

# Electronică Digitală

## Curs 9

### Aplicatii ale tranzitorilor MOS

Facultatea de Automatică și Calculatoare

Universitatea Politehnică București

*Iuliu Octavian Vasilescu*

Realizat de *Elena Ionescu* și *Duțu Alin Călin*

21 aprilie 2021

# Cuprins

1	Introducere	3
2	Utilizarea multimetrului	5
3	Implementarea practică a circuitului	7
4	Utilizarea osciloscopului	8
5	Analiza semnalelor	9

# 1 Introducere

Una dintre aplicațiile tranzistorului de tip N-MOS este alimentarea unui motor electric.

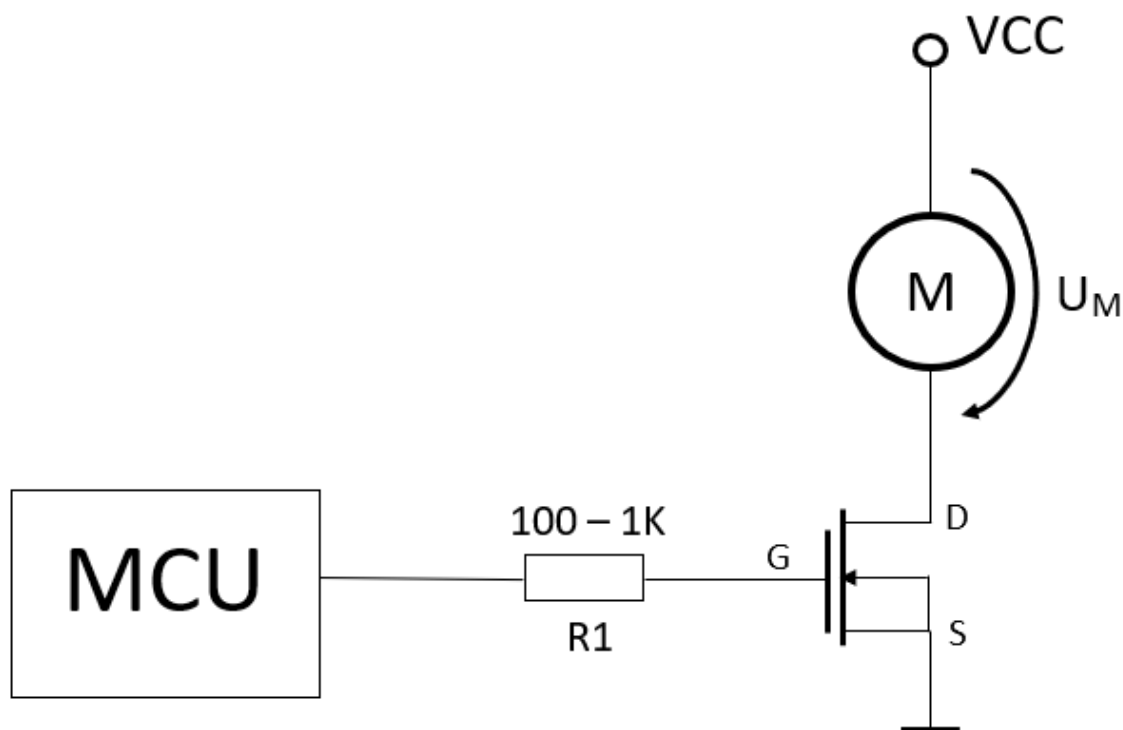


Figura 1: Schema 1 motor

$$\begin{cases} U_M = I_M \cdot R_1 + K \cdot \omega \\ M_f \sim I_M \\ V_{cc} = 5V \end{cases}$$

$U_M$  - Tensiunea motorului

$I_M$  - Intensitatea curentului din motor

$\omega$  - Viteza de rotație a motorului

$M_f$  - Momentul forței

În această schemă tensiunea din motor se distribuie atât pe rezistența motorului cât și pe bobinele acestuia.

Există, însă câteva probleme în acest circuit care trebuie să fie rezolvate. Una din ele este în momentul în care microcontroller-ul se oprește sau când programul nu funcționează sau la pornirea programului până la executarea primei instrucțiuni deoarece nu există o stare default pentru tranzistor. De aceea, este recomandat să se mai adauge o rezistență ceva mai mare decât  $R_1$  care să regleze tranzistorul. Putem pune rezistența între tranzistor și  $R_2$ , însă tensiunea din poartă ar fi mult mai mică decât tensiunea dată de MCU deoarece s-ar forma un divizor de tensiune, deci varianta cea mai bună este să adăugăm  $R_2 = 100K$  între MCU și  $R_1$ .

O altă problemă ar fi în momentul în care tranzistorul este oprit. Motorul este de tip inductiv și conține niște înfășurări care se vor opune variațiilor bruște de curent pentru ca motorul să funcționeze în circuit. Când tranzistorul se oprește curentul ce trece prin motor va continua să treacă prin el, astfel motorul se va transforma într-o sursă de curent constantă a cărei tensiune va tinde spre  $\infty$ . Tensiunea prea mare din motor poate să ardă celelalte componente din circuit și pentru a evita acest lucru putem atașa o diodă de protecție care va conduce curentul prin motor. Astfel, la oprirea tranzistorului, curentul va circula între motor și diodă până la oprirea motorului.

Pentru a observa funcționalitatea motorului se vor mai adăuga în circuit un led roșu și o rezistență suficient de mare care se vor lega în paralel cu motorul M. Astfel schema finală va fi următoarea:

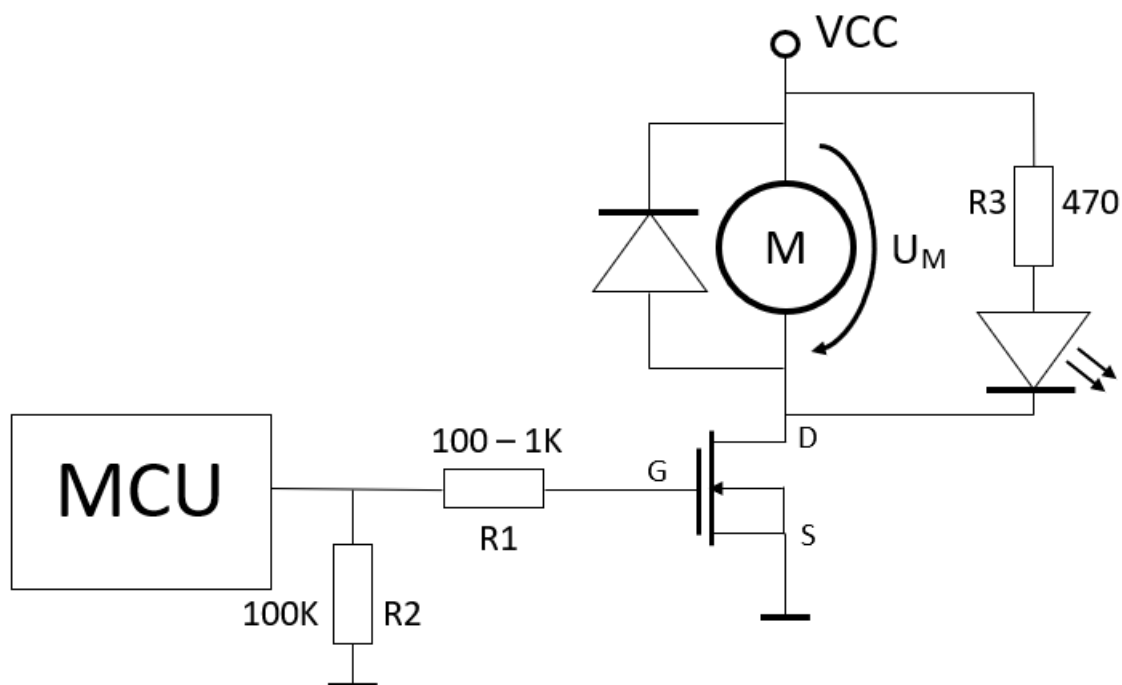


Figura 2: Schema 2 motor

## 2 Utilizarea multimetrului

Având la dispoziție un multimetru putem măsura rezistențe, led-uri, diode etc... La multimetru avem un selector de bandă cu care se poate selecta ce mărime se dorește să se măsoare (tensiuni, rezistențe, continuitate, diode, condensatoare, curenți etc.). Multimetrul are mai multe borne. Sonda neagră a multimetrului se leagă mereu la punctul comun(COM), iar sonda roșie se leagă în funcție de ce se dorește să se măsoare. Înafară de borna COM, toate bornele au propria lor gamă de măsurare. Dacă se dorește, de exemplu, măsurarea unei tensiuni, se selectează borna care are gama pentru voltaj.



Figura 3: Multimetru

Odată ce multimetrul este setat, elementul de circuit urmează să fie măsurat prin conectarea celor două sonde ale multimetrului la bornele elementului. Este în regulă să se atingă sonda negativă a multimetrului, însă nu este bine să se atingă sonda pozitivă pentru că și corpul uman are o rezistență internă care se va lega, în acest fel, în paralel cu elementul de circuit, fapt care va duce la o măsurare complet greșită.

**ATENȚIE!!!** Când multimetrul este pus în modul curenț sau când borna roșie e cuplată la gama pentru amperi să nu cuplați bornele în paralel cu o sursă de tensiune deoarece o veți scurtcircuita.

### 3 Implementarea practică a circuitului

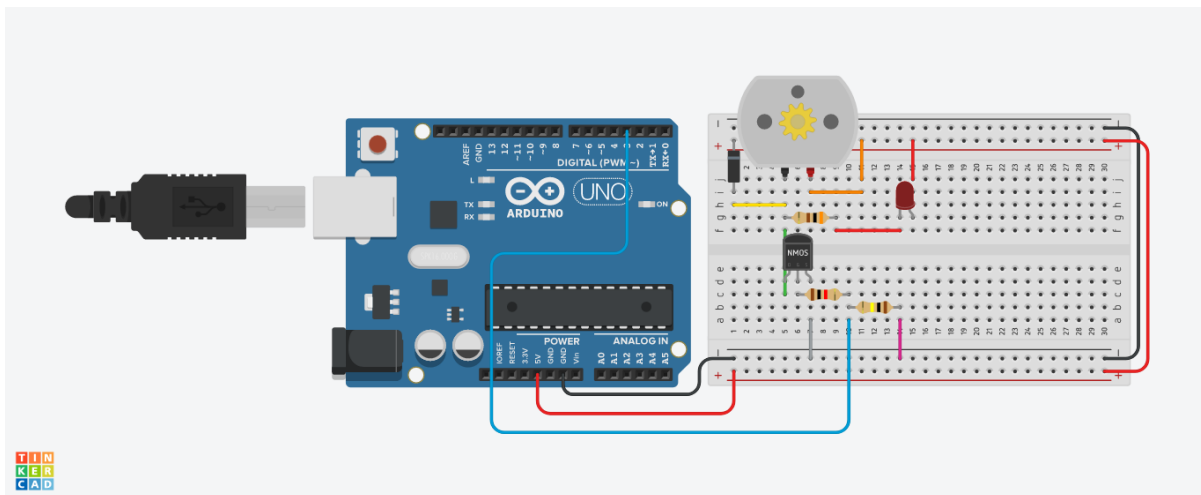


Figura 4: Schema 2 motor in TinkerCad

Codul scris pentru Arduino este:

```
void setup() {  
  pinMode(3, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  digitalWrite(3, HIGH);  
  delay(10); // Delay ON  
  digitalWrite(3, LOW);  
  delay(10); // Delay OFF  
}
```

Puteți experimenta singuri cu acest circuit în Tinkercad accesând: <https://www.tinkercad.com/things/ivfoZowQR9U>

Pentru un delay ON și un delay OFF de 1000 de ms motorul pornește și se oprește, iar LED-ul pâlpâie. Dacă scădem ambele delay-uri la 100 ms motorul va porni și se va opri de mai multe ori, iar LED-ul va pâlpâi și el de mai multe ori. Motorul când se oprește nu va mai primi tensiune, însă va continua să se învârtă datorită inerției care va asigura rotația motorului când se comută de la OFF la ON.

Dacă dorim să scădem la 10 ms ambele delay-uri vom observa că motorul își menține viteza, dar în realitate doar în jumătate din timp el va primi tensiune. Și LED-ul pare că se menține pornit, dar el defapt se aprinde și se stinge de 1000 de ori pe secundă. Din același motiv funcționează și filmele care nu sunt decât niste cadre care se schimbă într-un timp foarte scurt.

Dacă punem un delay ON de 1 ms și un delay OFF de 10 ms putem observa că motorul deabia se învârte, însă LED-ul rămâne mereu pornit, iar dacă schimbăm valorile la un raport ON:OFF de 3:13 motorul se va învârti puțin mai repede, iar LED-ul va rămâne în continuare aprins.

## 4 Utilizarea osciloscopului

Pentru a observa forma semnalelor se folosește un osciloscop, care arată evoluția acestora în timp: pe axa Ox avem timpul, iar pe axa Oy avem, de obicei, tensiunea.

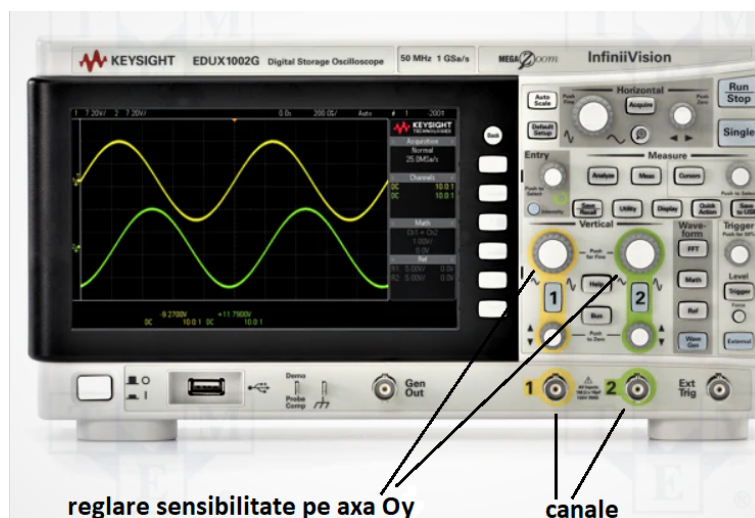


Figura 5: Osciloscop

Canalele osciloscopului simbolizează cele două semnale diferite ce pot fi reprezentate. Pentru reprezentarea tensiunii, cele două sonde ale osciloscopului se conectează la canalele acestuia. Orice sonda are un punct de masă și un punct de măsură; cele două puncte de masă ale sondelor se conectează la ground, un punct de măsură se conectează la portul de ieșire al microcontroller-ului, iar celălalt se cuplează la drena tranzistorului.



## 5 Analiza semnalelor

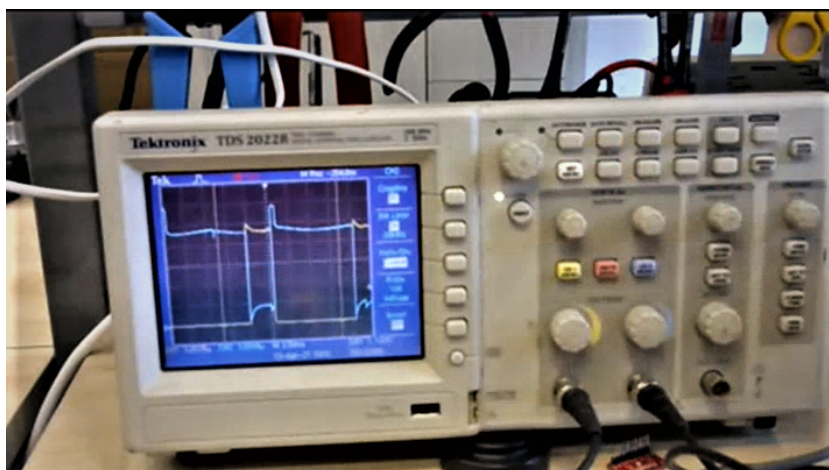


Figura 6: Osciloscop

În imaginea alăturată semnalul corespunzător tranzistorului (cel albastru) coboară prima dată până la 0V (jos), ceea ce înseamnă că tranzistorul pornește. În continuare, acesta este oprit atunci când graficul crește și, din cauza inductanței motorului, tensiunea crește peste 5V cu 0.7V, care reprezintă căderea de tensiune pe dioda de protecție, după care rămâne la 5V. Cu alte cuvinte, când la intrarea tranzistorului apare 1 logic (5V), acesta intră în conducție.

Dacă mai ajustăm puțin graficul de dinainte și dăm zoom, se va obține graficul din imaginea de mai jos:

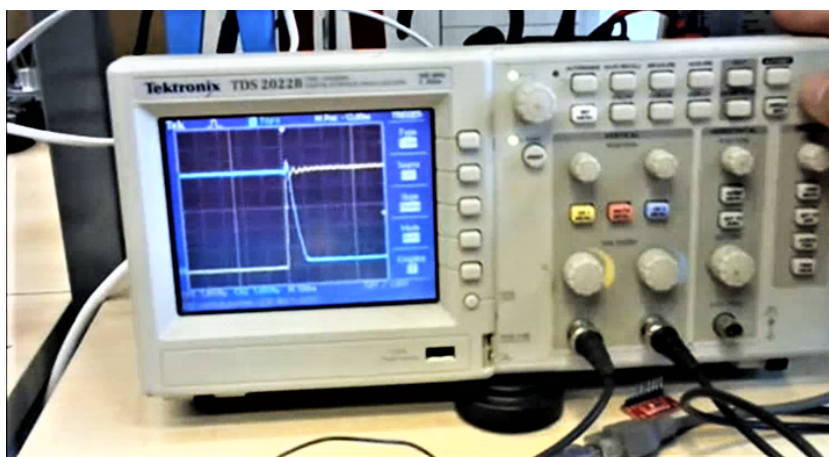


Figura 7: Osciloscop

Conform imaginii de mai sus, observăm că tranzistorul nu pornește instantaneu, ci în aproximativ o diviziune, adică în 100 ns, datorită circuitului format din condensator și rezistență; în decursul acestei perioade se formează un divizor de tensiune între motor și tranzistor, astfel încât o parte din putere se duce și pe tranzistor și o să îl încălzească, motiv pentru care este de preferat să reducem rezistența de protecție sau să găsim un tranzistor cu capacitate foarte mică de bază.

Reprezentarea în Tinkercad a circuitului poate fi observată în imaginea de mai jos:

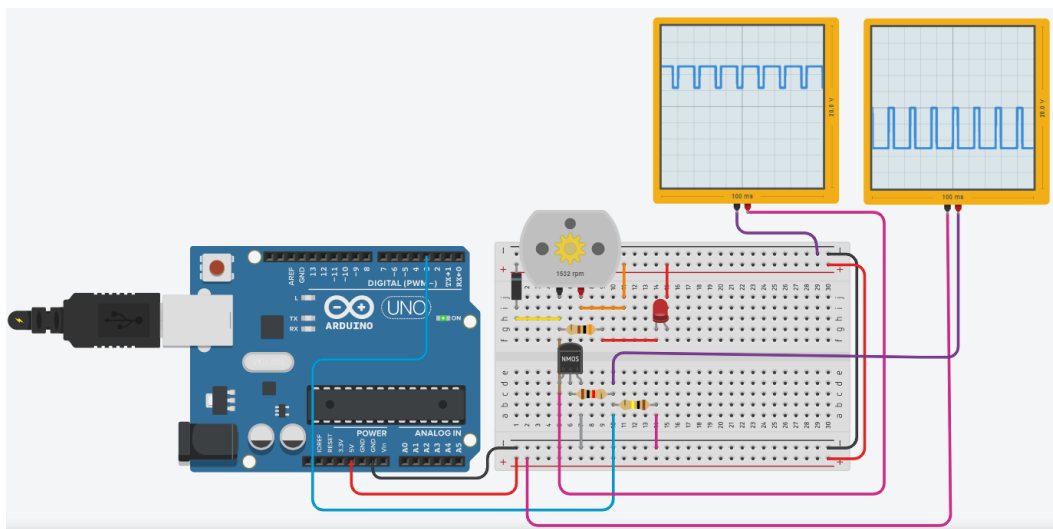


Figura 8: Circuit Tinerkad

În circuitul inițial, după ce eliminăm dioda de protecție și rezistența de protecție, folosim ledul cuplat în sens invers pe post de diodă de protecție și cuplăm motorul în paralel cu ledul. Astfel, ledul se va aprinde în momentul în care tranzistorul se oprește, iar graficul semnalelor va indica o creștere mult mai mare în momentul opririi tranzistorului, datorită faptului că ledul are nevoie de 1.8V pentru a intra în conducție față de o diodă obișnuită. Acest lucru poate fi observat și în imaginea de mai jos:

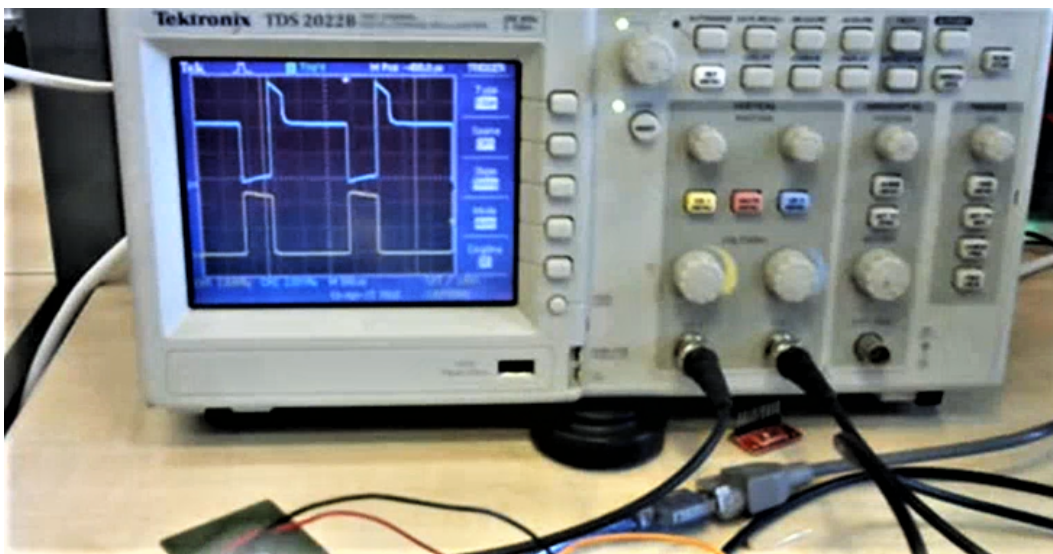


Figura 9: Osciloscop

Acest mecanism de Pulse Width Modulation este atât de folosit încât majoritatea microcontrollerelor au hardware specializat pentru asta.

Reprezentarea în Tinkercad a acestui circuit este:

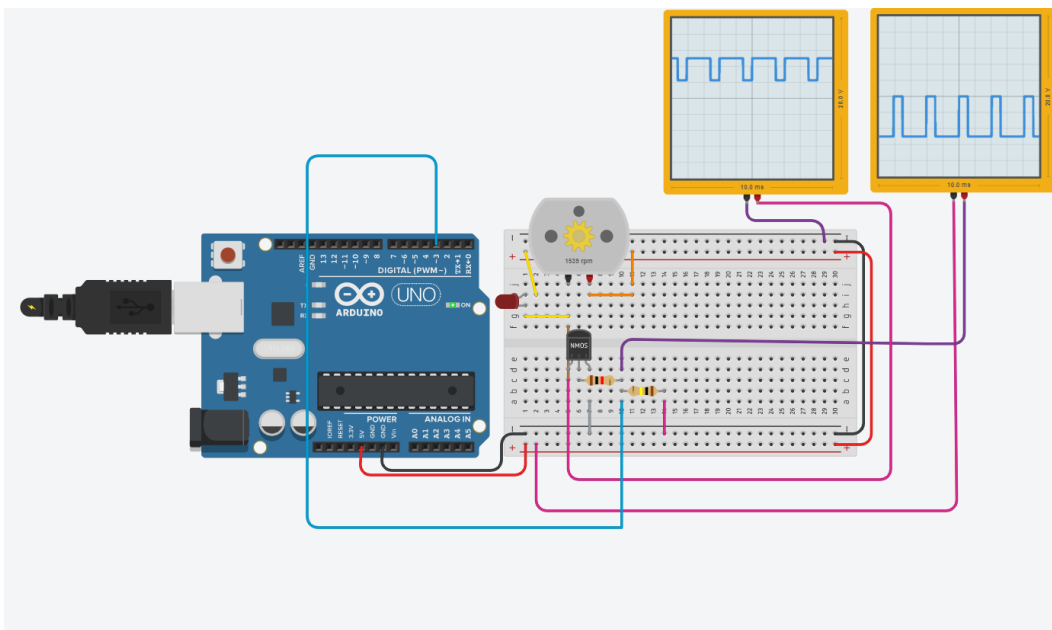


Figura 10: Circuit Tinkercad

Codul scris pentru Arduino este următorul:

```
#define PIN 3

void setup()
{
    pinMode(PIN, OUTPUT);
}

void loop()
{
    analogWrite(PIN, 70);
}
```

Puteți experimenta singuri cu acest circuit în Tinkercad accesând: <https://www.tinkercad.com/things/iIY0jSxRwV1>

Schema circuitului de mai sus este următoarea:

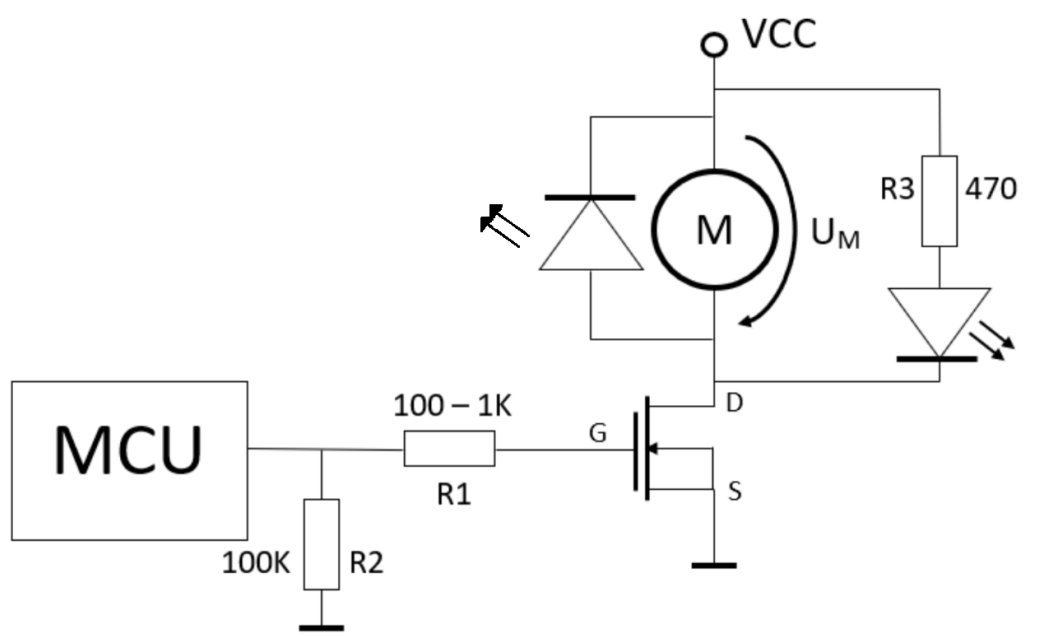


Figura 11: Circuit

Tranzistoarele P-MOS nu pot fi editate întotdeauna, mai jos fiind reprezentat un

caz atipic:

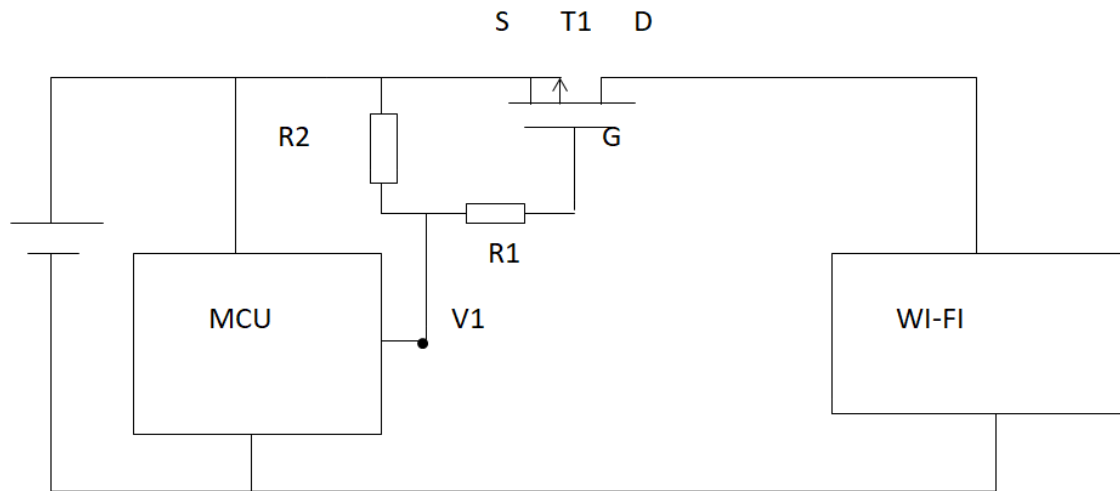


Figura 12: Circuit

În figura de mai sus, când  $V_1 = V_{cc}$ , tranzistorul este blocat, iar când  $V_1 = 0V$ , tranzistorul este în conducție.

Schema de mai sus poate fi improvizată în felul următor:

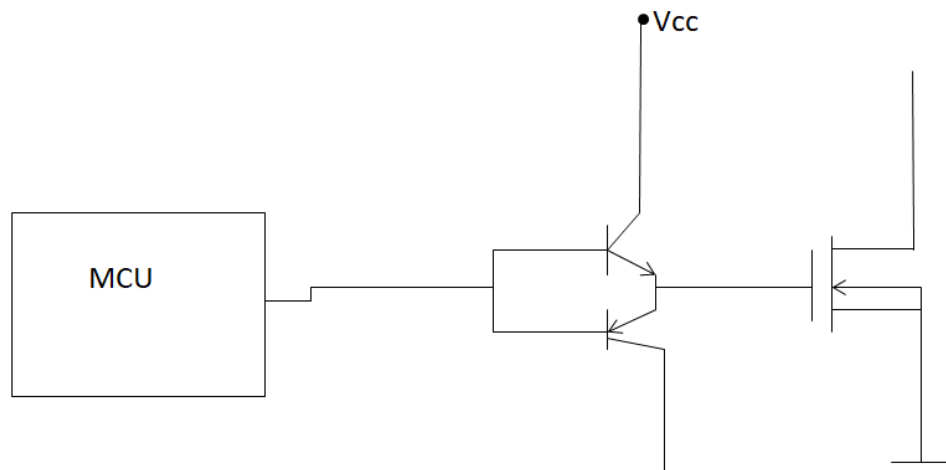


Figura 13: Circuit