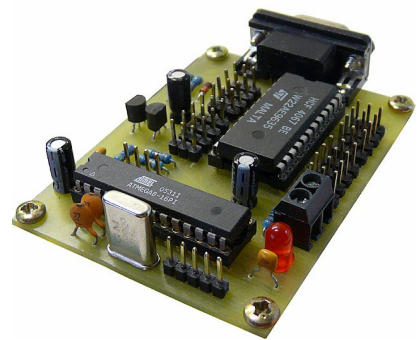


Levný řadič pro 16 modelářských servopohonů



Matěj Kubička

Tento servodriver je schopný pracovat až se šestnácti modelářskými servopohony najednou. Je možné jej ovládat běžnou sériovou linkou, s dodatečnými úpravami v řídicím programu i přes sběrnici I²C (resp. TWI). Deska byla vyvinuta s důrazem na jednoduchost a možnost postavit si ji v domácích podmínkách. S tímto servodriverem budete schopni za pomoci různých stavebnic postavit šestinohého chodícího robota, robotickou ruku, či jinou hračku.

Modelářské servo je levný a nenáročný pohon, schopný natočení rotoru pod úhlem specifikovaným modulací signálu. Je vhodný pro použití všude tam, kde je zapotřebí nastavovat polohu. Běžné servo je složeno z malého stejnosměrného motoru, převodovky, zpětnovazební odporového snímače natočení a řídicí logiky. Servo bývá připojeno třemi vodiči – dva jsou napájecí, třetím se přivádí řídicím signál.

Ovládací signál je modulovaný s nepřilíší kritickou periodou 20 ms,

Tabulka 1. Přímá úměra mezi řídicím impulsem a natočením rotoru

Trvání impulsu [ms]	Natočení rotoru [°]
1,00 ms	-180 °
1,25 ms	-90 °
1,50 ms	0 °
1,75 ms	90 °
2,00 ms	180 °

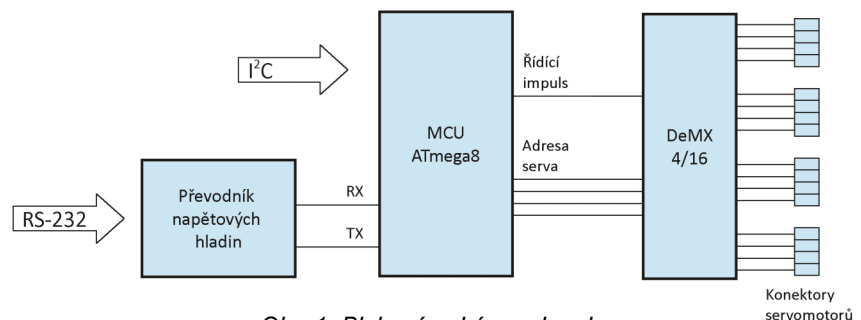
průběhem připomínající pulsně-šířkovou modulaci - PWM. Každých 20 ms musí obsluha serva vygenerovat impuls o délce 1 až 2 ms. První milisekunda slouží pro inicializaci a délka impulsu v druhé milisekundě odpovídá informaci o natočení roto-

ru. Jak napovídá tabulka 1, existuje přímá úměra mezi natočením a délkou řídicího impulsu.

Tabulka je teoretická, maximální úhel natočení je dán typem serva a často je maximálně ±90 °. V takovém případě jsou využitelné impulsy v rozsahu od 1,25 do 1,75 ms pro natočení od -90 ° do +90 °.

Řízení servomotorů

Mikrokontrolér vysílá signál pro natočení všech serv sériově v čase po jednom vodiči a zároveň generuje na výstupech čtyřbitovou adresu serva, kterému patří aktuálně vysílaný signál. Demultiplexer ze 4 na 16 (CMOS



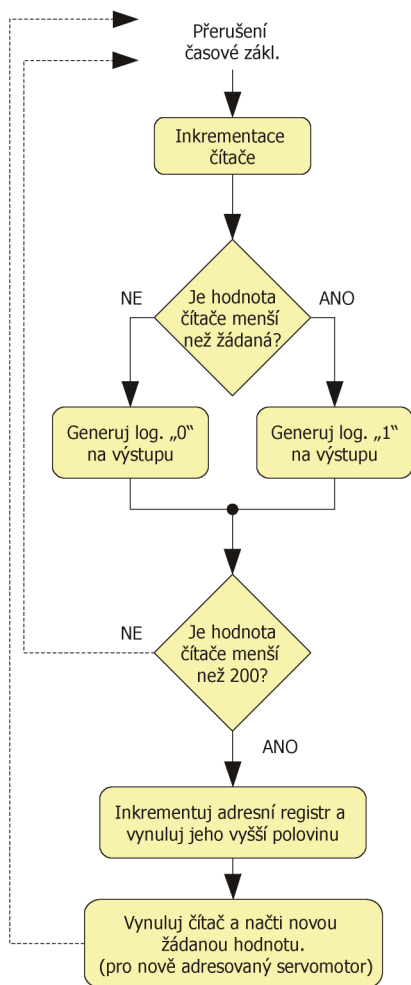
Obr. 1. Blokové schéma obvodu

Tabulka 2. Typické nastavení všech 16 servomotorů. M1 až M16 jsou jednobajtové hodnoty natočení pro servomotory 1 až 16

0xFF	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tab. 1. Zoznam obvodov, ktoré umožňuje programátor PonyProg programovať

I2C BUS 8bit EEPROM 2401-A, 2401-B, 2402, 2404, 2408, 2416, 24325, 24645	ATmega128, ATtiny12, ATtiny15, ATtiny22, ATtiny26, ATtiny2313
I2C BUS 16 bit EEPROM 24E16, 2432, 2464, 2465, 24128, 24256, 24512	AT89S micro AT89S8252, AT89S53
I2C BUS AT17 EEPROM AT1765, AT17128, AT17256, AT17512, AT17010	PIC16micro PIC16X83, PIC16X84, PIC16F84A, PIC16F870, PIC16F871, PIC16F872, PIC16F873, PIC16F874, PIC16F876, PIC16F877, PIC16F873A, PIC16F874A, PIC16F876A, PIC16F877A, PIC16F627, PIC16F628
MicroWire 16 EEPROM 9306, 9346, 9356, 9357, 9366, 9376, 9386	PIC12micro PI12C508, PIC12C509, PIC12C508A, PIC12C509A, PIC12C518, PIC12C519, PIC12C671, PIC12672, PIC12CE673, PIC12CE674
SPI EEPROM 25010, 25920, 25040, 25080, 25160, 25320, 2564X, 95640, 25128, 25256	ImBus EEPROM MDA2062, MVM3060 SDE2506 EEPROM
AVR mikro AT90S1200, AT90S2313, AT90S2323, AT90S2333, AT90S2343, AT90S4414, AT90S4433, AT90S4434, AT90S8515, AT90C8534, AT90S8535, ATmega603, ATmega103, ATmega8515, ATmega8535, ATmega8, ATmega16, ATmega161, ATmega162, ATmega163, ATmega163, ATmega169, ATmega32, ATmega232, ATmega64,	X2444 EEPROM S2430, X2444, X2445



Obr. 2. Vývojový diagram programu

4067) poté přidělí podle adresy vlastní signál ke každému servu. Takto je možné ovládat až 16 servomotorů najednou a to bez žádné speciální, či složité elektroniky.

Komunikace a ovládání servodriveru

Servodriver využívá komunikační standard EIA RS-232c, který pochází z 70. let minulého století a představuje fyzickou komunikační vrstvu obecně známou jako sériová linka. Definiuje, jak by sběrnice měla fyzicky vypadat a jakým způsobem po ní přenášet data. Neřeší dále vyšší vrstvy – režii komunikace a vlastní protokol, tj. co přenášená data pro připojená zařízení znamenají. Tento obvod komunikuje asynchronně s parametry 4800 Bd, 8 bitů, bez parity, 2 stopbity.

Použitý protokol pro komunikaci se softwarově nadřazeným zařízením byl maximálně zjednodušen. Jde o čistě jednosměrnou komunikaci ze strany nadřazeného zařízení. Nadřazené zařízení je cokoliv se sériovým portem – od mobilního telefonu až po počítač. Každý datový paket začíná hodnotou 0xFF (255), kterou nastavíme ukazatel v datové paměti na první

servo. Každý další přijatý bajt je považován za žádanou hodnotu natočení toho motoru, na který ukazuje vnitřní adresní ukazatel. Tento ukazatel je zároveň po uložení žádané hodnoty inkrementován.

Žádaná hodnota natočení servomotoru je očekávána jako číslo v rozsahu 0 až 200, které vyjadřuje násobek 10 μ s. Například hodnota 125 znamená 125 · 10 μ s = 1,25 ms, tedy natočení -90°.

Typickým příkladem jak nastavit úhly natočení všech motorů, je odesláním balíku dat o velikosti 17 bajtů, kde první bajt musí mít hodnotu 0xFF a další bajty určují natočení rotoru jednotlivých servomotorů. Tabulka 2 ukazuje typické nastavení všech servomotorů.

Algoritmus generování impulsů pro serva

Algoritmus pracuje s časovou základnou 10 μ s – tj. každých 10 μ s je vyvoláno uvnitř mikrokontroléru přerušení. Mikrokontrolér má v paměti SRAM uložené údaje o natočení pro všechny servomotory vyjádřené jako násobek 10 μ s. Například údaj 105 pro daný servomotor znamená vygenerování intervalu dlouhého 1,05 ms pro rotor přibližně v poloze -170°. Tento způsob není příliš efektivní, přesto je program velice jednoduchý a nároky na mikrokontrolér nepřekračují jeho možnosti.

Vždy, když nastane přerušení časové základny, je přičtena jednička k obsahu osmibitového registru, který počítá čas generovaného impulsu. Poté je stav čítače porovnán se žádanou hodnotou a v závislosti na výsledku je nastaven stav na výstupu.

Dále algoritmus zkontroluje přetečení čítače. Maximum pro běžné modelářské servo jsou 2 ms – odpovídá hodnotě 200 v čítači. Pokud je hodnota menší než 200, čítač nepřeteče a obsluha přerušení ukončí.

Pokud čítač přeteče, program přejde na další servomotor. Přičte se jednička k hodnotě v registru, který obsahuje adresu servomotoru a vynulují se vyšší čtyři bity v tomto registru. Tím

se zajistí že hodnota v adresním registru bude rotovat v rozsahu 0 až 15. Poté se vynuluje časový čítač a pro nově servo se z datové paměti načte nový údaj o délce impulsu (úhlu natočení). Vše je přehledně rozkresleno na diagramu na obr. 2.

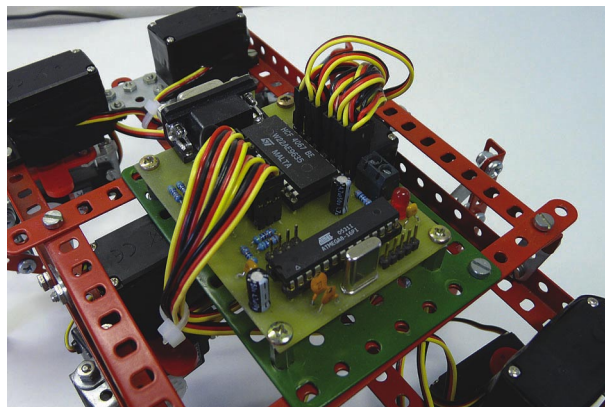
Popsaný algoritmus má jedno omezení. Jak bylo uvedeno výše, servomotoru se musí posílat signál o délce 1 až 2 ms s periodou 20 ms. Jelikož lze v jednom okamžiku ovládat jen jeden ze 16 servomotorů, dosahuje řídicí signál každého motoru periody 32 ms! Každé servo je adresováno přesně 2 ms, pro 16 servomotorů je tedy 16 · 2 ms = 32 ms.

Tento nedostatek lze vyřešit úpravou řídicího programu – omezením maximálního počtu ovládaných servomotorů na 10. Předepsaná perioda 20 ms však u modelářských servomotorů není kritická a proto není pravděpodobné, že Vaše servo nebude fungovat s tímto řadičem. Jiným důsledkem prodloužení periody je snížení obnovovací frekvence serva z 50 Hz na přibližně 28 Hz. V praxi se to může projevit větším „cukáním“ rotoru při zatížení. Tento jev způsobuje logika serva, která se snaží vyrovnat odchylku polohy ze zpětné vazby v delších intervalech – při nižším kmitočtu je odchylka větší. V běžném provozu se tento efekt prakticky neprojevuje. Výhody zapojení jsou zřejmé – nízká výrobní cena a jednoduchost jak desky s plošnými spoji, tak řídicího programu. Vše na úkor prodloužení periody.

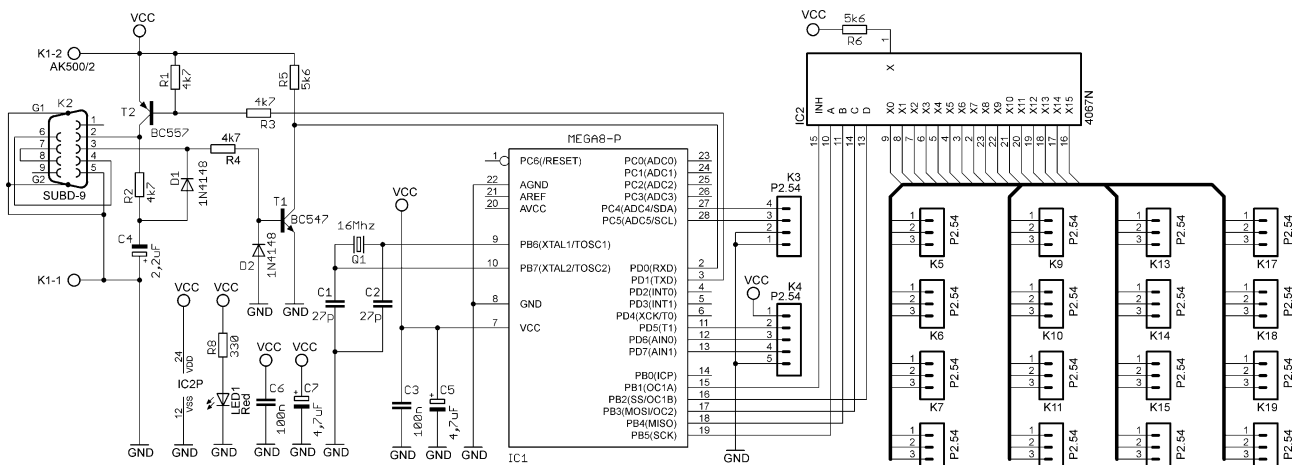
Popis zapojení elektronické části

Obvod je možné rozdělit na část, která upravuje napěťové hladiny přijatých dat po sériové lince, část která moduluje signál pro serva a část která jednotlivé signály přifazuje těm správným servomotorům.

Část upravující napěťové hladiny logických signálů mezi TTL/CMOS a standardem EIA RS-232c je řešena jednoduchým nelineárním obvodem. Toto zapojení nemůže plně nahradit standardní řešení s integrovaným ob-



Obr. 3. Robot postavený s využitím stavebnice Merkur s namontovaným řadičem pro 16 serv



Obr. 4. Zapojení řadiče serv

vodem MAX232, ale je jednoduché a v tomto případě i prostorově výhodné. Sériový kanál se připojuje přes konektor K2.

Část modulující signál pro servo sestává z mikrokontroléru ATmega8, napájení, odrušení a krystalu. Na desce je vyveden konektor K3 pro sběrnici TWI, která je kompatibilní s I²C a také konektor K4 s napájením 5 V a třemi I/O linkami. Obvod není chráněn proti přepólování ani přepětí - zda je obvod správně napájen signalizuje LED vedle napájecího konektoru.

Část, která přiřazuje modulovaný signál jednotlivým servomotorům je tvořena demultiplexerem ze 4 na 16 (obvod 4067) a šestnácti třípinových konektorů. Mikrokontrolér se rozhodne, který signál kam poslat a demultiplexer podle toho rozdělí modulaci na dané výstupy do servomotorů. Na desce s plošnými spoji je vhodné pocínovat cesty pro napájení servomotorů a tím zvětšit jejich proudovou zatížitelnost. Všechny 16 servomotorů dohromady může mít odběr v řádu jednotek ampér.

Deska s plošnými spoji byla navržena s důrazem na jednoduchost provedení i výroby. Desku je možné vyrobit v domácích podmínkách, bez

potřeby speciální výbavy. Deska je jednostraná, bez propojek.

Možná vylepšení

Řadič má vyvedeny 3 I/O linky z mikrokontroléru na konektor K4. Lze je použít například pro ovládání posuvného registru 4094 a generovat s ním různé efekty - například běhícího hada z LED.

Pro bezdrátovou komunikaci s modulem není nic jednoduššího, než použít RS232 sériový Bluetooth™ adaptér. S bezdrátovým připojením servořadiče lze postavit nezávislé roboty s vlastním napájením a bez kabeláže, která by je vázala.

Závěr

Popsané zařízení je určeno pro nenáročnou a levnou aplikaci. Desku s plošnými spoji lze snadno vyrobit a komunikace po sériové lince byla maximálně zjednodušena, aby i vývojář - začátečník dokázal tento modul ovládat.

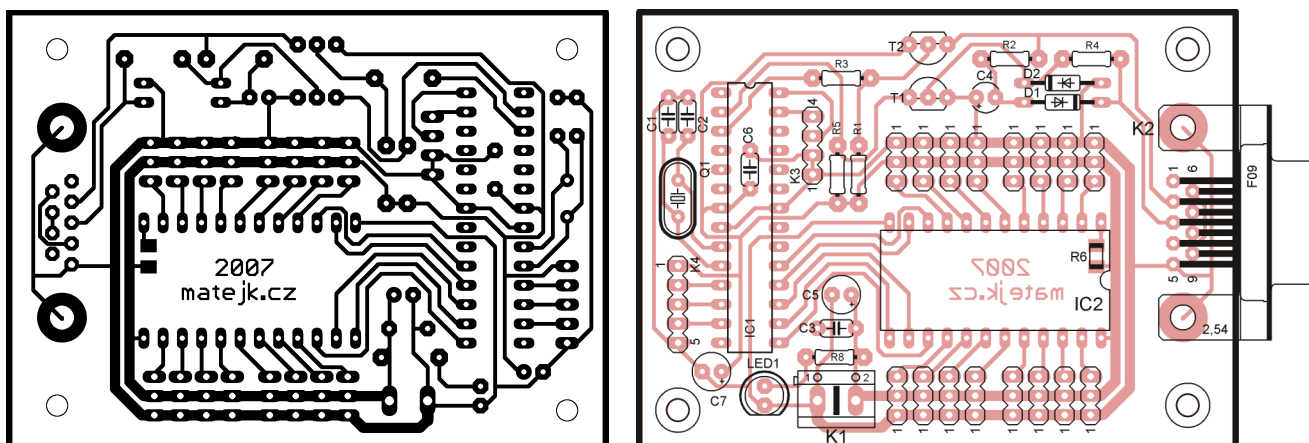
Schéma, návrh desky plošných spojů, řídicí program mikrokontroléru a další užitečné rady pro výrobu naleznete na adrese <http://servodriver.matejk.cz>

ver.matejk.cz. Zde je také umístěn ukázkový program pro ovládání servodriveru pomocí běžného počítače.

Seznam součástek

R1 až R4	4,7 kΩ, vel. 0204
R5	5,6 kΩ, vel. 0204
R6	5,6 kΩ, SMD 1206
R8	330 Ω, vel. 0204
C1, C2	27 pF, keramický
C3, C6	100 nF, keramický
C4	2,2 μF/10 V
C5, C7	4,7 μF/10 V
D1, D2	1N4148
LED1	LED 5 mm, červená
T1	BC547B
T2	BC557B
Q1	16 MHz, krystal HC-49
IC1	ATmega8, DIL28 úzký
IC2	CMOS 4067
K1	AK 500/2
K2	CANNON-9F (samice)
K3	konektorové kolíky 5 pinů, rozteč 2,54 mm
K4	konektorové kolíky 4 piny, rozteč 2,54 mm
K5 až K20	konektorové kolíky 3 piny, rozteč 2,54 mm

Pozn: IC1 a IC2 je vhodné opatřit obímkami



Obr. 5 a 6. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek