Роботски систем у облику затвореног кинематичког ланца

- Конфигурација РС затвореног кин. ланца је дата са :

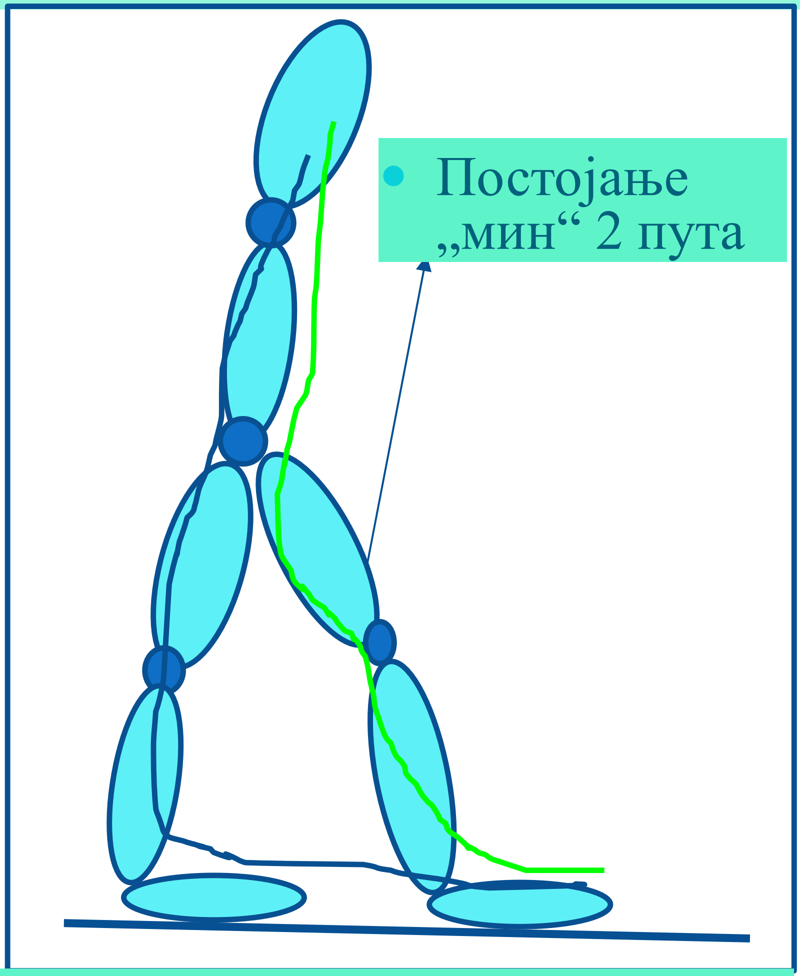
$$\{q\} = \left(q^1, \quad q^2, \quad \dots \quad q^{n1}\right)^T$$

- Нису све независне координате, јер постоји *l веза*

$$f^{\nu}\left(q^1, \quad q^2, \quad \dots \quad q^{n1}\right) = 0,$$

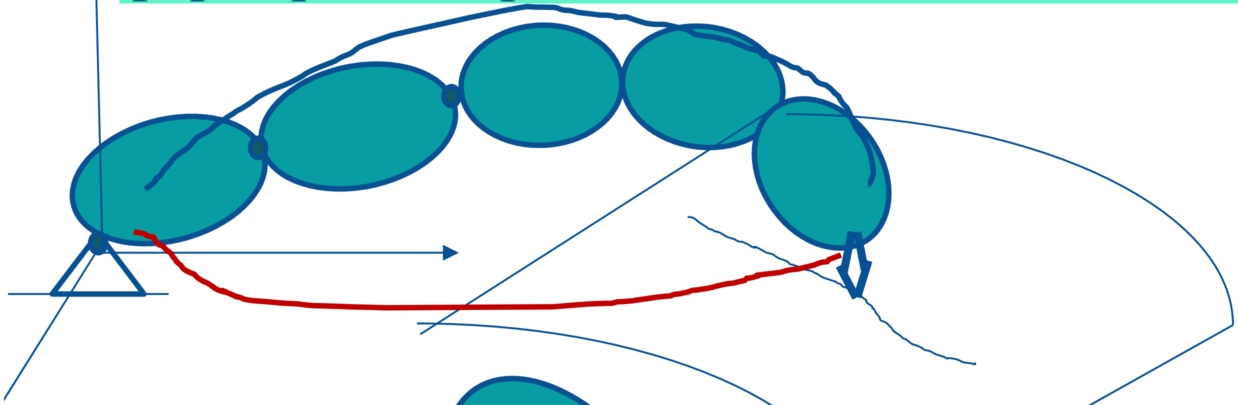
$$\nu = 1, 2, \dots, l < n_1$$

- Број степени слободе је $n = n_1 - l$

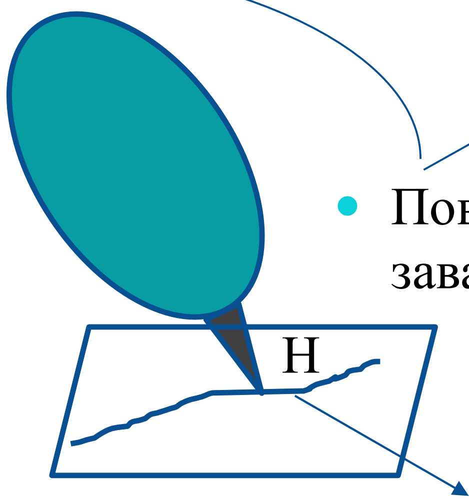


Пример човека при ходању,
2 ноге на подлоsи

2 пример: Робот у контакту са радном површином формира затворени кин. ланац



- I случај



- Површ, или по линији (пр. тачкасто заваривање) намеће ограничења
- Позиционирање и оријентација врха РС

$$\Phi^{\rho}\left(x_H, y_H, z_H, \psi_H, \theta_H, \varphi_H\right) = 0 \quad (*)$$

- Нека је решен директни задатак кинематике тј.

$$x_H = x_H\left(q^1, q^2 \ldots, q^{n1}\right), \mathrm{y}_H = y_H\left(q^1, q^2 \ldots, q^{n1}\right), \mathrm{z}_H = z_H\left(q^1, q^2 \ldots, q^{n1}\right)$$

$$\psi_H = \psi_H\left(q^1, q^2 \ldots, q^{n1}\right), \theta_H = \theta_H\left(q^1, q^2 \ldots, q^{n1}\right), \varphi_H = \varphi_H\left(q^1, q^2 \ldots, q^{n1}\right),$$

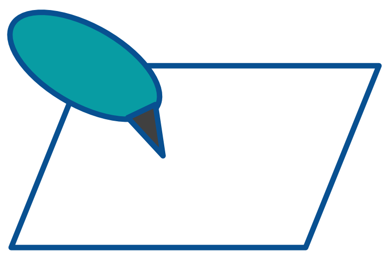
- Заменом у (*) следи:

$$\Phi^\rho\left(x_H(q), y_H(q), \mathrm{z}_H(q), \psi_H(q), \theta_H(q), \varphi_H(q)\right) = 0 \rightarrow$$

$$\Phi^\rho\left(\left(q^1, q^2 \ldots, q^{n1}\right)\right) = 0, \quad \rho = 1, 2, ..l$$

У случају *површи* и без оријентације врха РС ,имамо једну везу

$$f\left(x_H(q), y_H(q), \mathrm{z}_H(q)\right) = 0 \rightarrow f\left(q^1, q^2 \ldots, q^{n1}\right) = 0, \quad \rho = 1$$

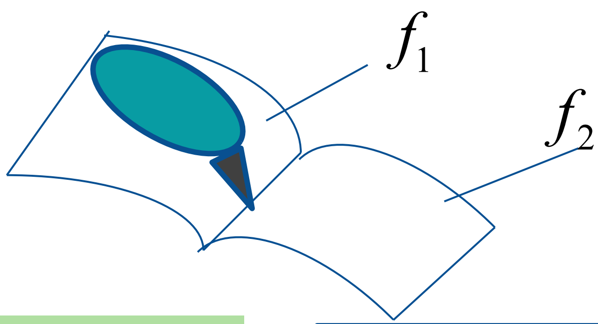


- l=1, Број степени слободе је

$$n = n_1 - 1$$

У случају *линије* имамо две допунске везе

$$f_1\left(q^1,q^2....,q^{n1}\right)=0,\; f_2\left(q^1,q^2....,q^{n1}\right)=0,\rho=2$$



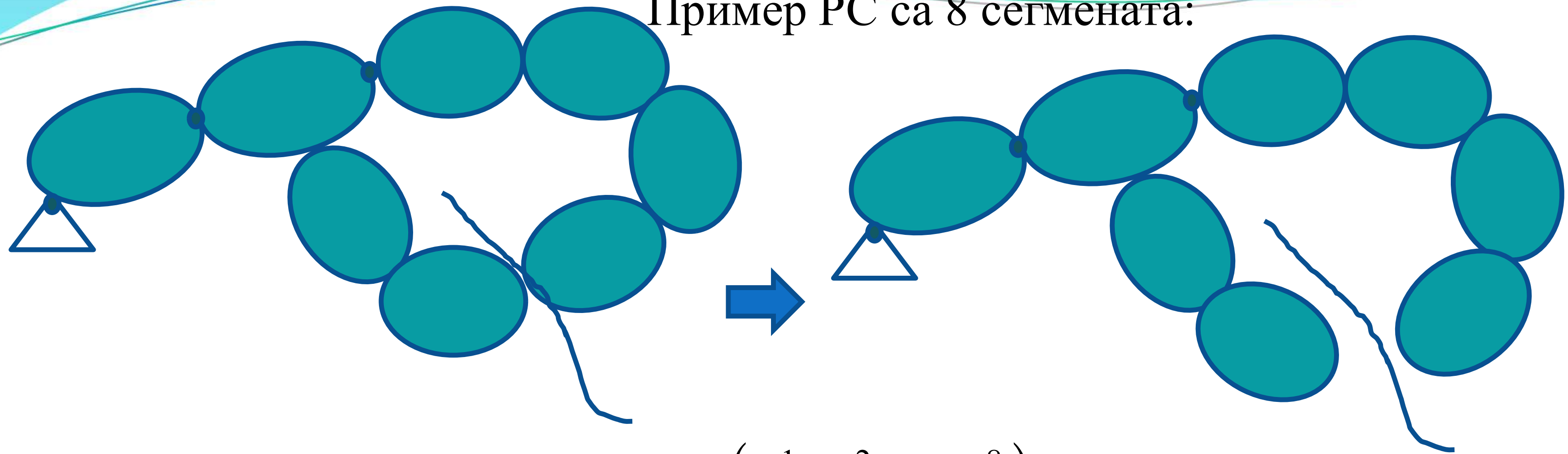
- *l=2,* Број степени слободе је $n=n_1-2$

- II случај

Случај затвореног кинематичког ланца

РС дат у виду затвореног кинематичког ланца се отвара и он постаје РС *кинематички ланац са гранањем + допунске везе* које потребно додатно одредити

Пример РС са 8 сегмената:



Допунске једначине веза: $f^{\nu}\left(q^{1},q^{2}....,q^{8}\right)=0,\ \nu=1,2,...,l_{\max}$

- Детаљно одређивање допунских веза је дат у хандоуту. $l_{\max}=5!$

- Број степени слободе је $n=8-l$

- Испитивање „независности„ веза - применом *Теореме имплицитне функције*

$$f^{\alpha}\left(q^{1},q^{2}....,q^{n1}\right)=0,\ \alpha=1,2,...,l,l+1,...l+k\rightarrow n_{1}$$

Формира се Јакобијева функ.матрица:

$$[\varphi] = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial f^1}{\partial q^1} & \dfrac{\partial f^1}{\partial q^2} & \cdots & \dfrac{\partial f^1}{\partial q^{n1}} \\ \dfrac{\partial f^2}{\partial q^1} & \dfrac{\partial f^2}{\partial q^2} & \cdots & \dfrac{\partial f^2}{\partial q^{n1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \dfrac{\partial f^{l+k}}{\partial q^1} & \dfrac{\partial f^{l+k}}{\partial q^2} & \cdots & \dfrac{\partial f^{l+k}}{\partial q^{n1}} \end{bmatrix} \qquad n_1 = l + k$$

Одређује се $rang[\varphi] = l$ што значи да има l независних веза.

Другим речима, у оквиру матрице $[\varphi]$ постоји квадратна матрица $[\varphi]^l$ реда $l \times l$

$$[\varphi]^l \in R^{l\times l} \in [\varphi] \Rightarrow \det[\varphi]^l \neq 0$$

Ако индекси не иду узлазним редоследом у једначинама веза, могу се исти пренумерисати, у једначинама веза:

пренумерисано $\longrightarrow$ $\boxed{\begin{array}{l} f^{\nu}\left(q^1, \quad q^2, \quad \ldots \quad q^{n1}\right) = 0, \\ \nu = 1, 2, \ldots, l < n_1 \end{array}}$