

RANCANG BANGUN ALAT PENGUBAH RPM DARI PULSA ENCODER KE TEGANGAN

Oleh : Bambang Supriyo¹, Sihono², Kusno Utomo³, Bangun Krishna⁴, Achmad Fahrul Aji⁵

¹²³⁴⁵Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto, Tembalang , Semarang, 50275

E-mail: bsupriyo0707@gmail.com

Abstrak

Encoder adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mendeteksi jumlah putaran poros encoder yang direpresentasikan dalam bentuk pulsa. Setiap encoder memiliki jumlah pulsa per putaran (PPR) tertentu sesuai spesifikasinya. Berdasarkan PPR ini, jumlah putaran poros dapat dihitung. Pada penelitian ini, Arduino Uno diprogram untuk mengubah jumlah pulsa yang dihasilkan encoder menjadi kecepatan putarannya (RPM). RPM yang diatur pada kisaran 0 – 5000 diubah menjadi tegangan sebesar 0 – 5 Volt. Karena Arduino Uno tidak memiliki pin output analog, maka proses konversi RPM ke tegangan dilakukan menggunakan modul Digital to Analog Converter (DAC) 12-bit MCP4725. Proses ini menghasilkan grafik RPM fungsi tegangan. Berdasarkan grafik ini persamaan matematis yang mewakili proses konversi dari tegangan ke RPM dapat ditentukan. Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata persentase error antara RPM nyata dari mikrokontroler dengan RPM dihitung dari persamaan grafik adalah sekitar 0.83 %

Kata Kunci: encoder, arduino, pulsa, RPM, DAC.

Abstract

An encoder is an electronic device used to detect the number of revolutions of its shaft which is represented in the form of pulses. Each encoder has a specific number of pulses per revolution (PPR). Based on this PPR, the number of revolutions of the shaft can be calculated. In this research, the Arduino Uno is programmed to convert the number of pulses produced by the encoder into its rotational speed (RPM). The RPM, which is set within the range of 0 – 5000, is then converted into its respective voltage of 0 – 5 Volts. Since the Arduino Uno does not have an analog output pin, the process of converting from RPM to voltage is carried out using the 12-bit MCP4725 Digital to Analog Converter (DAC) module. This process results in a graph of RPM as a function of voltage. Based on this graph the mathematical equation representing the conversion from voltage to RPM can be determined. The results show that the average percentage error between the real RPM obtained from the microcontroller and the calculated RPM from the graph equation is about 0.83 %.

Keywords: encoder, arduino, pulsa, RPM, DAC.

1. Pendahuluan

Encoder merupakan piranti elektronik yang digunakan untuk mendeteksi sudut putar maupun jumlah putaran poros dari encoder yang direpresentasikan dalam bentuk jumlah pulsa. Setiap encoder mempunyai karakteristik jumlah pulsa per satu putaran poros, yang disebut sebagai *Pulse Per Revolution* (PPR). Sensor encoder sangat diperlukan di dalam aplikasi sistem pengukuran maupun sistem kendali posisi rotasi baik di industri maupun di sistem

robotika. Beberapa contoh dari aplikasi encoder adalah sebagai berikut: Aplikasi kecepatan putaran pada micromotor (Pang, 2017), dan motor DC (Top & Gökbulut), aplikasi deteksi posisi pada *Switched Reluctance Motor* (Riyadi, 2018), kendali posisi sudut poros motor (Lee et al, 2016; Rudnicki, 2019), navigasi pada *Auto Guided Vehicle* (Lee & Chia, 2017, odometry untuk penentuan posisi robot sepakbola (Taufiqurohman, 2018), pengukuran sudut persendian lengan robot (Oguntosin, 2019), kendali posisi pada alat ortosis sendi-lutut

(Feng et al, 2021), pengukuran sudut putar (Jia et al, 2019), dan pemantauan kecepatan putar pada alat-alat latihan kebugaran untuk kesehatan (Zhao, 2017; Algburi, 2019).

Sensor encoder biasanya mempunyai ukuran fisik yang cukup besar, sehingga untuk aplikasi-aplikasi tertentu perlu dipertimbangkan ruang untuk posisi penempatannya. Sensor encoder mempunyai output berupa pulsa. Untuk memproses pulsa tersebut agar bisa digunakan untuk mendeteksi sudut putaran rotasi, jumlah putaran rotasi maupun kecepatan putaran (RPM) maka diperlukan adanya mikrokontroler sebagai pemroses. Suatu sistem akuisisi data umumnya mempunyai pin input tegangan analog yang digunakan untuk pembacaan tegangan dari sensor dengan output berupa tegangan, maka pembacaan encoder yang mempunyai output pulsa tidak bisa langsung digunakan. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka diperlukan adanya modul atau peralatan elektronika yang mampu mengubah pulsa encoder menjadi tegangan. Salah satu contoh aplikasi ini adalah pengubahan nilai kecepatan putaran (RPM) yang diperoleh dari encoder ke tegangan output yang proporsional dengan nilai RPM tersebut.

Pada penelitian ini, dengan menggunakan mikrokontroler Arduino pemroses utamanya, maka pulsa yang dihasilkan oleh encoder dideteksi, diproses dan dihitung nilai RPM, kemudian, nilai RPM ini diubah ke dalam nilai tegangan yang proporsional dengan nilai RPM tersebut. Karena mikrokontroler Arduino tidak mempunyai output tegangan analog murni, maka pengubahan ini dilakukan dengan menggunakan modul DAC 12 bit MCP4725. Tegangan output hasil konversi dari modul DAC ini menghasilkan tegangan yang proporsional dengan nilai RPM yang dihasilkan oleh encoder. Modul konversi RPM ke tegangan ini sangat bermanfaat untuk digunakan oleh sistem akuisisi data yang mempunyai input analog.

Penelitian ini akan menghasilkan data korelasi antara RPM dan tegangan yang disajikan dalam bentuk grafik RPM sebagai fungsi dari tegangan sensor (Vs). Berdasarkan grafik tersebut maka persamaan matematika untuk konversi dari tegangan ke RPM dapat ditentukan. Selain itu, disajikan juga nilai persentase kesalahan (*% Error*) dari hasil perbandingan antara nilai RPM hasil dari pembacaan Mikrokontroler dengan RPM hasil dari konversi tegangan output sensor.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Encoder

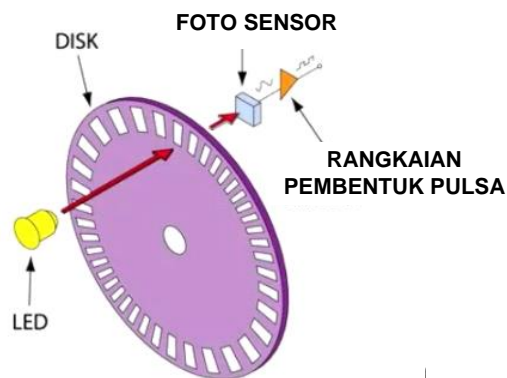
Encoder merupakan perangkat elektromekanis putar yang mengubah putaran pada porosnya menjadi serangkaian output pulsa. Bentuk fisik dari encoder dapat dilihat pada Gambar 1. Komponen-komponen di dalam encoder, dapat dilihat pada gambar 2, secara umum terdiri dari LED sebagai sumber cahaya, piringan berlubang (Disk) sebagai pelat cahaya LED, foto sensor sebagai pendeteksi cahaya yang lewat celah piringan dan rangkaian pembentuk gelombang kotak atau pulsa sebagai output dari encoder. LED memancarkan cahaya ke piringan berlubang, dan di sebalik piringan tersebut terdapat foto sensor yang akan menerima cahaya dari LED yang melewati celah lubang piringan. Perubahan dari kondisi ada cahaya ke kondisi tidak ada cahaya yang diseleksi oleh piringan berlubang tersebut akan menyebabkan rangkaian pemroses fotosensor mengeluarkan pulsa.

Encoder umumnya memiliki dua sinyal keluaran pada kanal A dan B, yang mengeluarkan sinyal berupa pulsa apabila poros encoder tersebut diputar. Ada kalanya encoder juga memiliki satu kanal tambahan sebagai Indeks, yaitu kanal Z yang digunakan sebagai referensi saat poros encoder menunjuk pada posisi tertentu, contoh sebagai referensi posisi awal (titik nol) sebelum poros bergerak. Keluaran sinyal pulsa pada kanal A berbeda fasa 90 derajat terhadap pulsa pada kanal B, sedangkan

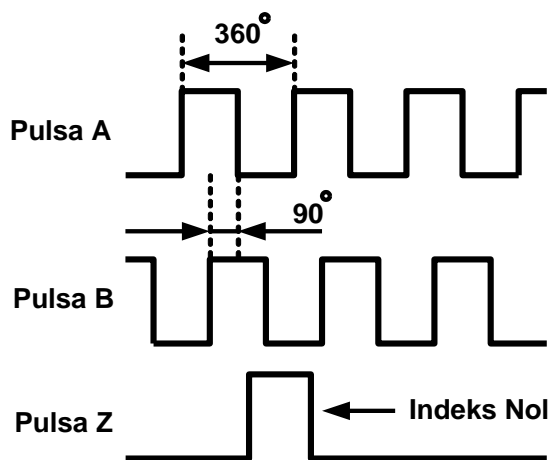
kanal Z mengeluarkan hanya satu pulsa untuk setiap satu putaran. Gambar pulsa pada kanal A, B dan Z dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 1. Bentuk fisik encoder



Gambar 2. Struktur sederhana encoder optik

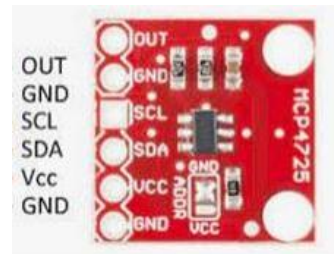


Gambar 3. Output kanal A, B, Z

2.2. DAC MCP4725

MCP4725 merupakan perangkat elektronika pengubah sinyal digital ke analog (DAC) 12 bit satu kanal output jenis I2C. Output dari MCP4725 ini tergantung pada tegangan catunya yaitu pada rentang 2.7 – 5.5 Volt. Dengan adanya bus I2C, MCP4725 dapat digunakan dalam jumlah 8 buah secara bersamaan dengan pengesetan alamat yang berbeda. IC MCP4725 dapat dilihat pada

gambar 4. Pin I2C terdiri dari input clock (SCL) dan input data (SDA). Catu daya pin Vcc dan GND, sedangkan pin output tegangan adalah OUT dan GND.

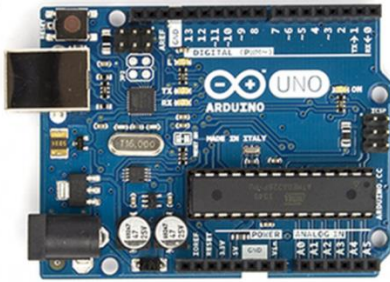


Gambar 4. MCP4725

2.3. Arduino UNO

Board mikrokontroler Arduino Uno memanfaatkan IC ATmega328 sebagai unit pemroses utamanya. Board arduino ini dapat dilihat pada Gambar 5. Mikrokontroler ini mempunyai total input/output pin sejumlah 20 buah, yang terdiri dari 6 buah pin input analog dan 14 pin input/output digital, dimana 6 pin output digitalnya mempunyai fungsi alternatif sebagai output analog berupa modulasi lebar pulsa (PWM). Dalam penelitian ini, Arduino Uno difungsikan sebagai sistem pemroses utama untuk membaca pulsa dari output encoder, menghitung jumlah pulsa tersebut dalam waktu 1 detik, dan menghitung nilai RPMnya. Selanjutnya Arduino Uno mengendalikan ADC MCP4725, untuk mengeluarkan tegangan DC yang nilainya proportional dengan nilai RPM tersebut.

Nilai RPM dari Arduino Uno dapat dikirimkan ke komputer melalui serial port USB. Beberapa aplikasi penggunaan Arduino Uno dan encoder adalah untuk Kendali PID Kecepatan motor DC dengan sensor encoder dan Arduino Uno (Peerzada et al, 2021; Ma'arif &Setiawan, 2021), dan Pendeteksi posisi sudut dan kecepatan sesaat menggunakan rotary encoder dan Arduino Uno (Akbar et al, 2021).

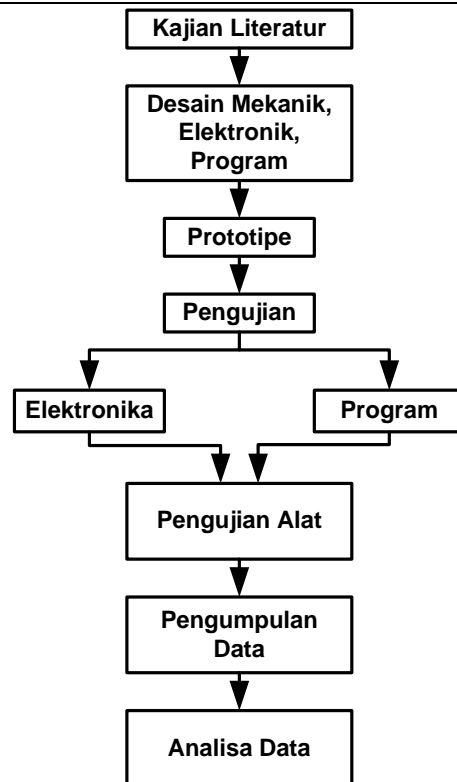


Gambar 5. Arduino Uno

3. Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini, seperti yang ditampilkan pada gambar 6, dapat diterangkan sebagai berikut:

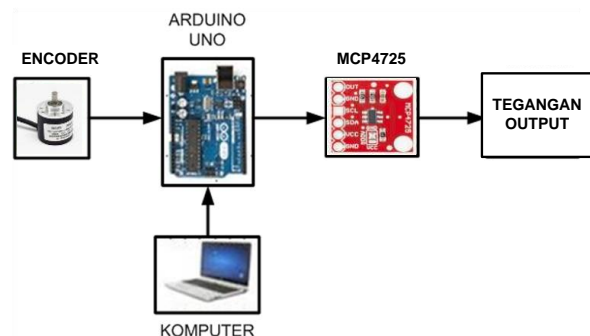
- (i) Tahap awal mengadakan kajian literatur yang berhubungan dengan aplikasi sensor encoder.
- (ii) Desain mekanik, elektronik dan program pada Arduino Uno untuk proses konversi dari RPM ke tegangan.
- (iii) Pembuatan prototipe alat peraga percobaan untuk menguji kinerja sensor encoder sebagai sensor kecepatan putar pada poros encoder.
- (iv) Pengujian rangkaian elektronika yang terdiri dari sensor encoder, IC DAC MCP4725 dan Arduino Uno.
- (v) Pengujian prototip alat dengan memutar poros encoder dengan kecepatan tertentu pada rentang 0 – 4000 rpm dan mencatat hasil tegangan outputnya.
- (vi) Pengumpulan data hasil pegujian dan menyajikannya dalam bentuk grafik RPM fungsi tegangan sensor (V_s), $RPM=f(V_s)$.
- (vii) Analisa data hasil pengujian.
- (viii) Kesimpulan.



Gambar 6. Metode Penelitian

3.1. Diagram Blok

Pada penelitian ini bersifat rancang bangun, maka gambaran sistemnya dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perangkat keras sistem pengubah RPM ke tegangan.

Fungsi masing-masing bagian sistem pengubah RPM ke tegangan adalah sebagai berikut :

a. Encoder

Encoder digunakan untuk mendeteksi jumlah putaran dari poros encoder yang direpresentasikan dalam bentuk banyaknya pulsa yang sudah dikeluarkan oleh encoder.

b. Arduino

Mikrokontroler Arduino terhubung dengan komputer melalui port Serial USB. Pemrograman Arduino dilakukan di komputer menggunakan perangkat lunak Arduino IDE Editor. Arduino dipakai untuk mendeteksi pulsa dari encoder, menghitung jumlah pulsa tersebut dalam waktu 1 detik, menghitung jumlah putaran poros encoder dalam waktu 1 detik, menghitung jumlah putaran poros encoder dalam waktu 1 menit (RPM), mengubah nilai RPM ini menjadi tegangan yang proporsional dengan RPM dan mengeluarkannya ke output analog IC ADC MCP4725. Selain itu, Mikrokontroler Arduino mengirim data informasi tentang nilai RPM ke komputer.

c. IC DAC MCP4725

IC DAC MCP4725 merupakan pengubah data digital ke analog (DAC) 12 bit dengan satu kanal output yang digunakan untuk mengubah data RPM dari encoder ke tegangan DC (0-5Volt) yang dikeluarkan pada pin keluaran tegangan analog. IC ini kendalikan oleh mikrokontroler Arduino melalui komunikasi serial I2C.

d. Komputer

Komputer berfungsi untuk membuat program Arduino menggunakan IDE Arduino Editor dan memuat naik program pengubah RPM ke tegangan ke Arduino board melalui Port USB. Selain itu, komputer bisa digunakan untuk menerima, menyimpan dan menampilkan data RPM yang dikirim dari Arduino.

Pada penelitian ini, setelah melalui tahapan rancangan secara blok diagram dari sistem yang akan dibuat, langkah berikutnya adalah membuat prototipe alat dan program Arduino. Selanjutnya, prototip alat ini diuji di laboratorium Elektronika Kendali politeknik Negeri Semarang.

4. Hasil Dan Pembahasan

Pembacaan pulsa dari encoder yang memantau kecepatan putaran pada poros

encoder diproses oleh mikrokontroler untuk dijadikan nilai RPMnya. Selanjutnya nilai RPM ini diubah ke nilai desimal analog untuk input DAC agar mengeluarkan tegangan output secara proporsional. Hasil pengukuran konversi dari RPM ke tegangan ini dapat dilihat pada Gambar 8. Hubungan antara tegangan output dan kecepatan putaran (RPM) dapat direpresentasikan dengan persamaan linear:

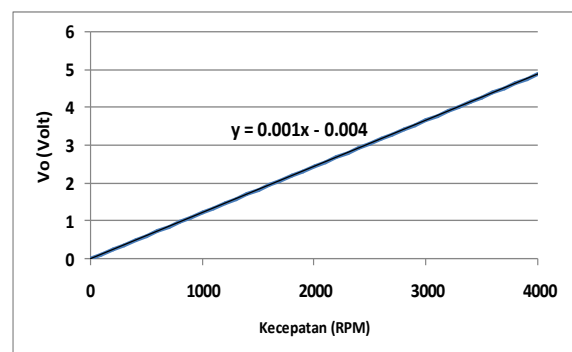
$$y = 0.001 x - 0.004 \dots\dots\dots [1]$$

dimana y adalah tegangan output DAC dan x adalah kecepatan putaran (RPM).

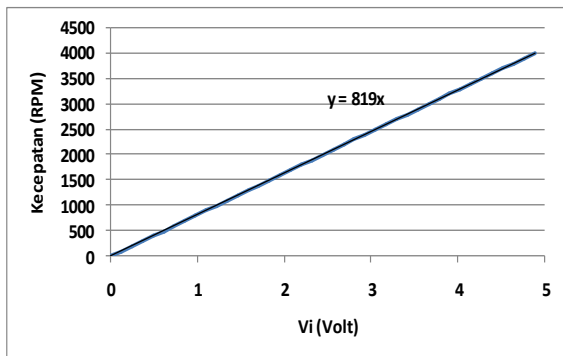
Untuk melakukan pengujian hasil pembacaan kecepatan putaran, maka diperlukan suatu persamaan korelasi antara kecepatan putaran terhadap tegangan output seperti terlihat pada Gambar 9. Hubungan antara kecepatan putaran (RPM) dan tegangan output dapat direpresentasikan dengan persamaan linear:

$$y_1 = 819 x_1 \dots\dots\dots [2]$$

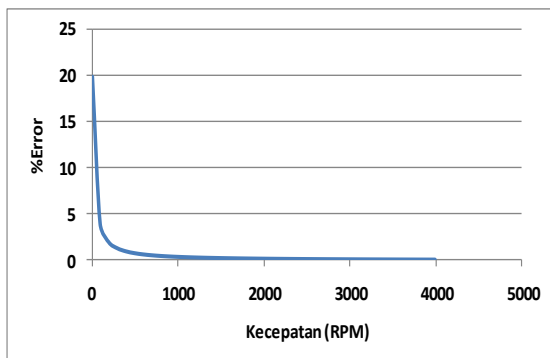
dimana y₁ adalah kecepatan putaran (RPM). dan x₁ adalah tegangan input. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kesalahan antara hasil pengukuran dengan nilai aktual dapat dilihat pada Gambar 10, dan mempunyai nilai rata-rata sebesar 0.83%



Gambar 8. Tegangan output vs. kecepatan putaran



Gambar 9. kecepatan putaran vs tegangan output.



Gambar 10. Error kecepatan putaran antara hasil konversi dengan aktualnya

5. Simpulan

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa antara hasil pengukuran kecepatan putaran dengan kecepatan putaran aktual ada perbedaan dengan kesalahan rata-rata sebesar 0.83 %. Nilai kesalahan ini termasuk kecil dan hasilnya dapat diterima. Penelitian lanjutan diperlukan dengan menggunakan IC DAC dengan bit yang lebih besar (12 bit) agar hasil pengukurannya menjadi lebih presisi lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, I., Ismail, N., and Rachmilda, T. D. (2021) 'Rancang Bangun Pendeteksi Posisi Sudut dan Kecepatan Sesaat Dengan Menggunakan Rotary Encoder KY-040', *SENTER*, pp. 287–293, Jan. 2021.

Algburi, R.N.A., and Gao, H. (2019) 'Health Assessment and Fault Detection System for an Industrial Robot Using

the Rotary Encoder Signal'. *Energies* **2019**, *12*, 2816.

<https://doi.org/10.3390/en12142816>

Feng, T.; Chen, W.; Qiu, J.; Hao, S. (2021) 'A New Kind of Absolute Magnetic Encoder'. *Sensors* **2021**, *21*, 3095.

<https://doi.org/10.3390/s21093095>

Jia, H.-K., Yu, L.-D., Zhao, H.-N., Jiang, Y.-Z. A. (2019) 'New Method of Angle Measurement Error Analysis of Rotary Encoders'. *Appl. Sci.* **2019**, *9*, 3415.

<https://doi.org/10.3390/app9163415>

Lee, K., Choi, J., and Bang, Y. (2016) 'Shaft position measurement using dual absolute encoders'. *Sensors and Actuators A: Physical*, *238*, 276–281. doi:10.1016/j.sna.2015.12.027

Lee, S. H., & Chia, K. S. (2017) 'Navigating an Auto Guided Vehicle using Rotary Encoders and Proportional Controller'. *International Journal of Integrated Engineering*, *9*(2).

Retrieved from <https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/1690>

Ma'arif, A., Rahmat Setiawan, N., and Suci Rahayu, E. (2021) 'Embedded Control System of DC Motor Using Microcontroller Arduino and PID Algorithm'. *IT Journal Research and Development*, *6*(1), 30 - 42.

[https://doi.org/10.25299/itjrd.2021.vol6\(1\).6125](https://doi.org/10.25299/itjrd.2021.vol6(1).6125)

Oguntosin, V., and Akindede, A. (2019) 'Design of a joint angle measurement system for the rotary joint of a robotic arm using an Incremental Rotary Encoder'. *J. Phys.: Conf. Ser.* *1299* 012108

Pang, Da-Chen, and Yi-Wei Lai. (2017) 'Rapid Prototyping of a Micromotor with an Optical Rotary Encoder'. *Micromachines* *8*, no. 6: 174. <https://doi.org/10.3390/mi8060174>

Peerzada, P., Larik, W. H., and Mahar, A. A. (2021) 'DC Motor Speed Control Through Arduino and L298N Motor Driver Using PID Controller'. *International Journal of*

- Electrical Engineering & Emerging Technology*, 4(2), 21–24.
Retrieved from <http://www.ijeeet.com/index.php/ijeeet/article/view/94>
- Riyadi, S.(2018) ‘Control Strategy for Switched Reluctance Motor With Rotary Encoder Based Rotor Position Detection’. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, North America, 16, sep. 2018.
Available at: <http://advances.utc.sk/index.php/AEE/article/view/2545>>. Date accessed: 02 Mar. 2023.
- Rudnicki, Tomasz. (2019) ‘Measurement of the PMSM Shaft Position with An Absolute Encoder’. *Electronics* 8, no. 11: 1229.
<https://doi.org/10.3390/electronics8111229>
- Taufiqurohman, M., and Sari, N. F. (2018) ‘Odometry Method and Rotary Encoder for Wheeled Soccer Robot’. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **407** 012103
- Top A, Gökbulut M. (2023) ‘A novel period–based method for the measurement direct current motor velocity using low-resolver encoder’. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*. 2023;45(4):711-722.
doi:[10.1177/01423312221122602](https://doi.org/10.1177/01423312221122602)
- Zhao, M., and Lin, J.(2018) ‘Health Assessment of Rotating Machinery Using a Rotary Encoder’. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 65, no. 3, pp. 2548-2556, March 2018,
doi: 10.1109/TIE.2017.2739689.