



Středoškolská technika 2013

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na
ČVUT

Digitronové digitální hodiny

Jakub Rezek

Vyšší odborná škola a Střední škola slaboproudé elektrotechniky

Novovysočanská 48/280

190 00 Praha 9



Obsah

Úvod	2
Popis výrobku.....	3
Funkce digitronu.....	3
Popis zapojení	4
Část zdrojová	4
Popis generátoru časového signálu.....	5
Popis časového jádra	5
Popis dekodéru z binární tvaru na dekadický.....	7
Schéma zapojení.....	8
Rozpiska součástek.....	9
Návrh desky plošných spojů	10
Předloha desky plošných spojů spodní strany.....	10
Předloha desky plošných spojů horní strany	11
Osazovací plán desky plošných spojů	12
Závěr.....	13

Úvod

Digitronové zobrazovače byly vůbec prvními elektrickými součástkami, schopné zobrazovat čísla, nebo znaky. Největší rozmach nastal v 50. letech 20. století. Jejich používání se udrželo ještě do začátku 70. let, v některých zemích se ovšem ještě v 80. letech vyráběla zařízení s digitrony, kvůli své poměrně nízké výrobní ceně.

Postupem času a vývoje byly však digitrony nahrazeny zobrazovači LED, nebo LCD.

Výroba digitronů již dnes neprobíhá. Jejich typické oranžové světlo a netypické tvary znaků jsou něčím, s čímž se v dnešním světě elektroniky již nesetkáme.

Občas jsou k vidění v zapojeních, většinou amatérských konstrukcí, jejichž tvůrci nezapomínají na dlouhý vývoj elektronických součástek a technologií, které jsou již v dnešním světě dávno na ústupu.

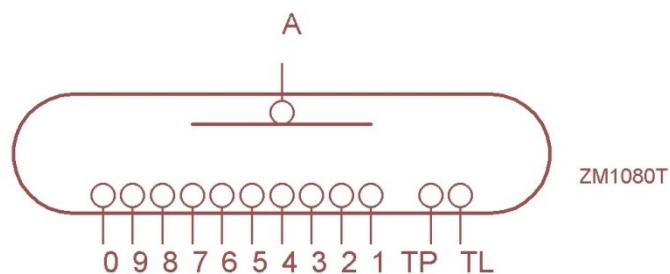
Popis výrobku

Tyto digitální hodiny jsou určeny k zobrazování času ve 24 hodinovém režimu. Jako zobrazovací jednotky jsou použity digitrony o velikosti číslice 1,3cm. Zobrazení času je ve formátu HH:MM, vteřiny nejsou přítomny. Nastavení času se provádí externími tlačítky, připojenými k modulu hodin kabely, které mohou být umístěny na panelu krabičky výrobku. Tlačítka umožňují rychle nastavovat jak údaj hodinový, tak minutový. Celé zapojení je realizováno na jednu dvouvrstvou desku plošných spojů o velikosti 140x87mm.

Funkce digitronu

Digitron je druhem zobrazovací vakuové součástky. Jedná se o nízkotlakou baňku, naplněnou speciálním plynem, nejčastěji neonem, popřípadě argonem, či jiným vzácným plynem. V digitronu se nachází jedna kladná elektroda, anoda, a takový počet záporných elektrod, katod, kolik je daný digitron schopný zobrazit rozdílných znaků. Každá z katod je tvořena tenkým drátkem, vytvářeným do příslušného tvaru zobrazovaného znaku. Pokud tedy přivedeme kladné napětí na anodu a záporné na jednu z katod, vytvoří se kolem drátku doutnavý oblouk, stejný, jako například v doutnavce, s rozdílem, že oblouk se vytváří po celé délce vytvářené katody, ve tvaru příslušného znaku. Napětí mezi anodou a katodou se u digitronu pohybuje v řádu stovek voltů, záleží na daném typu. Nejčastěji se anodové napětí pohybuje přibližně od 150V do 200V.

Schématická značka digitronu



Popis zapojení

Část zdrojová

Jako zdroj pro digitronové hodiny je použit síťový transformátor.

Tento transformátor má primární vinutí pro připojení síťového napětí 230V, dále má dvě sekundární vinutí.

Z důvodu potřeby anodového napětí digitronu, které v tomto případě podle specifikací digitronu ZM1080T tvoří maximálně 155V pro statický provoz je použito sekundární vinutí transformátoru se střídavou efektivní hodnotou 130V.

Toto napětí je následně usměrněno v můstkovém usměrňovači, tvořený diodami D3-D6.

Tyto diody jsou dimenzovány na takto vysoká napětí v zvěrném směru. Následně je usměrněné napětí vyhlazeno kondenzátorem C1, aby docházelo k co nejmenšímu zvlnění usměrněného napětí. Následně je napětí regulováno pomocí regulačního zapojení s jedním tranzistorem, který je v zapojen ve stabilizačním zapojení se zenerovou diodou v zapojení SC.

Zenerova dioda chrání pouze digitrony, před špičkami napětí, které by se mohly dostat na výstup zdroje. Trimr R5 slouží k plynulému nastavení výstupního anodového napětí.

Na emitoru tranzistoru T1 jsou zapojeny doutnavky, sloužící jako dvojtečka mezi číslicemi.

Rezistor R16 je použit jako zátěž v případě odpojení zařízení, která má za cíl snížit vysoké napětí v zařízení, které by se zde mohlo uchovávat po zhasnutí digitronů. Následně jsou na výstupu z regulátoru zapojeny digitronové jednotky na anody s rezistory (R3,R7,R8,R10).

Druhé vinutí transformátu má efektivní střídavou hodnotu 9V, toto napětí je po usměrnění diodami D1,D9-D10 vyhlazeno(C7) a vyfiltrováno(C5) na hodnotu 12V.

Toto napětí je následně stabilizováno integrovaným stabilizátorem 78L05 na hodnotu 5V, ze které je napájena veškerá logika modulu hodin.

Popis generátoru časového signálu

Jako generátor minutového impulsu je použit krystalový oscilátor. Tento oscilátor je realizován pomocí IO 4060. Zapojení oscilátoru je vychází z doporučeného zapojení výrobce, které jsem bylo upraveno pro potřeby hodin. Oscilátor je tvořen součástkami R9,R13, C2, C3 a Q1. Kmitočet oscilátoru je 32.768 kHz. Tato frekvence je dělena 14-ti integrovanými děličkami v IO2 až na frekvenci 2Hz. Z této frekvence je přímo řízeno nastavení hodin tlačítka TL1 a TL2. Frekvence 2Hz je následně vydělena dvěma, děličkou složenou z klopného obvodu D v klasickém zapojení, tvořeným z IO4. Dále je hodinový signál dělen integrovanými obvody IO4 a IO5. Tyto IO jsou dekadické děliče zapojeny jako děliče frekvence, výsledný signál je dělen šedesáti, až na hodnotu 1/60Hz, což odpovídá jedné minutě. Tento signál soužije přímo k buzení binárních čítačů v zobrazovací části hodin.

Popis časového jádra

Počítací jádro je tvořeno binárními čítači, vytvořených z integrovaných obvodů IO1 IO3. Tyto obvody v sobě obsahují dvě samostatně oddělené 4-bitové binární čítače. Výstup z generátoru o $f=1/60\text{Hz}$ je přiváděn na vstup prvního čítače. Předpokládáme, že výchozí stav je na všech čítačích 0. Jednou za minutu se z generátoru vyšle impuls na vstup prvního čítače (ICB). Na tomto čítači se přičte 1, což je prezentováno na jeho výstupech stavem 0001. Tento cyklus pokračuje až k číslu 9, po němž následuje stav 10, který ovšem již slouží jako přenos do vyššího řádu, resp. hodinový signál pro další binární čítač, počítající desítky minut. Jakmile by byl dosažen na čítači stav 10 (1010 bin) dojde k vyresetování čítače pomocí hradla AND tvořeného obvodem IC2A. Toto hradlo vyhodnocuje stav na výstupech čítače B a D. Pokud se tyto výstupy dostanou oba do stavu 1, což reprezentuje napočítané číslo 10, výstup z hradla AND se změní z 0 na hodnotu 1 a jeho výstup zapojený na vstup Reset čítače, tento čítač zresetuje (hodnota na výstupu čítače=0000). Zároveň tento signál z hradla IC2 přičte další bit na čítač druhý, počítající desítky minut. Na tomto druhém čítači se přičítají hodnoty vždy po naplnění čítače předešlého/ jednotky minut) a to vždy jednou za 10 minut.

Tento cyklus se opakuje do té doby, dokud stav na čítači nedosáhne stavu 6 (0110 bin).

V tomto stavu dojde k resetu tohoto čítače hradlem AND(IC2B).

Toto hradlo vyhodnocuje výstupní stav čítače na pozicích B a C. Pokud se na obou těchto výstupech objeví logická úroveň 1, reprezentována hodnotou 6 (0110 bin) dojde hradlem k resetu čítače a přičtení jedničky do dalšího, vyššího čítače.

Zde se dostáváme již do počítání hodin. Princip je stejný, jako u počítání minut, s tím rozdílem, že při hodnotě hodin 24 se musí provést reset obou čítačů (jednotky hodin, desítky hodin). Hradlo IC2D opět provádí reset při hodnotě 10 a připočítává jedničku o řád výše.

Takto se počítá až do hodnoty 25, při které hradlo IC2 vyhodnotí jedničky na výstupech čítače IC3, pozice C a čítače IC3A pozice B, tyto hodnoty jsou reprezentovány stavy 2 na desítkách hodin a hodnotou 5 (0101 bin) na čítači jednotkách hodin.

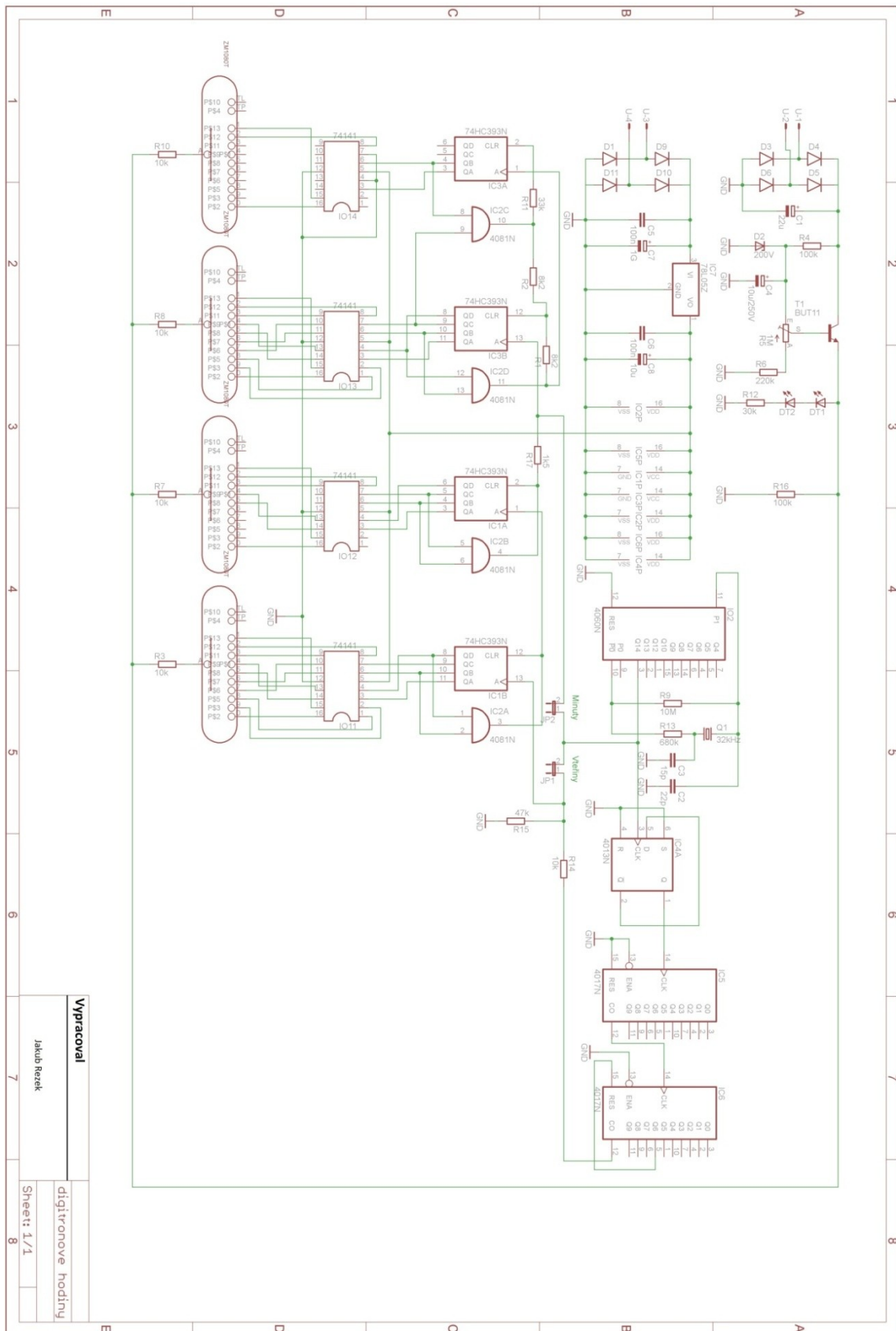
Při tomto stavu hradlo IC2C vyšle logickou jedničku na čítač IC3(jednotky hodin), který se dostane do hodnoty 0 a zároveň do čítače IC3A (desítky hodin) a dojde k resetu obou čítačů hodin najednou. Zde ovšem nastává problém s jedním mezi-resetem čítače jednotek hodin, který se provádí při hodnotě 20 hodin. Tento reset by mohl i resetovat čítač desítek hodin, z tohoto důvodu jsou výstupy z hradel IC2D a IC2C zapojeny na vstupy Reset čítačů přes přesně změřené rezistory. Zde se totiž musí přesně nastavit hodnoty takových logických úrovní, aby čítač jednotek hodin vyhodnotil úroveň z hradla IC2 jako reset, avšak čítač desítek hodin vyhodnotil tuto úroveň jako logickou 0, aby nedošlo k jeho resetu při resetu předchozího čítače. Naopak při resetu vyvolaných hradlem IC2C sloužící k resetu obou čítačů se musí zajistit, aby byly resetovány oba čítače při hodnotě 25.

Tyto úrovně jsou přesně ošetřeny rezistory R1, R2, R11.

Popis dekodéru z binární tvaru na dekadický

V jádře tyto hodiny počítají čas v binárním tvaru. Tento tvar je nutno pro pozorovatele převést na tvar obecně používaný pro zobrazování času. Všechny čítače mají své výstupy v binárním 4-bitovém tvaru 0000. Na tyto výstupy jsou v tomto zapojení přímo zapojeny dekodéry 74141 (IO11-IO14). Tyto dekodéry jsou rovněž 4-bitové, jako výstupy z binárních čítačů 74HC393. Tyto dekodéry jsou zde použity hned ze dvou důvodů. Mají binární vstup a převádějí ho na kód jedna z deseti pro digitrony. Druhý důvod je možnost zapojení jejich výstupů přímo na katody jednotlivých mřížek digitronů. Tím odpadá otázka zabývající se řízením samotných digitronů. Tyto integrované obvody mají na výstupech tranzistory s velkým U_{ce} (60V), kterými se řídí mřížky digitronů. Výsledný časový údaj je již vidět v dekadickém tvaru, který je pro uživatele hodin zásadní.

Schéma zapojení



- ve schématu je místo značek doutnavek použity značky LED diod

Vypracoval

Jakub Rezek

digitronové hodiny

Sheet: 1/1

8

Rozpiska součástek

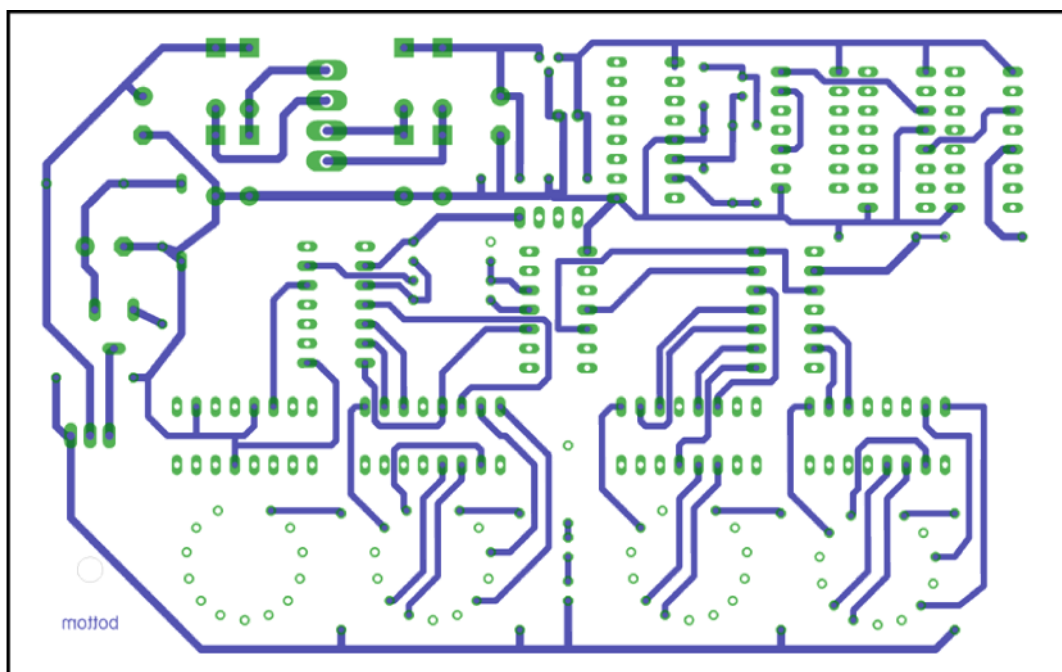
Označení	Typ součástky	Hodnota	Počet kusů
D1,D3-DD6,D9-D11	Dioda	1N4007	8
C1	elektrolytický kondenzátor	22uf/250V	1
C2	kondenzátor keramický	22p	1
C3	kondenzátor keramický	15p	1
C4	elektrolytický kondenzátor	10uF/250V	1
C5,C6	kondenzátor keramický	100nF	2
C7	elektrolytický kondenzátor	1000uF/25V	1
C8	elektrolytický kondenzátor	10uF/16V	1
D2	zenerova dioda	BZX85V180	1
DT1-DT4	digitron	Z1080T	4
DT1, DT2	doutnavka radiální	135V	1
IC1, IC3	integrováný obvod	74HC393N	2
IC2	integrováný obvod	4081N	1
IC4	integrováný obvod	4013N	1
IC5,IC6	integrováný obvod	4017N	2
IC7	stabilizátor,	78L05	1
IO2	integrováný obvod	4060N	1
konektor se zámkem	konektor pro napájení, samec	PSH04-04PG	1
konektor se zámkem	konektor pro napájení, samice	PFH04-04P	1
oboustranný DPS	fotocuprexit FR4	135x85mm	1
očka pro konektor	očka pro konektor	PFF04-01FG	4
Q1	krystal	32.768 kHz	1
R1,R2	Rezistor 0,6W	8k2	2
R11	Rezistor 0,6W	33k	1
R12	Rezistor 0,6W	30k	1
R13	Rezistor 0,6W	680k	1
R14	Rezistor 0,6W	10k	1
R15	Rezistor 0,6W	47k	1
R17	Rezistor 0,6W	1k5	1
R4,R16	Rezistor 0,6W	100k	1
R5	trimr uhlíkový ležatý	1M	1
R6	Rezistor 0,6W	220k	1
R9	Rezistor 0,6W	10M	1
T1	tranzistore bipolární NPN	BUT11	1

Návrh desky plošných spojů

Celý modul hodin je sestaven na jedné dvouvrstvé desce plošných spojů.

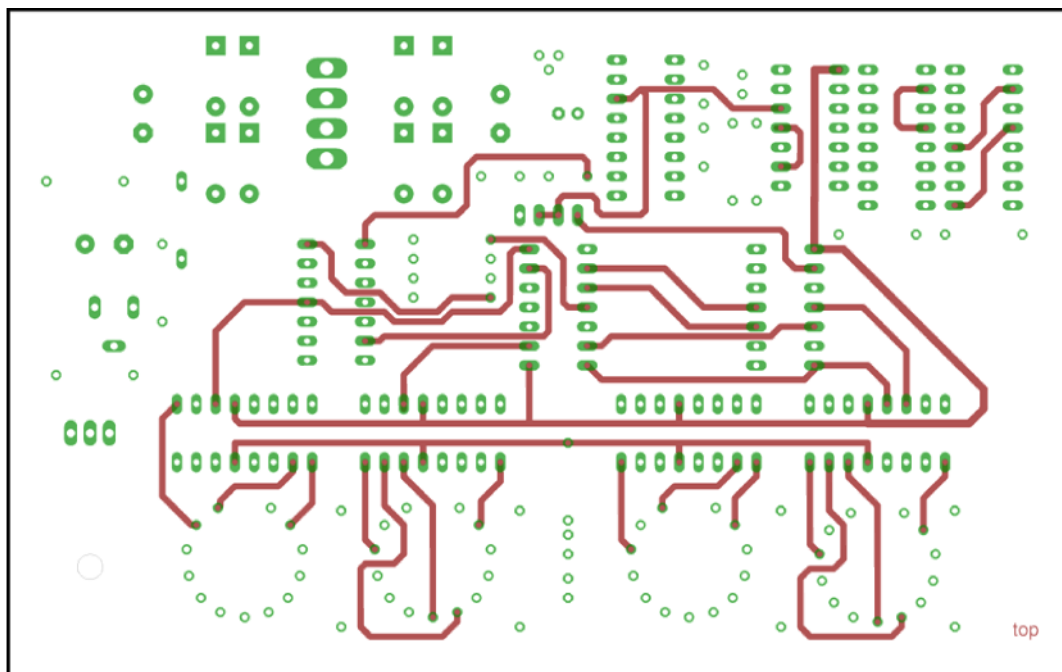
Předloha desky plošných spojů spodní strany

měřítko 1:1



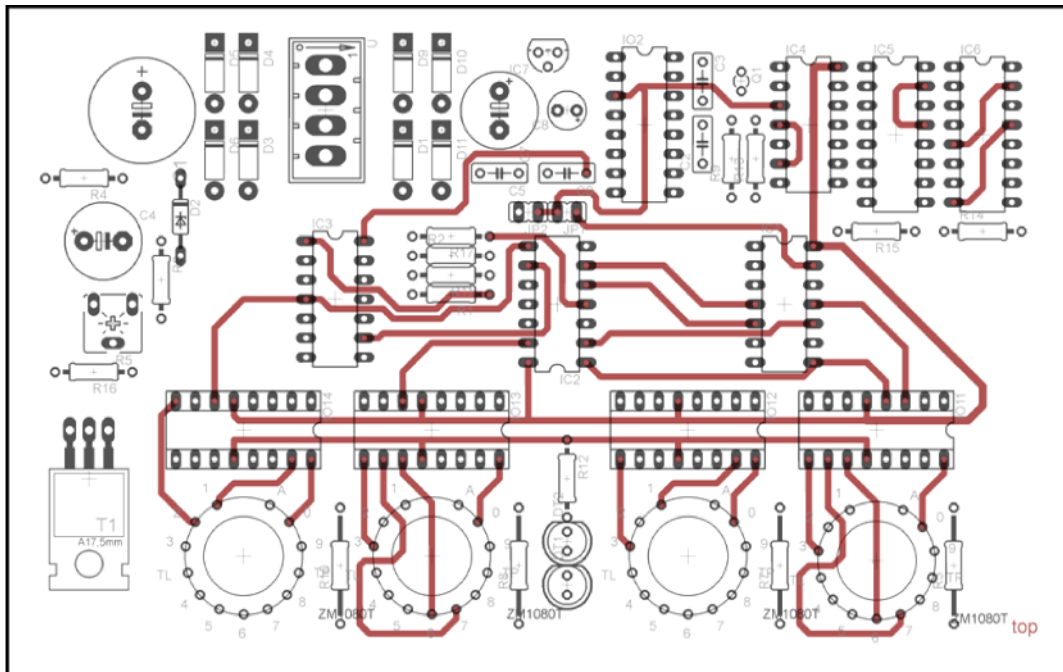
Předloha desky plošných spojů horní strany

měřítko 1:1



Osazovací plán desky plošných spojů

měřítko 1:1



Závěr

Digitronové hodiny jsou tématem nostalgickým, ale zajímavým. Sestavil jsem si hodiny, abych v praxi otestoval využití starších zobrazovacích jednotek. Hodiny jsou velmi dobře viditelné a to i z větší vzdálenosti. Tento výrobek má jednu zásadní nevýhodu, a to nutnost použít poměrně složitý zdroj.

Použitá literatura

Základ regulačního zapojení anodového napětí inspirováno: www.elweb.cz

Datasheet digitronu ZM1080T:

Typ Použití	Patice	Statické hodnoty	Provozní hodnoty	Mezní hodnoty
ZM1080T ZM1082T		U_{BA} 170 V R_a 15 k Ω U_{zh} >115 V I_K 2 mA R_a 15 k Ω U_i 131...155 V U_{BA} 180 V R_a 15 k Ω $R_{tečky}$ 0,1 M Ω $I_{tečky}$ <0,6 mA I_A 3,5 mA R_a 15 k Ω U_{KK} 60 V I_{KK} <1 mA U_{BA} 170 V R_a 15 k Ω $R_{tečky}$ 0,1 M Ω $U_{zh\ tečky}$ >115 V	U_{BA} 200 250 300 V R_a 33 56 82 k Ω	$U_A\ zap$ >170 V I_K >1,5 mA I_K 2,5 mA I_K (t _{IK} 20 ms) 3,5 mA I_{KM} (t _{ip} >100 μ s) 12 mA $I_{tečky}$ >0,3 mA $I_{tečky}$ 0,6 mA δ_a -50...+70 °C
Dekadická číslicová indikační výbojka pro optickou indikaci čísel 0 až 9 s desetinnou tečkou na levé a pravé straně číslice pro měřicí a počítací přístroje ZM1080T baňka s červeným kontrastním filtrem. ZM1082T baňka bez filtru.				

Následující stránky obsahují vždy jeden originální list z datasheetu výrobce. Jsou v nich uvedeny informace o základních vlastnostech napájení, popisem vývodů, popřípadě základního zapojení.

Datasheety jsou uvedeny pro tyto součástky: 78L05 – lineární stabilizátor
 4060 – čítač, generátor
 4013 – dvojitý D klopný obvod
 4017 – dekadický čítač
 74HC393 – dvojitý binární čítač
 4081 – čtverné hradlo AND
 74141 – dekadický dekodér z BCD