

DAC MIKROKONTROLER ARDUINO MENGGUNAKAN RANGKAIAN *EMITTER FOLLOWER (EF) TRANSISTOR PNP*

¹Agus Nurcahyo, ²Heru Susanto

¹Aeronautika, STTKD Yogyakarta, ²Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta

Abstrak

Sinyal analog berupa tegangan antara 0 – 5V tidak dapat dihasilkan oleh mikrokontroler arduino, sehingga diperlukan rangkaian eksternal untuk menghasilkan sinyal tersebut. Rangkaian eksternal Emitter Follower (EF) menggunakan transistor PNP dapat digunakan untuk mengubah sinyal PWM dengan lebar pulsa tertentu ke dalam sinyal tegangan listrik, sehingga konversi digital ke analog (DAC) di mikrokontroler arduino memungkinkan dilakukan.

Penelitian menggunakan metode eksperimen. Pin out 6 mikrokontroler arduino nano di fungsikan sebagai Pulse Wide Modulation (PWM) dengan frekuensi 1000 Hz dan terhubung ke rangkaian EF. Perintah numerik lebar pulsa (duty cycle) tertentu dari sinyal PWM di mikrokontroler arduino akan dilakukan konversi dirangkaian EF untuk menghasilkan keluaran (output) sinyal analog berupa tegangan listrik.

Hasil dari penelitian ini, dengan mengubah lebar pulsa PWM dari 0 - 100% di pin out 6 mikrokontroler arduino dapat mengubah tegangan output rangkaian EF dari 0,68 - 5V. output dari rangkaian tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sinyal tegangan referensi.

Kata kunci: DAC, PWM, Emitter Follower, Arduino

Abstract

An analog signal in the form of a voltage between 0-5V cannot be generated by the Arduino microcontroller, so an external circuit is needed to generate the signal. An external Emitter Follower (EF) circuit using a PNP transistor can be used to convert a PWM signal with a certain pulse width into a voltage signal, so that digital-to-analog conversion (DAC) in Arduino microcontrollers is possible.

The study used experimental methods. Pin out 6 of the Arduino nano microcontroller is used as Pulse Wide Modulation (PWM) with a frequency of 1000 Hz and is connected to the EF circuit. The numerical command of a certain pulse width (duty cycle) from the PWM signal in the Arduino microcontroller will be converted in the EF circuit to produce an analog signal output in the form of an electric voltage.

The results of this study, by changing the PWM pulse width from 0 - 100% at pin out 6 of the Arduino microcontroller can change the output voltage of the EF circuit from 0.68 - 5V. The output of the circuit can be used as a reference voltage signal.

Keywords: DAC, PWM, Emitter Follower, Arduino

Pendahuluan

Rangkaian DAC memungkinkan untuk mengubah nilai numerik PWM ke dalam sinyal analog. Sinyal analog tersebut berupa tegangan listrik yang berada diantara 0 sampai 5 volt. Sinyal tegangan ini dapat dipakai sebagai tegangan referensi pada suatu peralatan yang memerlukan sinyal analog.

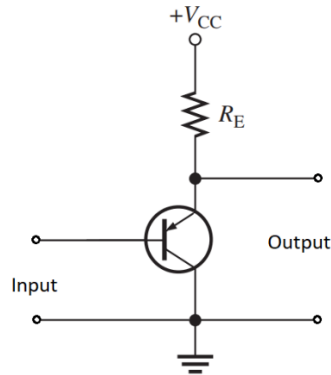
Mikrokontroler arduino tidak memiliki fasilitas DAC sehingga diperlukan komponen eksternal untuk menghasilkan sinyal tersebut. Salah satu cara untuk menghasilkan sinyal analog adalah mengkonversi sinyal PWM dengan lebar duty cycle tertentu yang dihasilkan mikrokontroler arduino ke sinyal tegangan listrik dengan menggunakan rangkaian *emitter follower* transistor PNP.

¹Email Address: agusnmail@gmail.com

Received 30 Juni 2022, Available Online 30 Juli 2022

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

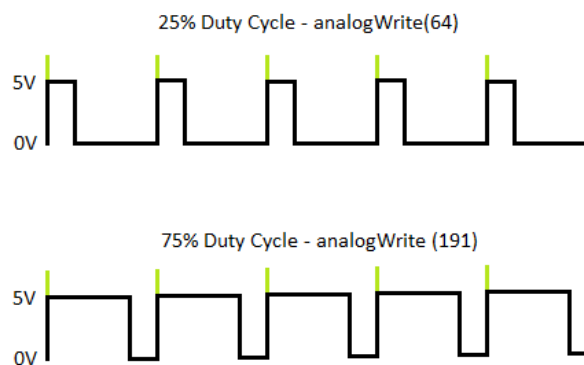
Rangkaian *common-collector amplifier* mengacu pada *Emitter Follower* (Floyd, 2012: 291)[memiliki fase sinyal yang sama (non inverting) dikarenakan tegangan emitor mengikuti tegangan pada basis. Rangkaian ini dapat memberikan impedansi *input* yang tinggi dan impedansi *output* yang rendah (Costa, L. D. F. 2018). Rangkaian EF dapat menjadi tahapan penyangga (*buffer*) yang baik dan memberikan impedansi yang rendah ke tahap selanjutnya. Rangkaian EF transistor PNP dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Emitter Follower (EF) transistor PNP

Rangkaian EF menggunakan basis sebagai input dan terhubung dengan tahap sebelumnya yang memiliki impedansi tinggi. Emitor digunakan sebagai *output* ke tahap berikutnya dengan impedansi yang lebih rendah. Rangkaian pada gambar 1 dapat menunjukkan tegangan pada emitor akan mengikuti tegangan di basis dengan penurunan tegangan di PN junction sebesar $\pm 0,7$ volt, atau tegangan di $V_E = V_B + 0,7V$ pada transistor silikon. Walaupun tidak terdapat penguatan pada tegangan, rangkaian EF dapat memberikan penguatan arus sebesar $I_E = \frac{V_E}{R_E}$

Pulse Wide Modulation (PWM) di mikrokontroler arduino digunakan untuk menghasilkan gelombang persegi dengan lebar pulsa yang dapat divariasikan (Salman, Ahmed E. 2022). Variasi lebar pulsa diskalakan dengan nilai 0-255 sehingga perintah lebar pulsa di PWM dapat dilakukan dengan perintah numerik dengan skala tersebut. Perintah `analogWrite(64)` merupakan contoh untuk menghasilkan PWM dengan lebar pulsa 25%. Contoh pada gambar 2 memperlihatkan PWM pada variasi lebar pulsa 25% dan 75%.

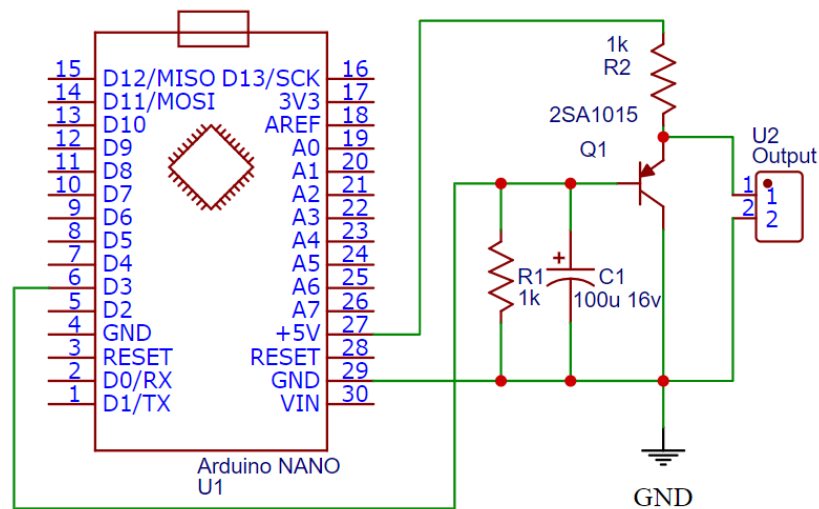


Gambar 2. PWM dengan variasi lebar pulsa 25% dan 75%.

DAC memiliki berfungsi sebagai pengubah data digital menjadi data analog yang dapat digunakan untuk membuat fungsi generator (Baskoro, F., et al. 2020). Rangkaian *Resistor-Capacitor* (RC) dapat berfungsi untuk pemuatan dan pelepasan energi listrik (Kowalski, Frank V. 2022). Sinyal PWM dengan lebar pulsa tertentu dapat diubah menjadi tegangan tertentu dengan rangkaian *Resistor-Capacitor* (RC), sinyal PWM tersebut diterima oleh rangkaian RC dan akan terakumulasi menjadi energi listrik. Saat sinyal PWM dengan lebar pulsa menurun maka akan terjadi pelepasan energi listrik di rangkaian RC. Arus DC dengan tegangan tertentu dirangkaian RC dapat berubah menyesuaikan dengan lebar pulsa PWM dan menjadi input bagi rangkaian EF sehingga sinyal analog berupa tegangan referensi dengan impedansi lebih rendah dapat dihasilkan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan berupa eksperimen. Gambar 3 menunjukkan rencana skema pengujian dari rangkaian emitter follower transistor PNP yang terhubung ke mikrokontroler arduino nano pada pin out 6. Pin out 6 difungsikan sebagai output PWM pada frekuensi 1000 Hz dengan skala nilai numerik lebar pulsa PWM 0 – 255. Rangkaian *resistor dan capacitor* (RC) terhubung ke basis transistor yang berfungsi untuk pemuatan dan pelepasan energi listrik yang terbentuk dari sinyal PWM dan memberikan tegangan DC bias ke transistor. *Power supply* yang menggunakan tegangan listrik DC sebesar 5V sehingga output pada sinyal analog rangkaian tersebut berupa tegangan diantara 0 – 5V



Gambar 3. Skema DAC menggunakan rangkaian Emitter Follower (EF) transistor PNP pada arduino nano.

Program arduino yang digunakan untuk pengujian dapat dilihat pada gambar 4. Pin out 6 difungsikan sebagai output dari PWM. Lebar pulsa dari PWM akan di variasikan dengan nilai numerik dari 0 – 255 dan 15 langkah di tiap-tiap perpindahan nilai. Perintah ini akan di pantau lewat serial monitor sehingga dapat dilihat kondisi lebar pulsa PWM yang aktif pada saat itu. Tegangan *output* pada rangkaian EF akan di ukur menggunakan multimeter.

```

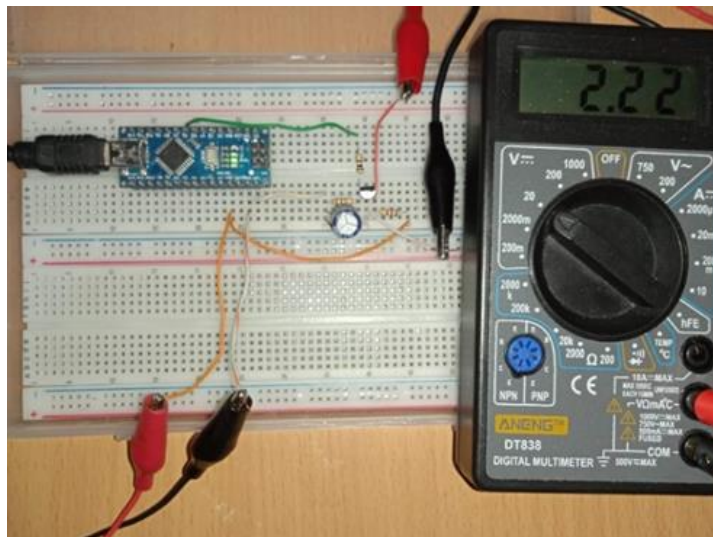
Eksperimen1 §
int pwm_numerik = 0;
const int pwm_out = 6;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pwm_out, OUTPUT);
}
void loop() {
  analogWrite(pwm_out, pwm_numerik);
  Serial.println(pwm_numerik);
  pwm_numerik = pwm_numerik + 15;
  delay(3000);
  if (pwm_numerik > 255){
    pwm_numerik = 0;
  }
}

```

Gambar 4. Program arduino untuk pengujian DAC

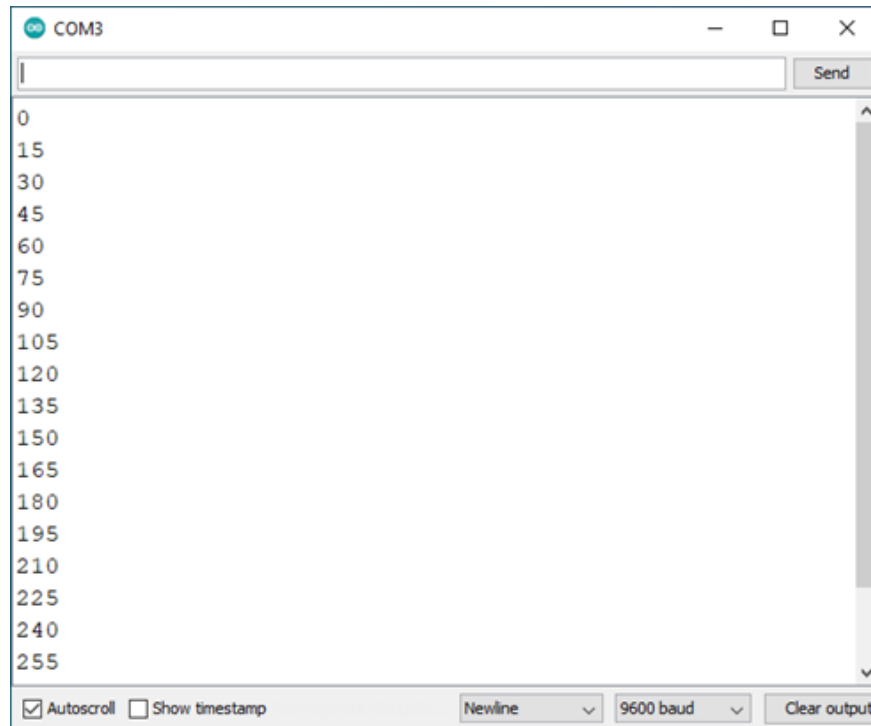
Hasil dan Pembahasan

Implementasi dari rangkaian DAC menggunakan rangkaian *emitter follower* transistor PNP dapat dilihat pada gambar 5. Rangkaian ini menggunakan power supply 5V. Pengukuran tegangan output rangkaian EF menggunakan multimeter. Pemantauan terhadap perintah numerik lebar pulsa (duty cycle) PWM dilakukan dengan melihat serial monitor dilayar komputer seperti pada gambar 6. Persentase lebar dari duty cycle pada pin out 6 akan diukur dengan osiloskop dengan kondisi mikrokontroler tanpa terhubung dengan rangkaian EF. Data yang diperoleh dari ujicoba kemudian dicatat ke dalam tabel 1.



Gambar 5. Implementasi DAC mikrokontroler arduino nano menggunakan rangkaian EF

Hasil pengujian pengukuran dapat dilihat pada tabel 1, saat diperintahkan lebar pulsa PWM dengan perintah numerik 0, tegangan *output* rangkaian EF memiliki nilai 0,68V. Hal tersebut terjadi karena nilai penurunan tegangan PN junction transistor silikon memiliki nilai $\pm 0,7V$ sehingga terdapat tegangan 0,68V di V_E saat kondisi transistor PNP saturasi.



Gambar 6. Serial monitor yang tampil dilayar komputer

Saat perintah nilai numerik lebar pulsa semakin naik, akan mengakibatkan persentase lebar pulsa dari PWM semakin naik dan diikuti kenaikan tegangan listrik di *output* rangkaian EF. Tegangan *output* EF saat duty cycle 0% adalah 0,68V maka di peroleh $V_E = V_B + 0,68$. Tegangan output EF semakin naik saat persentase dari duty cycle semakin naik. Tegangan maksimum pada *output* saat duty cycle 100% akan sama dengan tegangan dari power supply yaitu 5V.

Tabel 1. Hasil pengujian DAC mikrokontroler arduino nano yang menggunakan rangkaian EF

Nilai numerik lebar pulsa PWM	Persentase <i>Duty cycle</i> (%)	Frekuensi PWM (Hz)	Tegangan <i>Output</i> (V)
0	0	1000	0,68
15	6,3	1000	0,95
30	12,1	1000	1,21
45	18,0	1000	1,48
60	23,8	1000	1,70
75	29,6	1000	1,98
90	35,5	1000	2,22
105	41,4	1000	2,46
120	47,3	1000	2,70
135	53,1	1000	2,94
150	59,0	1000	3,25
165	64,8	1000	3,52
180	70,7	1000	3,77
195	76,6	1000	4,06
210	82,4	1000	4,31
225	88,3	1000	4,56
240	94,1	1000	4,82
255	100	1000	5,00

Kesimpulan

Digital Analog Converter (DAC) mikrokontroler arduino menggunakan rangkaian *Emitter Follower* (EF) transistor PNP atau disebut *Common Collector Amplifier* dapat mengubah sinyal digital dari perintah numerik lebar pulsa PWM di arduino menjadi sinyal analog berupa tegangan listrik dengan nilai tertentu. Rangkaian EF dapat memberikan output dengan impedansi rendah sehingga sinyal analog tersebut dapat dimanfaatkan sebagai tegangan referensi pada suatu rangkaian yang membutuhkan sinyal tegangan referensi.

Daftar Pustaka

- Floyd. 2012. *Electronic Devices Conventional Current*. 9th ed. Prentice Hall. New Jersey.
- Costa. L. D. F. 2018. *Linearity Analysis of the Common Collector Amplifier, or Emitter Follower*. ,arXiv preprint arXiv:1805.02705, Mar 30.
- Salman. Ahmed E. 2022. *Home Cooling Using PWM Fan*. DOI 10.13140/RG.2.2.21409.07526, May.
- Baskoro, F., et al. 2020. *Design of function generator using arduino due 12 bit dac*. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1569. No. 3. IOP Publishing, Jul.
- Kowalski. Frank V. 2022. *Non-exponential decay in a RC circuit: unequal currents entering and leaving the capacitor*. arXiv preprint arXiv:2205.05660, May 11.