



## 4a. Atividade de Processamento Digital de Sinais – ECAC14A

### Correlação e Transformada Discreta de Fourier

06/08/2024

Matrícula	Nome

1) Um sinal anexo a este documento possui 3 componentes estacionárias (30Hz, 300Hz e 520Hz) com diferentes amplitudes e algum ruído. Ele foi contaminado com um sinal de curta duração (componentes 6kHz e 7kHz) cujo instante de ocorrência é desconhecido. Utilizando a Correlação Cruzada, encontre o instante em que este sinal contaminante aparece no sinal principal e estime sua duração.

Instante (em segundos) de ocorrência: \_\_\_\_\_.

Duração estimada (em segundos) do sinal contaminante \_\_\_\_\_.

Comandos e gráficos usados para detectar o sinal contaminante e estimar sua duração:

## 2) Sinais DTMF

A sigla DTMF, que vem do inglês *Dual Tone - Multi Frequency*, representa um protocolo de comunicação muito usado no sistema de telefonia. Nesse protocolo de comunicação cada dado (dígito) de informação é transmitido como uma soma de dois sinais com frequências específicas. Essa relação dígito/frequências é apresentada na tabela que se segue.

1	2	3	A	697 Hz
4	5	6	B	770 Hz
7	8	9	C	852 Hz
*	0	#	D	941 Hz
1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz	

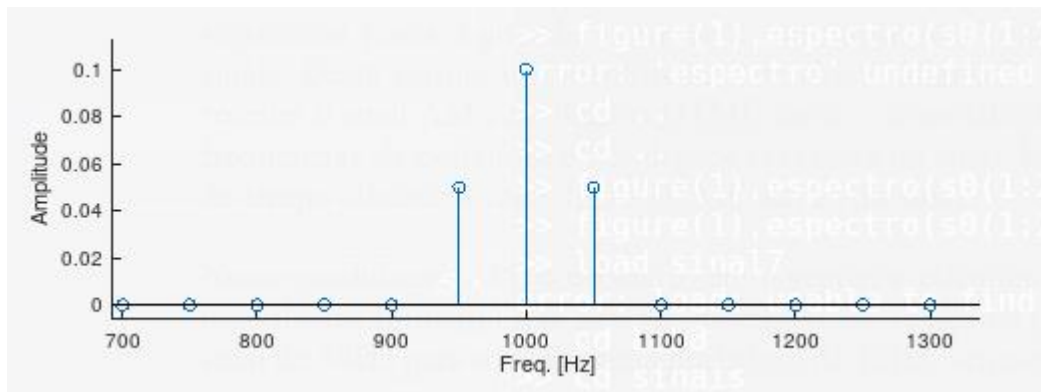
**Tabela 01** – Relação entre dígitos transmitidos pelo sistema DTMF e as respectivas frequências que compoem tais dígitos .

Para se transmitir o dígito 1, por exemplo, são utilizados dois sinais, sendo que um tem frequência de 1209 Hz e outro de 697 Hz. Já para se transmitir o dígito 2 é utilizado o par de



frequências 697 Hz/1336 Hz, enquanto para o dígito D é utilizado o par 941 Hz/1633 Hz. Um modo de se transmitir um sinal codificado pelo protocolo DTMF seria modulando em amplitude uma portadora (AM) com as frequências que compõem cada dígito da informação em transmissão. A partir de um intervalo de tempo constante cedido para cada item da informação, transmite-se, então, os dígitos de forma sequencial (cada dígito da informação em transmissão ocuparia um intervalo de tempo dentro do sinal). Desta forma, um identificador de sinais (dígitos) DTMF seria um simples sistema que ao receber o sinal AM com dígitos DTMF, faria a demodulação ou usaria uma DFT para identificar as frequências da portadora e dos dígitos presentes no sinal. Para tanto, deve ser respeitado o intervalo de tempo alocado a cada dígito DTMF dentro do sinal.

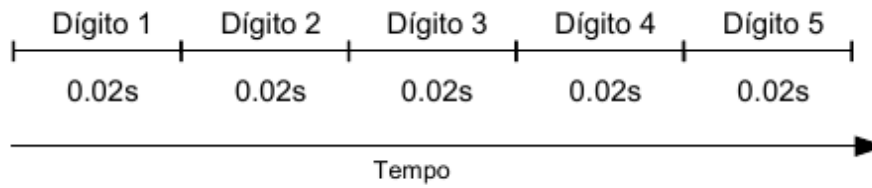
Numa modulação AM, o espectro tem a seguinte estrutura: a portadora é a frequência central e as modulantes formam raias laterais simétricas em relação à portadora. Por exemplo, se foi usado um sinal de 50Hz para modular uma portadora de 1kHz, seu espectro seria:



Neste exercício, deve-se usar a Transformada Discreta de Fourier (deve-se usar o algoritmo dado acima) para identificar dígitos codificados em sinais DTMF que modulam em amplitude uma portadora de 4,0kHz e que respeite o modelo de transmissão sequencial com um intervalo de tempo para cada dígito. Nos sinais a serem decodificados (escolher o sinal fornecido com o número correspondente ao último algarismo de seu número de matrícula), os códigos DTMF respeitam a Tabela 02 e ocupam um intervalo de 0,02s cada. A estrutura da mensagem é apresentada na Figura 01. O sinal foi amostrado a 20 kHz.

1	2	3	A	1200 Hz
4	5	6	B	1100 Hz
7	8	9	C	1000 Hz
*	0	#	D	900 Hz
800 Hz	700Hz	600 Hz	500 Hz	

**Tabela 02** – Codificação DTMF adotada nesta atividade.



**Figura 01** – Estrutura do sinal contendo uma mensagem com 5 dígitos *DTMF*.

Nome do arquivo do sinal utilizado: \_\_\_\_\_.

Dígitos codificados no sinal: \_\_\_\_\_

Espectros de magnitude correspondentes a cada dígito:

Comandos utilizados no Python para selecionar e exibir o espectro de magnitude de cada dígito:



### Rubrica para a Atividade 04

Critério	Níveis de Desempenho			
	Crítico 0 ponto	Insuficiente 4 pontos	Suficiente 7 pontos	Excelente 10 pontos
1. É capaz de utilizar a Correlação Cruzada para detecção de sinais.	Não aplica a Correlação Cruzada para identificação de sinal espúrio contaminando outro sinal.	Obtém a Correlação Cruzada entre sinais, mas não identifica nenhum sinal espúrio OU identifica e demonstra a presença de sinal espúrio contaminando outro sinal, mas a informação sobre posição/instante e duração não é obtida.	Identifica e demonstra a presença de sinal espúrio contaminando outro sinal, mas a informação sobre posição/instante ou duração é obtida com erro significativo.	Além de identificar a presença de sinal espúrio contaminando outro sinal, também demonstra a extração de informação sobre sua posição/instante de ocorrência e duração com pequena margem de erro.
2. Compreende o que é a Transformada Discreta de Fourier e é capaz de aplicá-la na estimação do conteúdo espectral de um sinal.	Não calcula corretamente nem as frequências discretas válidas nem magnitudes e fases de alguma componente em ALGUMA situação solicitada.	Calcula corretamente apenas as frequências discretas válidas OU apenas os valores de magnitude e de fase de algumas componentes em alguma situação solicitada.	Consegue calcular as frequências discretas válidas, as magnitudes e a fase das componentes espectrais de um sinal sempre que solicitado OU calcula adequadamente frequências, magnitudes (inclusive DC) e fase, mas comete pequenos erros de cálculos.	Além de calcular sem erros as frequências, as magnitudes e as fases, aplica corretamente a correção do valor da amplitude e do nível DC, sempre que solicitado.