



Robot DELTA

Robot parallèle à 3 parallélogrammes.

Descriptif du système

Les robots DELTA sont des éléments essentiels des lignes de production automatisées en raison de leur vitesse de déplacement élevée et de leur précision de positionnement. Ils sont parfaitement adaptés aux opérations « Pick & Place » qui sont souvent exécutées plusieurs millions de fois par jours par les robots modernes.

Le système didactique Robot DELTA permet aux étudiants d'aborder les grands fondements de la robotique tels que la **cinématique directe et inverse**, la **génération de trajectoires**, la **planification de mouvement** et la **programmation robotique**. Ce robot est doté d'un actionneur magnétique permettant de déplacer des pièces.

Le robot DELTA se compose d'une partie opérative (réf. AO04) avec trois **servomoteurs** supportant trois **mécanismes bielles manivelles** couplés à une embase mécanique support de l'**actionneur magnétique**. Le châssis en profilé supporte la **caméra numérique**. La partie commande intègre une interface électronique connectée à une carte de contrôle/commande. Celle-ci peut être choisie en fonction du langage de programmation souhaitée par l'équipe enseignante. Les cartes de contrôle/commande disponible sont :

- ✓ Carte MyRIO permettant la programmation à partir de **LabVIEW** (réf. AO01)
- ✓ Carte Arduino Mega permettant la programmation à partir de **MATLAB Simulink** (réf. AO02)
- ✓ Carte Raspberry Pi3 permettant la programmation à partir de **Python** (réf. AC//RPi3)

Il est possible d'acquérir une seule partie opérative et différentes cartes de contrôle/commande pour augmenter la couverture pédagogique du robot DELTA.

Ce système est accompagné de documents sous format numérique comprenant :

- ✓ Un **manuel de montage et d'utilisation**
- ✓ Un **manuel de cours et travaux pratiques**
- ✓ Une **application convoyeur de pièces** pour tablette Android
- ✓ Les programmes **LabVIEW** et **MATLAB Simulink**

Solutions techniques abordées

- Robot DELTA à 3 barres rigides
- Trois servomoteurs numériques
- Trois mécanismes Bielle / Manivelle avec rotules
- Actionneur magnétique pour les applications « Pick & Place »
- Caméra numérique pour la vision
- Carte électronique d'interface entre la partie opérative et les cartes de commandes (myRIO, Arduino et Raspberry)
- Entièrement compatible avec LabVIEW et MATLAB Simulink
- Structure logiciel Open Source pour personnaliser les applications souhaitées

Points forts

- **Robot DELTA didactisé** permettant d'**appréhender les grands fondements de la robotique**.
- Partie commande au choix des utilisateurs avec programmation sous **LabVIEW, MATLAB Simulink, Python**.
- Programmes Open source permettant de réaliser ces propres interfaces de commande.

Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles
IUT - Universités – Ecoles d'ingénieurs

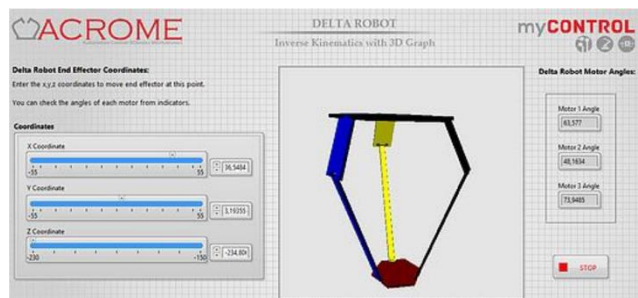
Thématiques abordées

Mécanique, Instrumentation, Asservissement
Electronique & Communication
Robotique

En partenariat avec



Retrouvez la vidéo
sur la chaîne



Logiciel LabVIEW avec modèle 3D

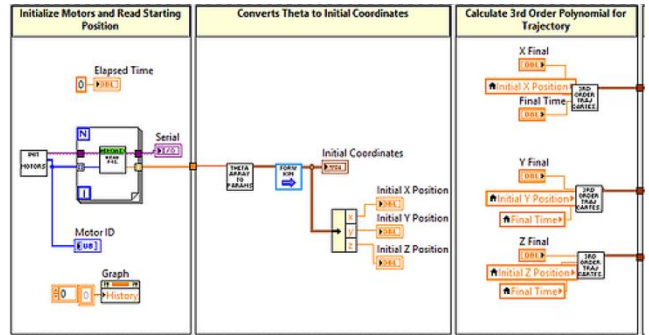
Références

- AO04 : Robot DELTA
- AO01 : Contrôle commande avec MyRIO
- AO02 : Contrôle commande avec Arduino Mega
- AC//RPi3 : Contrôle commande avec Raspberry Pi 3



Logiciel & Guide de développement

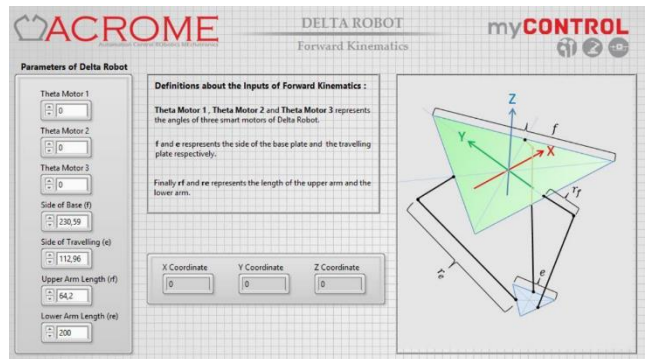
- Le logiciel fourni avec le robot DELTA est sous LabVIEW ou MatLab et entièrement Open Source.
- Les étudiants peuvent facilement intégrer leurs propres algorithmes au logiciel du robot et les exécuter instantanément.
- Les algorithmes prédéfinis fournissent une connaissance de base sur la manière avec laquelle les robots DELTA sont utilisés dans la robotique industrielle.
- Après avoir couvert les principes de la conception de logiciels pour la robotique, les étudiants peuvent programmer en fonction des applications qu'ils désirent réaliser. Par exemple des applications « Pick & Place » synchronisés avec un second robot avec traitement d'image, ... Les seules limites sont l'imagination des étudiants.



Application Robot DELTA Open Source sous LabVIEW

Interface Graphique pour l'éducation

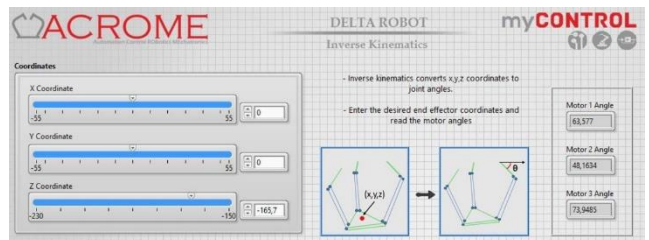
- Le robot DELTA est fourni avec une interface graphique « prêt à l'emploi » intégrant la visualisation d'un modèle 3D du robot
- Ce modèle 3D permet aux étudiants de vérifier leurs algorithmes, tels que la cinématique inverse ou le générateur de trajectoire avant de l'implémenter sur le robot réel.
- Le modèle 3D fait partie intégrante du logiciel et il peut être personnalisé par le logiciel LabVIEW ou MatLab.
- L'interface graphique fournie donne une idée sur la manière de développer une infrastructure simple de programmation de robot comme la construction des trajectoires, la création de liste de commandes, contrainte de vitesse de l'actionneur final, etc.



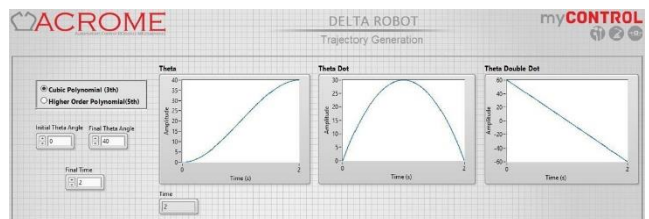
Contrôle/Commande avec modèle géométrique direct

Quelques activités pédagogiques envisageables

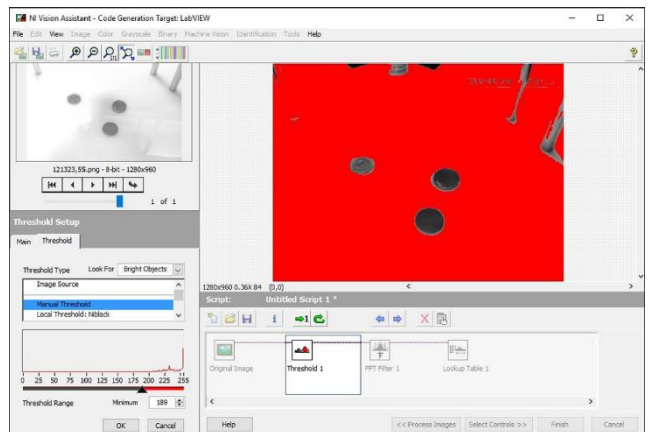
- Etude fonctionnelle et structurelle du robot DELTA :**
 - Le mécanisme du robot parallèle
 - Les servomoteurs
 - La carte électronique d'interface
 - La carte de contrôle/commande myRIO, Arduino ou Raspberry
 - La caméra numérique.
- Etude des modèles cinématiques du robot :**
 - Modèle cinématique direct
 - Modèle cinématique inverse
- Etude des trajectoires du robot :**
 - Théorie sur la génération des trajectoires
 - Plans dans l'espace cartésien
 - Plans dans l'espace articulaire
 - Polynômes cubiques
 - Polynômes d'ordre supérieur
 - Fonction linéaire avec mélanges paraboliques aux points de liaisons
 - Implémentation des trajectoires sur le robot
- Etude de l'acquisition et du traitement des images :**
 - Calibration des images
 - Filtrage par motif
 - Les fonctions du traitement d'image
 - Tableau de conversion
 - Transformée de Fourier
 - Extraction du plan de couleur
 - Seuil



Contrôle/Commande avec modèle géométrique inverse



Contrôle/Commande avec génération des trajectoires



Traitement d'images sous LabVIEW



Curriculum Acrome disponible (En français) pour l'environnement Labview

1 Vue d'ensemble

- 1.2.2 Théorie du fonctionnement
- 1.3 Boîtier de distribution d'énergie ACROME
- 1.4 NI myRIO
- 1.5 Webcam

2 Cinématique du robot Delta

- 2.1 Cinématique directe du robot Delta
 - 2.1.1 Exercice de laboratoire : Cinématique directe du robot Delta
- 2.2 Cinématique inverse du robot Delta
 - 2.2.1 Exercice de laboratoire : Cinématique inverse du robot Delta
- 2.3 La mobilité du robot Delta

3 Génération de trajectoires

- 3.1 Introduction
- 3.2 Considérations générales sur la description de la voie et la génération
- 3.3 Schémas spatiaux cartésiens
 - 3.4 Schémas spatiaux des articulations
 - 3.4.1 Polynômes cubiques
 - 3.4.1.1 Exercice de laboratoire : Polynômes cubiques pour un point unique
 - 3.4.1.2 Réponse: Polynômes cubiques pour le point unique
 - 3.4.1.3 Exercice de laboratoire : Polynômes cubiques pour l'espace cartésien
 - 3.4.1.4 Exercice de laboratoire : Polynômes cubiques pour l'espace des articulations
 - 3.4.2 Polynômes cubiques pour une trajectoire avec points de passage
 - 3.4.2.1 Exercice de laboratoire : Polynômes cubiques pour un parcours avec des points de passage
 - 3.4.3 Polynômes d'ordre supérieur
 - 3.4.3.1 Exercice en laboratoire : polynômes d'ordre supérieur pour l'espace cartésien
 - 3.4.3.2 Exercice en laboratoire : polynômes d'ordre supérieur pour l'espace des articulations
 - 3.4.4 Fonction linéaire avec section paraboliques
 - 3.4.5 Fonction linéaire avec sections paraboliques pour un chemin avec des points de passage
 - 3.4.5.1 Exercice de laboratoire : Fonction linéaire avec des sections paraboliques pour un chemin avec des points de passage

4 Directives de vision pour le robot Delta

- 4.1 Introduction aux systèmes de vision
 - 4.2 NI Vision Acquisition Software
 - 4.2.1 Sous-palette Vision Express
 - 4.2.1.1 Vision Acquisition Express
 - 4.2.1.2 Vision Assistant Express
 - 4.2.1.2.1 Extraction du plan de couleur
 - 4.2.1.2.2 Exercice de laboratoire : Acquisition d'image et traitement en niveaux de gris
 - 4.2.1.2.3 Seuillage
 - 4.2.1.2.4 Filtre FFT
 - 4.2.1.2.5 Look-up table (LUT)
 - 4.2.1.2.6 Exercice de laboratoire : Acquisition d'image avec seuillage, filtre FFT et LUT
 - 4.2.1.2.7 Reconnaissance de forme
 - 4.2.1.2.8 Exercice de laboratoire : Reconnaissance de forme non calibrée
 - 4.2.1.3 Image de calibration
 - 4.2.1.3.1 Exercice de laboratoire : Acquisition d'image avec calibrage et correction
 - 4.2.1.3.2 Exercice de laboratoire : Reconnaissance de forme calibrée
 - 4.3 Étalonnage du système d'imagerie
 - 4.4 Application "Pick and Place" du robot Delta
 - 4.4.1 Exercice de laboratoire : application Pick and Place

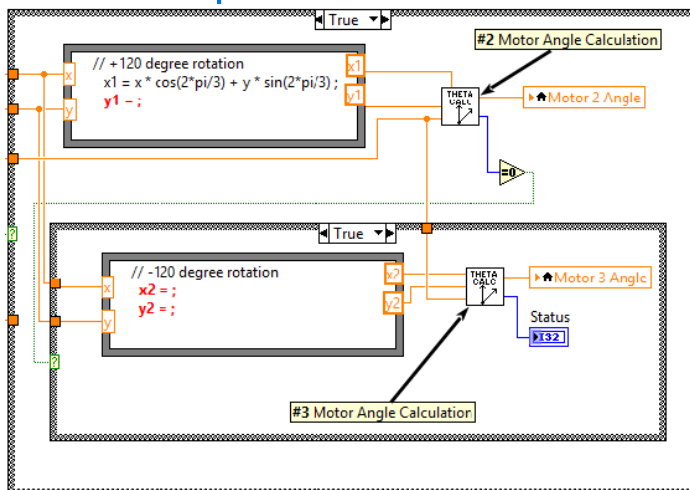
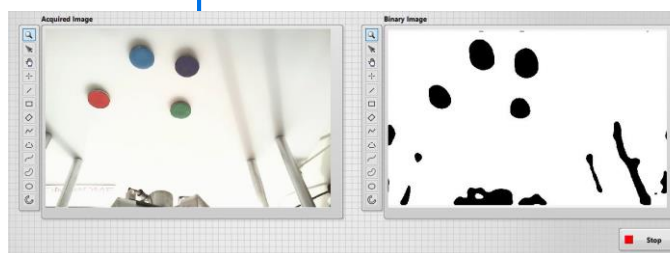


Diagramme .vi de la cinématique inverse



Acquisition d'image avec seuillage, filtre FFT et LUT



Curriculum Acrome disponible (En français) pour l'environnement MatLAB Simulink

1 Composants du robot Delta

- 1.1 Electro-aimant rond
- 1.2 Les servomoteurs intelligents
 - 1.2.1 Composants du robot Delta
- 1.1 Electroaimant
 - 1.2 Les servomoteurs intelligents
 - 1.2.1 Vue d'ensemble
 - 1.2.2 Théorie du fonctionnement
- 1.3 Boîtier de distribution d'énergie ACROME
- 1.4 Arduino Mega 2560
- 1.5 Webcam

2 Cinématique du robot Delta

- 2.1 Cinématique directe du robot Delta
 - 2.1.1 Exercice de laboratoire : Cinématique directe du robot Delta
- 2.2 Cinématique inverse du robot Delta
 - 2.2.1 Exercice de laboratoire : Cinématique inverse du robot Delta
- 2.3 Mobilité du robot Delta

3 Génération de trajectoires

- 3.1 Introduction
- 3.2 Considérations générales sur la description et la génération de la trajectoire
- 3.3 Schémas spatiaux cartésiens
 - 3.4 Schémas spatiaux des articulations
 - 3.4.1 Polynômes cubiques
 - 3.4.1.1 Exercice de laboratoire : Polynômes cubiques pour un point unique
 - 3.4.1.2 Réponse : Polynômes cubiques pour le point unique
 - 3.4.1.3 Exercice de laboratoire : Polynômes cubiques pour l'espace cartésien
 - 3.4.1.4 Exercice de laboratoire : Polynômes cubiques pour l'espace des articulations
 - 3.4.2 Polynômes cubiques pour une trajectoire avec points de passage
 - 3.4.2.1 Exercice de laboratoire : Polynômes cubiques pour un parcours avec des points de passage
 - 3.4.3 Polynômes d'ordre supérieur
 - 3.4.3.1 Exercice en laboratoire : polynômes d'ordre supérieur pour l'espace cartésien
 - 3.4.3.2 Exercice en laboratoire : polynômes d'ordre supérieur pour l'espace des articulations
 - 3.4.4 Fonction linéaire avec sections paraboliques
 - 3.4.5 Fonction linéaire avec sections paraboliques pour un chemin avec des points de passage
 - 3.4.5.1 Exercice de laboratoire : Fonction linéaire avec des sections paraboliques pour un chemin avec des points de passage

4 Directives de vision pour le robot Delta

- 4.1 Introduction aux systèmes de vision
 - 4.1.1 Exercice en laboratoire: Acquisition d'image et traitement en niveaux de gris
 - 4.1.2 Seuillage
 - 4.1.3 Reconnaissance de forme
 - 4.1.3.1 Exercice de laboratoire: Reconnaissance de forme non calibrée
 - 4.1.3.2 Image de calibration
 - 4.1.3.2.1 Exercice de laboratoire : Acquisition de la vision avec calibration et correction
 - 4.1.3.2.2 Exercice de laboratoire : Reconnaissance de forme calibrée
- 4.2 Application Smash du robot Delta
 - 4.2.1 Exercice de laboratoire: application Pick and Place

```

InverseKinematics.m
146 - x0 = block.InputPort(5).Data;
147 - y0 = block.InputPort(6).Data;
148 - z0 = block.InputPort(7).Data;
149
150 - for i= 0:2
151
152 -     if(i == 0)
153 -         x0_1 = x0;
154 -         y0_1 = y0;
155 -     elseif(i == 1)
156 -         %+120 degree rotation
157 -         x0_1 = x0 * cos(3.14/3*2) + y0 * sin(3.14/3*2);
158 -         y0_1 =
159
160 -     elseif (i == 2)
161 -         %-120 degree rotation
162 -         x0_1 =
163 -         y0_1 =
164
165 -     end
166
167 - non_exist_flag = 0;
168 - y1 = -0.5 * f * tan(3.14 / 6);
169 - y0_1 = y0_1 - (0.5 * tan(3.14 / 6) * e);
170
    
```

Coe MatLAB de cinématique inverse

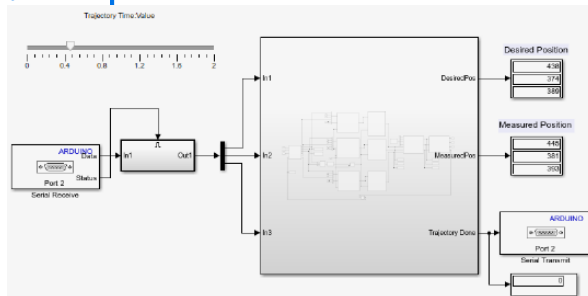


Schéma bloc Simulink de l'application de Pick-and-Place