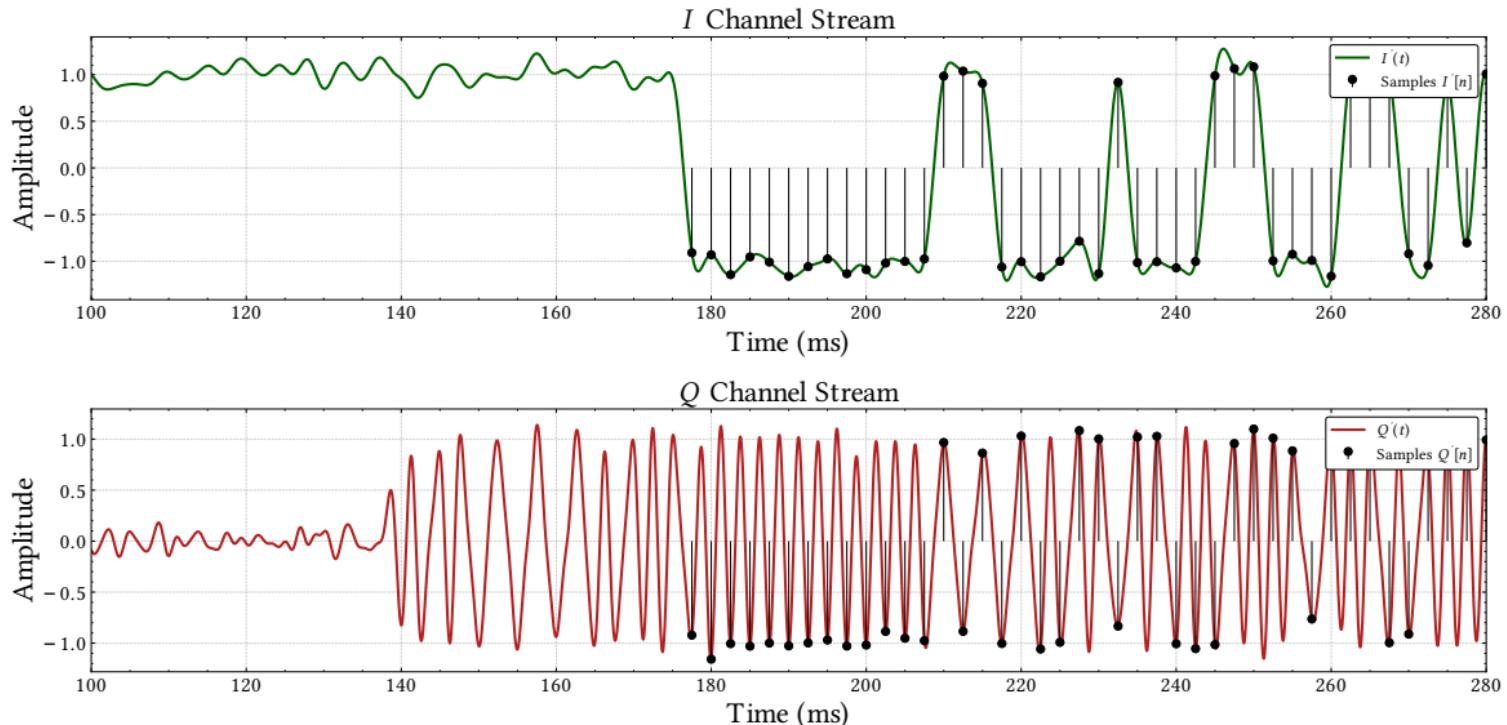
Sincronização por correlação

Momento de sincronização τ no sinal recebido



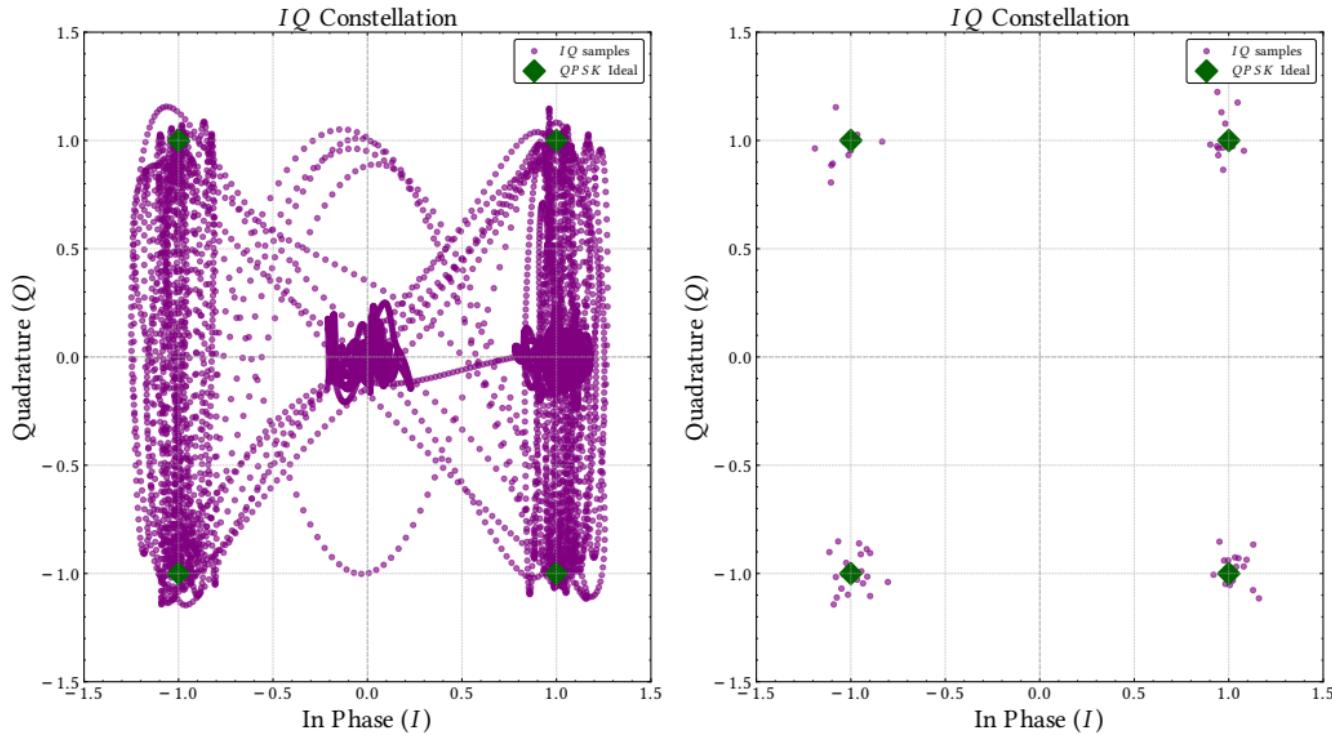
Amostragem do sinal recebido (domínio do tempo)

Amostragem do sinal recebido - domínio do tempo



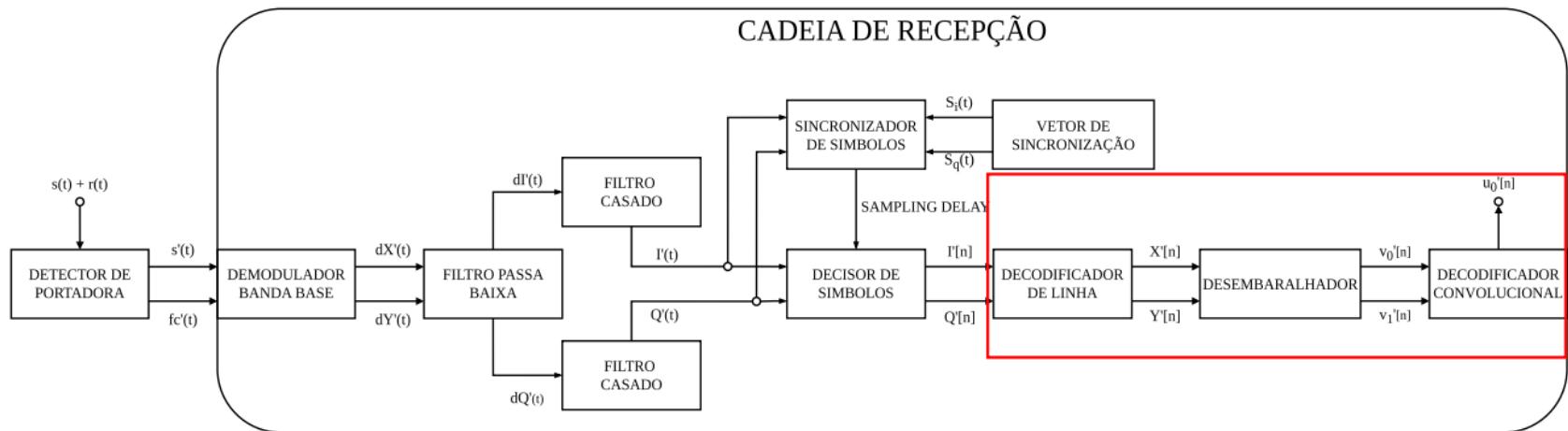
Amostragem do sinal recebido (plano IQ)

Amostragem do sinal recebido - plano IQ



Montagem datagrama

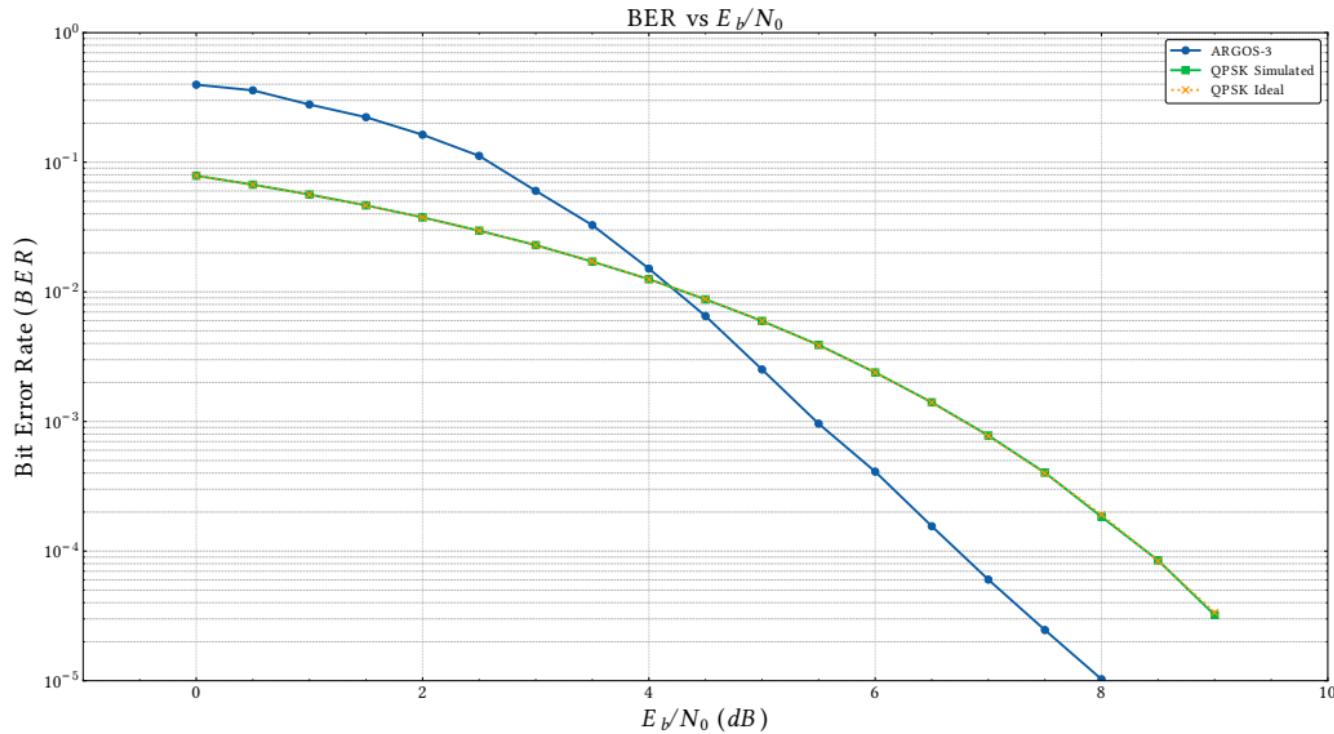
Diagrama de blocos receptor - após amostragem



Resultados

BER Vs SNR

Taxa de Erro de Bit (BER) vs. Relação Sinal-Ruído (SNR)



Biblioteca Python ARGOS-3

```
1  >>> import argos3 as a3
2  >>> dx = a3.Datagram(pcdnum=1234, numblocks=1)
3  >>> print(dx.parse_datagram())
4  {
5      "msglength": 1,
6      "pcdid": 1234,
7      "data": {
8          "bloco_1": {
9              "sensor_1": 37,
10             "sensor_2": 198,
11             "sensor_3": 9
12         }
13     },
14     "tail": 7
15 }
```

Referências:

Referências

- BRAZILIAN SPACE-BASED ENVIRONMENTAL DATA COLLECTION SYSTEM. INPE, 2015.
Disponível em: http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@1905/2006/08.03.20.37/doc/wilson_yamaguti.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.
- ACESSO AO SISTEMA INTEGRADO DE DADOS AMBIENTAIS - SINDA. INPE, 2024.
Disponível em: <http://sinda.crn.inpe.br/PCD/>. Acesso em: 10 out. 2025.