



Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Digitronové hodiny

Martin Uhlík

Střední průmyslová škola elektrotechniky a informatiky, Ostrava, příspěvková organizace
Kratochvílova 7/1490, Ostrava - Moravská Ostrava

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Digitronové hodiny

Martin Uhlík

Ostrava 2010

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor: 10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Digitronové hodiny

Autor: Martin Uhlík

Škola: Střední průmyslová škola elektrotechniky a informatiky, Kratochvílova 7,
Ostrava

Konzultant: Václav Uhlík

Ostrava 2010
Moravskoslezský kraj

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) citované v práci a uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Ostravě dne Podpis:

Poděkování

Děkuji Václavovi Uhlíkovi za obětavou pomoc při tvorbě práce a vedoucímu lakovny HP Lak s. r. o. za ochotu při lakování krabičky.

ANOTACE

Práce obsahuje popis výroby elektrické a mechanické části digitálních hodin s doutnavkovými výbojkami, tzv. digitrony. Deska plošných spojů byla navržena po částech v programu Eagle a následně sestavena ručně. Desku jsem zhotovil fotocestou.

Hodiny jsou nepřetržitě připojeny do sítě, proto jako zdroj hodinového signálu slouží síťový kmitočet. Nastavení hodin se provádí třemi tlačítky zvyšujícími frekvenci přiváděnou na čítač minut. K dispozici je též přepínač pro zastavení chodu. Digitrony jsou řízeny dekodéry Tesla MH74141. Napětí 180V pro digitrony a doutnavky získávám z Villardova násobiče.

Jako krabičku jsem použil dva plechy tvaru U sloužící původně jako krabička pro Tlakovou infúzní pumpu. Na krabičce je zezadu připevněn chladič se stabilizátorem 5V. V přední části je vyfrézován otvor pro okénko z organického skla, za nímž jsou umístěny digitrony. Mikrospínače jsem umístil na samostatnou desku plošných spojů připevněnou k panelu pomocí dvou šroubů a distančních sloupků. Od ní jsou vedeny drátové propojení s hlavní deskou plošného spoje. Vedle ní se nachází přepínač pro zastavení chodu. Závěrečnou povrchovou úpravu jsem přenechal firmě HP Lak s.r.o. Výsledek lze vidět na fotkách v příloze. Kovová skříňka je připojena na ochranný vodič (žlutozelený). Zařízení je tedy ve třídě ochrany I.

Obsluha hodin je velmi jednoduchá a údržba také. Kromě občasného seřízení času hodiny nevyžadují žádnou jinou údržbu. Přesnost síťového kmitočtu je velmi dobrá, takže seřízení není třeba provádět často. Spotřeba celých hodin je cca 6W, takže nepřetržitý provoz není finančně náročný.

Klíčová slova: Digitron, doutnavka, hodiny, TTL logika, Villardův násobič

Obsah

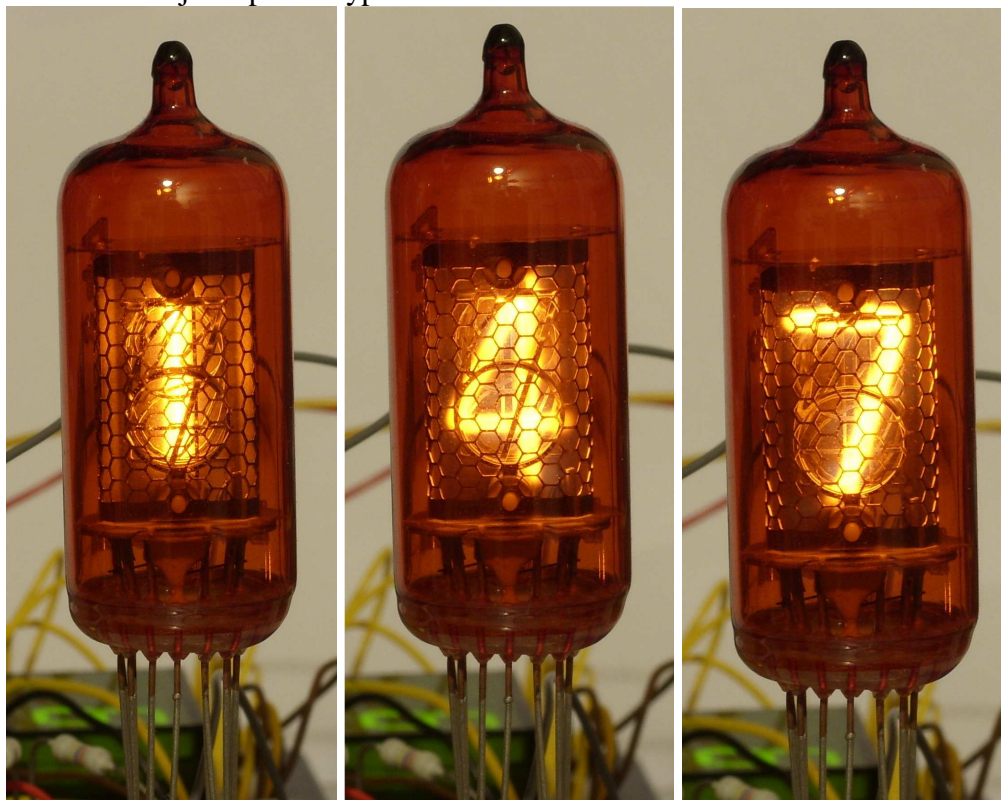
	Strana
1. Úvod	7
2. Popis digitronů.....	7
3. Možné způsoby řešení hodin.....	7
4. Popis jednotlivých částí	8
4.1. Zdroj.....	8
4.2. Časová základna.....	8
4.2.1. Tvarovač.....	8
4.2.2. Děliče.....	10
4.2.3. Logika pro zrychlení chodu.....	11
4.3. Čítače a dekodéry pro digitrony.....	12
5. Mechanická stavba.....	13
5.1. Umístění ovládacích prvků.....	14
5.2. Zalepení přebytečných děr.....	15
5.3. Umístění stabilizátoru 5V.....	16
5.4. Povrchová úprava.....	16
5.5. Okénko.....	16
5.6. Deska plošných spojů.....	18
5.6.1. Obrázek ze strany spojů.....	19
5.6.2. Obrázek ze strany součástek.....	20
5.6.3. Osazovací plán.....	21
6. Oživování.....	22
7. Návod k obsluze.....	23
8. Parametry.....	24
9. Závěr.....	24
10. Seznam použité literatury.....	25
Přílohy – Fotodokumentace a schéma zapojení	26

1. Úvod

Cílem práce bylo sestavit funkční hodiny s plynem plněnými číslicovými výbojkami, tzv. digitrony. Hodiny jsou nepřetržitě připojeny do sítě 230V/50Hz, a proto jsem zvolil síť jako zdroj hodinového signálu. Přesnost síťového kmitočtu je v dnešní době velmi dobrá a k dělení postačí minimum čítačů. Díky nepřetržitému připojení do sítě je rovněž jednoduchý i zdroj vysokého napětí, který budu popisovat dále.

2. Popis digitronů

Digitron je nízkotlaká plynem plněná výbojka pracující na stejném principu jako doutnavka. Uvnitř je umístěno více katod, každá obvykle ve tvaru číslice nebo desetinné čárky, a společná anoda. Po přivedení stejnosměrného napětí o velikosti kolem 140V na anodu a uzemněním příslušné katody se rozsvítí požadovaná číslice nebo desetinná čárka. Digitrony začaly být v sedmdesátých a osmdesátých letech vytlačovány 7-segmentovými LED zobrazovači. Přestože jsou digitrony dnes „morálně“ zastaralé a nahrazeny moderními LCD nebo LED displeji, velmi mne zaujaly přirozeně provedenými číslicemi. V konstrukci jsem použil typ Z573M.



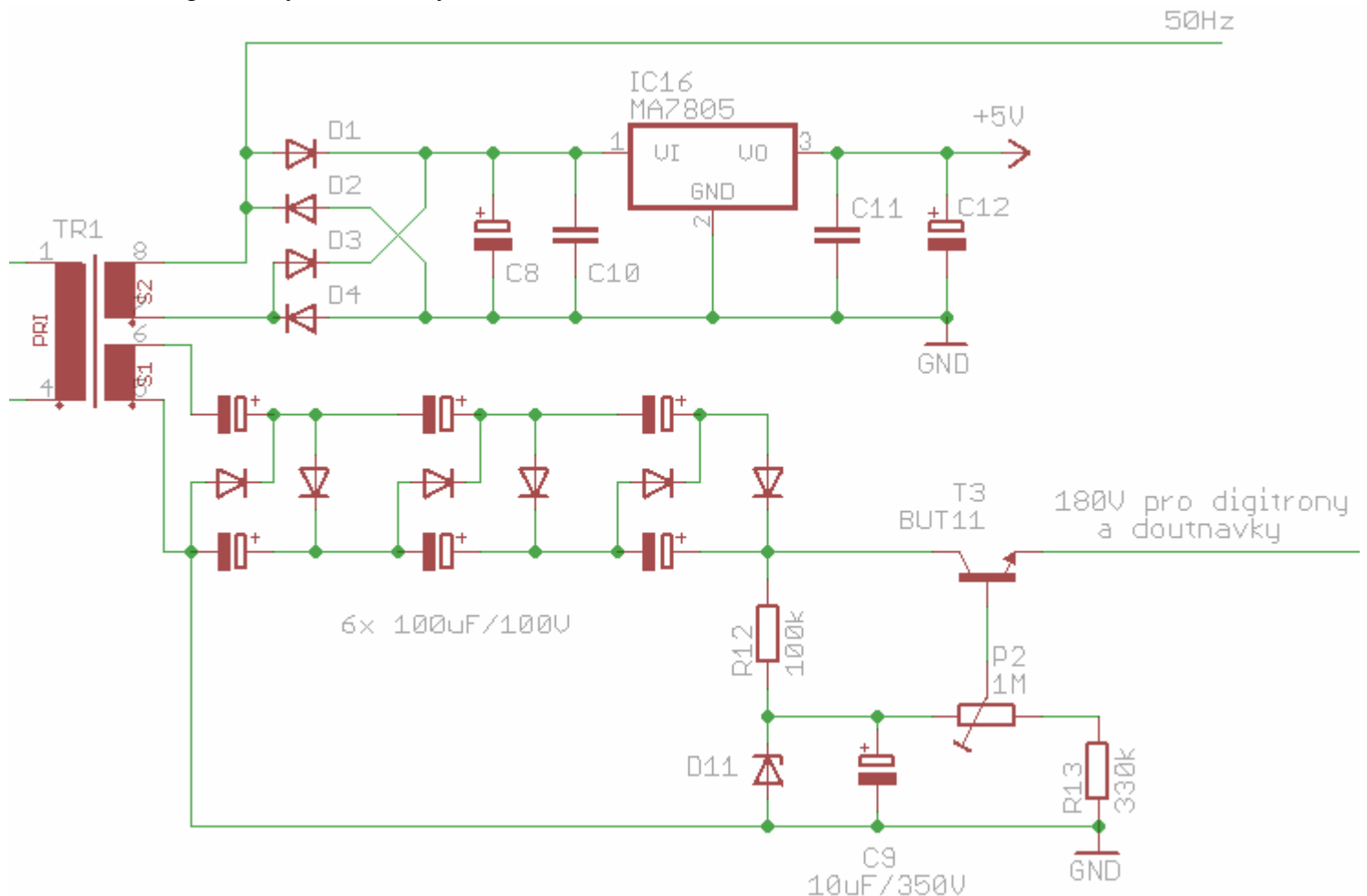
3. Možné způsoby řešení hodin

V poslední době jsou digitrony velmi žádané právě pro různé druhy digitálních hodin. Na internetu se proto objevuje velké množství různých řešení. Digitrony je možné spínat vysokonapěťovými tranzistory (s $U_{CE} > 150V$), normálními tranzistory s paralelně zapojenou Zenerovou diodou s U_Z cca 60V nebo dekodéry Tesla MH74141. Dekodéry jsou sice velmi obtížně sehnatelné, ale i přesto jsem jich dostal 10 kusů. Proto jsem se rozhodl pro stavbu hodin s TTL obvody řady Tesla MH74xx, kterých jsou obvykle plně šuplíky a není pro ně žádné jiné využití.

4. Popisy jednotlivých částí

4.1. Napájecí zdroj

Napájecí zdroj je složen ze dvou částí – ze zdroje pro TTL logiku a zdroje 180V pro digitrony a doutnavky.



Zdroj pro TTL logiku je postaven z klasického stabilizátoru MA7805 v pouzdře TO-3. Z usměrňovače je též vyveden střídavý signál, který je dále použit v časové základně k vytvoření hodinového signálu.

Zdroj napětí 180V pracuje na principu Villardova násobiče napětí, který dodá naprázdno až 220VDC. Za násobičem je vysokonapěťový stabilizátor složený z tranzistoru BUT11, Zenerovy diody 200V a trimru sloužícímu k nastavení jasu digitronů.

4.2. Časová základna

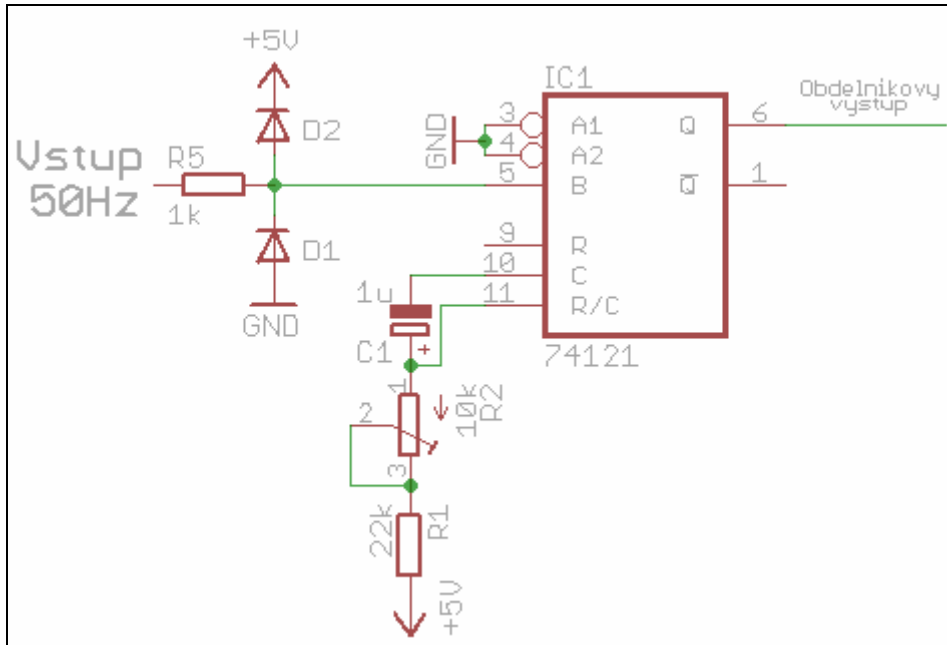
Časová základna se skládá z několika funkčních celků – tvarovače signálu 50Hz, děliče kmitočtu a logiky zajišťující zrychlení chodu pro nastavení času.

4.2.1. Tvarovač

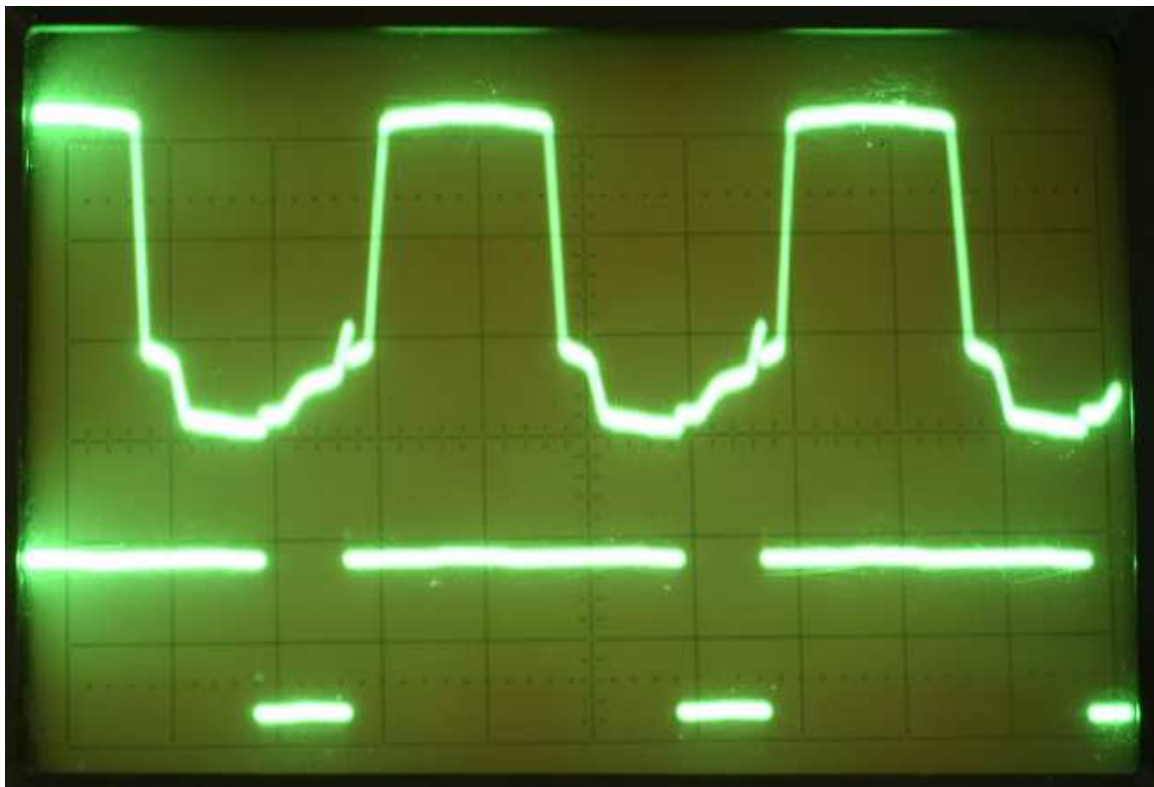
Schéma tvarovače je na obrázku 1. Střídavé napětí z transformátoru je omezeno diodami D1 a D2 a rezistorem R5 na vhodnou napěťovou úroveň pro obvod 74121 pracující v tomto zapojení jako monostabilní klopný obvod. Vhodným nastavením trimru

dosáhneme průběhu na obr. 2, kde vidíme, že mezery mezi výstupními impulsy by měly být co nejmenší, aby se co nejvíce eliminovala možnost rušení přicházejícího ze sítě.

Obr. 1 – Tvarovač signálu

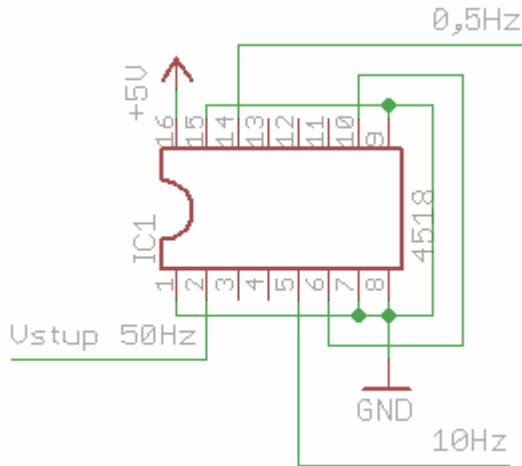


Obr. 2 – Průběhy signálů na vstupu obvodu 74121 (nahore) a na výstupu (dole)

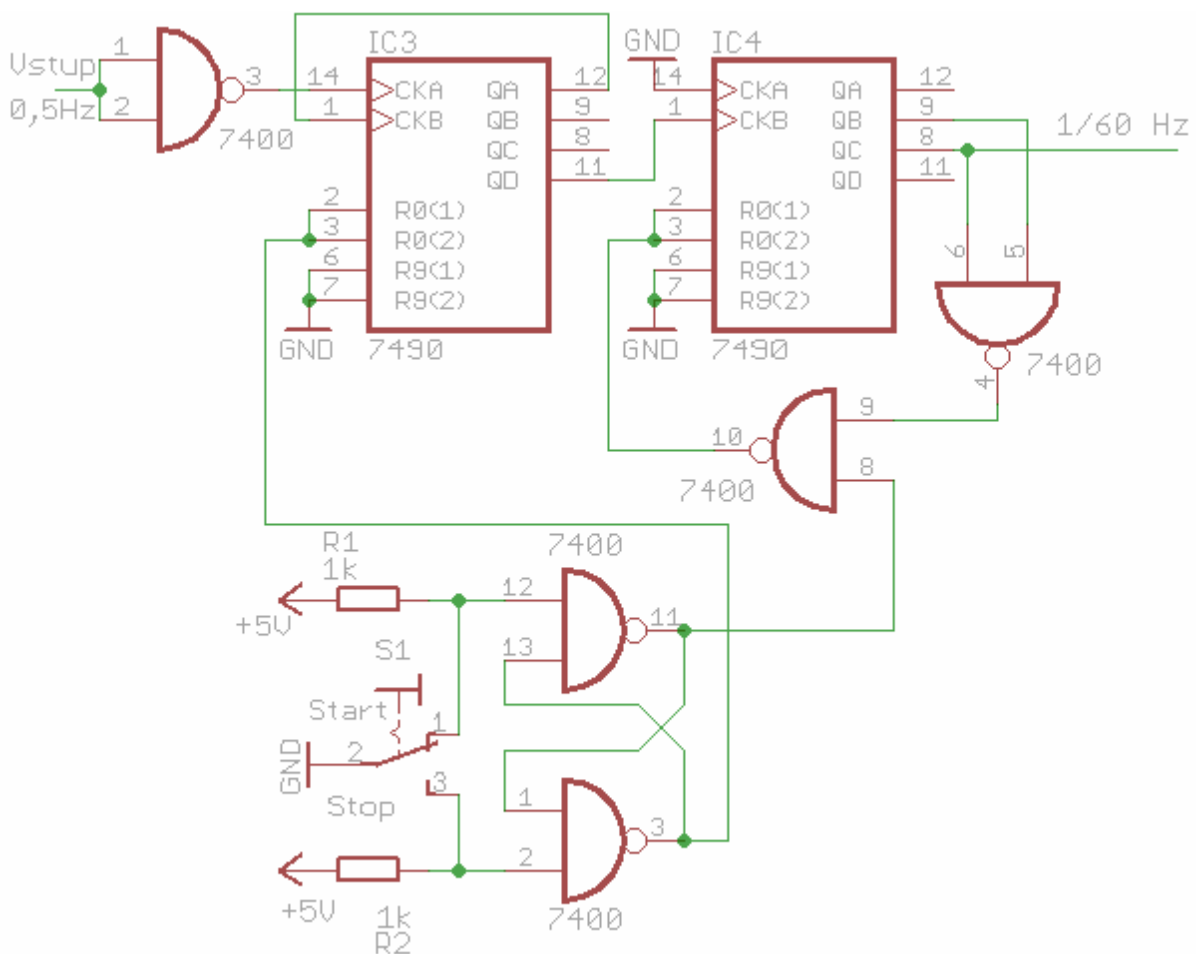


4.2.2. Dělič kmitočtu

Dělič kmitočtu je sestaven z obvodu 4518 a dvou čítačů 7490. Obvod CMOS 4518 obsahuje dva čítače modulo 10, díky čemuž ušetřím na desce plošných spojů jedno pouzdro. Z čítače jsou vyvedeny signály o frekvenci 10Hz pro rychlé čítání a 0,5Hz k dalšímu dělení na 1/60 Hz.



Na výstupu z obvodu 4518 k dalšímu dělení je hradlo NAND k zesílení signálu. Bez toho hradla byl čítač nespolehlivý (ověřeno na nepájivém poli). Za hradlem se nachází dva čítače 7490. Druhý čítač (na obr. jako IC4) je upraven pro čítání modulo 3. Dochází tedy k celkovému vydělení kmitočtu 50Hz na 1/60Hz ($50:10=5 :10=0,5 :10=0,05 :3=1/60\text{Hz}$).

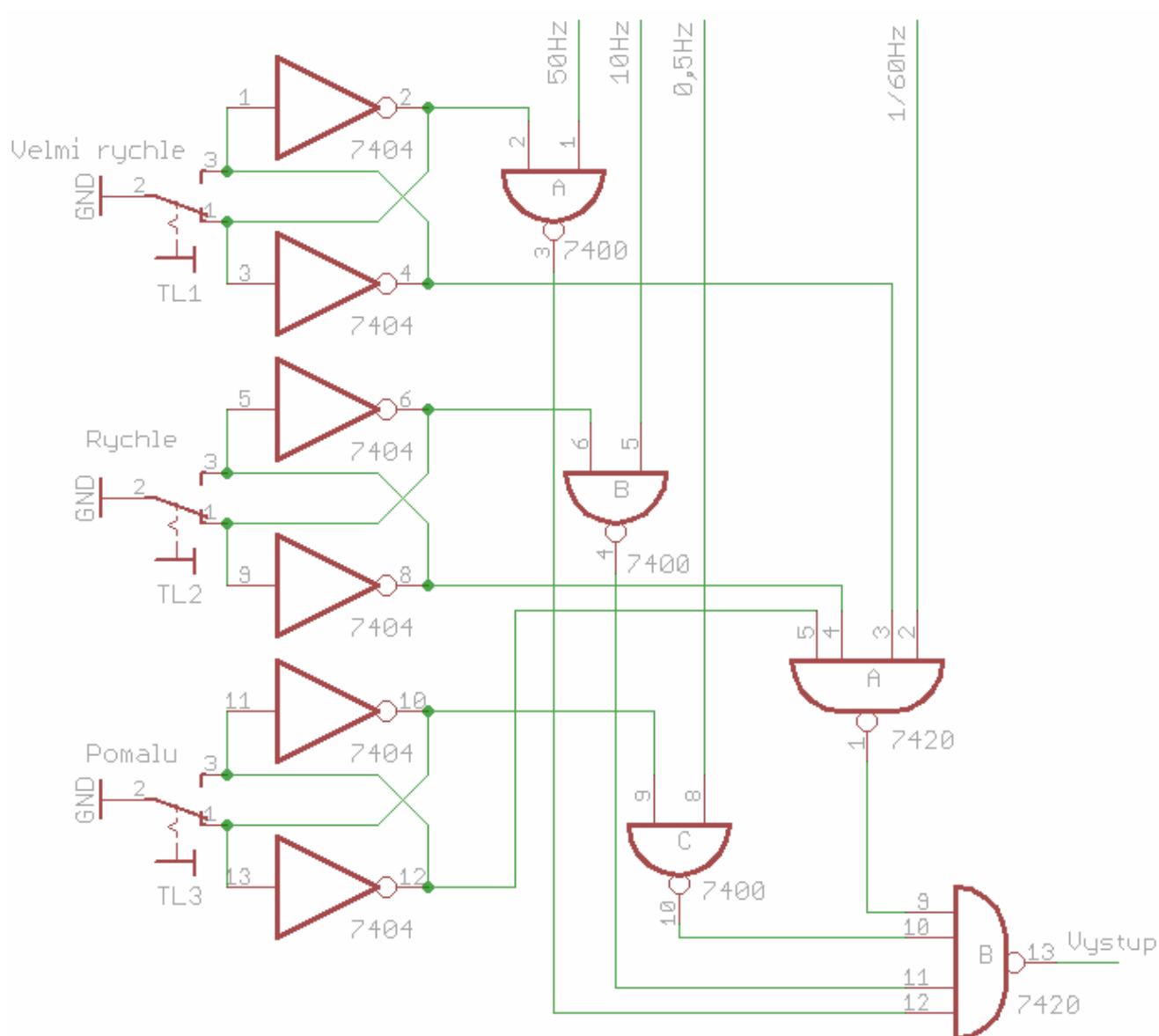


Děliče je možno zastavit a vynulovat přepínačem Start/Stop a zajistit tak optimální synchronizaci s libovolným časovým normálem.

4.2.3. Logika pro zrychlení chodu

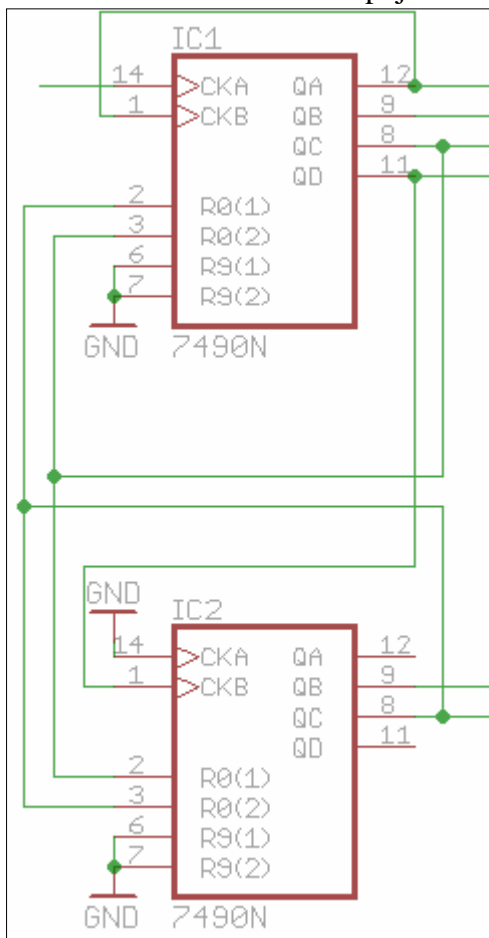
Nastavování hodin jsem vyřešil pomocí tří tlačítek v různých stupních zrychlujících chod hodinových čítačů a umožňujících pohodlné a rychlé nastavení správného času.

Signály s kmitočtem 50Hz, 10Hz a 0,5Hz jsou přivedeny na jeden vstup hradel NAND. Na druhé vstupy jsou přivedeny signály z jednotlivých klopných obvodů, jež jsou ovládány mikropřepínači. Jsou tím eliminovány zákmity a tím pádem i nepřesné nastavování. Stisknutím libovolného tlačítka dojde k přivedení log. 1 na vstup příslušného hradla 7400, které začne hradlovat hodinový signál 50Hz, 10Hz nebo 0,5Hz. Pokud není stisknuto žádné tlačítko, jsou negované výstupy z klopných obvodů, připojené na 4vstupé hradlo NAND (7420A), v log. 1. Hradlo 7420A tedy propouští hodinový signál 1/60Hz na vstup hradla 7420B. Toto hradlo má ostatní tři vstupy v log. 1, protože výstupy všech hradel 7400 jsou v log. 1.



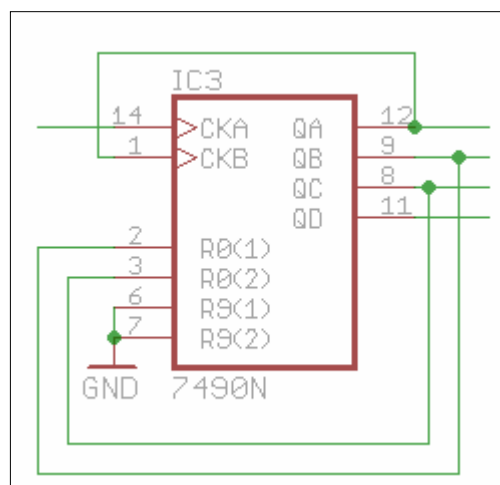
4.3. Čítače a dekodéry pro digitrony

Čítače jsou běžné BCD čítače 7490 s různě upravenými cykly, aby bylo možno zobrazovat normální čas. Zapojení čítačů pro jednotky a desítky hodin je na obrázku 3.



Nulovací vstupy fungují tak, že při zobrazení čísla 24 se oba čítače současně vynulují.

Čítač desítek minut je upraven pro počítání do 5 propojením výstupů B a C s nulovacími vstupy. Jednotky minut nejsou nijak omezeny, a proto ani čítač není nijak upraven. Zapojení čítače desítek minut je na obrázku:



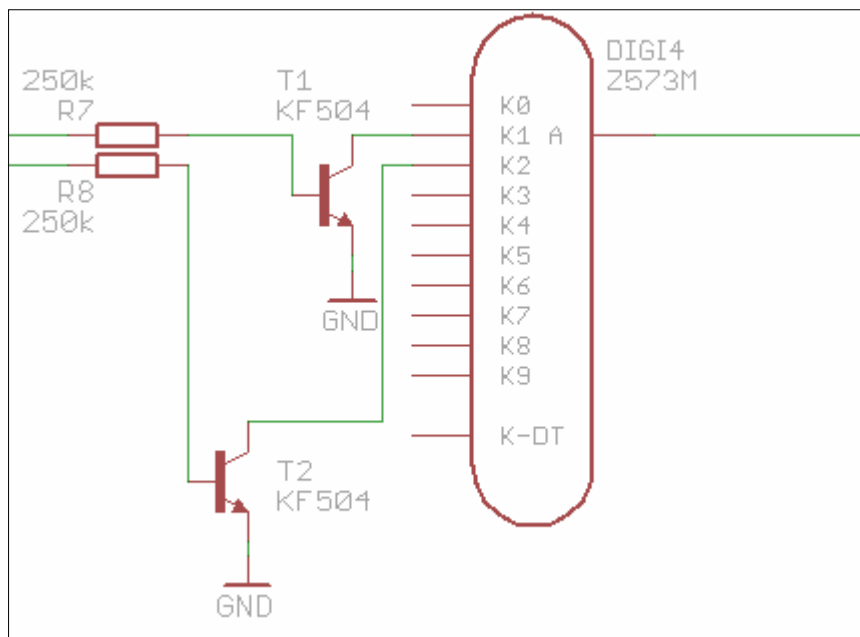
Obr. 3 – Čítače jednotek a desítek hodin.

U čítačů jednotek a desítek minut a jednotek hodin jsou na výstup zapojeny dekodéry 1z10 MH74141, které slouží jako budiče pro digitronové zobrazovače. K čítači desítek hodin jsou pro jednoduchost zapojeny dva tranzistory zajišťující rozsvícení symbolů 1 nebo 2. Nula se nezobrazuje. (viz obrázek 4)

Funkce dekodéru

Dekodér funguje jako běžný dekodér z kódu BCD na kód 1 z 10, přičemž výstupem je tranzistor s otevřeným kolektorem a paralelně připojenou Zenerovou diodou s napětím U_Z kolem 60V, díky níž může mít koncový tranzistor mnohem nižší napětí U_{CE} než je napájecí napětí digitronů.

Obr. 4 – zapojení tranzistorů pro spínání číslicovky desítek hodin



Každá číslicovka má anodu připojenou na zdroj vysokého napětí přes ochranný odpor 10k.

Mezi hodinami a minutami jsou umístěny dvě doutnavky signalizující též přítomnost nebezpečného napětí v kondenzátorech při odpojení zdroje od sítě.

5. Mechanická stavba

Jako krabičku jsem použil skříňku od vyřazené Tlakové infúzní pumpy. Jsou to dva hliníkové plechy tloušťky 3mm (základna) a 2,5mm (kryt) ohnuté do tvaru U.

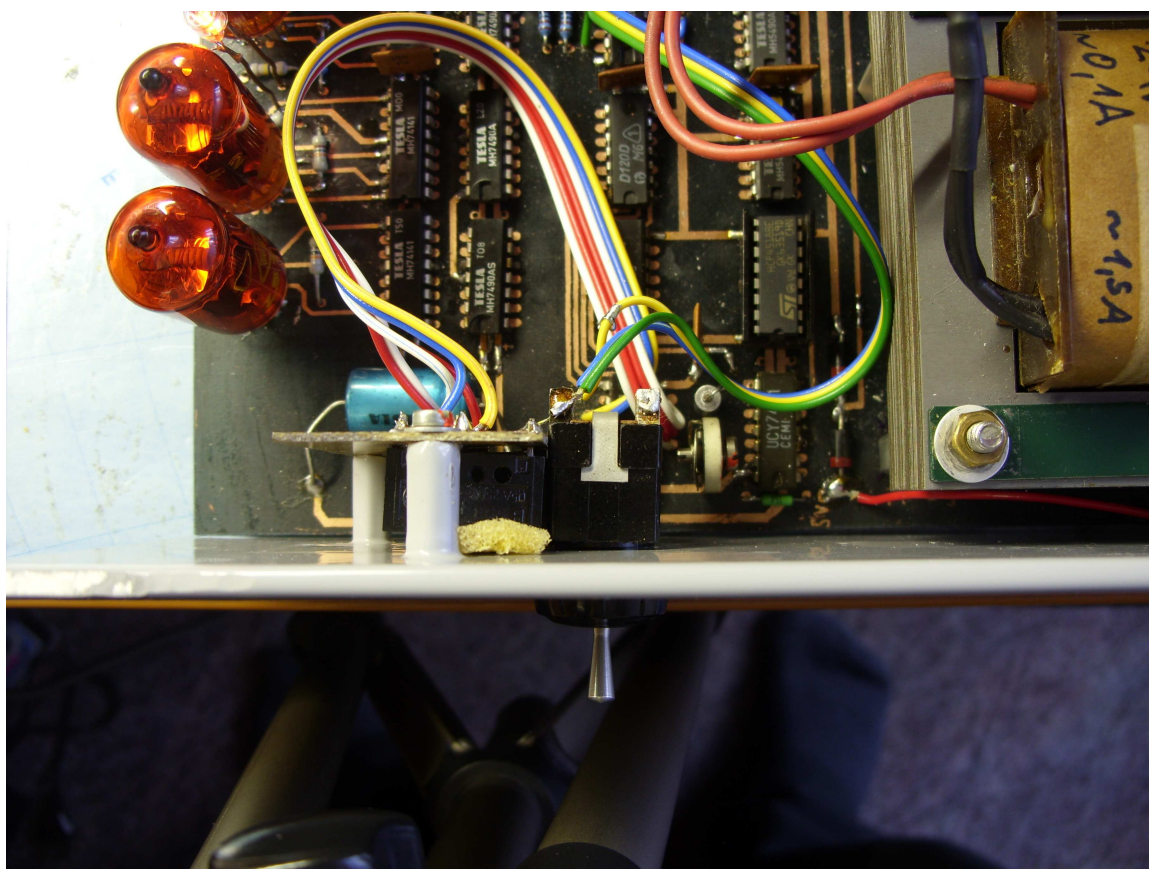


5.1. Umístění ovládacích prvků

Hodiny mají celkem čtyři nastavovací prvky – tři mikrospínačová tlačítka a jeden páčkový přepínač. K jejich umístění jsem využil stávající díry v krabici. Mikrospínače jsou připájeny na malou destičku plošných spojů, která je dvěma šrouby připevněna k panelu. Z ní vedou propojovací vodiče k základní desce plošných spojů.



Páčkový přepínač je upevněn v nově vyvrtaném otvoru o průměru 18mm vedle nastavovacích tlačítek.



5.2. Zalepení přebytečných děr

K zalepení děr posloužilo lepidlo Epoxy s kovovým plnidlem. Po odmaštění povrchu kolem otvoru je nutné zesponu nalepit lepicí pásku (obr. 5). Shora se pak nanáší lepidlo, kterým je nutno zaplnit celý otvor. Po zaschnutí a vytvrzení lepidla se smirkovým papírem povrch přebrousí.

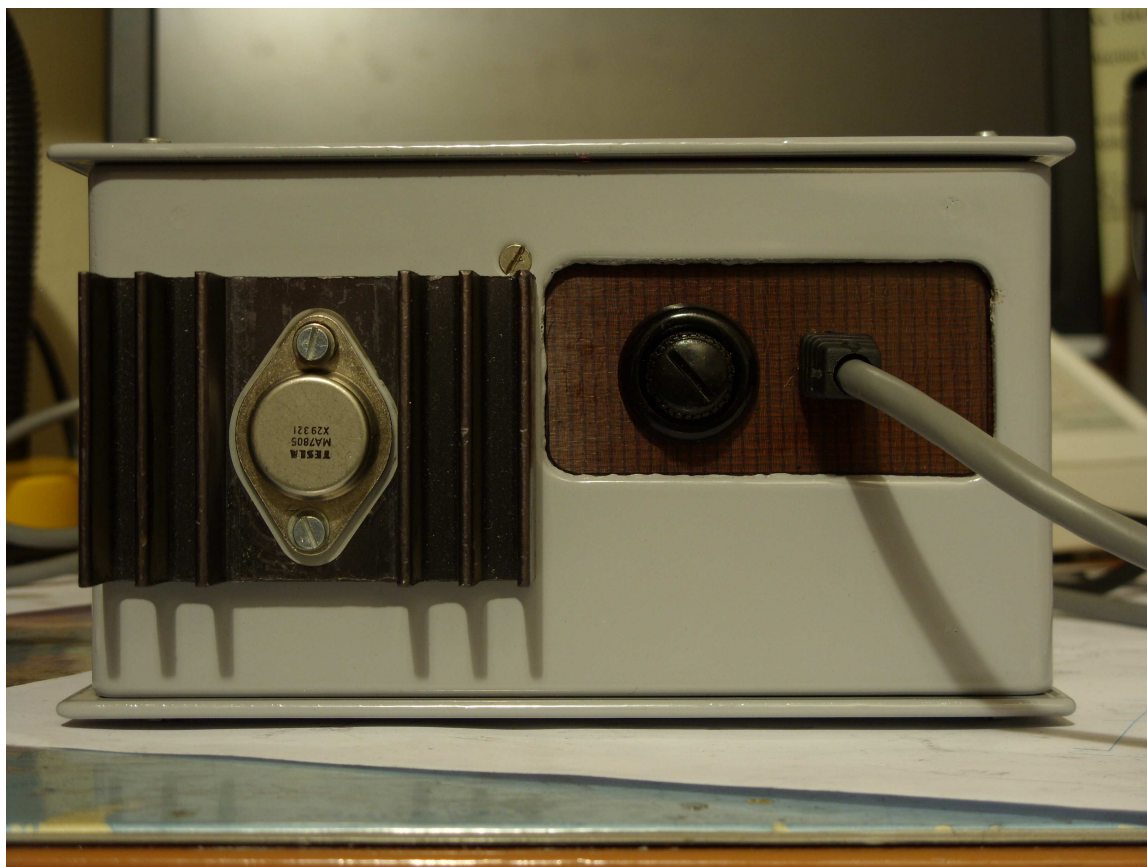
Velké otvory jsem vyplnil kousky hliníkového plechu, abych nespoteřeboval zbytečně moc lepidla. V tomto případě je nutné, aby plíšek zaplňující otvor byl tenčí než okolní plech. Vzniklé nerovnosti se zaplní lepidlem a po zaschnutí se rovněž přebrousí.



Obr. 5 – podlepení lepicí páskou

5.3. Umístění stabilizátoru 5V

Stabilizátor je připevněn na chladič vně skříňky. Je izolován od chladiče vodivě spojeného s konstrukcí skříňky. Chladič je z eloxovaného hliníku s vystouplým žebrováním. Ke stabilizátoru jsou zevnitř připájeny blokovací kondenzátory 100nF a drátové propoje s hlavní deskou plošného spoje.



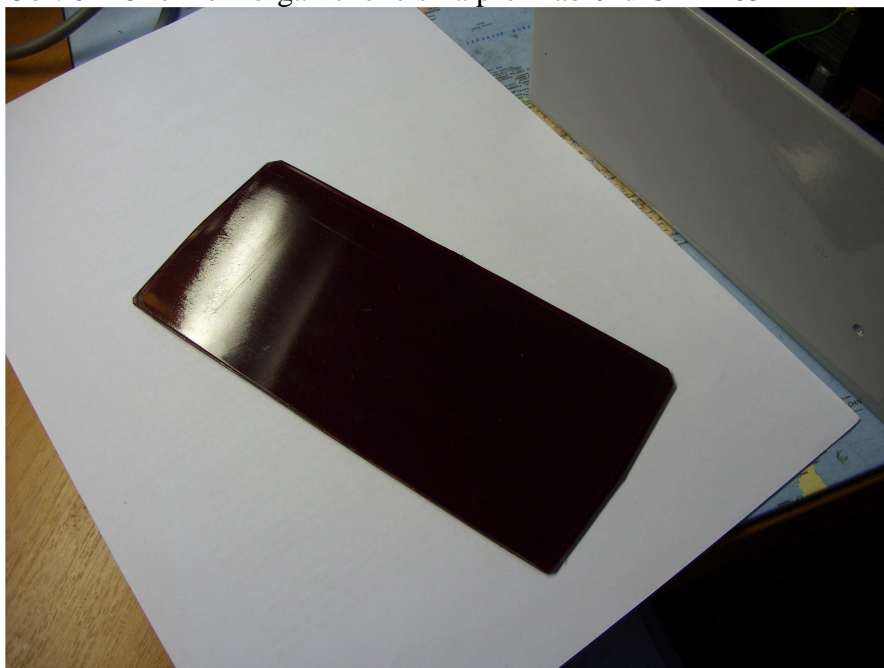
5.4. Povrchová úprava

Konečná povrchová úprava krabičky byla provedena ve firmě HP Lak s. r. o. barvou komaxit.

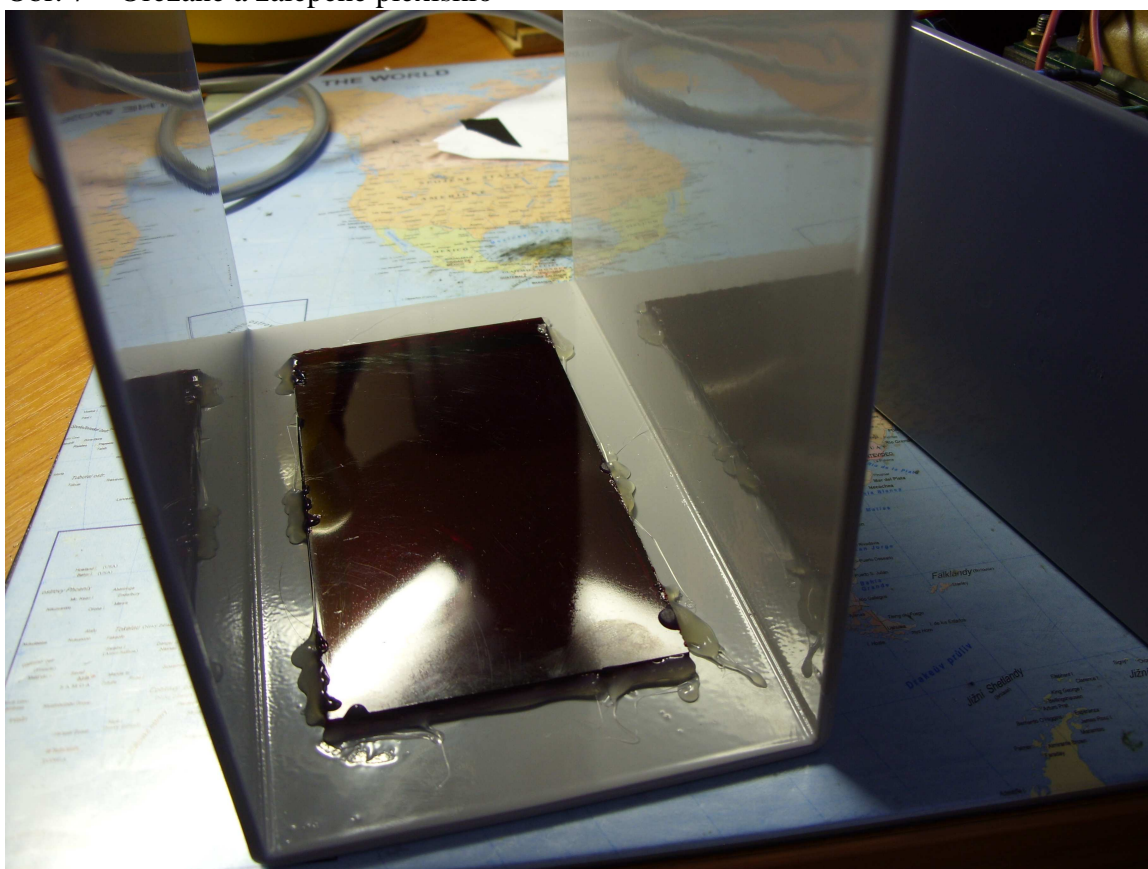
5.5. Okénko

Jako okénko jsem použil červené plexisklo, které je běžně k dostání v GM Electronic jako červený filtr k plastové krabičce U-KM85 (obr. 6). Pro účely mých hodin jsem musel plexi oříznout tak, aby bylo jen přibližně o 5 – 10mm větší než otvor, který bude zakrývat. K zalepení plexiskla do krabičky posloužilo lepidlo z tavné pistole. Oříznuté a zalepené plexi můžete vidět na obrázku 7.

Obr. 6 – Okénko z organického skla pro krabičku U-KM85



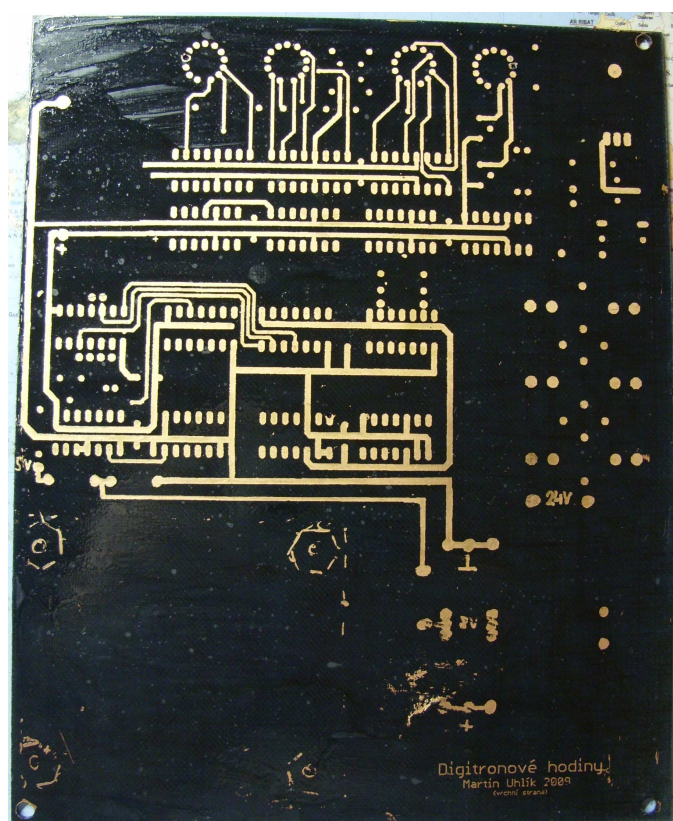
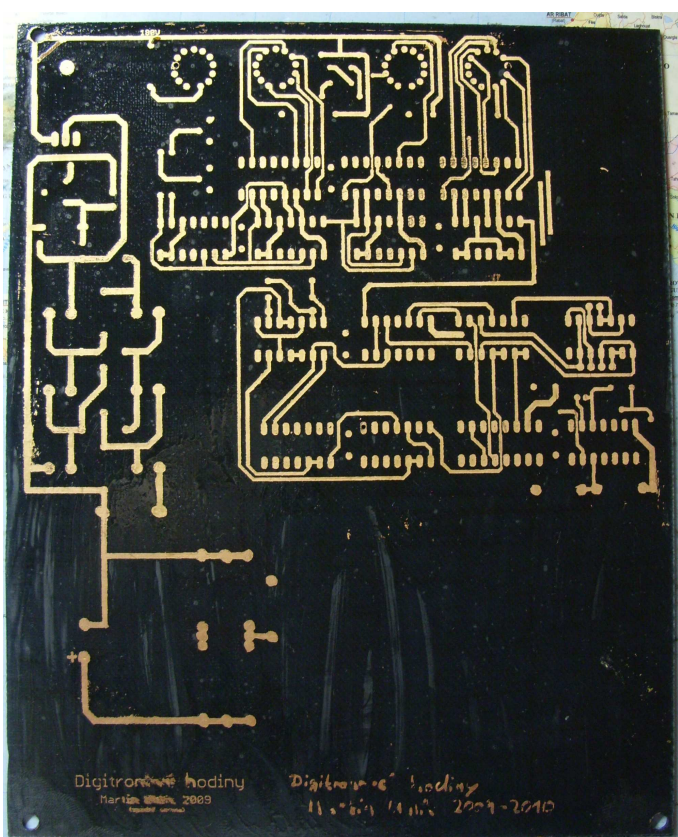
Obr. 7 – Ořezané a zalepené plexisklo



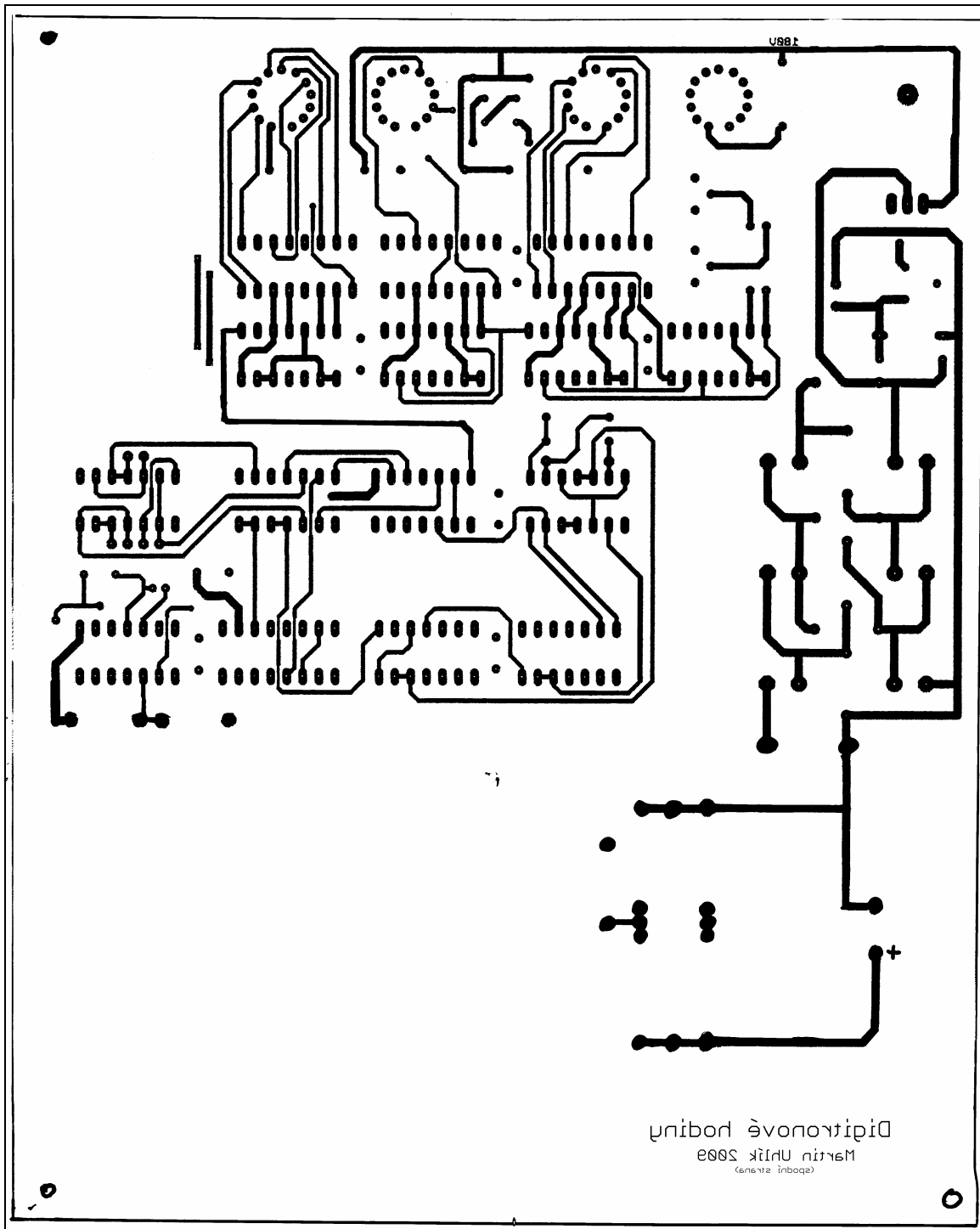
5.6. Deska plošných spojů

Oboustranná DPS o rozměrech 190x150 mm obsahuje téměř všechny součástky. Je k ní též přišroubován transformátor. Deska byla navržena v programu Eagle po jednotlivých částech: Časová základna, čítače s dekodéry a digitrony, a násobič s vysokonapětovým stabilizátorem. Usměrňovače a omezovací diody pro tvarovač byly navrženy ručně při spojování výše uvedených částí v jednu. Tento způsob návrhu jsem musel použít, jelikož nemám k dispozici profesionální verzi Eagle, která by návrh desky této velikosti umožnila.

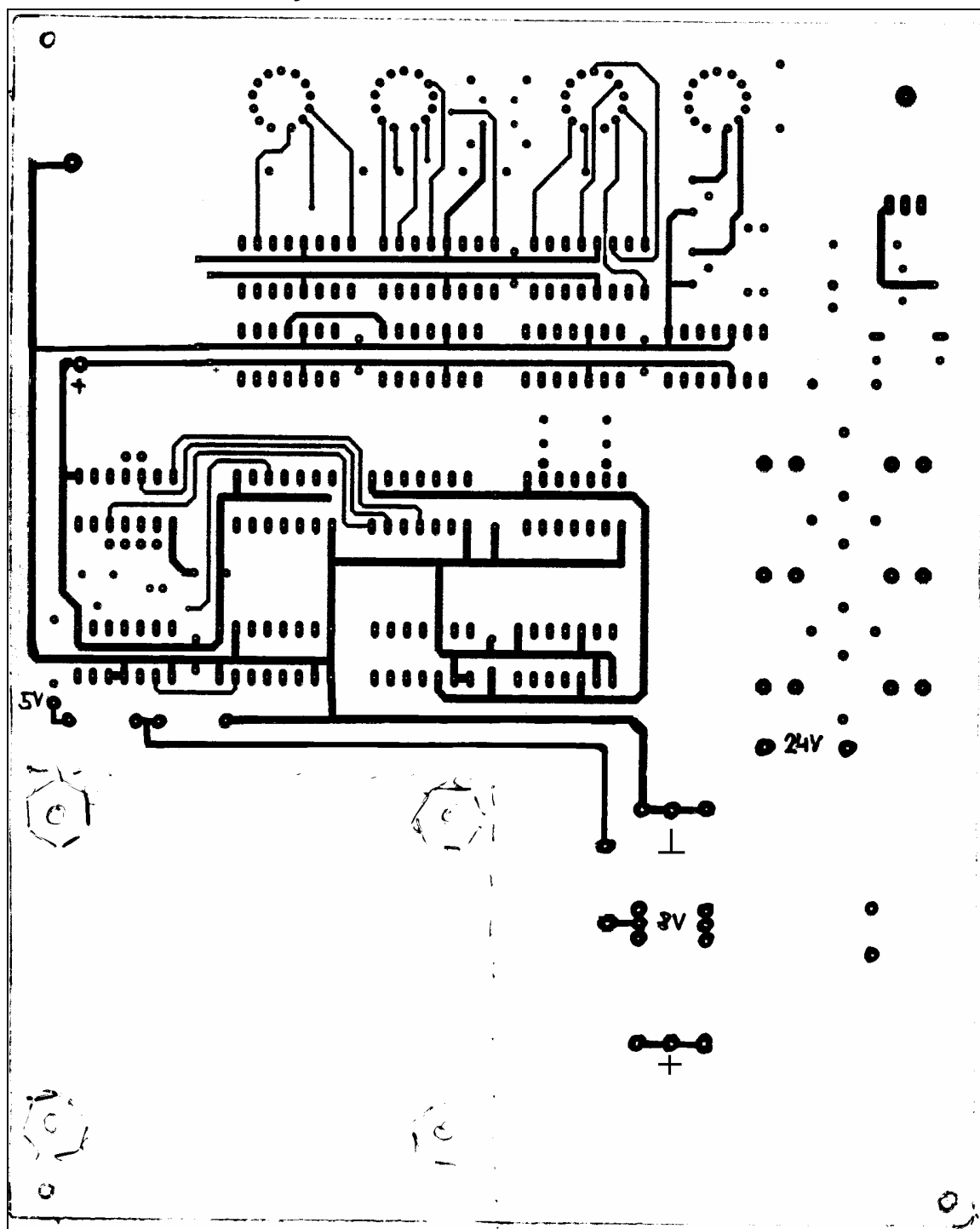
Deska po vyleptání a ošetření kalafunou rozpuštěnou v lihu:



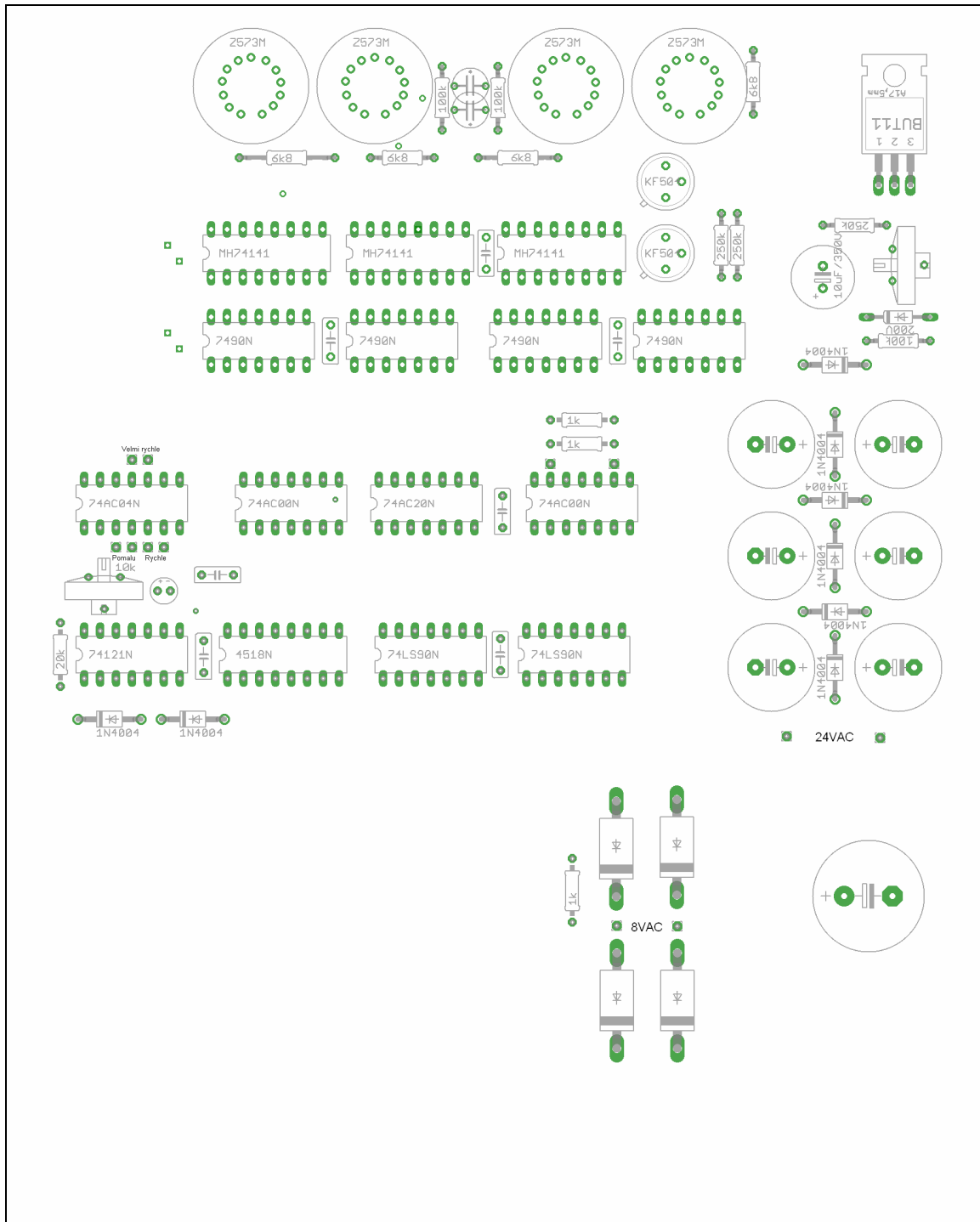
5.7.1. Obraz ze strany spojů



5.7.2. Obraz ze strany součástek



5.7.3. Osazovací plán



6. Oživování

Po osazení základní desky plošných spojů a jejím propojení s tlačítky, přepínačem, stabilizátorem 5V a transformátorem můžeme vyzkoušet správnou funkci hodin. Pokud disponujeme dvěma navzájem nezávislými střídavými zdroji, nemusíme ještě zapojovat transformátor. Po zapnutí obou potřebných napětí (24VAC pro násobič a 8-12VAC pro TTL) by se měly po chvíli rozsvítit doutnavky a zobrazit tři nuly (0:00). Pokud se doutnavky rozsvítí, ale digitrony ne, bude pravděpodobně chybně nastaven trimr pro ovládání jasu. Otáčením trimru nastavíme jas tak, aby se číslice „nerozplývaly“ a současně aby nesvítily příliš. Pokud máme osciloskop, můžeme jej připojit na výstup tvarovače a nastavit trimrem co nejkratší trvání úrovně log. 0.

Pokud jej nemáme, otočíme trimr zcela vlevo tak, aby hodiny šly poloviční rychlostí (poznáme stisknutím tlačítka Velmi rychle a napočítáním „jednadvacet“). Poté pomalu otáčíme trimrem zpět, až začnou běžet normální rychlostí (opět poznáme tlačítkem Velmi rychle).

V tu chvíli jsou hodiny připraveny k připojení transformátoru (pokud již nebyl připojen) a zakrytí krabičky.

7. Návod k obsluze

Po zapnutí hodin do sítě vyčkáme, až se rozsvítí doutnavky a digitrony. Trimrem přístupným přes otvor na boku krabičky je možné nastavit požadovaný jas digitronů. Nastavení hodin se provádí třemi tlačítky - Velmi rychle, Rychle a Pomalu. Stiskem a držením tlačítka Velmi rychle se budou hodiny čítat kmitočtem 50Hz, stiskem tlačítka Rychle kmitočtem 10Hz a Pomalu kmitočtem 0,5Hz.

Vedle tlačítek se též nachází páčkový přepínač, kterým hodiny zastavíme, pokud je chceme např. synchronizovat s rozhlasem nebo jen vynulovat předdělíče.



8. Parametry

Veškeré důležité parametry se nacházejí v následující tabulce:

Rozměry (Výška x Šířka x Hloubka) v cm	10 x 17 x 22
Napájení	230V/50Hz
Příkon	6 W
Přesnost chodu	Podle síťového kmitočtu, běžně $\pm 2-4$ s za den

Za prvních 24 hodin chodu jsem naměřil odchylku 5s. Může se však jednat o nepřesnost vzniklou posunutým časovým znamením v rozhlase. Další dny provozu byla odchylka menší a zdálo se mi, že každou hodinu jiná. Proto budu muset provést měření podle teletextu. Nicméně i přesto si myslím, že přesnost hodin je velmi dobrá a pro běžné zobrazování času dostačující. Hodiny lze navíc kdykoliv synchronizovat pomocí přepínače Start/Stop.

9. Závěr

Celková doba, kterou jsem strávil návrhem a realizací hodin, je přibližně čtyři až pět měsíců. Při ožívání se vyskytlo několik drobných problémů, jako například chyba v návrhu DPS, díky níž nefungoval tvarovač, a otočená dioda v násobiči, který díky tomu neposkytoval napětí potřebné k rozsvícení digitronů.

Požizovací cenu hodin nelze přesně určit, jelikož jsem používal součástky z vlastních zásob nebo funkční součástky vytažené z vyřazených přístrojů. Orientační cena by se měla pohybovat mezi 500,- až 700,- Kč. Nejdražší položkou byly digitrony – cena jednoho kusu se vyšplhala na 50,-Kč.

Při návrhu, realizaci a oživení jsem získal cenné zkušenosti, které jistě využiji při dalších pracích. Hodiny mají nízkou spotřebu a jejich nepřetržitý provoz je tedy levný. Hodiny nepotřebují téměř žádnou údržbu kromě občasného seřízení času vlivem náhodných nepřesností síťového kmitočtu.

10. Seznam použité literatury

- [1] Vacula, Richard: Digitronové hodiny. Praktická elektronika, ročník 2008, číslo 8, strany 12-16, ISSN 1211-328X
- [2] Michálek, František: Zajímavá a praktická zapojení - Odrušení napájecího zdroje pro hodiny, Amatérské rádio pro konstruktéry, ročník 1980, číslo 4, strana 126
- [3] Katalog TESLA Rožnov pod Radhoštěm: Polovodičové součástky 1984/85
- [4] Datasheet CMOS 74HCT4518:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/philips/74HCT4518.pdf>
- [5] Malina, Václav: Digitální technika, České budějovice 2002, ISBN 80-7232-157-9
- [6] Malina, Václav: Poznáváme elektroniku II., České budějovice 1995, ISBN 80-85828-55-3
- [7] Plíva, Zdeněk: EAGLE Prakticky, Praha 2007, ISBN 978-80-7300-227-5
- [8] Juránek, Antonín a Hrabovský, Miroslav: EAGLE Pro začátečníky, Praha 2007, ISBN 80-7300-213-2
- [9] Přepis datasheetu digitronu Z573M:
<http://www.tube-tester.com/sites/nixie/data/z573m/z573m.htm>

Přílohy

Fotodokumentace a celkové schéma zapojení





