



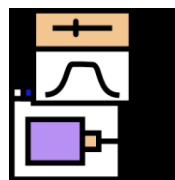
Hands-on 01: Instrumentação virtual básica usando GNU Radio e USRP/Operações Básicas com Sinas Senoidais

Vicente Sousa
GppCom/DCO/UFRN

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Objetivos do hands-on

- Apresentar alguns conceitos básicos do software GRC (GNU Radio Companion);
- Manipular um sinal senoidal e analisá-lo através da virtualização de instrumentos tradicionais como osciloscópio e analisador de espectro;
- Aprender o básico sobre o GNU Radio e ter o primeiro contato com a USRP.



© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Objetivos desta apresentação

- Revisão sobre teoria da amostragem
- Introdução sobre Instrumentação virtual
- Revisão sobre operação básica com sinais senoidais
- Som e notas musicais

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br



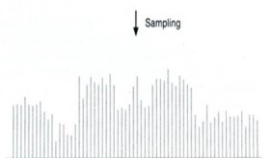
Introdução teórica

Amostragem

- **Amostragem:** processo de discretizar um sinal analógico
 - Primeira etapa da transformação analógico-digital
 - Processo reversível sob algumas condições
 - Gera um **sinal analógico discreto no tempo = tempo discreto + amplitude contínua**



→ Contínuo



↓ Sampling

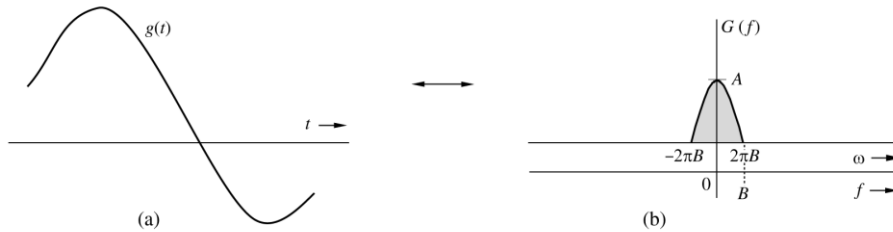
Vetor de valores reais (sinal analógico)

→ [12,34 12,36 13,40 8,1 7,1 8,3 ...]

Introdução teórica

Amostragem

- Considerações sob o sinal a ser amostrado $g(t)$:
 - Limitado em banda

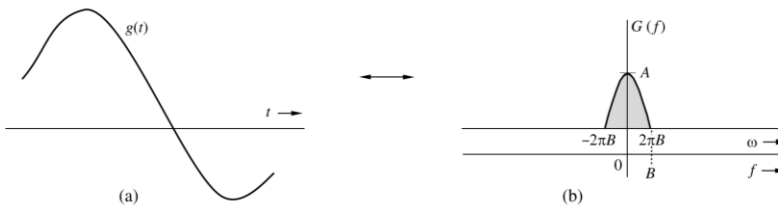


$$G(f) = 0 \text{ para } |f| > B$$

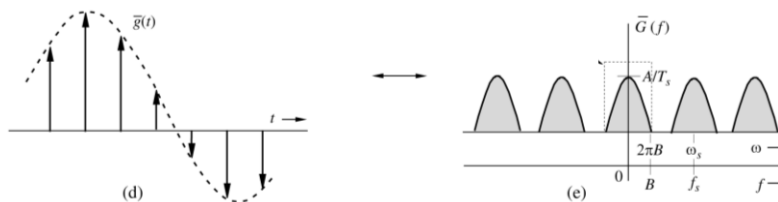
Introdução teórica

Amostragem

- Sinal analógico



- Sinal discreto no tempo



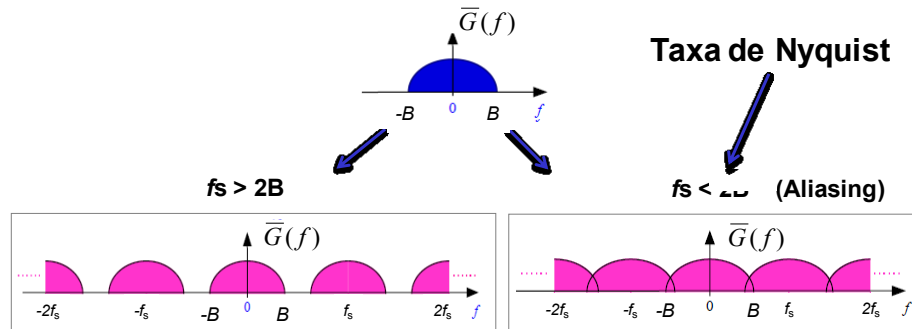
$$\bar{g}(t) = g(t)\delta_{T_s}(t) = \frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(t) e^{jn2\pi f_s t}$$

$$\bar{G}(f) = f_s G(f) + f_s \sum_{\substack{n=-\infty \\ n \neq 0}}^{\infty} G(f - nf_s)$$

Introdução teórica

Amostragem

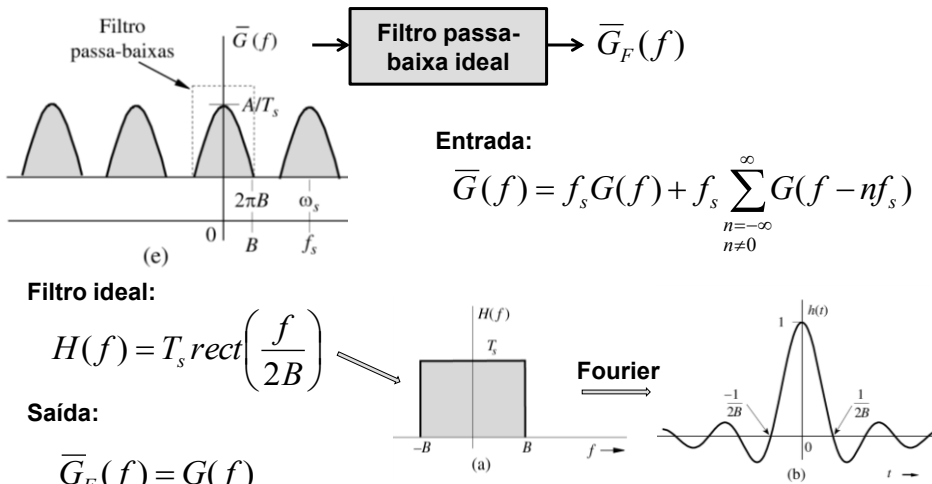
- Para que tudo isso funcione, duas condições devem ser atendidas:
 - $G(f) = 0$, para $|f| > B$
 - $f_s > 2B$
- Se não, ocorre o aliasing (mascaramento)



Introdução teórica

Amostragem

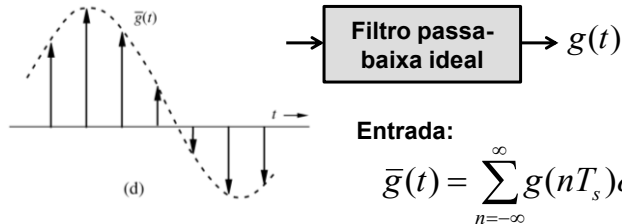
- Reconstrução ideal
 - Filtragem ideal do sinal amostrado (filtro ideal)



Introdução teórica

Amostragem

- **Reconstrução ideal (visão no tempo)**
 - *Filtragem ideal do sinal amostrado (no tempo)*



Filtro ideal:

$$H(f) = T_s \text{rect}\left(\frac{f}{2B}\right) \rightarrow h(t) = 2BT_s \text{sinc}(2\pi Bt) = \text{sinc}(2\pi Bt)$$

$T_s = \frac{1}{2B}$

Saída:

$$g(t) = \bar{g}(t) * h(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(nT_s) h(t - nT_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(nT_s) \text{sinc}[2\pi B(t - nT_s)]$$

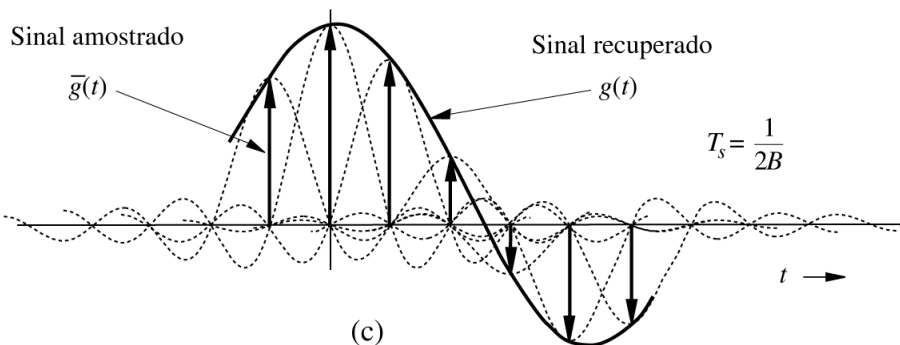
Introdução teórica

Amostragem

- **Reconstrução ideal**

$$\bar{g}(t) \rightarrow \text{Filtro passa-baixa ideal} \rightarrow g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(nT_s) \text{sinc}[2\pi B(t - nT_s)]$$

- **Filtragem ideal:** um sinal sinc escalado por cada amostra do sinal de entrada



Agenda

- Revisão sobre teoria sobre amostragem
- **Introdução sobre Instrumentação virtual**
- Revisão sobre operação básica com sinais senoidais
- Som e notas musicais

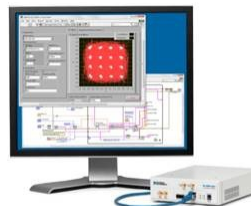


© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Instrumentação virtual

- **Instrumento virtual**
consiste em uma ferramenta de programação adequada e um equipamento de aquisição flexível, que acoplado ao computador pessoal, executam juntos as funções de instrumentos tradicionais.
- **Geralmente composto de**
 - Plataforma de aquisição de sinais (e.g. USRP);
 - Softwares para análise (e.g. GNU Radio Companion).

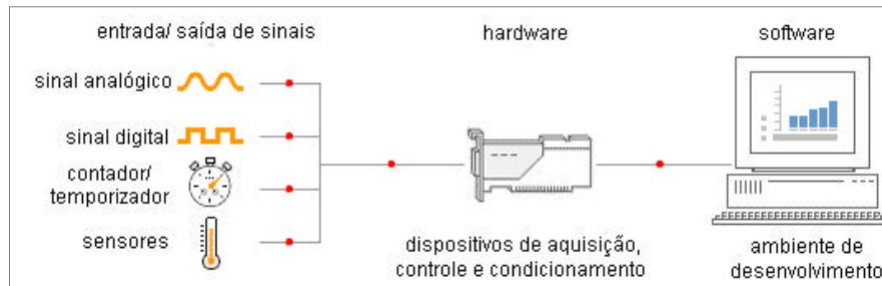


© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Instrumentação virtual

- **Em uma visão mais geral**
 - Sensores, que convertem grandezas de diversos tipos em sinais elétricos;
 - Condicionadores de sinal, utilizados para adequar os sinais provenientes dos sensores às limitações do sistema de aquisição de dados;
 - Placa de aquisição de dados;
 - Computador PC;
 - Softwares de desenvolvimento.



Introdução teórica

Instrumentação virtual

- **Vantagens**
 - Custo
 - Flexibilização
 - Beneficiam de das últimas tecnologias incorporadas nos PCs
 - Portáteis (funcionam em laptops)
- **Desvantagens**
 - Precisão
 - Vulnerabilidade a falhas de segurança que os instrumentos não-digitais não são (armazenamento em computador)
 - Pode exigir que muitos dispositivos sejam executados simultaneamente e pode consumir uma grande quantidade de energia

Agenda

- Revisão sobre teoria sobre amostragem
- Introdução sobre Instrumentação virtual
- **Revisão sobre operação básica com sinais senoidais**
- Som e notas musicais

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Operações básicas com sinais senoidais

- **Basicamente se resumem a identidade trigonométricas já bem conhecidas**

Produto como soma

$$\sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)]$$

$$\cos \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)]$$

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$$

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) - \cos(\alpha - \beta)]$$

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Agenda

- Revisão sobre teoria sobre amostragem
- Introdução sobre Instrumentação virtual
- Revisão sobre operação básica com sinais senoidais
- **Som e notas musicais**

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Operações básicas com sinais senoidais

- **Som**
 - Fisicamente é uma onda senoidal (ou conjunto de ondas) que se propaga no ar com uma certa frequência
 - Se essas ondas estiverem com a frequência na **faixa de 20 a 20.000 Hz**, o ouvido humano pode ser capaz de vibrar à mesma proporção, captando essa informação e produzindo **sensações neurais**, às quais o ser humano dá o nome de **som**.
- **Nota musicais e altura do som**
 - Termo empregado para designar o elemento mínimo de um som, formado por um único modo de vibração do ar.
 - Cada nota corresponde uma duração e está associada uma frequência em Hz.

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Operações básicas com sinais senoidais

• Nota musical e altura do som

- Embora a **altura** esteja intimamente relacionada com a **frequência**, é mais comum, em música, que se utilizem os nomes das **notas**.
- Os nomes das notas são definidos de acordo com sua disposição dentro de uma escala musical.
- Na **escala de dó maior**, por exemplo, as notas correspondentes às alturas são: **dó, ré, mi, fá, sol, lá e si**, após o que os nomes se repetem.
- A distância entre duas alturas percebidas é chamada de intervalo. Assim, se tomarmos a nota dó como referência (frequência f), podemos escrever a seguinte relação entre as notas.

	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó
Frequência	f	$9f/8$	$5f/4$	$4f/3$	$3f/2$	$5f/3$	$15f/8$	$2f$

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Referências

<http://finalstr.blogspot.com.br/2010/08/teorema-de-nyquist.html>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Teorema_da_amostragem

http://en.wikipedia.org/wiki/Spectrum_analyzer

<http://www.themathpage.com/atrig/trigonometric-identities.htm>

Vinícius José Santos Lopes, Instrumentação Virtual Aplicada Ao Ensino Experimental de Engenharia Elétrica, disponível em:

http://www.pei.ufba.br/doc/monografias/Monografia-InstrumVirtual_CICOP3.pdf

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br