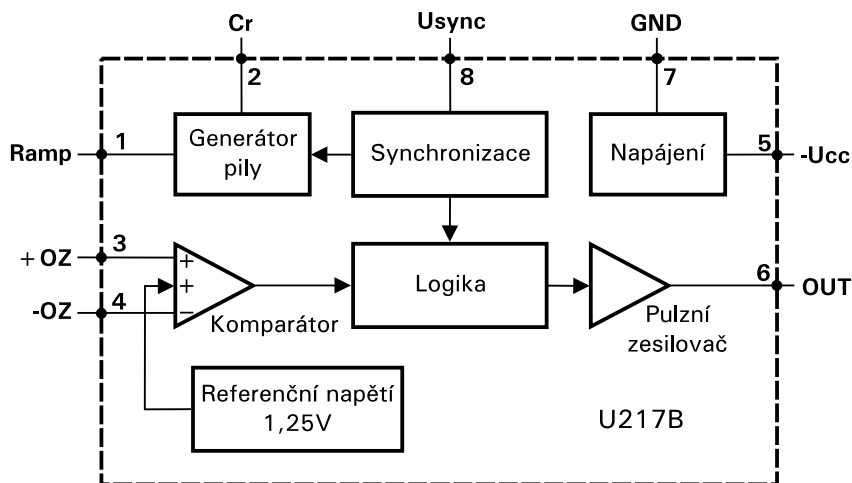


# Mikropáječka s elektronickou regulací teploty

stavebnice č. 523

V dnešní moderní době se v profesionální praxi již stala mikropáječka samozřejmostí a stále více se rozšiřuje i mezi amatéry. Proto se množí i různé návody na její stavbu (mnohdy nepříliš praktické), a tedy ani my nezůstaneme stranou. Vždyť chce-li dnešní elektronik jít alespoň trochu s dobou, nezbyvá než odložit traťopáječku na výjimečné příležitosti a naučit se pracovat s elegantnějšími nástroji.

Řada amatérských konstruktérů se velmi obává používání SMD součástek s odvoláním na fakt, že nemají "mikropájku". Avšak mikropáječka není důležitá ani tak pro pájení SMD, ačkoli je bezesporu nesmírně pohodlná, ale její snad největší výhodou je způsob ohřevu pájecího hrotu. Zatímco u traťopáječek je pájecí hrot současně topným tělesem, mikropáječka má hrot k topnému tělísku pouze přiložen, a není tedy jeho součástí. Díky tomu nedochází v okolí tohoto hrotu ke vzniku magnetického pole, které moderní integrované obvody vyráběné technologií CMOS nemají v lásce a často reagují poškozením či dokonce zničením. Riziko lze sice omezit používáním patič, ty jsou ovšem pro vysoké kmitočty spíše závadou. V nouzi postačí zapínání a vypínání traťopáječky dále od obvodu, ale pro běžnou práci je to dosti nepraktické. Kdo tedy chce jít technologicky s dobou, ten se bez mikropáječky prostě neobejde. Nejprimitivnějším řešením nastavení teploty je ruční snížení napájecího napětí pájedla. Pak se sice cín při odložení pájedla během práce nepřepaluje, ale na druhé straně zase při pájení v důsledku odběru tepla pro tavení jeho teplota poklesne pod přijatelnou mez. Jediným možným řešením je tedy automatické udržování teploty hrotu na vhodné úrovni.

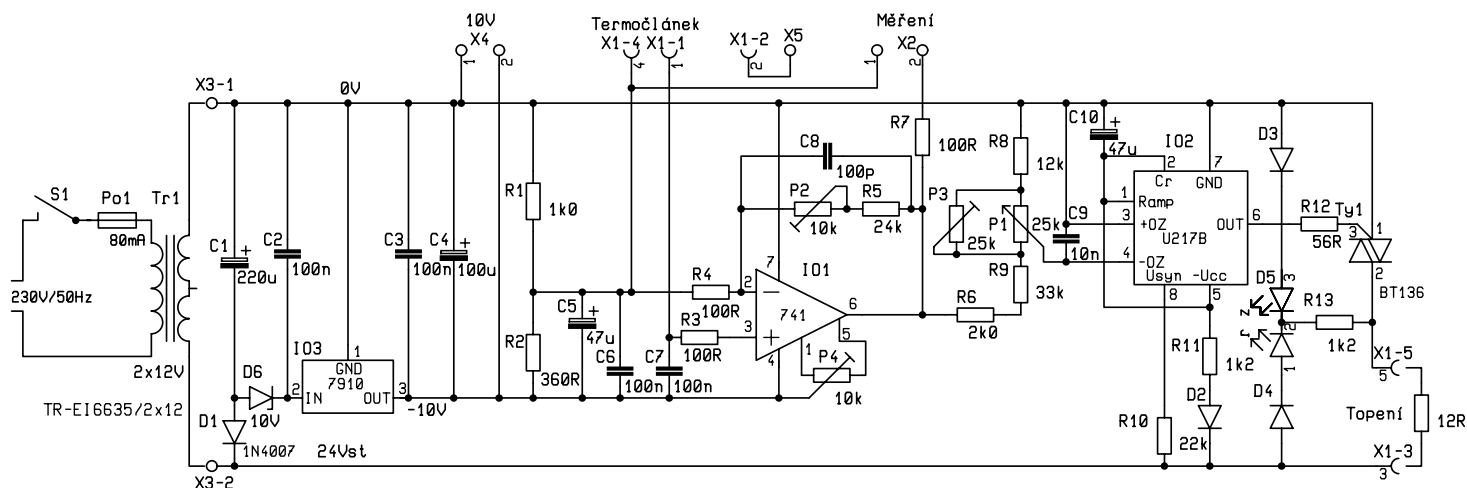


Obr. 2 - Blokové schéma U217B

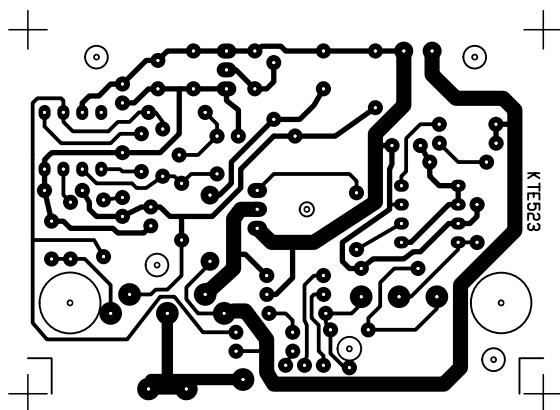
Na trhu je dnes sice celá řada páječek s řízenou teplotou, s různým stupněm komfortu obsluhy a bohatostí příslušenství, samozřejmě podle toho i v různých cenových hladinách. A ačkoli kvalitní, byť jednoduché, mikropáječky lze pořídit v cenách již od 1500 Kč (včetně DPH), stále je dostatek amatérů věrných zásadě "co můžeš, udělej si sám" a pro ty je určena i tato stavebnice. Pro zjednodušení nebudeme vyrábět vlastní pájedlo, tedy hrot s topným tělesem, ale pou-

ze řídicí elektroniku. Jako pájedlo využijeme komerční výrobek SL-30 s napájením 24 V a příkonem 48 W, které je současně vybaveno samostatně vyvedeným teplotním čidlem, v tomto případě termočlánkem. Je k dostání za celkem přijatelnou cenu v síti obchodů GM ELECTRONIC, jakožto náhradní díl k mikropáječkám SOLOMON.

Topné těleso je v našem případě napájeno střídavým napětím a spínání probíhá v nule, čímž jsou omezeny rovněž



Obr. 1 - Schéma zapojení


**Obr. 3 - Deska s plošnými spoji**

rušivé vlivy obvodu (proudové a magnetické rázy).

Aby celé zapojení bylo jednodušší, nemá regulátor ani číslicovou indikaci teploty, ale pouze signalizaci činnosti. V praxi máme bohatě ověřeno, že poloha regulačního prvku naprosto dostačuje pro nastavení požadované teploty a optická signalizace "topí – netopí" bezpečně indikuje stav připravenosti k provozu. Navíc při obvyklém měření teploty na objímce pájecího tělíska víme jen málo o skutečné teplotě pájky (cínu) na hrotu, takže přesná indikace na stupeň či dokonce desetiny stupně je stejně iluzorní. Nicméně, komu by nevyhovovala tato jednoduchá indikace, může si regulátor doplnit číslicovým teploměrem sám. Pro tento případ je obvod doplněn zesilovačem s výstupem  $1\text{ V} / 100\text{ }^{\circ}\text{K}$  a i zdroj má výstup, který připojení číslicového voltmetru – teploměru umožňuje.

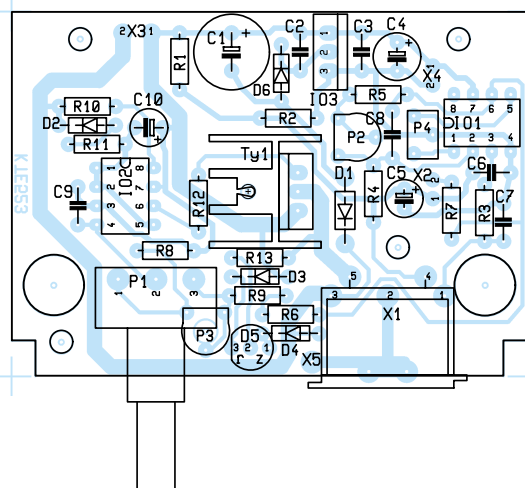
Základem regulátoru je integrovaný obvod U217B fy. TEMIC určený pro spínání triků v nule při regulaci výkonu topení apod. Obsahuje mimo koncového zesilovače pro řízení spínacího prvku a vnitřního zdroje i detektor průchodu proudu nulou a srovnávací obvod pro porovnání vnějšího řídicího napětí s interní referencí. Díky nepatrné vlastní spotřebě – cca  $0,5\text{ mA}$  – je možné jednoduché

napájení jednocestným usměrněním síťového napětí jen s malou filtrační kapacitou bez pomocného transformátoru či jiného zdroje. S obvodem je možné konstruovat různé typy regulátorů pro odporové zátěže bez potřeby samostatného zdroje. V našem případě samozřejmě obvod tuto možnost nevyužívá, navíc pracuje

v tom nejjednodušším zapojení jako dvoubodový regulátor. Přestože jsou možnosti obvodu výrazně větší, nám poslouží především svojí schopností řízení triků v obou půlvlnách a spínáním v nule.

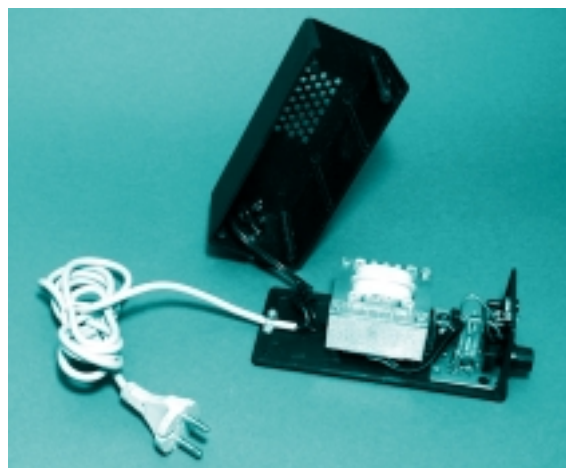
### Popis činnosti

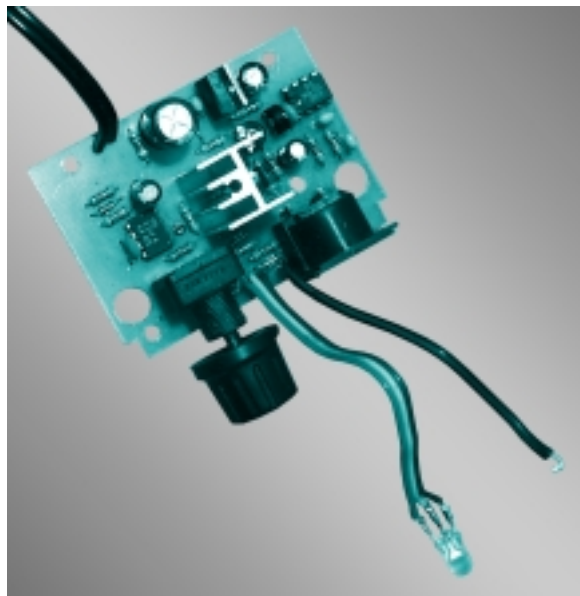
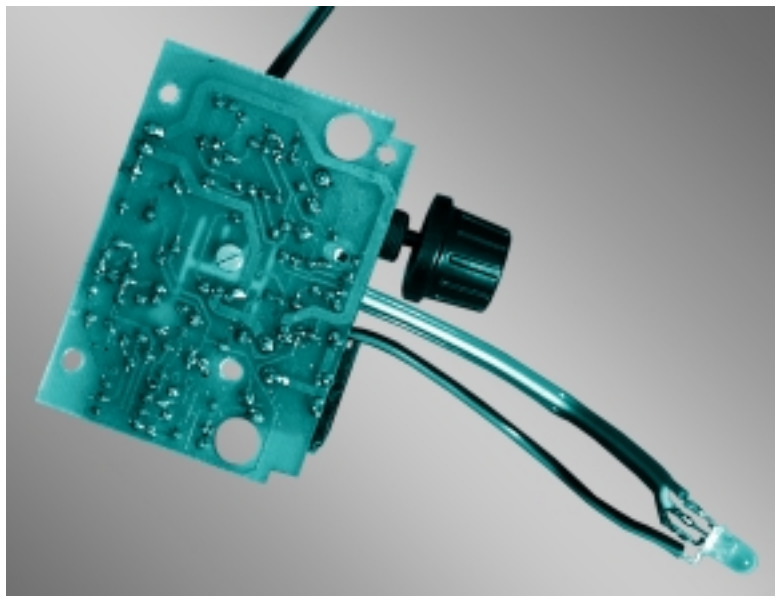
Záporné napětí z termočlánku je vedeno na neinvertující vstup operačního zesilovače IO1. Kladné napětí je "uzemněno" na posunutý střed napájecího napětí. Kombinace P2+R5/R4 umožňuje nastavit zesílení OZ tak, aby při termočlánku použitým v pájedle, dával právě  $1\text{ V}/^{\circ}\text{K}$ . Trimr P4 slouží k vyrovnaní napěťové nesymetrie operačního zesilovače a současně se využívá i ke kompenzaci termočlánku. Kondenzátor C8 zpomaluje reakci zesilovače, a brání tak přílišnému kmitání výstupu OZ i za cenu trochu zhoršené stálosti teploty pájky. Výstup OZ je veden jednak na vývod pro měření teploty externím přístrojem, jednak na potenciometr nastavování teploty. Protože potenciometry mají velké tolerance – až  $\pm 20\%$  – je k němu paralelně připojen trimr, kterým je možno nastavit rozsah přesně na hodnotu  $10\text{ k}$ , pro kterou jsou navrženy omezovací rezistory R6, R8 a R9. Hodnota referenčního napětí je v katalogovém listu uváděna jako typic-


**Obr. 4 - Osazení desky s plošnými spoji**

ky  $1,25\text{ V}$ , ale měření na několika vzorcích jsme zjistili hodnotu od  $1,1\text{ V}$  do  $1,12\text{ V}$ . Při návrhu jsme uvažovali střed, tedy  $1,15\text{ V}$ . S hodnotami dle schématu vychází regulační rozsah  $140 \div 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Běžec potenciometru je veden na vstup porovnávacího obvodu IO2. Rezistor R11 spolu s diodou D2 a kondenzátorem C10 tvoří jeho napájecí obvod, rezistor R10 snímá průběh střídavého napětí pro interní detektor průchodu nulou. Výstup IO2 řídí přes ochranný rezistor R12 triak Ty1, který spíná proud do topného vinutí pájky. Stav triaku, tedy zapnutí či vypnutí, je indikován dvoubarevnou LED, a to tak, že při vypnutém stavu svítí zelená přes odpor topného tělíska a při zapnutém pak červená přímo. Diody D3 a D4 chrání LED před nepřipustným napětím v záporném směru, rezistor R13 pracuje jako proudový omezovač.

Napájení celého regulátoru zajišťuje transformátor  $2 \times 12\text{ V} / 48\text{ VA}$ , který přímo napájí IO2 a tělíska pájedla. Pomocný operační zesilovač, případně číslicový teploměr jsou napájeny stejnosměrným napětím  $10\text{ V}$ , získaným jednocestným usměrněním  $24\text{ V}$  z transformátoru s následnou filtrací a stabilizací ob-





vodem IO3 – 79L10. Dioda D6 snižuje napětí pro stabilizátor, který by jinak mohl být v mezích případech namáhán nedovoleným napětím. Střed napájecího napětí pro neinvertující zesilovač IO1 je získán děličem R1/R2. Protože výstup OZ se pohybuje kladně od této virtuální země, je úroveň středu posunuta směrem k zápornému napájecímu napětí tak, aby se OZ bezpečně nedostal do saturace. Kapacity C5 a C6 filtrují toto napětí, C7 pak filtruje případné rušivé signály, které by mohly proniknout po vedení od termočlánku na vstup OZ.

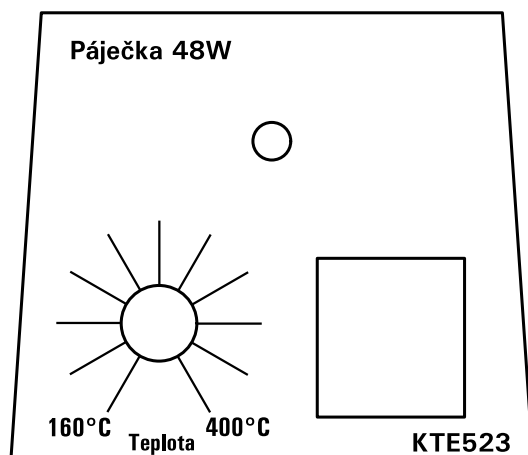
### Stavba

Protože řada amatérů může mít vlastní představu o mechanické konstrukci regulátoru, rovněž i vhodný transformátor může být v železných zásobách na dně šuplete, tvoří součást stavebnice jen elektronika, tzn. deska spojů a příslušné součástky včetně pájeda, avšak nikoli transformátor a skříňka s pojistkovým držákem, vypínačem a další příslušenství. Vzorek jsme koncipovali do krabičky, kte-

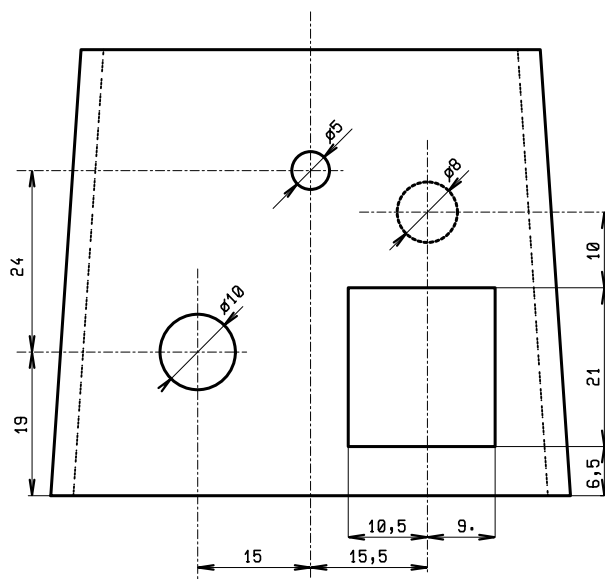
rá sice ani rozměrově, ani materiálově není ideální, ale má obrovskou výhodu v tom, že je za rozumnou cenu běžně dostupná. Kdo nemá jinou možnost, může si potřebné díly dokoupit podle seznamu na konci článku, a pro ty uvádíme dále i podrobný popis montáže. Součástky potřebné pro mechanickou sestavu jsou součástí "balíčku KTE523", který si můžete objednat jako volitelný doplněk ke stavebnici.

Celé zařízení lze umístit do krabičky KPZ6, do které se právě tak bez velkých rezerv vejde. Začneme tedy nejprve s ní. Deska tištěných spojů je uložena v přední části na podložkách o výšce 3 mm, transformátor s vývody dolů je ve střední části a zde potřebujeme čtyři rozpěrné sloupky M4×13. K dispozici jsou ale jen s délkou 10 mm, takže si opět budeme muset vypomoci podložkami. Do dna krabičky vyvrtáme otvory pro připevnění desky spojů, transformátoru a pro větrání. Dále si připravíme čelní panel vyvrtáním a vyříznutím otvorů dle výkresu. V zadní stěně krytu, který není kreslen, by mělo být umístěno pojistkové pouzdro a případně i síťový vypínač, obě boční stěny opatříme v horní části větracími otvory shodně s dnem. Na vzorku máme větrání na horní stěně, ale to se ukázalo jako nevhodné, protože

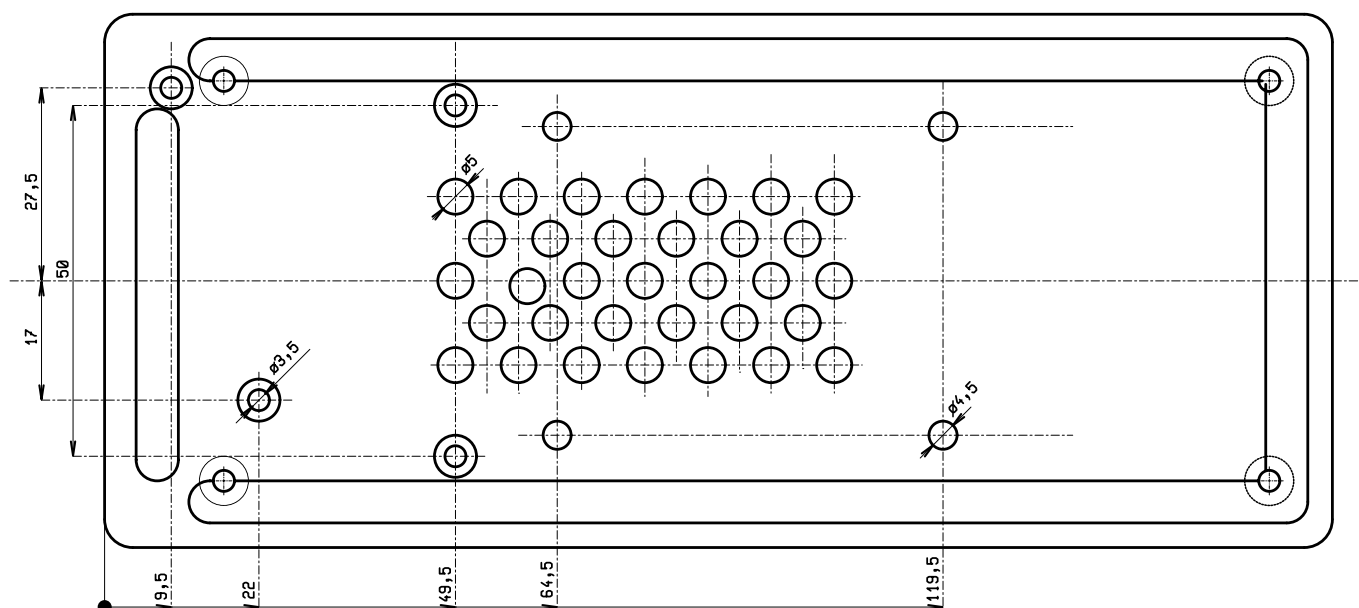
tudy propadává do přístroje prach a i jiné věci. Dále převrtáme otvory v desce tištěných spojů podle vývodů součástek, otvory pro upevnění a upravíme obrys desky podle naznačených čar. Nyní můžeme přistoupit k té nejsložitější části stavby a to slícování dna a čela krabičky s deskou spojů. Do desky spojů v osadíme, ale nepájíme, zásuvku DIN a potenciometr. Protože čelní panel je šikmý, musí být i tyto součástky montovány šikmo. Všechny tři díly sesadíme nejprve "na sucho", přezkoušíme, zda souhlasí otvory a případně upravíme. Je-li tato etapa v pořádku, slepíme čelní panel se základní deskou, přičemž jako šablonu použijeme kryt. Ke slepení stačí malá kapka nitroředidla či toluenu jako rozpouštědla, který polystyren, z něhož jsou krabičky vyrobeny, spolehlivě naleptá a spojí. Ovšem pozor – tato rozpouštědla velice ochotně zatéká-



Obr. 5 - Popis čelního panelu



Obr. 6 - Vrtání čelního panelu



Obr. 7 - Vrtání dna krabičky

jí a při troše neopatrnosti by se mohlo snadno stát, že slepíme všechny tři díly! Tedy raději malou kapkou jen přichytit, a teprve po zatvrdnutí sejmut kryt a lepení dokončit. Po dokonalém zaschnutí, nejlépe přes noc, znovu ověříme souhlas otvorů, opatrně rozebereme a konektor spolu s potenciometrem zapájíme, a teprve potom přistoupíme k osazování zbývajících součástek podle obvyklého pořadí. Deska na fotografii má trochu jiné rozložení součástek, konečné provedení je upraveno pro usnadnění montáže. Dioda LED je připojena kablíkem, rovněž tak pájecí bod X5, na který je vyveden potenciál tělesa pájky, je propojen se zdílkou na panelu kablíkem o průřezu alespoň 0,35 mm<sup>2</sup>. Nakonec namontujeme transformátor a propojíme síťovou část, tedy přívodní šňůru, vypínač a pojistku. Protože transformátor má v krabičce jen velmi málo vůle, zkusíme si vše ještě před zapojením a případně upravíme podložky. Upozor-

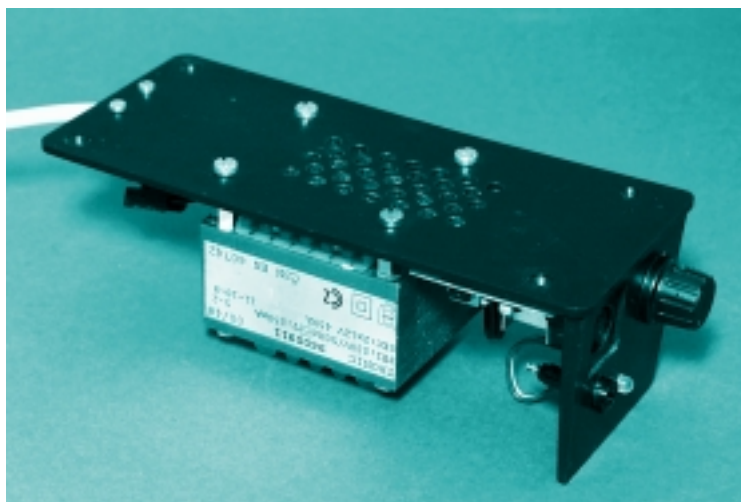
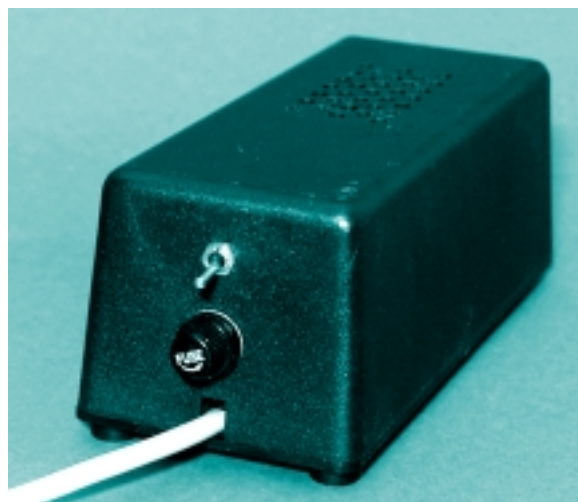
ňujeme, že součástí stavebnice není spojovací materiál, ale při dnešní husté síti dobře zásobených železářství a specializovaných obchodů by to neměl být velký problém.

### Oživení

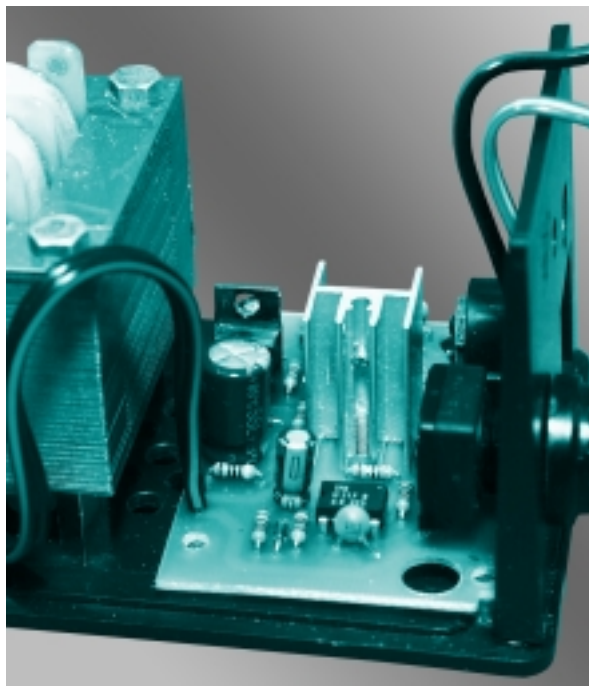
Pokud byly použity dobré součástky a osazeny na správná místa, měl by regulátor pracovat okamžitě. Trimrem P4 nastavíme na výstupu 6 OZ při pokojové teplotě cca 0,2 V, čímž vyrovnáme napětovou nesymetrii operačního zesilovače včetně teploty studeného konce termočlánku. Ostatní regulační prvky jsou určeny pouze pro přesné seřízení. Kdo se tím nechce zabývat, nemusí – stačí místo potenciometru 25k použít 10k a trimr vypustit a dále ve zpětné vazbě použít na pozici R5 hodnotu 27k a místo trimru dát propojku... Věc bude fungovat naprosto spolehlivě, ale v důsledku tolerance hodnot součástek asi nedosáhneme přesné rozsah teplot uvedený shora a asi nebu-

de souhlasit závislost výstupního napětí na X2 na teplotě potřebná pro digitální měření. Jinak začneme nastavením trimru P3 tak, aby výsledný odpor potenciometru byl právě 10k. Dalším krokem je nastavení operačního zesilovače. Při pokojové teplotě by mělo být -0,2 V na výstupu 6 proti vstupu 2. Při zahřátí konce tělesa pájedla na 100 °C musí být výstupní napětí -1 V, při teplotě 200 °C pak -2 V. K zahřátí můžeme použít horkovzdušnou pistoli a měřit při vyjmutém hrotu uvnitř tělesa pomocí termočlánku, které bývají součástí většiny multimetrů. Pro vyšší teploty se osvědčilo namočení hrotu pájedla do kapky cínu spolu s měřícím termočlánkem, takže přestup tepla je téměř dokonalý. Stačí vyhloubit do kousky keramiky jamku cca Ø cm<sup>3</sup> (v nouzi postačí i kousek dřeva) a v ní cín tavit.

Po sestavení a oživení je páječka připravena k provozu. Stačí ji zapnout a nastavit požadovanou teplotu. Signalizační LED nyní svítí červeně a oznamuje







jem byla dostatečně přesná, neobsahuje námi doporučená stupnice regulačního potenciometru žádné konkrétní hodnoty vyjma rozsahu. Uživatel si tak má možnost zkalibrovat stupnici podle aktuálního nastavení, například s využitím skutečnosti, že běžně prodávané cínové pájky (tedy SnPb 66 % Sn) mají teplotu tání okolo 245 °C. Poté zpravidla postačí na stupnici poznamenat z praxe "osahané" hodnoty 280 a 310 °C, které vyhovují v naprosté většině případů a bez potřeby drahých pájecích stanic.

Věříme, že vám stavebnice mikropáječky přijde vhod a přinese užitek při práci na jiných zařízeních.

#### Doplňkové díly ("balíček KTE523"):

- transformátor 2×12V, 48VA (TR-EI6635/2×12)
- skříňka KPZ6
- pojistkový držák FPG1-S
- trubičková pojistka (T250mA) FST00.25
- síťový vypínač 1×250V/2A P-B069B
- přístrojový knoflík
- stojánek pájedla, nebo N-08-362S

Cena stavebnice KTE523 je 880 Kč.

#### Poznámka redakce:

V prodejnách GM Electronic je možno zakoupit nejrozumnější potřebné příslušenství – od různých pájecích hrotů až po stojánky na pájedlo. A samozřejmě také různé typy páječů a pájecích stanic – viz 3. str. obálky a katalog této firmy.

nám tak, že hrot zatím nedosáhl požadované teploty, která se projevuje naopak zeleným svitem. Při prvním zahřátí hrotu dojde ke stavu, kdy LED svítí dlouho zeleně. To je způsobeno skutečností, že během ohřevu dosáhl pájecí hrot v důsledku zhoršeného přenosu tepla výrazně vyšší teploty než je nastavená hodnota (až o 30 °C) a musí vychladnout. Stabilizovaná teplota se projevuje rychlým přeblikáváním signalizační LED mezi červenou a zelenou. Čím rychleji bliká, tím vyšší je přesnost udržování teploty.

V prodejnách GM Electronic je možno k pájedlu zakoupit i další příslušenství v podobě různých pájecích hrotů, či stojánku na pájedlo. Výměna pájecího hrotu se provádí jednoduchým odšroubováním a sejmutím, převlečné trubice a vysunutím starého hrotu. Protože při pájení má hrot velmi vysokou teplotu, není radno provádět výměnu za provozu a dříve než páječka vychladne. Pájecí hroty jsou navíc pokryty tenkou ochrannou niklovou vrstvou, která zajišťuje vysokou životnost hrotů a jejich odolnost proti chemickému působení pájky. Nepokoušejte se proto čistit hroty násilím či dokonce smrkovým papírem. K očištění přepájené pájky či tavidla (kalafuny) z hrotu spolehlivě postačí otření žhavého hrotu vlhkou houbičkou.

Ačkoli je stavebnice páječky velmi jednoduchá, dosahuje kvality kteréhokoli profesionálního výrobku. Zastánci digitální signalizace teploty mohou páječku doplnit digitálním voltmetrem, nebo světelným sloupcem LED. Jelikož však ne každý má k dispozici takové vybavení, aby byl schopen nastavit jednotlivé prvky tak, aby hodnota zobrazovaná disple-

#### Seznam součástek

R1	1k0
R2	360R
R3, R4, R7	100R
R5	24k
R6	2k0
R8	12k
R9	33k
R10	22k
R11, R13	1k2
R12	56R
C1	220µ/50V
C2, C3, C6, C7	100n/50V
C4	100µ/25V
C5, C10	47µ/16V
C8	100p
C9	10n
P1	25k PC16ML
P2	10k PT6V
P3	25k PT6V
P4	10k PT6H
D1	1N4007
D2 – D4	1N4148
D5	2barevná LED 5mm BEG204
D6	10V/0,5W
Ty1	BT136
IO1	741
IO2	U217B
IO3	7910
X1	DIN5P 2890
1× plošný spoj KTE523	
1× pájedlo N-SL-20/30I	

#### Zkušenosti z provozu páječky:

V rámci zkušebního provozu byla páječka používána při osazování a ožívání čtyř různých stavebnic. Lze proto konstatovat, že řídicí elektronika pracuje bezvadně a je schopna trvale udržet hrot mikropáječky připravený k práci. Bohužel musíme rovněž konstatovat, že pájecí hrot dodávaný s tělesem pájedla je nevhodně tvarovaný (špička hrotu je zploštělá, což výrazně zhoršuje přestup tepla mezi hrotem a pájenou plochou) a vyplatí se tedy sáhnout po vhodnějším tvaru mezi náhradní díly páječky (viz reklama). Přesto však nebyl pro páječku problém zapájet cokoliv od tranzistorů SMD po chladiče do plošných spojů.

