

Elektronické zapalování s řízením předstihu pro motocykly

Radek Taraba

Standardní zapalovací soustava na motocyklech není vybavena regulátorem předstihu a často ani elektronickým zapalováním, přitom každá z těchto částí významnou mírou určuje účinnost, výkon a plynulý chod motoru v širokém rozsahu otáček. Prezentované zapojení v sobě slučuje oba tyto prvky a je přitom navrženo pro jedno i dvouválcové motory.

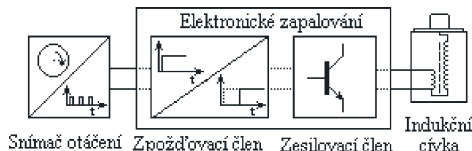
Základní technické údaje

Napájecí napětí:
13,8 V (pracuje od 5,5 V).
Pracovní rozsah otáček:
0 až 9000 ot/min.
Doba hoření jiskry: 1,2 ms.
Čtyři pevné + jedna volitelná
charakteristika předstihu: 0 až 35 °.
Vysoká energie a strmost jiskry.
Vačkový nebo optický snímač otáčení.
Ochrana před vybitím baterie.
Signalizace správné funkce.

Princip řízení předstihu

Zážehové spalovací motory spalují směs vzduchu a benzínu, která je v určitém okamžiku (předstihu) před dosažením horní úvratě (HÚ) zapálena. Předstih zážehnutí palivové směsi by měl být takový, aby při dosažení HÚ bylo palivo již spáleno. Doba, za kterou urazí píst stejnou vzdálenost, se mění v závislosti na otáčkách motoru, avšak doba hoření směsi je téměř neměnná. Závisí na složení směsi, typu paliva, tlaku, teplotě aj. Z tohoto tvrzení vyplývá, že nelze dosáhnout optimálního předstihu v celém rozsahu pracovních otáček bez jeho řízení. U automobilových motorů je tento problém řešen odstředivým a podtlakovým regulátorem předstihu anebo inteligentní řídicí jednotkou. Největší předstih zážehu je vyžadován při nejvyšších otáčkách motoru a naopak nejmenší předstih při nejnižších otáčkách.

Předpokládejme pro snazší vysvětlení konstantní dobu hoření směsi 1 ms. Za tuto dobu urazí klikový hřídel motoru při 6000 ot/min úhel 36 °,



Obr. 1. Blokové schéma funkce zapalování

ale při 1000 ot/min pouze 6 °. Z toho vyplývá, že nastavíme-li konstantní předstih 21 °, bude při 6000 ot/min zážeh opožděn o 15 ° (malý předstih) a při 1000 ot/min bude o 15 ° urychlen (velký předstih).

Chceme-li řídit předstih na optimální hodnotu v celém rozsahu otáček, je nutné nastavit na snímači otáčení předstih pro nejvyšší pracovní otáčky motoru, tj. např. pro 6000 ot/min 36 °. Pak např. pro 1000 ot/min je nutné zpozdit zážeh motoru zpozdovacím členem (obr. 1) o dobu, která odpovídá úhlu 30 ° tak, aby bylo dosaženo žádaného předstihu 6 °.

Odvození vztahu pro výpočet doby zpoždění

Přepočítání ot/min na ot/s = Hz:
 $N_s [\text{ot/s}] = N_m [\text{ot/min}] : 60$

Přepočítání ot/s na dobu otáčky v s:
 $T_s [\text{s}] = 1 : N_s [\text{ot/s}]$

Výpočet úhlu zpoždění:
 $\varphi_{\text{zpož}} = \varphi_{\text{max}} - \varphi_{\text{před}}$

Podíl tohoto úhlu na jedné otáčce:
 $K_{\text{pod}} = \varphi_{\text{zpož}} : 360$

Požadovaná doba zpoždění:
 $T_{\text{zpož}} [\text{s}] = T_s \cdot K_{\text{pod}} = (\varphi_{\text{max}} - \varphi_{\text{před}}) : (60 \cdot N_m)$

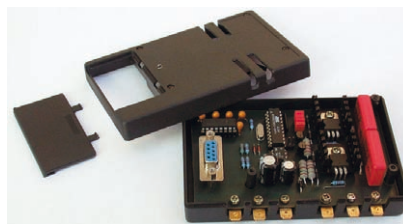
$\varphi_{\text{max}} [^\circ]$ - maximální úhel předstihu (nastavený na snímači otáčení).
 $\varphi_{\text{před}} [^\circ]$ - požadovaný úhel předstihu při otáčkách motoru $N_m [\text{ot/min}]$.

Realizace řízení předstihu mikroprocesorem

Z výpočtů vyplývá, že doba zpoždění $T_{\text{zpož}}$ je závislá na požadovaném úhlu předstihu $\varphi_{\text{před}}$ a otáčkách motoru N_m .

Výpočty 16bitového násobení a dělení jsou časově náročné a zvláště pak nevhodné v systému s kritickým

VYBRALI JSME NA
OBÁLKU



časem zpracování, kde je vyžadována okamžitá odezva. Proto je vhodné dobu zpoždění $T_{\text{zpož}}$ předem vypočítat a uložit do tabulky.

Není nutné, aby tabulka obsahovala hodnoty předstihu pro každé otáčky, ale postačí ji diferencovat po 50 ot/min (800 až 2700 ot/min) a více (od 2700 ot/min). Tabulka uložená v mikroprocesoru (μP) pro jeden průběh předstihu obsahuje 45 + 1 časů zpoždění (běh + startování motoru).

Doba trvání jedné otáčky je měřena časovačem T_0 . Čas zpoždění $T_{\text{zpož}}$ a doba hoření jiskry jsou odměřovány časovačem T_1 .

Čtyři pevné charakteristiky předstihu jsou uloženy v paměti ROM a jediná konfigurovatelná charakteristika se kopíruje při iniciaci μP z paměti EEPROM do RAM.

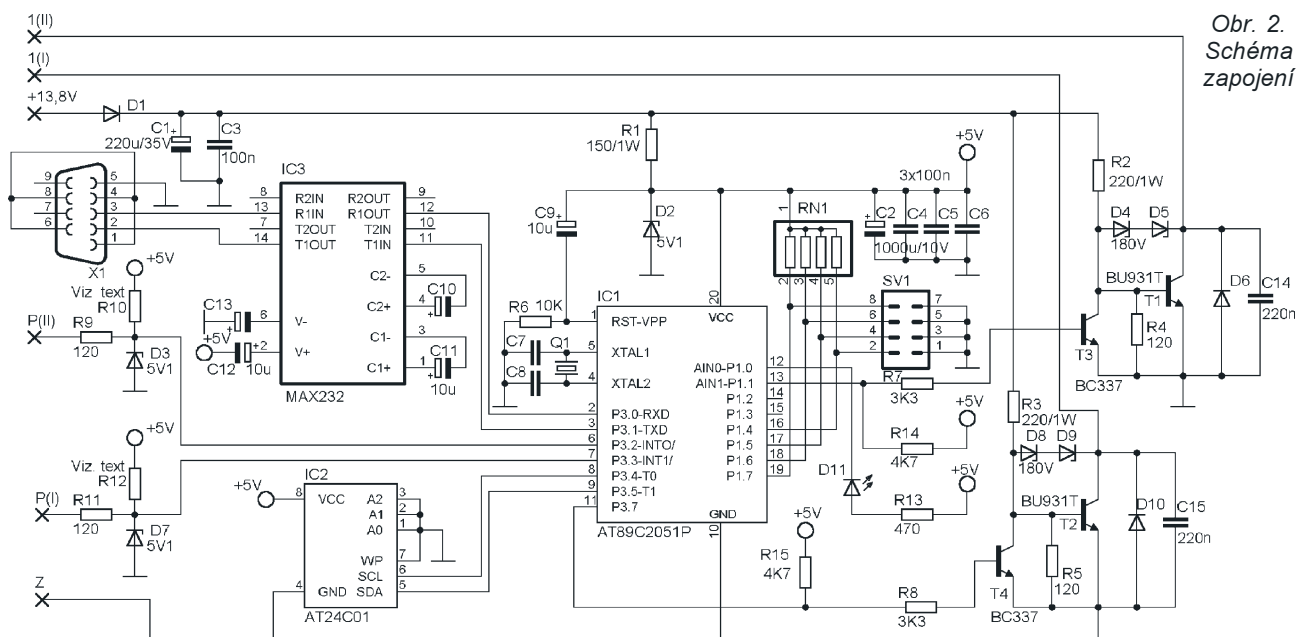
Popis zapojení

Schéma zapojení zapalování je na obr. 2. Srdcem zařízení je μP AT89C2051 (IC1) s řídicím programem o velikosti 1,6 kB, který zcela využívá 128 B paměti RAM. Pracovní kmitočet 11,0592 MHz je dán rezonátorem Q1, kondenzátory C7 a C8. Tento kmitočet je určující pro přenos dat po sériovém kanálu s rychlostí 9600 Bd.

Napájení μP a periferních obvodů zajišťuje stabilizátor se Zenerovou diodou D2 a R1, který je navržen tak, aby i při malých napájecích napětích (od 5,5 V) zajistil dostatečné napájení μP . Dioda D1 tvoří ochranu proti přepólování a spolu s kondenzátorem C1 chrání integrované obvody (IO) proti impulsnímu rušení, které je způsobeno např. nedokonalou funkcí dobíjení nebo rušením klaksonu. Kondenzátory C3 až C6 slouží k filtraci vysokofrekvenčního rušení, které vzniká v samotných IO např. přepínáním logických úrovní hradel.

Obvod MAX232 (IC3) a paměť EEPROM (IC2) umožňují přenos a uložení nové charakteristiky předstihu vytvořené v PC. V případě nevyužití této funkce jsou tyto obvody (včetně tantalových kondenzátorů C10 až C13) nepotřebné a není je po-

Obr. 2.
Schéma
zapojení



třeba na desku s plošnými spoji (DPS obr. 3.) pájet.

Rezistory R9, R10 a dioda D3 tvoří obvod pro vstup signálu z čidla otáčení II a rezistory R11, R12 a dioda D7 tvoří obvod pro vstup signálu z čidla otáčení I. Odpor re-

zistorů R10 a R12 je nutné volit podle typu čidel otáčení. V případě vačkového přerušovače s kondenzátorem je vhodný odpor $R10 = R12 = 680 \Omega$. Pro optický snímač otáčení mohou být jejich odpory zvětšeny až na $15 \text{ k}\Omega$.

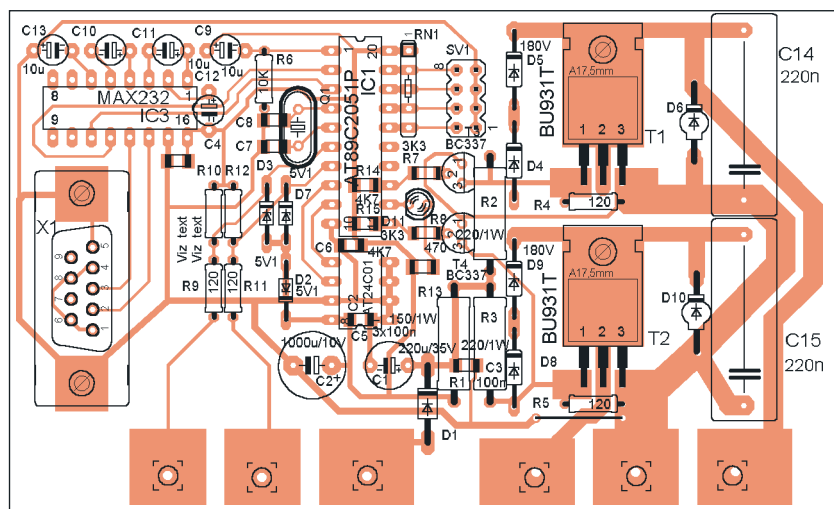
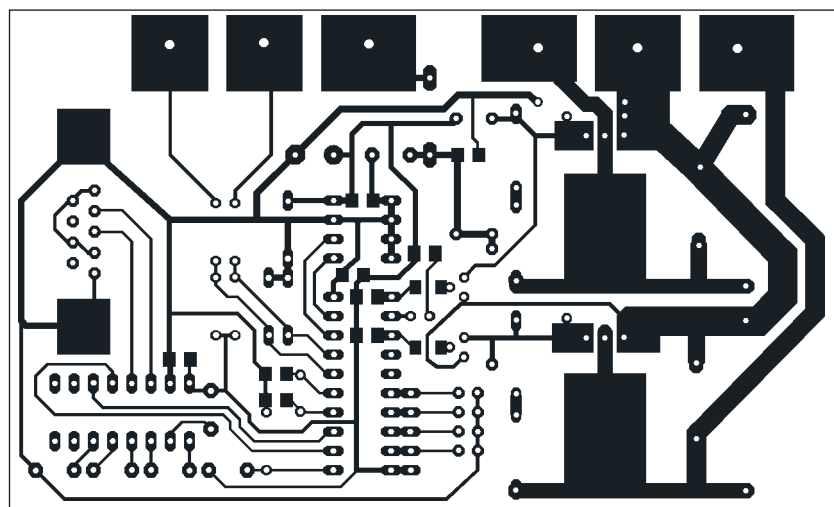
Klíčovou součástí výkonových obvodů pro válce II a I jsou výkonové Darlingtonovy tranzistory T1 a T2 s proudovou zatížitelností až 30 A.

Tyto tranzistory se vyrábějí ve třech variantách zapouzdření BU931 (pouzdro TO3), BU931T (TO220) a BU931P (SOT93), přičemž poslední dva typy lze zapojet přímo do DPS. Pro chlazení výkonových tranzistorů vystačí minimálních rozměrů, protože jejich ztrátový výkon nepřekročí 3 W.

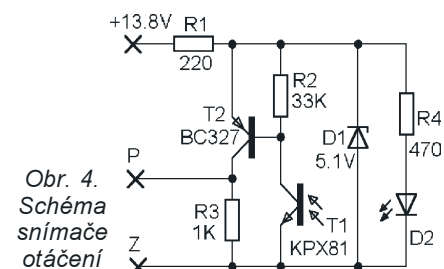
Rezistory R14 a R15 vytvářejí proud pro otevření tranzistorů T3 a T4, které jsou uzavírány úrovní L na vývodech P1.1 a P3.7 μP .

Při použití zapalování pro jedno-válcový motor je možné vynechat všechny součástky týkající se vstupu a výkonové části pro válec II kromě rezistoru R10, který zajišťuje požadovanou úroveň H na vstupu μP .

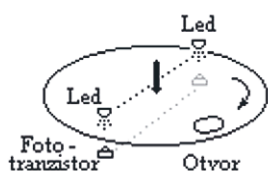
Chcete-li nahradit vačkový přerušovač optickým snímačem otáčení, můžete se inspirovat ze zapojení na obr. 4. Tento optický snímač byl navržen tak, aby jeho výstupní signál měl průběh shodný s vačkovým přerušovačem (předpokladem shodných vlastností je použití stínítka z obr. 5). Je-li fototranzistor T1 zatemněn, bude spolu se zesilovacím tranzistorem T2 uzavřen. Signálový vývod P bude tedy přes rezistor R3 uzemněn. Při osvětlení fototranzistoru T1 se T2 otevírá a na vývodu P je vstoupná hrana, která je podnětem pro zapalo-



Obr. 3. Deska s plošnými spoji



Obr. 4.
Schéma
snímače
otáčení



Obr. 5. Optický snímač otáčení

vání k časování zpoždění a k následnému generování jiskry.

Oživení a instalace

Po osazení DPS součástkami je nutné ji opticky zkontrolovat, zda pájením nevznikly nějaké vodivé můstky. Podmínkou vložení IO do objímek je změření správnosti napájecích napětí IO a také vyzkoušení činnosti výkonové části zapojení postupným uzemněním vývodů P1.1 a P3.7. Je-li vše v pořádku, je právě vhodná doba na vložení IO do objímek a vyzkoušení správné činnosti celého zapojení.

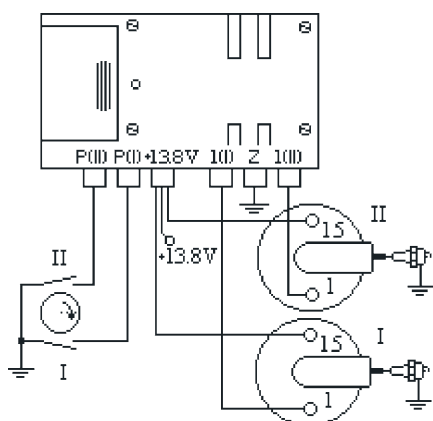
Před montáží DPS do krabičky doporučuji přilepit větší součástky nebo celou DPS nalakovat a tím ji chránit proti vibracím, které jsou na motocyklu velmi výrazné a mohou způsobit porušení pájených spojů.

Zapalování je vhodné napájet z místa s malou impedancí novými vodiči (průřez > 1,5 mm²), které zajistí jeho spolehlivou činnost. Zapojení zapalování je uvedeno ve schématu na obr. 6. Pro připojení optického snímače otáčení, doporučuji použít stíněné vedení, které odstíní rušení z alternátoru a ze samotné zapalovací soustavy. Vhodné je také použít stíněné „kloboučky“ na zapalovací svíčky.

Pro připojení PC k zapalování slouží standardní kabelové prodloužení RS-232.

Funkce zapalování

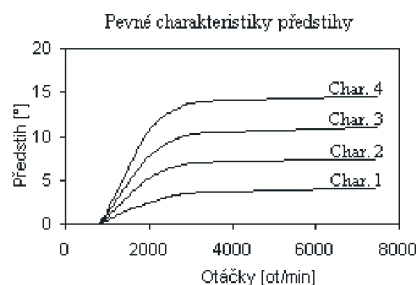
Jak již bylo uvedeno, může být zapalování použito pro jednoválcové i dvouválcové motory. Pro jednoválcové motory je správná činnost zapalování podmíněna trvalou úrovní H na vstupu válce II (P3.2).



Obr. 6. Schéma instalace zapalování

Obr. 7. Funkce zkratovacích propojek

<input type="checkbox"/>	Rízení předstihu
<input type="checkbox"/>	zákázáno
<input type="checkbox"/>	Pro řízení použita
<input type="checkbox"/>	volitelná char. z PC
<input type="checkbox"/>	Pevná char. č.1 s
<input type="checkbox"/>	předstihem - 0 až 4°
<input type="checkbox"/>	Pevná char. č.2 s
<input type="checkbox"/>	předstihem - 0 až 6,7°
<input type="checkbox"/>	Pevná char. č.3 s
<input type="checkbox"/>	předstihem - 0 až 11°
<input type="checkbox"/>	Pevná char. č.4 s
<input type="checkbox"/>	předstihem - 0 až 14,5°



Obr. 8. Průběhy pevných charakteristik předstihu

Povolení řízení předstihu a volbu jeho správné charakteristiky lze uskutečnit vhodným zapojením zkratovacích propojek podle obr. 7. Pro řízení předstihu lze zvolit čtyři pevné charakteristiky (obr. 8) s minimální změnou 0 až 4° a maximální 0 až 14,5°. Každá charakteristika obsahuje jedno časové zpoždění pro start motoru a dalších 45 pro jeho chod.

Po zapnutí napájení zapalování se vždy okamžitě přečte paměť EEPROM. Jestliže paměť odpovídá, je zkontrolován obsah adresy 100, na které se musí nacházet testovací hodnota 55H. Je-li tento test splněn, přenesou se 93 Byte z paměti EEPROM do RAM. Poslední přenesený Byte je CRC, který se musí shodovat s vypočteným CRC přenesených dat. Proběhlo-li vše v pořádku, kontrolní LED na 0,5 s zhasne a pak se opět rozsvítí. Jestliže neproběhl některý z testů úspěšně, LED 5x krátce zabliká a pak bude svítit. Jestliže iniciace RAM neproběhla v pořádku a je zkratovacími propojkami vybrána volitelná charakteristika, nastane automatický přechod na propojkami vybranou pevnou charakteristiku 1 až 4.

Jestliže do 8 s po zapnutí zapalování nebo zastavení motoru nebude detekována vzestupná hrana ze snímačů otáčení, dioda LED zhasne, což signalizuje, že zapalování přešlo do úsporného režimu, kdy nejsou buzeny indukční cívky. Při přechodu do spícího režimu je iniciován sériový kanál μP a tím zapalování připraveno na změnu volitelné charakteristiky

připojeným PC. Přenos a zápis dat je signalizován svítící diodou LED. Úspěšný zápis trvá přibližně 1 s.

Přijde-li ve kterémkoliv okamžiku (mimo přenos a zápis dat) vzestupná hrana z některého ze snímačů otáčení, okamžitě se „probudí“ zapalování a generuje se jiskra v příslušném válci.

Další podstatnou funkcí diody LED je jednoduchá diagnostika snímačů otáčení, jejichž činnost je signalizována blikáním.

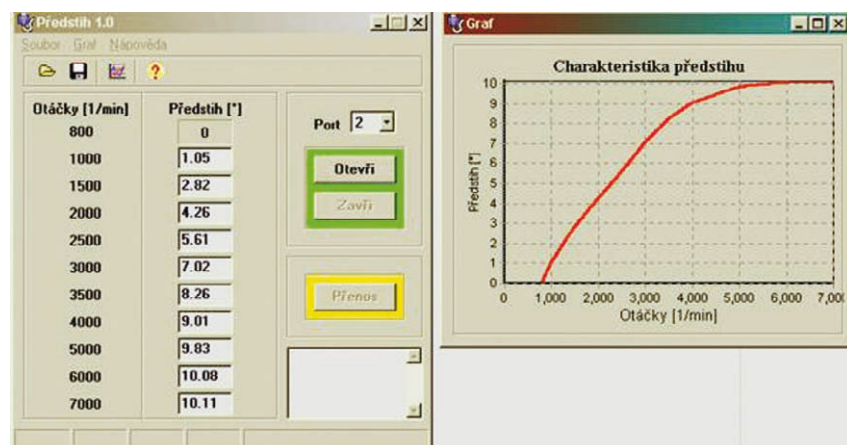
Program Předstih 1.0

Program Předstih 1.0 (obr. 9), vytvořený v DELPHI 5, slouží pro generování požadované charakteristiky předstihu a její přenos do zapalování. Program reprezentovaný spustitelným souborem **Předstih.exe** pracuje pod operačním systémem Windows 95, 98, 98SE, ME, 2000 a XP.

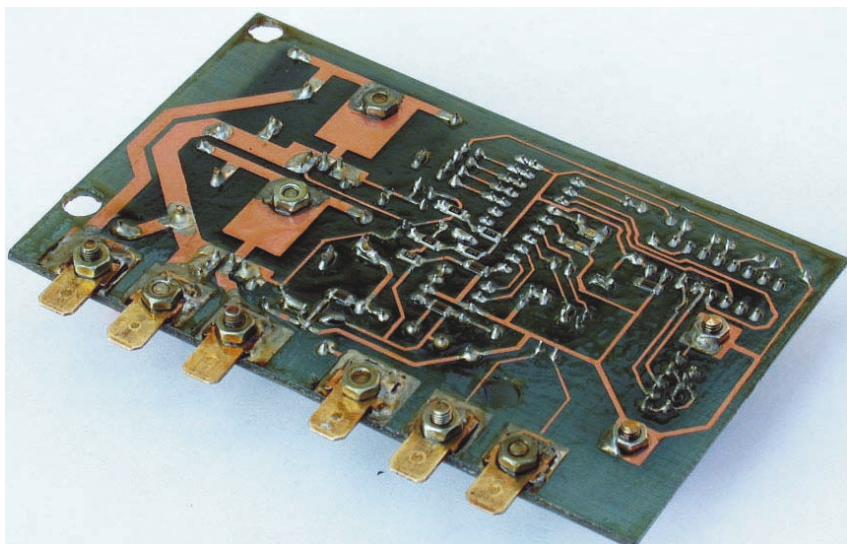
Přenosovým médiem je komunikační rozhraní RS-232, které je tvořeno portem počítače COM1 až 4. Příslušný port je možné zvolit v položce Port.

Po spuštění programu jsou všechny položky předstihu pro jednotlivé otáčky prázdné a komunikační port je uzavřen. Okolí tlačítka Přenos je označeno žlutou barvou a samotné tlačítko není aktivní. Zápisem požadovaných hodnot předstihu a otevřením komunikačního portu změní okolí tlačítka barvu na zelenou a tlačítko se stane aktivní.

Pozn.: Oddělovač desetinných míst pro zápis hodnot používejte shodný s nastavením ve Windows.



Obr. 9. Program pro volbu a nahrávání předstihu



Nyní může být uskutečněn přenos dat. Po stisknutí tlačítka Přenos se mohou objevit tyto hlásky:

- Nová charakteristika předstihu byla úspěšně uložena do paměti (vše v pořádku).
- Zařízení neodpovídá (není připojen komunikační kabel nebo chyba v zapojení zapalování)!
- Chyba přenosu dat! Zkuste přenést data znovu (nastala chyba při přenosu dat, která byla identifikována CRC kódem).
- Nebyla nalezena paměť EEPROM (data se uložila pouze do paměti RAM a po vypnutí napájení μP budou ztracena).

Vytvořenou charakteristiku předstihu je možné zobrazit v grafu nebo ji uložit do souboru pod libovolným názvem a poté opětovně ze souboru vyčíst. Cesta k poslednímu uloženému souboru a číslu portu se ukládá při ukončení programu do souboru c:\Program Files\Param.txt.

Závěr

Cílem konstrukce tohoto elektronického zapalování nebylo 100 % zvětšení výkonu motoru, ale především stabilizování jeho chodu v nízkých a zvláště pak ve vysokých otáčkách. Při vhodném nastavení charakteristiky předstihu má motor výrazný „tah“ v širokém rozsahu otáček a také se snadněji startuje.

Literatura

- [1] Fojtík, R.: Tranzistorové zapalování EK2.3. AR 10/94.
- [2] Soukup, J.: Elektronická regulace předstihu zážehu. AR 11/79.
- [3] Skalický, P.: Mikroprocesory řady 8051. BEN 2001.
- [4] Miller, T.; Powell, D.: Mistrovství v Delphi. Inprise 2001.
- [5] Novák, P.: Rutina komunikace se sériovou pamětí typu 24C pro x51. (<http://www.hw.cz>).

Seznam součástek

R1	150 Ω /1 W
R2, R3	220 Ω /1 W
R4, R5, R9, R11	120 Ω
R6	10 k Ω
R7, R8	3,3 k Ω , 1206
R10, R12	viz text
R13	470 Ω , 1206

R14, R15	4,7 k Ω , 1206
C1	220 μF /35 V
C2	1000 μF /10V
C3 až C6	100 nF, 1206
C7, C8	33 pF, 1206
C9 až C13	10 μF /25 V
C14, C15	220 nF, 400 V=
D1	usměrňovací 1 A
D2, D3, D7	5,1 V/0,5 W
D4, D5, D8, D9	180 V/1 W
D6, D10	BY299, BY399
LED	červená
T1, T2	BU931T, BU931P
T3, T4	BC337-40, BC337-25
IC1	AT89C2051
IC2	AT24C01
IC3	MAX232
Q1	11,592 MHz, rezonátor
X1	CAN9ZP
Chladič 2x V71103	
Krabička U-KP20	
Vidlice 6,3 mm FS63X08W30	
Zkratovací propojky JUMP-RT	
Lámací kolíky dvouřadé 2x 5 vývodů	

Naprogramovaný mikroprocesor za 250 Kč + poštovné si lze objednat na adrese: Radek Taraba, P. hrdinů 22B, 736 01 Havířov - Živočice, tel.: 737 420 643, 596 430 187. E-mail: radek.taraba@post.cz.

