

## Controlli Automatici (AUT) - 09AKS<sub>BL</sub>

### Criterio di stabilità di Nyquist

#### Stabilità ad anello chiuso: il criterio di stabilità di Nyquist

- Le proprietà di stabilità del sistema retroazionato dipendono dai poli della funzione di trasferimento tra riferimento ed uscita  $T(s)$ .
- Lo studio delle caratteristiche dei poli della funzione  $T(s)$  può essere condotto per calcolo diretto (istruzione "pole" di MatLab).
- Il criterio di stabilità di Nyquist permette di studiare la stabilità di un sistema retroazionato ( $T(s)$ ) per mezzo delle caratteristiche della funzione di anello  $L(s)$

### Stabilità ad anello chiuso: il criterio di stabilità di Nyquist

Diagramma di Nyquist della funzione di anello  $L(s)$

$P = \#$  poli di  $L(s)$  dentro il contorno di Nyquist  
 $Z = \#$  poli instabili di  $W(s)$

$N = \#$  di rotazioni orarie del diagramma di Nyquist di  $L(s)$  intorno al punto  $(-1,0)$

**$Z = P + N$**  (Criterio di Nyquist)

Controlli Automatici (AUT) -- M. Canale L5 - 3

### Stabilità ad anello chiuso: il criterio di stabilità di Nyquist

Esempio:  $L(s) = K/(s(1+s)(1+s/2))$ ,  $K=1$

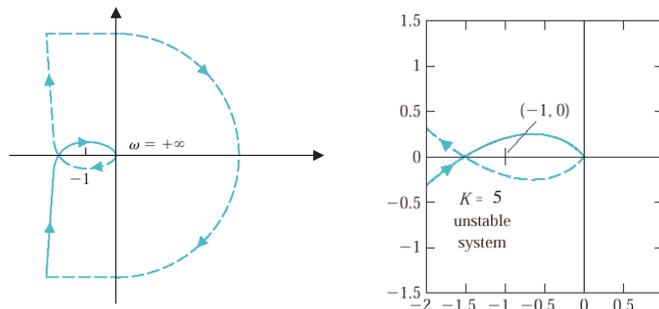
**$P = 0$**   **$N = 0$**

**$Z = 0 + 0$**  stabile

Controlli Automatici (AUT) -- M. Canale L5 - 4

## Stabilità ad anello chiuso: il criterio di stabilità di Nyquist

Al variare del guadagno K il sistema retroazionato può divenire instabile



$$N = 2 \Rightarrow Z = 2 \quad \text{instabile}$$

Controlli Automatici (AUT) -- M. Canale

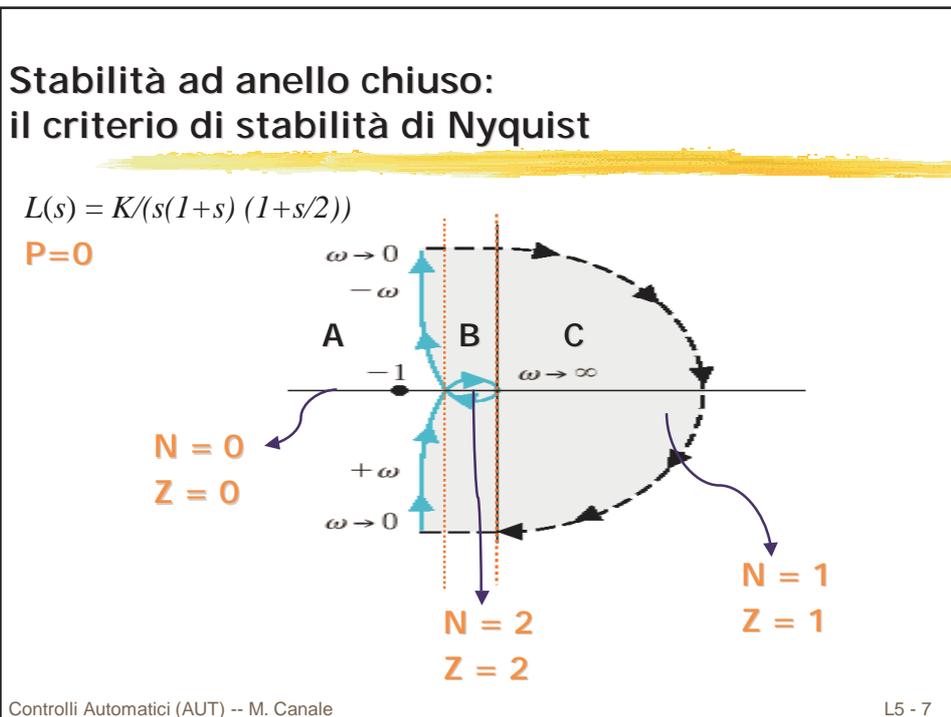
L5 - 5

## Stabilità ad anello chiuso: il criterio di stabilità di Nyquist

- È possibile utilizzare un unico diagramma di Nyquist per studiare la stabilità di un sistema di controllo al variare di un termine di guadagno K. Infatti:
  - Moltiplicare la funzione di anello per un guadagno reale K corrisponde a dilatare ( $|K| > 1$ ) o contrarre ( $|K| < 1$ ) la scala del diagramma.
  - Lo stesso effetto si può ottenere, invece, dilatando o contraendo gli assi coordinati del medesimo fattore K
  - Questo corrisponde a moltiplicare entrambi gli assi per  $1/K$
  - Lo stesso tipo di "scalamento" agirà sul punto critico  $(-1, j0)$   $\rightarrow (-1/K, j0)$  variabile con K.

Controlli Automatici (AUT) -- M. Canale

L5 - 6



- ### Stabilità ad anello chiuso: il criterio di stabilità di Nyquist
- Si ha quindi:
    - A. Per  $-\infty < -1/K < -0.3 \Rightarrow 0 < K < 3$ ,  $N=0 \Rightarrow Z=0$  sistema stabile
    - B. Per  $-0.3 < -1/K < 0 \Rightarrow 3 < K < +\infty$ ,  $N=2 \Rightarrow Z=2$  sistema instabile con 2 poli instabili
    - C. Per  $0 < -1/K < +\infty \Rightarrow -\infty < K < 0$ ,  $N=1 \Rightarrow Z=1$  sistema instabile con 1 poli instabili
- Controlli Automatici (AUT) -- M. Canale L5 - 8