

Intégration de LabVIEW et Node-RED dans un système de tri d'objets par couleur à base d'un bras robotisé connecté

Imene Zitoun^{#1}, Marwen Fassatoui^{#2}, Alouani Med Youssef^{#3}, Assma Ben Jebara^{#4}

¹*Direction Générale des Etudes Technologiques, Institut supérieur des études technologiques de Djerba.*

²*Direction Générale des Etudes Technologiques, Institut supérieur des études technologiques de Radès.*

¹*Avenue de la Liberté, Route Houmet Souk - 4116 Midoun - Djerba (Tunisie)*

²*Rue de Jérusalem 2098 Radès Médina – Ben Arous (Tunisie)*

¹imen.isetjbg@gmail.com

²marouan.fassatoui@gmail.com

³alouaniy761@gmail.com

⁴assmabjebara@gmail.com

Résumé— Le tri manuel d'objets dans les industries réalisé par des opérateurs humains consomme du temps et de l'énergie, surtout lorsqu'il s'agit de volumes importants. Les opérations de tri humain ont été remplacées par des systèmes robotisés pour automatiser le tri des objets, ce qui a permis de gagner du temps et d'améliorer les résultats. Cependant ces approches d'automatisation traditionnelles des systèmes de tri manquent souvent de précision et de capacités de suivi à distance, et ne sont généralement pas connectées à des réseaux IoT. Cela limite leur efficacité et les rend peu adaptés aux tâches complexes comme le tri d'objets selon leur couleur.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail qui vise à concevoir, implémenter et réaliser un système intelligent de tri par couleur basé sur un bras robotisé capable de détecter, identifier et déposer des objets selon leurs couleurs. Ce système utilise les technologies Node-RED pour le pilotage et la gestion des flux IoT et LabVIEW pour la supervision en temps réel à travers une interface graphique.

L'originalité de l'approche réside dans la combinaison de ces deux plateformes, permettant de concevoir un prototype flexible, performant et facilement intégrable dans un environnement industriel connecté.

Mots clés— Tri par couleur , Bras robotisé, IoT, Supervision, LabVIEW, Node-RED, MQTT

I. INTRODUCTION

Au fil des années, les systèmes de tri ont subi une grande évolution, ils sont passés des mécanismes électromécaniques simples aux solutions intégrant des bras robotisés [1]. Un bras robotisé est un dispositif programmable qui utilise les technologies numériques pour effectuer des tâches spécifiques dans diverses applications, telles que la fabrication, l'assemblage et les services de tri etc. C'est un robot idéal pour les industriels, qui cherchent à maintenir leur compétitivité, en adoptant les technologies avancées basée sur l'intégration de l'Internet des objets (IoT) [2]. Cependant ces systèmes de tri restent un enjeu majeur quand il s'agit de trier des objets selon leurs couleurs [3]. De plus, la supervision à distance de ces systèmes reste limitée, empêchant ainsi l'évolution vers des industries véritablement connectées et intelligentes. Ces contraintes soulignent la nécessité de solutions innovantes capables de répondre aux exigences de connectivité et de supervision en temps réel.

Dans ce contexte s'inscrit ce travail dont l'objectif est de développer un système intelligent de tri par couleur supervisé à distance, combinant la commande via Node-RED et la supervision en temps réel via LabVIEW [4], [5]. L'objectif est de concevoir une solution à la fois flexible et adaptable, pouvant être déployée dans un environnement industriel évolutif. Notre système comprend un bras robotisé placé à côté d'un convoyeur (tapis roulant) associé à un capteur de présence pour détecter l'arrivée d'un objet et un capteur de couleur permettant d'identifier la couleur des objets. Une fois la couleur est identifiée, le bras robotisé,

équipé de servomoteurs et piloté par une carte Arduino, saisit l'objet et le place avec précision dans la zone correspondant à sa couleur.

La phase de détection automatique des couleurs est réalisée à l'aide d'un capteur TCS2300 [6] placé au-dessus d'un convoyeur piloté par une carte ESP32. Le bras robotisé devrait offrir des mouvements fluides et une grande précision dans la détection des couleurs des objets [7].

II. METHODOLOGIE ET ARCHITECTURE

Ce travail vise à développer un système intelligent de tri par couleur reposant sur l'utilisation d'un bras robotisé, associé à des technologies de pointe telles que Node-RED pour la gestion des flux IoT et LabVIEW pour la supervision en temps réel.

La figure ci-dessous illustre le schéma synoptique du système de tri, le matériel repose sur une carte ESP32 pour la commande du convoyeur et pour le traitement des données à travers Node-Red, et une carte Arduino Uno pour la commande du bras robotisé à travers les servomoteurs. La partie logicielle repose sur LabVIEW, utilisé pour la conception de l'interface graphique de supervision en temps réel et Node-RED utilisé pour la gestion du flux de données utilisant le protocole de communication MQTT.

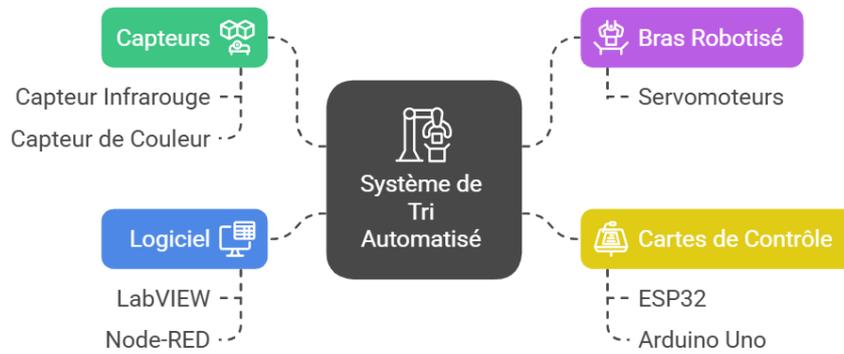


Fig. 1 Schéma synoptique

La conception du système est divisée en trois parties : La conception mécanique du prototype comportant le convoyeur et le bras robotisé [8], le diagramme d'état représentant le fonctionnement du bras robotisé et l'architecture IoT détaillant la connexion entre les différents composants du système.

A. Conception Mécanique

Le bras robotisé comporte trois articulations motorisées, actionnées par des servomoteurs qui imposent une précision angulaire essentielle pour les tâches de préhension et de placement. La figure 2 ci-dessous représente la structure mécanique du système et le modèle 3D du prototype réalisé avec le logiciel SolidWorks :

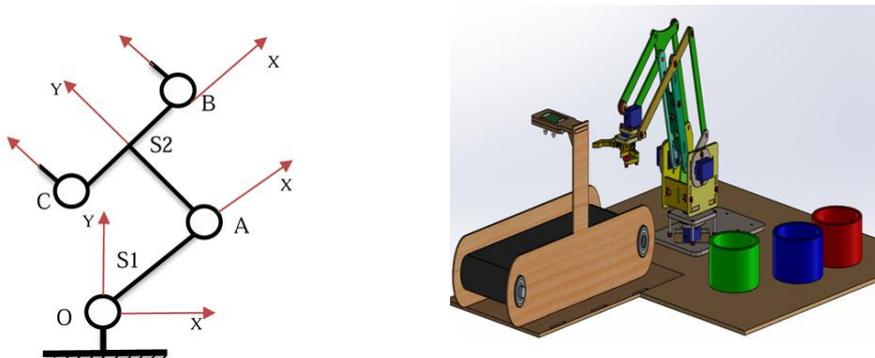


Fig. 2 Conception mécanique avec SolidWorks

Chaque articulation utilise des paliers lisses pour réduire les frottements, et la préhension est assurée par une pince à deux doigts. Piloté par une carte Arduino, le bras suit des trajectoires point à point synchronisées avec la détection de couleur, offrant ainsi une manipulation précise et fiable des objets. Les objets à détecter

ont une forme cylindrique, comme illustré à la figure 3. Les couleurs des objets sont le rouge, le bleu et le vert, ce qui correspond aux couleurs que le capteur peut détecter.



Fig. 3 Couleur des objets à détecter

B. Diagramme d'état du cycle de tri

La présence de l'objet sur le convoyeur est détectée par le premier capteur infrarouge (IR1), avant que le capteur de couleur ne détecte une couleur, le bras est d'abord mis en position de veille. Le capteur de couleur reçoit alors la fréquence et lorsqu'un objet est détecté par le premier capteur IR, le convoyeur s'arrête pendant 5 secondes afin de permettre au capteur de couleur de scanner l'objet. Ensuite, le convoyeur redémarre. Quand l'objet atteint le deuxième capteur IR2, celui-ci arrête de nouveau le moteur du convoyeur et envoie un signal aux servomoteurs vers la position désignée en fonction du placement de la couleur. Le fonctionnement du cycle de tri est illustré par le diagramme d'état suivant :

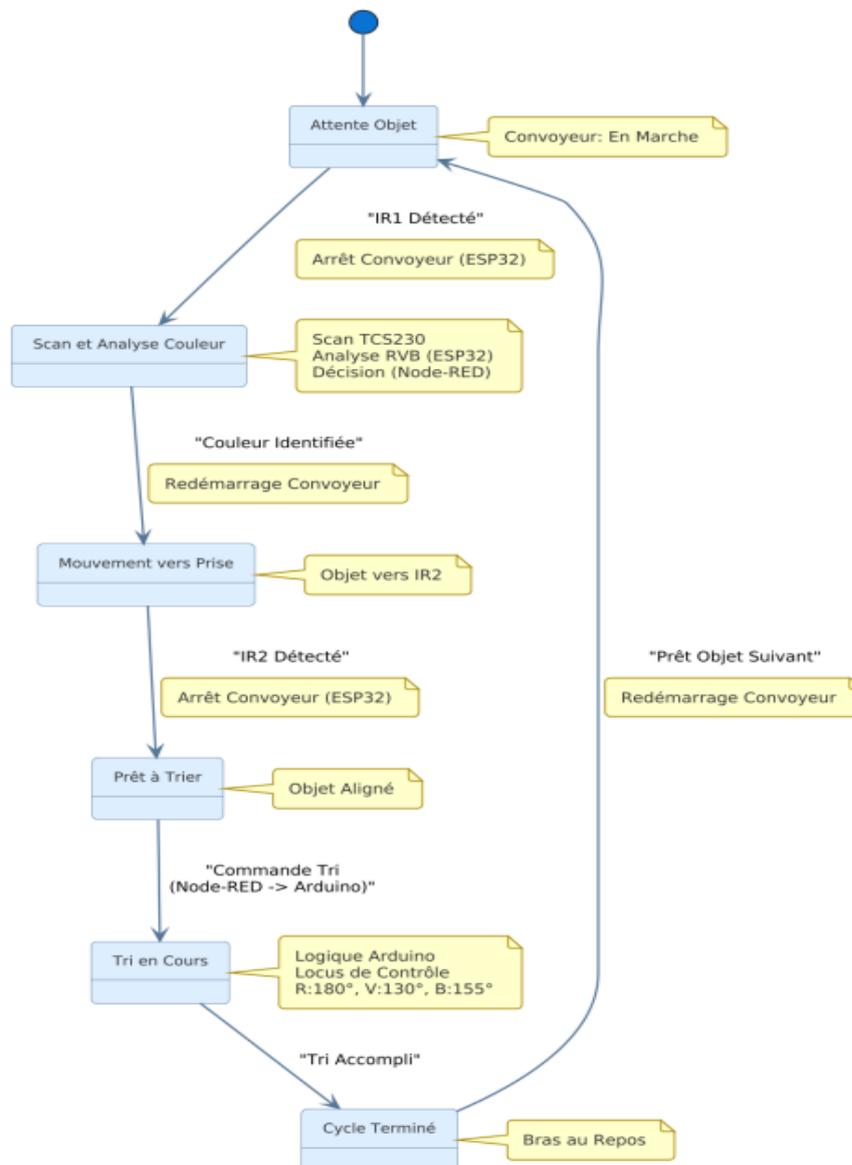


Fig. 4 Diagramme d'état du cycle de tri

- En fonction de la couleur détectée, le servo-moteur se positionne à un angle précis :
- 180° pour la couleur rouge
 - 130° pour la couleur verte
 - 155° pour la couleur bleue

C. Architecture IoT

Le système de tri d'objet par couleur est caractérisé par une architecture hétérogène qui combine à la fois la carte ESP32 pour la gestion du convoyeur et la carte Arduino Uno pour la commande du bras robotisé. Le système utilise Node-RED, un environnement de développement JavaScript, adapté au développement de systèmes IoT [12] pour la gestion de flux de données. L'interface utilisateur graphique (homme – machine) est développée avec LabVIEW [13] afin de superviser le processus de tri en temps réel. La connexion entre les composants électroniques à travers les plateformes et interfaces utilisateur est illustrée dans la figure suivante :

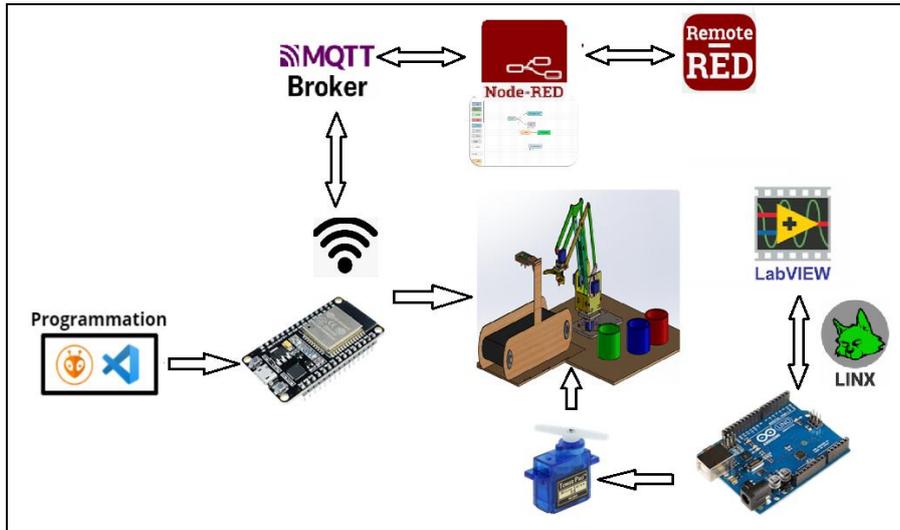


Fig. 5 Architecture IoT du système

III. MATERIEL UTILISE

Le système utilise plusieurs composants clés pour atteindre l'objectif souhaité. La liste des composants électroniques est illustrée dans le tableau I ci-dessous :

TABLEAU I
 COMPOSANTS ET MATERIEL

Pour la Commande du convoyeur		Pour la Commande du tri	
	Carte ESP32		Carte Arduino Uno
	Moteur pas à pas		Capteur de couleur TCS3200
	Shield moteur		Servomoteur
	Capteur infrarouge		Diode Led

La carte ESP32 est utilisée pour la commande du convoyeur et des capteurs tandis que la carte Arduino Uno est utilisée commander les servos moteurs du bras robotisé. Le capteur de couleur TCS3200 a été choisi suite aux recherches menées dans [9]. Le capteur de couleur est connecté aux broches du microcontrôleur Arduino IDE pour détecter la couleur rouge, verte et bleue. D'après les recherches menées dans [10] et [11], le servomoteur a été choisi pour ce prototype de recherche en raison de son alimentation électrique limitée et de la simplicité de son fonctionnement.

IV. RESULTAT ET ANALYSES

L'expérience a été menée pour les 4 degrés de liberté (DDL) du bras robotisé, incluant les 4 servomoteurs. La première expérience consiste à contrôler manuellement le mouvement du bras robotique en fonction de l'angle saisi par l'utilisateur via l'interface graphique. Cette expérience a permis de conclure que le bras robotique répondait aux instructions (commandes) données par l'utilisateur via l'interface utilisateur LabVIEW.

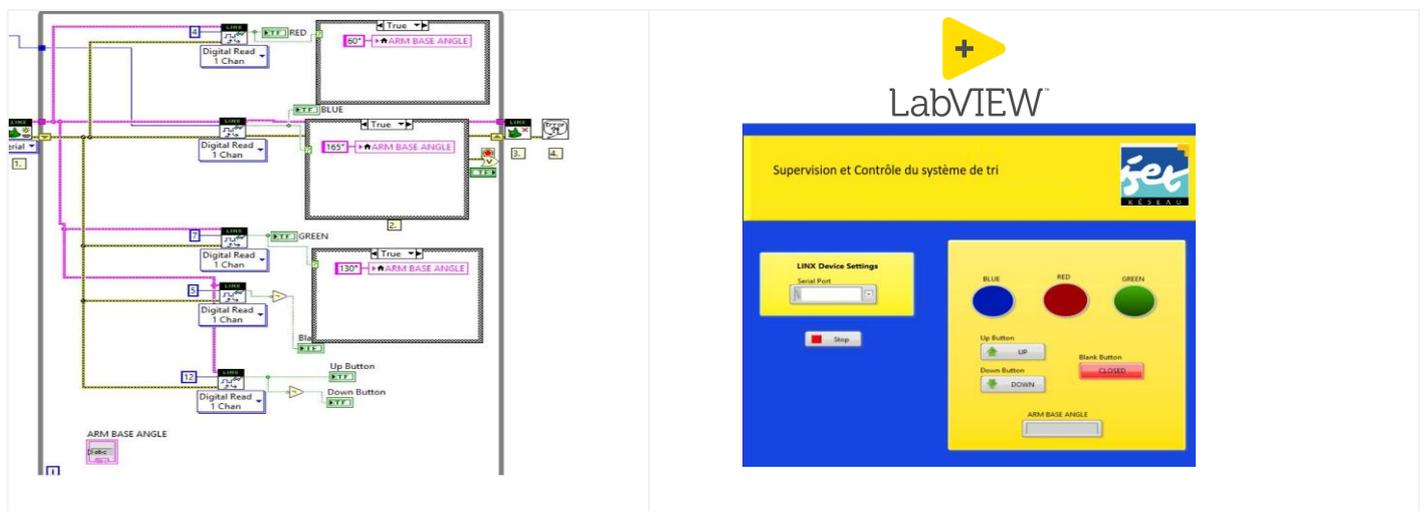


Fig. 6 Interfaces LABVIEW (Supervision du tri)



Fig. 7 Interfaces Node -RED (Commande du convoyeur)

La deuxième expérience a testé le fonctionnement automatique et autonome du bras pour la détection, la reconnaissance de couleur et la pose de l'objet dans l'endroit adéquat selon sa couleur. Le bras a placé l'objet rouge à un angle de déplacement prédéfini de 180°, l'objet vert à 130°, et le bleu à 155° comme le montrent les figures ci-dessous :

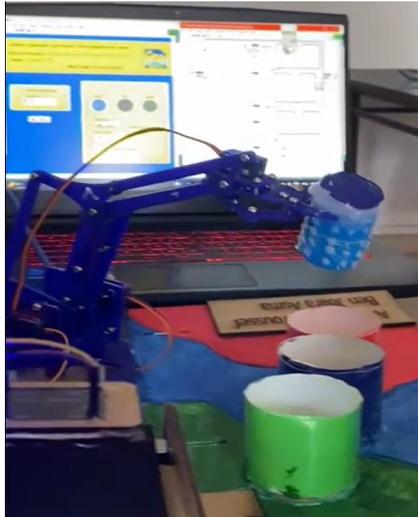


Fig. 8 Identification et tri de la couleur bleue

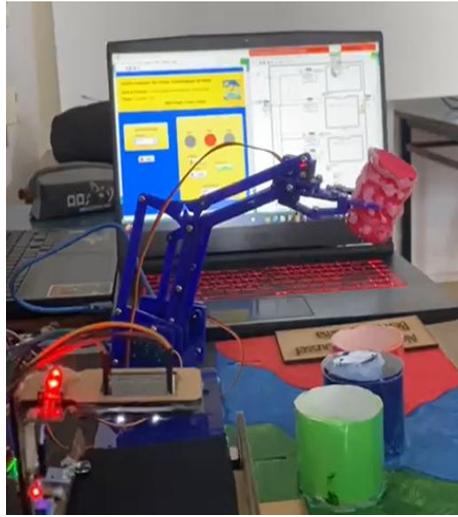


Fig. 9 Identification et tri de la couleur rouge

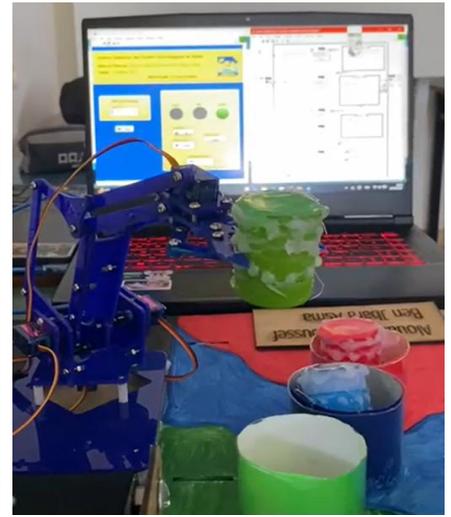


Fig. 10 Identification et tri de la couleur verte

Les figures 8, 9 et 10 montrent le bras en train d'identifier et de déposer l'objet dans l'endroit adéquat selon sa couleur. L'interface utilisateur LabVIEW affiche la couleur de l'objet détecté à chaque détection de celui-ci.

V. CONCLUSION

En conclusion, ce travail a permis de combiner la technologie Node-RED et LabVIEW afin de développer un système de tri d'objets connecté, supervisable à distance et capable de trier les objets selon leur couleur. Le prototype a démontré avec succès cette capacité de détecter, identifier et déposer les objets selon leur couleur.

Les améliorations à apporter à ce projet sont étroitement liées à l'intelligence artificielle, et à la reconnaissance de couleur à travers l'apprentissage machine. Pour les travaux futurs, il est recommandé d'améliorer le prototype pour pouvoir saisir et placer des objets plus lourds.

REFERENCES

- [1] Y. Zhou, T. Yu, W. Gao, W. Huang, Z. Lu, Q. Huang, and Y. Li, "Shared three-dimensional robotic arm control based on asynchronous BCI and computer vision," *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 31, pp. 3163–3175, 2023.
- [2] M. Guennoun and F. Bennouna, "Utilisation de l'industrie 4.0 par les entreprises industrielles marocaines comme moyen de résilience face à la crise du Covid-19," in *Proc. Colloque sur les Objets et Systèmes Connectés*, June 2023.
- [3] P. B. Patil, S. S. Patil, and M. L. Harugade, "Review on colored object sorting system using Arduino UNO," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 5, pp. 6181–6184, 2019.
- [4] T. Yoshimi, N. Iwata, M. Mizukawa, and Y. Ando, "Picking up operation of thin objects by robot ARM with two-fingered parallel soft gripper," in *Proc. Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, 2012, doi: 10.1109/ARSO.2012.6213390.
- [5] R. S. Pol, S. Pol, R. S. Mulik, and N. S. Bhosle, "LabVIEW based four DoF robotic ARM," in *IEEE Proc. International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, 2016.
- [6] R. Szabó and I. Lie, "Automated colored object sorting application for robotic arms," in *Proc. 10th Int. Symp. Electronics and Telecommunications (ISETC)*, 2012, pp. 95–98, doi: 10.1109/ISETC.2012.6408119.
- [7] A. M. M. Ali, K. Kadir, M. M. Billah, Z. Yosuf, and Z. Janin, "Development of Prismatic robotic arms for rehabilitation by using Electromyogram (EMG)," in *Proc. IEEE 5th Int. Conf. Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*, 2018, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICSIMA.2018.8688770.
- [8] N. K. Agrawal, V. K. Singh, V. S. Parmar, V. K. Sharma, D. Singh, and M. Agrawal, "Design and development of IoT based robotic arm by using Arduino," in *Proc. Fourth Int. Conf. Comput. Methodologies Commun. (ICCMC)*, 2020, pp. 776–780, doi: 10.1109/ICCMC48092.2020.ICCMC-000144.
- [9] G. I. E. Panie and A. B. Mutiara, "Development of robotic arm for color based goods sorter in factory using TCS3200 sensor with a web-based monitoring system," in *Proc. Third Int. Conf. Informatics Comput. (ICIC)*, 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/IAC.2018.8780461.
- [10] G. Kato, D. Onchi, and M. Abarca, "Low cost flexible robot manipulator for pick and place tasks," in *Proc. 10th Int. Conf. Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*, 2013, pp. 677–680, doi: 10.1109/URAI.2013.6677451.
- [11] P. Bora and V. Nandi, "Low cost shadow function based articulated robotic arm," in *Proc. Int. Conf. Energy, Power and Environment: Towards Sustainable Growth (ICEPE)*, 2015, pp. 1–4, doi: 10.1109/EPETSG.2015.7510079.
- [12] K. Ferencz and J. Domokos, "Using Node-RED platform in an industrial environment," in *Proc. XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia*, Budapest, 2019, pp. 52–63.
- [13] C. C. Mouli, P. Jyothi, K. N. Raju, and K. Nagabhushan, "Design and implementation of robot arm control using LabVIEW and ARM controller," *IOSR J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 5, pp. 80–84, 2013.