

TSTE05 Elektronik & mätteknik

Föreläsning 5

Labförberedelser

Växelströmsteori

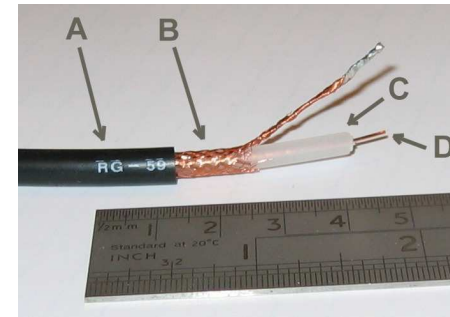
– $j\omega$ -metoden – effektbegrepp

Mikael Olofsson

Institutionen för Systemteknik (ISY)

Ämnesområdet Elektroniska kretsar och system

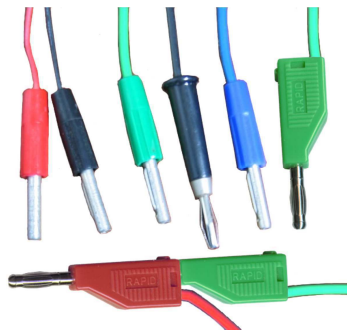
Labutrustningen – Koaxialkablar



Källa: Wikipedia

Labutrustningen – Kontakter

Banankontakter

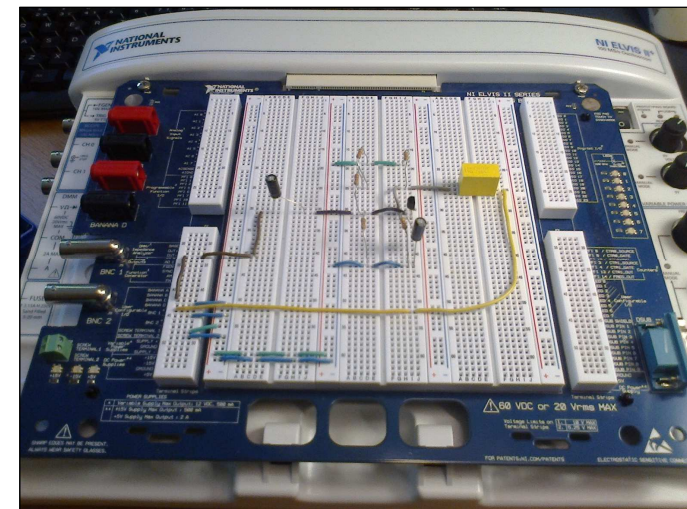


BNC-kontakter

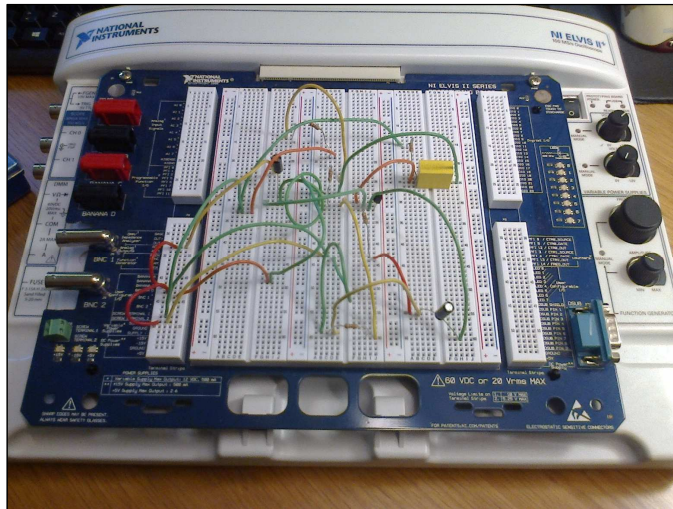


Källa: Wikipedia

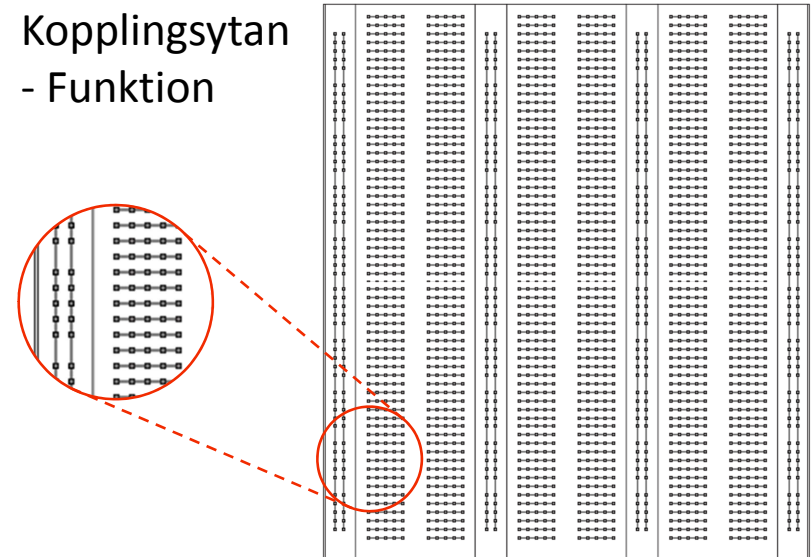
Labutrustningen – Elvis II – Prydlig uppkoppling



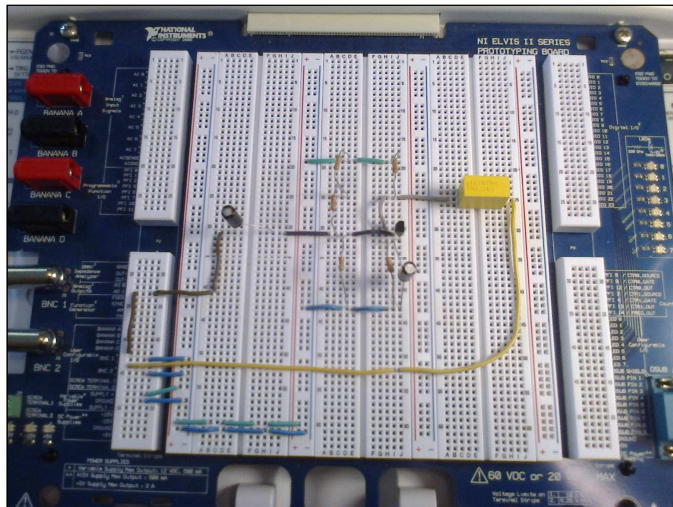
Elvis II – Mindre prydlig uppkoppling



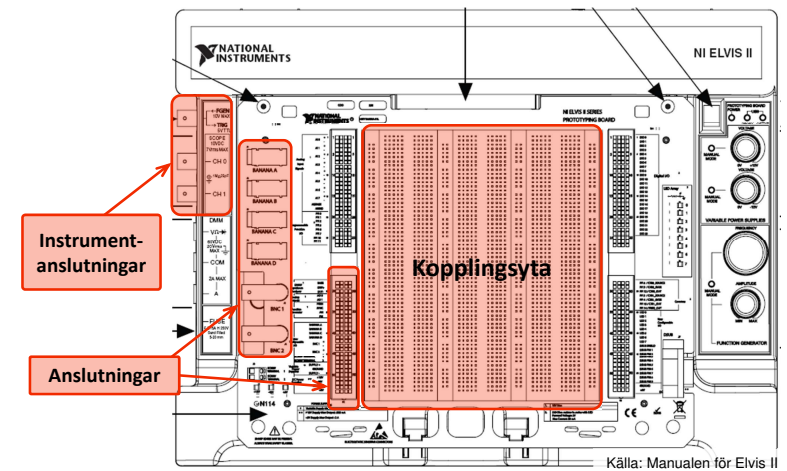
Kopplingsytan - Funktion



Elvis II – Kopplingsytan, breadboard

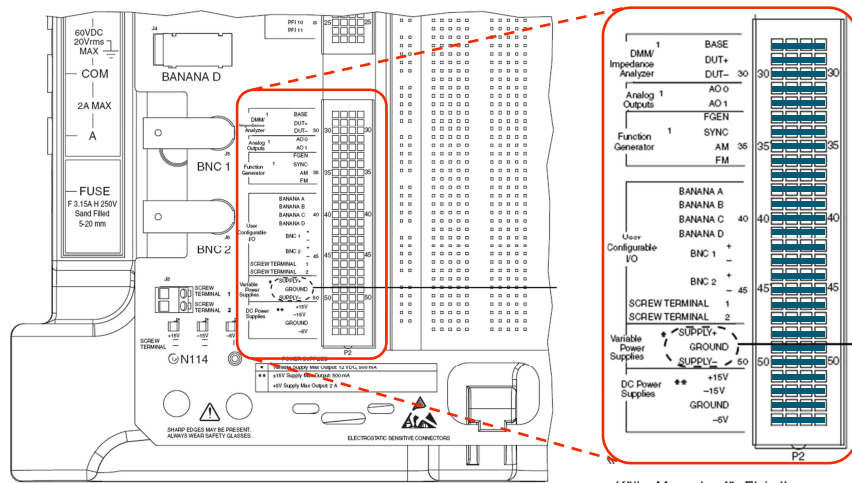


Elvis II – Översikt



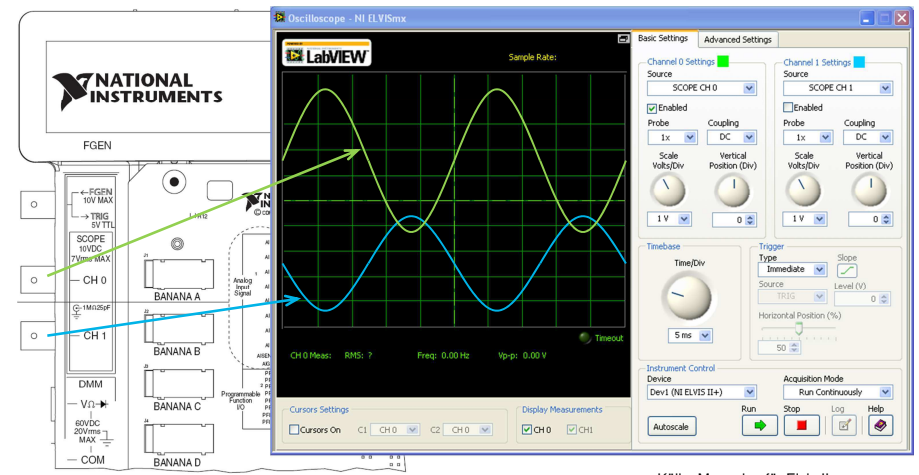
Källa: Manualen för Elvis II

Elvis II – Nedre vänstra hörnet



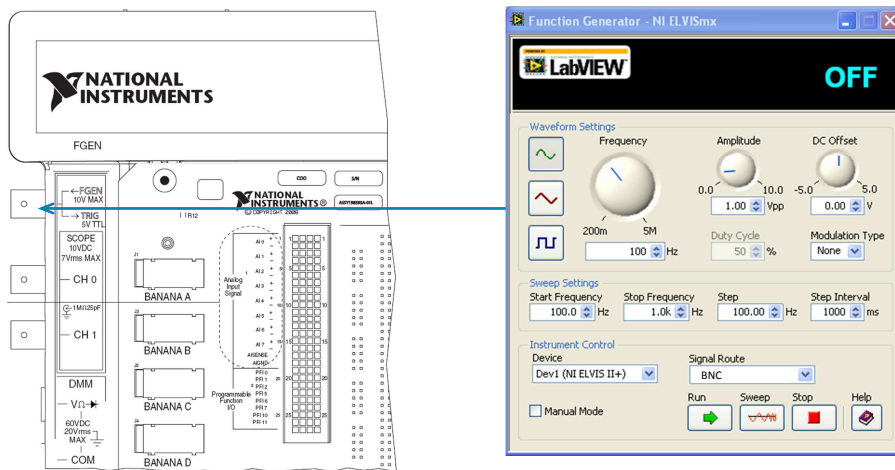
Källa: Manualen för Elvis II

Elvis II – Oscilloskopet



Källa: Manualen för Elvis II

Elvis II – Funktionsgeneratoren



Källa: Manualen för Elvis II

jω-metoden

1. Ersätt strömmar, spänningar och källor med deras komplexa motsvarigheter:
3. Lös problemet med likströmsteori.
4. Gör omvändningen till punkt 1:

$$a(t) = \hat{A} \sin(\omega t + \varphi) \Rightarrow$$

$$A = \hat{A} e^{j\varphi} = b + jc$$

$$b = \hat{A} \cos \varphi \quad c = \hat{A} \sin \varphi$$

2. Ersätt R, L, C med deras impedanser:

$$Z_L = j\omega L \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad Z_R = R$$

$$A = \hat{A} e^{j\varphi} = b + jc \Rightarrow$$

$$a(t) = \hat{A} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\hat{A} = \sqrt{b^2 + c^2}$$

$$\varphi = \arg(b + jc) = \text{atan} \frac{c}{b} \quad (\pm\pi)$$

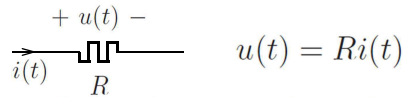
Om $b < 0$

Härledning jω-metoden 1(2)

$$u(t) = \hat{U} \sin(\omega t + \phi_u) = \text{Im} \left\{ \hat{U} e^{j(\omega t + \phi_u)} \right\} = \text{Im} \left\{ \underbrace{\hat{U} e^{j\phi_u}}_U e^{j\omega t} \right\} = \text{Im} \left\{ U e^{j\omega t} \right\}$$

$$i(t) = \hat{I} \sin(\omega t + \phi_i) = \text{Im} \left\{ \hat{I} e^{j(\omega t + \phi_i)} \right\} = \text{Im} \left\{ \underbrace{\hat{I} e^{j\phi_i}}_I e^{j\omega t} \right\} = \text{Im} \left\{ I e^{j\omega t} \right\}$$

Resistans

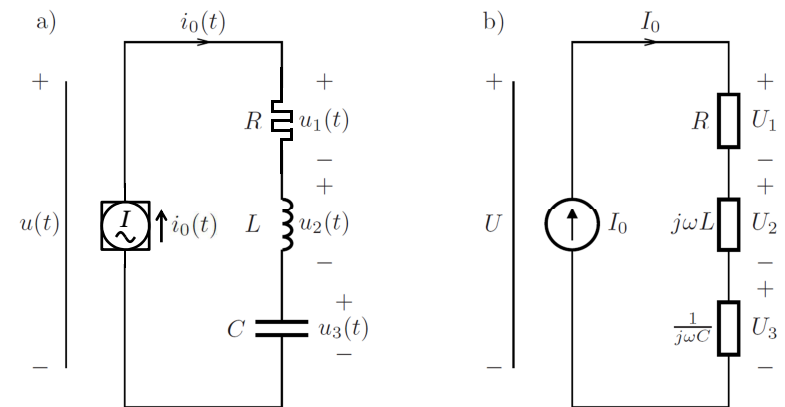


$$\text{Im} \left\{ U e^{j\omega t} \right\} = R \text{Im} \left\{ I e^{j\omega t} \right\} = \text{Im} \left\{ R I e^{j\omega t} \right\}$$

Lösning: $U = RI$

Impedans: $Z_R = R$

Exempel jω-metoden



Härledning jω-metoden 2(2)

Induktans $u(t) = L \frac{d}{dt} i(t)$

$$\text{Im} \left\{ U e^{j\omega t} \right\} = L \frac{d}{dt} \text{Im} \left\{ I e^{j\omega t} \right\} = \text{Im} \left\{ L I \frac{d}{dt} e^{j\omega t} \right\} = \text{Im} \left\{ L I j\omega e^{j\omega t} \right\}$$

Lösning: $U = j\omega LI$

Impedans: $Z_L = j\omega L$

Kapacitans $i(t) = C \frac{d}{dt} u(t)$

$$\text{Im} \left\{ I e^{j\omega t} \right\} = C \frac{d}{dt} \text{Im} \left\{ U e^{j\omega t} \right\} = \text{Im} \left\{ C U \frac{d}{dt} e^{j\omega t} \right\} = \text{Im} \left\{ C U j\omega e^{j\omega t} \right\}$$

Lösning: $I = j\omega CU \Rightarrow U = \frac{1}{j\omega C} I$

Impedans: $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$

dB-begreppet

P_1 & P_2 effekter.

P_1 är $\log_{10} \frac{P_1}{P_2}$ Bel större än P_2 .

P_1 är $10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$ dB större än P_2 .

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1}$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2}$$

$$10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} = 10 \log_{10} \frac{U_1^2/R_1}{U_2^2/R_2} = 10 \log_{10} \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 + 10 \log_{10} \frac{R_2}{R_1}$$

$$= 20 \log_{10} \frac{U_1}{U_2} + 10 \log_{10} \frac{R_2}{R_1} \stackrel{R_1=R_2}{=} 20 \log_{10} \frac{U_1}{U_2}$$

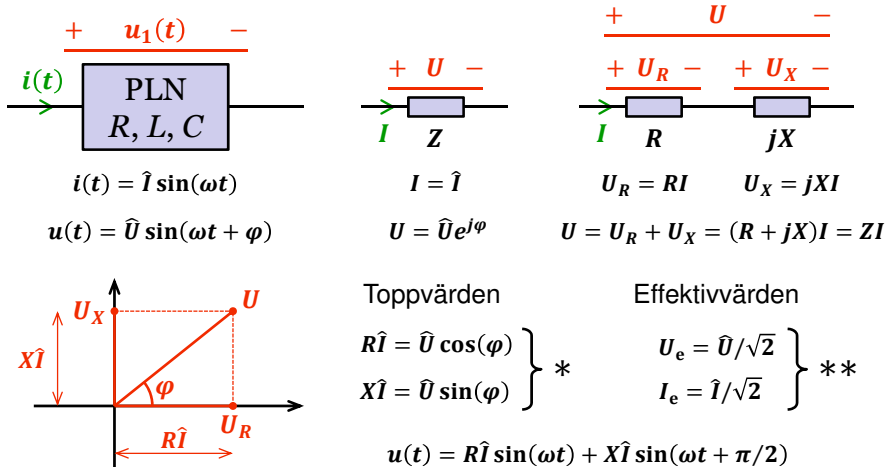
U_1 är $20 \log_{10} \frac{U_1}{U_2}$ större än U_2 .

$20 \log_{10} \frac{1}{\sqrt{2}} \approx -3.0103 \approx -3 \text{ dB}$

Gränsvärde när $|H(\omega)|$ sjunker 3 dB.

Effektbegrepp 1(4)

Passivt Linjärt Nät – PLN



Effektbegrepp 3(4)

$$\left. \begin{aligned} R\hat{I} &= \hat{U} \cos(\varphi) \\ X\hat{I} &= \hat{U} \sin(\varphi) \end{aligned} \right\} * \quad \left. \begin{aligned} U_e &= \hat{U}/\sqrt{2} \\ I_e &= \hat{I}/\sqrt{2} \end{aligned} \right\} **$$

$$p_R(t) = U_e I_e \cos(\varphi) (1 - \cos(4\pi t/T))$$

$$p_X(t) = U_e I_e \sin(\varphi) \sin(4\pi t/T)$$

Aktiv effekt:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T p_R(t) dt + \frac{1}{T} \int_0^T p_X(t) dt$$

$$= \frac{1}{T} (T U_e I_e \cos(\varphi) + 0) + \frac{1}{T} 0 = U_e I_e \cos(\varphi) = R I_e^2 \quad \text{Enhet: W}$$

Reaktiv effekt:

$$Q = U_e I_e \sin(\varphi) = X I_e^2 \quad \text{Enhet: VAR}$$

Effektbegrepp 2(4)

$$\left. \begin{aligned} R\hat{I} &= \hat{U} \cos(\varphi) \\ X\hat{I} &= \hat{U} \sin(\varphi) \end{aligned} \right\} * \quad \left. \begin{aligned} U_e &= \hat{U}/\sqrt{2} \\ I_e &= \hat{I}/\sqrt{2} \end{aligned} \right\} **$$

$$i(t) = \hat{I} \sin(\omega t)$$

$$u(t) = R\hat{I} \sin(\omega t) + X\hat{I} \sin(\omega t + \pi/2)$$

Momentan effekt:

$$p(t) = u(t)i(t) = R\hat{I}^2 \sin^2(\omega t) + X\hat{I}^2 \sin(\omega t) \sin(\omega t + \pi/2)$$

$$= \underbrace{\frac{R\hat{I}^2}{2} (1 - \cos(2\omega t))}_{p_R(t)} + \underbrace{\frac{X\hat{I}^2}{2} \sin(2\omega t)}_{p_X(t)}$$

Utnyttja *, ** och $\omega = 2\pi/T$:

$$p_R(t) = U_e I_e \cos(\varphi) (1 - \cos(2\omega t)) = U_e I_e \cos(\varphi) (1 - \cos(4\pi t/T))$$

$$p_X(t) = U_e I_e \sin(\varphi) \sin(2\omega t) = U_e I_e \sin(\varphi) \sin(4\pi t/T)$$

Effektbegrepp 4(4)

$$P = R I_e^2 \quad Z = R + jX$$

$$Q = X I_e^2 \quad \varphi = \arg(Z)$$

Komplex effekt:

$$S = P + jQ = (R + jX) I_e^2 = Z I_e^2 = \frac{U I^*}{2} = \frac{U_e^2}{Z^*} \quad \text{Enhet: VA}$$

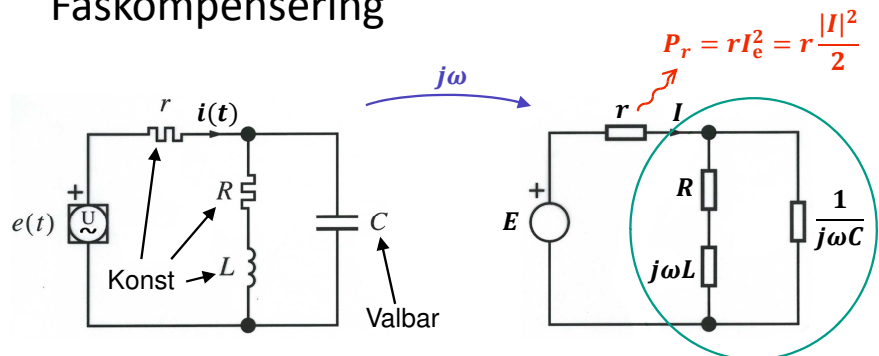
Skenbar effekt:

$$P_S = U_e I_e = |S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = |Z| I_e^2 = \frac{U_e^2}{|Z|} \quad \text{Enhet: VA}$$

Effektfaktor:

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{P_S} = \frac{R}{|Z|}$$

Faskompensering



Mål: Minimera P_r

Antagande: r litet.

$$Z = \frac{(R + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + j\omega L + R} = \frac{R + j\omega L}{1 - \omega^2 LC + j\omega RC}$$

$$\min P_r \Rightarrow \min I_e \Rightarrow \max |Z| \Rightarrow \min |1 - \omega^2 LC + j\omega RC|$$

Mikael Olofsson
ISY/EKS

www.liu.se