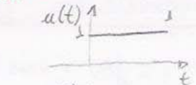
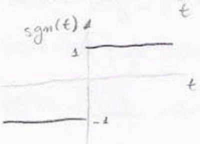
COM.1 - 1ª PARCIAL

- Funções:

a) Degrau Unitário: $u(t) = \begin{cases} 0, & t<0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases}$

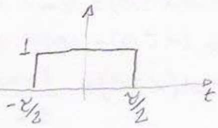


b) Sinal: $sgn(t) = \begin{cases} -1, & t<0 \\ +1, & t>0 \\ 0, & t=0 \end{cases}$



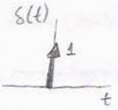
c) Pulso Retangular:

$$rect\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1, & |t| \leq \tau/2 \\ 0, & |t| > \tau/2 \end{cases}$$



d) Impulso Unitário:

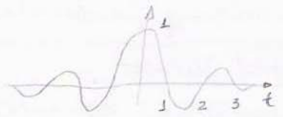
$$\delta(t) = \begin{cases} \infty, & t=0 \\ 0, & t \neq 0 \end{cases}$$



com $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t).dt = 1$

e) Função Sinc:

$$sinc(t) = \frac{sen(\pi.t)}{\pi.t}$$



- Série Trigonométrica de Fourier:

$$g_p(t) = a_0 + 2\sum_{n=1}^{\infty}\left[a_n.\cos\left(\frac{2\pi n t}{T_0}\right) + b_n.sen\left(\frac{2\pi n t}{T_0}\right)\right]$$

$$a_0 = \frac{1}{T_0}\int_{-T_0/2}^{T_0/2} g_p(t).dt \quad \Bigg| \quad a_n = \frac{1}{T_0}\int_{-T_0/2}^{T_0/2} g_p(t).\cos\left(\frac{2\pi n t}{T_0}\right).dt$$

$$b_n = \frac{1}{T_0}\int_{-T_0/2}^{T_0/2} g_p(t).sen\left(\frac{2\pi n t}{T_0}\right).dt \quad \Bigg| \quad n = 1, 2, 3, \ldots$$

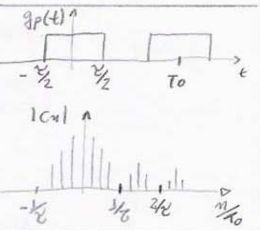
- Série Exponencial Complexa de Fourier:

$$g_p(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n.\exp\left(\frac{j2\pi n t}{T_0}\right)$$

$$c_n = \frac{1}{T_0}\int_{-T_0/2}^{T_0/2} g_p(t).\exp\left(\frac{-j2\pi n t}{T_0}\right).dt \qquad n = 0, \pm1, \pm2, \ldots$$

$|c_n| \times \frac{n}{T_0}$ → Espectro discreto de Amplitude

$arg(c_n) \times \frac{n}{T_0}$ → Espectro discreto de fase



- Transf. de Fourier (sinais aperiódicos)

$$G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t).\exp(-j2\pi f t).dt$$

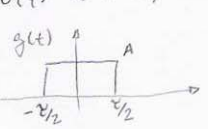
$$G(f) = \underbrace{A(f)}_{real} + j.\underbrace{B(f)}_{imag} = \underbrace{|G(f)|}_{mód.}.\exp[j.\underbrace{\theta(f)}_{fase}]$$

(TF é uma qtde complexa)

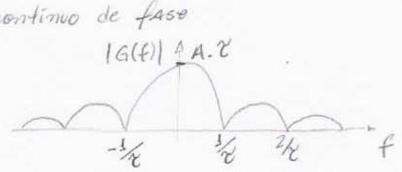
$$|G(f)| = \sqrt{A^2(f) + B^2(f)} \qquad \theta(f) = -arctg\left(\frac{B(f)}{A(f)}\right)$$

$|G(f)|$ é o espectro contínuo de amplitude

$\theta(f)$ é o espectro contínuo de fase



pulso retg.



possui mais altas freq.
tem poucas comp. de baixa freq.

- Propriedades da T. Fourier: seja $g(t) \Leftrightarrow G(f)$

a) $g(a.t) \Leftrightarrow \frac{1}{|a|}.G\left(\frac{f}{a}\right)$ → mudança de escala (a cte)

b) $g(t-t_0) \Leftrightarrow G(f).\exp(-j2\pi f t_0)$ → desloc. no tempo

c) $g(t).\exp(j2\pi f_c t) \Leftrightarrow G(f-f_c)$ → " na freq.

*d) $\frac{d^n}{dt^n}.g(t) \Leftrightarrow (j2\pi f)^n.G(f)$ → diferenciação no domínio do tempo

e) $\int_{-\infty}^{t} g(\tau).d\tau \Leftrightarrow \frac{G(f)}{j2\pi f} + \frac{G(0)}{2}.\delta(f)$ → integração no dom. do tempo

f) $g_1(t) * g_2(t) \Leftrightarrow G_1(f).G_2(f)$ → convolução no tempo

g) $G(t) \Leftrightarrow g(-f)$ → dualidade

h) $g_p(t) \Leftrightarrow \frac{1}{T_0}.\sum_{n=-\infty}^{\infty} G\left(\frac{n}{T_0}\right).\delta\left(f - \frac{n}{T_0}\right)$ → Transf. de funções periódicas

- Pares de Transformadas:

- $A.Rect\left(\frac{t}{\tau}\right) \Leftrightarrow A.\tau.sinc(f.\tau)$
- $\exp(-t).u(t) \Leftrightarrow \frac{1}{1+j2\pi f}$
- $A.sinc(2W.t) \Leftrightarrow \frac{A}{2.W}.rect\left(\frac{f}{2.W}\right)$

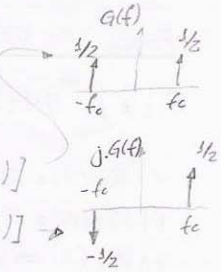
$\exp(-a|t|) \Leftrightarrow \frac{2a}{a^2+(2\pi f)^2}$

$\exp(-\pi t^2) \Leftrightarrow \exp(-\pi f^2)$

$sgn(t) \Leftrightarrow 1/j\pi f$

$\frac{1}{\pi t} \Leftrightarrow -j.sgn(f)$

- $\delta(t) \Leftrightarrow 1 \quad | \quad 1 \Leftrightarrow \delta(t)$
- $\delta(t-t_0) \Leftrightarrow \exp(-j.2\pi f t_0)$
- $\exp(j2\pi f_c t) \Leftrightarrow \delta(f-f_c)$
- $\cos(2\pi.f_c.t) \Leftrightarrow \frac{1}{2}[\delta(f-f_c) + \delta(f+f_c)]$
- $sen(2\pi f_c t) \Leftrightarrow \frac{1}{2j}[\delta(f-f_c) - \delta(f+f_c)]$



- Cálculo da T.F. por diferenciações sucessivas:

$$\frac{d^n g(t)}{dt^n} \Leftrightarrow (j2\pi f)^n.G(f) \qquad F\left[\frac{d^n g(t)}{dt^n}\right] = (j2\pi f)^n.G(f)$$

$$G(f) = \frac{F\left[\frac{d^n g(t)}{dt^n}\right]}{(j.2\pi.f)^n}$$

* Densidade Espectral de Energia:

$\Psi_g(f) = |G(f)|^2$ → D.E.E. *

$E = \int_{-\infty}^{\infty} \Psi_g(f).df \quad \therefore \quad \int_{-\infty}^{\infty}|G(f)|^2.df = \int_{-\infty}^{\infty}|g(t)|^2.dt$ *

área Total de D.E.E. igual Energ. Total

(Energia de Rayleigh)

- Densidade Espectral de Potência:

$S_{pg}(f) = |G_p(f)|^2$ → D.E.P.

$P = \int_{-\infty}^{\infty}|G_p(f)|^2.df$ → área total de DEP é igual à potência média do sinal periódico

$P = \frac{1}{T_0}\int_{-T_0/2}^{T_0/2}|g_p(t)|^2.dt$ → Pot. média no tempo!

$c_n = \frac{\tau.A}{T_0}\,sinc\left(\frac{n.\tau}{T_0}\right)$

$P = |c_0|^2 + 2.\sum_{n=1}^{\infty}|c_n|^2$ → Teorema de Potência de Parceval. *

Qdo $f_s < 2W$, escolha incorr. de f_s, compon. de freq. elevada do sinal original são desloc. incorr. p/ região de bx. freq. esper.

$$P = |c_0|^2 + 2\sum_{n=1}^{\infty}|c_n|^2$$

$$P = 1/T_0\int_{-T_0/2}^{T_0/2}|g_p(t)|^2.dt$$

* • **Função Autocorrelação:** (sinais Aperiódicos)

• $R_g(\lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) \cdot g^*(t-\lambda) \cdot dt$ ou $R_g(\lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t+\lambda) \cdot g^*(t) \cdot dt$

Propriedade:

a) $R_g(\lambda) = R_g^*(-\lambda)$ → simetria conjugada

b) $E = R_g(0)$ → Energia total do Sinal

c) $|R_g(\lambda)| \leq R_g(0)$ → Valor máximo

d) $R_g(\lambda) \Leftrightarrow \Psi_g(f) = |G(f)|^2$ → Transf. de Fourier

• **Função Autocorrelação:** (sinais Periódicos)

• $R_{gp}(\lambda) = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} g_p(t) \cdot g_p^*(t-\lambda) \cdot dt$

• b) $P = R_{gp}(0)$ → Potência média do sinal

d) $R_{gp}(\lambda) \Leftrightarrow S_{gp}$ → Relações de Wiener-Khinchine

e) $R_{gp}(\lambda) = R_{gp}(\lambda \pm n.T_0)$ → Periodicidade ($n = 1, 2, 3 \dots$)

• **Função de Cross-Correlação:**

$R_{12} = \int_{-\infty}^{\infty} g_1(t) \cdot g_2^*(t-\lambda) \cdot dt$ (sinais Aperiódicos)

a) $R_{12}(\lambda) = R_{21}^*(-\lambda)$ → simetria conjugada

b) $R_{12}(0) = 0$ → Sinais Ortogonais / Ex: sen e cos não existe similaridade

c) $R_{12}(\lambda) \Leftrightarrow G_1(f) \cdot G_2^*(f)$ → Teor. da Correlação

$R_{12}(\lambda) = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} g_{p1}(t) \cdot g_{p2}^*(t-\lambda) \cdot dt$ (periódicos)

• **Transformada de Hilbert:**

$\hat{g}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{g(\lambda)}{t-\lambda} \cdot d\lambda$

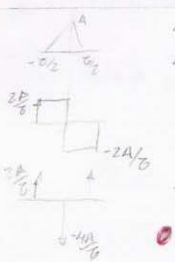
$g(t) = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\hat{g}(\lambda)}{t-\lambda} \cdot d\lambda$ → T.H., sua inversa

$\hat{g}(t) = g(t) * \frac{1}{\pi t}$ → T.H. pode ser uma convolução

$\boxed{\hat{G}(f) = -j \cdot sgn(f) \cdot G(f)}$ → T.H. de $\hat{g}(t)$:

• **Atraso de fase e de grupo:**

$\tau_p = \frac{-\beta(f_c)}{2\pi f_c}$ $\tau_g = -\frac{1}{2\pi} \cdot \left.\frac{\partial \beta(f)}{\partial f}\right|_{f=f_c}$



$A + 2At/\tau \xrightarrow{dt} 2A/\tau$

$A - 2At/\tau \rightarrow -2A/\tau$

$\frac{d^2 g(t)}{dt^2} = 2A\,\delta(t+\frac{\tau}{2}) - \frac{4A}{\tau} \dots$

$|n.f_0| \leq 1/\tau$

$\frac{1}{\tau} \leq \frac{n}{T_0} \leq \frac{1}{\tau}$ $T_0 = 2\tau$

$-2 \leq n \leq 2$

• $ISI = \frac{|\tau_{p1} - \tau_{p0}|}{T_b} \times 100\% = 10\%$ (aceitável)

→ Interferência Intersimbólica

• **Identidades Trigonométricas:**

• $\exp(\pm j\theta) = \cos\theta \pm j\,sen\theta$

• $\cos\theta = \frac{1}{2}[\exp(j\theta) + \exp(-j\theta)]$

• $sen\theta = \frac{1}{2j}[\exp(j\theta) - \exp(-j\theta)]$

• $\cos^2\theta - sen^2\theta = \cos(2\theta)$

• $\cos^2\theta = \frac{1}{2}[1 + \cos(2\theta)]$

• $sen^2\theta = \frac{1}{2}[1 - \cos(2\theta)]$

• $2\,sen\theta.\cos\theta = sen(2\theta)$

• $sen(\alpha \pm \beta) = sen\alpha.\cos\beta \pm \cos\alpha.sen\beta$

• $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha.\cos\beta \mp sen\alpha.sen\beta$

• $\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan\alpha \pm \tan\beta}{1 \mp \tan\alpha.\tan\beta}$

TDM → Filtros lim. a larg. de espec. p/ evitar aliasing

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

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

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

• **Transf. Hilbert**   ↓ T.H.

$m(t).\cos(2\pi f_c t) \Leftrightarrow m(t).sen(2\pi f_c t)$

$m(t).sen(2\pi f_c t) \Leftrightarrow -m(t).\cos(2\pi f_c t)$

$\frac{sen\,t}{t} \Leftrightarrow \frac{1-\cos t}{t}$

$rect(t) \Leftrightarrow -\frac{1}{\pi} \ln \left| \frac{t-1/2}{t+1/2} \right|$

$\delta(t) \Leftrightarrow 1/\pi t$ $\frac{1}{t} \Leftrightarrow -\pi\delta(t)$

$\frac{1}{1+t^2} \Leftrightarrow \frac{t}{1+t^2}$

$\int \frac{dx}{a^2 + (b.x)^2} = \frac{1}{a.b} \operatorname{arctg}\left(\frac{b.x}{a}\right) + C$

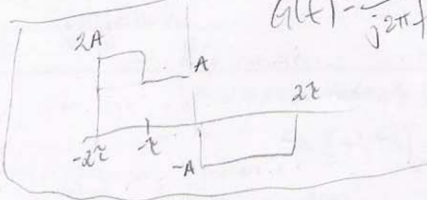
$-j = \frac{1}{j}$

$\int u.dv = u.v - \int v.du$ (Int. Partes)

$\hat{g}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{g(\lambda)}{t-\lambda} \cdot d\lambda$

Solução: com

$G(f) = \frac{A}{j2\pi f} \times [a_1 e^{j.b_1} + a_2 e^{j b_2} \dots]$ até 4



$a_i = ?$
$b_i = ?$
$i = 1 \dots 4$

$g(t) = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\hat{g}(\lambda)}{t-\lambda} \cdot d\lambda$ → T.H., sua inversa

$\hat{G}(f) = -j \cdot sgn(f) \cdot G(f)$

$(a+b)^3 = a^3 + 3.a^2.b + 3a.b^2 + b^3$

Anderson Sonehara

Com 1: 2ª Parcial:

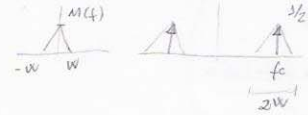
Anderson Sonehara

- **AM-DSB:** Sinal modulado: $s(t) = A_c[1 + k_a . m(t)] . \cos(2\pi . f_c . t)$
  - $c(t) = A_c . \cos(2\pi f_c t)$ é a portadora
  - $m(t)$ = sinal modulante
- k_a = sensibilidade em amplitude do modulador; $[1 + k_a . m(t)]$ = envoltória

$\begin{cases} . |k_a . m(t)| < 1 \text{ e } f_c \gg W \rightarrow \text{largura espectro } m(t) \\ . \text{caso contrário se } |k_a . m(t)| > 1 \text{ haverá sobremodulação !!!} \end{cases}$

$$S(f) = \frac{A_c}{2}\left[\delta(f + f_c) + \delta(f - f_c)\right] + \frac{k_a . A_c}{2}\left[M(f + f_c) + M(f - f_c)\right]$$

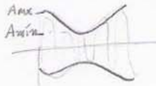
$B_T = 2.W$ [Hz]



- **Modulação Tonal:** $m(t) = A_m . \cos(2\pi . f_m . t)$. O sig. AM-DSB tonal:

$s(t) = A_c[1 + \mu . \cos(2\pi . f_m . t)] . \cos(2\pi f_c t)$

- $\mu = k_a . A_m \rightarrow$ índice de modulação
- $\mu = \dfrac{A_{mx} - A_{min}}{A_{mx} + A_{min}}$



- $\ast\ s(t) = A_c . \cos(2\pi f_c t) + \dfrac{\mu . A_c}{2} . \cos(2\pi(f_c + f_m) . t) + \dfrac{\mu . A_c}{2} . \cos(2\pi(f_c - f_m) . t)$

$$^{*}S(f) = \frac{A_c}{2}\left[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)\right] + \frac{\mu A_c}{4}\left[\delta(f - f_c - f_m) + \delta(f + f_c + f_m)\right] + \frac{\mu . A_c}{4}\left[\delta(f - f_c + f_m) + \delta(f + f_c - f_m)\right]$$

fc-fm fc fc+fm; 2fm

- **Pot média** $= A_m^2/2 \leftarrow$ Pot média do sgn modulante

- $P = \dfrac{A^2}{2} \rightarrow$ Potência da portadora na transmissão $\quad \left(A_m = \dfrac{\mu}{k_a}\right)$

- $P = \dfrac{A_c^2}{2} + \dfrac{\mu^2 . A_c^2}{8} + \dfrac{\mu^2 . A_c^2}{8}$

p/ $\mu = 1$: 100% de modulação

$2 P_{OL} = \frac{1}{3} P \qquad P_c = \frac{2}{3} . P$

- Detector de Envoltória:

cte de carga: $R_s . C \ll \dfrac{1}{f_c}$

$\dfrac{1}{f_c} \leq R_L . C \leq \dfrac{1}{W} \quad \bullet\ R_L . C \leq \dfrac{\sqrt{1 + \mu^2}}{2 . \pi . f_m . \mu}$

- Detetor Lei Quadrática:

$m_o(t) = a_2 . A_c^2 . k_a . m(t) + \underbrace{\frac{1}{2} . a_2 . A_c^2 . k_a^2 . m^2(t)}_{\text{interf.}}$

- **AM-DSB/SC:** $s(t) = A_c . \cos(2\pi f_c . t) . m(t)$

$S(f) = \dfrac{A_c}{2}\left[M(f - f_c) + M(f + f_c)\right]$

$s(t) = s_1(t) - s_2(t) = 2 . k_a . A_c . \cos(2\pi f_c . t) . m(t)$

$P_m = A_c^2 A_m^2 / 4$ se $m(t) = A_m . \cos(2\pi f_m . t)$

$A_c . A_m / 2$

- **AM-SSB:** $s(t) = s_c(t) . \cos(2\pi f_c t) - s_s(t) . \sin(2\pi f_c t)$
  - $s_c(t)$: inf. fase de $s(t)$
  - $s_s(t)$: inf. quadratura $s(t)$

$S_c(f) = [S(f - f_c) + S(f + f_c)]$

$S_s(f) = j[S(f - f_c) - S(f + f_c)]$

$s(t) = \dfrac{A_c . A_m}{2} \cos(2\pi[f_c + f_m] t)$

fc+fm

- **P/ USSB:**

$s(t) = \dfrac{A_c}{2}\left[m(t) . \cos(2\pi f_c . t) \mp \hat{m}(t) . \sin(2\pi f_c . t)\right]$ ($\hat{m}$: Hilbert)

- **VSB + Port** — Detecção Envolt. VSB + Port.

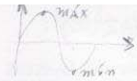
$\underbrace{\quad}_{s_c(t)} . \cos(w_c t) + \underbrace{\quad}_{-s_s(t)} . \sin(w_c . t)$

$a(t) = \sqrt{s_c^2(t) + s_s^2(t)}$

1+ $\cos(w_m t)$ = msg; todo o resto é distorção!

$f_i(t) = f_c + k_f . m(t) \rightarrow$ FM

$f_i(t) = f_c + \dfrac{k_p}{2\pi} . \dfrac{dm(t)}{dt} \rightarrow$ PM



- **Modulação em Fase (PM):**

$\theta_i(t) = 2\pi . f_c . t + k_p . m(t) \quad \rightarrow s(t) = A_c . \cos[2\pi f_c . t + k_p . m(t)]$ (sinal modulado)

$f_i(t) = f_c + \dfrac{k_p}{2\pi} . \dfrac{dm(t)}{dt}$

- **Modulação em Frequência (FM):** $f_i(t) = f_c + k_f . m(t)$

k_f: sensibilidade em freq. do modulador
f_c: freq. da portadora não modulada

- **Modulação Tonal em Frequência:** se $m(t) = A_m . \cos(2\pi f_m t)$

então $f_i(t) = f_c + \Delta f . \cos[2\pi . f_m . t] \quad | \bullet\ \Delta f = k_f . A_m$

$\theta_i(t) = 2\pi f_c . t + \beta . \sin[2\pi . f_m . t] \quad | \bullet\ \beta = \dfrac{\Delta f}{f_m}$

$\beta \rightarrow$ índice de modulação: afastam. mx. de $\theta_i(t)$ à $2\pi f_c t$

- $s(t) = A_c . \cos[2\pi . f_c . t + \beta . \sin(2\pi . f_m . t)]$

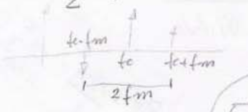
$\beta \leq 0{,}5$ FM Banda Estreita
$\beta > 0{,}5$ FM Banda Larga

- **Modulação FM - Banda Estreita** $[\beta \leq 0{,}5]$

$s(t) = A_c \cos(2\pi . f_c . t) - \beta . A_c . \sin(2\pi . f_c . t) . \sin(2\pi f_m . t)$

$s(t) = A_c . \cos(2\pi f_c t) + \dfrac{\beta . A_c}{2}\{\cos(2\pi(f_c + f_m) . t) - \cos(2\pi . (f_c - f_m) . t)\}$

$B_T = 2 . f_m$



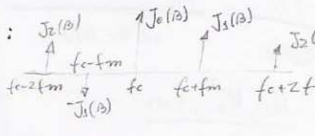
$\Delta f = k_f . A_m \qquad B_T = 2 . f_m$
$\beta = \Delta f / f_m$

- **Modulação FM - Banda Larga:**

$\cos[\beta . \sin(2\pi . f_m . t)]$ e $\sin[\beta . \sin(2\pi . f_m . t)]$

$$S(f) = \frac{A_c}{2}\sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta)\left[\delta(f - f_c - n f_m) + \delta(f + f_c + n . f_m)\right]$$

- Espectro Tonal FM:



$\beta = \dfrac{k_f . A_m}{f_m}$

- **Potência Média do Sinal FM Tonal:**

$$P = \frac{A_c^2}{2}\sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n^2(\beta) = \frac{A_c^2}{2}$$

$\boxed{B_T = 2 . n_o . f_m}$

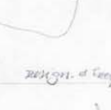
- $J_0^2(\beta) + 2\left[J_1^2(4) + J_2^2(4)\right] = \ldots$ ($n=1$, $n=2$)

- Largura de Espectro FM modulado: $\ast\ B_T = 2 . n_o . f_m$

Lei de Carson

Para: $\beta = 0{,}1$ — $n_o \approx \beta + 1$
$B_T = 2(\beta + 1) . f_m = 2 . (\Delta f + f_m)$

Para: $\beta = 0{,}01$ — $n_o \approx \beta + 2$
$B_T = 2(\beta + 2) . f_m = 2(\Delta f + 2 f_m)$



Razão de Desvio: $D = \dfrac{\Delta f}{W}$

DSB/SC

$s(t) = \dfrac{A_m . A_c}{2} \cos(2\pi(f_m - f_c) . t) + \dfrac{A_m . A_c}{2} . \cos(2\pi(f_m + f_c) . t)$

$$S(f) = \frac{A_c . A_m}{2}\left[\delta(f - f_c - f_m) + \delta(f + f_c + f_m) + \delta(f + f_c - f_m) + \delta(f - f_c + f_m)\right]$$

$a(t) = A_c . \left\{\left[1 + \dfrac{k_a}{2} m(t)\right]^2 + \left[\dfrac{k_a}{2} . m_s(t)\right]^2\right\}^{1/2}$

$= \underbrace{A_c . \left[1 + \dfrac{k_a}{2} . m(t)\right]}_{\text{desejado}} . \underbrace{\left\{1 + \left[\dfrac{\frac{k_a}{2} . m_s(t)}{1 + k_a/2 . m(t)}\right]^2\right\}^{1/2}}_{\text{distorcao}}$

* Osc. Hartley:

- Geração de Sinais FM:

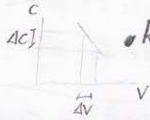
$\Delta f = k_f \cdot A_m$

Método Direto: (Hartley)

- $f_i(t) = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{(L_1+L_2)\cdot C_0}}$ [Hz]

$f_i(t) \cong f_c + k_f \cdot m(t)$

- $f_c = f_0$ e $k_f = -\dfrac{K_c \cdot f_0}{2C_0}$ [Hz/V]



- $K_c = \dfrac{\Delta C}{\Delta V}$ [F/V]

[rad] $\beta = k_f \cdot A_m / f_m$

- $f_i(t) = f_c + k_f \cdot m(t)$
- $B_T = 2(\Delta f + f_m)$ CARLSON
- $B_T / \Delta f$ = [da curva] β

Multiplex

Δf e W — $B_T = 2(\Delta f + f_m)$; $D = \dfrac{\Delta f}{W}$; curva $D = \dfrac{B_T}{\Delta f}$ substitui p/ β

$\Rightarrow B_T = 2(\beta+1)\cdot f_m$ | $B_T = 2 \cdot n \cdot f_m$ ($J_0^2 \ldots$)

$B_T = \left(\dfrac{B_T}{\Delta f}\right) \cdot k_f \cdot A_m$

$P = \dfrac{A_c^2}{2}$ [W]

$C(t) = C_0 + K_c \cdot m(t)$

$$\Delta f = f_{máx} - f_0$$

$$f_0 = \frac{f_i(t)_{máx} + f_i(t)_{mín}}{2}$$

- Ruído:

SNR_O = pot. média da mensagem na saída do receptor / pot. média do ruído na saída do receptor

SNR_C = pot. média do sinal modulado na entrada do receptor / pot. média do ruído calculado consider. a larg. faixa pela msg na ent. receptor

AM-DSB

* $f_m = \dfrac{SNR_O}{SNR_C}$ = figura de mérito

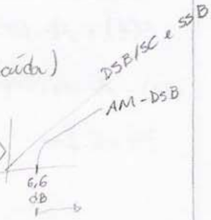
* $SNR_C = \dfrac{P_R}{W \cdot N_0}$ — Pot. do ruído

DSB-SC:

$P_o = \dfrac{A_c^2 \cdot P_m}{4}$ (pot. média da parcela do sinal de msg)

$SNR_O = \dfrac{P_o}{P_{n_0}} = \dfrac{A_c^2 \cdot P_m}{2 \cdot W \cdot N_0}$ (SNR na saída)

$SNR_C = \dfrac{A_c^2 \cdot P_m}{2 \cdot W \cdot N_0}$



* $\boxed{P_m = \dfrac{A_m^2}{2} = \dfrac{\mu^2}{2 \cdot K_a^2}}$

$P_R = \dfrac{A_c^2}{2} \cdot [1 + K_a^2 \cdot P_m]$

* $SNR_C = \dfrac{P_R}{W N_0} = \dfrac{A_c^2 [1 + K_a^2 \cdot P_m]}{2 W \cdot N_0}$

$SNR_O = \dfrac{A_c^2 \cdot K_a^2 \cdot P_m}{2 W N_0}$

$f_m = \dfrac{K_a^2 \cdot P_m}{1 + K_a^2 \cdot P_m} < 1$

AM-DSB

1)
$SNR_O = 30$ dB
$\mu = 0{,}8 = 80\%$ de modulação
$f_m = \dfrac{\mu^2}{2+\mu^2}$
$f_m = SNR_O / SNR_C$

$SNR_O(dB) = 10\log_{10}(SNR_O)$
$30 = 10\log(SNR_O)$
$SNR_O = 1000$

Ex: $0{,}0266^W = -15{,}7$ dB

$SNR_C = \dfrac{SNR_O}{f_m}$

* $f_m = \dfrac{\mu^2}{2+\mu^2}$

- $f_m = \dfrac{3}{2}\beta^2$

* $SNR_{CL} \cong 20(\beta+1)$ → limiar

$f_m = \dfrac{SNR_O}{SNR_C} = \dfrac{3}{2}\beta^2$

$SNR_O = f_m \cdot SNR_C$

2)

$SNR_O = \dfrac{3}{2}\beta^2 \cdot 20(\beta+1)$ (vai no gráf embaixo) c.c

- $B_T = 2(\beta+1) \cdot W$ (consider. canal)

$SNR_O = \dfrac{3}{2}\beta^2 \cdot SNR_C$

$SNR_C = \dfrac{P_R}{N_0 \cdot W}$ — passar p/ dB

$P_T = P_R + \text{Atenuação}$

Limit. d projeto

Pc
$W = 5K$
$N_0 = 10^{-3}$
$\mu =$

129960

DSB/SC, SSB } $f_m = 1$

Receptor FM:

$SNR_O = \dfrac{3 \cdot A_c^2 \cdot k_f^2 \cdot P_m}{2 \cdot N_0 \cdot W^3}$

$P_o = k_f^2 \cdot P_m$ → Pot. média do sinal de saída

$SNR_C = \dfrac{A_c^2}{2 W N_0}$

$f_m = \dfrac{3 k_f^2 \cdot P_m}{W^2}$

$P_R = \dfrac{A_c^2}{2}$ → Pot. do sinal recebido

COM 1 - 3ª Parcial - Formulário

- Amostragem e Multiplexação

$g_S(t) = g(t) \cdot g_{T_S}(t)$ ideal

$g(t) \Rightarrow \frac{G(f)}{2}$

* $\boxed{G_S(f) = G(f) * \frac{1}{T_S} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta\left(f - \frac{n}{T_S}\right)}$ $\therefore f_S = \frac{1}{T_S}$

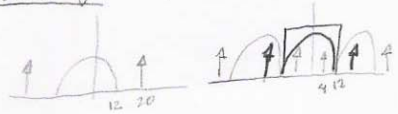
$f_S = 2W$ → Taxa de Nyquist

$H(f) = \frac{1}{2W} rect\left(\frac{f}{2W}\right)$ (FPB ideal com $f_{3d} = W$)

- recup. de $g(t)$ de amost. c/ $T_S = 1/2W$

$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g\left(\frac{n}{2W}\right) \cdot sinc(2Wt - n)$ $\quad -\infty \leq t \leq \infty$

Aliasing: $f_S < 2W$ $\quad f\uparrow \Rightarrow$ incorret. p/ $\downarrow f$



- Amostragem Prática: $s(t) = c(t) \cdot g(t)$

$c(t) = \frac{T.A}{T_S} \sum_{n=-\infty}^{\infty} sinc\left(\frac{n.T}{T_S}\right) \cdot exp\left(\frac{j2\pi nt}{T_S}\right)$ → Série Fourier

* $S(f) = \frac{T.A}{T_S} \sum_{n=-\infty}^{\infty} sinc\left(\frac{n.T}{T_S}\right) \cdot G\left(f - \frac{n}{T_S}\right)$

- Amostragem Passa-Faixa:

* $\boxed{f_S = \frac{2.f_B}{INT\left\{\frac{f_B}{B}\right\}}}$ → possível freq. de amostragem

- Modulação Analógica de Pulsos: (PAM, PDM, PPM)

- Multiplex: erro quant. baixa ampl.

PCM: Erro Relativo: $e_{rel} = \frac{e_{MÁX.}}{A}$ $\quad A\downarrow \Rightarrow e_{rel}\uparrow$

Compressão:

$\frac{q/2}{A} = e_{rel} = cte$ $\quad A\downarrow \Rightarrow q\downarrow$

Leis de Compressão: (ITU-T)

a) Lei μ (24 canais)

$y = \frac{\log(1 + \mu.x)}{\log(1+\mu)}$, $0 < x < 1$

sincroniz. Const: fase e tempo

b) Lei A (30 canais)

$$y = \begin{cases} \frac{A.x}{1 + \log A}, & 0 < x < 1/A \\ \frac{1 + \log(A.x)}{1 + \log A}, & \frac{1}{A} < x < 1 \end{cases}$$

Codificação: v dígitos $Q = 2^v$

(7) Transmissão em Banda Base

a) ISI é desprezível se $B \gg \frac{1}{T_b}$

a) Pulso sinc

Um pulso que produz ISI nula:

$p(t) = sinc(2B_T.t)$ c/ $B_T = 1/2T_b$

- $\rho = 1 - \frac{f_1}{B_T}$ é o fator de rolloff

No domínio do tempo: $p(t) = sinc(2.B_T.t) \cdot \frac{\cos(2\pi\rho.B_T.t)}{1 - (4\rho.B_T.t)^2}$

Assegura crit. de Nyquist

Reduz erros p/ variações no inst. amost.

O canal, deve ter uma larg. faixa mín. igual a:

- $B = 2.B_T - f_1 = (1+\rho).B_T$, $\quad B_T = \frac{1}{2T_b}$ fator roll-off

logo: $B = \frac{1+\rho}{2.T_b}$

ASK 0, bit0
PSK $+\pi$, "
FSK

$\rho = 1 - \frac{f_1}{B_T}$ roll off

$Ac.\cos(2\pi f_c.t)$ $+\pi$, ou $f_1 + f_2$

$G_j(f) = \frac{1}{T_S} \sum_n G\left(f - \frac{n}{T_S}\right)$ $\quad \cos 2\pi f' t$ $\quad f_S = \frac{1}{T_S}$

$G(f) = \frac{1}{2}\delta(f - f') + \frac{1}{2}\delta(f + f')$

$G_j(f) = \frac{f_S}{2} \sum_n \{\delta(f - f' - f_S.n) + \delta(f + f' - f_S.n)\}$

$f_S = 60Hz$, $f = 20Hz$

b) $20 < f_{3dB} < 40$

c) $|H(f)| = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{f_x}{f_{3dB}}\right)^2\right]^{1/2}}$ → $f_x \cong y \cdot f_{3dB}$

$f_S - f' \cong f_x$

$f_S = f_x + f'$

$G_{dB} = 20\log_{10}(G)$

$-X_{dB} = 20\log_{10}(G)$

$f_S \gg 2W$ (c)

$G = |H(f)|$

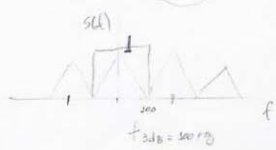
$sinc(t) = \frac{sen \pi t}{\pi t}$

$sinc(0) = 1$

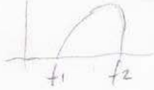
$S(f) = \frac{T.A}{T_S} \sum_n sinc\left(\frac{n.T}{T_S}\right) \cdot G\left(f - \frac{n}{T_S}\right)$

amplitude desse pulso do espectro

centro de um pulso do espectro



Freq. Possíveis:



a) $f_s \geq 2W = 2 \cdot f_2$

b) Passa Faixa

$$f_s = \frac{2 \cdot f_B}{INT\left(\frac{f_c}{B_T}\right)} = \frac{2 \cdot f_2}{INT\left(\frac{f_2}{f_2 - f_1}\right)} =$$

• $B_{MUX} = \frac{1}{\tau}$ | • $\tau = \frac{T_s}{\text{canais}}$ | • $T_s = \frac{1}{f_s}$

• $B_{cod} = v \times B_{mux}$ | • $Q = 2^{v}$ → níveis $T_s = N \cdot \tau$

• $r_b = \frac{1}{T_b}$ [bps]

• $r_b = \frac{1}{T_b} = \frac{1}{\frac{\tau}{v}} = \frac{v}{\tau} = \frac{v}{\frac{T_s}{N}} = \frac{N \cdot v}{T_s} = N \cdot v f_s$

$f_s \geq 2W$

Polaridade do Pulso precedente	nº de bits 1 após última substituição: Impar	Par
–	000–	+00+
+	000+	–00–

HDB3

+	000+–0–+
–	000–+0+–

B8ZS

Regra Decodificação:

000V	0000
B00V	0000

$$P(f) = \begin{cases} \frac{1}{2B_T}, & |f| < f_1 \\ \frac{1}{4B_T}\left\{1 + \cos\left[\frac{\pi(|f| - f_1)}{2(B_T - f_1)}\right]\right\}, & f_1 \leq |f| < 2B_T - f_1 \\ 0, & |f| > 2B_T - f_1 \end{cases}$$