

## A motor-fordulatszám mérése

**Motor:** DC motor, 12V, CytronSPG30

**Fordulatszám érzékelő:** AS5047U forgó mágneses jeladó

kvadrátúra A,B jelek, fordulatonként 1024 pulzus,

index I, fordulatonként 1 (nem használt)

Periódusidő mérést valósítunk meg az STM32F401RE mikrovezérlő TIM2 timer perifériájának alkalmazásával:

- 32-bites timer,
- számlálási tartománya 0 - 4,294,967,295
- számlálási frekvenciája előosztás nélkül 84 MHz (APB1 Timer frekvencia).

84 MHz-es számlálási frekvenciával

- az időbeli felbontás

$$\Delta t = \frac{1}{84,000,000} s \approx 11.90 \text{ ns} .$$

- a leghosszabb mérhető periódus a 32-bites számláló egyszeri 0-tól túlsordulásig terjedő számlálási ideje

$$T = \frac{4,294,967,286}{84,000,000} s \approx 51.130563 s .$$

(amennyiben nem engedjük meg a számláló többszörös túlsordulását).

A motor fordulatszáma (rps) legyen  $M$  [1/s].

A fordulatszám érzékelő  $P = 1024$  impulzust ad a motor egy fordulata alatt.

A motor fordulatszám-jel frekvenciája ill. periódusideje

$$\begin{aligned} f_m &= P \cdot M \left[ \frac{1}{s} \right] & T_m &= \frac{1}{P \cdot M} [s] . \\ f_m &= 1024 M \left[ \frac{1}{s} \right] & T_m &= \frac{1}{1024 M} [s] . \end{aligned}$$

A mérendő maximális fordulatszám az adatlap szerint  $RPM_{max} = 6000 \text{ rpm}$ . Ez rps-ben kifejezve  $M_{max} = 6000/60 = 100 \text{ rps}$ , azaz  $100 \text{ Hz}$ ,

Ha a periódusidőt a maximális 84 MHz-es órajellel mérjük, egy periódusnak

$$Q = \frac{f_{CLK}}{P \cdot M} , \quad Q = \frac{84 \cdot 10^6}{1024 M}$$

számérték felel meg.  $Q$  alapján az rps-ben mért fordulatszám

$$M = \frac{f_{CLK}}{P \cdot Q} , \quad M = \frac{84 \cdot 10^6}{1024 Q} .$$

$M$  maximális értéke  $6000/60 \text{ rps} = 100 \text{ rps}$ , ennek alapján  $Q$  minimális értéke

$$Q_{min} = \frac{f_{CLK} \cdot 60}{P \cdot RPM_{max}},$$

$$Q_{min} = \frac{84 \cdot 10^6 \cdot 60}{1024 \cdot 6000} = 820.3125.$$

A felbontásból eredő relatív pontosság a maximális fordulatszámon (worst case)

$$\varepsilon = \frac{P \cdot RPM_{max}}{f_{CLK} \cdot 60} \cdot 100\%.$$

$$\varepsilon = \frac{1024 \cdot 6000 \cdot 10^2}{84 \cdot 10^{-6} \cdot 60} \% \approx 0.12\%.$$

azaz a legrosszabb esetben is 0.12% körül alakul a relatív pontosság.

A mért másodpercenkénti fordulatszám

$$M = \frac{f_{CLK}}{P \cdot Q},$$

ahol Q az rps kimentő jel egy periódusának időtartama órajel impulzusok számával kifejezve.

$$M = \frac{84000000}{1024 \cdot Q} = \frac{82031.25}{Q}.$$

A rendszerben normalizált fordulatszámot használunk ( $M_n$ ), a 100 rps fordulatszámnak a 16384 felel meg, ezzel

$$M_n = \frac{84000000}{1024 \cdot Q} \cdot \frac{16384}{100} = \frac{13\,440\,000}{Q}.$$

A minimális fordulatszám mérésénél a legfontosabb tényező a mérés megfelelő gyakoriságának biztosítása. Nagyon kis fordulatszámok csak hosszú időközönként mérhetők, ugyanis ki kell várni legalább egy periódus elteltét az érzékelő kimenetén..

Célszerű a minimális mérhető fordulatszámot a motorszabályozás mintavételi  $T_s$  frekvenciájához igazítani, azaz követelményként megfogalmazhatjuk azt, hogy a fordulatszám-mérés legalább ennek ütemében valósuljon meg. Ez azt jelenti, hogy, ha  $T_s$  időtartamon belül nem érkezik impulzus az érzékelőtől, a mért fordulatszámot zérusnak tekintjük. Ez azt jelenti, hogy létezik egy minimális fordulatszám, amely már 0-nak tekinthető.

Ha a szabályozás mintavételi ideje  $500\mu s$  ( $f_s = 2kHz$ )

$$2000[rps]/500 = 4[rps]$$

másodpercenkénti fordulatszámunk felel meg a motortengelyen, illetve

$$4[rps]/4.8 = 0.8333[rps]$$

a hajtómű kimenetén. A minimális mérhető forgási periódus időtartama 1.2 s.

Ha valamely mérési periódusban nem érkezik egyetlen új impulzus, akkor a forgási periódus ennél hosszabb. Mivel nem tudjuk, mikor érkezik be a soron következő impulzus,

legfeljebb feltételezésekkel élhetünk a fordulatszámot illetően. A legkevesebbet talán akkor tévedünk, ha a legutóbb kapott impulzus óta eltelt időt vesszük alapul a sorban egymás után bekövetkező mintavételi időpontokban, ennek reciproka a becsült rps érték. Amennyiben – valahány mérési ciklus után – érkezik egy impulzus, az rps számítás visszatér normál menetébe.

A fordulatszám előjelének (a motor forgásirányának) meghatározása a kvadrátúra  $B$  jel logikai szintjének felhasználásával történik. Az  $A$  kvadrátúra jel felfutó élénél meghatározzuk a  $B$  jel értékét, ennek alapján a forgásirány (+ és – szimbólumokkal jelölve)

B	Forgásirány
0	+
1	–

A kimeneti tengely fordulatszáma  $N_g = 30$  lassító áttétellel

$$N = \frac{M}{N_g}, \quad N = \frac{M}{32},$$

a maximális fordulatszámra rpm-ben

$$N_{max} = \frac{6000}{30} = 200,$$

azaz a maximális másodpercenkénti fordulatszám 3.3333 Hz.