

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica
Disciplina: Circuitos para Comunicações
Professor: José Gutemberg de Assis Lira
Aluno: Edmar José do Nascimento

Título do Seminário: Sistemas de Telemetria
Data de Apresentação: 21/10/2000

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	4
VISÃO GERAL DE UM SISTEMA DE TELEMETRIA.....	4
TRANSMISSÃO DAS CADEIAS DE DADOS	6
MULTIPLEXAÇÃO	7
PARTES DE UM QUADRO PCM	8
SEQÜÊNCIAS DE SINCRONIZAÇÃO DE QUADROS.....	10
SINCRONIZAÇÃO DE SUBQUADROS	11
SEQÜÊNCIA DE SINCRONIZAÇÃO DE SUBQUADROS	12
DADOS COMUTADOS	13
PALAVRAS DE DADOS	14
PALAVRAS COMUNS.....	14
SUBQUADROS COMUTADOS REGULARMENTE.....	14
SUBCOMUTAÇÃO.....	15
SUPERCOMUTAÇÃO	15
CADEIAS DE DADOS ASSÍNCRONOS INSERIDAS	15
UNIQUE RECYCLE CODE (URC).....	16
FRAME CODE COMPLEMENT (FCC)/SFID	17
CÓDIGO DE SINCRONIA.....	18
SUB-SUBQUADROS.....	18
DECOMUTAÇÃO DAS CADEIAS DE DADOS DE TELEMETRIA	19
SINCRONIZAÇÃO DE BIT	20
SINCRONIZAÇÃO DE QUADRO.....	20
ESTRATÉGIAS DE SINCRONIZAÇÃO DE QUADRO	20
CARACTERÍSTICAS DO SINCRONIZADOR DE SUBQUADRO	21
APLICAÇÕES PRÁTICAS DE UM SISTEMA DE TELEMETRIA – O MÓDULO ESPACIAL CASSINI.....	22

A SONDA DE HUYGENS	23
OPERAÇÕES DO MÓDULO ESPACIAL.....	24
O SISTEMA DE TELEMETRIA	24
CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

Introdução

Freqüentemente, desejamos obter grandezas que estão sendo medidas numa localização diferente daquela em que estamos, isto se devendo principalmente ao fato de o local onde é feita a medição não ser de fácil acesso.

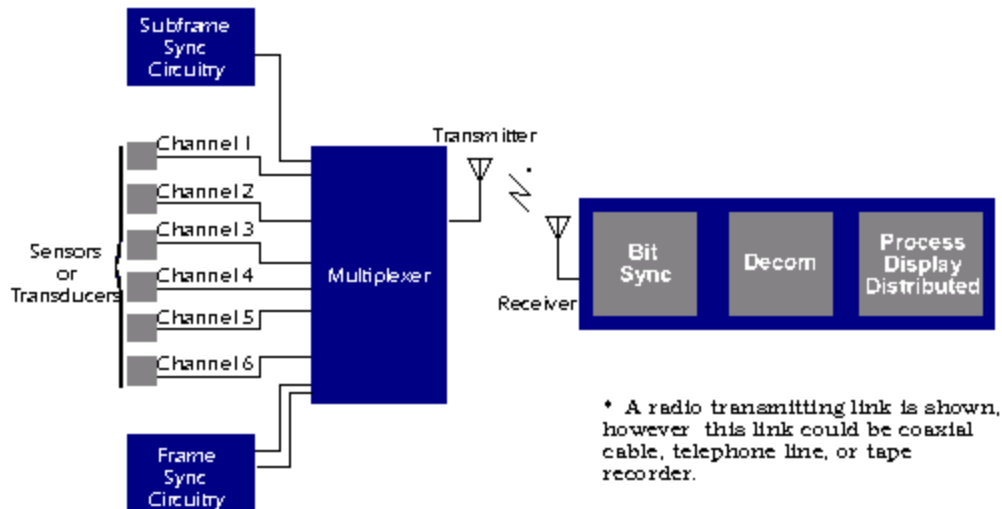
O processo pelo qual quantidades são medidas numa fonte de dados (uma nave espacial ou um míssil) e transmitidas para uma estação distante do local onde eles foram exibidos, gravados e analisados é chamado de telemetria. Telemetria significa “medir a distância”, isto é, pode-se transmitir o resultado das medições sobre uma determinada distância. Além das medições, pode-se também transmitir comandos.

A telemetria permite que se fique num ambiente seguro (conveniente) enquanto se monitora o que está acontecendo num ambiente que não oferece segurança (inconveniente). O desenvolvimento de aeronaves é, por exemplo, uma das maiores aplicações para os sistemas de telemetria. Durante os testes iniciais de vôo, uma aeronave executa testes de manobras. Os dados críticos de uma manobra são transmitidos para os engenheiros que realizam o teste do vôo numa estação em terra onde eles são analisados. Após a análise em tempo real, a manobra pode ser repetida, a próxima manobra pode ser executada ou o piloto pode receber instruções para retornar a base por razões de segurança.

Atualmente, existe um grande volume de aplicações da telemetria, sendo assim seria extremamente custoso, além de não ser prático, a utilização de canais distintos a fim de transmitir cada quantidade medida. O processo de telemetria envolve o agrupamento das quantidades medidas (tais como pressão, velocidade e temperatura) num formato que possa ser transmitido como uma única cadeia de dados. Uma vez recebido, essa cadeia de dados é separada nos componentes originais medidos para que possam ser analisados.

Visão geral de um sistema de Telemetria

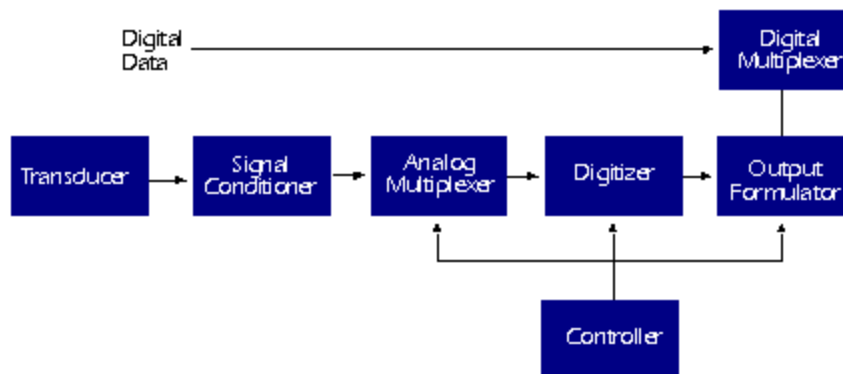
Os sistemas de telemetria são configurados de maneira diferente de acordo com as necessidades do usuário, mas todos eles possuem alguns elementos comuns. Um exemplo de como um sistema de telemetria é configurado é mostrado na figura seguinte.



Os dados na forma elétrica surgem nos sensores. Alguns sensores medem quantidades elétricas (tais como ganho, tensão e corrente), enquanto outros (tais como termo-acopladores, pontes e potenciômetros) convertem grandezas físicas tais como temperatura, pressão ou aceleração numa quantidade proporcional de tensão elétrica. Um multiplexador combina estas tensões elétricas e os dados de temporização (sincronização de quadros e sincronização de subquadros) numa única cadeia de dados. O dispositivo de transmissão (transmissor de rádio, cabo coaxial, linha telefônica, etc.) transmite essa cadeia de dados para um receptor distante.

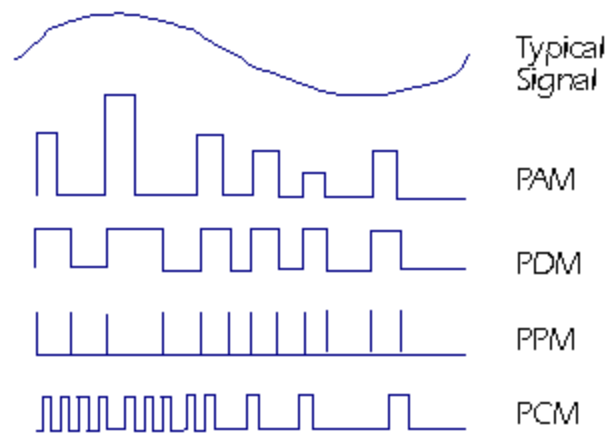
Um sincronizador de bit seguido de um demultiplexador recebe os dados do receptor e separa-os nas quantidades originais medidas. As quantidades medidas originais são então selecionadas, processadas e exibidas de acordo com o plano específico de teste.

Um exemplo de um diagrama de blocos de um sistema de aquisição de dados é mostrado na figura seguinte.



Transmissão das cadeias de dados

Há quatro técnicas principais de modulação para a transmissão de uma cadeia de dados multiplexada quando se usa Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM). Essas técnicas são Modulação em Amplitude de Pulso (PAM), Modulação em Duração de Pulso (PDM), Modulação em Posição de Pulso (PPM) e Modulação em Código de Pulso (PCM). As várias técnicas de modulação para um sinal analógico amostrado são mostradas na figura seguinte.



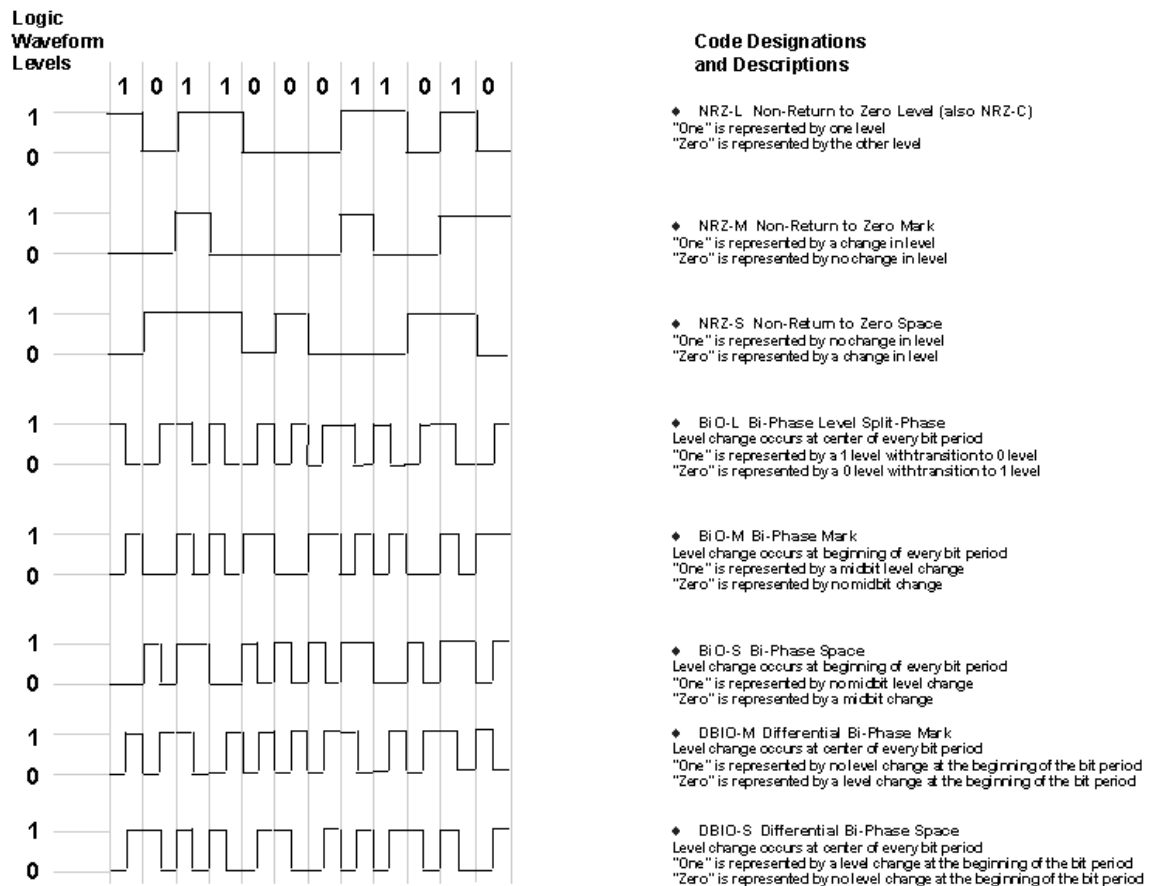
PAM transmite a cadeia de dados do multiplexador numa seqüência uniformemente espaçada de pulsos de largura constante. A intensidade de cada pulso é modulada por amplitude. Isto é similar a transmissão AM, exceto que a portadora é um pulso ao invés de uma onda senoidal.

Desde que as amplitudes são degradadas pelo ruído, a cadeia de dados multiplexada é frequentemente convertida para pulsos de amplitude constante antes do sinal ser transmitido. PDM transporta a informação na largura do pulso (que varia com a amplitude do sinal amostrado no tempo). Se esta forma de onda é diferenciada e em seguida retificada, obtêm-se PPM. A distância entre os dois pulsos representa a amplitude amostrada da onda senoidal, com o primeiro pulso como referência de tempo. A potência média para PPM é muito mais baixa que a requerida para PDM, mas por outro lado PPM utiliza uma grande largura de faixa.

PDM e PPM usam pulsos de amplitude constante, mas eles são ainda representações analógicas de um sinal analógico. Em um sistema PCM, cada pulso é codificado nos seus

equivalentes binários antes da transmissão. Durante a codificação PCM, a cadeia de dados serial é preparada para o enlace de comunicação. Em muitos casos, os dados PCM não são apenas transmitidos, mas também são armazenados. Quando se leva em conta os requisitos de gravação ou de transmissão, pode-se estabelecer os tipos de símbolos usados para representar os valores lógicos “zero” e “um”. Um grande número de códigos PCM foi projetado para representar os níveis lógicos “zero” e “um”.

PCM Data Codes

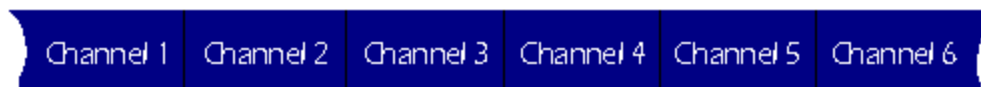


Multiplexação

Independente da quantidade que esteja sendo monitorada na fonte de dados (elétrica ou física), o custo dos equipamentos eletrônicos para transmitir cada uma delas através de um canal separado seria bastante elevado. Em razão disso é que surge a idéia de combinar

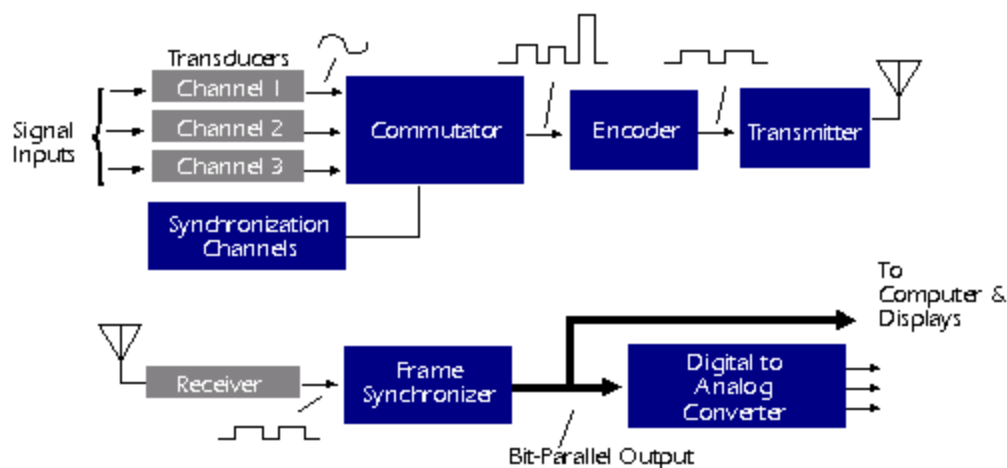
os sinais numa única cadeia de dados. O método mais difundido para combinar quantidades é conhecido como Multiplexação por Divisão no Tempo (TDM).

Em TDM, cada canal é amostrado num intervalo de tempo pelo multiplexador. Quando todos os canais foram amostrados, a sequência reinicia no primeiro canal. Assim, as amostras de um canal em particular são intercaladas no tempo entre as amostras dos outros canais. Um exemplo disso é mostrado na figura seguinte.



Desde que nenhum canal está sendo monitorado continuamente, a amostragem deve ser feita rápido o suficiente para que o sinal de dados num canal particular não mude demais durante os intervalos.

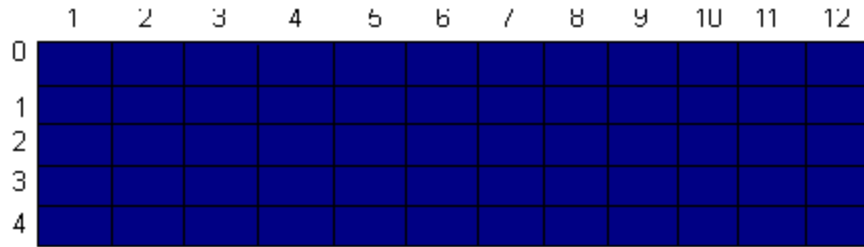
No lado do receptor do sistema de telemetria, um demultiplexador operando na mesma frequência do multiplexador, separa a cadeia de dados nas suas medições discretas originais. Como o TDM é baseado na precisão de tempo, o demultiplexador deve estar exatamente sincronizado com o multiplexador. Caso contrário a informação da pressão do óleo pode ser interpretada como uma informação de temperatura. Um sistema básico de telemetria é mostrado na figura seguinte.



Partes de um Quadro PCM

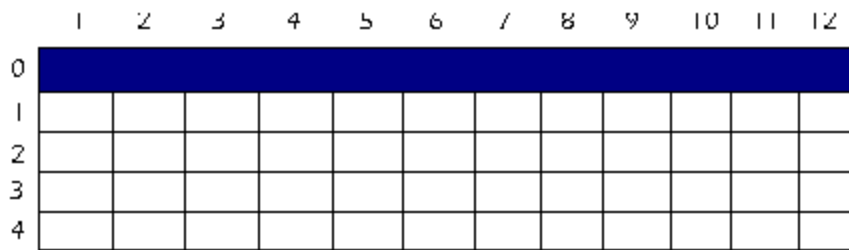
Um quadro de dados PCM consiste principalmente de um **quadro principal** e de um **quadro secundário**.

Um quadro principal é o período de tempo onde todos os dados em um formato são amostrados no mínimo uma vez. Ele inclui no mínimo um ou mais quadros secundários.



MAJOR FRAME

Um quadro secundário é o período de tempo entre as palavras de sincronização de quadros que incluem no mínimo um **parâmetro comutado** tendo a mais alta taxa de comutação.



MINOR FRAME

A sincronização de quadros é requerida para determinar-se o início de um quadro secundário. Nos tópicos tem-se uma visão geral do enquadramento em telemetria aplicado a cadeias de dados PCM. Uma cadeia de dados serial poderia aparecer como mostra a figura abaixo.

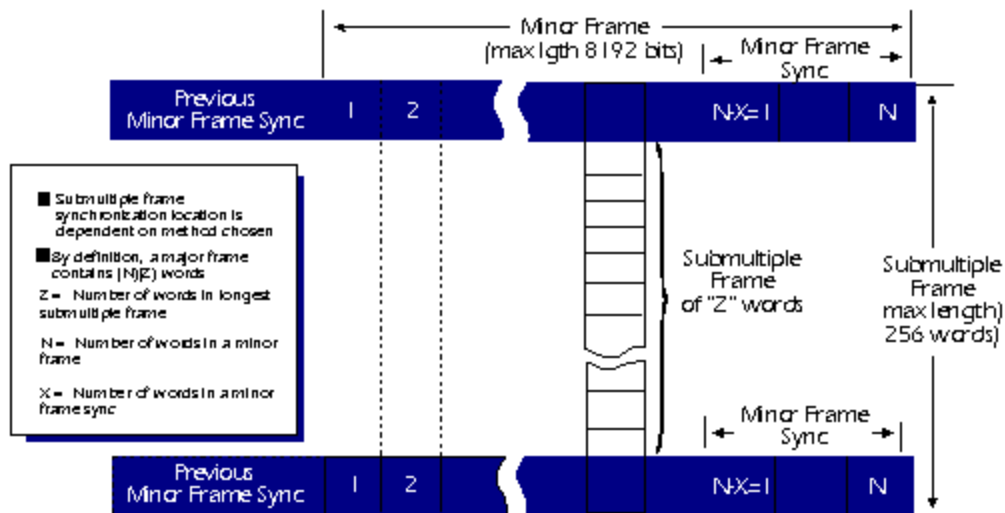


Além dos quadros principal e secundário, um quadro de dados PCM pode conter uma Cadeia de Dados Assíncronos Inserida e também sub-subquadros.

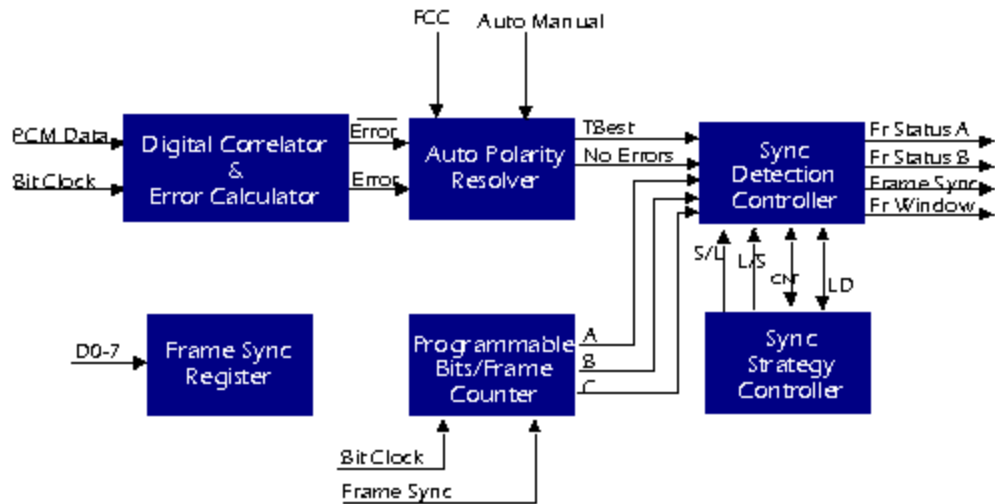
Além disso, os dados podem ser inseridos no quadro como pacotes.

Seqüências de Sincronização de quadros

Uma seqüência de sincronização de quadros, uma seqüência de '0' e '1', é um código único que marca o início de um quadro secundário. A seqüência é geralmente pseudo-aleatória e não tem a probabilidade de ocorrer aleatoriamente no dado. Ela ocupa geralmente duas palavras (ou mais) no quadro secundário. O bit mais significativo (MSB) numa seqüência de sincronização é sempre '1'. A figura seguinte mostra a estrutura de um quadro principal PCM.



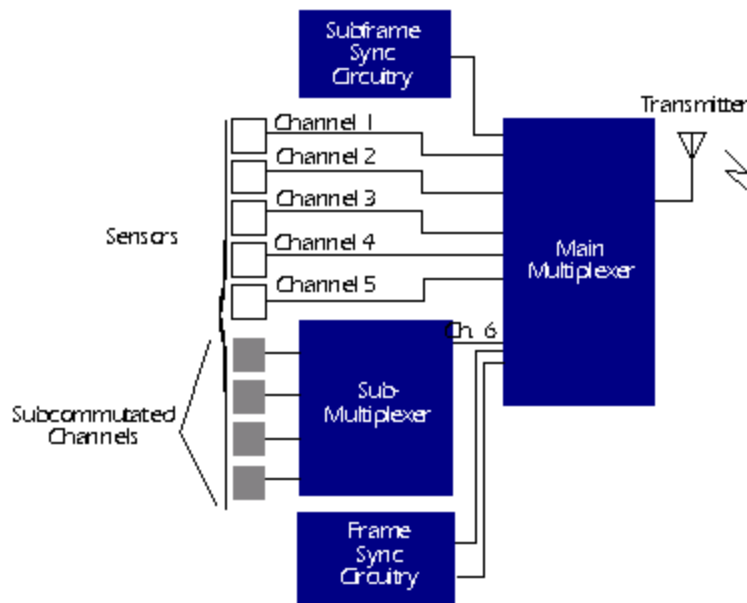
A cadeia de dados e o relógio reconstruído do sincronizador de bit são alimentados para o correlator digital de sincronização de quadro, que compara a cadeia de dados com uma réplica da seqüência de sincronia esperada. Um limiar lógico ajustável é geralmente incluído no sincronizador de quadro para permitir uma tolerância de erro de bit flexível. A figura seguinte é um diagrama de blocos simplificado do sincronizador de quadro.



Uma vez a seqüência de sincronização ter sido provisoriamente identificada, estratégias adicionais de sincronização são freqüentemente empregadas para aproveitar a natureza periódica da seqüência de sincronização de quadro e estabelecer segurança na sincronia da detecção.

Sincronização de Subquadros

Em várias aplicações de telemetria, algumas quantidades medidas mudam numa taxa mais lenta que outra. Sendo assim, não há necessidade de amostrar essas quantidades tão freqüentemente, então um submultiplexador é usado para comutar as amostras no multiplexador principal. Esta amostragem mais lenta é chamada **subcomutação**. A figura seguinte mostra quatro canais submultiplexados que são comutados no sexto canal do multiplexador principal.



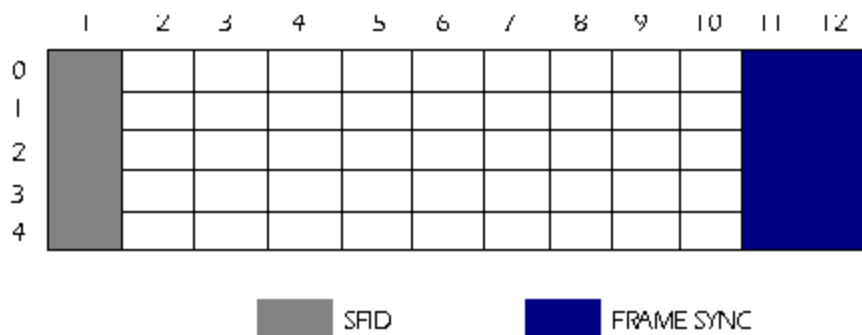
Agora se levam quatro passagens através dos canais do multiplexador principal para amostrar cada sensor no mínimo uma vez. O bloco de dados criado, cada vez que neste exemplo, o multiplexador faz quatro passagens através dos seus canais de dados é chamado de **subquadro**. Para que o decomutador recupere o começo de um novo subquadro, vários métodos de sincronização de subquadro são usados.

Uma característica padrão de um bom sincronizador de subquadro é a flexibilidade para localizar a seqüência de sincronia sem levar em conta o método de sincronização de subquadro utilizado.

Seqüência de Sincronização de Subquadros

Tipicamente uma seqüência de sincronização de subquadro é adicionada a uma ou mais palavras no subquadro. No método de sincronia de quadro mais comum, chamado Identificação de Subquadro (SFID), a seqüência de sincronia ocupa uma palavra em cada quadro secundário (tipicamente a primeira palavra). Esta seqüência é gerada pelo circuito de sincronização SFID cuja saída é inserida no multiplexador. A sincronia SFID atua como um contador para todas as amostras do quadro tomadas. A seqüência incrementa ou decrementa para um valor especificado, e então reseta ela mesma indicando que a última amostra do quadro foi tomada. Assim, o decomutador pode localizar o início da

amostragem do próximo subquadro. A figura abaixo mostra o código SFID na palavra 1 de todos os quadros secundários.



Um outro modo de identificar o início de um subquadro é inverter o quadro da seqüência de sincronização para indicar a sincronia do subquadro. Isto significa que o complemento do quadro da seqüência de sincronia é colocado na palavra do quadro de sincronia no quadro 0. Desde que a seqüência complementar exhibe as mesmas propriedades de correlação da seqüência verdadeira, a captura do quadro de sincronia não será comprometida. Este método é conhecido como FCC (Frame Code Complement). A figura seguinte ilustra o FCC substituindo a sincronia do quadro nas palavras 11 e 12 do quadro 0. Outros métodos de sincronia de subquadros são os Unique Recycle Code, Frame Code Complement/SFID, e Sync Code .

Dados Comutados

Quando as palavras de dados são inseridas nos quadros, elas são inseridas tipicamente em localizações de palavra discretas, a mesma localização de palavra em cada quadro secundário (conhecido como subquadros comutados regularmente), uma localização de palavra em intervalos do quadro principal (conhecido como subcomutação), ou em várias localizações de palavra num quadro secundário (conhecido como supercomutação).

A frequência com que as palavras de dados são escritas num quadro é determinada por um número de fatores, a amostragem, por exemplo. Uma fonte analógica requer uma taxa baseada na sua largura de faixa dinâmica ou tipicamente de 3 a 5 vezes a sua componente de mais alta frequência, enquanto que a amostragem de dados digital é 2 vezes a sua taxa de atualização.

Palavras de dados

As palavras de dados que contém uma medida, um cálculo, um contador, comandos, ou outra informação, são inseridas nos quadros como parâmetros, um parâmetro é uma quantidade numa subrotina cujo valor especifica um processo a ser executado.

Palavras indefinidas no quadro são preenchidas com palavras comuns.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
1												
2												
3												
4												

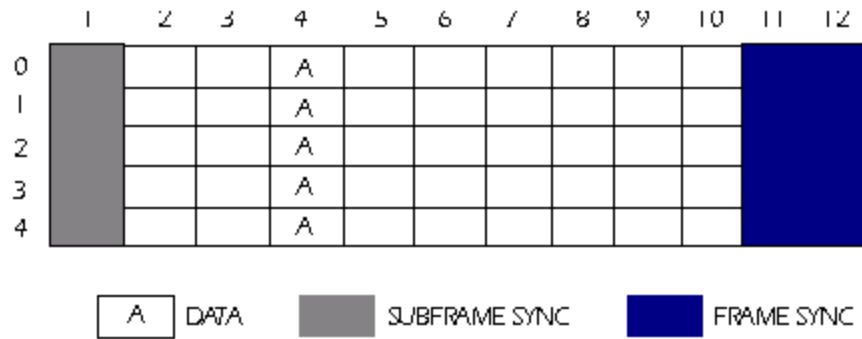
 DATA WORDS

Palavras Comuns

Palavras comuns são palavras de preenchimento definidas com um padrão comum. Este padrão pode ser estático, tal como uma palavra hexadecimal, ou dinâmica (tal como o valor de uma porta de entrada ou gerador de função). Palavras comuns são inseridas em todas as palavras do quadro. Elas são então, sobrescritas pelo quadro e pelas palavras de sincronia de subquadro, e em seguida pelos parâmetros, funções, etc., como o quadro principal é definido.

Subquadros Comutados Regularmente

Num subquadro comutado regularmente, uma única fonte de dados é comutada numa taxa igual a taxa do quadro secundário, resultando numa fonte de dados sendo amostrada na mesma palavra em cada quadro secundário.

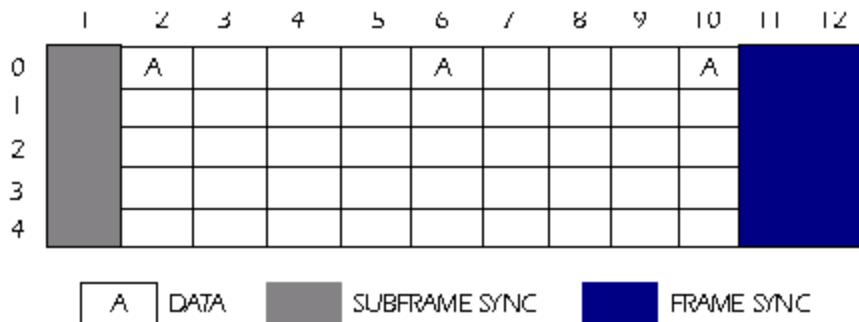


Subcomutação

Num subquadro subcomutado, duas ou mais fontes de dados são comutadas numa taxa igual a algum múltiplo da taxa do quadro secundário, resultando nas fontes de dados sendo amostradas na mesma palavra menos de uma vez por quadro secundário.

Supercomutação

Num quadro secundário supercomutado, uma única fonte de dados é comutada numa taxa maior que a taxa do quadro secundário, resultando numa fonte de dados sendo amostrada mais que uma vez no quadro secundário.

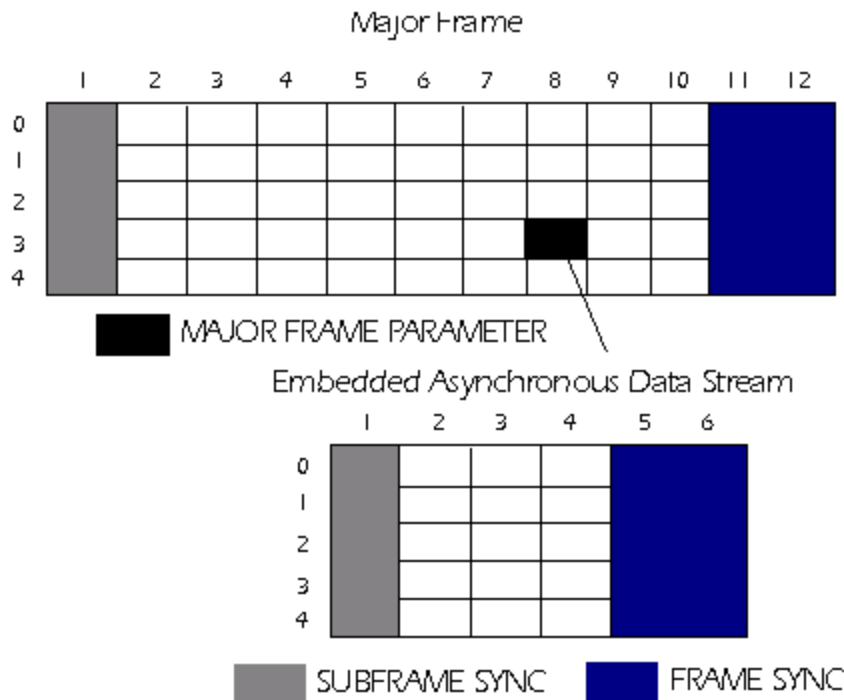


Entretanto a taxa de amostragem deve ser baixa o suficiente para que não haja sobrescrição das palavras de sincronização do subquadro.

Cadeias de Dados Assíncronas Inseridas

Uma cadeia de dados assíncrona inserida (EADS) toma a forma de um quadro principal e inclui palavras de sincronia de quadro e subquadro. Cada parâmetro EADS parâmetro EADS pode ser uma palavra de dados binária discreta, octal, decimal ou hexadecimal.

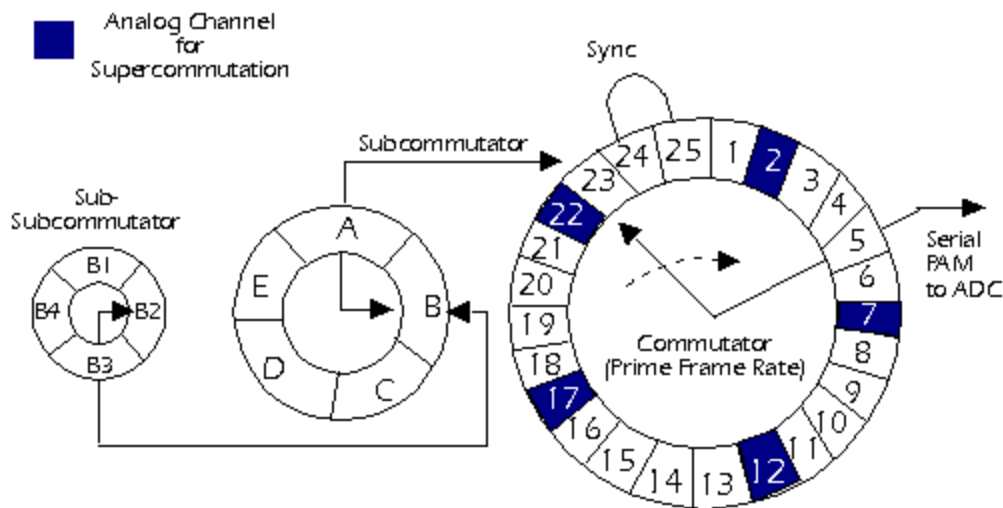
Cada vez que o parâmetro do quadro principal definido para a EADS é encontrado a palavra seguinte do quadro principal tem o valor dos bits de dados são inseridos na cadeia de dados PCM. Isto mantém a taxa de dados do quadro principal. As palavras de dados EADS podem ser menores ou maiores que a palavra do quadro principal.



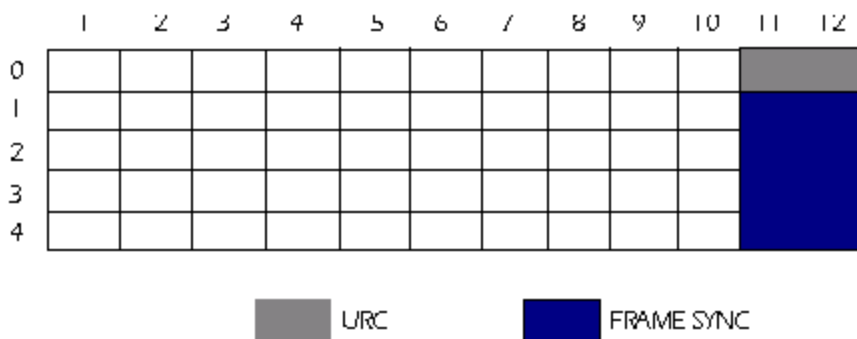
Unique Recycle Code (URC)

O início de um subquadro pode também ser identificado usando um URC. Este método é idêntico a sincronização de quadro exceto que uma única seqüência de sincronização (não relacionada a seqüência de sincronia do quadro) é colocada nas palavras de sincronia do quadro no quadro 0. A seqüência de sincronia é então colocada nas palavras do quadro para o restante do quadro principal.

Na figura seguinte, tem-se uma analogia com uma roda mecânica para ilustrar a relação a multiplexação do quadro e do subquadro.

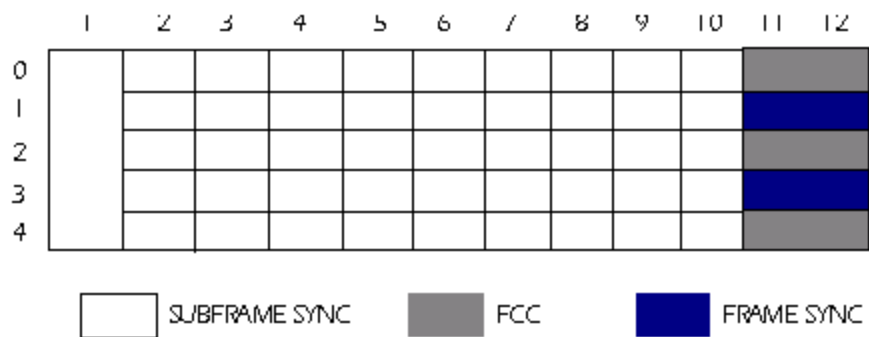


A figura abaixo mostra a seqüência URC substituindo a seqüência de sincronização de quadro nas palavras 11 e 12 do quadro 0.



Frame Code Complement (FCC)/SFID

A sincronização de subquadro Frame Code Complement/SFID coloca o complemento da seqüência de sincronia de quadro nas palavras de sincronia de quadro no quadro 0. No quadro 1, a seqüência de sincronia de quadro é colocada nas palavras de sincronia do quadro. A seqüência de sincronia de quadro e a seqüência FCC se alternam então nas palavra de sincronia de quadro para o restante do quadro principal. O contador SFID é colocado na palavra SFID em cada quadro secundário. Na figura seguinte, nota-se como a seqüência FCC substitui a seqüência de sincronização de quadro nas palavras 11 e 12 do quadro 0. Nota-se também como ela se alterna com a seqüência de sincronia de quadro em cada um dos demais quadros secundário.



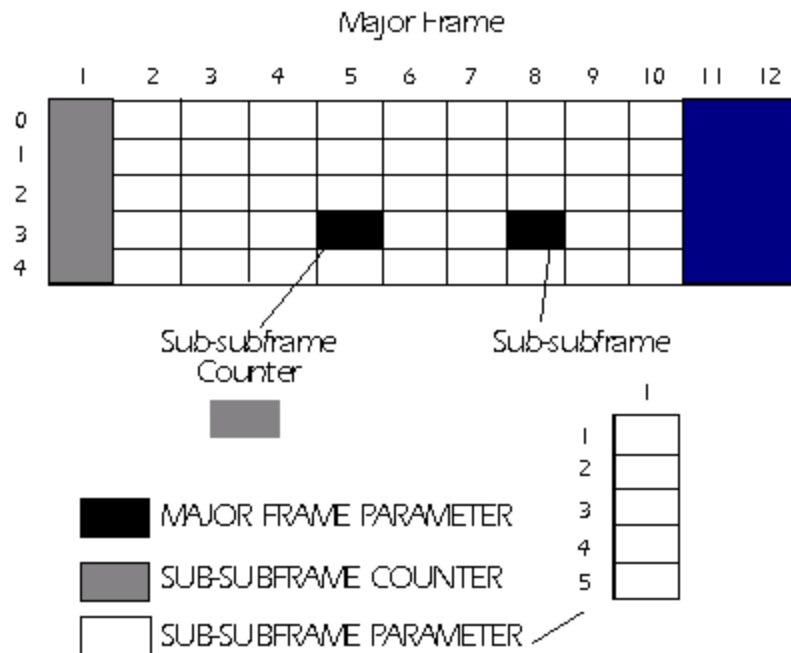
Código de Sincronia

Um subquadro código de sincronia coloca a porção de uma seqüência de sincronia pré-definida de n bits na palavra x do quadro zero. O restante dos bits são colocados na palavra x nos quadros 1 até n, até todos os bits do código de sincronia serem usados. Isto permite localizações no subquadro além das palavras de código de sincronia a serem usadas por outras fontes de dados. A figura abaixo mostra o código de sincronia na palavra 3 dos quadros 0, 1 e 2.

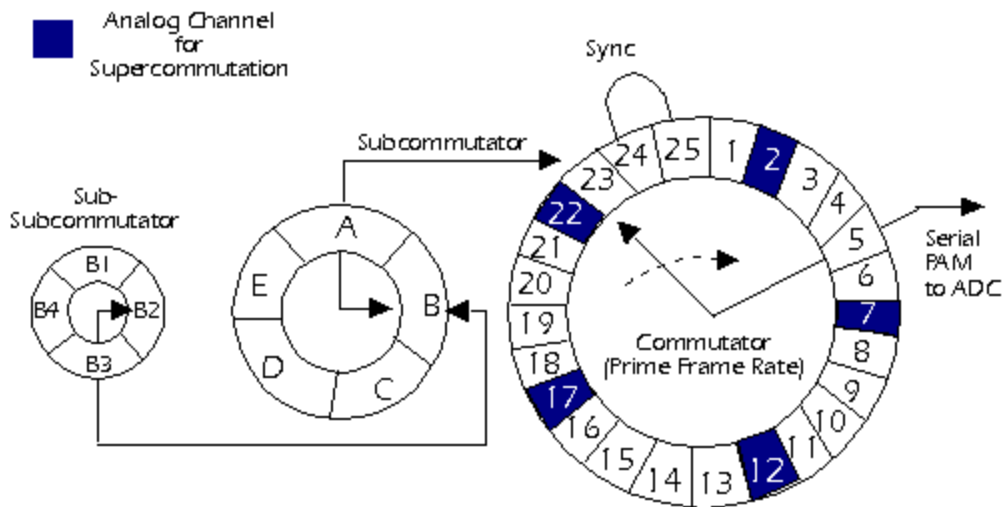
Sub-subquadros

Um sub-subquadro consiste de um grupo de parâmetros que têm uma taxa de dados mais baixa que a do quadro principal.

O contador do sub-subquadro proporciona a única sincronização requerida para o sub-subquadro. Ele conta o número de palavra no sub-subquadro. Um contador de sub-subquadro deve ser definido como um parâmetro do quadro principal e inserido no quadro principal para cada sub-subquadro definido.



Na figura seguinte, tem-se uma analogia com uma roda mecânica para ilustrar a relação a multiplexação do quadro e do subquadro .



Decomutação das Cadeias de Dados de Telemetria

A primeira função de um sistema de demultiplexação é reconstruir o sinal de dados recebido. O enlace transmissão-recepção no sistema de telemetria pode distorcer o sinal de dados através do ruído e interferência. A primeira função de processamento de sinal é

reconstruir o sinal com uma quantidade mínima de símbolos errados e extrair a informação de relógio que é requerida para o processamento mais adiante. Esta função crucial no processamento é chamada de sincronização de bit.

Sincronização de bit

A sincronização de bit em telemetria pode acomodar tipicamente um número de diferentes códigos PCM e pode ser otimizada para uma boa performance numa variedade de ambientes ruidosos.

O sinal PCM livre de ruído é tipicamente corrompido pelo ruído no enlace de comunicação. Um filtro casado no sincronizador de bit integra o sinal (e o ruído) num período de bit completo, resultando na saída do filtro casado. O máximo sinal-ruído ocorre no final do período do bit e a saída do filtro casado é amostrada neste tempo, usando um relógio local que está em fase com o sinal de entrada. Uma decisão de bit é feita em cada tempo de amostragem e o sinal PCM é reconstruído. A saída do sincronizador de bit é uma cadeia de dados PCM reconstruída com várias fases do relógio de temporização.

Uma vez o sinal Ter sido reconstruído, a função seguinte do subsistema de decomutação é alcançar a sincronização de quadro com os dados seriais de entrada.

Sincronização de Quadro

Num sistema de telemetria, um sincronizador de quadro é requerido a fim de localizar a seqüência de sincronização de quadro na presença de bits de erro e de seqüências de dados aleatórias. Para permitir que o decomutador recupere este único bloco de dados, uma seqüência de sincronização única deve ser adicionada ao final de cada quadro. Esta seqüência é gerada pelo circuito de sincronização de quadro cuja saída é inserida no multiplexador.

Estratégias de Sincronização de Quadro

A estratégia de sincronização de quadro é baseada em separa a sincronia em três modos distintos: procura, verificação, captura.

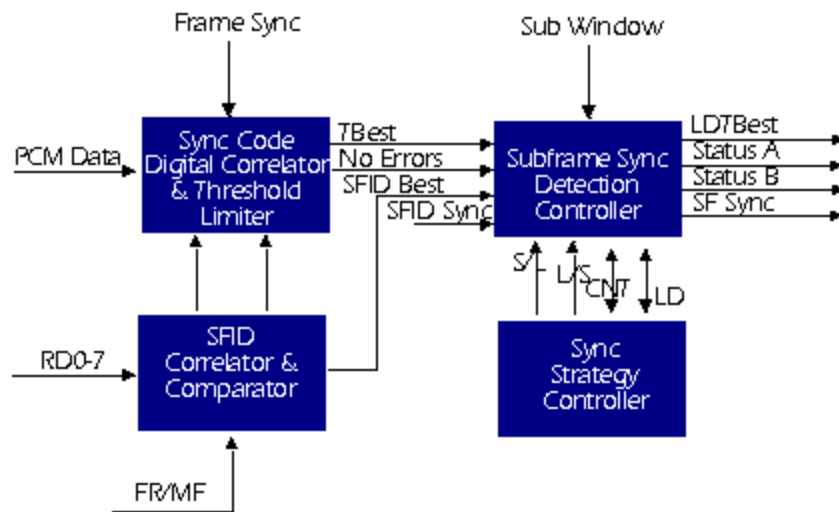
No modo de procura, o sincronizador procura por uma possível seqüência de sincronia.

No modo de verificação, uma seqüência é provisoriamente identificada, uma janela é estabelecida no tempo de recorrência da seqüência de sincronia e a seqüência mascarada é checada para vários quadros. Se a seqüência reaparece na janela de sincronia para um número de quadros preestabelecido anteriormente, o sincronizador avança para o modo de captura.

No modo de captura, o sincronizador continua a procurar a seqüência de sincronia na janela de sincronia, ele só retorna ao modo anterior se a seqüência de sincronia deixa de ocorrer na janela para um número dado de quadros. Uma vez a sincronização ter sido estabelecida, os canais comutados e supercomutados podem ser identificados e decomutados desde que a posição dos valores dos dados é conhecida em relação ao quadro da seqüência de sincronia. A sincronização de subquadro deve ser realizada em seguida.

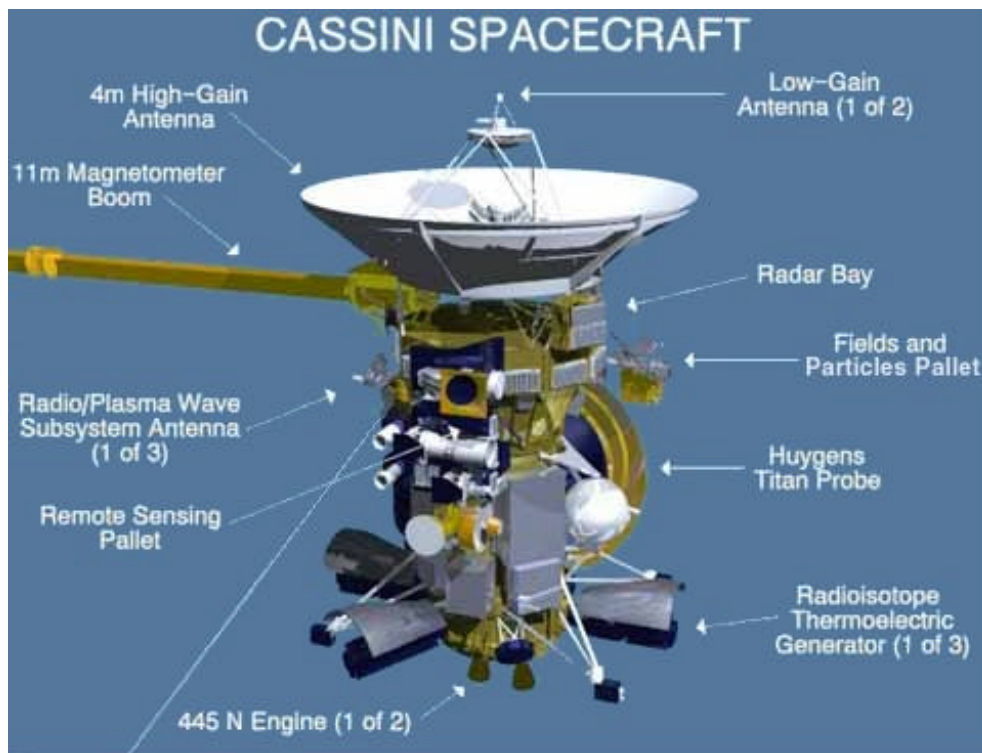
Características do Sincronizador de Subquadro

O sincronizador de subquadro tem várias características em comum com o sincronizador de quadro. Assim como o sincronizador de quadro, o sincronizador de subquadro usa um correlator, mostrado na figura seguinte, para procurar a seqüência de sincronia de subquadro.



Aplicações práticas de um sistema de Telemetria – O módulo espacial Cassini

O módulo espacial Cassini foi lançado em 15 de Outubro de 1997 da estação da força aérea americana em Cabo Canaveral. O sistema de vôo Cassini completo foi composto de um veículo de lançamento e um módulo espacial. O módulo espacial é composto do “orbiter” e da sonda de Huygens. As funções do orbiter são: transportar a sonda de Huygens e instrumentos científicos para o sistema saturniano, para servir como a



plataforma de onde a sonda é lançada e observações científicas são feitas; e armazenar informação e retransmití-la para a Terra.

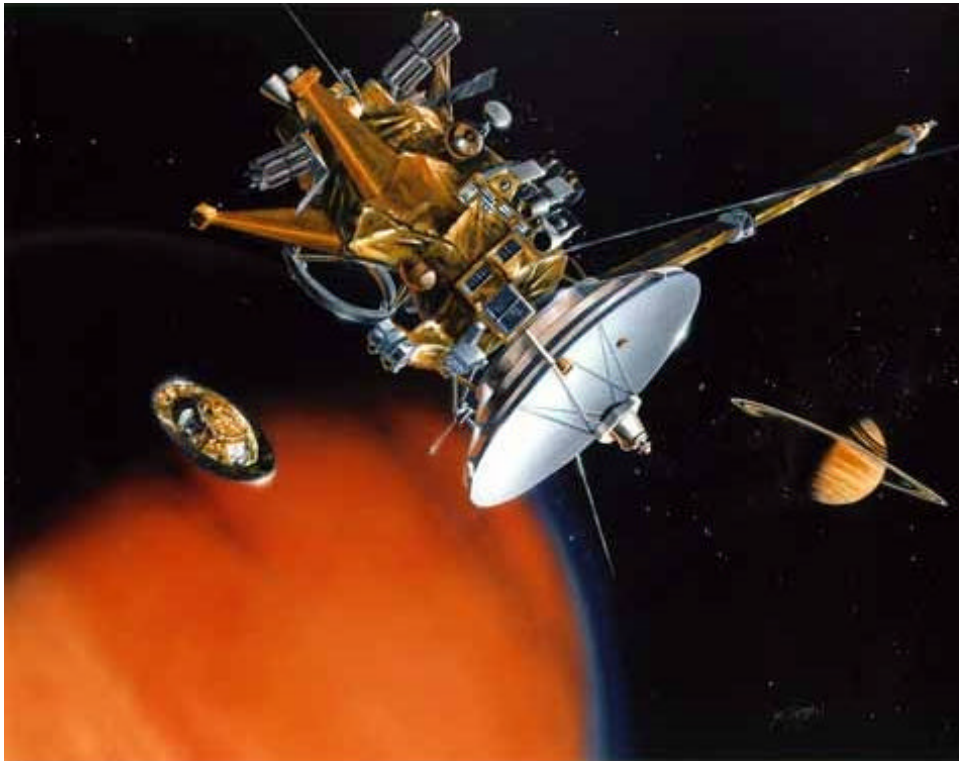
A distância entre Saturno e a Terra é especialmente importante, porque ela afeta a comunicação com o módulo espacial. Especificamente, quando Cassini está em Saturno, ele estará entre 8,2 e 10,2 unidades astronômicas (AU) da terra (1 AU é a distância da Terra ao Sol). Em razão disto, levará de 68 a 84 minutos para os sinais viajarem da terra ao módulo espacial, ou vice versa. Em termos práticos isto significa que os controladores em terra não serão capazes de dar instruções em tempo real ao módulo espacial seja nas operações corriqueiras ou no caso de surgirem eventos inesperados. Sendo assim desde o tempo em

que os controladores notam a existência de um problema e respondem, se passam aproximadamente 3 horas.

A sonda de Huygens

A sonda de Huygens examinará atentamente as nuvens, a atmosfera e a superfície da lua Titã. A sonda de Huygens consiste de uma sonda que descera em Titã e durante a descida recolherá diversos tipos de dados sobre a atmosfera e os enviará ao orbiter. O enlace de rádio da sonda será ativado logo na fase de descida, e o orbiter escutará a sonda durante as 3 horas seguintes, que incluem a descida mais 30 minutos após o impacto. Após isso a antena de alto ganho do Cassini será apontada em direção a Terra.

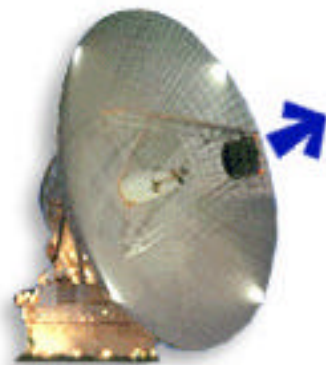
O sistema da sonda de Huygens possui o PDRS (Probe Data Relay Subsystem). O PDRS provê um enlace de comunicação entre a sonda e o orbiter. Os elementos que fazem parte do equipamento de suporte (no orbiter) da sonda são o PSA (probe system avionics) e o RFE (radio frequency electronics), este último inclui um oscilador ultra-estável (USO) e um amplificador a baixo ruído. A sonda carrega dois transmissores redundantes S-band, cada qual com sua própria antena. A telemetria num enlace está atrasada em torno de 4



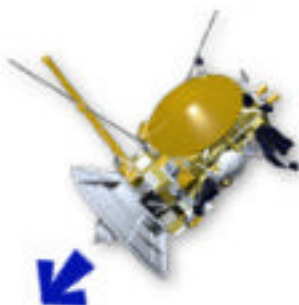
segundos com respeito ao outro enlace a fim de evitar perda de se há interrupções breves na transmissão. A reaquisição do sinal da sonda ocorrerá normalmente dentro desse intervalo.

Operações do Módulo Espacial

Algumas das operações realizadas entre a Cassini e a Terra estão ilustradas abaixo.



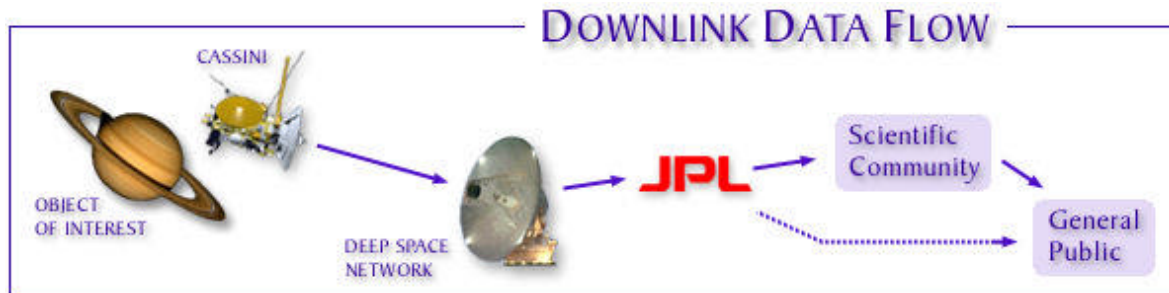
Comando: As instruções de comando são enviadas para a Cassini através do uplink, a fim de dizer a ela o que fazer e quando fazer.



Telemetria: A telemetria , que Cassini envia no seu downlink, inclui imagens outros dados de seus instrumentos científico, como também milhares de medidas do módulo espacial a fim de dizer se o mesmo está funcionando corretamente.

O Sistema de Telemetria

A telemetria permite que Cassini envie vários tipos de informação para a Terra. Com isso os controladores que estão na Terra serão capazes de saber a temperatura exata ou aproximada de cada um de seus componentes principais, além de medidas como tensões, correntes, pressões entre outras. Existem milhares de grandezas medidas que são enviadas para a terra, estas grandezas são primeiro convertidas para dados digitais nos computadores do módulo espacial, em seguida eles são arrumados em pacotes, modulados em fase e colocados no downlink, para serem recebidos na Terra.



Durante o longo período de viagem, os sete anos que o Cassini estará navegando na trajetória em direção a Saturno, a telemetria consistirá principalmente de dados de engenharia. Estes dados irão relatar o estado de todos os sub-sistemas e instrumentos do módulo. A equipe de cientista irá analisar os dados dos instrumentos e verificar se eles estão corretamente configurados, calibrados e prontos para a chegada a Saturno em 2004.

Chegando em Saturno, a telemetria enviará dados científicos para a Terra, isto é, informações sobre o sistema saturniano. Muitos desses dados serão armazenados temporariamente dentro do SSR (Solid State Recorder) do Cassini, sobre o controle do computador a bordo. Esses dados armazenados pelo SSR podem ser enviados a Terra durante os intervalos de tempo em que a Terra está ouvindo. Se algo perturba a transmissão, pode-se comandar o módulo espacial para reenviar os dados do SSR novamente.

Cassini tem dois tipos de instrumentos científicos: sensoriamento direto e sensoriamento remoto. Um instrumento de sensoriamento direto entra em contato com objetos, partículas de poeira ou ondas de plasma por exemplo, ele analisa o objeto que toca. Um instrumento de sensoriamento indireto recebe a informação remotamente de um objeto, através da análise da radiação (luz, calor, etc.) que vem do objeto.

Há várias Unidades de Engenharia Remota (REU) por todo o módulo espacial Cassini. Cada REU recebe continuamente entradas de vários sensores, tais como temperatura, tensão, ou posição. As REUs passam o tempo recebendo medidas analógicas, convertendo-as em pacotes de dados e enviando-as ao CDS (Command and Data Subsystem).

Os dados de engenharia são normalmente de natureza repetitiva, e se alguns são perdidos, não há geralmente grandes problemas, já que as mesmas medidas serão provavelmente feitas em um curto período de tempo. Excetuando os casos de anomalias no

módulo espacial ou os testes críticos, os dados científicos têm sempre uma prioridade mais alta que os dados de engenharia, porque esses dados são o produto final da missão.

A primeira coisa a fazer na Terra é capturar o sinal de rádio que vem do Cassini. Em razão dele ser bastante fraco, já que ele viajou uma longa distância, é necessário o uso de rádio-telescópios com grande abertura para coletar e concentrar o sinal. A antena tem que ser apontada na direção exata direção da localização do Cassini no céu.

Uma vez o sinal do Cassini ter sido afinado, ele é amplificado por um amplificador a baixo ruído (LNA) que é mantido em temperaturas muito baixas para que ele contribua com uma quantidade mínima de ruído. Os LNAs típicos usados para receber os sinais do Cassini são os MASERs (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) e HEMTs (High-Electron-Mobility Transistor), que são resfriados a temperatura do hélio líquido. Um MASER é um tubo de vácuo. Um HEMT é um dispositivo em estado sólido que é levemente menos eficiente que um MASER, mas em compensação é menor e mais fácil de se manter resfriado.

Os sinais em microondas amplificados são enviados para um receptor, que deve estar configurado para sintonizá-los, baseado nas previsões geradas anteriormente, que incluem a força do sinal, a frequência e os parâmetros de modulação. Após isso, o sinal é passado para um grupo selecionado de equipamentos de processamento de telemetria onde os símbolos modulados são identificados e convertidos em dígitos binários ('0's '1's). Os erros são corrigidos como também os códigos de detecção de erros. O resultado disso é a telemetria.

Conclusão

Com esse trabalho pôde-se ter uma idéia dos fundamentos básicos da tele-medição ou telemetria, além da sua importância em aplicações de ponta como a exploração do universo.

Referências Bibliográficas

Tutorial sobre Telemetria

http://gatekeeper.ti.l-3com.com/telemetry/tlm_index.htm

Página do Laboratório de Jato Propulsão da Nasa sobre a missão Cassini

<http://www.jpl.nasa.gov/cassini/english/spacecraft/>