

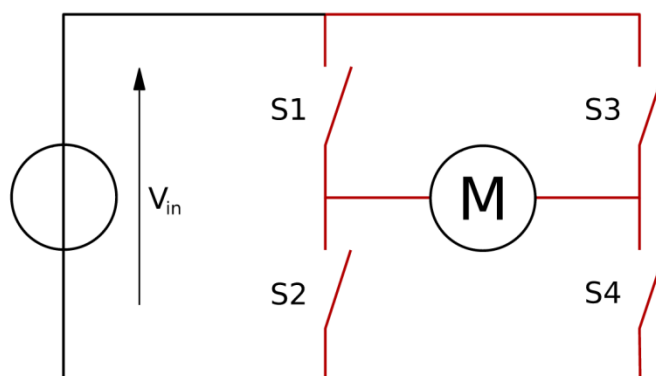
1. Teoretický základ

Elektromotor je elektrické zariadenie premieňajúce elektrický prúd na mechanickú prácu, resp. na mechanický pohyb – rotačný pohyb (rotačný motor) alebo lineárny pohyb (lineárny motor).

Motor s permanentným magnetom je najjednoduchším motorom na jednosmerný prúd. Jeho stator je tvorený permanentným magnetom. Rotor tvorí elektromagnet s pólami. Elektrický prúd je do cievok rotora privádzaný cez komutátor, čo je vlastne rotačný prepínač. Jeho úlohou je meniť polaritu elektrického prúdu a tým aj polaritu magnetického poľa prechádzajúceho cievkami. Počet prepínacích plôšok komutátora zodpovedá počtu cievok (najmenej dve). Konštrukcia komutátora zaisťuje, že sily pôsobiace na póly rotora majú stále rovnaký smer. V okamihu prepnutia polaritu udržiava beh tohto motora v správnom smere zotrvačnosť rotora. Počet pólov rotora ovplyvňuje plynulosť chodu motora, a silu potrebnú na jeho rozbeh (záberový moment). Čím viac pólov, tým plynulejší chod. Obvyklý počet je štyri.

Vzhľadom na to, že výkon motora je závislý na veľkosti permanentného magnetu sa takáto konštrukcia používa len pre malé elektromotory. Využitie je na pohon ventilátorov používaných pri chladení v elektrotechnike, modelárske motorčeky pre pohon hračiek a pod. Výhodou motora s permanentným magnetom je možnosť meniť smer otáčania zmenou polaritu napájania.

Obvod umožňujúci jednoduchú zmenu polaritu napätia na jednosmernom motore, a tým aj zmenu smeru otáčania sa nazýva H-mostík. Schéma H-mostíka je na nasledujúcom obrázku:



Obrázok 1: Schéma H-mostíka

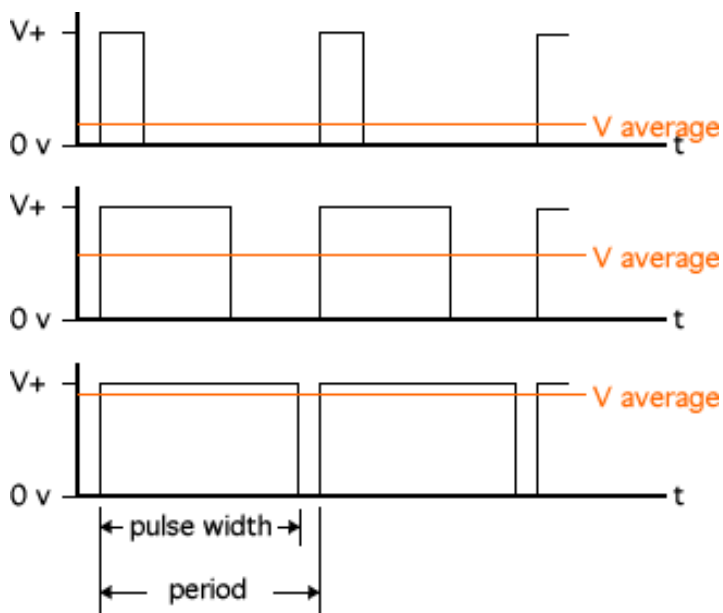
Spínače S1 – S4 bývajú obvykle realizované pomocou tranzistorov. Podľa stavu spínačov rozlíšujeme tieto stavy motora (1 – spínač zopnutý, 0 – spínač rozopnutý):

S1	S2	S3	S4	Stav
1	0	0	1	Motor sa točí jedným smerom
0	1	1	0	Motor sa točí druhým smerom
0	0	0	0	Motor je bez napájania
0	1	0	1	Motor je v skrate – tzv. motorová brzda
1	0	1	0	Motor je v skrate – tzv. motorová brzda
1	1	0	0	Skrat na napájacom napätí
0	0	1	1	Skrat na napájacom napätí
1	1	1	1	Skrat na napájacom napätí

Otáčky motora riadime zmenou veľkosti napätia na motore. Pri riadení otáčok jednosmerných motorov sa kvôli vysokej energetickej efektívnosti používa PWM.

Impulzová šírková modulácia alebo pulzná šírková modulácia, skr. PWM (z angl. Pulsewidthmodulation) je modulácia periodického signálu zmenou striedy (šírky impulzu) v závislosti od nejakej vstupnej veličiny za účelom prenosu informácie, alebo vysoko efektívnej regulácie elektrického výkonu, dodávaného do záťaže. Vysoká účinnosť pri regulácii výkonu je daná tým, že regulátor je (v ideálnom prípade) vždy buď úplne uzavretý, alebo úplne otvorený. Nevznikajú v ňom preto tepelné straty v dôsledku úbytku napätia na regulačnom prvku s odporovým charakterom (rezistor, polovodičový priechod), ako je tomu pri spojitých regulátoroch. Je to však vykúpené zložitejším zapojením nespojitých regulátorov, vysokými nárokmi na použité spínacie súčiastky a vysokofrekvenčným rušením, vznikajúcim rýchlym prerušovaním výkonového obvodu, ktoré je potrebné odstraňovať filtrami a elektromagnetickým tienením nespojitého regulátora.

PWM charakterizujú dva parametre. Perióda (frekvencia) a strieda. Na nasledujúcom obrázku je znázornený vzťah medzi striedou a strednou hodnotou napätia na motore:



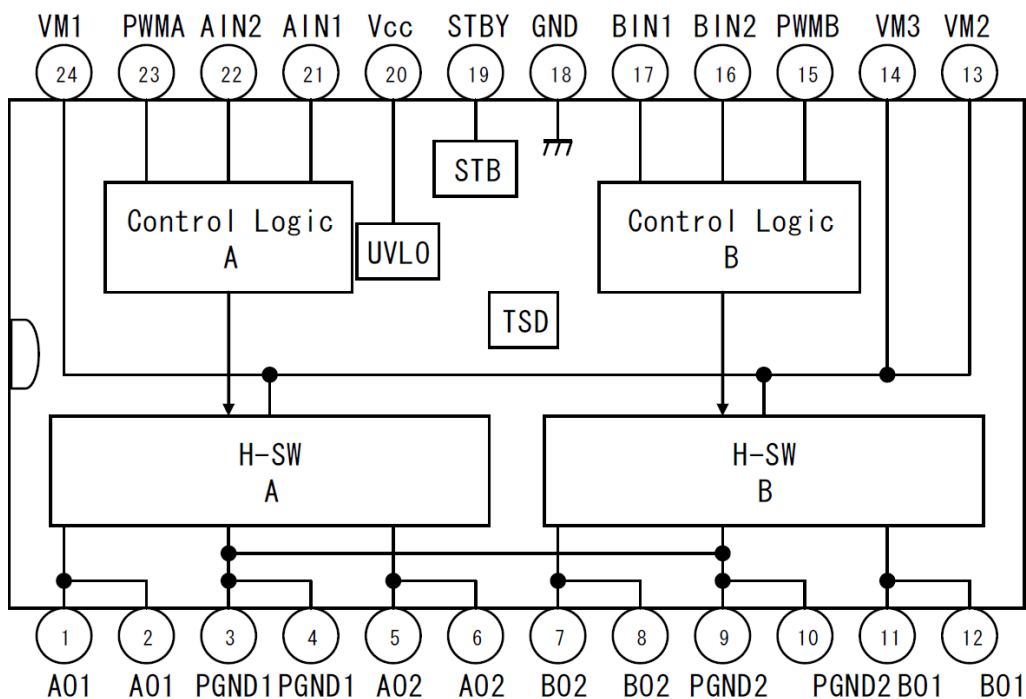
Obrázok 2: Vzťah medzi striedou a napätím na motore

2. Ovládač jednosmerných motorov MI04

K modul MI04 je možné pripojiť štyri jednosmerné motory a štyri inkrementálne enkóдеры. MI04 dokáže na základe informácie z inkrementálnych enkóderov nezávisle regulovať otáčky všetkých štyroch motorov. Hlavnými časťami modulu MI04 je dvojica dvojitých H-mostíkov Toshiba TB6612FNG a jednočipový mikropočítač AT91SAM7S256 (ARM). ARM riadi H-mostíky, spracúva informácie z enkóderov a komunikuje s nadradeným systémom cez sériovú linku UART. Modul MI04 je napájaný z externého 9V zdroja (adaptér).

2.1. TB6612FNG

Integrovaný obvod TB6612FNG je dvojitý H-mostík s riadiacou logikou. Umožňuje pripojenie dvoch jednosmerných motorov. Maximálne napájacie napätie TB6612FNG je 15V, a jedným motorom môže trvalo tiecť prúd 1,2A (krátkodobu 2,8A). Bloková schéma TB6612FNG je na nasledujúcom obrázku:



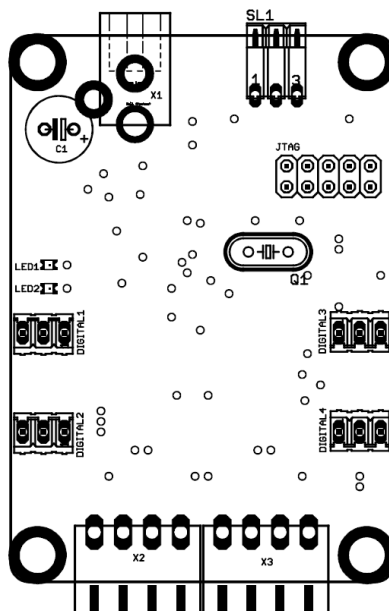
Obrázok 3: Bloková schéma TB6612FNG

Ovládanie motora je závislé na kombinácii vstupov IN1, IN2, PWM a STBY (pre každý motor zvlášť). V nasledujúcej tabuľke je uvedený vzťah medzi vstupmi, a výstupom (motor):

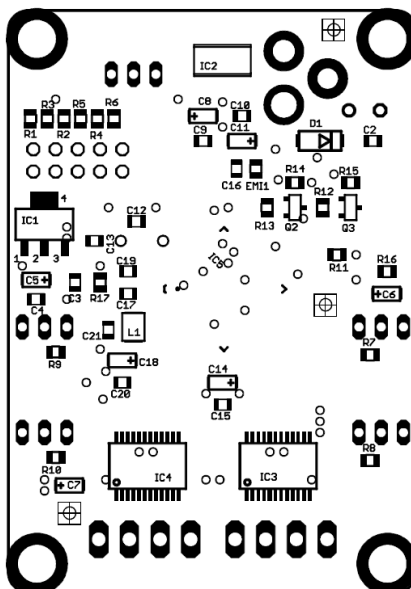
Input				Output		
IN1	IN2	PWM	STBY	OUT1	OUT2	Mode
H	H	H/L	H	L	L	Short brake
L	H	H	H	L	H	CCW
		L	H	L	L	Short brake
H	L	H	H	H	L	CW
		L	H	L	L	Short brake
L	L	H	H	OFF (High impedance)		Stop
H/L	H/L	H/L	L	OFF (High impedance)		Standby

2.2. Popis MI04

Rozmery plošného spoja MI04 sú 66,5mm x 46,5mm. Montážne otvory s priemerom 4,2mm sú rozmiestnené v rastrí 10mm (podľa kovového konštrukčného systému Eitech). Pohľady na obe strany plošného spoja modulu MI04 sú na nasledujúcich obrázkoch:



Obrázok 4: MI04 - Pohľad zhora



Obrázok 5: MI04 - Pohľad zdola

Modul MI04 má na vrchnej strane DPS dve indikačné LED. Oranžová LED (LED2) svieti, ak je senzor napájaný. Modrá LED (LED1) bliká ak senzor komunikuje cez UART. Komunikačným rozhraním

modulu MI04 je rozhranie UART vyvedené na 3-pinový konektor NSL25-3 (SL1). Napájacie napätie je k modulu privedené cez konektor X1

Základné parametre modulu MI04 sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke:

Parameter	Hodnota	Jednotka
Napájacie napätie	9	V
Odber	<3	A
Pracovná teplota	-20 do 85	°C

2.3. Komunikačné rozhranie MI04

Na komunikáciu s modulom MI04 sa používa sériová linka UART v nastavení 19200 baud, 8 dátových bitov, 1 stop bit, parita žiadna.

Komunikačný protokol pozostáva z príkazov v tvare:

02h	CMD	LEN	DATA0	...	DATAN	CHECK
-----	-----	-----	-------	-----	-------	-------

kde 02H je začiatok komunikácie, CMD je číslo príkazu, LEN je dĺžka dát ku príkazu, DATA0 až DATAN sú dáta ku príkazu kde N musí byť zhodné s LEN a CHECK je kontrolná suma.

Odpoveď na príkaz:

06h	CMD	01h	ERR	CHECK
-----	-----	-----	-----	-------

Význam jednotlivých polí je rovnaký, ERR znamená návratový kód operácie (0 – bez chyby, 1 – nesprávna kontrolná suma, 2 – neznámy príkaz, 3 – nesprávne dáta).

Kontrolná suma je operácia XOR (eXclusive OR) celého príkazu vrátane hlavičky. Nasledujúca funkcia demonštruje výpočet kontrolnej sumy:

```
byte checksum(byte[] buffer) {
    byte sum = 0;
    for( int i = 0; i < buffer[2] + 3; i++ )sum ^= buffer[i];
    return sum;
}
```

2.3.1. Príkaz 00h – Nastav motory

02h	00h	08h	MOT1	CTL1	MOT2	CTL2	MOT3	CTL3	MOT4	CTL4	CHECK
-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

kde MOTX znamená rýchlosť motora v rozsahu 0 až 100 (0 – STOP0, CTLX ovláda stav motora a smer rotácie (0 – motor je zabrzdžený, 1 – motor stojí, 3 – rotácia v smere hodinových ručičiek, 4 – rotácia proti smeru hodinových ručičiek).

2.3.2. Príkaz 01h – Nastav PIN enkodéra

02h	01h	04h	MOT1_DIN	MOT2_DIN	MOT3_DIN	MOT4_DIN	CHECK
-----	-----	-----	----------	----------	----------	----------	-------

kde MOTX_DIN znamená číslo pinu ku ktorému je pripojený enkodér.

2.3.3. Príkaz 02h – Nastav PID regulátor

02h	02h	24h	EN0	CTL0	VAL0_0	VAL0_1	VAL0_2	VAL0_3
EN1	CTL1	VAL1_0	VAL1_1	VAL1_2	VAL1_3	EN2	CTL2	VAL2_0
VAL2_1	VAL2_2	VAL2_3	EN3	CTL3	VAL3_0	VAL3_1	VAL3_2	VAL3_3
CHECK								

kde ENX určuje povolenie (FFh), zakázanie (00h) alebo úpravu (CBh) regulátora, CTLX ovláda stav motora (rovnako ako v príkaze 00h) a VALX_0..3 je číslo pohyblivej desatinnej čiarky (float, little endian) a predstavuje žiadanú hodnotu frekvencie meranej enkodérom.

2.3.4. Príkaz 03h – Nastav vzorkovaciu frekvenciu PID regulátora

02h	03h	04h	FREQ0	FREQ1	FREQ2	FREQ3	CHECK
-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------

kde FREQ0..3 je celé 32bitové číslo a predstavuje vzorkovaciu frekvenciu PID regulátora v milisekundách.

2.3.5. Príkaz 04h – Nastav konštanty PID regulátora

02h	04h	0Dh	REG	P0	P1	P2	P3	I0	I1	I2	I3	D0	D1	D2	D3	CHECK
-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------

kde REG je číslo regulátora a zodpovedajúceho motora (0..3), P0..3, I0..3, D0..3 sú čísla pohyblivej desatinnej čiarky (float, little endian) a predstavujú konštanty PID regulátora Kp, Ki, Kd.