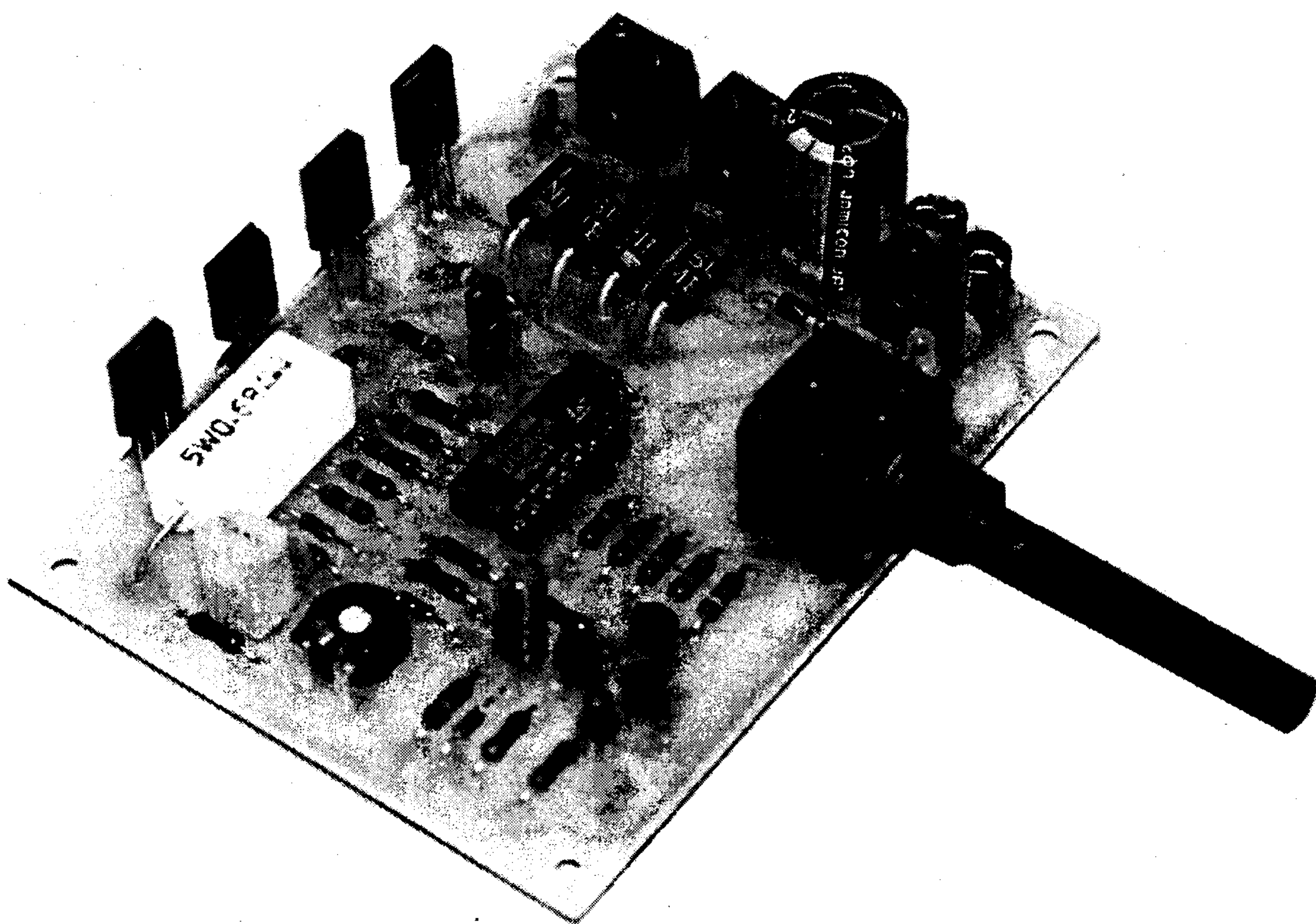


Regulátor rychlosti pro modelovou železnici



Mnoho z nás v době svého mládí dostalo při nějaké příležitosti dětský vláček. Někdo se spokojil s tím, že si občas složil ovál kolejiště na podlaze a proháněl lokomotivu s několika vagonky pořád dokola. Někdo si přikoupil i nějaké výhybky a pár kolejí navíc a pokusil se postavit i malé nádraží a v někom se zrodila vášně pro miniaturní železnici na celý život. Většina kolejišť má ale jedno společné. Napájecí transformátorky neumožňují pomalou jízdu vlaku. Je to dáno tím, že výstupní napětí regulátoru bývá stejnosměrné s volbou polaritu (určení směru) a s možností regulace od nuly do maxima. S klesajícím napětím na motorku lokomotivy klesá i jeho kroutící moment. V klidu je převodové ústrojí zatíženo poměrně velkými třecími odpory a na motor musíme přivést určité napětí, aby je překonal a vlak se dal do pohybu. V tom okamžiku se však mechanický odpor pohybového ústrojí výrazně zmenší a vlak se rozjede rychle vřed. Dosáhnout vyložené pomalého pohybu je téměř nemožné. K dosažení daleko realistického pocitu z plynulého rozjezdu a zastavování musíme použít

napájecí zdroj s pulzně šířkovou modulací.

Popis

Princip pulzně šířkové modulace pro řízení stejnosměrných motorků je všeobecně znám. Na rozdíl od výše zmíněné regulace změnou výstupního napětí zdroje zůstává v případě pulzně šířkové modulace (dále jen PWM) výstupní napětí konstantní a je rovno maximálnímu napájecímu napětí. Regulace otáček se dosahuje tím, že výstupní napětí je v rychlém sledu zapínáno a vypínáno. Poměr doby sepnutí a rozepnutí (střída signálu) dává výsledné napětí na motoru a tím i jeho otáčky. Střída může být teoreticky od 0 do 100 %, to jest od nulového výstupního napětí (0%) až po trvale sepnuté napájení (100%). Výhodou je, že i při nízkých otáčkách motoru (to je při střídě blízké nule), má motor výrazně vyšší kroutící moment než při napájení stejnosměrným napětím, protože v okamžiku sepnutí je napájen maximálním napájecím napětím a teče přes něj jmenovitý proud.

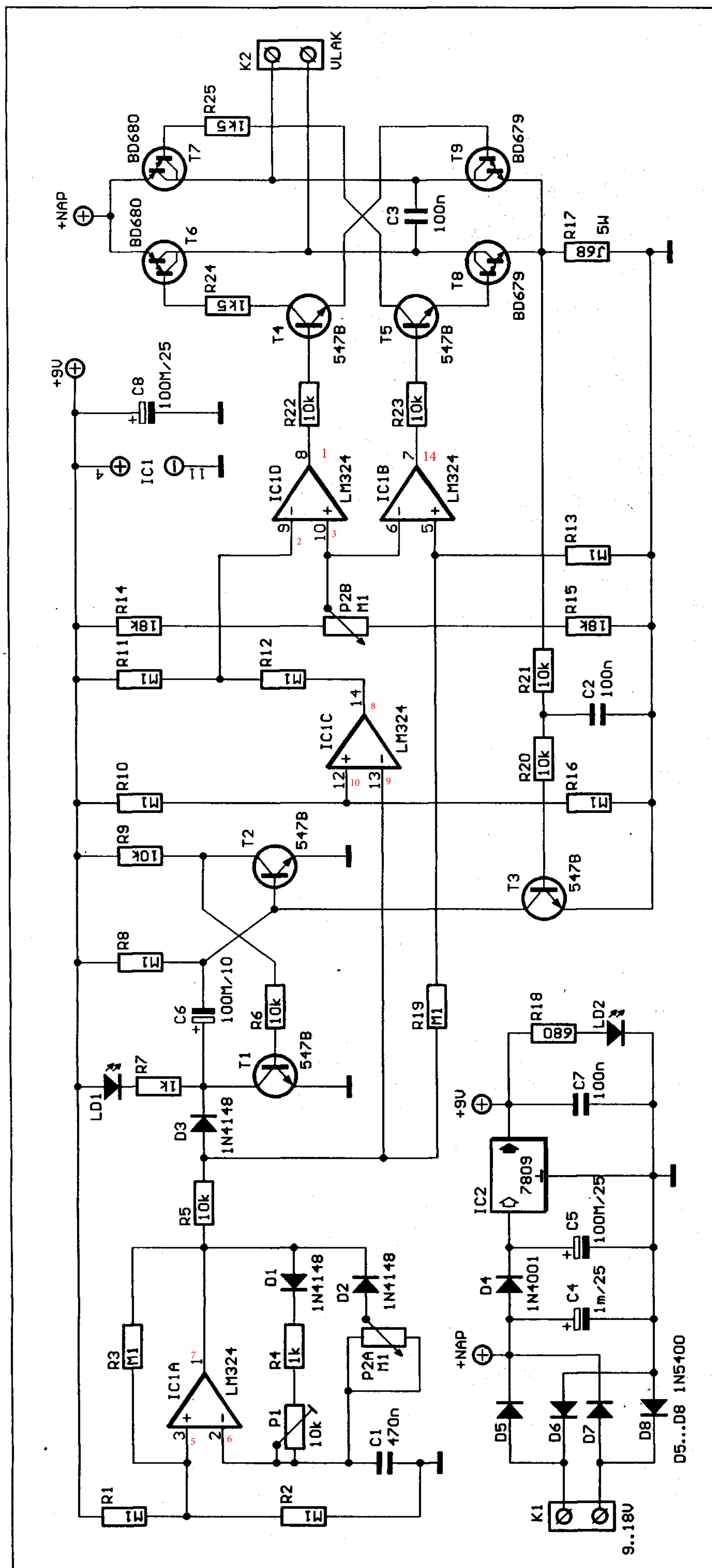
Předložené řešení má výhodu

v jednoduchosti ovládání, které se prakticky neliší od klasického napájecího transformátorku s jediným centrálním ovládacím knoflíkem. Tím se ovládá jak rychlost, tak i směr otáčení, neboť má nulu (STOP) ve střední poloze.

Zapojení

Na obr. 1 je schéma zapojení regulátoru. Obsahuje čtyři základní části. PWM oscilátor, což je klasický generátor obdélníkového průběhu s proměnnou šířkou pulzu, je realizovaný operačním zesilovačem IC1A. Následuje řídicí obvod spojený s volbou směru a koncový spínací stupeň pro motorek. Zapojení má i proudovou pojistku pro případ náhodného zkratu na kolejišti.

PWM oscilátor tvoří 1/4 obvodu LM324. Oscilátor má dvě větve zpětné vazby oddělené diodami D1 a D2 pro nastavení délky pulzu a pauzy. Pulz (doba, po kterou je připojen elektromotorek) je dán časovou konstantou C1 (R4+P1). Trimrem P1 můžeme nastavit minimální délku pulzu tak, aby byl ve střední poloze potenciometru P2 (STOP) vlak v kli-

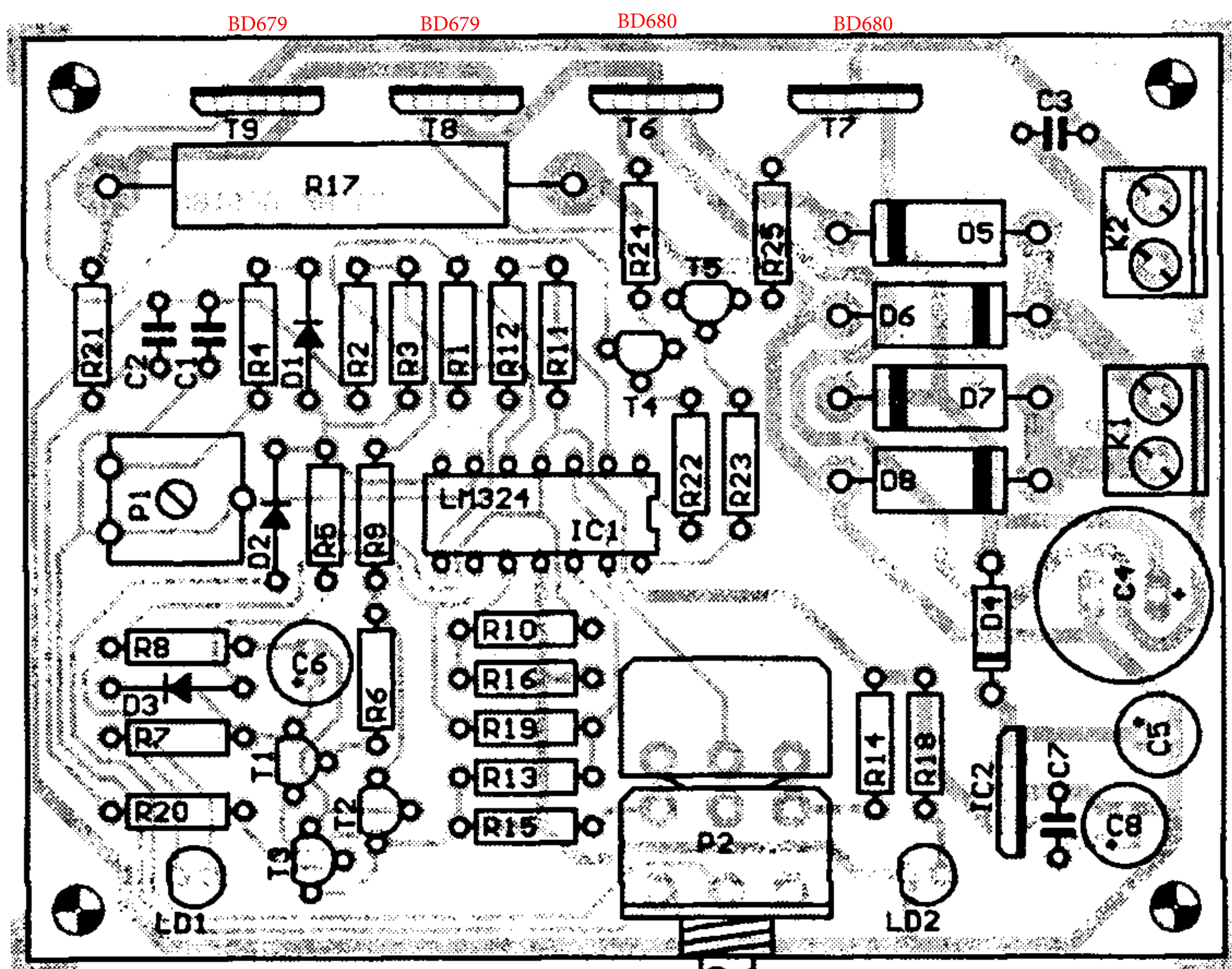


du, ale již při mírném pootočení P2 se dal do pohybu. Můžeme tak regulátor přizpůsobit různým typům vláček nebo zátěže lokomotivy. Potenciometrem P2A nastavujeme délku pauzy. V obou krajních polohách je minimální, to znamená, že na motorku je téměř plné napájecí napětí, ve středu maximální, daná časovou konstantou $P2A/2 \cdot C1$. Z uvedeného popisu je zřejmé, že oscilátor pracuje s konstantní délkou kladného pulzu ($R4+P1$) $C1$ a proměnnou frekvencí danou $P2A \cdot C1$.

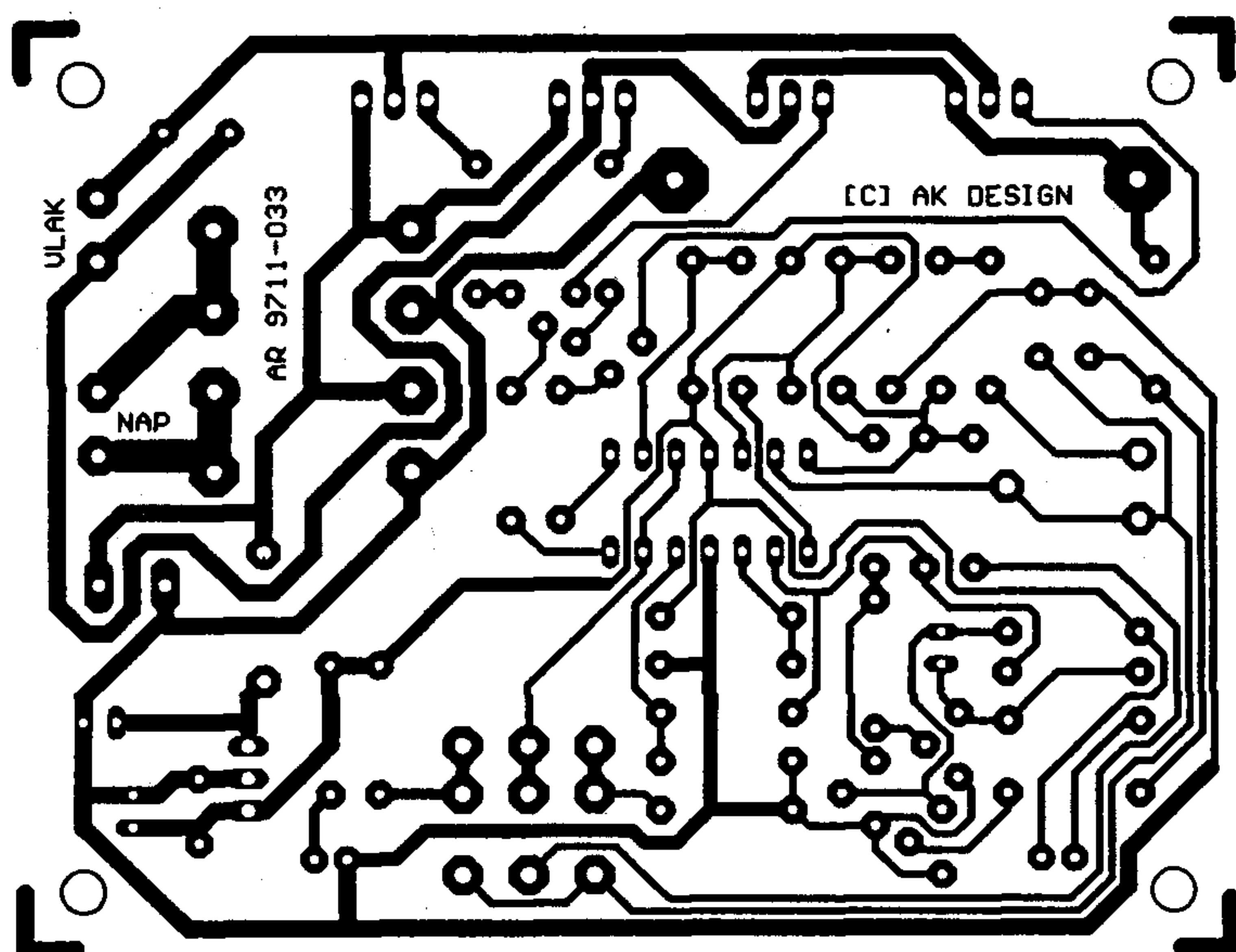
Z výstupu oscilátoru jde obdélníkový signál přes $R5$ na vstup invertoru s $IC1C$. Protože jeho neinvertující vstup je připojen na střed napájecího napětí odporovým děličem $R10 \cdot R16$, na výstupu $IC1C$ dostaneme signál fázově otočený o 180° . Protože je $R12 > R11$ ($110 \text{ k}\Omega$ a $100 \text{ k}\Omega$), na invertujícím vstupu $IC1D$ je signál s dolní úrovní $> U_{\text{nap}}/2$ a horní blíží se U_{nap} . Obráceně, na neinvertujícím vstupu $IC1B$ je tentýž signál převrácený o 180° s dolní úrovní blíží se nule a horní $< U_{\text{nap}}/2$. Pokud nastavíme běžec potenciometru $P2B$ do střední polohy, je na něm napětí $U_{\text{nap}}/2$. Toto napětí je menší než minimální úroveň na invertujícím vstupu $IC1D$ a současně větší než maximální napětí na neinvertujícím vstupu $IC1B$. Oba komparátory $IC1B$ a $IC1D$ mají výstupy na nízké úrovni a tím jsou uzavřeny i tranzistory budiče $T4$ a $T5$. Koncovými tranzistory neprotéká žádný proud a motorek stojí. Pootočíme-li nyní běžcem potenciometru $P2B$ směrem ke kladnému napájení, napětí na neinvertujícím vstupu $IC1D$ bude vyšší než minimální úroveň pulzů na invertujícím vstupu a výstup komparátoru začne spínat tranzistor $T4$ souhlasně s průběhem signálu oscilátoru PWM. Při kladném pulzu se sepnou tranzistory $T6$ a $T9$ a proud prochází motorkem připojeným na svorkovnici $K2$. Obdobná situace je při otočení potenciometru $P2B$ směrem k zemi napájení. Nižší napětí na invertujícím vstupu $IC1B$ uvolní spínání komparátoru a budící tranzistor $T5$ otevře koncovou dvojici $T7$, $T8$. Proud opět protéká motorkem, ale tentokrát v obráceném směru, takže vláček se začne pohybovat na druhou stranu.

Při provozu může na kolejišti dojít velmi snadno ke zkratu, který

Obr. 1. Schéma zapojení regulátoru pro modelovou železnici



Obr. 2. Rozložení součástek na desce regulátoru



Obr. 3. Deska s plošnými spoji regulátoru

by mohl výkonově nebo proudově přetížit regulátor. Proto je zapojení vybaveno proudovou pojistkou. Proud, protékající motorkem, je snímán odporem R17. Jeho velikost je ve schématu uvedena 0,68 Ω . To platí pro proudové omezení okolo 1 A. Pokud potřebujeme vyšší proudovou zatížitelnost, můžeme R17 zmenšit až na 0,15 Ω . Maximální proud pak bude asi 4 A. Úbytek napětí na R17 je přiveden na bázi tranzistoru T3. Překročí-li úbytek napětí na R17 asi 0,7 V, T3 sepne. Filtrační článek R20, R21 a C2 omezuje průnik krátkých napěťových špiček, které nemají zásadní význam z hlediska přetížení koncových tranzistorů. Sepnutí T3 způsobí uzavření tranzistoru T2. Tranzistory T1, T2 a kondenzátor C6 tvoří dohromady monostabilní mul-

tivibrátor. Uzavřením T2 se otevře tranzistor T1. Výstup PWM oscilátoru je přes R5 a D3 uzemněn a na řídicí komparátory nejde žádný signál. Kondenzátor C6 se nabíjí přes R8. Jakmile napětí na bázi T2 překročí 0,7 V, T2 se otevře, T1 zavře a signál může opět procházet na komparátory. Pokud zkrat na kolejišti trvá, celý postup se opakuje. LED dioda LD1 slouží k indikaci aktivace proudové ochrany.

Stavba

Desku regulátoru postupně osadíme součástkami. Začneme u odporů a malých diod, a dále podle velikosti. Koncové tranzistory přišroubujeme na chladič, v případě menších výstupních proudů na hliníkový úhel-

ník. K montáži použijeme slídové podložky a nezapomeneme odizolovat také upevňovací šrouby. Po osazení všech součástek desku pečlivě prohlédneme, zkontrolujeme, zda jsou zapájeny všechny vývody součástek, případně, zda není někde zkrat.

Nastavení

Na svorkovnici K1 připojíme transformátor se sekundárním napětím nejlépe 12 až 18 V (podle použitého vláčku). Musí být dostatečně dimenzován, aby byl schopen dodávat nejméně 10 V při maximálním předpokládaném zatížení. Zkontrolujeme napájecí napětí 9 V na výstupu IC2 (7809). Zbývá nastavit pouze trimr P1. Nastavíme na něm maximální odpor. Potenciometrem P2 pohne ze střední polohy tak, aby se vlak právě rozjel. Tak jsme na začátku regulačního rozsahu potenciometru P2. Nyní trimrem P1 nastavíme minimální požadovanou rychlost vlaku. Nastavení záleží na velikosti a zatížení lokomotivy a našem vkusu. Tím je nastavování ukončeno.

Použitá literatura:

[1] Elektor 1/1988 str. 83

SEZNAM SOUČÁSTEK

R1, R2, R3, R8, R10, R11	
R13, R16, R19	100 k Ω
R12	110 k Ω
R14, R15	18 k Ω
R17	0,68 Ω
R18	680 Ω
R24, R25	1,5 k Ω
R4, R7	1 k Ω
R5, R6, R9, R20 až R23	10 k Ω
C1, C3, C7	100 nF
C2	470 nF
C4	1 mF/25 V
C5, C8	100 μ F/25 V
C6	100 μ F/10 V
D1, D2, D3	1N4148
D4	1N4001
D5, D6, D7, D8	1N5401
IC1	LM324
IC2	7809
K1, K2	ARK2
LD1, LD2	LED
P1	PT10L-10 k Ω
P2	TP169-100 k Ω /N
T1, T2, T3, T4, T5	547B
T6, T7	BD680
T8, T9	BD679