

1. Ohm, energia e bateria

$$V = IR \quad P = VI \quad P = I^2 R \quad P = \frac{V^2}{R}$$

$$E = Pt \quad t_h = \frac{C_{\text{bat,Ah}}}{I_A}$$

- Autonomia ideal: capacidade (Ah) / corrente (A) → tempo (h). Na prática, depende da bateria e da descarga.
- $k \cdot 10^3 \cdot M \cdot 10^6 \cdot m \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot 10^{-9} \cdot p \cdot 10^{-12}$.

V : tensão (V); I, I_A : corrente da carga (A); R : resistência (Ω); P : potência (W); E : energia (J); t : tempo (s); t_h : autonomia (h); $C_{\text{bat,Ah}}$: capacidade da bateria (Ah). Carga resistiva; autonomia ideal, sem perdas.

2. Série, paralelo e Kirchhoff

$$\begin{array}{l} \text{R em série} \\ R_{\text{eq}} = \sum_k R_k \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{R em paralelo} \\ \frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{R_k} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Duas R em paralelo} \\ R_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{C em paralelo} \\ C_{\text{eq}} = \sum_k C_k \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{C em série} \\ \frac{1}{C_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{C_k} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{L em série} \\ L_{\text{eq}} = \sum_k L_k \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{L em paralelo} \\ \frac{1}{L_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{L_k} \end{array}$$

- Série → mesma corrente. Paralelo → mesma tensão.
- Nó → correntes que entram = correntes que saem.
- Malha → soma algébrica das tensões nula.

R : resistência (Ω); C : capacidade (F); L : indutância (H); $\text{eq}, 1, 2, k$: índices: equivalente, componentes 1 e 2, componente genérico k ; N : número de componentes iguais (sem unidade); I : corrente (A); V : tensão (V). Componentes ideais; bobinas sem acoplamento mútuo.

3. Reactância e ressonância

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad X_L = 2\pi f L$$

$$Z = R + j(X_L - X_C) \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- C ideal → I adiantada. L ideal → I atrasada. $\uparrow f \rightarrow \downarrow X_C, \uparrow X_L$.
- Ressonância série → $X_L = X_C$, reactâncias anulam-se. $\tau = RC$: constante de tempo (s).

f, f_0 : frequência do sinal e de ressonância (Hz); C : capacidade (F); L : indutância (H); R : resistência (Ω); X_C, X_L : reactâncias capacitiva e indutiva (Ω); Z : impedância complexa (Ω); j : unidade imaginária, $j^2 = -1$ (sem unidade); I : corrente (A); τ : constante de tempo do circuito RC (s). Modelo RLC série.

4. Fontes e transformadores

$$V_p = \sqrt{2} V_{\text{rms}} \quad f_r = 2f_{\text{rede}} \quad \Delta V \approx \frac{I}{f_r C}$$

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \quad \frac{Z_p}{Z_s} = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2$$

- Meia onda → $f_r = f_{\text{rede}}$. Onda completa → duas alternâncias. Ponte → dois díodos em condução.
- Trafo ideal: p/s = primário/secundário; N = espiras. Conserva frequência e potência; V e I eficazes.



Meia onda: D1 díodo; R1 carga; 100 V eficazes no exemplo. [Figura original](#)

V_p, V_{rms} : tensões de pico e eficaz (V); f_r, f_{rede} : frequências da ondulação e da rede (Hz); ΔV : ondulação de tensão pico a pico (V); I : corrente da carga (A); C : capacidade do condensador de filtro (F); V_p, V_s : tensões eficazes do primário e secundário do transformador (V); I_p, I_s : correntes eficazes do primário e secundário (A); N_p, N_s : números de espiras do primário e secundário; Z_p, Z_s : impedâncias vistas no primário e secundário (Ω); V_D : queda directa num díodo (V). Nas relações de rectificação, p em letra direita significa pico; no transformador, p em itálico significa primário, s significa secundário.

5. Senoide, potência e dB

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad V_{\text{pp}} = 2\sqrt{2} V_{\text{rms}}$$

$$G = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \quad P_2 = P_1 10^{G/10}$$

$$G_V = 20 \log_{10} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

- +3 dB ≈ potência ×2; +10 dB → ×10. Ganhos somam; perdas subtraem (dB).
- 20 log de tensão equivale a ganho de potência com impedâncias iguais. $P = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos \varphi$; φ : ângulo V/I .

$V_p, V_{\text{pp}}, V_{\text{rms}}$: tensões de pico, pico a pico e eficaz (V); G, G_V : ganhos de potência e de tensão (dB); P_1, P_2 : potências de entrada e saída (W); V_1, V_2 : tensões de entrada e saída (V); P : potência activa (W); I_{rms} : corrente eficaz (A); φ : desfasamento entre tensão e corrente (rad ou °). Comparar tensões em cargas de igual impedância para equivalência de potência.

6. AM, SSB e FM

$$m = \frac{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}}{V_{\text{max}} + V_{\text{min}}} \quad B_{\text{AM}} \approx 2f_{m,\text{max}}$$

$$B_{\text{SSB}} \approx f_{m,\text{max}} - f_{m,\text{min}} \quad \beta_{\text{FM}} = \frac{\Delta f}{f_m}$$

$$B_{\text{FM}} \approx 2(\Delta f + f_{m,\text{max}})$$

- AM → amplitude. FM → frequência. PM → fase. SSB → uma banda lateral; amplificador linear.
- $V_{\text{max}}, V_{\text{min}}$: extremos da envolvente. AM de um tom: bandas em $f_c \pm f_m$; $m > 1 \rightarrow$ sobremodulação. Carson: aproximação.

m, β_{FM} : índices de modulação AM e FM (sem unidade); $V_{\text{max}}, V_{\text{min}}$: tensões máxima e mínima da envolvente (V); f_c : frequência da portadora (Hz); $f_m, f_{m,\text{min}}, f_{m,\text{max}}$: frequências modulante, modulante mínima e máxima (Hz); Δf : desvio de frequência de pico (Hz); $B_{\text{AM}}, B_{\text{SSB}}, B_{\text{FM}}$: larguras de banda AM, SSB e FM (Hz). Sinal modulante de banda limitada; frequências em Hz.

7. Receptores e emissores

$$f_{FI} = |f_{RF} - f_{LO}| \quad f_{+} = f_1 + f_2$$

$$f_{-} = |f_1 - f_2|$$

- Super-heterodino → converte RF para FI. Conversão directa → banda base. Filtro RF ajuda a rejeitar a imagem.
- Sensibilidade → sinal mínimo. Selectividade → separar sinais. AGC → ganho automático. Squelch → silêncio abaixo do limiar.
- A: ciclo completo; B: meio; AB: entre ambos; C: menos de meio. Buffer isola; filtro de saída reduz harmónicas.



PNP: A base; B emissor; C colector. Letras da figura. [Figura original](#)

f_{RF} , f_{LO} , f_{FI} : frequências do sinal RF, do oscilador local e intermédia (Hz); f_1 , f_2 : frequências à entrada do misturador (Hz); f_{+} , f_{-} : frequências dos produtos soma e diferença (Hz). RF: radiofrequência; FI: frequência intermédia.

8. Ondas, antenas e ganho

$$T = \frac{1}{f} \quad \lambda_m \approx \frac{300}{f_{MHz}} \quad \ell_{dipolo} = \frac{\lambda}{2} \quad \ell = \frac{\lambda}{4}$$

$$G_{dBi} \approx G_{dBd} + 2,15$$

$$PIRE_{dBW} = P_{TX,dBW} - L_{linha} + G_{dBi}$$

- PIRE usa dBi; PAR usa dBd. dBW refere-se a 1 W. Ganho concentra radiação; não cria energia.
- Dipolo → polarização ao longo do elemento. Yagi → direccional. Dimensões ideais: ajustar na instalação.

T: período (s); f: frequência (Hz); f_{MHz} : frequência expressa em MHz; λ , λ_m : comprimento de onda (m); ℓ_{dipolo} : comprimento total do dipolo (m); ℓ : altura da vertical de quarto de onda (m); G_{dBi} , G_{dBd} : ganhos referidos à isotrópica (dBi) e ao dipolo (dBd); $PIRE_{dBW}$: potência isotrópica radiada equivalente (dBW); $P_{TX,dBW}$: potência do emissor (dBW); L_{linha} : perda na linha de alimentação (dB). Comprimentos ideais no ar; ajustar na instalação.

9. Linhas e reflexão

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad |\Gamma| = \sqrt{\frac{P_r}{P_i}}$$

$$P_{absorvida} = P_i - P_r \quad \ell = VF \frac{c}{4f}$$

- VF = velocidade no cabo / c. ℓ : troço físico (m); f em Hz; $c \approx 3 \times 10^8$ m/s.
- VSWR mede adaptação, não rendimento. Perdas no cabo podem esconder reflexão. Balun → equilíbrio; alguns tipos transformam impedâncias.

Z_L , Z_0 : impedâncias da carga e característica da linha (Ω); Γ , $|\Gamma|$: coeficiente complexo de reflexão de tensão e seu módulo (sem unidade); VSWR: relação de onda estacionária de tensão (sem unidade); P_i , P_r , $P_{absorvida}$: potências incidente, reflectida e absorvida (W); ℓ : comprimento físico de linha de quarto de onda (m); VF: factor de velocidade (sem unidade); c: velocidade da luz no vazio, aproximadamente 3×10^8 m/s; f: frequência (Hz). Impedância característica real; potência em regime estacionário.

10. Propagação e medidas

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

- HF → absorção D; retorno possível por E/F. MUF depende do percurso e momento; estar abaixo dela não garante ligação.
- VHF/UHF → visibilidade, obstáculos e troposfera; a ionosfera é normalmente atravessada nas ligações a satélites.
- Osciloscópio → tempo/amplitude; espectro → frequência/amplitude. V em paralelo; I em série; R sem alimentação.

ρ_1 , ρ_2 : densidades de potência nos pontos 1 e 2 (W/m^2); d_1 , d_2 : distâncias desses pontos à fonte (m); V, I, R: grandezas medidas: tensão (V), corrente (A) e resistência (Ω). Relação em espaço livre, mesma potência e direcção.

11. Interferência e segurança

- Harmónicas → múltiplos da fundamental. Intermodulação → mistura por não linearidade. Bloqueio → sinal forte dessensibiliza o receptor.
- Passa-baixo → reduz harmónicas; passa-banda → selecciona faixa; ferrites → reduzem modo comum.
- Desligar e descarregar; fusível junto da fonte; terra de protecção; segurança eléctrica, RF e mecânica.

Diagnosticar antes de filtrar.

12. Operação: consulta rápida

- Escutar antes de chamar; identificar claramente. RST: compreensibilidade, intensidade e tonalidade quando aplicável.
- FM: desvio/banda adequados ao canal; confirmar offset e tom do repetidor.
- Condições vigentes → ANACOM/QNAF. Plano de banda não substitui autorização legal; distinguir primário/secundário.

QRM: interferência · QRN: estática · QSB: desvanecimento · QSY: mudar frequência · QTH: localização.