

NIXIE CLOCK CONTROLLED BY THE DCF77 SIGNAL

Tomáš Piroch

Secondary Technical School of Mechanical and Electrical Engineering Liberec 1, Masarykova 3 (E4A)

E-mail: tomas.piroch@pslib.cz

Supervised by: Petr Zenkl

E-mail: petr.zenkl@pslib.cz

Abstract: The thesis is focused on realization of nixie clocks controlled by radio signal DCF77. The thesis contains the theoretical part, where theory of the DCF77 signal is described and practical part with description of design and following nixie clock connection, and clock chassis.

Keywords: signal, DCF77, frequency, nixie

1 ÚVOD

Cílem této práce je návrh a následná konstrukce digitronových hodin, které budou řízeny rádiovým signálem DCF77 (D – Deutschland, C – označení pásma dlouhých vln, F – frankfurtský region, 77 – přibližná vysílací frekvence v kilohertzech). V práci je nejprve rozebrána teoretická část pojednávající o signálu DCF77. V praktické části je rozebrán výběr vhodných součástek pro celé hodiny a napájecí zdroj, vypracování schématu, návrh DPS (deska plošných spojů) a následné odeslání do výroby, osazení DPS a následné oživení celých hodin včetně modulu pro příjem signálu DCF77. Dále je v práci popsána tvorba šasi pro hodiny a následná finalizace výrobku.

2 DCF77

2.1 CO JE TO SIGNÁL DCF77

Signál DCF77 je označení pro časový rádiový signál, vysílaný z vysílací stanice Maunflingen, která se nachází přibližně 25 kilometrů od Frankfurtu nad Mohanem. Signál souží především k synchronizaci hodin vybavených přijímačem tohoto signálu. Vysílání trvá nepřetržitě již od září 1970. [2]

Časová informace pro signál DCF77 je v souladu s normovaným údajem PTB (Spolkový fyzikálně technický ústav). Přesný čas a nosná frekvence (77,5 kHz) je získávána z césiových atomových hodin. [3] Signál je od roku 1998 vysílán tranzistorovým vysílačem o výkonu 50 kW. Do roku 1998 byl používán elektronkový vysílač o shodném výkonu. Původní elektronkový vysílač se nyní využívá jako záložní při výpadku nebo servisu tranzistorového vysílače. [2] Vysílací frekvence je 77,5 kHz. Do okolí je následně vyzářen 150 metrovou všesměrovou anténou s kapacitním zakončením. Při údržbě nebo poruše je použita záložní anténa o výšce 200 metrů. [1] Signál je vysílán 24 hodin denně, ovšem mohou nastat krátkodobé výpadky v případě údržby (přepnutí na záložní anténu), případně delší výpadky způsobené především bouřkami.

2.2 KÓDOVÁNÍ SIGNÁLU DCF77

Nosná frekvence, tedy 77,5 kHz je amplitudově modulována sekundovými znaky. Každou sekundu (kromě 59. sekundy v každé minutě) nastane pokles amplitudy nosné na dobu 100 ms (nula) nebo 200 ms (jedna) o 25%. Přesný moment snížení nosné je přesný počátek sekundy. Pokud amplituda nosné nepoklesne, je to oznámení o následujícím minutovém znaku. Informace o přesném čase a datu jsou binárně kódovány BCD (dvojkově reprezentované dekadické číslo) kódem pomocí zmíněného poklesu amplitudy.

2.3 ŠÍŘENÍ SIGNÁLU DCF77

Způsobem jakým se signál DCF77 šíří je ionosférická vlna. Ionosféra je složená z několika vrstev, přičemž pro dlouhé vlny je podstatná vrstva D a vrstva E. Vrstva D existuje pouze ve dne a nachází se ve výškách 50, až 90 km nad zemským povrchem kde odráží dlouhé vlny zpět k Zemi a kratší vlnové délky skrz ni prochází. V noci vrstva D zaniká a dlouhé (a střední) vlny se odráží od vrstvy E, která se nachází ve výškách 90 až 130 km. [3] Během dne je dosah vysílače asi 1900 km, v noci pak až 2100 km.

3 DIGITRONOVÉ HODINY

3.1 DIGITRONY

Digitron neboli znaková výbojka je pasivní elektronická součástka, která svým vzhledem připomíná vakuovou elektronku. Jedná se o skleněnou baňku naplněnou neonem s příměsí argonu. Digitron dále obsahuje jednu společnou anodu, která je tvořena mřížkou z tenkých vodičů a několik katod ve tvaru zobrazovaných znaků. Zápalné napětí je 120 – 200 V, obvykle se používá zápalné napětí 170 V. Po přiložení zápalného napětí mezi jednu z katod a anodu začne směsí plynů procházet proud a okolo vybraného znaku se vytvoří doutnavkový výboj oranžové barvy.

K buzení digitronů se používají obvody MH74141. Jedná se o převodník BCD na 1 z 10, který je schopen ovládat vysoké napětí, kterým jsou napájeny digitrony. Každý obvod je přiřazen k jednomu digitronu. Obvod je zapouzdřen v THT (Through-hole technology) pouzdru DIP16. Napájecí napětí obvodu je 5 V.

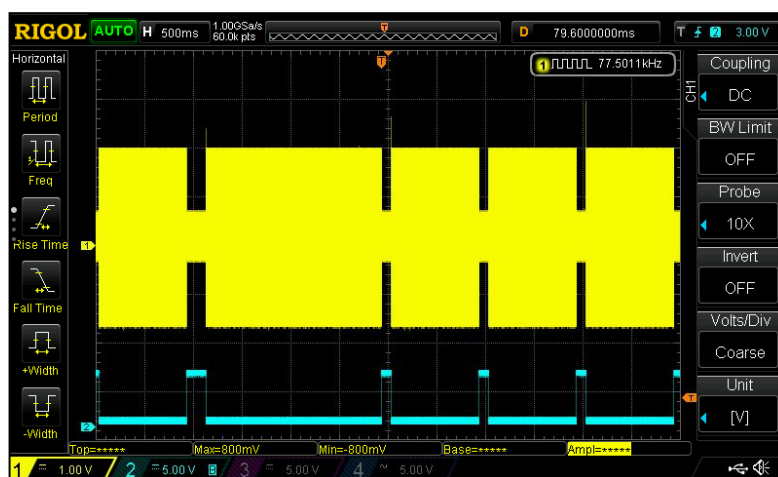
3.2 PŘIJÍMAČ SIGNÁLU DCF77

Pro přijímání signálu DCF77 byl zvolen modul *DCF77-Empfänger BN 641138* (viz. obrázek 1). Tento přijímač je založen na čipu T4224. Přijímač má svorky Vcc, GND, OUT a OUT inv. Mezi svorky Vcc a GND je přivedeno stejnosměrné napájecí napětí v rozmezí 2,5 V až 15 V. Odběr přijímače je 3 mA. Svorky OUT a OUT inv jsou výstupy, přičemž OUT inv je invertovaný výstup.

Přijem signálu probíhá přes feritovou anténu. Pro nejlepší příjem je vhodné anténu umístit vodorovně, bokem k vysílači. Kvalitu přijímaného signálu velmi ovlivňuje vysokofrekvenční rušení, především spínané zdroje, jejichž spínací frekvence je blízká frekvenci signálu DCF77. Na obrázku 2 je zobrazen signál DCF77 na osciloskopu po přijmutí přijímačem.



Obrázek 1: Modulu DCF77-Empfänger BN



Obrázek 2: Signál DCF77 na osciloskopu – kanál 1 (žlutý) zobrazuje signál před AM demodulací, kanál 2 (modrý) zobrazuje signál po AM demodulaci

3.3 REALIZACE

Do finálního výrobku byly použity digitrony Z566M vyrobené firmou RFT kolem roku 1980. Na obrázku 3 je digitron Z566M zobrazující číslici 0. Obrázek 4 zobrazuje jednotlivé katody (znaky) digitrou. Na obrázku 5 je vidět společná anoda (mřížka) digitronu.



Obrázek 3: Digitron zobrazující číslici 0



Obrázek 4: Jednotlivé katody

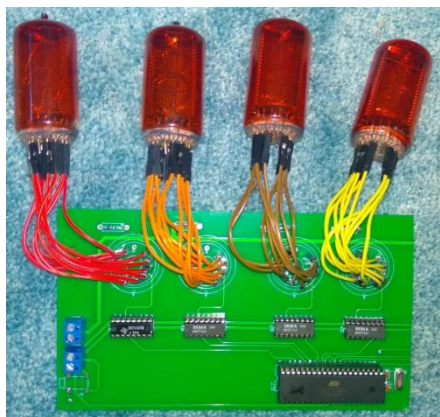


Obrázek 5: Společný anoda digitronu

Kvůli rušení přijímače DCF77 nebylo možné pro napájení digitronů použít původně zamýšlený boost-up konvertor. Jako napájecí zdroj byl z tohoto důvodu použit transformátor původně určený pro předzesilovač s elektronikami 6N3. Transformátor má 2 vinutí (150 V a 6,3 V). Obě tato napětí jsou usměrněna dvoucestnými usměrňovači. Napětí po usměrnění činí 170 V a 8 V. Před anodou každého digitronu je připojen rezistor omezující proud digitronem (4,5 mA). Jeho hodnota se vypočítá stejně jako u předřadného rezistoru pro LED (viz. rovnice 1). Napětí 6,3 V je po usměrnění stabilizováno lineárním stabilizátorem LM7805 a následně použito pro napájení mikroprocesoru Atmega 16-16PU a obvodů MH74141. Schéma napájecího zdroje zobrazuje obrázek 8.

$$R_{dig} = \frac{(U_{max} - U_{dig})}{I_{dig}} = \frac{(170 - 140)}{4,5 \cdot 10^{-3}} = 6,66 \text{ k}\Omega \quad (1)$$

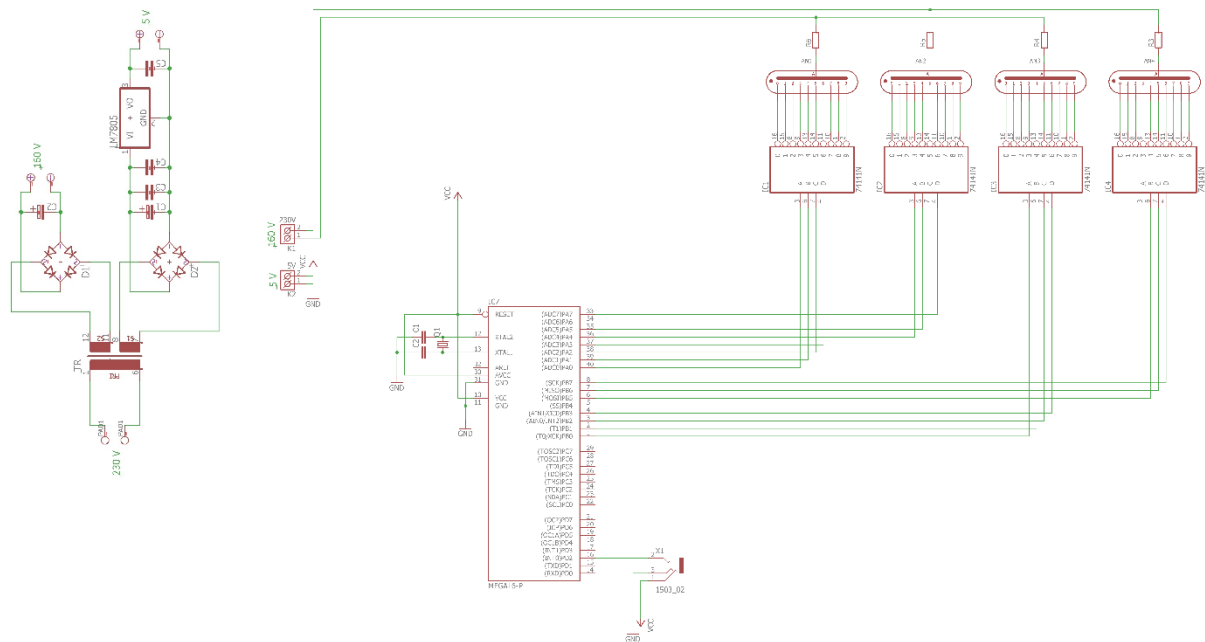
Návrh schématu a DPS byl proveden v programu Eagle 7. Schéma (viz. obrázek 8) hodin je založeno především na katalogovém zapojení obvodů MH74141, které jsou připojeny k mikroprocesoru Atmega 16-16PU, který byl zvolen kvůli velkému množství výstupů a tudíž není nutné pro buzení obvodů používat multiplex. Dvouvrstvá DPS byla následně odeslána do výroby firmě JLCPCB. DPS byla osazena paticemi pro osazení IO (integrováný obvod) a vodiči pro připojení digitronů. Osazená DPS (viz. obrázek 6) byla oživena a umístěna do šasi z borovicového dřeva ruční výroby (viz obrázek 7). Napájecí zdroj i přijímač signálu DCF77 jsou umístěny každý v samostatné krabici. K připojení zdroje slouží 3 pinový EURO konektor. Přijímač DCF77 je připojen konektorem JACK 6,3 mm.



Obrázek 6: Osazená DPS



Obrázek 7: Oživené digitronové hodiny v šasi



Obrázek 8 :Schéma digitronových hodin s napájecím

4 ZÁVĚR

V práci jsem se v teoretické části zabýval signálem DCF77. Díky tomu jsem prohloubil své znalosti o získávání přesných časových údajů a šíření elektromagnetických vln. Na základě teoretických znalostí jsem navrhl schéma a DPS hodin.

Největším problémem je synchronizace hodin se signálem DCF77 – přijímač se nachází v oddělené krabici a musí být umístěn na vhodné pozici, tedy vodorovně, bokem k vysílači a ve větší vzdálenosti od spínaných zdrojů. Synchronizace za dobrých podmínek trvá dvě minuty, při nevhodném umístění přijímače se tento čas může zvýšit až na desítky minut.

S předešlým problémem souvisí i nemožnost použití spínaného zdroje pro napájení digitronů. Použitý napájecí transformátor bylo poměrně náročné získat, ale má tu výhodu, že příjem signálu neruší a má podstatně větší účinnost než spínaný zdroj.

REFERENCE

- [1] DCF77 [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/DCF77>
- [2] POUPA, Martin. Vysílač časového signálu a normál. frekvence DCF77 [on-line]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~poupa/pcf77.html>
- [3] Šíření rádiových signálů: Český radioklub [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.crk.cz/SIRENIC>