



APUNTES CINEMATICA DE ROBOTS:

Vazquez Flavio Antonio

Moran garabito Carlos Enrique

8b

Tarea:

de esforzarse Mas!!

08-07-79
Flavio A.

¿Que es un robot?

una maquina automatica
capaz de realizar determi-
nadas de manera autonoma
los sesos humanos en

tipos de robots!

Cinematica
de
robots.
Parte 2



algunas aplicaciones tipicas de
en Fundición - montaje
en moldeado

test termico

II En Fuga y estancamiento

Soldadura

mezclación

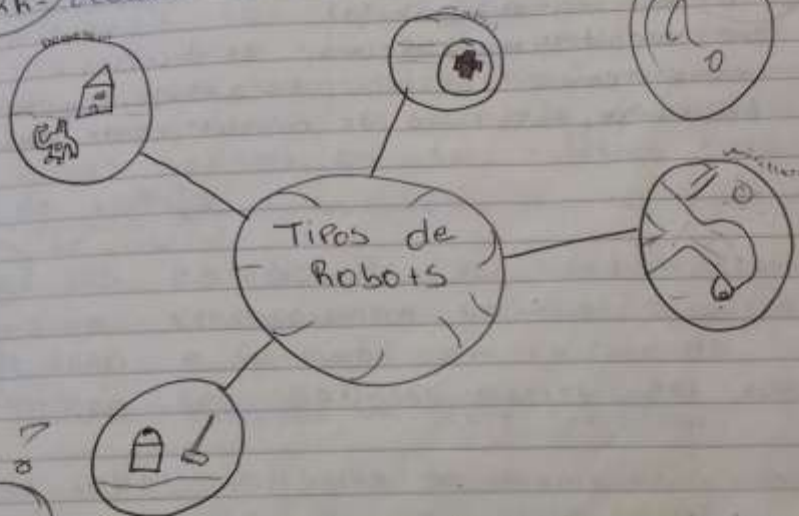


Tarea:
Foror de ~~carroz~~ Mas //

08-07-79
Flavio A.

¿Que es un robot?
1-R= es una maquina automatica
Programable capaz de realizar determi-
nadas operaciones de manera autonoma
→ sustituir a los seres humanos en
algunas tareas.

2-R= ¿cuales son los tipos de robots?



3-R= mencione algunas aplicaciones típicas del
manipulador en fundición

- II en moldeado
- II trat. termico
- II en foga y estandarización
- Soldadura
- mecanización

09-07-19

4^a R = ¿Cuáles son las diferencias entre un robot industrial y un manipulador humanoide?
El robot puede encargarse de actividades más complejas (como lo hacía un humano) y el CNC está hecho para reemplazar actividades físicas y operativas que complementan el trabajo humano.

5^a R = ¿Qué debe entenderse el robot para su adecuado trabajo?
Se consideran aspectos de diversos índole como espacio de trabajo, velocidad de carga, capacidad de control, coste, etc.

08-07-79

6R=

¿Qué es RUR?
Robots universales de Rossum
es un libro que habla de un
apocalipsis de robots contra humanos

7R=

¿Por qué las diferencias entre robot Serial y paralelo?
El robot paralelo consiste de una
base fija conectada a una Plata-
forma móvil mediante extremidades. La
diferencia con los Serial es que
los Paralelos son mejor en términos
de rigidez, velocidad, precisión e inercia
en movimiento, la ventaja de los
robots Serial es su reducido espacio
de trabajo.

8R=

¿Cuáles son los métodos de seguridad en el uso
de robots?
Los estudios de seguridad de auto-
moción proporcionan criterios bionicos
de daño a humanos en el caso de
colisión con distintas partes del cuerpo.
Especifica un robot industrial.

9R=

El robot industrial de manipulación auto-
mática, reprogramable y multifuncional
con 30 mas grados de libertad.
¿Cuál es la población de robots en el mundo?

10R=

La Población actual es de
1,63 millones y para el 2019 se estima
crezca a los 2,6 millones.

Nombre: Flavio A.

09-09-19

La industria es considerada la más grande de robots industriales.
La Leumar Saha es una empresa automotriz con la robot

→ más grande en robots.

Los robots son las áreas nuevas de aplicación.
Actualmente se han probado en el área metalúrgica y médica (con excelentes resultados) así como en la extracción de áreas radiactivas como Chernobyl.

Resumen Cap. 3.

09-02-79

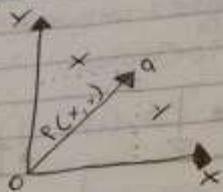
Herramientas matemáticas para la localización espacial.

Este capítulo habla sobre el encadenamiento que se le puede encomendar a un robot pero también habla de para que el robot pueda realizar esas funciones debe de conocer su localización en coordenadas para que pueda manipular los objetos a mover de acuerdo a su posición, entonces habla para que el robot pueda orientarse desde su base hasta donde está el objeto a mover se debe de hacer un cálculo matemático con el cual se pueda precisar el lugar y el tiempo de acción.

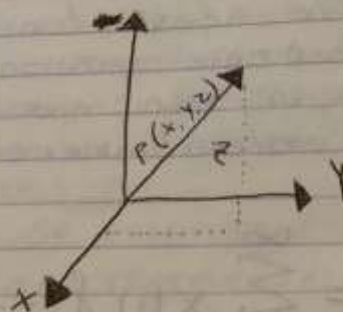
09-70-79
Flavio A.

mientras el robot pasa mover el objeto al lugar deseado, según el tipo de orientación y localización un objeto en el plano bidimensional el robot deberá tener 2° de libertad y en 3D más de 3° de libertad.

Cuando se habla de planos bidimensionales se representa así: (Ox) y (Oy)

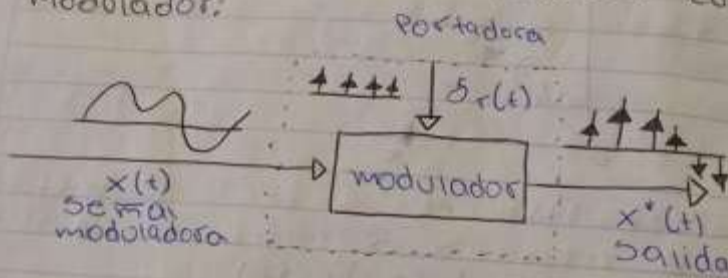


Cuando se habla de más de 3° de libertad se hace referencia al siguiente plano:
 $(Ox) (Oy) (Oz)$



09-02-79
Flavio A

muestreo mediante impulso de datos:
La salida de este muestreador se
considera como un tren de impulsos
con el periodo de impulsos de
muestreo igual a T y la magnitud
de cada impulso igual al valor que se
muestra en un diagrama de mues-
treo mediante impulsos.
muestreador mediante impulsos como
modulador:



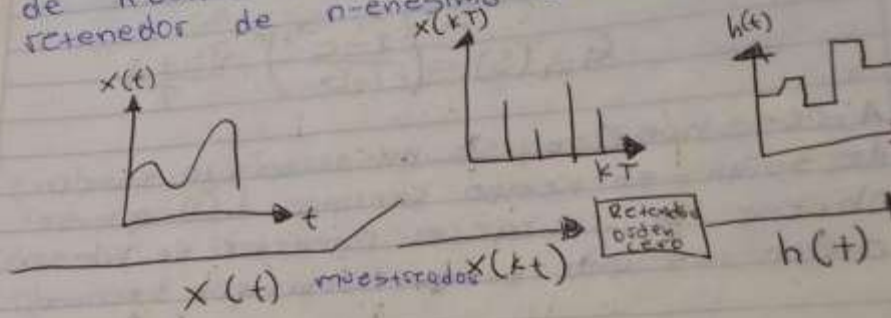
Si la señal en tiempo continuo $x(t)$
se muestrea mediante impulsos en
forma periódica, la señal muestreada puede
representarse de manera matemática
mediante.

$$x^*(t) = \sum_{k=0}^{\infty} x(t) \delta(t - kT)$$

09-12-79
Flavio A.

Circuitos para la retención de datos:

En un muestreador convencional, un interruptor se cierra cada periodo de muestreo T para admitir una señal de entrada. Si un circuito de retención de datos es un extrapolador polinomial de n -ésimo orden, se conoce como retenedor de n -ésimo orden.



$$h(kT + \tau) = x(kT)$$

En esta ecuación nos habla que el circuito retiene la amplitud de la muestra de un instante de muestreo al siguiente.

Este tipo de retenedor de datos se conoce como retenedor de orden cero, o sueltador, o generador de la llamada señal de escalera.

09-02-79
Flavio A.

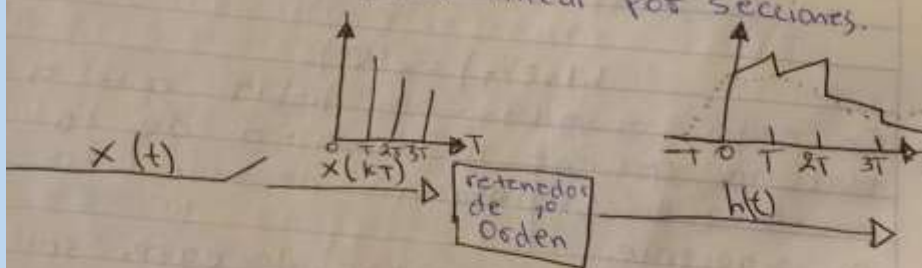
Función de transferencia de un retenedor de primer orden:

Los retenedores de primer orden no se utilizan en sistemas de control, si es necesario ver cual es su función de transferencia.

Se muestra la función de transferencia del retenedor de primer orden:

$$G_{h1}(s) = \left(\frac{1 - e^{-Ts}}{s} \right)^2 \frac{Ts + 1}{T}$$

A continuación se muestra la salida de señal en tiempo continuo $h(t)$ que se obtiene al utilizar el retenedor de primer orden es una señal lineal por secciones.



09-01-19
Flavio A

Cálculo de la transformada Z de Funciones que involucren el término $(1-e^{-Ts})/s$.
Se considerará aquí que en la función $X(s)$ se incluye $(1-e^{-Ts})/s$. Suponga que la función de transferencia $G(s)$ sigue de un retenedor de orden cero. Entonces el producto de la función de transferencia del retenedor de orden cero y $G(s)$ se convierte en

$$X(s) = \frac{1-e^{-Ts}}{s} G(s)$$

En los siguientes pasos se obtendrá la transferencia de la transformada Z de dicha función $X(s)$.

Observe que $X(s)$ se puede escribir como sigue

$$\begin{aligned} X(s) &= (1-e^{-Ts}) \frac{G(s)}{s} \\ &= (1-e^{-Ts}) G_1(s) \end{aligned}$$

Donde:

$$G_1(s) = \frac{G(s)}{s}$$

Considera la función:

$$X_1(s) = e^{-Ts} G_1(s)$$

09-02-29
Flavio A

Teorema del muestreo:

Si la frecuencia de muestreo es suficientemente alta, comparada con la componente de mas alta frecuencia que se incluye en la señal en tiempo continuo, las características de amplitud de la señal en tiempo continuo se puede preservar en la envolvente de la señal muestreada.

Para reconstruir la señal original a partir de una señal muestreada, existe una frecuencia minima que la operación de muestreo que debe de satisfacer.

Teorema

Si ω_s , definida como $2\pi/T$, donde T es el periodo de muestreo, es mayor que 2ω , 0

$$\omega_s > 2\omega$$

Donde ω es la componente de mas alta frecuencia presente en la señal en tiempo continuo $x(t)$, entonces la señal $x(t)$ se puede reconstruir completamente a partir de la señal muestreada $x^*(t)$.

09-01-79
Flavio A.

Filtro paso-bajas ideal.
El proceso de muestreo introduce un número infinito de componentes complementarias (componentes de bandas laterales) además de la componente primaria. El filtro ideal atenúa todas las componentes complementarias hasta cero y permite el paso solo de la componente primaria, siempre que la ω_s sea dos veces mayor que la componente de más alta frecuencia de la señal en tiempo continuo. Características de respuestas en frecuencia de un retenedor de orden cero.

La función de transferencia de un retenedor de orden cero es,

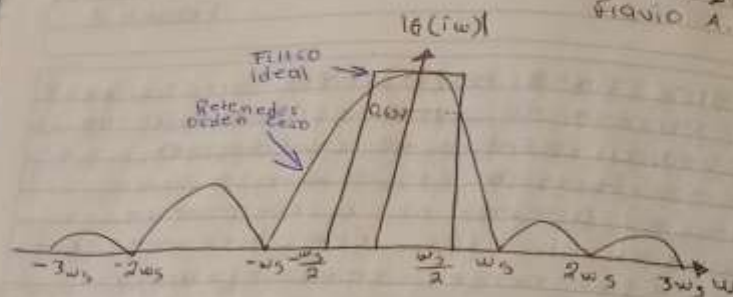
$$G_{ho}(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s}$$

La magnitud se hace cero en la frecuencia igual a la frecuencia de muestreo y en múltiplos enteros de la frecuencia de muestreo.

doblamiento:

Fenómeno de transape en el espacio se conoce como dobiamiento.

09-2-29
FIGURA 1.



oscilaciones escondidas:

Si la señal en tiempo continuo $x(t)$ incluye un componente de frecuencia igual a n veces la frecuencia de muestreo w_s (donde n es un entero)

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = \sin t + \sin 3t$$

La función de transferencia Pulso:
La función de transferencia para un sistema continuo relaciona las transformadas de Laplace de la salida en tiempo continuo con la correspondiente de la entrada en tiempo continuo, mientras que la función de transferencia pulso relaciona la transformada z de la salida en los instantes de muestreo con la correspondiente entrada muestreada.

09-01-79
Flavio A.

Transformada de la Placa asterisco de la señal que involucra tanto transformadas de Laplace ordinarias como asterisco. Al analizar los sistemas de control en tiempo discreto, a menudo se encuentra que algunas señales en el sistema son señales asterisco (lo que significa que las señales están muestreadas por impulsos) y otras no lo son. Para obtener las funciones de transferencia pulso y analizar el sistema de control en tiempo discreto, por lo tanto, se debe ser capaz de obtener las transformadas de las señales de salida de los sistemas que contienen operaciones de muestreo en varios lugares en los lazos.

Función de transferencia Pulso de un Controlador digital:

La función de transferencia pulso de un controlador digital.

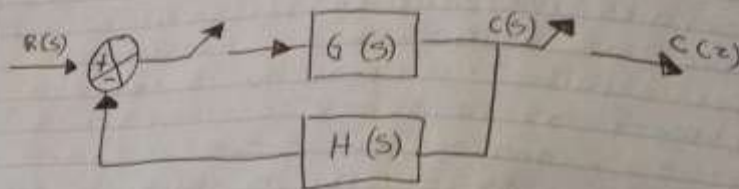
Suponga que la entrada al controlador digital es $e(k)$ y la salida es $m(k)$.

En general, la salida $m(k)$ puede estar dada mediante la ecn.

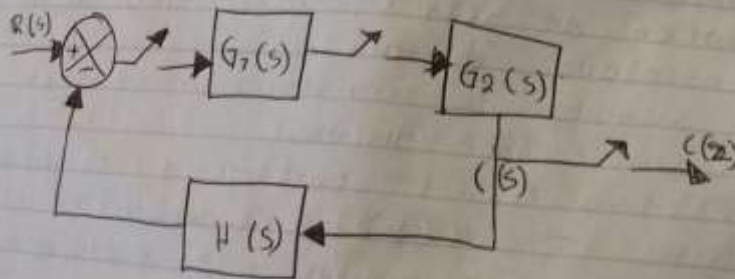
$$m(k) + q_1 m(k-1) + q_2 m(k-2) + \dots$$

09-02-20
Flavio A.

A continuación se muestra 5 configuraciones típicas de sistemas de control en tiempo discreto en lazo cerrado.

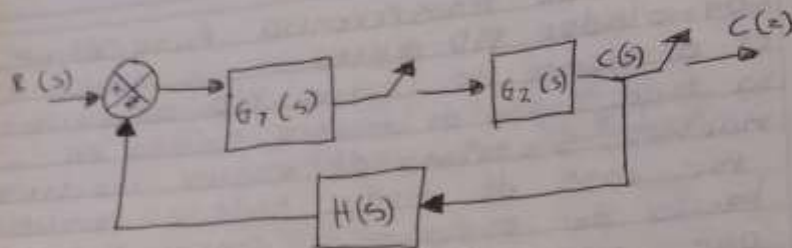


$$C(z) = \frac{G(z) R(z)}{1 + G(z) H(z)}$$

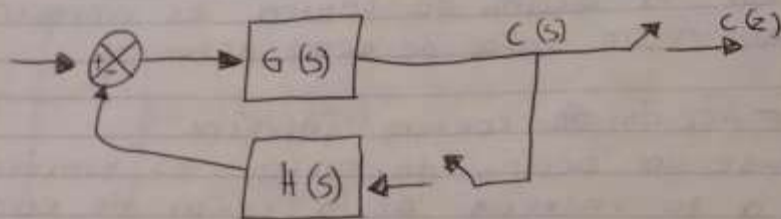


$$C(z) = \frac{G_1(z) G_2(z) R(z)}{1 + G_1(z) G_2(z) H(z)}$$

09-01-29
FLAVIO A.



$$C(z) = \frac{G_2(z) G_1 R(z)}{1 + G_1 G_2 H(z)}$$



$$C(z) = \frac{G R(z)}{1 + G H(z)}$$

09-1-79
FLAVIO A

Función de transferencia Pulso de un
Controlador PID digital.

El esquema de control PID analógico
ha sido usado de manera exitosa en
muchos sistemas de control industrial
por más de medio siglo. El principio
básico del esquema de control PID es
que actúa sobre la variable a ser
manipulada a través de una apropiada
combinación de las 3 acciones de
control:

- Acción de control Proporcional
(donde la acción de control es proporci-
onal a la señal de error actuante)

- Acción de control integral.
(Donde la acción de control es proporci-
onal a la integral de la señal de error
actuante.)

- Acción de control derivada.
(Donde la acción de control es propor-
cional a la derivada de la
señal de error actuante.)

En situaciones son controladas por una
sua computadora digital.

09-01-29
Flavio A.

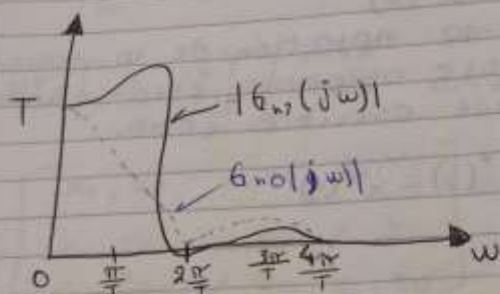
Ejemplo:
condense el retenedor de orden
cero que se muestra en la figura

$$Y(s) = G(s) X^*(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s} X^*(s)$$

muestre que $Y^*(s) = X^*(s)$

Solución:
Si tomamos la transformada de Laplace
asterisco de la ecuación (3-702), se tiene

$$Y^*(s) = \left(\frac{1 - e^{-Ts}}{s} \right)^* X^*(s)$$



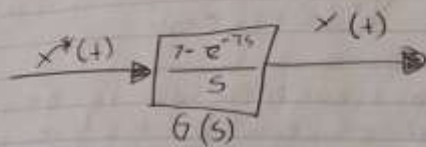
en términos de la transformada z se tiene,

$$Y(z) = Z \left[\frac{1 - e^{-Ts}}{s} \right] X(z)$$

09-02-20
Flavio A.

Donde

$$z \left[\frac{1-e^{-Ts}}{s} \right] = (1-z^{-1}) z \left[\frac{1}{s} \right] = (1-z^{-1}) \frac{1}{1-z^{-1}} = 1$$



Por tanto,

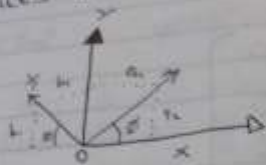
$$Y(z) = X(z)$$

En terminos de la notación de la transformada de Laplace asterisco, esta ultima ecuación se puede escribir como,

$$Y^*(s) = X^*(s)$$

15-02-2019
Flavio A.

Análisis de Rotación:



x_1 con relación a x : $a_1 = |x_1| \cos \theta \rightarrow (x, x)$
 x_1 con relación a y : $a_2 = |x_1| \sin \theta \rightarrow (x, y)$
 y_1 con relación a x : $-b_1 = |y_1| \cos(\theta + 90) = -|y_1| \sin \theta \rightarrow (y, x)$
 y_1 con relación a y : $b_2 = |y_1| \sin(\theta + 90) = |y_1| \cos \theta \rightarrow (y, y)$

$$x_1^0 \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} \quad y_1^0 \begin{bmatrix} \cos(\theta + 90) \\ \sin(\theta + 90) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$R_1^0 = \begin{bmatrix} x_1^0 & y_1^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_1, x_0) & (y_1, x_0) \\ (x_1, y_0) & (y_1, y_0) \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} x_1, x_0 & y_1, x_0 & z_1, x_0 \\ x_1, y_0 & y_1, y_0 & z_1, y_0 \\ x_1, z_0 & y_1, z_0 & z_1, z_0 \end{bmatrix}$$

$$\text{en } x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad \text{en } y = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$\text{en } Z \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matrices homogéneas

27-01-18

$$T = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & P_{3 \times 1} \\ P_{1 \times 3} & W_{1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\text{Rotación}] & [\text{Punto}] \\ [\text{Resolución}] & [\text{Escala}] \end{bmatrix}$$

Tarea

Rotar

X → 60°	Y → 70°	Z → 70°
X → 40	Y → 10	X → 50°
X → 20	Z → 18	X → 30°
X → 30	Z → 70	Y → 30°
Y → 30	Z → 70	Z → 30°

Tarea

misiones

Leer denavit Hattenber ← explication

Tarea

22-07-78
Flavio A.

1) $x=60^\circ$ $y=70^\circ$ $z=70^\circ$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 60 & -\sin 60 \\ 0 & \sin 60 & \cos 60 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos 70 & 0 & \sin 70 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin 70 & 0 & \cos 70 \end{bmatrix}$$

(x)(z)

$$\begin{bmatrix} .578 & 0 & .94 \\ .888 & .5 & -.200 \\ -.312 & .866 & .777 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} .336 & -.6 & .94 \\ .888 & .357 & .296 \\ -.312 & .934 & .771 \end{bmatrix}$$

2) $x=40^\circ$ $y=70^\circ$ $z=50^\circ$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 40 & -\sin 40 \\ 0 & \sin 40 & \cos 40 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos 50 & 0 & \sin 50 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin 50 & 0 & \cos 50 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 70 & -\sin 70 \\ 0 & \sin 70 & \cos 70 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} .839 & 0 & -.544 \\ .405 & .660 & -.625 \\ -.362 & .745 & .558 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -.839 & .7402 & -.524 \\ .4052 & -.478 & -.772 \\ -.362 & .577 & .733 \end{bmatrix}$$

82.07-79
Flavio A.

1) $x=20^\circ$ $z=18^\circ$ $x=30^\circ$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 20^\circ & -\sin 20^\circ \\ 0 & \sin 20^\circ & \cos 20^\circ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} .60 & .75 & 0 \\ -.306 & .769 & -.20 \\ -.684 & .607 & .708 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} .937 & -.309 & 0 \\ .210 & .694 & -.843 \\ .705 & .826 & .914 \end{bmatrix}$$

2) $x=30^\circ$ $z=70^\circ$ $y=30^\circ$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & .866 & -.5 \\ 0 & .5 & .866 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} .9548 & .7736 & 0 \\ .7503 & .8528 & .5 \\ .0868 & .4924 & .866 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} .9998 & 0 & 0 \\ .2460 & .8777 & .5 \\ .1709 & .4698 & .860 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & .8660 & -.5 \\ 0 & .5 & .8660 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} .9998 & 0 & 0 \\ .246 & .4546 & .8398 \\ .1709 & .8398 & .5150 \end{bmatrix}$$

22-07-78
Flavio A.

$$S: \gamma = 30^\circ \quad z = 70^\circ \quad z = 30^\circ$$

$$\begin{bmatrix} .8660 & 0 & .5 \\ 0 & 1 & 0 \\ .5 & 0 & .8660 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} .9848 & -.7736 & 0 \\ .7736 & .9848 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} .8528 & -.7503 & .5 \\ .7736 & .9848 & 0 \\ .4924 & .0868 & .8660 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} .8528 & .7503 & .5 \\ .7736 & .9848 & 0 \\ .4924 & .0868 & .8660 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 7 & 0 & 6 \\ 0 & .8660 & .5 \\ 0 & .5 & .8660 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} .8528 & .7798 & .5081 \\ .7736 & .8528 & .4924 \\ .4924 & .5081 & .7065 \end{bmatrix}$$

Tarea

23-01-19

Flavio A.

- 1- Numerar los eslabones:
se llama 0 a la tierra o base fija
donde se ancla el robot.
- 2- numerar las articulaciones:
La 1 sera el primer grado de libertad y
n el ultimo
- 3- localizar el eje de cada articulacion:
para pares de revolucion, sera el eje giro

Tarea

23-07-20
Flavio A

4- Ejes z_i :

Empezamos a colocar los sistemas XYZ. Situamos los z_{i-1} en los ejes de las articulaciones i .

5- Sistema de coordenadas O_i :

Se situa el punto origen en cualquier punto a lo largo de z_{i-1} . La orientación de x_i en y_i puede ser arbitraria.

6- Resto de sistemas:

Para el resto del sistema $i=0$ colocas el punto Origen en la intersección de z_i con la normal común a z_i y z_{i+1} .

7- Ejes x_i :

Cada x_i va en la dirección de la normal común a z_{i-1} y z_i .

8- ejes y_i :

Una vez situados los ejes z y x , los tienen su direcciones determinadas.

9- Sist. del extremo del robot:

El n -ésimo sistema XYZ se coloca en el extremo del robot con su eje z paralelo a z_{n-1} y x .

10- Angulos θ_i :

Cada θ_i es el angulo desde x_{i-1} hasta x_i girando alrededor de z_i .

23-02-74
Figueroa A.

Tarea

11. Distancia d_i :
Cada d_i es la distancia desde el sistema Z_{i-1} hasta la intersección de las normales comunes.

12. Distancias a_i :
Cada a_i es la longitud de dicha normal común.

13. Ángulos α_i :
Ángulo que hay que rotar Z_{i-1} para llegar a Z_i rotando alrededor de X_i .

14. Matrices individuales
Cada eslabón define una matriz de transformación

$${}^{i-1}A_i = \begin{pmatrix} \cos \alpha_i & -\cos \alpha_i \sin \alpha_i & \sin \alpha_i \sin \alpha_i & 0 \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i \sin \alpha_i & -\sin \alpha_i \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$\begin{pmatrix} a_i \cos \alpha_i \\ a_i \sin \alpha_i \\ d_i \\ 1 \end{pmatrix}$

15. Transformación total:
La matriz de transformación total es la encadenación de todas esas matrices.

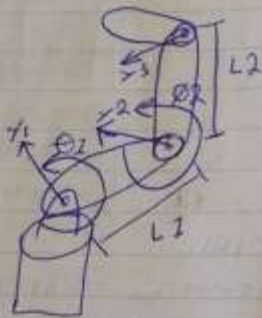
$$T = {}^0A_1 {}^1A_2 \dots {}^{n-1}A_n$$

$a_{i-1} \rightarrow$ distancia de z_{i-1} a $z_i \rightarrow$ a lo
 largo del eje x_{i-1}
 $\alpha_{i-1} \rightarrow$ entre z_{i-1} y $z_i \rightarrow$ con respecto
 al eje x_{i-1}
 $d_i \rightarrow$ distancia de x_{i-1} a $x_i \rightarrow$ a lo
 largo del eje x_{i-1}
 $\theta_i \rightarrow$ ángulo entre x_{i-1} y x_i con
 respecto al z_i

Robot #2

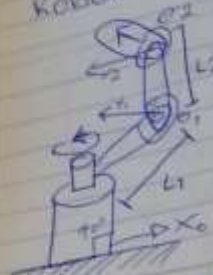
77-02-70

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	-90	0	θ_1
2	L_1	0	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3



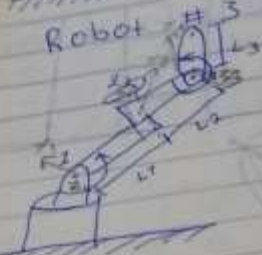
77-02-79

Robot #2 RRR



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	-90	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3

Robot #3 3R



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	-90	0	θ_1
2	L_1	90	d_2	θ_2
3	L_2	-90	0	θ_3

Robot #4



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L	0	d_1	θ_2
3	L	0	d_2	θ_3

11

Torça

V. Monana

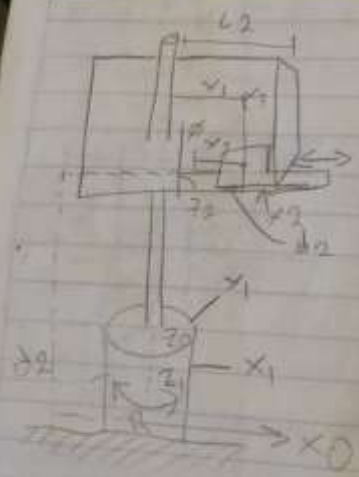
12-02-79
FICHA 4

(1)



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	θ_1
2	0	90	d_2	θ_2
3	L_1	0	0	θ_2

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	θ_1
2	L_1	0	0	θ_2
3	L_2	0	d_3	θ_3



[Handwritten signature]



$$T_i = \begin{bmatrix} c\phi_1 & -s\phi_1 & \emptyset & a_{i-2} \\ s\phi_1 c\phi_{i-1} & c\phi_1 c\phi_{i-1} & -s\phi_{i-2} & -d_i s\phi_{i-2} \\ s\phi_1 s\phi_{i-1} & c\phi_1 s\phi_{i-1} & c\phi_{i-2} & d_i c\phi_{i-2} \\ \emptyset & \emptyset & \emptyset & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{l} i \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \quad \begin{array}{l} a_{i-2} \\ d_1 \\ L_2 \end{array} \quad \begin{array}{l} \phi_{i-1} \\ \emptyset \\ \emptyset \end{array} \quad \begin{array}{l} d_i \\ \emptyset \\ \emptyset \end{array} \quad \begin{array}{l} \phi \\ \phi_1 \\ \phi_2 \end{array}$$

$$T_3^0 = T_1^0 T_2^0 T_3^0$$

$$T_i = \begin{bmatrix} c\phi_i & -s\phi_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -s\phi_i & -c\phi_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = \begin{bmatrix} c\phi_2 & -s\phi_2 & 0 & 0 \\ s\phi_2 & c\phi_2 & 0 & 0 \\ 0 & c\phi_2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} c\phi_3 & -s\phi_3 & 0 & L_2 \\ s\phi_3 & c\phi_3 & 0 & 0 \\ 0 & c\phi_3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$T_i = \begin{bmatrix} C\phi_1 & -S\phi_1 & \phi & a_i-1 \\ S\phi_1 C\phi_1 & C\phi_1 C\phi_1 & S\phi_1-2 & -d_i S\phi_1-2 \\ S\phi_1 S\phi_1 & C\phi_1 S\phi_1 & C\phi_1-2 & d_i C\phi_1-2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	ϕ
1	0	$-\pi/2$	ϕ	ϕ_1
2	L_1	0	ϕ	ϕ_2
3	L_2	0	ϕ	ϕ_3

$$T_j^0 = T_1^0 T_2^0 T_3^0$$

$$T_i = \begin{bmatrix} C\phi_1 & -S\phi_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S\phi_1 & -C\phi_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} C\phi_2 & -S\phi_2 & 0 & 0 \\ S\phi_2 & C\phi_2 & 0 & 0 \\ 0 & C\phi_2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} C\phi_3 & -S\phi_3 & 0 & L_2 \\ S\phi_3 & C\phi_3 & 0 & 0 \\ 0 & C\phi_3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Robot #2

Flavio A.

$$T_i = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ s\theta_i c\alpha_{i-1} & c\theta_i c\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} & -d_i s\alpha_{i-1} \\ s\theta_i s\alpha_{i-1} & c\theta_i s\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} & d_i c\alpha_{i-1} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

i	α_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	-90	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3

$$T_1 = \begin{bmatrix} c\theta_1 & -s\theta_1 & 0 & 0 \\ s\theta_1 & c\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} c\theta_2 & -s\theta_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -s\theta_2 & -c\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} c\theta_3 & -s\theta_3 & 0 & L_2 \\ s\theta_3 & c\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Robot #2

Flavio W

$$T_i = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ s\theta_i c\alpha_{i-1} & c\theta_i c\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} & -d_i s\alpha_{i-1} \\ s\theta_i s\alpha_{i-1} & c\theta_i s\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} & d_i c\alpha_{i-1} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	-90	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3

$$T_1 = \begin{bmatrix} c\theta_1 & -s\theta_1 & 0 & 0 \\ s\theta_1 & c\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} c\theta_2 & s\theta_2 & 0 & L_1 \\ 0 & \theta & 1 & 0 \\ -s\theta_2 & -c\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} c\theta_3 & -s\theta_3 & 0 & L_2 \\ s\theta_3 & c\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Flavio A.

Robot #3

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	-90	0	θ_1
2	L_1	0	d_2	θ_2
3	L_2	-90	0	θ_3

$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_1 & -\cos \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & L_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_3 & -\cos \theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Robot #4

Figure A

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	$\frac{3}{4}L$	0	d_1	θ_2
3	L	0	d_2	θ_3

$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & \frac{3}{4}L \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Robot #5

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	0	0	0	θ_2
3	L	0	0	θ_3

$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & 0 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Robot #6

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	0	0	θ_2
3	L_2	0	d_1	θ_3

$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & L_1 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

19-02-19
Flavio A.

Tarea Resumen

Pag. 108-118 y 122-129.

- Cinemática Inversa
- Resol. de Prob. cinem. por método geométrico.
- A partir de matriz de transformación homogénea.
- matriz Jacobina
- Jacobinas inversa.

7. Denavit y Hartenberg propusieron un método sistemático para describir y representar la geometría espacial de los elementos de una cinemática en cadena.

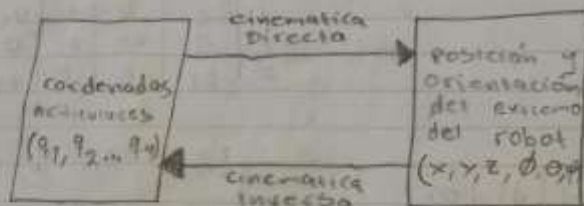


Figura 4.7 En este diagrama se observa claramente como es la relación entre la cinemática del robot directa con la cinemática inversa, básicamente se trata de encontrar las relaciones entre las velocidades del movimiento de las articulaciones y las del extremo.

79-02-74
Flavio A.

Aquí se muestra la relación de posición
con un robot de 6° de libertad:

$$x = f_x(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6)$$

$$y = f_y(\dots)$$

$$z = f_z(\dots)$$

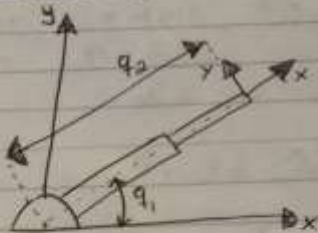
$$\phi = f_\phi(\dots)$$

$$\theta = f_\theta(\dots)$$

$$\psi = f_\psi(\dots)$$

Resolución del Problema mediante
métodos geométricos:

Para la resolución del problema
primero se debe de encontrar la rela-
ción que permiten conocer la localiza-
ción espacial a partir de las coordenadas.
Un ejemplo es primero saber como se
obtiene de uno con pocos GDL.



$$x = q_2 \cos q_1$$

$$y = q_2 \sin q_1$$

$$z = 0$$

$$[{}^{000}] = R_0 T_2(q_1)$$

Aquí fácilmente se obtienen los
cálculos de un robot de 2 GDL.
No existe un procedimiento específico.

79-02-79
Flavio A.

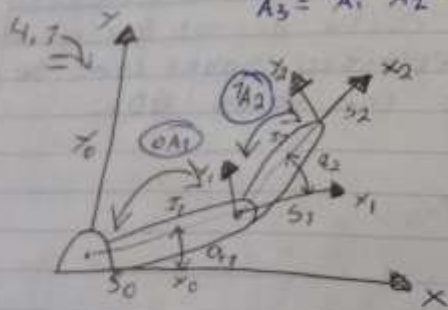
- Resolución del problema cinemático directo mediante matrices de trans. homogénea.

La posición y orientación del sist. Solidario con el segundo eslabón del robot con respecto al sistema de coordenadas de la base se expresa así.

$${}^0_1T = {}^0A_1 = {}^0A_1 {}^1A_2$$

y de manera análoga, la matriz 0A_3 representa la localización del sistema del tercer eslabón

$${}^0A_3 = {}^0A_1 {}^1A_2 {}^2A_3$$



79-02-79
Flavio A.

Matriz Jacobina:

Aquí prácticamente el modelado cinemático de un robot busca las relaciones entre las variables articulares y la posición y orientación del extremo del robot.

La matriz Jacobiana relaciona el vector de velocidades articulares $(\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dot{q}_3)$ con otro vector de velocidades expresando en un espacio distinto.

Jacobiana analítica:

El método más directo para obtener la relación entre velocidades articulares y del extremo del robot consiste en diferenciar las ecuaciones correspondientes al modelo cinemático.

por ejemplo aquí se muestra un robot con n GDL.

$$x = f_x(q_1, \dots, q_n) \quad y = f_y(q_1, \dots, q_n)$$

$$\phi = f_\phi(q_1, \dots, q_n) \quad \theta = f_\theta(q_1, \dots, q_n)$$

$$z = f_z(q_1, \dots, q_n) \quad \psi = f_\psi(q_1, \dots, q_n)$$

ahora se expresa en forma matricial:

79-02-79
Flavio A.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = J_a \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \vdots \\ \dot{q}_n \end{bmatrix} \text{ con } J_a = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_x}{\partial q_1} & \dots & \frac{\partial F_x}{\partial q_n} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial F_y}{\partial q_1} & \dots & \frac{\partial F_y}{\partial q_n} \end{bmatrix}$$

Aquí la matriz J_a se denomina:
matriz Jacobiana Inversa.
La matriz Jacobiana inversa permite
obtener las velocidades del extremo
a partir de las velocidades articulares.
la tercera alternativa de obtención
de la Jacobina Inversa partiendo del
modelo cinemático Inverso, esto es

$$\begin{aligned} q_1 &= f_1(x, y, z, \phi, \theta, \psi) \\ \vdots \\ q_n &= f_n(x, y, z, \phi, \theta, \psi) \end{aligned}$$

Ahora partiendo desde la matriz
Inversa por diferenciación con
respecto al tiempo de ambos
miembros de la igualdad.

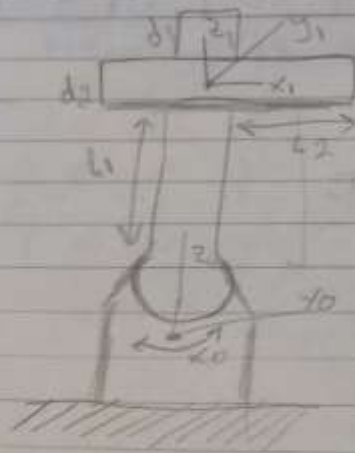
79-02-79
Flavio A.

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} = J_{\alpha}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \vdots \\ \dot{y} \end{bmatrix} \quad \text{con}$$

$$J_{\alpha}^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x} & \frac{\partial F_1}{\partial y} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x} & \frac{\partial F_n}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Poco noto en el caso de la primera alternativa, el metodo puede ser algebraicamente complicado.

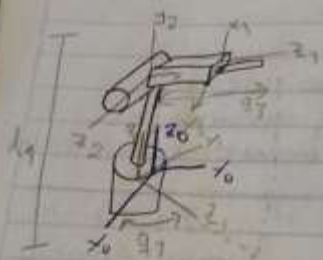
79-02-79
Flavio Antonio.V.



i	\$a_{i-1}\$	\$\alpha_{i-1}\$	\$d_i\$	\$\theta_i\$
1	0	\$90^\circ\$	0	\$\theta_1\$
2	\$L_1\$	0	\$d_1\$	\$\theta_2\$
3	\$L_2\$	0	\$d_2\$	\$\theta_3\$

$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & L_1 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & L_2 \\ \sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



20-02-79
Flavio A.

i	z → x		x → z	
	q_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	-90	0	θ_2
3	0	90	L_2	θ_3

$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos q_1 & -\sin q_1 & 0 & 0 \\ \sin q_1 & \cos q_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2 = \begin{bmatrix} \cos q_2 & -\sin q_2 & 0 & L_1 \\ \sin q_2 & \cos q_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -L_2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

27-02-20

$$T_1^0 = T_1^0 \cdot T_2^0 \cdot T_3^0 \quad \frac{T_3^0}{T_3^0} = T_1^0 \cdot T_2^0$$

$$\frac{T_3^0}{T_3^0 \cdot T_2^0} = T_1^0 \quad T_3^0 (T_2^0)^{-1} (T_1^0)^{-1} = T_1^0$$

$$T = \begin{bmatrix} n & 0 & a & p \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & 0_x & a_x & p_x \\ n_y & 0_y & a_y & p_y \\ n_z & 0_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= T^{-1} = \begin{bmatrix} n_x & n_y & n_z & -np \\ 0_x & 0_y & 0_z & -op \\ a_x & a_y & a_z & -ap \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_1^0 = ?$$

$$T_2^0 = ?$$

$$T_3^0 = ?$$

Metodo de propagación de velocidades
- articulación - rotación

$$w_{i+1}^{i+1} = R_i^{i+1} w_i^i + \delta_{i+1} z_{i+1}^{i+1}$$

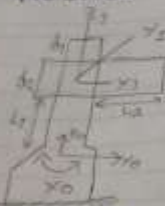
$$v_{i+1}^{i+1} = R_i^{i+1} v_i^i + R_i^{i+1} [w_i^i \times r_{i+1}^i]$$

- articulación - prismática

$$w_{i+1}^{i+1} = R_i^{i+1} w_i^i$$

$$v_{i+1}^{i+1} = R_i^{i+1} v_i^i + R_i^{i+1} [w_i^i \times r_{i+1}^i] + \delta_{i+1} z_{i+1}^{i+1}$$

Practica #2



L_i	α_i	d_i	θ_i
1	0	0	θ_1
2	L_1	0	$\theta_1 + \theta_2$
3			

79-02-79
Flavio A

$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & L_2 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & L_3 \\ \sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

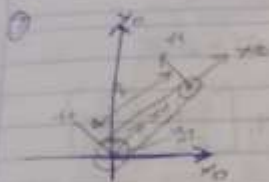
$$[c(\theta_3)^* (c(\theta_1)^* c(\theta_2) - s(\theta_1)^* s(\theta_2) + c(\theta_2) + L(\theta_2)^* s(\theta_1)) - c(\theta_3)^* (c(\theta_1)^* s(\theta_2) + c(\theta_2)^* s(\theta_1) - s(\theta_1)^* c(\theta_2) - s(\theta_3)^* c(\theta_1)^* c(\theta_2) - s(\theta_1)^* s(\theta_2) + L_2^* (c(\theta_1)^* (c(\theta_2) - s(\theta_2) - s(\theta_1)^* s(\theta_2) + L_1^* (c(\theta_1))$$

$$[0, 0, -1, -d_1 - d_2]$$

$$[c(\theta_3)^* (c(\theta_1)^* s(\theta_2) + c(\theta_2)^* s(\theta_1) + s(\theta_3)^* (c(\theta_1)^* (c(\theta_2) - s(\theta_2) - s(\theta_1)^* s(\theta_2) + L_2^* (c(\theta_1)^* s(\theta_2) + c(\theta_2)^* s(\theta_1) - s(\theta_1)^* c(\theta_2) - s(\theta_3)^* c(\theta_1)^* c(\theta_2) - s(\theta_1)^* s(\theta_2) + L_2^* (c(\theta_1)^* (c(\theta_2) - s(\theta_2) - s(\theta_1)^* s(\theta_2) + L_1^* (c(\theta_1))$$

$$[0, 0, 0, 1]$$

21-03-20



	\dot{x}	\dot{y}	\ddot{x}	\ddot{y}
1	0	0	$\ddot{d}_1 \cos q_1$	0
2	\dot{d}_1	0	0	0

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} c(q_1) & -s(q_1) & 0 & 0 \\ s(q_1) & c(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_1^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_0^2 = \begin{bmatrix} c(q_1) & -s(q_1) & 0 & L_1 c(q_1) \\ s(q_1) & c(q_1) & 0 & L_1 s(q_1) \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

②



$$T_0^1 = \begin{bmatrix} c(q_1) & -s(q_1) & 0 & 0 \\ s(q_1) & c(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} c(q_1) & -s(q_1) & 0 & 0 \\ s(q_1) & c(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot T_1^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \text{③}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_0^2 = \begin{bmatrix} c(q_1) & c(q_1) & 0 & L_1 c(q_1) \\ -s(q_1) & s(q_1) & 0 & L_1 s(q_1) \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$w_i R_{0i} + R_{0i} z_i = [R_i]^T w_{0i} + 0 z_i$$

$$= \begin{bmatrix} c(q_1) - s(q_1) & 0 \\ s(q_1) & c(q_1) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + q_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q_1 \end{bmatrix}$$

$$v_i = R_{0i} v_i^* + R_{0i} [w_{0i} \times r_i] = [e_i^*] [w_{0i} \times r_i]$$

$$= \begin{bmatrix} c(q_1) - s(q_1) & 0 \\ s(q_1) & c(q_1) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c(q_1) - s(q_1) & 0 \\ s(q_1) & c(q_1) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad w_i^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q_1 \end{bmatrix} + q_1 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = q_1$$

$$v_2^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot s(q_1) \\ 1 \cdot c(q_1) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$v_0^* = v_2^* = v = d \begin{bmatrix} 1 \cdot s(q_1) \\ 1 \cdot c(q_1) \\ 0 \end{bmatrix} \times \frac{\partial F R}{\partial q_1} q_1 \begin{bmatrix} 1 \cdot s(q_1) \\ 1 \cdot c(q_1) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$q_1 = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 \cdot s(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 1 \cdot c(q_1) & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{J(q_1)} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_1 \\ q_1 \end{bmatrix} \times \frac{\partial F R}{\partial q_1} q_1 = J(q_1) \cdot q$$

6-03-18

Diagrama de un sistema de dos barras articuladas en serie, con longitudes \$l_1\$ y \$l_2\$, y ángulos \$q_1\$ y \$q_2\$ respecto a la horizontal.

$$T_0 = \begin{bmatrix} c(q_1) & -s(q_1) & 0 & 0 \\ s(q_1) & c(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_1 = \begin{bmatrix} c(q_1+q_2) & -s(q_1+q_2) & l_2 c(q_2) & l_2 s(q_2) \\ s(q_1+q_2) & c(q_1+q_2) & l_2 s(q_2) & l_2 c(q_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_0 = \begin{bmatrix} c(q_1+q_2) & -s(q_1+q_2) & l_1 c(q_1+q_2) + l_2 c(q_1+q_2) & l_1 s(q_1+q_2) + l_2 s(q_1+q_2) \\ s(q_1+q_2) & c(q_1+q_2) & l_1 s(q_1+q_2) + l_2 s(q_1+q_2) & l_1 c(q_1+q_2) + l_2 c(q_1+q_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

7-03-18

Diagrama de un triángulo con lados \$l_1, l_2\$ y \$l_3\$, y ángulos \$q_1, q_2\$.

$$[x] = f(q) = \begin{bmatrix} l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1+q_2) \\ l_1 \sin(q_1) + l_2 \sin(q_1+q_2) \end{bmatrix}$$

$$q_2 = \arccos\left(\frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1 l_2}\right)$$

$$q_1 = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \arccos\left(\frac{l_2 \sin(q_2)}{l_1 + l_2 \cos(q_2)}\right)$$

con la derivada

$$\frac{1}{\partial x} [x] = \frac{\partial f(q)}{\partial q} (q) \cdot \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix}$$

$$J(q) = \frac{\partial f(q)}{\partial q} = \begin{bmatrix} -l_1 \sin(q_1) - l_2 \sin(q_1+q_2) & -l_2 \sin(q_1+q_2) \\ l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1+q_2) & l_2 \cos(q_1+q_2) \end{bmatrix}$$

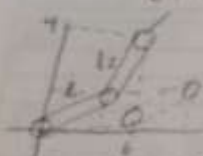
$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l_1 \sin(q_1) - l_2 \sin(q_1+q_2) & -l_2 \sin(q_1+q_2) \\ l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1+q_2) & l_2 \cos(q_1+q_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix}$$

Si la determinante es $\det[J(q)] = 0$ para $q_2 = 0, \pi$

Practica #2

26-03-79
Flavio A.

(4,6)



Encontrar los ángulos θ
Posición en posición
Origen (4,6) $L_1 = 30$
 $L_2 = 20$

$$\begin{aligned} 2. & (3,2) (4,2) (-5,3) (-8,-8) \\ 2. & (-5,-2) (-2,2) (7,3) \\ 7. & (1,-1) (5,2) (-4,3) \\ 4. & (-2,7) (2,-1) (-7,3) \\ 5. & (8,3) (7,5) (-2,1) \end{aligned}$$

$$3) (2,8) (7,-4) (-3,-9)$$

$$\theta_2 = \arctan \left(\frac{(2)^2 + (8)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2(30)(20)} \right) = \frac{-7232}{1200} =$$

$$= -7.026$$

$$\theta_2 = \arctan(-7.026) \quad \theta_2 = -45.735$$

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \arctan \left(\frac{8}{2} \right) - \arctan \left(\frac{20 \sin(-45.735)}{30 + 20 \cos(-45.735)} \right) = \frac{-14.322}{-43.959} \\ \theta_1 &= \arctan(4) - \arctan(-0.325) = 93.967 \end{aligned}$$

$$(7, -4)$$

$$\theta_2 = \arctan \left(\frac{(7)^2 + (-4)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2(30)(20)} \right) = \frac{-1235}{7200} =$$

$$= -7.029$$

$$\theta_2 = -45.818$$

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \arctan \left(\frac{-4}{7} \right) - \arctan \left(\frac{20 \sin(-45.818)}{30 + 20 \cos(-45.818)} \right) = \frac{-1434.2}{43.938} \\ \theta_1 &= \arctan(-0.577) - \arctan(-0.326) = -77.67 \end{aligned}$$

$$(-3, -9) \quad \theta_2 = \arctan \left(\frac{(-3)^2 + (-9)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2(30)(20)} \right) \left(\frac{1210}{7200} \right)$$

$$= -7.008$$

$$\theta_2 = \arctan(-7.008) = -45.228 \quad \theta_2 = -45.228$$

$$q_1 = \arctan \left(\frac{-9}{-3} \right) = \arctan \left(\frac{20 \sin(-45.228)}{30 + 2 \cos(-45.228)} \right) = \frac{-14.198}{44.025} = -0.322$$

$$q_1 = \arctan(3) = \arctan(-0.322) = 89.47$$

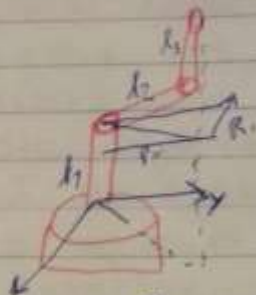
$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -30 \sin(89.47) + 20 \sin(89.47 + (-45.228)) - 20 \sin(89.47 + (-45.228)) \\ 30 \cos(89.47) + 20 \cos(89.47 + (-45.228)) + 20 \cos(89.47 + (-45.228)) \end{bmatrix}$$

$$(2, 3)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -20 \sin(93.967) - 20 \sin(93.967 + (-45.735)) - 20 \sin(93.967 + (-45.735)) \\ 30 \cos(93.967) + 20 \cos(93.967 + (-45.735)) + 20 \cos(93.967 + (-45.735)) \end{bmatrix}$$

$$(7, -4)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -30 \sin(-77.670) - 20 \sin(-77.670 + (-45.818)) - 20 \sin(-77.670 + (-45.818)) \\ 30 \cos(-77.670) + 20 \cos(-77.670 + (-45.818)) + 20 \cos(-77.670 + (-45.818)) \end{bmatrix}$$



$$\theta_3 = \arctan \left(\frac{p_y}{p_x} \right)$$

$$\cos \theta_3 = \frac{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 l_1 l_3}$$

$$\sin \theta_3 = \frac{\pm \sqrt{1 - \cos^2 \theta_3}}{\cos \theta_3}$$

$$\theta_3 = \left(\frac{\pm \sqrt{1 - \cos^2 \theta_3}}{\cos \theta_3} \right)$$

Datos: p_x, p_y, p_z donde se quiere saber el extremo del robot.

Fig. 2.92



$$q = \theta - \alpha$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{P_y}{P_x}\right) = \frac{P_y}{\sqrt{P_x^2 + P_y^2}}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{l_3 \sin q_3}{l_2 + l_3 \cos q_3}\right)$$

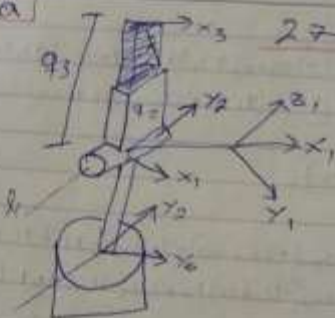
$$q_2 = \arctan\left(\frac{P_y}{\sqrt{P_x^2 + P_y^2}}\right)$$

$$= \arctan\left(\frac{l_3 \sin q_3}{l_2 + l_3 \cos q_3}\right)$$

FIGURA 1. TOSCA

Robot articulado de 3 GDL

27-03-79



Tabla

obtener $T_3^0, A_1^0, A_2^1, A_3^2$

θ_i	d_i	q_i	a_i
q_1	l_1	0	-90°
q_2	0	0	90°
0	q_3	0	0

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0.91 & 0.51 & 0 \\ 51 & 0.21 & 0 \\ 0 & 1 & 0.6 \\ 0 & 0 & 0.6 \end{bmatrix} \quad A_2 = \begin{bmatrix} 0.41 & 0.51 & 0 \\ 51 & 0.41 & 0 \\ 0 & 1 & 0.0 \\ 0 & 0 & 0.7 \end{bmatrix} \quad A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0.00 \\ 0 & 1.00 \\ 0 & 0.18 \\ 0 & 0.01 \end{bmatrix}$$

08-04-79

Flavio A.

Practica #3

libreria state Publisher

Este paquete le permite publicar el estado de un robot para tf. Una vez que el estado se publica, esta disponible para todos los componentes del sistema que tambien usan tf. El paquete toma los angulos de union del robot como entrada y publica las poses 3D de los enlaces del robot, utilizando un modelo de arbol cinematico del robot. El paquete se puede utilizar como biblioteca y como nodos ROS. Este paquete ha sido bien probado y el codigo es estable, no se esperan cambios importantes en el futuro cercano.

ROS base Acción lib.

Proporciona una interfaz estandarizada para interactuar con tareas previas. Los ejemplos de esto incluyen mover la base a una ubicacion de destino, realizar un escaneo laser y devolver la nube de puntos resultantes, detectar el asa de una puerta etc.

08-04-79
Fila 1

Common messages / common-ways

Contiene mensajes que son ampliamente utilizados por otros pequeños ROS. Estos incluyen mensajes para acciones, dispositivos, primitivas geométricas (geométricos) y sensores comunes, como buscadores, láser de rango, cámaras, hubs de puntos.