

ROBÓTICA — COMPENDIO HISTÓRICO DE EXÁMENES

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales
Universidad de Sevilla | Convocatorias de Junio y Septiembre

Resolución Oficial Detallada: Convocatorias 2018 y 2019

BANCO COMPLETO DE PROBLEMAS Y TEORÍA

1. EXAMEN JUNIO 2018 — PROBLEMAS CLAVE Y TEORÍA

Problema 1.3 (Lenguaje ACL): Realizar un programa en lenguaje ACL para que un robot manipulador recoja piezas de una cinta transportadora dotada de sensor óptico en IN[1] y active la cinta mediante OUT[1], depositándolas en POSFIN de forma indefinida.

1.1. Programa Oficial en Lenguaje ACL (Advanced Command Language)

```
; =====  
; PROGRAMA DE RECOGIDA CONTINUA EN CINTA TRANSPORTADORA  
; =====  
LABEL 10 ; Bucle principal indefinido  
  SET OUT[1] = 1 ; Arrancar motor de la cinta transportadora  
LABEL 20 ; Bucle de espera activa de pieza  
  IF IN[1] == 0 GOTO 20 ; Si no hay pieza detectada por el sensor óptico, esperar  
  
  SET OUT[1] = 0 ; Parar la cinta inmediatamente (la pieza está en POSINI)  
  OPEN 1 ; Abrir pinza del robot  
  MOVE POSAPPR ; Posición de aproximación sobre la cinta (evita colisiones)  
  MOVE POSINI ; Posicionarse sobre la pieza  
  CLOSE 1 ; Cerrar pinza y sujetar la pieza  
  DELAY 20 ; Pausa de 200 ms para asegurar agarre neumático  
  MOVE POSAPPR ; Retirar la pieza verticalmente  
  
  MOVE POSFIN_APPR ; Aproximación a la zona de destino  
  MOVE POSFIN ; Bajar a la posición de descarga  
  OPEN 1 ; Soltar la pieza  
  MOVE POSFIN_APPR ; Retirar herramienta verticalmente  
  
  GOTO 10 ; Repetir ciclo indefinidamente para la siguiente pieza
```

1.2. Configuraciones de Robots Móviles con Ruedas (Cuestión 1.2)

Configuración	Cinemática y Accionamiento	Ventajas	Desventajas
Diferencial (2 motrices + 1 loca)	$\omega = \frac{v_d - v_i}{L}, v = \frac{v_d + v_i}{2}$	Giro sobre su propio centro geométrico ($R = 0$). Sencillez mecánica y cinemática elemental.	Sensible a deslizamientos laterales. Rueda loca genera vibraciones en cambios de sentido.
Triciclo Clásico (1 directriz motriz + 2 fijas)	Una rueda delantera con tracción y dirección; dos traseras libres no orientables.	Control de tracción y dirección centralizado en una sola rueda. Excelente tracción delantera.	Radio de giro limitado ($R > 0$). Inestabilidad de vuelco si el centro de gravedad está alto.
Tipo Automóvil / Ackerman	2 ruedas directrices acopladas (trapezio de Ackerman) + 2 ruedas motrices traseras.	Altísima estabilidad dinámica a velocidades elevadas. Comportamiento idéntico al del coche.	Cinemática no holónoma restrictiva. No puede girar sobre sí mismo ($R_{\min} \gg 0$). Maniobras complejas de aparcamiento.
Omnidireccional (Mecanum / Omniwheels)	3 o 4 ruedas con rodillos pasivos a 45° o 90° sobre su periferia.	Holonómico: 3 GDL instantáneos (v_x, v_y, ω). Se desplaza en cualquier dirección sin rotar previamente.	Baja adherencia sobre superficies irregulares. Mayor coste y complejidad de control multieje.

1.3. Flujo de Ejecución de una Instrucción de Movimiento (Cuestión 1.4)

1. **Intérprete del Programa:** Lee la orden de alto nivel (e.g., MOVE P1) y valida límites de espacio de trabajo y sintaxis.
2. **Planificador de Trayectorias:** Define el tipo de movimiento (PTP o cartesiano) y genera el perfil temporal (trapezoidal o spline) discretizado a la frecuencia del lazo principal (ej. 1 ms).
3. **Mapeo Cinemático Inverso:** En movimientos cartesianos, convierte cada vector (x_k, y_k, z_k) en consignas articulares $(q_{r1}, \dots, q_{rn})$.
4. **Interpolador / Lazo de Control de Eje:** Calcula en cada servomotor el error de posición $e = q_r - q_m$ y aplica el algoritmo de control (PID con *feedforward*).
5. **Etapas de Potencia:** El convertidor de potencia (inversor/chopper PWM) suministra la corriente correspondiente al motor para generar el par electromagnético deseado.

2. EXÁMENES SEPTIEMBRE 2018 Y JUNIO 2019

Cuestión 2 (Septiembre 2018): Clasificar los métodos de estimación de posición en robótica móvil: M1 (Odometría con encoders), M2 (GPS absoluto) y M3 (GPS diferencial - DGPS) según Resolución (C1), Frecuencia (C2) y Coste (C3).

Método	C1: Resolución / Precisión	C2: Frecuencia de Medida	C3: Coste Económico
M1: Odometría con encoders	Muy alta a corto plazo (submilimétrica), pero <i>deriva acumulativa</i> ilimitada por patinamiento.	Muy alta (100 Hz – 1 kHz), lectura inmediata de pulsos en el microcontrolador.	Muy bajo (sensores integrados en los motores de las ruedas).
M2: GPS Absoluto Comercial	Baja (error típico entre 2 m y 5 m en exteriores, nulo en interiores).	Baja (1 Hz – 10 Hz).	Bajo (receptores estándar muy económicos).
M3: GPS Diferencial (DGPS / RTK)	Muy alta y sin deriva (1 cm – 2 cm) gracias a la estación base de referencia fija.	Media (5 Hz – 20 Hz).	Alto / Muy alto (requiere estación base propia o suscripción a redes GNSS activas).

2.2. Propagación de Aceleraciones Angulares en Newton-Euler (Junio 2019 - P5)

En el algoritmo hacia adelante (*forward recursion*) de Newton-Euler, la velocidad angular de un eslabón i se propaga como:

$$\boldsymbol{\omega}_i = \boldsymbol{\omega}_{i-1} + \dot{\theta}_i \mathbf{z}_{i-1}$$

Derivando temporalmente respecto a un sistema inercial de referencia:

$$\boldsymbol{\alpha}_i = \frac{d\boldsymbol{\omega}_i}{dt} = \frac{d\boldsymbol{\omega}_{i-1}}{dt} + \frac{d}{dt}(\dot{\theta}_i \mathbf{z}_{i-1}) = \boldsymbol{\alpha}_{i-1} + \ddot{\theta}_i \mathbf{z}_{i-1} + \dot{\theta}_i \left(\frac{d\mathbf{z}_{i-1}}{dt} \right)$$

Dado que el eje $\mathbf{z}_{i-1}$ es solidario al eslabón $i - 1$, su variación temporal se debe a la rotación de dicho eslabón: $\frac{d\mathbf{z}_{i-1}}{dt} = \boldsymbol{\omega}_{i-1} \times \mathbf{z}_{i-1}$. Por consiguiente:

$$\boldsymbol{\alpha}_i = \boldsymbol{\alpha}_{i-1} + \boldsymbol{\omega}_{i-1} \times (\dot{\theta}_i \mathbf{z}_{i-1}) + \ddot{\theta}_i \mathbf{z}_{i-1}$$

Proyectando en los ejes del propio sistema de coordenadas del eslabón $\{i\}$:

$$\boldsymbol{\alpha}_i^{(i)} = \mathbf{R}_i^{i-1,T} \left(\boldsymbol{\alpha}_{i-1}^{(i-1)} + \boldsymbol{\omega}_{i-1}^{(i-1)} \times (\dot{\theta}_i \mathbf{z}_0) + \ddot{\theta}_i \mathbf{z}_0 \right)$$

donde $\mathbf{z}_0 = [0, 0, 1]^T$. (Para articulación prismática $\dot{\theta}_i = \ddot{\theta}_i = 0 \implies \boldsymbol{\alpha}_i^{(i)} = \mathbf{R}_i^{i-1,T} \boldsymbol{\alpha}_{i-1}^{(i-1)}$).

2.3. Transformación de Coordenadas XYZ a UVW (Junio 2019 - P2)

Un sistema XYZ se transforma en UVW mediante un giro $\alpha = 30^\circ$ en torno al eje Z , seguido de un desplazamiento a lo largo del nuevo eje X de $d = 1$ m. La matriz homogénea de cambio de base que expresa puntos de UVW en XYZ es:

$$T_{XYZ}^{UVW} = \text{Rot}(Z, 30^\circ) \cdot \text{Tras}(X, 1) = \begin{bmatrix} \cos 30^\circ & -\sin 30^\circ & 0 & \cos 30^\circ \cdot 1 \\ \sin 30^\circ & \cos 30^\circ & 0 & \sin 30^\circ \cdot 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Para el punto $p^{(UVW)} = [0, 1, -1]^T$:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 0.366 \\ 1.366 \\ -1.0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Comandos en MATLAB: `T = troz(deg2rad(30)) * transl(1, 0, 0); p_xyz = T * [0; 1; -1; 1];`