

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

OVLÁDÁNÍ DOMÁCÍCH SPOTŘEBIČŮ PO SILOVÉM ROZVODU

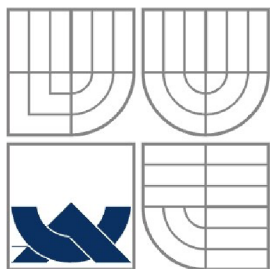
DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. RENÉ LETOCHA

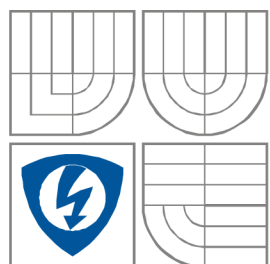
AUTHOR

BRNO, 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

OVLÁDÁNÍ DOMÁCÍCH SPOTŘEBIČŮ PO SILOVÉM ROZVODU

POWERLINE CONTROL OF HOME APPLIANCES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. René LETOCHA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. Zdeněk Kolka

BRNO, 2011

ABSTRAKT

Práce se zabývá možnostmi datové komunikace po silovém vedení a především využití této technologie v domácí automatizaci pro regulaci vytápění a k redukci pohotovostního režimu u vybraných domácích spotřebičů. Celá problematika je nejprve detailně nastíněná a následně podrobně rozebrána. Publikace nastíní možnou variantu takového zařízení, které dokáže detekovat pohyb v domě a na základě těchto informací upravit energetický profil. Zařízení je od svého základu navrženo tak, aby minimalizovalo spotřebu tepelné i elektrické energie.

KLÍČOVÁ SLOVA

CUH, elektromagnetická hlavice, komunikační modul, MUP, PCU, pohotovostní režim, TDA5051, úsporný režim, vytápění, web server, hardware, software, DIN.

ABSTRACT

The work deals with communication options, the power line and particularly the use of this technology in home automation to control heating and reduction in standby mode for selected domestic appliances. The issue is outlined in detail first and then examined in detail. The publication outlines a possible variant of such a device that can detect movement in the house and on the basis of such information to adjust the energy profile. The device is from its base designed to minimize the consumption of heat and electricity.

KEYWORDS

CUH, electromagnetic warheads, heat, MUP, PCU, Power Line Modem, sleep, standby, TDA5051, web server, hardware, software, DIN,

LETOCHA, R. *Ovládání domácích spotřebičů po silovém rozvodu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2011. 59 s., 17 s. příloh. Diplomová práce. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Zdeněk Kolka.

OBSAH

Seznam obrázků	ix
Seznam tabulek	xii
Úvod	1
1 POHOTOVOSTNÍ REŽIM	2
1.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST.....	2
1.2 BUDOUCNOST POHOTOVOSTNÍHO REŽIMU.....	4
1.3 POTLAČENÍ POHOTOVOSTNÍHO REŽIMU.....	7
2 HARDWARE	8
2.1 PŘIJÍMACÍ MODUL „CUH, PCU“	8
2.1.1 Síťový modem TDA5051.....	8
2.1.2 Napájecí zdroj.....	11
2.1.3 Kompletní hardwarové uspořádání „CUH, PCU“	14
2.1.4 Řízení pohotovostního režimu.....	16
2.1.5 Regulace vytápění.....	17
2.2 OVLÁDACÍ MODUL „MUP“	21
2.2.1 Audio modul SOMO-4D.....	21
2.2.2 GSM modul SIM 900.....	24
2.2.3 Webový server.....	26
2.2.4 Bezdrátový VF modul.....	27
2.2.5 Nabíjení olověných akumulátorů.....	30
2.2.6 LDO stabilizátor napětí.....	32
2.2.7 Sériová linka RS485.....	33
2.2.8 Napájecí zdroj pro „MUP“	34
2.2.9 Kompletní hardwarové uspořádání „MUP“	41
3 SOFTWARE	45
3.1 SOFTWARE PRO PŘIJÍMACÍ MODUL.....	45
3.1.1 OBSLUHA TEPLOTNÍHO ČIDLA DS18B20.....	46
3.1.2 SOFTWAREOVÁ SÉRIOVÁ LINKA.....	49

3.2SOFTWARE PRO HLAVNÍ MODUL.....	51
3.2.1KANÁLOVÉ KÓDOVÁNÍ.....	52
4TEST ZAŘÍZENÍ	55
4.1LABORATORNÍ TEST.....	55
4.2PRAKTICKÝ TEST.....	57
5ZÁVĚR	58
Literatura	60
Seznam symbolů, veličin a zkratk	62
Seznam příloh	63

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.2.1 Grafické znázornění příkonů některých spotřebičů (převzato z [13]).	5
Obr. 1.2.2 Vyhovění spotřebičů nařízení Eco Design Limit v roce 2009 (převzato z [13])...	6
Obr. 2.1.3.: Blokové schéma obvodu TDA5051 (převzato z [8]).	9
Obr. 2.1.4: Katalogové zapojení TDA5051 (převzato z [6]).	10
Obr. 2.1.5 Napájecí zdroj pro přijímací jednotku	11
Obr. 2.1.6 Graf naměřené zatěžovací charakteristiky	13
Obr. 2.1.7 Schéma přijímací jednotky SLAVE	14
Obr. 2.1.8 Velikost instalační krabičky KU68 (převzato z [4])	15
Obr. 2.1.9 Orientační zapojení přijímací jednotky PCU (části převzaty z [10])	16
Obr. 2.1.10 Teplotní senzor DS18B30 (převzato z [7]).	18
Obr. 2.1.11 Elektromagnetická termostatická hlavice (převzato z [9]).	18
Obr. 2.1.12 Orientační zapojení přijímací jednotky CUH	19
Obr. 2.1.13 Ovládání termoelektrické hlavice pomocí PWM (části převzaty z [14])	20
Obr. 2.2.14 Audio modul SOMO-4D (převzato z [11]).	21
Obr. 2.2.15 Časování sériového rozhraní audio modulu (převzato z [11]).	22
Obr. 2.2.16 Zapojení audio modulu SOMO-4D (převzato z [11])	23
Obr. 2.2.17 Katalogové zapojení audio modulu SOMO-4D (převzato z [11])	23
Obr. 2.2.18 GSM/GPRS Modul SIM900 (převzato z [12]).	24
Obr. 2.2.19 Nutná inicializace GSM modulu SIM 900	24
Obr. 2.2.20 Zapojení pouzdra GSM modulu SIM 900 (převzato z [12]).	25
Obr. 2.2.21 Demonstrační html kód (části převzaty z [15])	26
Obr. 2.2.22 Webový server Nano od Connect One (převzato z [15]).	26

Obr. 2.2.23 Bezdrátový modul 433MHz od TELECONTROLLI, přijímač (převzato z [16]).	27
Obr. 2.2.24 Bezdrátový modul 433MHz od TELECONTROLLI, vysílač (převzato z [16]).	27
Obr. 2.2.25 Prutová anténa	28
Obr. 2.2.26 Smyčková anténa	29
Obr. 2.2.27 Nabíjecí a vybíjecí křivka olověného akumulátoru (převzato z [17]).	30
Obr. 2.2.28 Blokové schéma nabíjecího monolitického obvodu PB137 (převzato z [18]).	31
Obr. 2.2.29 Katalogové zapojení PB137 (převzato z [18]).	31
Obr. 2.2.30 Katalogové zapojení LM1084 (převzato z [19]).	32
Obr. 2.2.31 Katalogové zapojení MAX485 (převzato z [22])	33
Obr. 2.2.32 Blokové schéma spínaného zdroje (převzato z [20]).	35
Obr. 2.2.33 Jádru ETD29 (převzato z [21]).	35
Obr. 2.2.34 Blokové schéma TOP223 (převzato z [21]).	36
Obr. 2.2.35 Katalogové zapojení TOP223	37
Obr. 2.2.36 Napájecí spínaný zdroj pro MUP	38
Obr. 2.2.37 Závislost výstupního napětí na vstupním, zátěž 21W	39
Obr. 2.2.38 Graf zatěžovací charakteristiky AC/DC měniče	40
Obr. 2.2.39 Blokové zapojení hlavní řídicí jednotky MUP	41
Obr. 2.2.40 Schéma hlavní řídicí jednotky, část A	43
Obr. 2.2.41 Schéma hlavní řídicí jednotky, část B	44
Obr. 3.1.42 Vývojový diagram přijímací jednotky	45
Obr. 3.2.43 Vývojový diagram hlavní jednotky MUP	51
Obr. 3.2.44 Datový rámec některých pohybových čidel	52
Obr. 3.2.45 Blokové znázornění průběhu šifrování (převzato z [25])	53
Obr. 3.2.46 Vývojový diagram podprogramu pro příjem dat	53
Obr. 3.2.47 Vývojový diagram rekonstrukce a odeslání datového rámce	54

Obr. 3.2.48 Datový rámec přenášený síťovým modemem TDA 5051	54
Obr. 4.1.49 Generátor EFT500 (převzato z [23])	55
Obr. 4.1.50 Přijímací demonstrační modul s TDA5051 neobstál u náročného testu	56
Obr. 4.2.51 Mezifázový filtr "spřahovač fází" (převzato z [26])	57

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1.1 Příkony vybraných domácích spotřebičů	3
Tab. 2.1.2 Reálný test maximální přenosové rychlosti síťového modemu TDA50519	
Tab. 2.1.3 Zatěžovací charakteristika napájecího zdroje pro SLAVE přijímací jednotku 12	
Tab. 2.1.4 Příkon přijímací SLAVE jednotky	13
Tab. 2.1.5 Průměrné finanční náklady na vytápění rodinného domku, ověřeno prakticky	17
Tab. 2.2.6 Příkazy pro ovládání audio modulu SOMO-4D	22
Tab. 2.2.7 Srovnání vhodných antén pro VF moduly	29
Tab. 2.2.8 Vlastnosti AC/DC napájecích zdrojů	34
Tab. 2.2.9 Vlastnosti materiálu jádra ETD29	36
Tab. 2.2.10 Naměřené parametry zdroje pro MUP	37
Tab. 2.2.11 Tabulka zatěžovací charakteristiky AC/DC měniče	39
Tab. 4.1.12 Přenos datových rámců skrz silové vedení	56
Tab. 4.2.13 Praktické ověření přenosu dat po silovém vedení	57

ÚVOD

Možnost přenosu dat po silovém rozvodu již není jen pouhou myšlenkou. Technologie se s každou nově nabytou zkušeností vylepšovala. V dnešní době se uvedený způsob přenosu dat po silovém rozvodu používá v domácnostech nebo průmyslu a to tam, kde není možnost použití datových vedení. Použití dalšího datového vedení obvykle vede k nutné stavební rekonstrukci, nebo použití dalšího vedení není vůbec možné.

V současnosti je tato technologie používaná dodavateli elektrické energie, kteří přes distribuční síť ovládají přepínání tarifkace tzv. HDO. Využití přenosu datové informace po silové napájecí soustavě značně nabývá na oblíbenosti v projektování a vývoji domácích automatizací a taky možností použití pro počítačové sítě.

Tématem této diplomové práce je návrh takového zařízení, které dokáže na základě svých periférií detekovat provoz v domě, kde na základě tohoto vytížení upravuje energetický profil. V podstatě jde o multifunkční řídicí jednotku umístěnou v elektrickém rozvaděči, která na pomoci svých periférií rozmístěných po domě detekuje pohyb v jednotlivých místnostech. Podle toho skrz silové vedení posílá povely přijímacím jednotkám s patřičnými povely. Přijímací jednotka dle typu příkazu ovládá vybranou síťovou zásuvku, nebo vybranou termoelektrickou hlavici ústředního topení. Přijímací jednotky disponují síťovým modemem, pomocí něhož dokážou přijímat povely skrz napájecí silové vedení.

Celé zařízení je navrženo jako demonstrační modul, který bude po prezentaci doplněn o další zakázkové softwarové moduly na přání zákazníka.

1 POHOTOVOSTNÍ REŽIM

Pohotovostní režim „standby“ je takový režim, kdy je spotřebič zapojen v síti, ale nevykonává svou hlavní funkci. Definice pohotovostního režimu se může zdát poněkud složitá, neboť spousta nových spotřebičů má i několik podobných režimů (ekonomický režim, pohotovostní režim, režim spánku). Všechno jsou to režimy, které spotřebovávají nepatrné, avšak nezanedbatelné množství elektrické energie. Uvedené režimy jsou často znatelně indikovány světelnou kontrolkou, nebo možným nepřetržitým překreslováním LCD displeje.

Pohotovostního režimu se uživatel spotřební elektroniky bude vzdávat velmi těžce. Pohotovostní režim přináší komfort, za který spotřebitel zaplatí nemalé peníze. Výhoda pohotovostního režimu spočívá v okamžité aktivaci či deaktivaci spotřebiče dálkovým ovladačem, případně jiným způsobem než-li síťovým vypínačem.

1.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST

Každý aktivní spotřebič připojený v elektrické síti spotřebovává elektrickou energii. Tato energie je ve spotřebiči transformována obvykle na energii tepelnou, pohybovou, světelnou, ... Energetická náročnost každého elektrického spotřebiče (příkon) musí být ze zákona uvedena na doprovodném štítku. Příkon je fyzikální veličina, která vyjadřuje množství elektrické energie spotřebované za jednotku času.

Pokud není příkon [W] na spotřebiči uveden, lze jej poměrně snadno vypočítat podle vztahu (1.1.1):

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} \quad [\text{W}], \quad (1.1.1)$$

kde U [V] představuje napájecí napětí, I [A] představuje proud, R [Ω] reprezentuje vnitřní odpor spotřebiče. Jak bylo výše uvedeno, příkon je vztažený k jednotce času. Následující tabulka (tab.:1.1.1) demonstuje naměřené či přechtené hodnoty příkonů nejpoužívanějších domácích spotřebičů. U všech vybraných spotřebičů byl změřený i příkon v pohotovostním režimu.

Tab. 1.1.1 Příkony vybraných domácích spotřebičů

Název spotřebiče:	P [W] Power ON	P [W] Standby
LCD monitor 19" HP	70	6,8
Nabíječka mobilního telefonu Nokia	23	3,6
LCD televize 32" Samsung	115	14,7
Laserová tiskárna HP	1060	5,4
Satelit S300 Platinum	25	2,6
Mikrovlnná trouba AEG	1160	5,2
Myčka AEG	2200	9
Pračka AEG	2200	10,2
Sušička AEG	1900	6,3

Při měření příkonu je nutné vzít v úvahu i účinník ($\cos \varphi$), neboť moderní spotřebiče jsou vybavené spínaným zdrojem. Každý spínaný zdroj má účinník $\cos \varphi < 1$. Proto při měření příkonu spotřebiče je nutné zvolit vhodný měřicí přístroj. Výpočet příkonu je pak podle vztahu (1.1.2):

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{U^2}{R} \cdot \cos \varphi \quad [\text{W}], \quad (1.1.2)$$

kde $\cos \varphi$ představuje účinník [-]

Z tabulky (tab.:1.1.1) je zajímavý především příkon v pohotovostním režimu. Příkon v aktivním režimu je méně zajímavý, v tomto projektu zanedbatelný. Pro lepší přehlednost bude příkon v pohotovostním režimu přepočítaný na finanční obnos za 1 rok dle vztahu (1.1.3):

$$X_{CZK} = P \cdot 24 \cdot 365 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \lambda \quad [\text{Kč/rok}], \quad (1.1.3)$$

kde P [W] je příkon v pohotovostním režimu, λ [Kč/kWh] je místní tarifkace 1kWh. Tabulka (tab.:1.1.2) znázorňuje přepočet příkonu pohotovostního režimu dle vztahu (1.1.3).

Tab. 1.1.2: Cenová kalkulace za pohotovostní příkon, $\lambda = 4\text{Kč/kWh}$

Název spotřebiče:	P [W] Standby	X_{CZK} [Kč/rok]
LCD monitor 19" HP	6,8	238
Nabíječka mobilního telefonu Nokia	3,6	126
LCD televize 32" Samsung	14,7	515
Laserová tiskárna HP	5,4	189
Satelit S300 Platinum	2,6	91
Mikrovlnná trouba AEG	5,2	182
Myčka AEG	9	315
Pračka AEG	10,2	357
Sušička AEG	6,3	221
Σ [Kč/rok]		2234

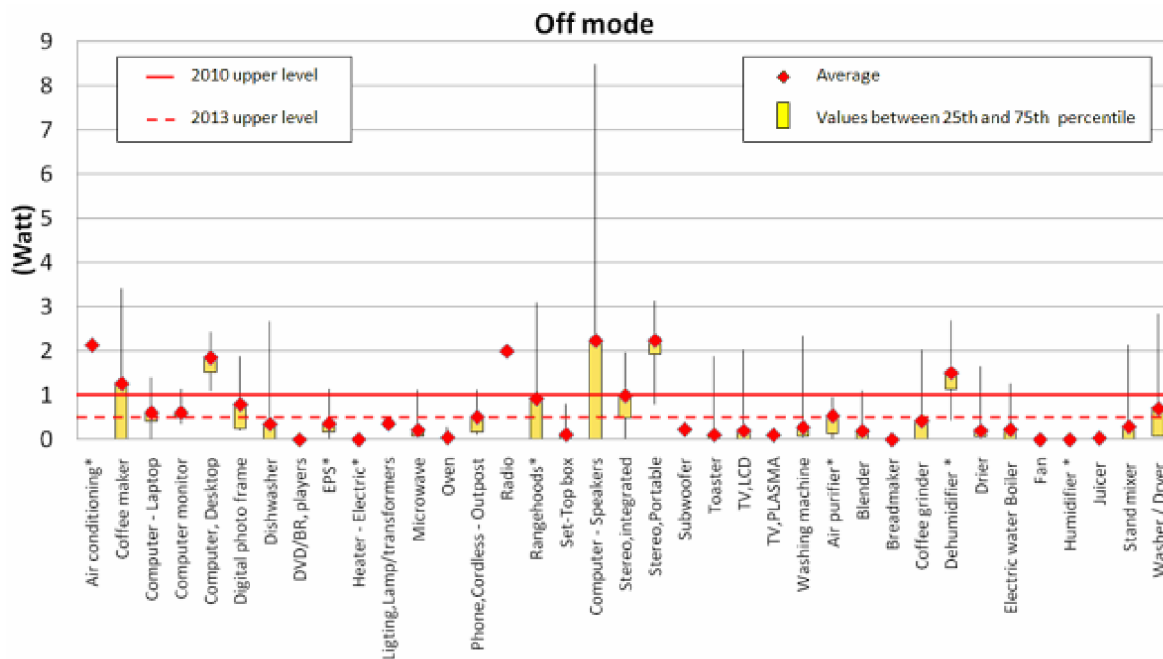
1.2 BUDOUCNOST POHOTOVOSTNÍHO REŽIMU

Využívání možnosti klidového režimu jehož výhoda spočívá v okamžitém přejití do plně operativního stavu ročně stojí stovky až tisíce korun (viz.tab.:1.1.2). Podle mnohých statistických měření mají domácí spotřebiče v pohotovostním režimu příkon od 1 do 20W. Příkon v pohotovostním režimu je přímo-úměrně závislý na stáří spotřebiče. Při testování pohotovostního režimu 15let staré CRT televize byl změřený příkon přibližně 7W. Při testování nejnovějšího modelu LCD televize byl změřený příkon přibližně 2W. Tento rozdíl se může projevit finančním deficitem jednoho domácího spotřebiče až 154 Kč za rok! Je tedy zřejmé, že vhodným výběrem domácího spotřebiče lze velmi výrazně ovlivnit roční náklady za elektrickou energii. V zemích Evropské unie představuje spotřeba elektrické energie v pohotovostním režimu 8-15% z celkové spotřebované elektrické energie. Dohromady se pak spotřeba může vyšplhat na 47TWh ročně. V České republice je spotřeba elektrické energie v pohotovostním režimu mnohem menší, neboť české domácnosti nejsou ani z poloviny vybaveny takovým množstvím elektrických spotřebičů jako okolní státy.

Budoucí spotřeba elektrické energie bude ovlivněna především technologickým pokrokem a minimální dovolenou účinností, na které lpí Evropská komise. Nepředpokládá se, že by spotřebičů v budoucnosti v domácnostech ubývalo, ale naopak. Spotřebiče budou přibývat, budou přibývat nové funkce, tedy pohotovostní režim bude nezbytný (př.: myčky nádobí, pračky, inteligentní lednice, počítače, ...). Středně velký televizor má v aktivním režimu průměrnou spotřebu elektrické energie 100W za hodinu. Ve vypnutém stavu (vypnuto ovladačem), tedy v pohotovostním režimu je průměrný odběr přibližně 8W/h. Pokud bude televize provozována hodinu denně, tak více zaplatíme za spotřebovanou energii v době, kdy

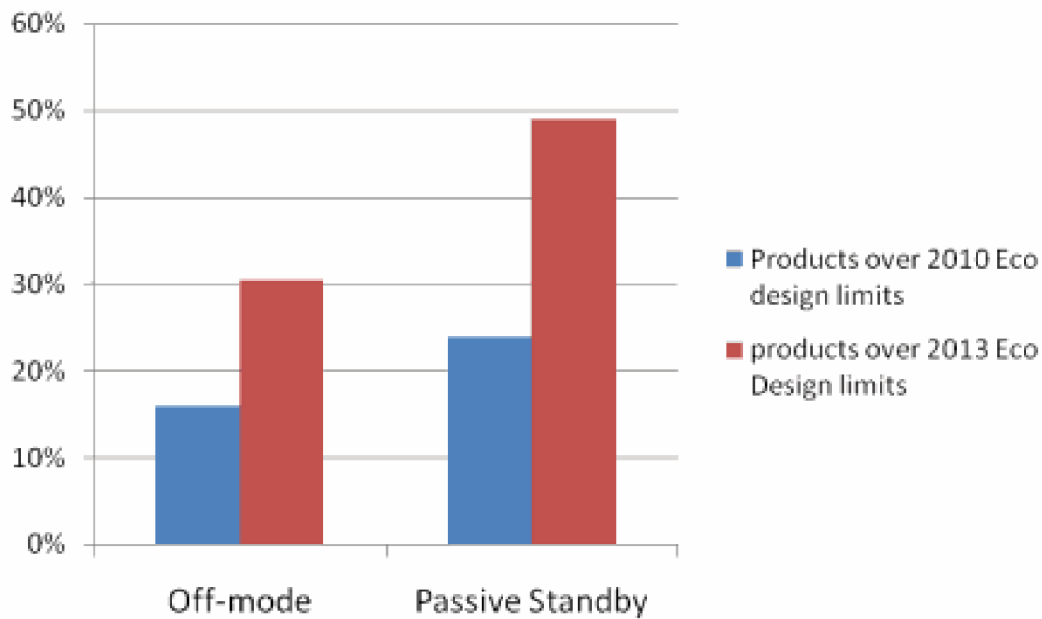
je televizor vypnutý, než v aktivním režimu.

V současné době probíhá po celé Evropě projekt „SELINA“ zabývající se měřením příkonu pohotovostního režimu 6000 různých spotřebičů. Výsledky prvních měření jsou reprezentovány následujícími grafy (Obr. 1.2.1)



Obr. 1.2.1 Grafické znázornění příkonů některých spotřebičů (převzato z [13]).

V lednu 2010 nabylo účinnosti Nařízení Komise (1275/2008), kterým se řídí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na Eco Design z hlediska spotřeby elektrické energie elektrických a elektronických zařízení. Nařízení omezuje pohotovostní spotřebu všech síťových elektronických zařízení na 1W. Tento limit bude v další fázi snížen na 0,5W. Nástup druhé fáze se předpokládá někdy v roce 2013. Z následujícího obrázku je zřejmé, jaké procentuální množství spotřebičů vyhovovalo této směrnici v roce 2009 (Obr. 1.2.2)



Obr. 1.2.2 Vyhovění spotřebičů nařízení Eco Design Limit v roce 2009 (převzato z [13])

Nařízení Evropské komise umožní snížení spotřeby v pohotovostním režimu všech domácích spotřebičů do roku 2020 až o 73%. Do té doby budeme muset změnit své spotřebitelské chování a své nehospodárné domácí spotřebiče vypínat síťovým vypínačem, nebo pomocí aktivních zásuvek pomáhající regulovat fenomén „pohotovostní režim“

1.3 POTLAČENÍ POHOTOVOSTNÍHO REŽIMU

S pohotovostním režimem se dá poměrně úspěšně bojovat. Nejvhodnější variantou se může zdát záměna starých domácích spotřebičů za spotřebiče nové, které mají v pohotovostním režimu příkon od 0,5-2W, neboť většinou již splňují nařízení Eco Design Limit. Záměna všech starých domácích spotřebičů za nové z třídy Eco Design Limit je nepředstavitelně finančně náročná. Toho si všimli i někteří komerční výrobci a vytvořili zařízení s názvem „zelený vypínač“ (Greenswitch). Jde v podstatě o zařízení s několika síťovými zásuvkami, které jsou ovládány pomocným malým napětím obvykle z USB. Výrobce Greenswitch udává úsporu ve výši až 45% elektrické energie. „Zelený vypínač“ je možné ovládat i manuálně pomocí vestavěného vypínače, který aktivuje vždy poslední odcházející osoba z domu. Nabízí se i mnohem levnější zařízení jako skupina zásuvek se síťovým vypínačem, která stojí již pár desítek korun.

Všechny způsoby ovlivnění spotřeby elektrické energie v pohotovostním režimu jsou do značné míry závislé na lidském faktoru. Tím se tento způsob ochrany může zdát jako méně účinný. Zajímavou myšlenkou je takové zařízení, které na základě pohybu osob v domácnosti, dokáže efektivně ovládat vytiženost síťových zásuvek. A zároveň takové zařízení, které by nevyžadovalo žádnou stavební i jinou rekonstrukci již stávajícího síťového rozvodu. Pro splnění nařízení Eco Design Limit je nutné, aby klidový příkon takového multifunkčního zařízení byl v intervalu $<0 ; 3W>$, v jiném případě by celé zařízení postrádalo význam.

2 HARDWARE

Následující kapitola pojednává o návrhu multifunkční přijímací jednotky SLAVE a MASTER, které mezi sebou komunikují skrz napájecí silové vedení. Přijímací jednotka je primárně určena k instalaci do krabice KU68 pod omítku, proto je nutné navrhnout přijímací jednotku s minimálními možnými rozměry. U vysílací MASTER jednotky tomu nebude jinak. Vzhledem k tomu, že přijímací jednotka má být instalována do rozvaděče, tedy na DIN lištu, je opět nutné dodržení minimálních rozměrů i přes množství integrovaných komponentů.

2.1 PŘIJÍMACÍ MODUL „CUH, PCU“

Přijímací modul má ve své podstatě dvě funkce. Dle nastavení uživatele se může chovat jako dálkový ovladač síťových zásuvek, nebo jako dálkově ovládaný ovladač termoregulačních hlavice ústředního topení v závislosti na teplotě. V obou případech klíčovou roli hraje síťový modem TDA5051, který zajišťuje příjem datové informace skrz silové napájecí vedení. O příjem, dekodování a vyhodnocení dat se stará microchip PIC 16F628A.

2.1.1 Síťový modem TDA5051

Obvod TDA5051 navržen firmou Philips v SMD pouzdře SO16 obsahuje modulátor, demodulátor a oscilátor. Příchozí číslicová data modulují pomocí ASK nosný kmitočet. Výstupní napěťové úrovně jsou kompatibilní s CMOS i TTL. Obvod pracuje s maximální přenosovou rychlostí 1200bit/s. Při testech maximální přenosové rychlosti v závislosti na minimální chybovosti se ukázalo, že je lepší použít menší přenosové rychlosti než uvedené maximální.

Test maximální rychlosti probíhal v reálném prostředí. Počet opakování vyslání byl neměnný. Při testování se měnila pouze přenosová rychlost. Výsledek je zřejmý z následující tabulky (tab.:2.1.1), ta vypovídá o konstantním počtu opakování vyslané informace v závislosti na měnící se rychlosti s počtem správně přijatých informací.

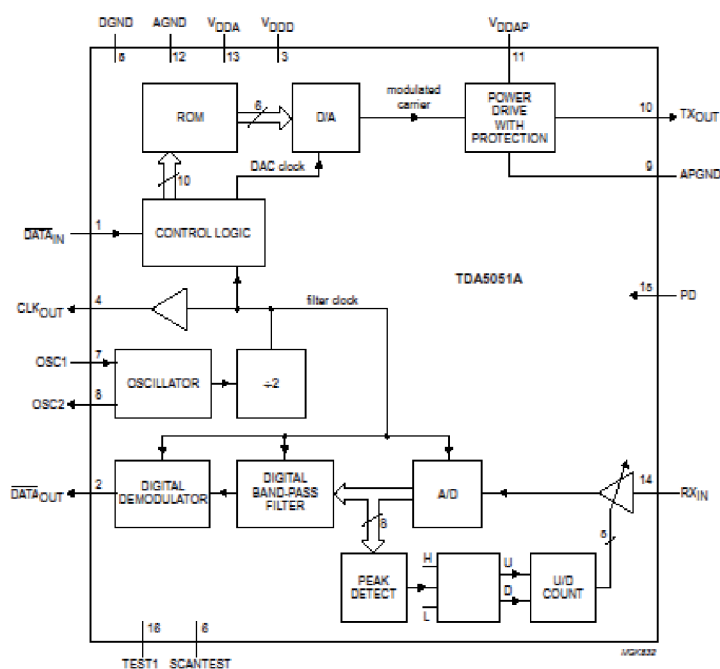
Tab. 2.1.2 Reálný test maximální přenosové rychlosti síťového modemu TDA5051

Počet vysílacích opakování:	Přenosová rychlost: [br/s]	Počet správných příjmů: [-]
10	2400	1
10	1200	4
10	600	8

Z naměřených informací z tabulky (tab.:2.1.1) je zřejmé, že příjem dat ze síťového vedení je zatížen velkou chybou. Chybu příjmu je nutné softwarově eliminovat tzv.“stínovými kopiemi“ s potvrzením správnosti příjmu. Výsledek tabulky (tab.:2.1.1) neovlivní návrh hardwaru přijímače ani vysílače.

ODESÍLÁNÍ DAT

Data jsou přiváděná z mikroprocesoru na vstup DATA_{IN} TDA5051. Jako první je vstupní signál filtrovaný dolní propustí pro odstranění vyšších harmonických, které by mohly být příčinou rušení v přenosovém kanálu. Z blokového schématu je zřejmé (obr. 2.1.1), že již filtrované vstupní data přichází na modulátor, kde jsou data modulovaná na nosnou frekvenci. Nosný signál se generuje vyčítáním paměti ROM hodinovým signálem. Modulovaný signál je dále patřičně zesílený a odesláný na výstup TX_{OUT}. Výstup TX_{OUT} je aktivní pouze pokud je vstup DATA_{IN} v logické 0. Pokud nedochází k vysílání dat, je výstup TX_{OUT} ve vysoké impedanci.



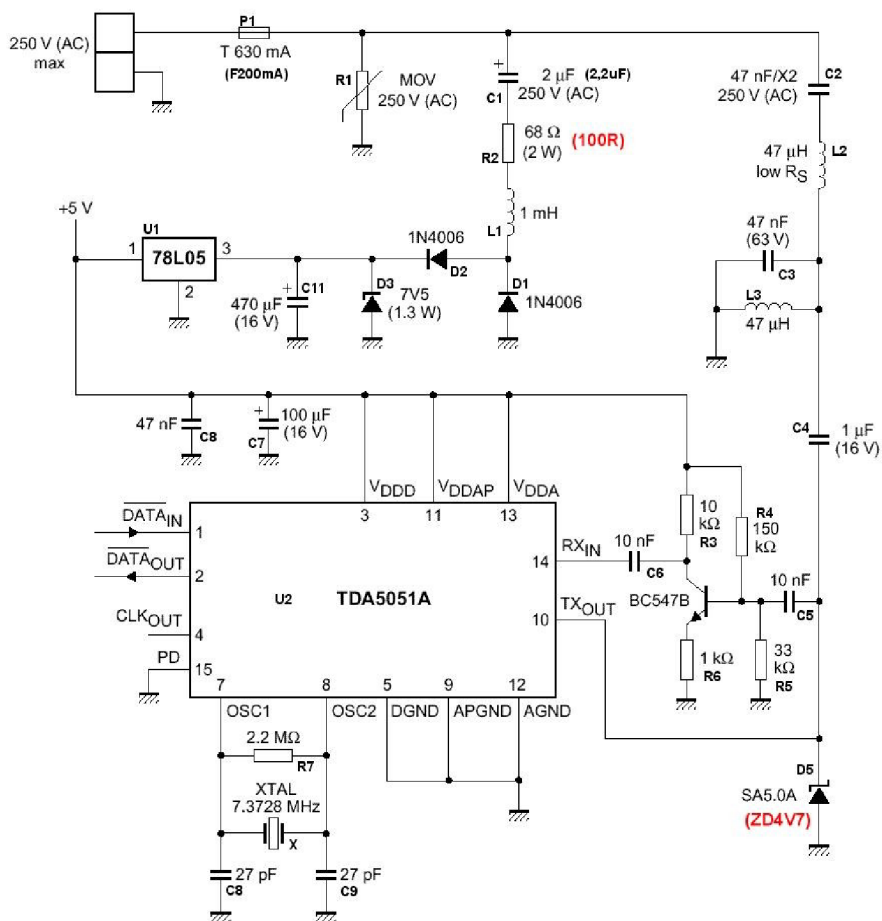
Obr. 2.1.3.: Blokové schéma obvodu TDA5051 (převzato z [8]).

PŘÍJEM DAT

Vstupní signál je přiváděn na vstup RXin obvodu TDA5051, kde je vstupní zesilovač s automatickým nastavením zesílení. Dále se provádí A/D převod a digitální pásmová filtrace. Signál se demoduluje v demodulátoru a odesílá se na výstup DATAout. Výstup DATAout je aktivní, pokud je přítomný signál na vstupu RXin.

KATALOGOVÉ ZAPOJENÍ TDA5051

Doporučené zapojení obvodu pochází z katalogového zapojení od výrobce (obr.2.3.1). Obvod je napájený napájecím napětím 5V. Aby nedocházelo k odlišným modulacím či demodulacím mezi přijímačem a vysílačem, musí oba síťové modemy pracovat na stejné frekvenci. Pokud je nutné použití více síťových modemů v jednom rozvodu, ale tak, aby se vzájemně neovlivňovaly, volí se odlišné frekvence oscilátorů.

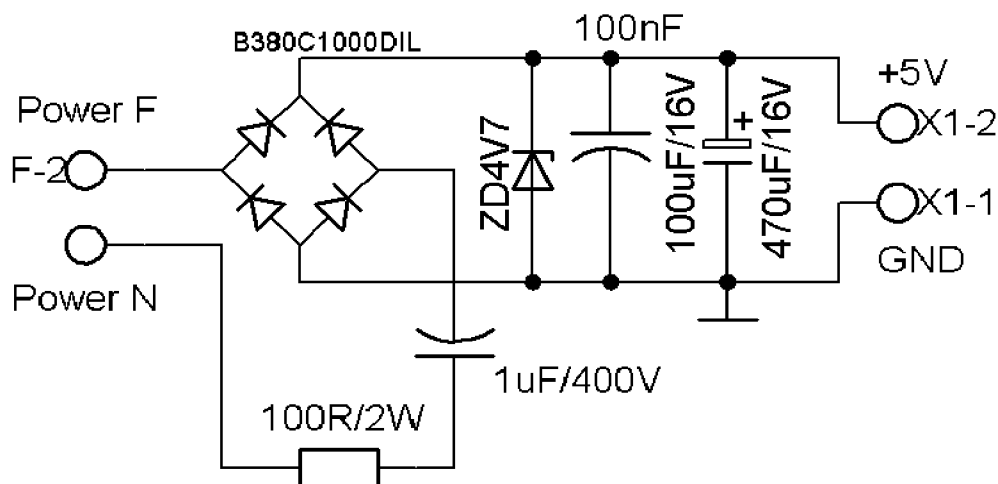


Obr. 2.1.4: Katalogové zapojení TDA5051 (převzato z [6]).

Obvod TDA5051 ke své činnosti nepotřebuje téměř žádné další součástky, jen vstupní signál z rozvodné sítě musí být upraven soustavou filtrů a omezovačů.

2.1.2 Napájecí zdroj

Vzhledem k tomu, že projekt Control Unit of Heating dále jen CUH Power Control Unit dále jen PCU je značně závislý na rozměrech z důvodů univerzálnosti použití, není možné použít poměrně rozměrné transformátory. I za cenu ztráty bezpečnějšího galvanického oddělení byl zvolen napájecí zdroj s přímým usměrněním síťového napětí (obr. 2.1.3).



Obr. 2.1.5 Napájecí zdroj pro přijímací jednotku

Napájecí zdroj (obr. 2.1.3) byl značně zjednodušený od původní konstrukce, která počítala s lineárním monolitickým stabilizátorem 78L05. Ovšem podstata a funkce zůstala nezměněná. Napájecí síťové napětí 230VAC je usměrněné diodovým můstkem B380C1000DIL na napětí 325VDC. Proud je omezen reaktancí kondenzátoru 1uF. Volba napěťové pevnosti omezovacího kondenzátoru je stížená, neboť kondenzátory na velké napětí jsou příliš rozměrné. Proto je nutné zvolit vhodný kompromis mezi minimálním napětím omezovacího kondenzátoru a jeho maximální velikostí. Prioritou je bezpečný provoz, tudíž volba napětí 275V je minimální přípustná hodnota, která se v praxi běžně používá. Bohužel síťové napětí obsahuje spoustu napěťových špiček přesahující hodnotu 275V. Z toho důvodu je přijímací modul vybavený omezovacím kondenzátorem s napěťovou odolností 400V.

Již usměrněné napětí na hodnotu 325VDC je přiměřeně stabilizované zenerovou diodou na cca 5V. Zenerova dioda neboli referenční dioda je polovodičová dioda s přechodem PN, která se především využívá ke stabilizaci napětí. Zenerova dioda je určena k zapojení v závěrném směru! To je důležitá podmínka pro zajištění stabilizace napětí! Zenerova dioda v tomto zapojení nemá jen funkci „hrubé“ stabilizace napětí, ale zároveň zde slouží i jako ochranný prvek před napěťovými špičkami. Zenerova dioda snese opakovaný průraz v závěrném směru. Princip stabilizace spočívá v opakovaném průrazu při překročení jmenovitého napětí.

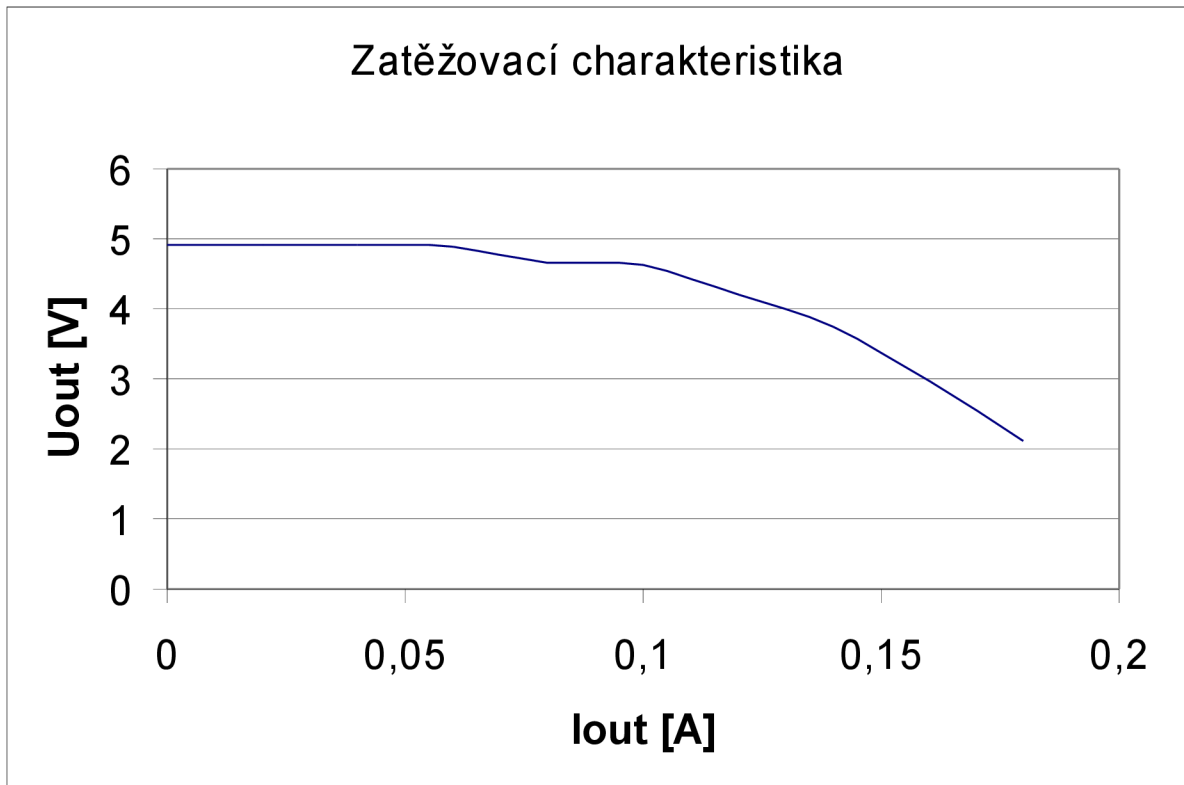
Použitý napájecí zdroj patří do napájecích zdrojů měkkých, nehodí se pro napájení

energeticky závislých součástek. V konstrukcích CUH a PCU nejsou žádné energeticky závislé součástky, proto je použití v uvedených konstrukcích dostatečné. Schéma zapojení napájecího zdroje (obr. 2.1.3) již nevyhází jen z teoretických podkladů, ale především z praktických zkušeností. Tabulka (tab.: 2.1.2) spolu s příloženým grafem (obr.2.1.4) zachycuje zatěžovací charakteristiku uvedeného napájecího zdroje (obr. 2.1.3). Z naměřených údajů je zřejmé, že použití tohoto typu napájecího zdroje je více jak dostatečné.

Tab. 2.1.3 Zatěžovací charakteristika napájecího zdroje pro SLAVE přijímací jednotku

U _{out} : [mA]	I _{out} : [V]
0,0	4,92
20	4,91
40	4,91
60	4,88
80	4,66
100	4,64
120	4,21
140	3,73
160	2,96
180	2,12

Z tabulky je patrné, že optimální zatížení uvedeného napájecího zdroje je 80mA. Při tomto proudovém zatížení ještě nedochází k přehřívání omezovacího rezistoru 100R/2W. Provozní teplota omezovacího rezistoru naměřená IR teploměrem (měřící přístroj CEM IR-77L) je cca 31°C. Přijímací SLAVE modul má maximální proudový odběr 56mA při 5V.



Obr. 2.1.6 Graf naměřené zatěžovací charakteristiky

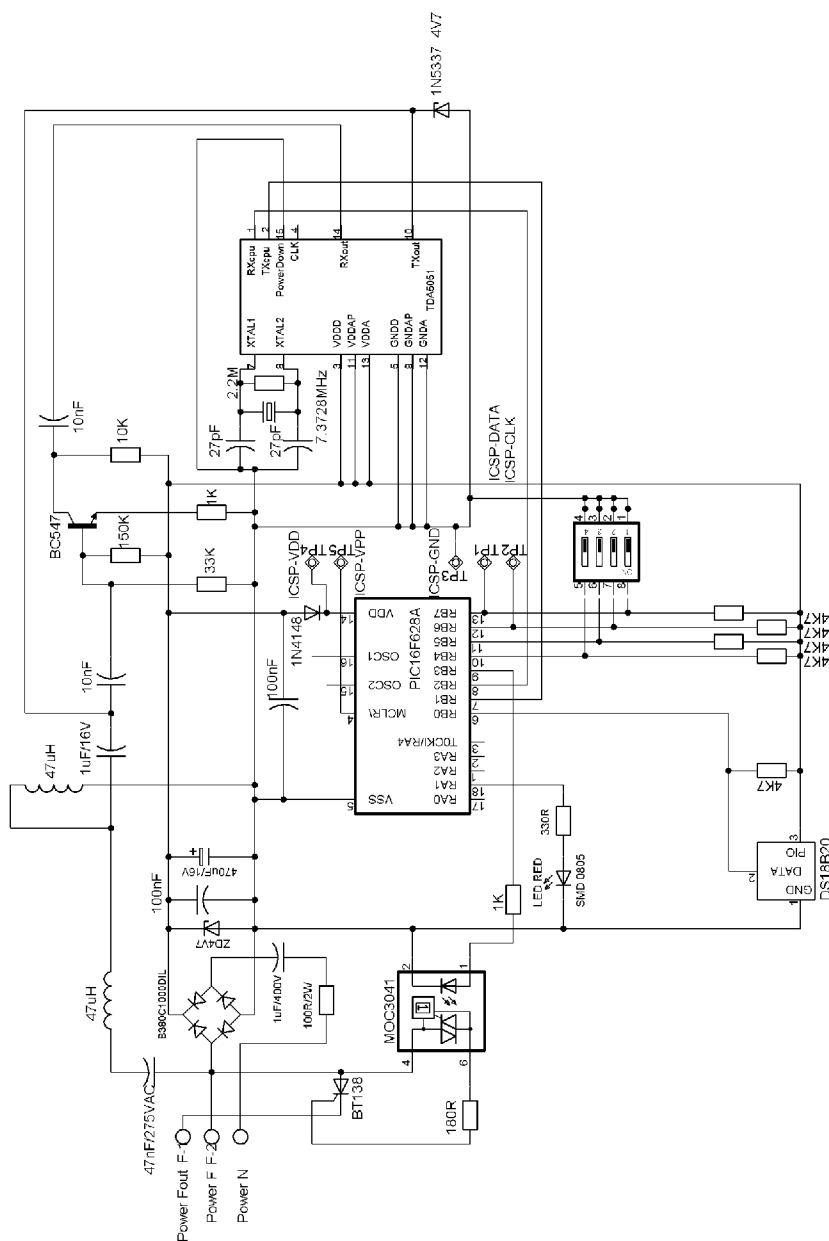
Při konstrukci napájecího zdroje je nutné přihlédnout i k jeho příkonu. Příkon nesmí být vyšší než je příkon spotřebičů v pohotovostním režimu. Před implementací byl napájecí zdroj nejprve pokusně sestavený a důkladně proměřený na průchozím wattmetru v laboratořích UTEE E607 na VUT měřicím přístrojem HAMEG HM8115-2. Ze schéma zapojení (obr. 2.1.3) je zřejmé, že kondenzátor v sérii mění účinník φ , který znemožňuje měření klasickou metodou voltmetr, ampérmetr. Důležitý je činný příkon, za který spotřebitel v běžné domácnosti platí. Jalový příkon pouze zatěžuje rozvodnou soustavu i spínací prvky, ale spotřebitel za něj v domácnosti neplatí. Výsledky měření příkonů přijímací SLAVE jednotky znázorňuje tabulka (tab.: 2.1.3)

Tab. 2.1.4 Příkon přijímací SLAVE jednotky

P [W]	Q [VAr]
0,42	17,82

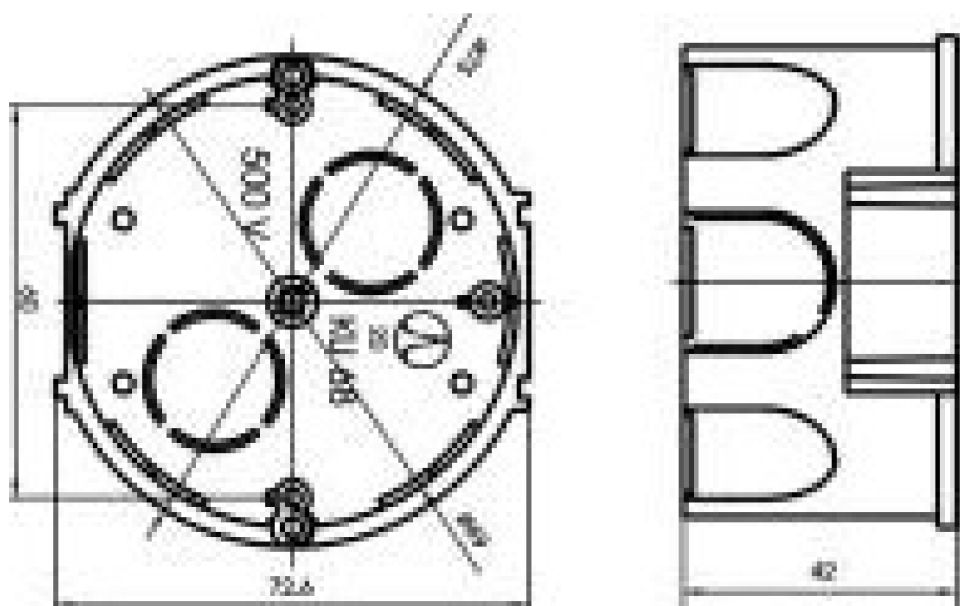
2.1.3 Kompletní hardwarové uspořádání „CUH, PCU“

Srdcem přijímací jednotky je procesor od firmy Microchip PIC16F628A. Jde o procesor typu RISC s omezenou instrukční sadou. Disponuje sériovým rozhraním UART a permanentní pamětí EEPROM. Řídící procesor zajišťuje komunikaci mezi síťovým modemem TDA5051. Síťový modem zajišťuje napěťové i frekvenční přizpůsobení mezi sériovým rozhraním procesoru a napájecí rozvodnou sítí. Procesor pomocí síťového modemu načítá datové informace, které dostává od hlavní řídicí jednotky Main Unit after Powerline dále jen MUP. Schéma přijímací jednotky CUH včetně napájecího zdroje je na obrázku (viz. obr. 2.1.5).



Obr. 2.1.7 Schéma přijímací jednotky SLAVE

Schéma přijímací jednotky (obr.2.1.5) je poměrně obsáhlé. Návrh plošného spoje musí být opravdu promyšlený, neboť přijímací jednotka musí jít bez problémů instalovat do instalační krabičky KU68 (obr.2.1.6) a to včetně původní zásuvky. Pro maximální úsporu místa je přijímací modul rozdělený na 2 poloviny. Jedna polovina plošného spoje obsahuje napájecí zdroj (obr.2.1.3) včetně hardwarového síťového modemu (obr.2.1.2). Druhá polovina obsahuje pouze samotný procesor se spínačem pro nastavení ID adresy a funkcí přijímací jednotky.



Obr. 2.1.8 Velikost instalační krabičky KU68 (převzato z [4])

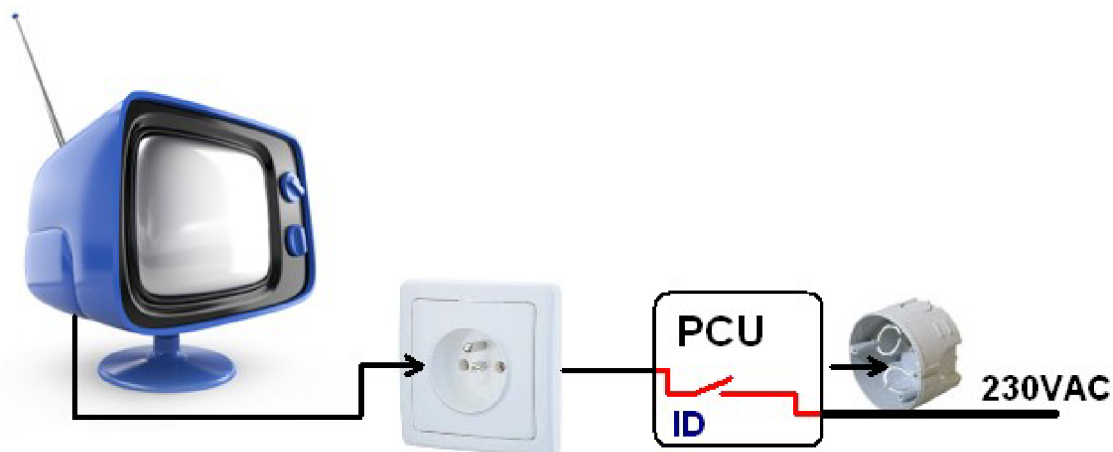
Při prvním připojení přijímací jednotky na napájecí síť lze přijímací jednotku naučit v režimu učení. Režim učení slouží k nastavení identifikační adresy a typu funkce, kterou má přijímací jednotka na základě přijatých povelů vykonávat. Na základě hardwarové dispozice lze přijímací jednotku nastavit jako aktivní prvek omezující pohotovostní režim nebo aktivní prvek řídicí chod vytápění s vlastním teplotním čidlem DS18B20. Přijímací jednotka tedy umožňuje práci ve dvou režimech. Oba režimy jsou detailněji popsány níže.

2.1.4 Řízení pohotovostního režimu

Přijímací jednotka PCU je hardwarově shodná (obr.2.1.5) s přijímací jednotkou CUH. Přijímací jednotka PCU nevyužívá teplotní čidlo a triak ovládá pouze impulsně, neboť se jedná o zařízení, které na základě přijatých dat aktivuje či deaktivuje vybranou síťovou zásuvku. Výběr zásuvky se provádí pomocí adresace v režimu učení.

Při odchodu z budovy vyšší ovládací systém MUP (speciální alarm s možností komunikace skrz napájecí silové vedení) zjistí nepřítomnost osob ze svých periférií a odešle příkaz podřízeným SLAVE jednotkám (PCU, CUH) skrz napájecí silové vedení k vypnutí zásuvkových okruhů či omezení vytápění. Pokud vyšší ovládací systém MUP přestane detekovat přítomnost osob v budově nebo v jejích částech, automaticky deaktivuje vybrané síťové zásuvky. Tím dojde k odpojení nevhodných spotřebičů a nemalé roční úspore. Pokud ovšem vyšší ovládací systém MUP detekuje ze svých periférií pohyb, okamžitě odešle skrz napájecí síť informaci pro vybrané přijímací jednotky k aktivaci zásuvkových rozvodů. Spotřebitel, čili osoba v domě, není systémem nijak omezovaná, dokonce o funkci nemusí mít ani tušení.

V poslední době se ukazuje, že hlavní přínos takového systému nemusí být jenom finanční, ale i bezpečnostní. Množí se případy vzniklých požárů od spotřebičů, které jsou trvale zapnuté v síťové zásuvce. Požár obvykle nastává v době nepřítomnosti spotřebitele či v době jeho spánku. Pokud v době nepřítomnosti spotřebitele budou síťové zásuvkové okruhy vypnuté, nemůže požár v době nepřítomnosti spotřebitele vzniknout od spotřebičů trvale zapnutých v síťové zásuvce. Orientační zapojení přijímací jednotky PCU charakterizuje přiložený obrázek (obr.2.1.7)



Obr. 2.1.9 Orientační zapojení přijímací jednotky PCU (části převzaty z [10])

2.1.5 Regulace vytápění

Přijímací jednotka CUH je hardwarově shodná (obr.2.1.5) s přijímací jednotkou PCU. Odlišnost je daná pouze její funkcí, která se nastavuje v režimu učení. Pokud bude přijímací jednotka v režimu učení nastavená jako aktivní ovladač lokálního centrálního vytápění, bude se přijímací jednotka chovat jako vzdálený termostat, který na základě vyššího systému MUP dostává povely skrz napájecí rozvodnou síť.

Při odchodu z budovy vyšší ovládací systém MUP (speciální alarm s možností komunikace skrz napájecí silové vedení) zjistí nepřítomnost osob ze svých periférií a odešle příkaz podřízeným SLAVE jednotkám (PCU, CUH) skrz napájecí silové vedení k vypnutí zásuvkových okruhů či omezení vytápění. Pokud vyšší ovládací systém MUP přestane detekovat přítomnost osob v budově nebo v jejích částech, provede automaticky nové nastavení udržovací teploty v místnosti v době nepřítomnosti spotřebitele. V době nepřítomnosti osob je zcela zbytečné přetápět obytné prostory. Redukce teploty v době nepřítomnosti přináší roční úspory v řádech několika tisíců korun. Pokud systém pracuje v autonomním režimu, tak teplotní komfort spotřebitele bude omezen minimálně za přínosu maximálních finančních úspor. Systém se stará o tepelnou pohodu uživatelů v obytných prostorách. Tepelná pohoda je takový stav, kdy se spotřebitel cítí maximálně dobře. Přesněji, není mu horko, ani zima.

Charakteristika tepelné pohody:

- Teplota vzduchu v rozmezí 18,5 – 21,5 °C
- Relativní vlhkost 40-60 %
- Proudění vzduchu < 0,2 m/s

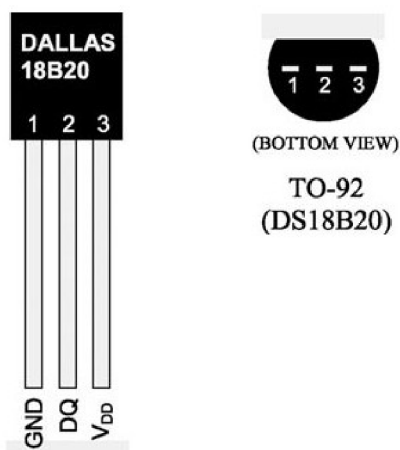
Tab. 2.1.5 Průměrné finanční náklady na vytápění rodinného domku, ověřeno prakticky

Druh vytápění:	Cena za vytápění [Kč/rok] při 21°C, 120m ²	Cena za vytápění [Kč/rok] při 23°C, 120m ²
Zemní plyn	56000	65000
Uhlí	22000	25000
Elektrina	66000	75200
Dřevěné pelety	38000	5300
Slaměné pelety	28000	31900
Vyjetý olej	18000	20500

Z tabulky (tab.2.1.4) je zřejmé, že každý zbytečný stupeň navíc zvyšuje spotřebu paliva a

tím i ceny přibližně o 7%. Systém řídicí vytápění na základě vytížení obytných prostor může s vhodným nastavením přinést značné finanční úspory. Nastavení vytápění se provádí přes webové rozhraní vyššího systému MUP.

Přijímací jednotka CUH je aktivním prvkem, který permanentně naslouchá informacím skrz napájecí síť spolu s regulací teploty měřeného obytného prostoru. Obytný prostor je monitorovaný digitálním teplotním senzorem DS18B20 (obr.2.1.8) od firmy DALAS. Přijímací jednotka změří teplotu v obytném prostoru, porovná ji s teplotou, kterou požaduje vyšší systém MUP a na základě výsledku aktivuje či deaktivuje termoelektrickou hlavici (obr.2.1.9).



Obr. 2.1.10 Teplotní senzor DS18B30 (převzato z [7]).



Obr. 2.1.11 Elektromagnetická termostatická hlavice (převzato z [9]).

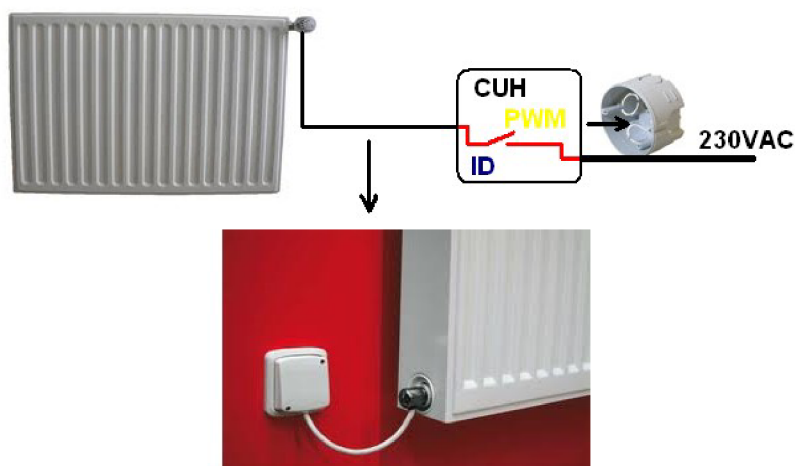
Termoelektrická hlavice (obr.2.1.9) je určena pro elektronické řízení topného tělesa nebo chladicí soustavy. Termoelektrickou hlavici je možné ovládat impulsně, nebo šetrněji pomocí PWM.

Impulsní ovládání není příliš vhodné, neboť topné těleso dosahuje vždy maximálních teplot v závislosti na maximální nastavené teplotě topné jednotky (kotel). To může vést k popálení osob v okolí topného tělesa. Spínání termoelektrické hlavice a tím i topného tělesa je v čase proměnné a řízené vestavěným teplotním čidlem. Impulsní regulace je vhodná při použití topné jednotky, nejlépe takové, která při provozu nedosahuje teploty vyšší než 50°C (kondenzační kotle).

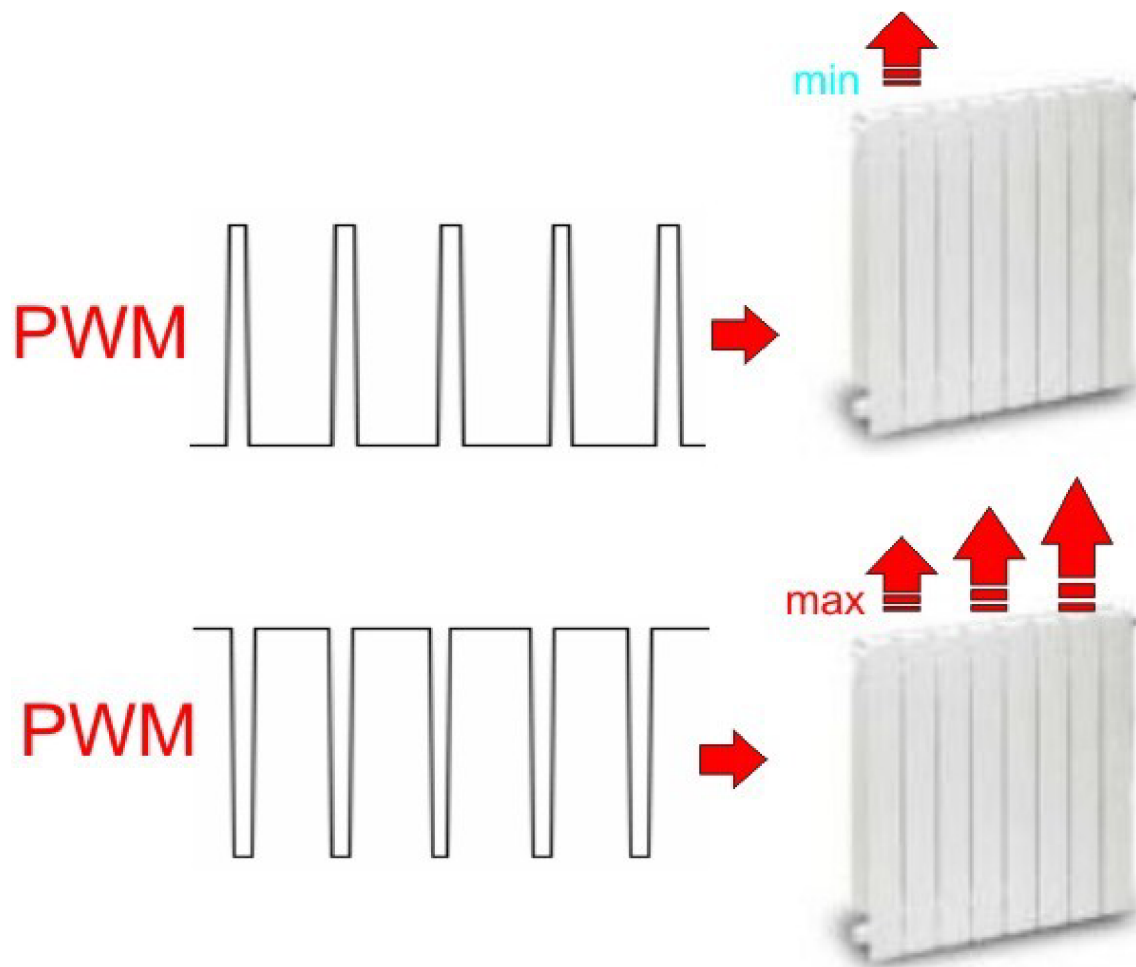
Pokud je k dispozici topná jednotka pracující v intervalu teplot <50°C,90°C> je vhodné ovládat termoelektrickou hlavici PWM (obr.2.1.11) signálem z výše popsaných důvodů. Střída PWM se mění na základě naměřené a nastavené teploty. Uvedený způsob je mnohem šetrnější k topnému tělesu (nedochází k pnutí materiálu) i osobám nacházejícím se v okolí topného tělesa.

Přijímací jednotka CUH dokáže ovládat termoelektrickou hlavici impulsně i pomocí PWM. Ovšem primárně je CUH nastavena na PWM režim. Nastavení se provádí skrz silové vedení pomocí hlavní řídicí jednotky MUP.

Pokud jsou již termostatické hlavice instalované, je možné elektronické ovládání dodatečně doinstalovat pomocí malého topného tělíska 3W. Termostatická hlavice se nastaví na maximální možnou teplotu (cca 35°C). Otevírání a zavírání termostatické hlavice se pak provádí řízením výkonu vestavěného topného tělíska. Průměrná setrvačnost termostatických hlavic je 7-15 minut. Orientační zapojení přijímací jednotky pro lokální řízení vytápění znázorňuje obrázek (obr.2.1.10).



Obr. 2.1.12 Orientační zapojení přijímací jednotky CUH



Obr. 2.1.13 Ovládání termoelektrické hlavice pomocí PWM (části převzaty z [14])

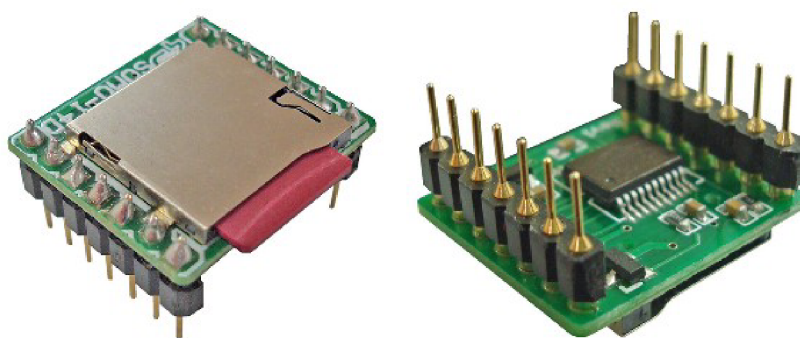
2.2 OVLÁDACÍ MODUL „MUP“

Hlavní řídicí jednotka Main Unit after Powerline dále jen MUP slouží k ovládání přijímacích jednotek CUH a PCU. MUP je uživatelským rozhraním s velkou škálou nastavení. Z důvodů univerzálnosti i použitelnosti je MUP jednotka navržena jako GSM alarm disponující vstupy pro pohybové PIR čidla, webovým serverem pro snadné nastavení, síťovým modemem pro komunikaci s podřízenými přijímacími jednotkami, bezdrátovým rozhraním 433MHz a audio modulem SOMO-4D pro funkci CALL & PLAY.

2.2.1 Audio modul SOMO-4D

Audio modul SOMO-4D (obr. 2.2.1) je kompaktní zařízení pro přehrávání uložených audio souborů (zvuky, muzika, ...) z paměťové karty micro-SD. Modul podporuje 4bitové ADPCM audio soubory se samplingem od 6kHz do 32kHz. Konverze do ADPCM formátu se provádí volně dostupným softwarem (zdroj [11]). Audio modul je navržený v kompaktním 14pinovém pouzdře, které umožňuje velmi snadné použití ve všech aplikacích, které vyžadují audio rozhraní.

Audio modul disponuje dvou vodičovým sériovým rozhraním DATA, CLK pro připojení k mikroprocesoru. Funkce PLAY, PAUSE, STOP, VOLUME je pak ovládaná pomocí jednoduchých příkazů (viz. tab. 6.1).

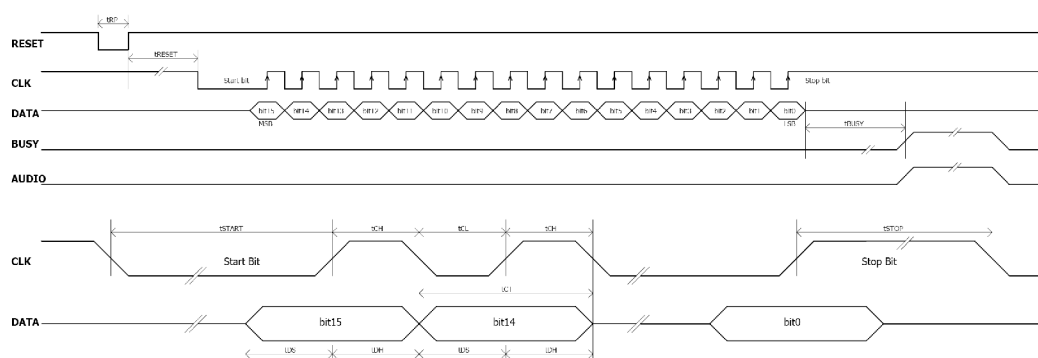


Obr. 2.2.14 Audio modul SOMO-4D (převzato z [11]).

Tab. 2.2.6 Příkazy pro ovládání audio modulu SOMO-4D

KÓD:	FUNKCE:	POPIS:
0000h-01FFh	ADRESA	Výběr přehrávaného souboru
FFF0h-FFF7h	VOLUME	Funkce „hlasitost“, 8 úrovní
FFFEh	PLAY/PAUSE	Přehrávání, pause
FFFFh	STOP	Zastavení přehrávání

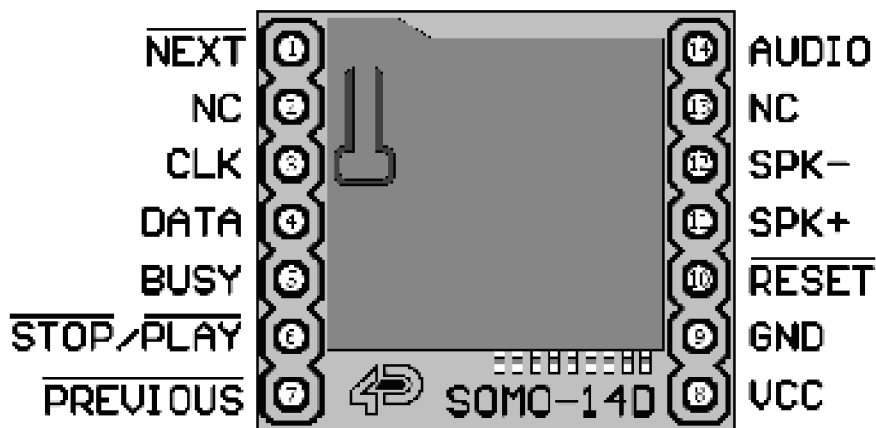
Časování sériového rozhraní audio modulu SOMO-4D vysvětluje přiložený obrázek (viz. obr. 6.2).



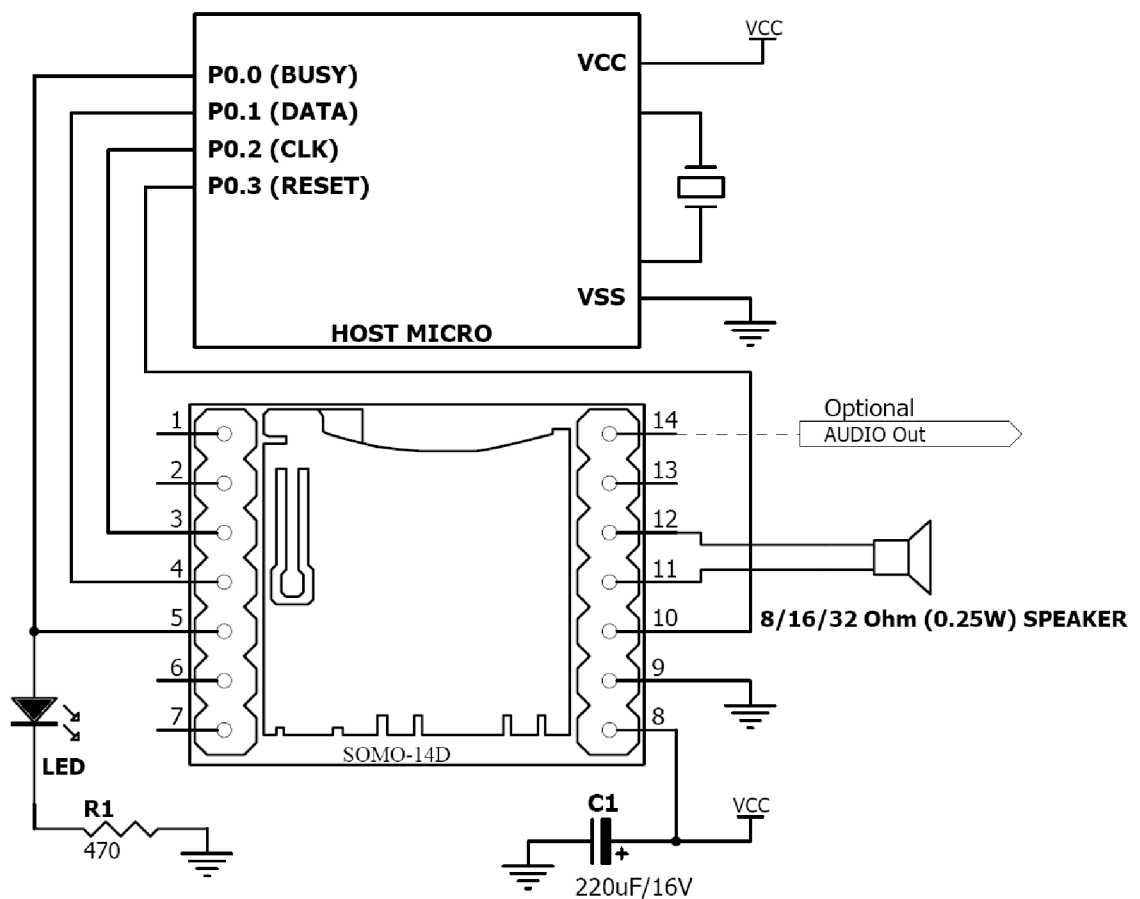
Obr. 2.2.15 Časování sériového rozhraní audio modulu (převzato z [11]).

Audio modul disponuje dvěma audio výstupy. To je zřejmé z obrázku zapojení (obr.2.2.3). Piny číslo 11, 12 (SPK) slouží pro přímé připojení reproduktoru 8/16/32Ω, 0,25W. Audio modul disponuje i linkovým audio výstupem pro přímé připojení do aplikace (pin.14). K okamžité funkci postačí (obr.2.2.4) připojení napájecího napětí (2,7-3,6V) a sériového rozhraní. Audio modul je možné ovládat i externě připojenými tlačítky na vstupy (pin.1,6,7).

Audio modul SOMO-4D v aplikaci MUP zajišťuje funkci CALL & PLAY. Jde o funkci automatického zavolání GSM modulu na předem definované nouzové telefonní číslo a přehráním zvukového záznamu z paměťové karty.



Obr. 2.2.16 Zapojení audio modulu SOMO-4D (převzato z [11])



Obr. 2.2.17 Katalogové zapojení audio modulu SOMO-4D (převzato z [11])

2.2.2 GSM modul SIM 900

GSM/GPRS modul SIM900 (obr.2.2.5) snadno rozšíří zařízení o další moderní rozhraní. GSM modul je vyráběn v kompaktním pouzdře bez slotu na SIM kartu. GSM modul umožňuje propojení s mikroprocesorem pomocí UARTU, kde ovládání probíhá pomocí AT příkazů.

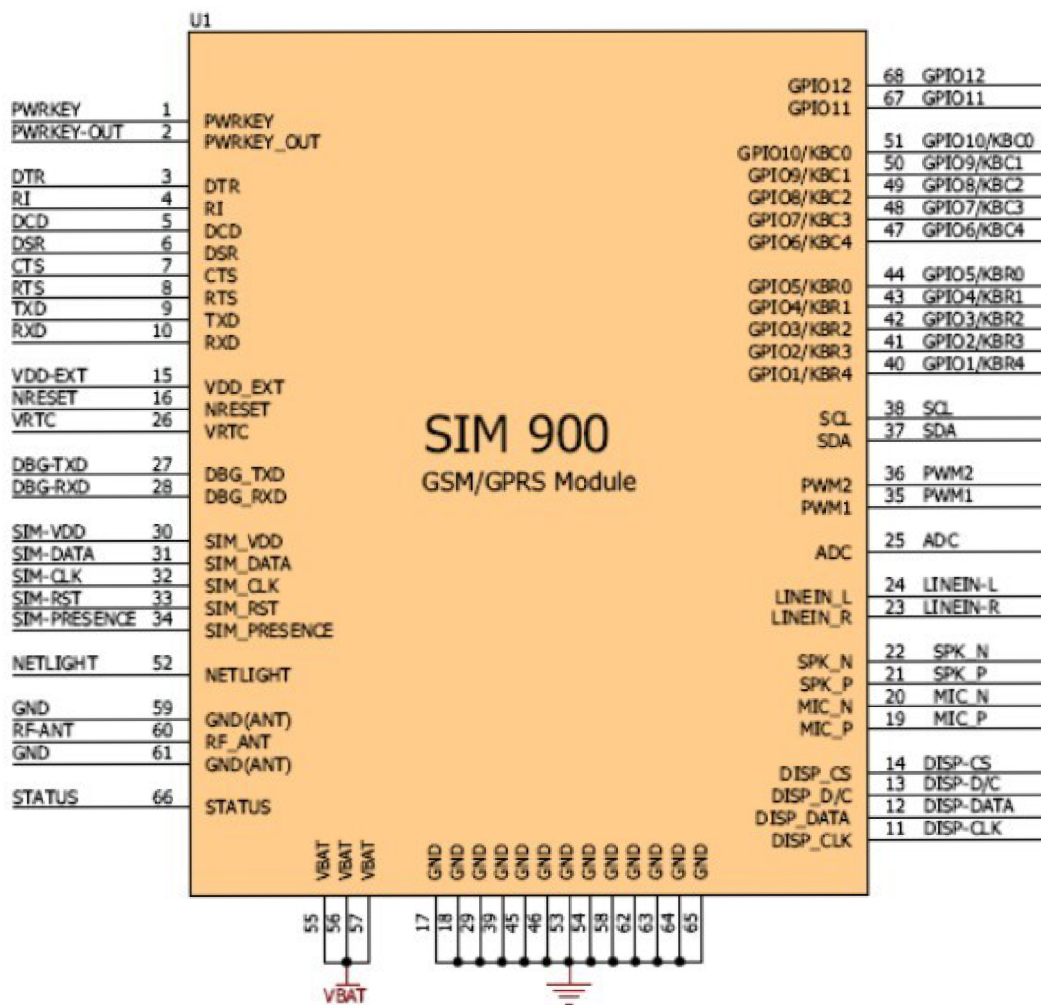
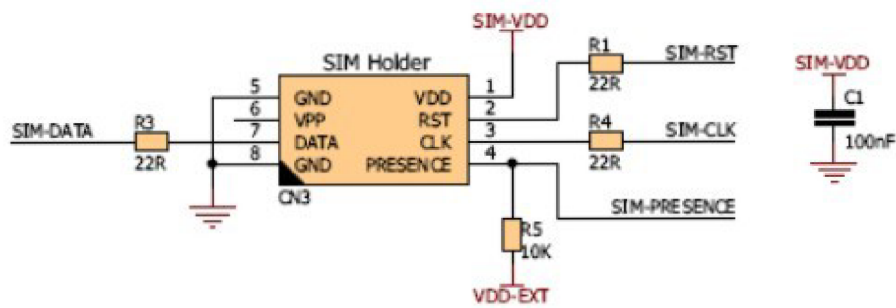


Obr. 2.2.18 GSM/GPRS Modul SIM900 (převzato z [12]).

Pro okamžitou funkci GSM modulu je nutné zajistit externí připojení SIM karty, napájecího napětí v rozsahu 3,4-4,5V/ 2Amax a sériového rozhraní (obr.2.2.7). Při připojení napájecího napětí GSM modul čeká na aktivaci, přesněji na připojení low úrovně na vstup PWRT. Po aktivaci GSM modul vyčká na inicializaci (obr.2.2.6), bez které by nemohl správně fungovat a především by nerozuměl AT příkazům přicházejícím po sériové lince.

```
AT
↓
AT+IPR=9600
↓
AT+CPIN=XXXX
↓
AT+CMGF=1
↓
AT+CSCS="GSM"
```

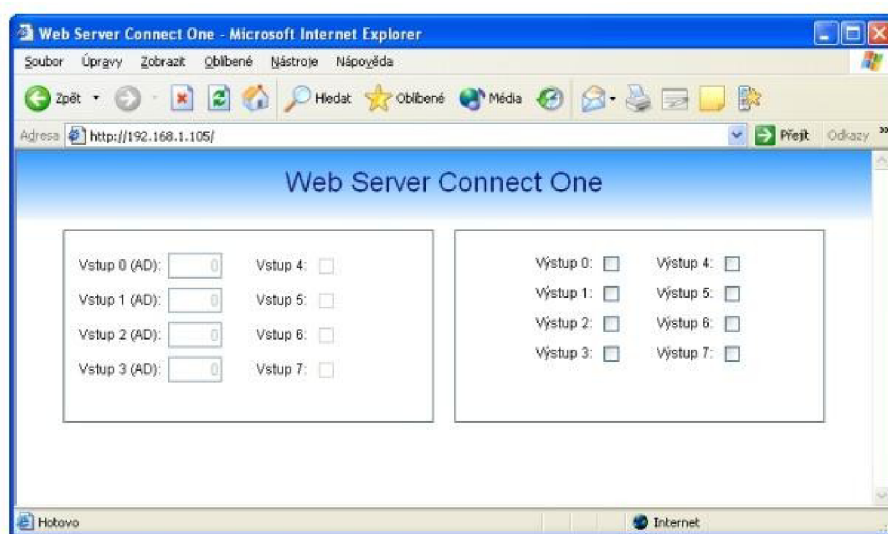
Obr. 2.2.19 Nutná inicializace GSM modulu SIM 900



Obr. 2.2.20 Zapojení pouzdra GSM modulu SIM 900 (převzato z [12]).

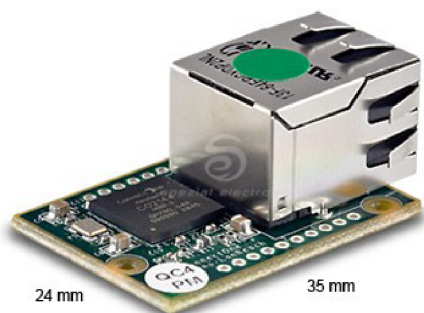
2.2.3 Webový server

Webový modul LANReach™ (obr.2.2.9), určený pro snadné připojení prostřednictvím 10/100BaseT, umožňuje připojení aplikací k LAN síti, pomocí níž lze do modulu vzdáleně přistupovat a ovlivňovat tím chod celého zařízení. Webový server disponuje celou řadou provozních režimů (SerialNET, PPP emulation, Full Internet Controller mode). V konstrukci MUP je použitý režim „Full Internet Controller mode“. V podstatě jde o html kód instalovaný v LANReach (obr.2.2.8), kde po zadání vhodné IP adresy dojde k zobrazení implementovaného html kódu. Implementovaný html kód zprostředkovává uživatelské rozhraní mezi elektronikou a uživatelem.



Obr. 2.2.21 Demonstrační html kód (části převzaty z [15])

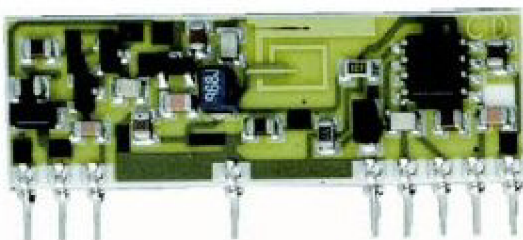
Pro okamžitou funkci webového serveru je nutné modul připojit na napájecí napětí 3,3V, připojit sériové rozhraní a především vhodně nastavit IP adresu v režimu inicializace. Celé nastavení modulu se provádí pomocí sériového rozhraní. Html kód je pak instalovaný do LANReach pomocí integrovaného webového průvodce instalovaného v LANReach.



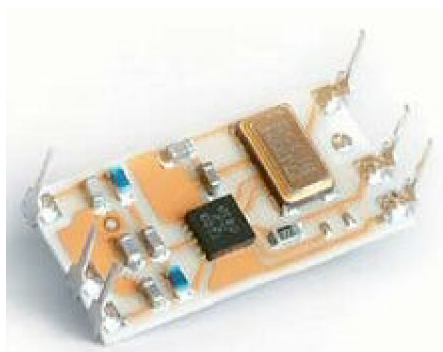
Obr. 2.2.22 Webový server Nano od Connect One (převzato z [15]).

2.2.4 Bezdrátový VF modul

Bezdrátové rozhraní pracující na frekvenci cca 433MHz zajišťují bezdrátové moduly (obr.2.2.10, 2.2.11), které jsou na trh dodávány v různých podobách i technických odlišnostech. VF moduly vyráběné s modulací AM a FM, na frekvenci 433MHz nebo 868MHz, umožňují přímé připojení k procesoru pomocí jednoho vodiče. Rozsah napájení je obvykle v rozmezí 2-5,5V. Jednoduchost VF modulů je ovšem řádně zaplacená poměrně velkou chybovostí při přenosu dat. Proto je nutné zvolit vhodné kódování, nejlépe použití samo-opravných kódů pro minimalizaci chyb.



Obr. 2.2.23 Bezdrátový modul 433MHz od TELECONTROLLI, přijímač (převzato z [16]).



Obr. 2.2.24 Bezdrátový modul 433MHz od TELECONTROLLI, vysílač (převzato z [16]).

Důležitou roli u VF modulů hraje velikost a umístění antény. Bohužel ve VF zařízeních je především anténa nejvíce složitým prvkem celého zařízení. Antén pro VF moduly může být celá řada.

a) Prutová anténa

Prutová anténa je jednoduchá na výrobu i samotné naladění. Používá se především tam, kde hlavní roli hraje dosah. Prutová anténa je vodič, nebo prut v délce $\frac{1}{4} \lambda$ (vlnová délka) připojený přímo na anténní výstup, vstup VF modulu.



Obr. 2.2.25 Prutová anténa

$$L = \frac{1}{4} \cdot \lambda \quad [\text{m}], \quad (2.2.1)$$

kde λ [m] představuje vlnovou délku.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [\text{m}], \quad (2.2.2)$$

kde c [m] představuje rychlost světla, f [Hz] představuje pracovní frekvenci VF modulu.

Po dosazení vztahu (2.2.2) do vztahu pro výpočet délky antény (2.2.1) dostaneme vztah pro výpočet optimální délky antény pro VF modul pracující na $f = 433\text{MHz}$.

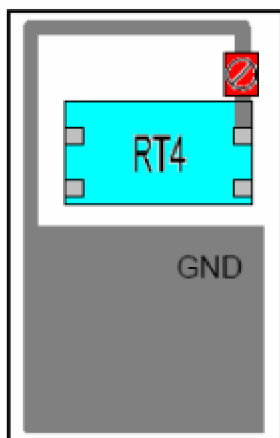
$$L = \frac{1}{4} \cdot \frac{c}{f} = \frac{c}{4 \cdot f} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 433 \cdot 10^6} = \underline{\underline{0,173\text{m}}}$$

Výpočet délky prutu je pouze prvním základním krokem, neboť délka antény může být i kratší, než udává výpočet, pokud bude prut tlustý nebo bude mít vhodné stínění. Pokud je anténa instalovaná odděleně od VF modulu, měl by být použitý koaxiální kabel s impedancí 50Ω , aby na vedení nevznikaly stojaté vlny, které by značně ovlivňovaly dosah i kvalitu příjmu. Stínění koaxiálního kabelu se připojuje na zem v blízkosti anténního pinu VF modulu.

Prutová anténa může být taky provedená jako dráha vodiče na plošném spoji. V tomto případě by anténa měla být vzdálená alespoň 5mm od ostatních spojů. Délka dráhy se z praxe volí o 10-20% kratší, než je vypočítaná délka v závislosti na nevodivém prostředí a tloušťce použitého plošného spoje.

b) Smyčková anténa

Smyčková anténa () nachází uplatnění především v jednoduchých konstrukcích, ale i tam, kde je požadovaná odolnost a malá velikost. Jde v podstatě o dráhu vodiče vhodné délky, jejíž konec je přes kondenzátor připojen na zem. Kondenzátor slouží pro optimální naladění antény. Taková anténa není závislá na ploše země, tudíž se hojně používá v ručních aplikacích.



Obr. 2.2.26 Smyčková anténa

c) Spirálová anténa

Spirálovou anténu tvoří drát navinutý do spirály. Protože spirála má velký Q faktor, má velmi úzkou šířku pásma, kde mezery mezi závitů mají podstatný vliv na parametry antény. Anténa může být snadno rozladěná předměty v okolí, proto není vhodná pro ruční konstrukce.

Srovnání parametrů vhodných antén pro VF moduly znázorňuje tabulka (2.2.2). V konstrukci MUP je použita komerčně prodávaná prutová anténa.

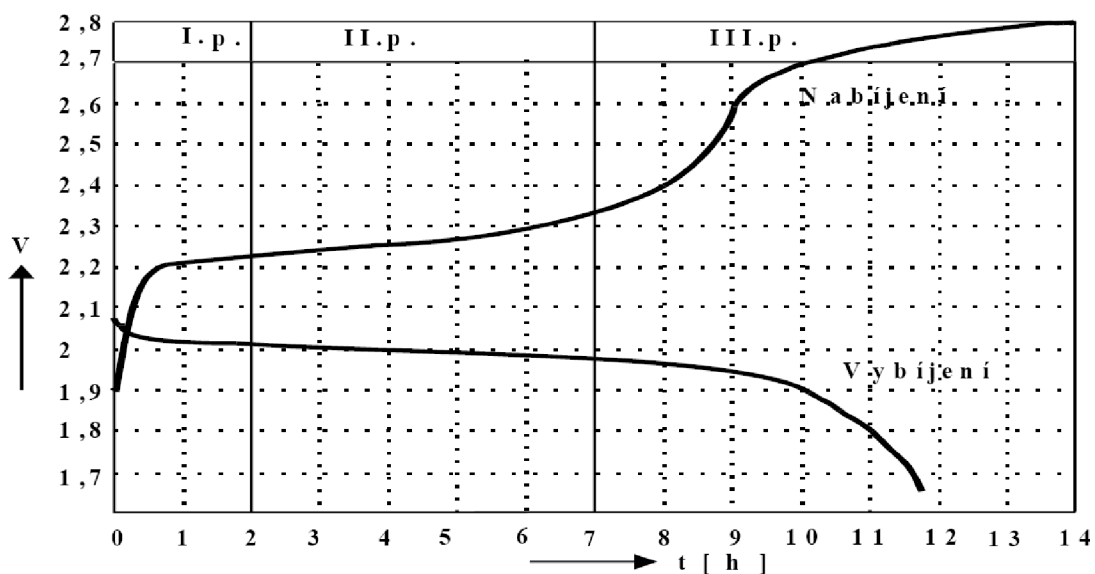
Tab. 2.2.7 Srovnání vhodných antén pro VF moduly

Vlastnosti:	Prutová anténa:	Smyčková anténa:	Spirálová anténa:
Jednoduchost	***	*	**
Rozsah	***	*	**
Velikost	*	**	***
Odolnost	**	***	*
Celkové chování	***	*	**

2.2.5 Nabíjení olověných akumulátorů

Olověný akumulátor je dnes nejpoužívanějším sekundárním zdrojem. Za velké rozšíření vděčí především přijatelné ceně, spolehlivosti i dobrému výkonu. Zjednodušeně lze říci, že olověný akumulátor je tvořen olověnými deskami (elektrody), které jsou ponořené do zředěné kyseliny sírové. Jeden článek je tvořený dvěma deskami, tyto články se pak řadí do série (akumulují), kde vytváří akumulátorovou baterii.

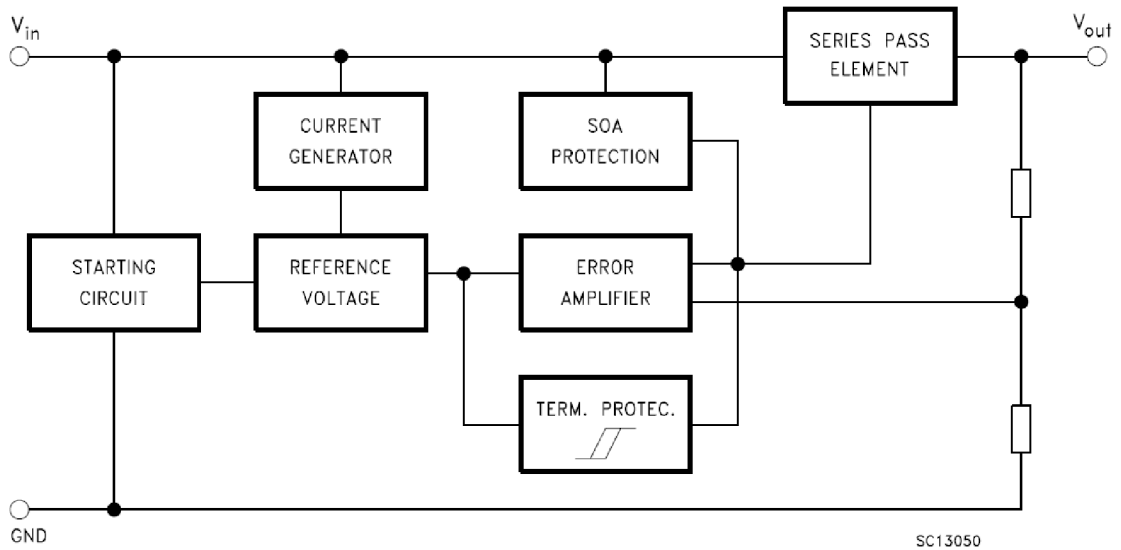
Při nabíjení olověného akumulátoru se tvoří kyselina sírová, elektrolyt houstne. Při vybíjení se děje opak nabíjení. Elektrolyt řídne, neboť kyselina sírová se spotřebovává. Křivka napětí při nabíjení probíhá třemi pásmy (obr.2.2.14). V první části dochází k zvyšování napětí po připojení nabíjecího proudu v souvislosti s tvorbou kyseliny sírové v pórech olověných desek. Hustota elektrolytu se při nabíjení stále zvětšuje. V druhém pásmu dochází k přeměně síranu olovnatého. Toto pásmo je v napěťovém intervalu $<2,2V ; 2,5V>$. Zvětší-li se napětí na článku na $2,4-2,5V$, začne se kromě síranu rozkládat i voda na vodík a kyslík. Pokud se rozloží všechny síran olovnatý, zvětší se napětí na článku na hodnotu $2,7V$. Od této chvíle se přiváděné napětí spotřebovává jen k rozkladu vody na vodík a kyslík, akumulátor intenzivně plynuje. Dochází k opotřebení elektrod a hrozí výbuch akumulátoru.



Obr. 2.2.27 Nabíjecí a vybíjecí křivka olověného akumulátoru (převzato z [17]).

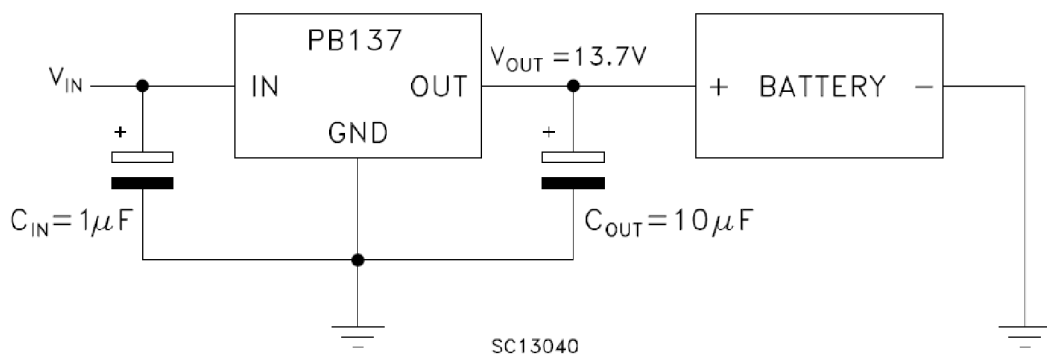
V aplikacích, kde jsou akumulátory použity jako zálohovací zdroj napětí, je doporučeno trvalé nabíjení. Pro bezúdržbové akumulátory je nejlepší zvolit dobíjení pomocí konstantního napětí. Kromě konstantního napětí musí být omezený i nabíjecí proud, aby nedošlo k poškození akumulátoru při hluboce vybitém akumulátoru. Při nabíjení roste napětí a klesá proud. Pokud se proud stabilizuje na velmi nízké hodnotě, akumulátor je nabitý. Pokud je nutné dobíjet akumulátor trvale, volí se napětí přibližně

13,65V. Pokud aplikace vyžaduje dobíjet akumulátor cyklicky, doporučuje se použití nabíjecího napětí 14,7V. Permanentní nabíjení je využito i v aplikaci MUP pomocí monolitického obvodu PB137 (obr.2.2.15) řídicího průběh dobíjení, respektive řídicího velikost nabíjecího proudu.



Obr. 2.2.28 Blokové schéma nabíjecího monolitického obvodu PB137 (převzato z [18]).

Monolitický obvod PB137 v pouzdře TO220 je v podstatě zdroj konstantního napětí $U_{out} = 13,7V$, který permanentně monitoruje stav dobití akumulátoru z nabíjecí charakteristiky, kde na základě velikosti napětí na svorkách baterie upravuje velikost nabíjecího proudu. Obvod je zajímavý především jeho cenovou dostupností a jednoduchostí zapojení (obr.2.2.16).

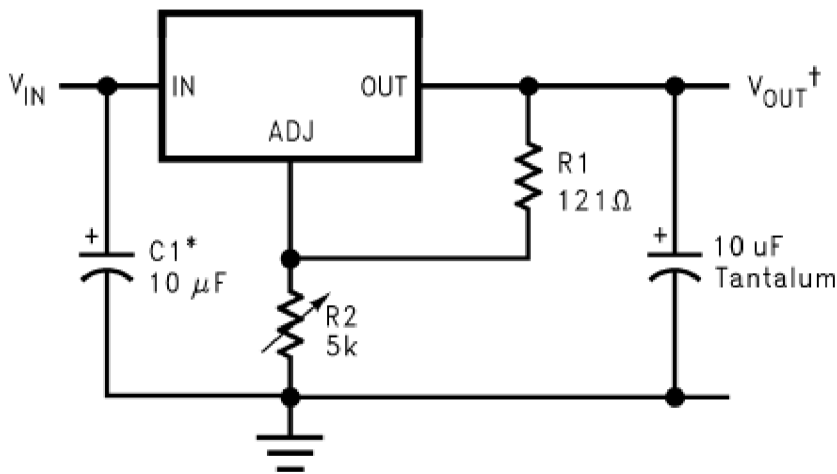


Obr. 2.2.29 Katalogové zapojení PB137 (převzato z [18]).

2.2.6 LDO stabilizátor napětí

V aplikaci řídicího systému domácí automatizace MUP je nutné použít zdroj, který bude mít napětí větší než 14V z důvodu nabíjení zálohovacího akumulátoru. Ovšem dílčí bloky (GSM, WEB, Audio modul,...) vyžadují napětí nejlépe 3,3V. To lze zajistit pomocí lineárního stabilizátoru, který má obrovský úbytek napětí. Úbytek napětí se mění v teplo. Takový stabilizátor napětí se chová dost nehospodárně, rozhodně není vhodný na provoz z baterie. Dalším nedostatkem lineárních stabilizátorů je i poměrně malý výstupní proud. V konstrukci MUP je vyžadované stabilizované napětí 3,3V a proud přibližně 2A.

Volba padla na moderní Low DropOut regulátor dále jen LDO, který svou konstrukcí dovoluje daleko větší proudové zatížení. LDO stabilizátory jsou používány z důvodů velkého rozsahu vstupního napětí, nízkého úbytku napětí na integrovaném výkonovém tranzistoru, ale i vysoké přesnosti výstupního napětí a nízkého odběru samotného obvodu. V domácí automatizaci MUP je použitý LDO stabilizátor napětí LM1084 (obr.2.2.17) s nastavitelným výstupním napětím od 3,3V a proudovým zatížením až 5A. Výstupní napětí lze nastavit pomocí odporového děliče R1, R2, pomocí vztahu (2.2.3)



Obr. 2.2.30 Katalogové zapojení LM1084 (převzato z [19]).

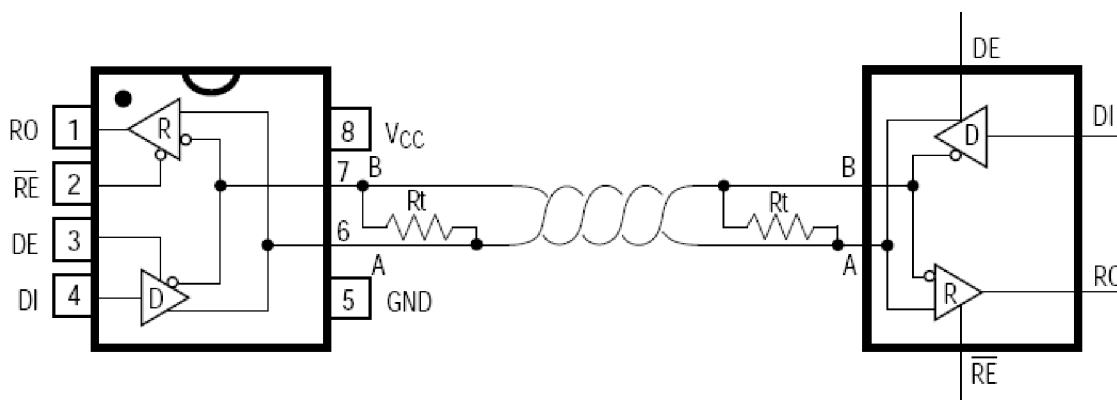
$$U_{OUT} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \quad [\text{V}], \quad (2.2.3)$$

kde R1, R2 [Ω] reprezentují jednotlivé odpory odporového děliče v katalogovém zapojení LM1084 (obr.2.2.17).

2.2.7 Sériová linka RS485

EIA-485 neboli RS485 je sériová asynchronní komunikační linka používaná především v průmyslu. Standard RS485 je navržený pro vytvoření čtyřdrátového plně duplexního či dvoudrátového poloduplexního spoje. Plně duplexní RS485 umožňuje rychlejší přenos dat a odpadá nutnost řízení směru komunikace. Nevýhodou je vynaložení větších finančních nákladů na vybudování metalického vedení. Poloduplexní RS485 je v praxi, a to především u EZS, zařízení poměrně oblíbené. Na linkové úrovni se RS485 podobá RS232, liší se jinou definicí napěťových úrovní. Sériové rozhraní RS232 má napěťové úrovně vztaženy k referenční zemi (GND). Sériová linka RS485 má logické úrovně určené rozdílným napětím mezi oběma vodiči. Výhodou je poměrně velká eliminace indukovaného rušivého napětí, které se přičítá k oběma vodičům stejně. Z toho důvodu je možné použití metalického vedení až na vzdálenost 1600m. RS485 umožňuje řízení MASTER, SLAVE s maximálním počtem zařízení 32. Proto RS485 můžeme bezchybně nazývat i „sběrnici“.

Fyzicky lze RS485 realizovat pomocí speciálního monolitického budiče MAX485. Obvod již nevyžaduje pro svou činnost žádné další součástky. Katalogové zapojení obvodu je zachyceno následujícím obrázkem (obr.2.2.18).



Obr. 2.2.31 Katalogové zapojení MAX485 (převzato z [22])

Poměrně důležitou roli hrají přizpůsobovací rezistory R_t , které musí být vždy na začátku a na konci každé sběrnice RS485. Pokud by metalické vedení nebylo impedančně přizpůsobené, docházelo by na vedení k odrazům vlny vlivem nepřizpůsobení. Odrazy vlny se sčítají či odčítají s vlněním žádoucím, tím vznikají interferenční minima a maxima. Vlnění se sčítá a odčítá, což má nežádoucí vliv na kvalitu přenosu metalickým vedením. Rezistor R_t se volí v závislosti na impedanci metalického vedení. Z praxe má dvouvodičové vedení impedanci 120Ω , proto i rezistory R_t se volí 120Ω . Hlavní jednotka MUP má přizpůsobovací rezistor již integrovaný v sobě. Rezistor se připojuje do okruhu zkratováním propojky vedle přípojnice RS485.

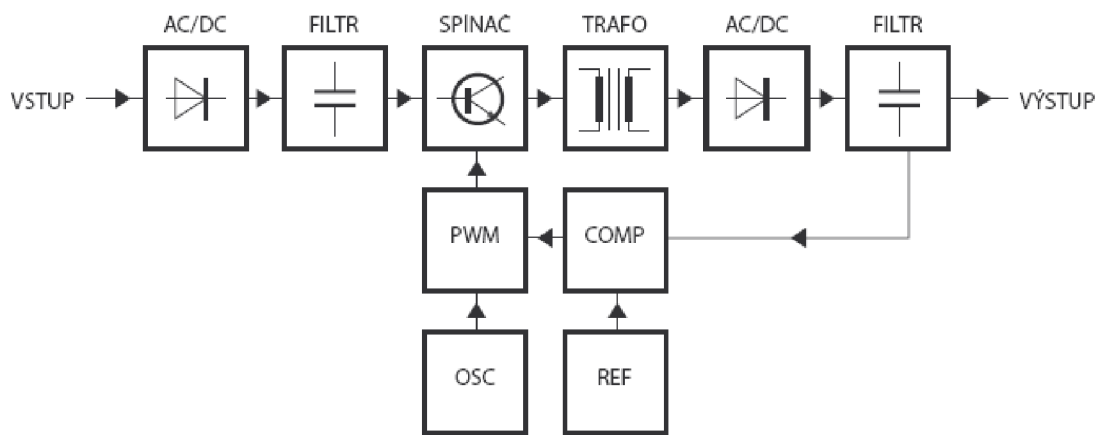
2.2.8 Napájecí zdroj pro „MUP“

Domácí automatizace MUP sloužící pro autonomní monitorování pohybu v obytných prostorách a optimalizaci finančních nákladů za energie bez omezení samotného spotřebitele. Takový systém, aby byl praktický, prodejný a především použitelný musí jít bez větších stavebních úprav instalovat do starších domů i novostaveb. Existenční roli zde hraje velikost celého modulu. Krabice byla zvolena standardní ISO s upevněním na DIN lištu velikosti šesti modulů. Přesněji na plošný spoj velikosti 90*100mm bylo nutné implementovat všechny předešlé moduly, což by nebyl problém. Problém nastal až s návrhem napájecího zdroje, který má zajistit nabíjení zálohovacího akumulátoru a buzení GSM modulu, který vyžaduje špičkový proud přibližně 2A. V první fázi vývoje byl uvažovaný uzavřený transformátor určený k zapájení na desku plošných spojů. Bohužel při výběru vhodného transformátoru ztroskotával celý projekt na velikosti. Z toho důvodu byla první fáze zavrhnuta, projekt přešel pozvolně k fázi druhé. Druhá fáze se zabývá návrhem optimálního spínaného AC/DC zdroje s dostatečným výstupním výkonem i proudovým zatížením. Druhá fáze se ukázala jako výborné řešení, neboť spínané zdroje jsou poměrně vyspělé napájecí zdroje, mají větší účinnost, jsou mnohem menší a lehčí s dostatečně velkým výkonem. Výhody spínaných zdrojů jsou zřejmé i z tabulky (tab.2.2.3).

Tab. 2.2.8 Vlastnosti AC/DC napájecích zdrojů

Parametr:	Spínaný zdroj:	Lineární zdroj:
Účinnost:	75 %	30%
Objemový výkon:	0,2W/cm ³	0,05W/cm ³
Hmotnostní výkon:	100W/Kg	20W/Kg
Výstupní zvlnění:	50mV	5mV
Šumové napětí:	200mV	50mV
Odezva na skok:	1ms	20ms
Doba náběhu:	20ms	2ms

Spínaný zdroj se skládá z několika základních částí, které jsou znázorněny v blokovém schématu (obr.2.2.19). Podmínkou správné činnosti spínaného zdroje je stejnosměrné vstupní napětí, které by mělo být zbavené střídavé složky, neboť síťový kmitočet 50Hz snadno prochází až na výstup zdroje. Spínané zdroje jsou populární ve všech elektronických aplikacích kromě amatérských konstrukcí, neboť amatérská výroba vhodného transformátoru požaduje po konstruktérovi hlubší znalosti i zručnost pro výrobu a navinutí.



Obr. 2.2.32 Blokové schéma spínaného zdroje (převzato z [20]).

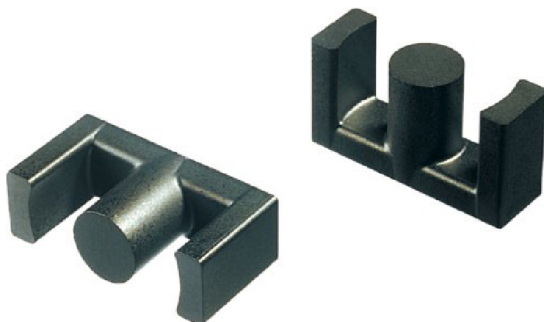
Při návrhu napájecího AC/DC spínaného zdroje je nutné, si uvědomit požadavky, které má spínaný zdroj splňovat. V konstrukci MUP je požadované napájecí napětí v rozmezí 14-15V a proud cca 1,5A.

$$P = U \cdot I \quad [\text{W}], \quad (2.2.4)$$

kde U [V] je požadované napětí, I [A] je požadovaný proud.

$$P = U \cdot I = 14,4 \cdot 1,5 = \underline{\underline{21,6W}}$$

Ze vztahu (2.2.4) je zřejmé, že napájecí zdroj by měl být alespoň 25W. Pro tento výkon by bylo vhodné zvolit jádro ETD29 (obr.2.2.20) či EFD30. Materiál jádra lze rozumně vybrat dle pracovní frekvence měniče. Pokud jde o návrh spínaného zdroje pracujícího na frekvenci cca 100kHz, postačí materiál jádra 3C90 (tab.2.2.4). V lepším případě 3F3 pro zajištění menších ztrát.



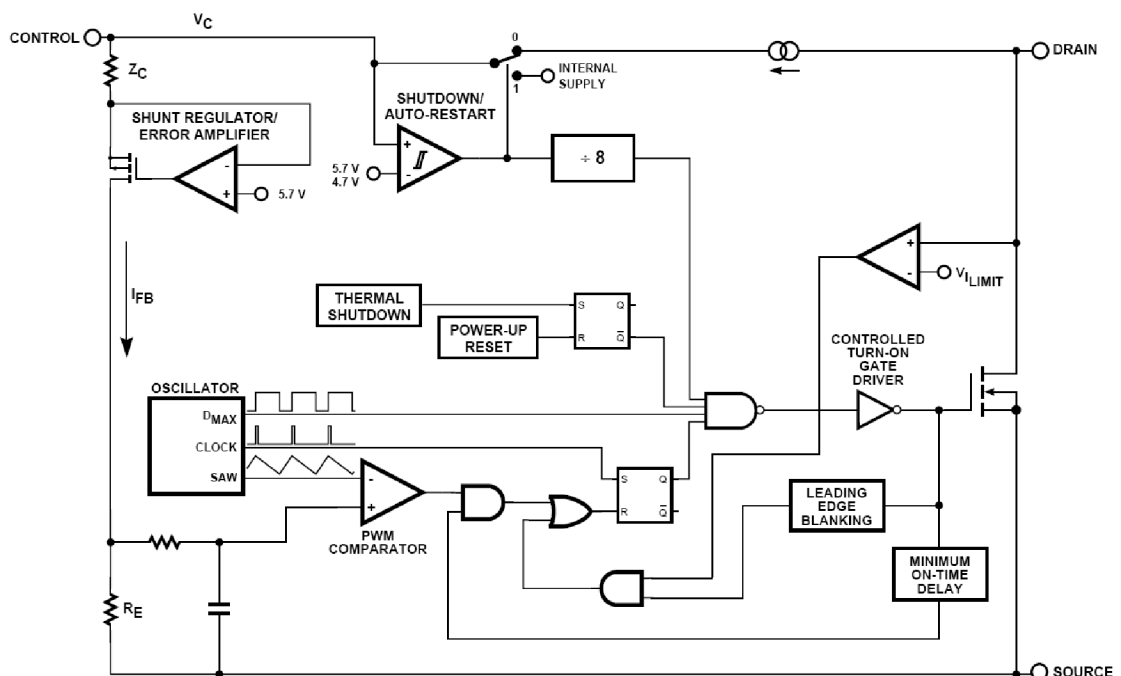
Obr. 2.2.33 Jádro ETD29 (převzato z [21]).

Tab. 2.2.9 Vlastnosti materiálu jádra ETD29

Symbol:	Materiál:	Koeficient indukčnosti: (AI) [nH]	Efektivní průřez jádra: (Ae)[mm ²]	Efektivní objem jádra:(Ve) [mm ³]
ETD29-3C90	3C90	2350	76	5470
ETD29-3F3	3F3	2200	76	5470

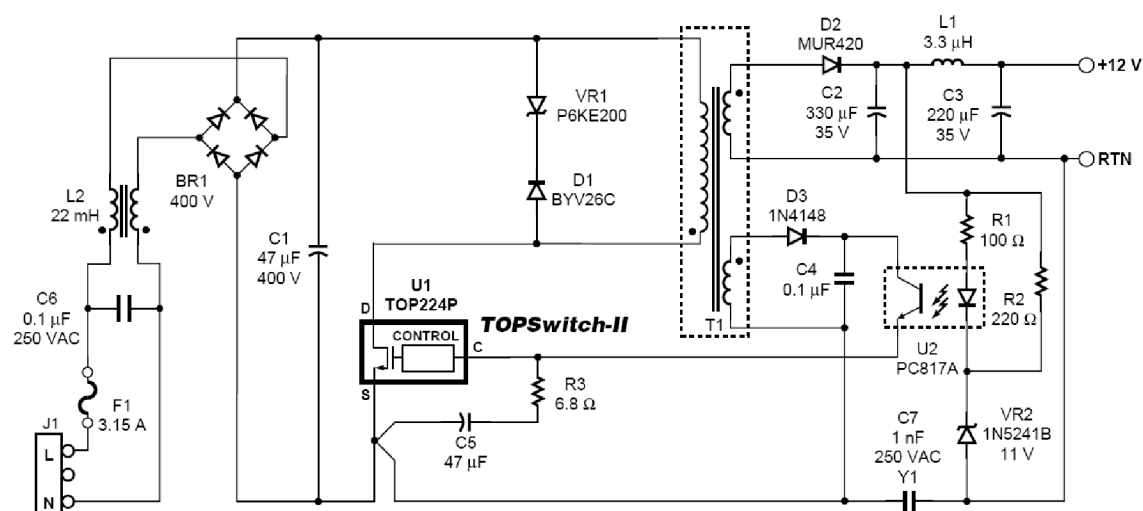
Po dlouhém pátrání byl nalezen komerčně dostupný transformátor s vyhovujícími parametry od francouzské firmy MARRA SA. Transformátory mají feritové jádro a izolační napětí mezi primárním a sekundárním vinutím minimálně 4kV. Norma použitého izolačního materiálu je UL94-VO. Jejich konstrukce je v souladu s evropskou direktivou IEC950, IEC335, IEC61558. Použití již hotového transformátoru ušetří nejen čas při výrobě, ale i nemalé finanční náklady. V uvedeném zdroji je použitý transformátor MYRRA M74030, který je optimalizovaný přesně na 30W.

V napájecím zdroji pro hlavní řídicí modul MUP je použitý řídicí monolitický obvod od firmy TOPSwitch TOP223. Použití tohoto obvodu je vhodné především s ohledem na jeho výborné parametry a taky minimum nutných součástek pro jeho provoz. S PWM regulátorem TOP223 je možné konstruovat spínané zdroje do výkonu 30W. Blokové schéma obvodu charakterizuje následující obrázek (obr.2.2.21).



Obr. 2.2.34 Blokové schéma TOP223 (převzato z [21]).

Z katalogového zapojení PWM regulátoru TOP223 (obr.2.2.22) je patrná jednoduchost celé konstrukce. Vstupní napětí 230Vac je nejprve přivedené na dvojici cívek vinutých bifilárně, kde vzniká magnetické pole působící proti sobě a tím se vyruší nežádoucí rušení. Poté je tohle napětí přiváděno na diodový můstek, kde dochází k usměrnění napětí 230Vac na napětí 325Vdc. Napětí za diodovým můstkem je částečně vyhlazené elektrolytickým kondenzátorem dimenzovaným na uvedené napětí. V tento okamžik již celou funkci přebírá PWM regulátor, který z výstupního vinutí snímá nastavené napětí. Podle tohoto napětí upravuje střihu buzení primárního vinutí transformátoru. Výstupní napětí je nastavené velikostí průrazného napětí zenerovy diody.



Obr. 2.2.35 Katalogové zapojení TOP223

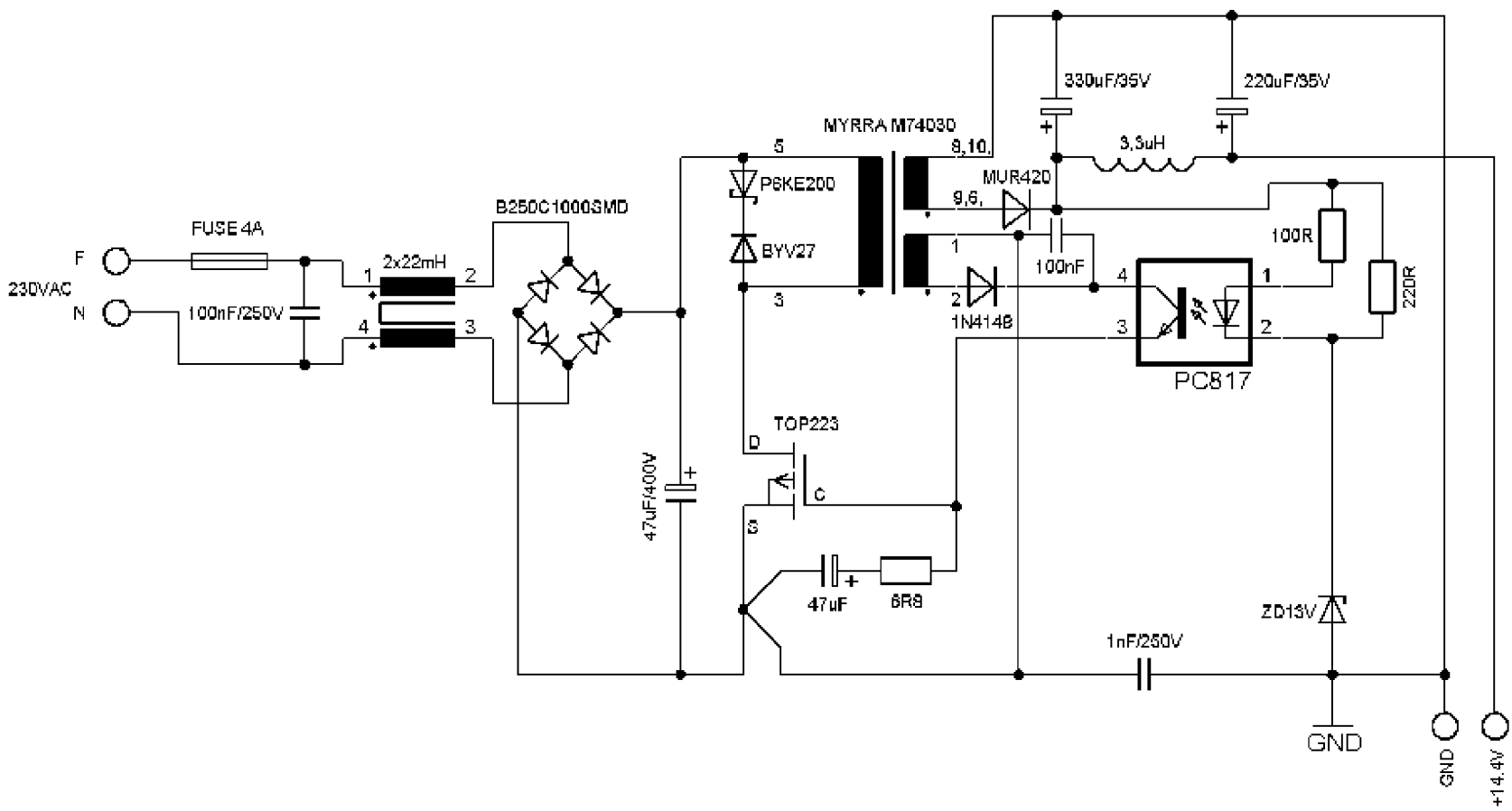
Skutečné zapojení napájecího zdroje pro MUP vychází z katalogového zapojení (obr.2.2.22) s drobnými obvodovými úpravami. Schéma použitého napájecího zdroje charakterizuje následující obrázek (obr.2.2.23). Dosažené parametry (tab.2.2.5) jsou nad rámec očekávání. Překvapivě vychází i zatěžovací charakteristika (tab.2.2.6) včetně závislosti na vstupním napětím (obr.2.2.24).

Tab. 2.2.10 Naměřené parametry zdroje pro MUP

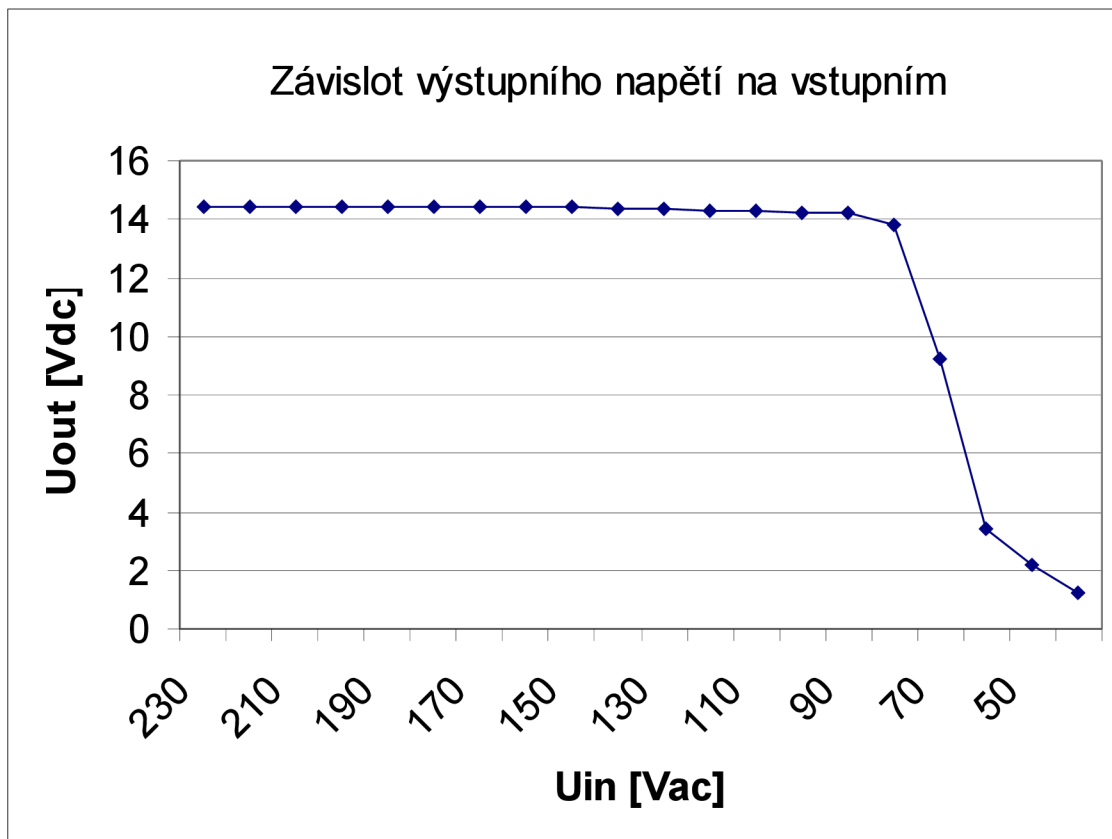
Vstupní napětí: [Vac]	Výstupní napětí: [Vdc]	Výkon: (P1)[W]	Příkon: (P2)[W]	Účinnost: (η) [%] výpočet (2.2.5)
75-265	14,42	25,7	31,86	80,66

$$\eta = \left(\frac{P1}{P2} \right) \cdot 100 \quad [\%], \quad (2.2.5)$$

kde P1 [W] je výkon zdroje, P2 [W] je příkon zdroje



Obr. 2.2.36 Napájecí spínací zdroj pro MUP

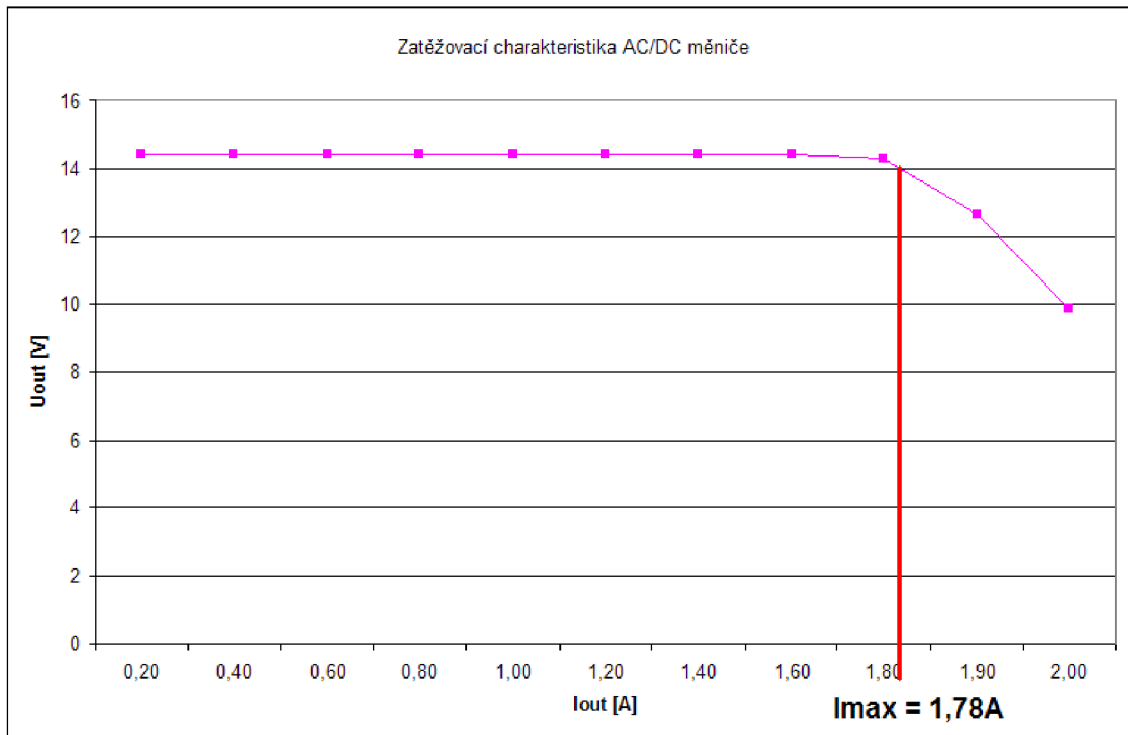


Obr. 2.2.37 Závislost výstupního napětí na vstupním, zátěž 21W

Tab. 2.2.11 Tabulka zatěžovací charakteristiky AC/DC měniče

I _{out} [A]	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
U _{out} [V]	14,41	14,42	14,41	14,42	14,42

I _{out} [A]	1,20	1,40	1,60	1,80	1,90	2,00
U _{out} [V]	14,41	14,39	14,39	14,26	12,66	9,83



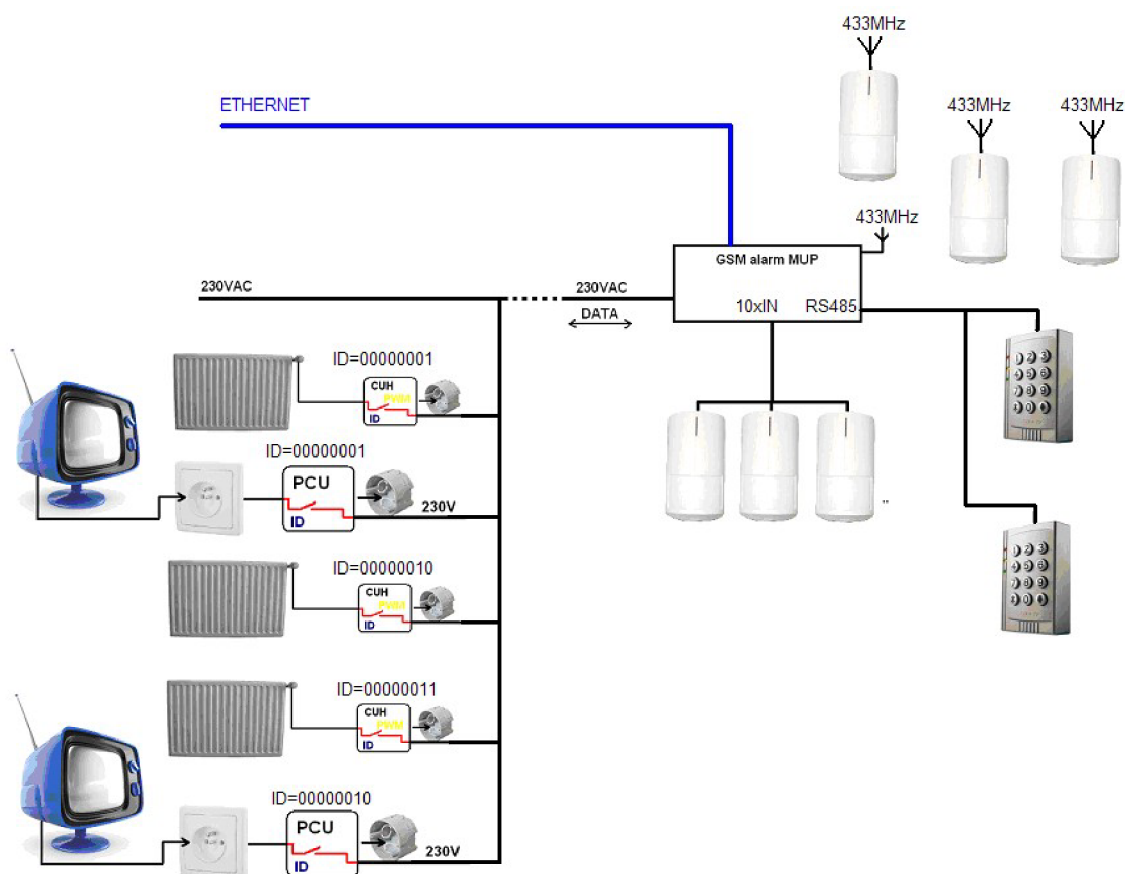
Obr. 2.2.38 Graf zatěžovací charakteristiky AC/DC měniče

2.2.9 Kompletní hardwarové uspořádání „MUP“

Hlavní ovládací modul MUP obsahuje všechny předešlé dílčí bloky (obr.2.2.26). Celý hardware je složený ze dvou DPS, které jsou spojeny plochým 20žilovým kabelem.

1. deska obsahuje opticky oddělené vstupy pro senzorkou síť, nabíjecí obvod pro nabíjení záložního akumulátoru, webový server, průmyslovou sběrnici RS485 pro připojení externích ovladačů, síťový modem pro komunikaci s přijímacími moduly a 26W spínaný AC/DC zdroj.
2. deska obsahuje audio modul SOMO-4D pro zajištění funkce CALL & PLAY, GSM modul zajišťující plnohodnotné funkce alarmu, VF modul pro komunikaci s bezdrátovými perifériemi a řídicí procesor PIC16F877A.

Obě desky jsou implementované v 6modulové plastové krabičce na DIN lištu.

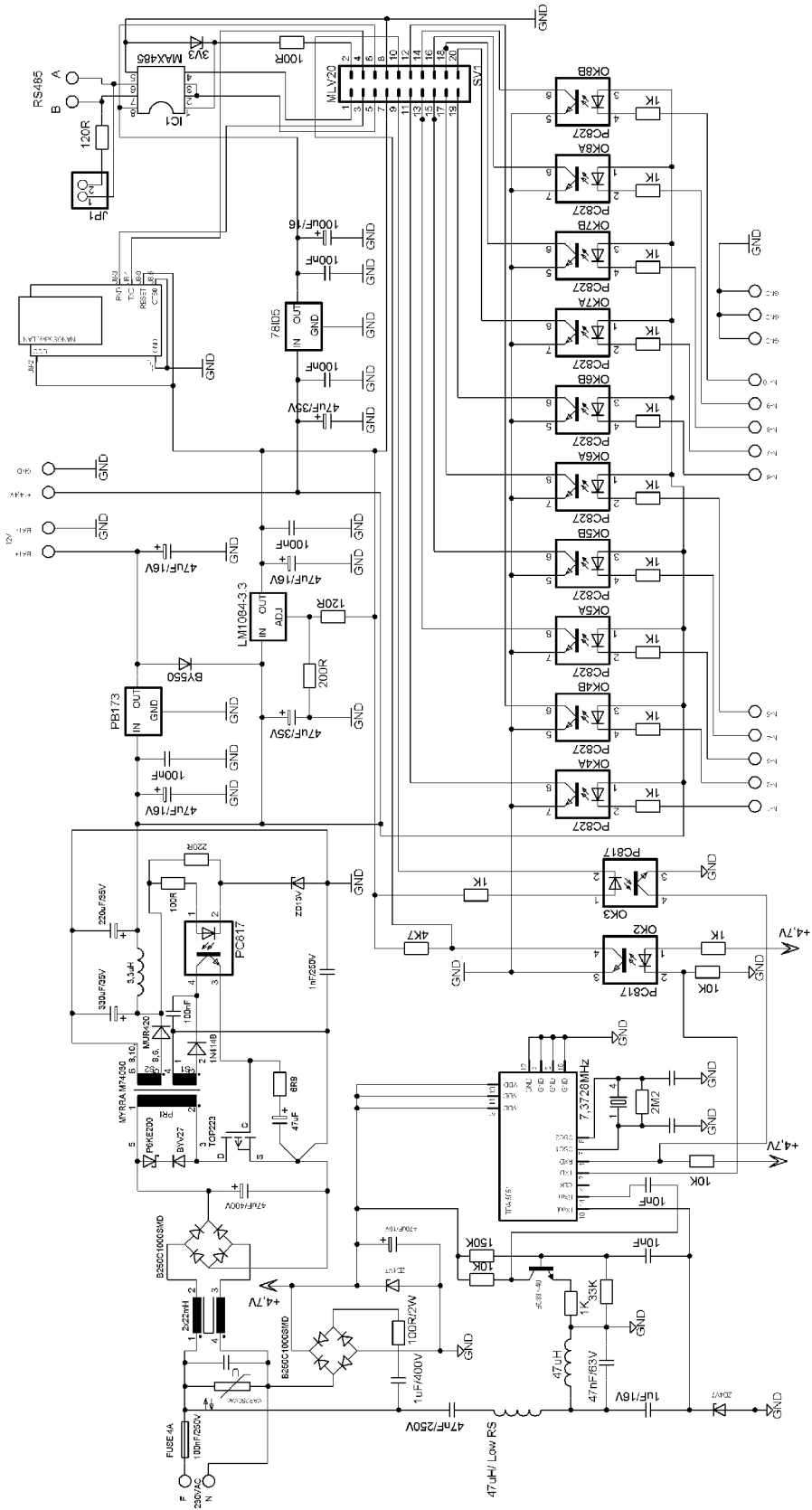


Obr. 2.2.39 Blokové zapojení hlavní řídicí jednotky MUP

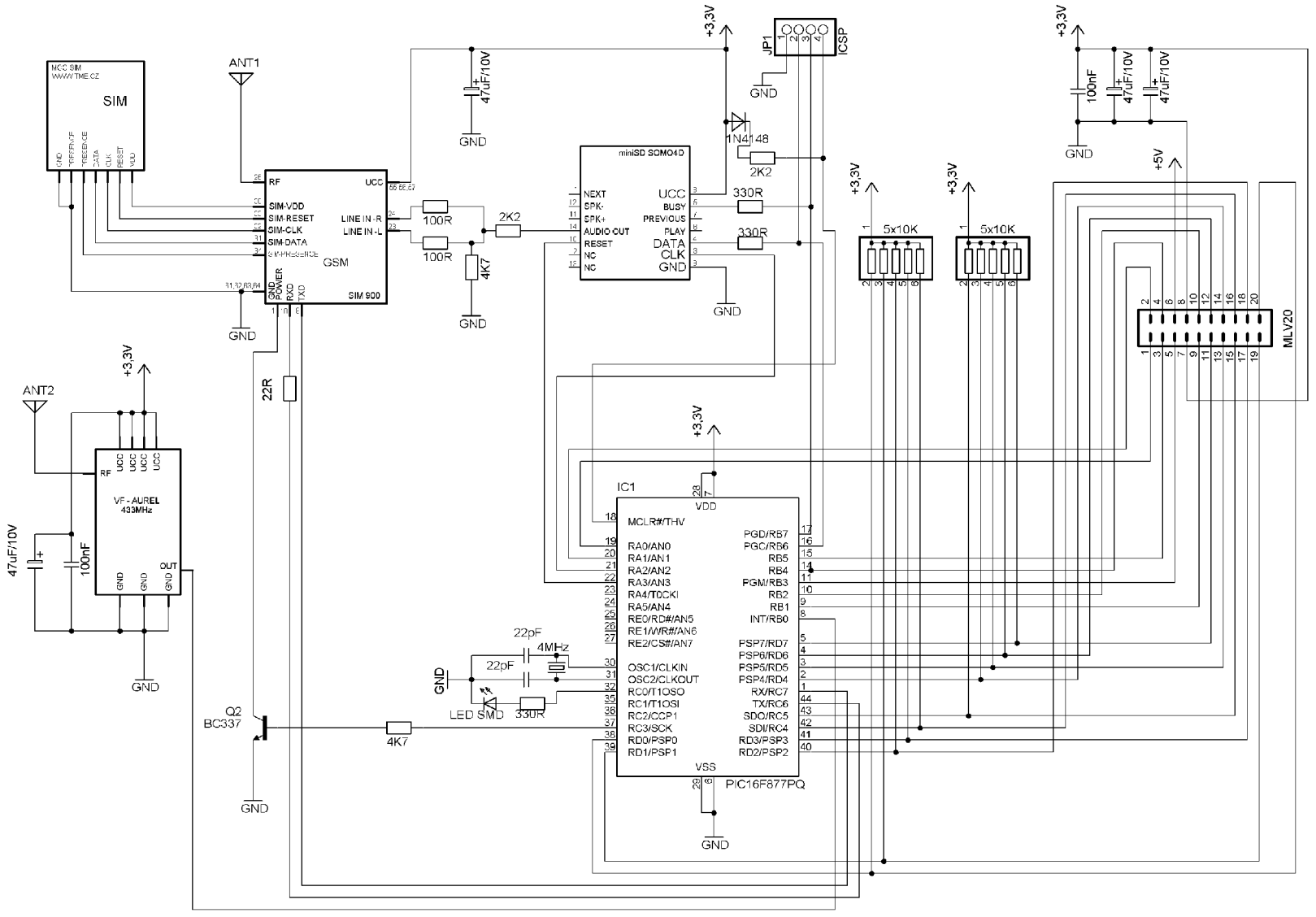
Modul MUP je hlavní řídicí jednotka, která na základě svých senzorů vyhodnocuje pohyb v obytných prostorách. Aby mohl modul MUP detekovat přítomnost obyvatel, bylo nutné jednotku doplnit o externí opticky oddělené vstupy pro připojení pohybových senzorů. Pohybové senzory mohou být:

1. PIR detektory pohybu
2. Mikrovlnné detektory pohybu
3. Ultrazvukové detektory pohybu
4. Kamerové systémy s funkcí „face tracking, motion“

MUP disponuje deseti nezávislými vstupy, okruhy, pro připojení těchto pohybových senzorů. Pro zvýšení praktičnosti je řídicí jednotka doplněná řadou dílčích sub-modulů (LAN, GSM, ...), které celé zařízení přesunují do skupiny zařízení s názvem „elektronická zabezpečovací signalizace“ dále jen EZS. Funkce EZS je pouze doplňkem, který neomezuje, neovlivňuje, funkci řízení pohotovostního režimu. Pro plnohodnotnou funkci EZS je nutné připojit k zařízení kódovou klávesnici (i více) pro aktivaci / deaktivaci funkce „alarm“. Kódová klávesnice je k modulu připojená prostřednictvím průmyslového sériového rozhraní RS485 tak, jak naznačuje blokové schéma (obr.2.2.26). Kompletní schéma hlavní řídicí jednotky MUP je na obrázku (2.2.27, 2.2.28).



Obr. 2.2.40 Schéma hlavní řídicí jednotky, část A



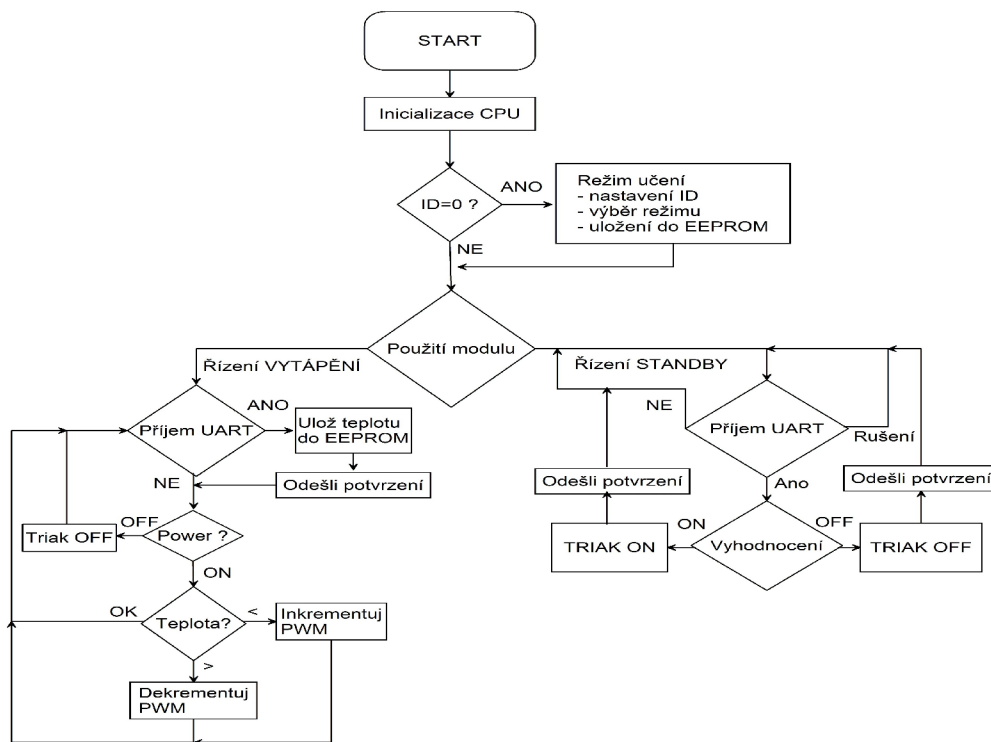
Obr. 2.2.41 Schéma hlavní řídicí jednotky, část B

3 SOFTWARE

Kapitola software rozebírá inicializaci jednotlivých hardwarových bloků s doplněním významných částí kódů v programovacím jazyce assembler. Dále je nastíněná problematika přenosu a s tím i vhodná volba kódování. Největší důraz je kladený na funkci hardwarových bloků nutných k úspoře energie (řízení vytápění, eliminace pohotovostního režimu).

3.1 SOFTWARE PRO PŘIJÍMACÍ MODUL

Programové vybavení pro přijímací modul je podstatně jednodušší než programové vybavení hlavní řídicí jednotky. Při restartování procesoru v přijímací jednotce nejprve nastává inicializace vlastních komponentů procesoru PIC16F628A. Po inicializaci probíhá vyčtení nastavení z paměti EEPROM, kde je uložené uživatelské nastavení a to ID adresa a jestli je přijímací jednotka nastavená jako prvek eliminace pohotovostního režimu, nebo prvek řídicí chod vytápění v jednotlivých částech obytného prostoru. Program se chová přesně podle vývojového diagramu (obr.3.1.1).



Obr. 3.1.42 Vývojový diagram přijímací jednotky

3.1.1 OBSLUHA TEPLOTNÍHO ČIDLA DS18B20

Teplotní čidlo DS18B20 v monolitické podobě disponuje přímo sběrnici 1-Wire™, pomocí níž lze teplotní čidlo ovládat a vyčíst z něj přímo naměřenou teplotu. Pro správnou komunikaci s digitálním teplotním čidlem musel být vytvořený podprogram, který po zavolání vyčte naměřenou teplotu a uloží ji do připravené proměnné. Naměřená teplota je obsluhým programem dále zpracovávána dle vývojového diagramu (obr.3.1.1). Pokud je naměřená teplota vyšší než nastavená, dojde k dekrementaci PWM a tím i k snížení teploty topného tělesa. Pokud je naměřená teplota naopak nižší, dojde k inkrementaci PWM a tím zvýšení teploty topného tělesa. PWM signálem je řízené malé topné tělísko v termostatické hlavici topného tělesa (viz.kapitola 2.1.5). Následující program vyčte teplotu z DS18B20 a uloží ji do registru DSREG1 a DSREG2.

```
RAM      EQU      20h      ; Definice paměti
TEMPH    EQU      RAM+0
TEMPNM   EQU      RAM+1    ; ???, °C ZDE JE ULOŽENÁ TEPLOTA
TEMPDP   EQU      RAM+2    ; ,? °C ZDE JE ULOŽENÁ TEPLOTA
DSDL1    EQU      RAM+3    ; komunikace s DS18B20
DSREG1   EQU      RAM+4
DSREG2   EQU      RAM+5
TEMPL    EQU      RAM+6
;*****
DS_READ  CALL     DSPINL    ; start převodu teploty
          CALL     TIME550US
          CALL     DSPINH
          CALL     TIME90US
          BTFS    DSPIN
          GOTO    $+6
          CALL     TIME550US
          MOVLW   0xCC
          CALL     DSSEND
          MOVLW   0x44
          CALL     DSSEND

          CALL     TIME05    ; ČASOVÁ PRODLEVA 0,5s

          CLRF    TEMPL     ; vyčtení teploty z čidla
          CLRF    TEMPH
          CALL     DSPINL
          CALL     TIME550US
          CALL     DSPINH
          CALL     TIME90US
          BTFS    DSPIN
          GOTO    $+10
          CALL     TIME550US
          MOVLW   0xCC
          CALL     DSSEND
          MOVLW   0xBE
          CALL     DSSEND
          CALL     DSREC
          MOVWF   TEMPL
          CALL     DSREC
          MOVWF   TEMPH
```

```

        CLRF    TEMPNM                ; PŘEVOD TEPLoty
        CLRF    TEMPDP
        BTFSS   TEMPH, 7
        GOTO    $+5
        COMF    TEMPH, 1
        COMF    TEMPL, 1
        MOVLW   200
        MOVWF   TEMPNM
        MOVF    TEMPDP, 0
        BTFSC   TEMPL, 1
        ADDLW   1
        BTFSC   TEMPL, 2
        ADDLW   2
        BTFSC   TEMPL, 3
        ADDLW   5
        MOVWF   TEMPDP
        MOVF    TEMPNM, 0
        BTFSC   TEMPL, 4
        ADDLW   1
        BTFSC   TEMPL, 5
        ADDLW   2
        BTFSC   TEMPL, 6
        ADDLW   4
        BTFSC   TEMPL, 7
        ADDLW   8
        BTFSC   TEMPH, 0
        ADDLW   16
        BTFSC   TEMPH, 1
        ADDLW   32
        BTFSC   TEMPH, 2
        ADDLW   64
        MOVWF   TEMPNM
        RETURN

DSPINL  BSF     STATUS, RP0           ; pin DSPIN do L
        BCF     DSPIN
        BCF     STATUS, RP0
        BCF     DSPIN
        RETURN

DSPINH  BSF     STATUS, RP0           ; pin DSPIN do H (pull-up)
        BSF     DSPIN
        BCF     STATUS, RP0
        RETURN

DSEND   MOVWF   DSREG1               ; odeslání jednoho bytu z W do
DS18B20
        MOVLW   8
        MOVWF   DSREG2
DSSND1  CALL    DSPINL
        BTFSC   DSREG1, 0
        CALL    DSPINH
        CALL    TIME90US
        CALL    DSPINH
        RRF     DSREG1, 1
        DECFSZ  DSREG2, 1
        GOTO    DSSND1
        CALL    TIME90US
        RETURN

```

```

DSREC   CLRF     DSREG1           ; vyčtení jednoho bytu do W
        MOVLW   8
        MOVWF   DSREG2
DSREC1  RRF      DSREG1,1
        CALL    DSPINL
        CALL    DSPINH
        CALL    TIME90US
        BCF     DSREG1,7
        BTFSC   DSPIN
        BSF     DSREG1,7
        CALL    TIME90US
        DECFSZ  DSREG2,1
        GOTO    DSREC1
        CALL    TIME90US
        MOVF    DSREG1,0
        RETURN
;*****
TIME90US           ; ČASOVÁ PRODLEVA PRO TEPLTNÍ ČIDLO DS18B20
        CLRWDT   ; Při oscilátoru 4MHz!
        MOVLW   0x01
        MOVWF   TMP1
        MOVLW   0x1C
        MOVWF   TMP0
        DECFSZ  TMP0,F
        GOTO    $-1
        DECFSZ  TMP1,F
        GOTO    $-5
        RETURN

TIME550US         ; ČASOVÁ PRODLEVA PRO TEPLTNÍ ČIDLO DS18B20
        CLRWDT   ; Při oscilátoru 4MHz!
        MOVLW   0x09
        MOVWF   TMP1
        MOVLW   0x13
        MOVWF   TMP0
        DECFSZ  TMP0,F
        GOTO    $-1
        DECFSZ  TMP1,F
        GOTO    $-5
        RETURN

TIME05  MOVLW   0x7F   ; 0,5s
        MOVWF   TMP2   ; Při oscilátoru 4MHz!
        MOVLW   0x0CF
        MOVWF   TMP1
        MOVLW   0x05
        MOVWF   TMP0
        CLRWDT
        DECFSZ  TMP0,F
        GOTO    $-2
        DECFSZ  TMP1,F
        GOTO    $-6
        DECFSZ  TMP2,F
        GOTO    $-10
        RETURN

```

3.1.2 SOFTWAREOVÁ SÉRIOVÁ LINKA

Pro komunikaci mikroprocesoru se síťovým modemem lze použít již implementovaný UART. Bohužel nejnižší rychlost pro UART u PIC je 1200Bd, což je ovšem nejvyšší rychlost síťového modemu. Při této rychlosti síťový modem TDA5051 vykazuje velkou chybovost. Proto je nutné snížit přenosovou rychlost na 600Bd. Přenos dat takovou rychlostí lze vytvořit pouze softwarově a to v přijímací jednotce i hlavní řídicí jednotce. Následující program demonstruje softwarovou sériovou linku pro obousměrnou komunikaci se síťovým modemem.

```
RAM          EQU      20H      ; Definice paměti
BIT_CTR      EQU      RAM+1
RS_TX        EQU      RAM+2    ; Byte k odeslání
RS_RX        EQU      RAM+3    ; Přijatý byte
;*****
SEND         CLRWDT          ; manuální odeslání dat, síťový modem
            BCF             TXD          ; START bit
            MOVWF          RS_TX
            MOVLW          8
            MOVWF          BIT_CTR
            CALL           TIMETB
            BTFSS          RS_TX,0
            BCF            TXD          ; odešle 0
            BTFSC          RS_TX,0
            BSF            TXD          ; odešle 1
            RRF            RS_TX,1
            DECFSZ         BIT_CTR      ; dekrementace bit counter
            GOTO           $-7          ; skok o sedm řádků výše
            CALL           TIMETB
            BSF            TXD
            CALL           TIMETB      ; Časová prodleva určující rychlost
            CALL           TIMETB
            RETURN

RECEIVE      CLRWDT          ; manuální příjem bytu
            CLRF           RS_RX
            MOVLW          8
            MOVWF          BIT_CTR      ; kolikrát rotovat ?
            BTFSS          RXD
            GOTO           $-1
            CALL           TIMETBP2     ; 600Bd, síťový modem
            BTFSS          RXD
            GOTO           $+3
            BSF            RS_RX,0
            GOTO           $+2
            BCF            RS_RX,0
            RRF            RS_TX,1      ; rotace vpravo
            CALL           TIMETB
            DECFSZ         BIT_CTR      ; dekrementace bit counter
            GOTO           $-8
            RETURN
;*****
```

```

TIMETB      CLRWDT          ;1666us (Pro přenos dat 1/600bd=1666us)
            MOVLW      0x2D
            MOVWF      TMP1
            MOVLW      0x0B
            MOVWF      TMP0
            DECFSZ     TMP0,F
            GOTO       $-1
            DECFSZ     TMP1,F
            GOTO       $-5
            RETURN

```

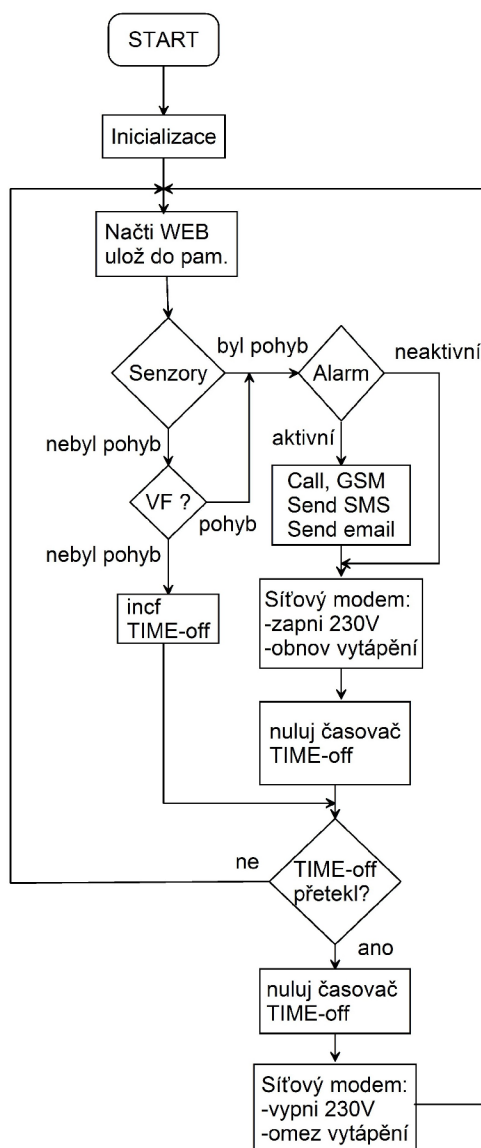
```

TIMETBP     CLRWDT          ;833us
            MOVLW      0x04
            MOVWF      TMP1
            MOVLW      0x44
            MOVWF      TMP0
            DECFSZ     TMP0,F
            GOTO       $-1
            DECFSZ     TMP1,F
            GOTO       $-5
            RETURN

```


3.2 SOFTWARE PRO HLAVNÍ MODUL

Programové vybavení hlavního modulu obsahuje spoustu podprogramů založených na softwarovém příjmu dat z dílčích hardwarových bloků. Celý obslužný program je převážně založený na vhodném zpracování dat. Podprogram pro softwarový sériový port je shodný s přijímací jednotkou (kapitola 3.1.2) s tím rozdílem, že těchto sériových portů je zde implementováno hned několik. Pro komunikaci s GSM modulem je využitý hardwarový sériový port přímo v mikroprocesoru. GSM modul i WEB modul je inicializovaný, posléze i ovládaný pomocí AT příkazů. Vývojový diagram (obr.3.2.1) hlavní jednotky MUP znázorňuje funkci celého zařízení.



Obr. 3.2.43 Vývojový diagram hlavní jednotky MUP

3.2.1 KANÁLOVÉ KÓDOVÁNÍ

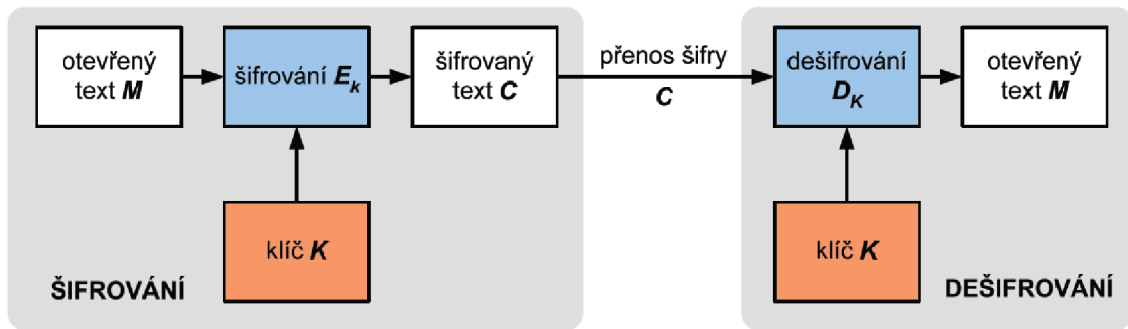
Kanálové kódování zabezpečuje signál proti chybám, které vznikají při přenosu v komunikačním kanálu. Chyby při přenosu mohou být způsobeny šumem, různými druhy rušení, únikem, odrazy. Chyby se mohou vyskytovat ojediněle nebo ve shlucích (bursty). Při přenosu dat skrz napájecí síťové vedení lze očekávat rušení od spínaných síťových spotřebičů. Takto způsobené chyby se obvykle vyskytují ve shlucích. Při přenosu dat bezdrátově prostřednictvím VF modulů vzniká různým rušením, šumem, únikem, odrazy.

Podstatou zabezpečení je zvýšení redundance (přidáním kontrolních bitů). K tomu účelu se používají bezpečnostní kódy, umožňující detekovat i opravovat vzniklé chyby. Pro bezdrátový přenos dat od čidla pohybu k hlavní řídicí jednotce se využívá VF modul AUREL, pracující na frekvenci 433MHz, případně 866MHz. Volba typu přijímače je závislá na volbě typu použitých pohybových čidel Jablotron. Vysílaný datový rámeček (obr.3.2.2) pohybovými čidly Jablotron obsahuje vždy ID každého pohybového čidla, dále pak příkaz a kontrolní redundantní součet dále jen CRC. Firma jablotron si pochopitelně chrání své tajemství, proto celý rámeček vhodně šifruje pomocí šifrovacího klíče. U těchto pohybových čidel se využívá šifrování s privátním a veřejným klíčem, přesněji nesymetrická kryptografie. Odesílatel (pohybové čidlo) šifruje vysílaná data veřejným klíčem, který je dostupný každému uživateli (přijímací vyhodnocovací jednotce). Klíč není nutné přenášet spolu s užitečným datovým rámečkem.



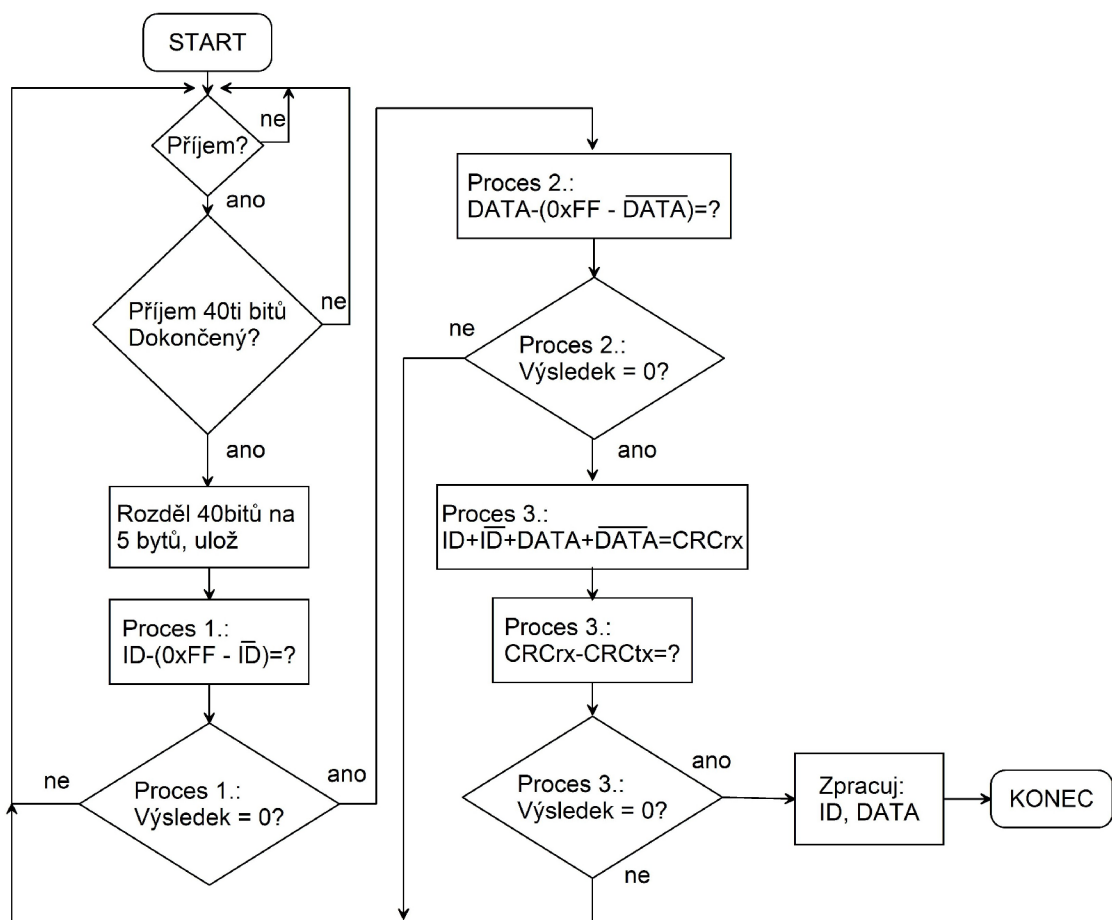
Obr. 3.2.44 Datový rámeček některých pohybových čidel

Celý datový rámeček (obr.3.2.2) je násobený vhodnou konstantou, logaritmem, který je uložený v přijímací jednotce MUP pro obnovení užitečných dat. Šifrování probíhá dle blokového schéma (obr.3.2.3).



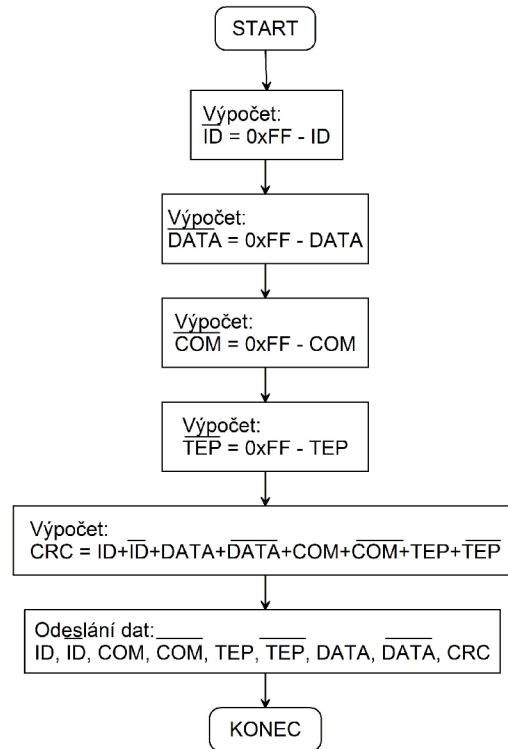
Obr. 3.2.45 Blokové znázornění průběhu šifrování (převzato z [25])

Program pro zpracování datového rámce (obr.3.2.2) není příliš složitý. O příjem se stará podprogram (obr.3.2.4), který má v paměti procesoru vyhrazené místo pro šest nezávislých proměnných. Jde o jednotlivé části datového rámce (ID, ID, data, data, CRC a klíč K).



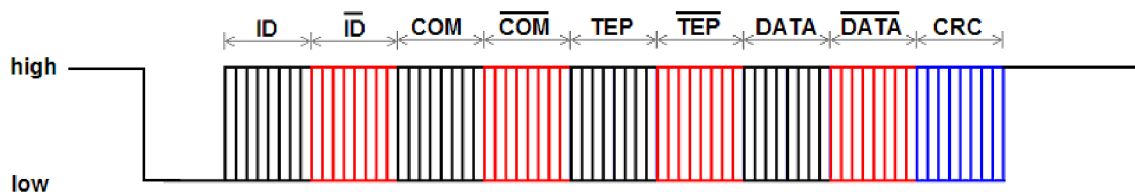
Obr. 3.2.46 Vývojový diagram podprogramu pro příjem dat

Pro jednoduchost a poměrně vysokou spolehlivost v této konstrukci je podprogram (obr.3.2.4), vyhodnocující příjem dat z VF modulu, použitý i k vyhodnocení dat ze síťového komunikačního modemu. Podprogram pro příjem dat lze použít pouze v této konstrukci, nebo tam, kde jsou data vysílána cyklicky dokola v určitém časovém intervalu. Obrázek (obr.3.2.4) znázorňuje průběh příjmu dat. Průběh vysílání dat znázorňuje následující vývojový diagram (obr.3.2.5).



Obr. 3.2.47 Vývojový diagram rekonstrukce a odeslání datového rámce

Datový rámec, který je vysílán bezdrátovými pohybovými čidly (obr.3.2.2) je doplněný dle vývojového diagramu (obr.3.2.5) o čtyři byty (obr.3.2.6). Dva byty nesoucí příkaz (COM) a zbylé dva byty, které reprezentují teplotu (TEP). Doplnkový byt s označením COM nese informaci o typu příkazu tak, jak tomu bývá u protokolu MODBUS. Díky pravidelnému opakování odesílání datových rámců není nutné rozšiřovat datový rámec o další byt nesoucí číselnou informaci datového rámce pro identifikaci při potvrzení správnosti příjmu.



Obr. 3.2.48 Datový rámec přenášený síťovým modemem TDA 5051

4 TEST ZAŘÍZENÍ

Poslední část se zabývá testováním celého zařízení i jednotlivých částí. Především se zjišťuje vliv rušení na přenos dat skrz napájecí silové vedení. Testování se uskutečnilo v praktických i laboratorních podmínkách.

4.1 LABORATORNÍ TEST

Datový přenos skrz silové vedení funguje přijatelně na vzdálenost větší než 400m. V praxi je na takovém vedení naindukované rušení, které značně ovlivňuje kvalitu přenosu. Míra kvality příjmu v takovém případě nelze určit, neboť neznáme míru rušení. Z toho důvodu je nutné rušení simulovat. Míru rušení, kdy má ještě zařízení pracovat s přijatelnou chybou, určuje příslušná norma.

Generátor EFT500 (obr.4.1.1) dokáže do napájecích nebo signálových vedení injektovat vysokonapěťové impulsy v poměru 5/50ns, simulující tak namáhání testovaného zařízení spínacím přepětím.

EFT 500



Obr. 4.1.49 Generátor EFT500 (převzato z [23])

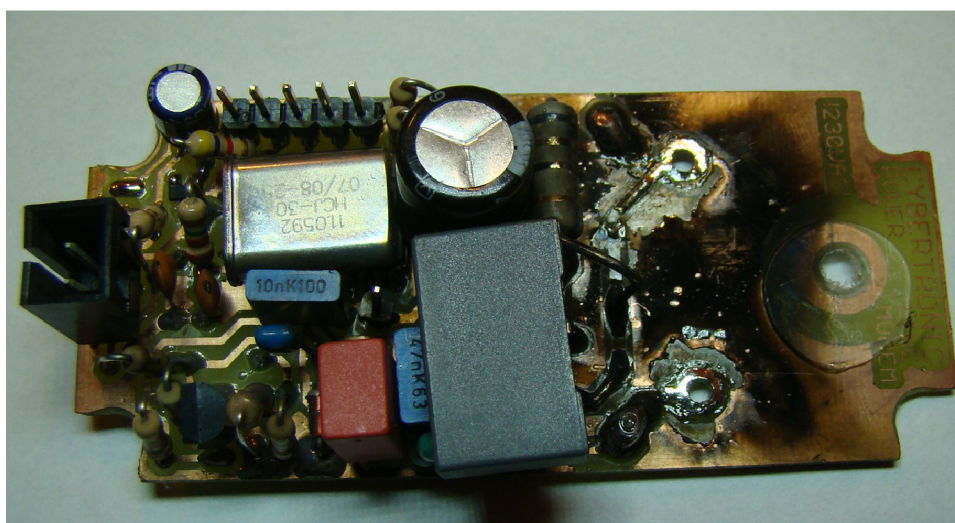
Simulace rušení proběhla na generátoru EFT500. Vysílací demonstrační modul vysílal datový rámec „VUT-TEST“ do silového vedení, na jehož konci je připojený demonstrační přijímací modul, který pouze transformoval přijatá data a přenášel je do počítače prostřednictvím RS232. Přijatá data byla zobrazovaná v terminálu. Silové vedení bylo připojené pomocí speciálních svorek na generátor EFT500, na kterém se měnila úroveň rušivého napětí dle tabulky (tab.4.1.1).

Tab. 4.1.12 Přenos datových rámců skrz silové vedení

Napětí generátoru:	Počet odeslaných datových rámců:	Počet správně přijatých dat.rámců:
[Vpp]	[-]	[-]
500	10	8
1000	10	9
1500	10	6
2000	10	4
4000	10	0

Z tabulky (tab.4.1.1) je zřejmý počet správně přijatých datových rámců s pevně daným počtem odeslaných datových rámců. Udává se, že by zařízení mělo pracovat s přijatelnou chybou do úrovně rušivého napětí 2000Vpp. Při této hodnotě rušení byla pravděpodobnost správně přijatých dat pouze 40%. Z 10 odeslaných datových rámců přijímací jednotka přijala pouze 4 správně, což je bída. Ovšem je nutné podotknout, že příjem je za permanentního rušení s takovými parametry, které se běžně v silovém vedení nevyskytují permanentně. V běžném provozu lze tedy očekávat pravděpodobnost příjmu dat skrz silové vedení přibližně 80% (tab.4.2.1).

Rušení se špičkovým napětím 4000Vpp je normou určené pro obtížné průmyslové aplikace. Především tam, kde frekvenční měniče řídí otáčky obrovských motorů. Při přenosu dat od vysílací jednotky k přijímací s mírou rušivého napětí 4000Vpp byla pravděpodobnost správně přijatých dat 0%. Výsledek není zvláště překvapující až na to, že taková úroveň rušivého napětí dokonale zničila síťový modem TDA5051.



Obr. 4.1.50 Přijímací demonstrační modul s TDA5051 neobstál u náročného testu

4.2 PRAKTICKÝ TEST

Celé zařízení bylo prakticky otestované na rodinném domě s třífázovou soustavou. Pro spolehlivý chod bylo nutné zajistit, aby se signál přenesl i na zbylé 2 fáze. K tomu účelu slouží komerčně vyráběný spřahovač fází (4.2.1) určený k instalaci na DIN lištu.



Obr. 4.2.51 Mezifázový filtr "spřahovač fází" (převzato z [26])

Demonstrační vysílací jednotka vysílající řetězec znaků VUT-TEST byla připojená do síťové zásuvky 230V na neznámou fázi. Příjemací demonstrační jednotka byla připojená do nejbližší síťové zásuvky 230V. Přiměřená délka metalického silového vedení je 456m. Na tomto silovém vedení je připojená velká škála domácích spotřebičů (motory, klimatizace, kuchyňské spotřebiče, rekuperační jednotka,...). Výsledek měření demonstruje přiložená tabulka (tab. 4.2.1)

Tab. 4.2.13 Praktické ověření přenosu dat po silovém vedení

Číslo testu:	Počet odeslaných datových rámců:	Počet správně přijatých dat.rámců:
[-]	[-]	[-]
1	10	7
2	10	9
3	10	8

Z tabulky (tab.4.2.1) je zřejmé, že výsledek měření je přijatelný.

5 ZÁVĚR

Projekt zabývající se úsporou elektrické i tepelné energie dokáže uspořit nemalé investice, které se projeví po delší době používání. Instalace kompletního systému pro úsporu energie nevyžaduje žádný stavební zásah. Zařízení je navrženo jako univerzální, s jednoduchým ovládním pomocí webového rozhraní.

První kapitola se zabývá finanční náročností pohotovostního režimu vybraných domácích spotřebičů. Naměřené tabulky jsou doplněné nutnými matematickými výpočty včetně grafického znázornění.

Druhá kapitola se zabývá hardwarovým návrhem celého systému. Nejprve je detailně popsána přijímací jednotka s upraveným napájecím zdrojem. U kondenzátorového zdroje byla změřena i zatěžovací charakteristika, která vypovídá o použití tohoto zdroje. Celá přijímací jednotka byla ještě více miniaturizovaná oproti původní verzi. Hlavní řídicí jednotka prošla velkým vývojem. Návrh probíhal v několika fázích. Problém při vývoji hardwaru hlavní jednotky nastal s implementováním dostatečně výkonného napájecího zdroje. Tento problém byl zdárně vyřešen návrhem AC-DC spínaného zdroje, který zabíral na desce pouze 1/3 původního zdroje. Spínaný zdroj byl opět podrobený zatěžovací charakteristice s překvapivými výsledky. Aby nebylo problémů málo, objevil se další problém s implementací síťového modemu TDA5051, respektive způsobem jeho napájení. Síťový modem nebylo možné napájet pomocí navrženého AC-DC měniče, neboť při nesprávném připojení síťového napětí na napájecí svorky hrozilo nebezpečí výskytu živého síťového napětí na nechráněných svorkách hlavní řídicí jednotky. Takové počínání je v rozporu se smysly konstruktéra i samotné normy. Proto způsob napájení síťového modemu pro hlavní řídicí jednotku je převzatý z návrhu přijímací jednotky.

Třetí kapitola se zabývá návrhem softwarového vybavení jak pro přijímací, tak hlavní řídicí jednotku. Vzhledem k tomu, že software je stále ve vývoji, je konstrukce vybavena nutným programovým vybavením tak, aby bylo možné celý systém vhodně otestovat. Programové vybavení není náročné, jde pouze o vhodné zpracování přijatých dat. Původní verze počítala s potvrzováním správnosti přijatého datového rámce. Později se ukázalo, že mnohem výhodnější je vysílat příkazy pro přijímací jednotky v cyklu s časovým zpožděním. Tím odpadla nutnost potvrzení správného příjmu. Datový rámec bylo nutné pouze zabezpečit proti chybnému příjmu. Zabezpečení bylo provedeno vždy negací každého bytu s kontrolním součtem.

Poslední kapitola prověří celou konstrukci v laboratorních i reálných podmínkách. Měření probíhalo na generátoru vysokého rušivého napětí dle doporučení k danému generátoru. Test proběhl v přijatelných mezích do výšky rušivého napětí 2000V_{pp}. Při nastavení vyššího rušivého napětí došlo ke zničení vysílací i přijímací demonstrační jednotky. Zničení modulů měly za následek pravděpodobně použité fóliové kondenzátory, které nevydržely napětíovou pevnost.

Projekt ovládní domácích spotřebičů po silovém rozvodu lze hodnotit kladně, neboť byly dosaženy očekávané výsledky. Při návrhu byl kladen důraz především na velikost a funkčnost celého zařízení. Překvapivých nízkých hodnot dosahuje i příkon

hlavní řídicí a přijímací jednotky. Energetický profil celého systému by bylo možné ještě redukovat použitím vhodného přenosu dat. Pravděpodobně by nebylo špatné zajistit, aby se přijímací jednotky nacházely ve sleep režimu s pravidelným probouzením a dotazováním se hlavní řídicí jednotky. Způsob dotazování by se musel vhodně ošetřit, aby nedocházelo ke kolizi.

LITERATURA

- [1] Wikipedie [online] – [cit. 3. dubna 2011]. Dostupné na www: http://cs.wikipedia.org/wiki/Zenerova_dioda
- [2] Stránky o elektronice a počítačích [online] – [cit. 3. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://www.barts.cz/index.php/elektronika/obvody/9-stabilizatory>
- [3] Instalační krabice [online] – [cit. 4. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://www.bucek.name/cenik/inkrabice.dat.htm>
- [4] Instalační materiál [online] – [cit. 7. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://www.teslastropkov.cz/katalog/em/ramecky/ramecky.htm>
- [5] Pandatron, použití DS18B20 [online] – [cit. 12. dubna 2011]. Dostupné na www: http://pandatron.cz/?566&teplotni_cidlo_ds18b20_ve_spojzeni_s_pic12f629
- [6] HW.cz, Síťový modem TDA5051 [online] – [cit. 12. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Konstrukce/ART371-Power-Modem-po-220V-vedeni.html>
- [7] GM Elektronik, DS18B20 [online] – [cit. 12. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://www.gme.cz/cz/ds18b20-p530-067.html>
- [8] Bakalářská práce, [online], KAREL, H. *Moduly pro komunikaci po silovém vedení*, 2005 – [cit. 24. prosince 2010]. Dostupné na www: http://dce.felk.cvut.cz/dolezilkovala/diplomky/2005/bp_2005_havlovic_karel/BP_2005_Havlovic_Karel.pdf
- [9] Zefin, Elektromagnetická termostatická hlavice [online] – [cit. 13. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://www.zefin.cz/files/mt048.pdf>
- [10] FOOTBAG,[online] – [cit. 13. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://footbag.ic.cz>
- [11] PV Elektronik, Audio modul SOMO-4D[online] – [cit. 13. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://pvelectronic.inshop.cz/podle-vyrobce/4d-systems/somo-14d-%5B4D-044%5D?ItemIdx=2>
- [12] SOS Electronic, GSM SIM900[online] – [cit. 13. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://www.soselectronic.cz>
- [13] VALENTOVÁ, M. *Pohotovostní režim*. [online]. 2010 – [cit. 13. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://elektro.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6274&h=15&pl=42>
- [14] Teplo a energie z přírody, [online] – [cit. 24. dubna 2011]. Dostupné na www: www.ecomont.cz
- [15] PANDATRON, LANReach, [online] – [cit. 24. dubna 2011]. Dostupné na www: http://pandatron.cz/?706&konstrukce_web_serveru_s_moduly_connect_one
- [16] VF moduly, SEA Praha, [online] – [cit. 24. dubna 2011]. Dostupné na www: www.seapraha.cz
- [17] Olověné akumulátory, [online] – [cit. 24. dubna 2011]. Dostupné na www: <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf>

- [18] PB137, [online] – [cit. 24. dubna 2011]. Dostupné na www:
<http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/6278.pdf>
- [19] LM1084, GM Electronic [online] – [cit. 25. dubna 2011]. Dostupné na www:
http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-134/dsh.330-134.1.pdf
- [20] AC/DC měnič, ENIKA [online] – [cit. 25. dubna 2011]. Dostupné na www:
www.enika.cz
- [21] AC/DC měnič - komponenty, TME [online] – [cit. 25. dubna 2011]. Dostupné na www:
www.tme.eu
- [22] RS485, MAX485, GME [online] – [cit. 28. dubna 2011]. Dostupné na www:
http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/433/433-118/dsh.433-118.1.pdf
- [23] UCS 500, EST [online] – [cit. 29. dubna 2011]. Dostupné na www:
<http://www.emtest.com/products/product/102180100000010670.php>
- [24] EFT 500, [online] – [cit. 29. dubna 2011]. Dostupné na www:
<http://home.zcu.cz/~laurenc/zarizeni-emc.php>
- [25] BKS Y, Komunikační systémy, Doc.Ing. Aleš Prokeš, Ph.D - [cit. 29. dubna 2011].
Dostupné na www: www.vutbr.cz
- [26] Mezifázový filtr, [online] – [cit. 1. května 2011]. Dostupné na www:
<http://infinito.inshop.cz/inshop/ostatni-3/x10-filtr-sprahovac-fazi-na-din-listu.html>

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

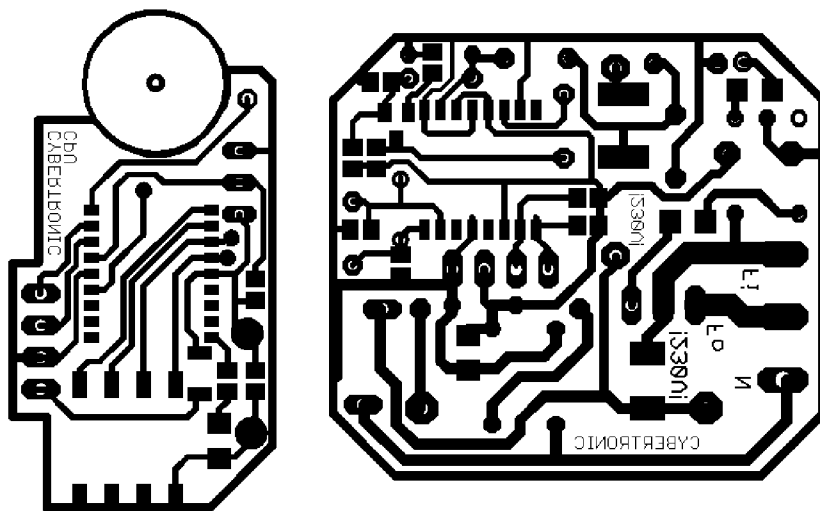
<i>HDO</i>	Hromadné dálkové ovládání
<i>DPS</i>	Deska plošných spojů
<i>CUH</i>	Control Unit of Heating (Řídící jednotka pro vytápění)
<i>PCU</i>	Power Control Unit (Řídící jednotka pro optimalizaci pohotovostního režimu)
<i>MUP</i>	Main Unit after Powerline (Hlavní uživatelská řídicí jednotka)
<i>RISC</i>	Reduced Instruction Set Computer (Redukovaná instrukční sada)
<i>EEPROM</i>	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Trvalá paměť)
<i>UART</i>	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter (Sériový port)
<i>SMD</i>	Surface Mount Device (Součástka pro povrchovou montáž)
<i>TTL</i>	Tranzistorově tranzistorová logika
<i>CMOS</i>	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
<i>ROM</i>	Read Only Memory (Paměť určená ke čtení)
<i>PWM</i>	Pulse Width Modulation (Pulzně šířková modulace)
<i>SD</i>	Secure Digital (Flash paměťová karta)
<i>SIM</i>	Subscriber Identity Module
λ	Vlnová délka
<i>LDO</i>	Low DropOut regulator
η	Účinnost
<i>EZS</i>	Elektronická zabezpečovací signalizace
<i>CRC</i>	Cyclic redundancy check (Cyklický redundantní součet)

SEZNAM PŘÍLOH

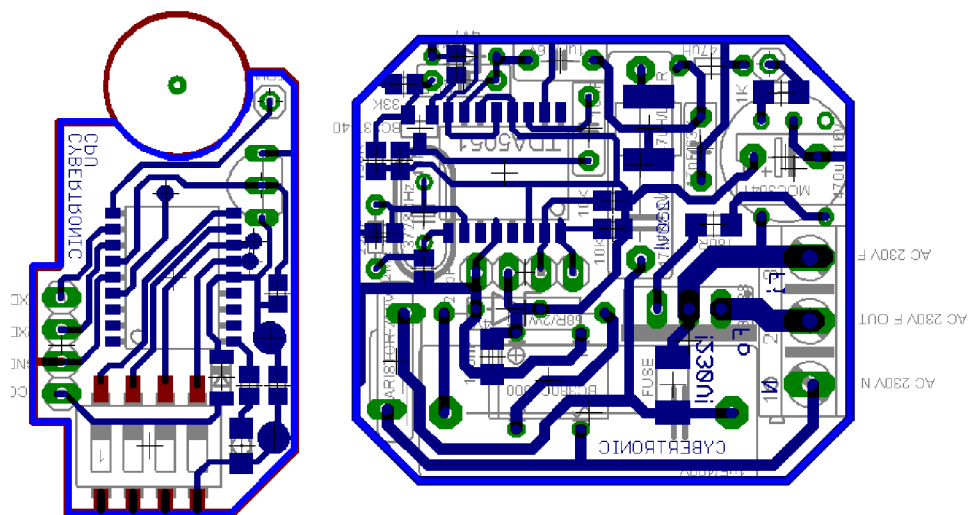
APŘIJÍMACÍ JEDNOTKA	64
A.1DPS PŘIJÍMAČ verze 1.	64
A.2DPS PŘIJÍMAČ verze 2.	64
A.3DPS PŘIJÍMAČ – osazovací plán.....	65
BHLAVNÍ JEDNOTKA - ZDROJ	66
B.1DPS MAIN UNIT verze 1.....	66
B.2DPS MAIN UNIT verze 2.....	67
B.3DPS MAIN UNIT – osazovací plán.....	68
CHLAVNÍ JEDNOTKA - CPU	69
C.1DPS CPU verze 1.....	69
C.2DPS CPU verze 2.....	70
C.3DPS CPU – osazovací plán.....	71
DFOTODOKUMENTACE	72
D.1DPS PŘIJÍMAČ.....	72
D.2DPS HLAVNÍ JEDNOTKA.....	74

A PŘIJÍMACÍ JEDNOTKA

A.1 DPS PŘIJÍMAČ verze 1.

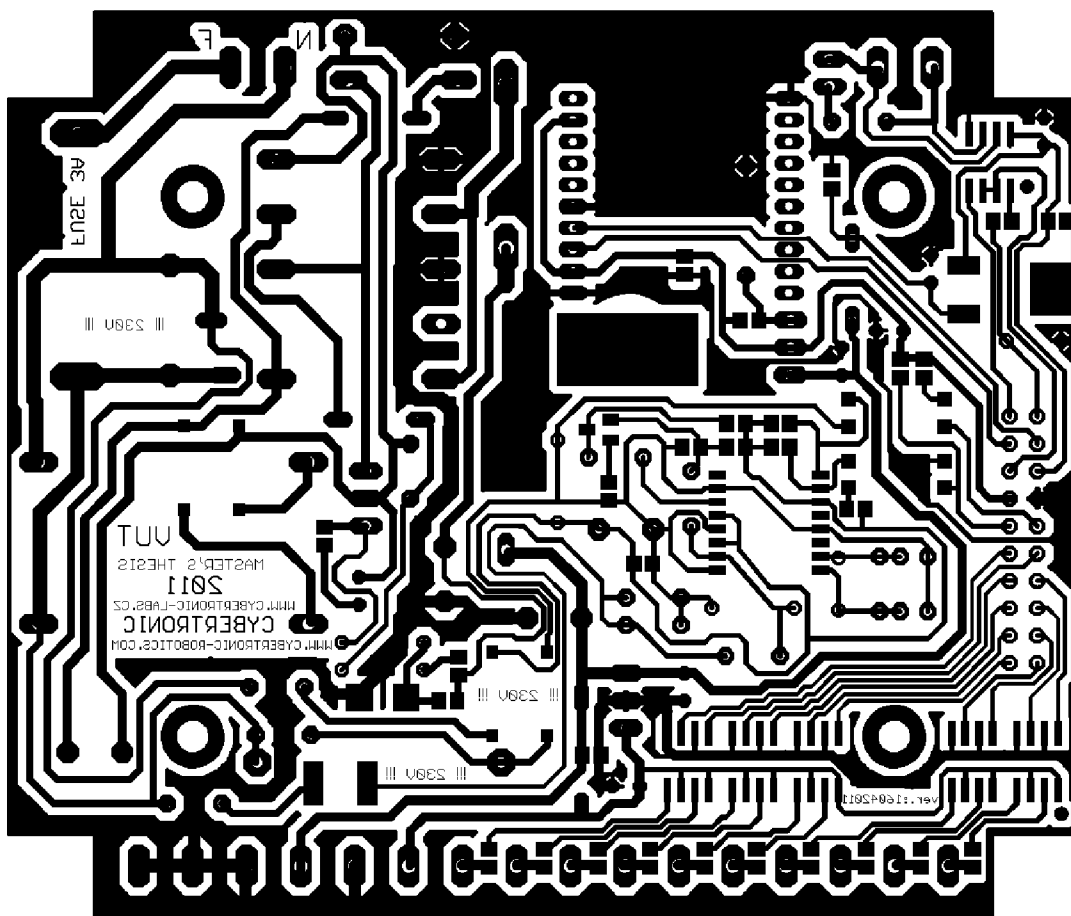


A.2 DPS PŘIJÍMAČ verze 2.

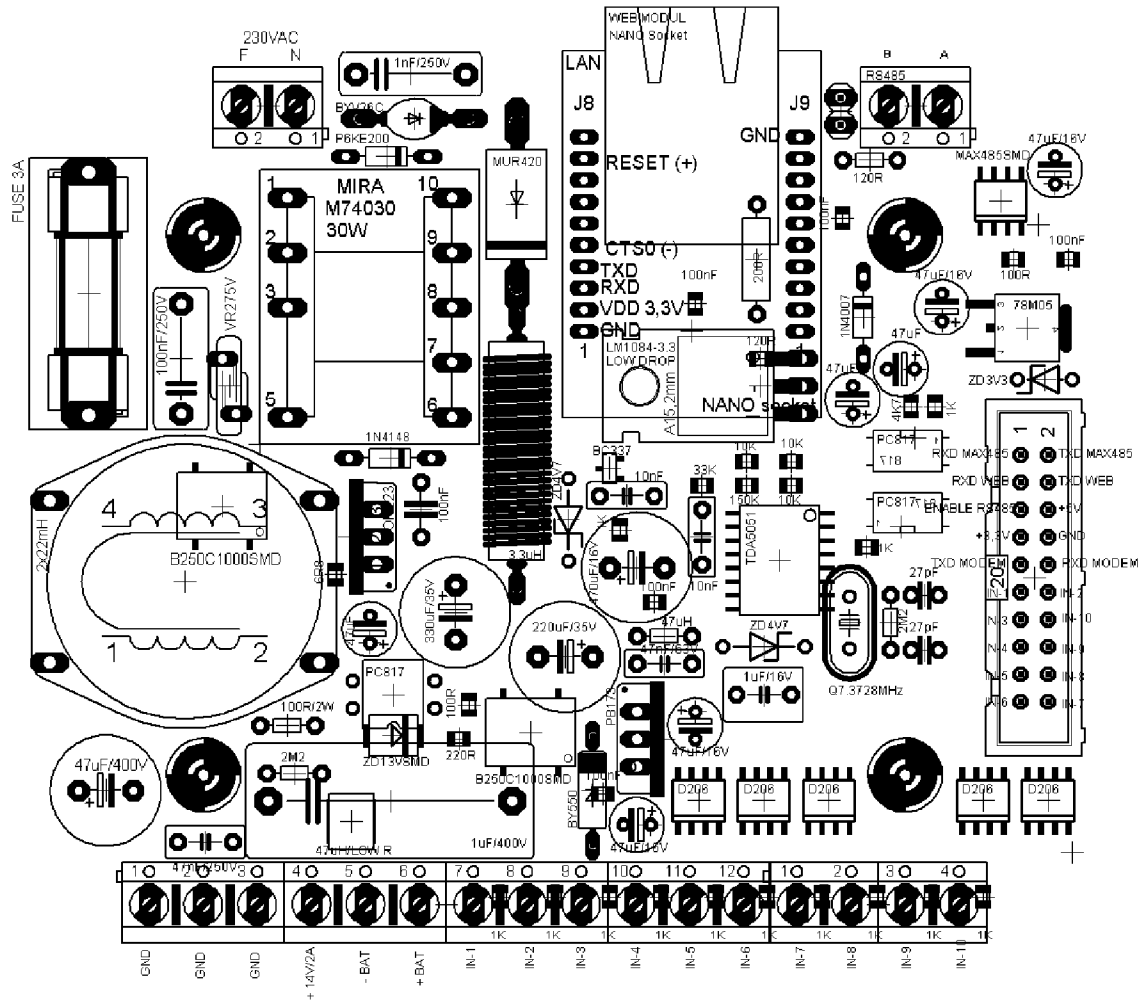


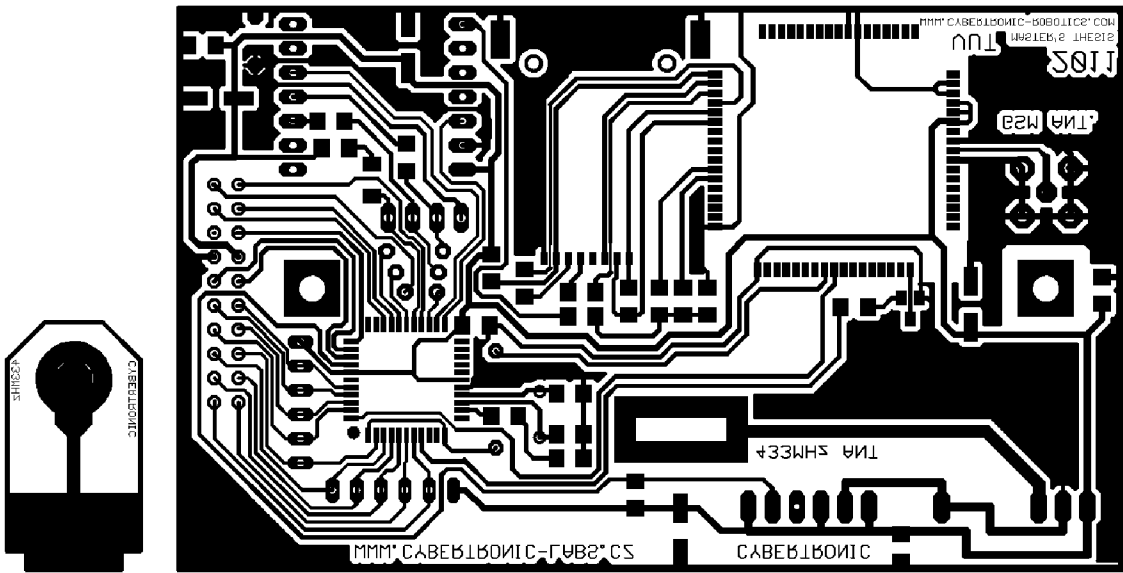
B HLAVNÍ JEDNOTKA - ZDROJ

B.1 DPS MAIN UNIT verze 1.



B.3 DPS MAIN UNIT – osazovací plán

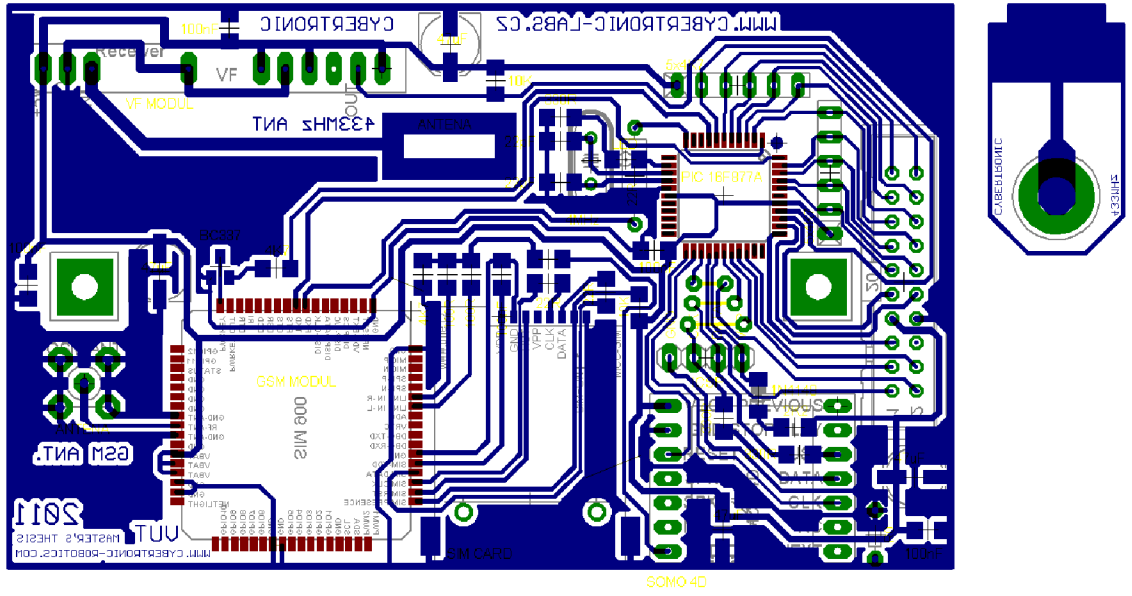




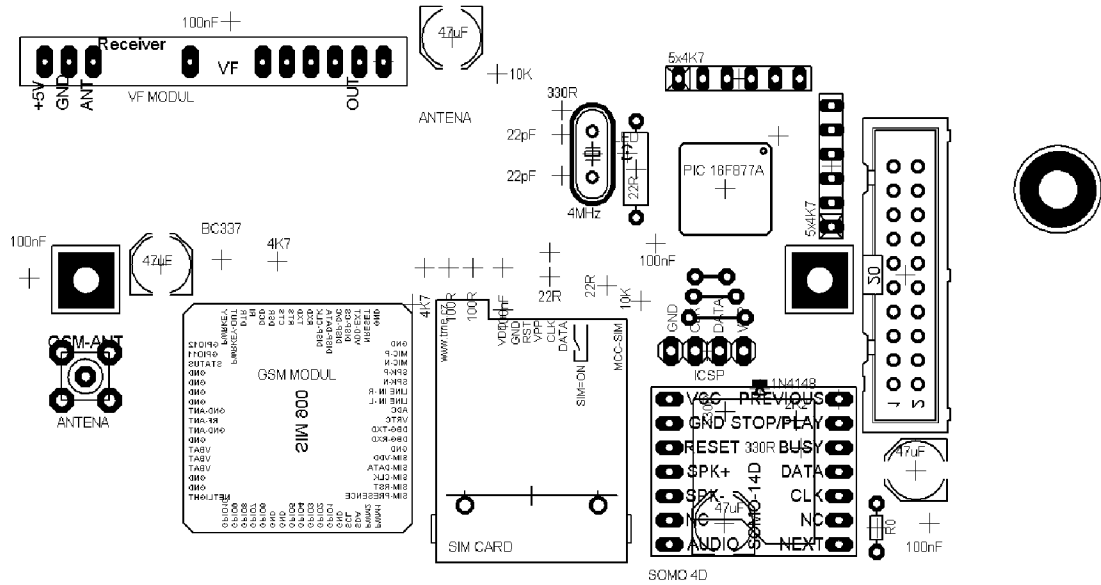
С ГЛАВНІ ЈЕДНОТКА - CPU

C.1 DPS CPU verzé 1.

C.2 DPS CPU verze 2.

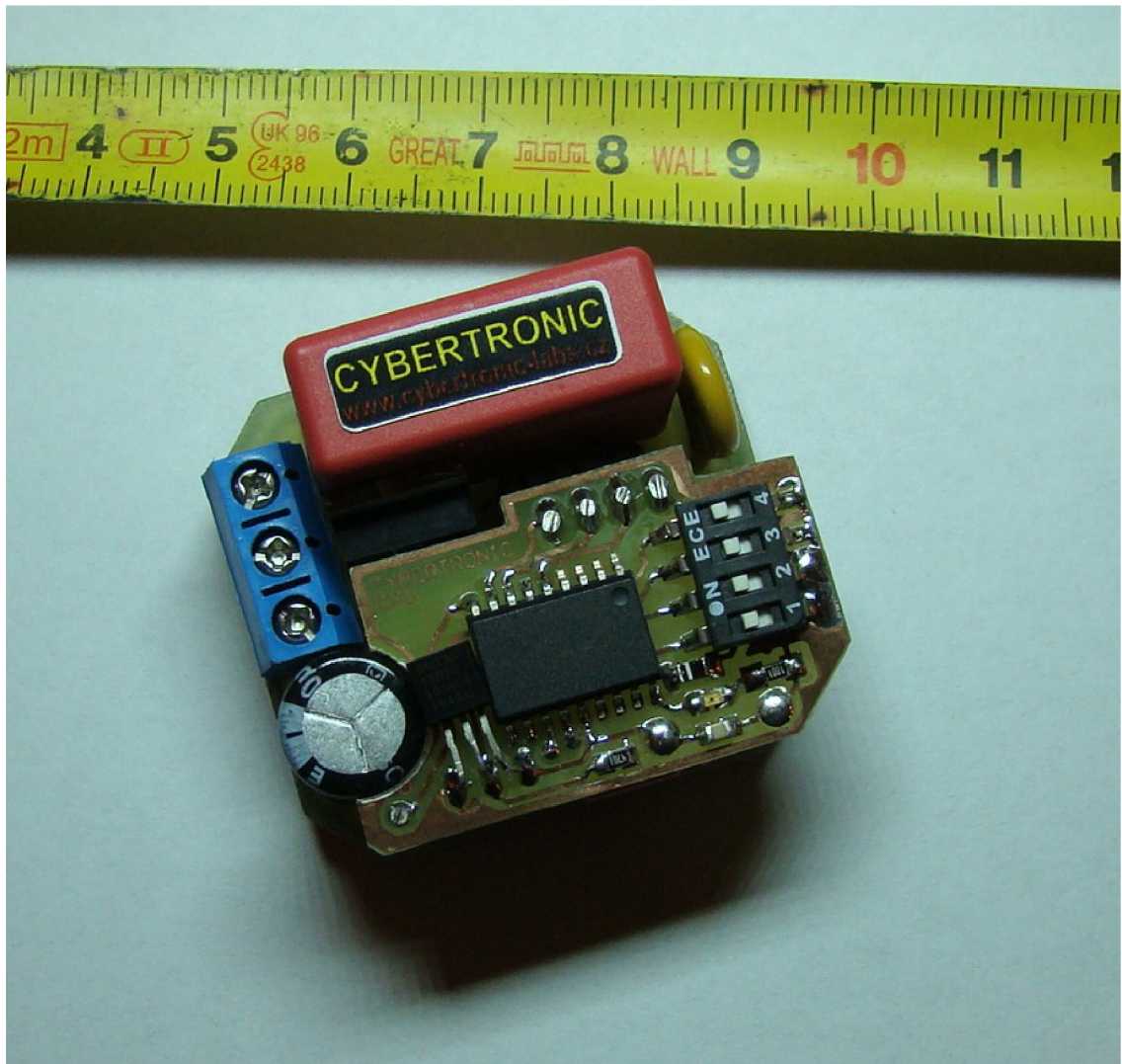


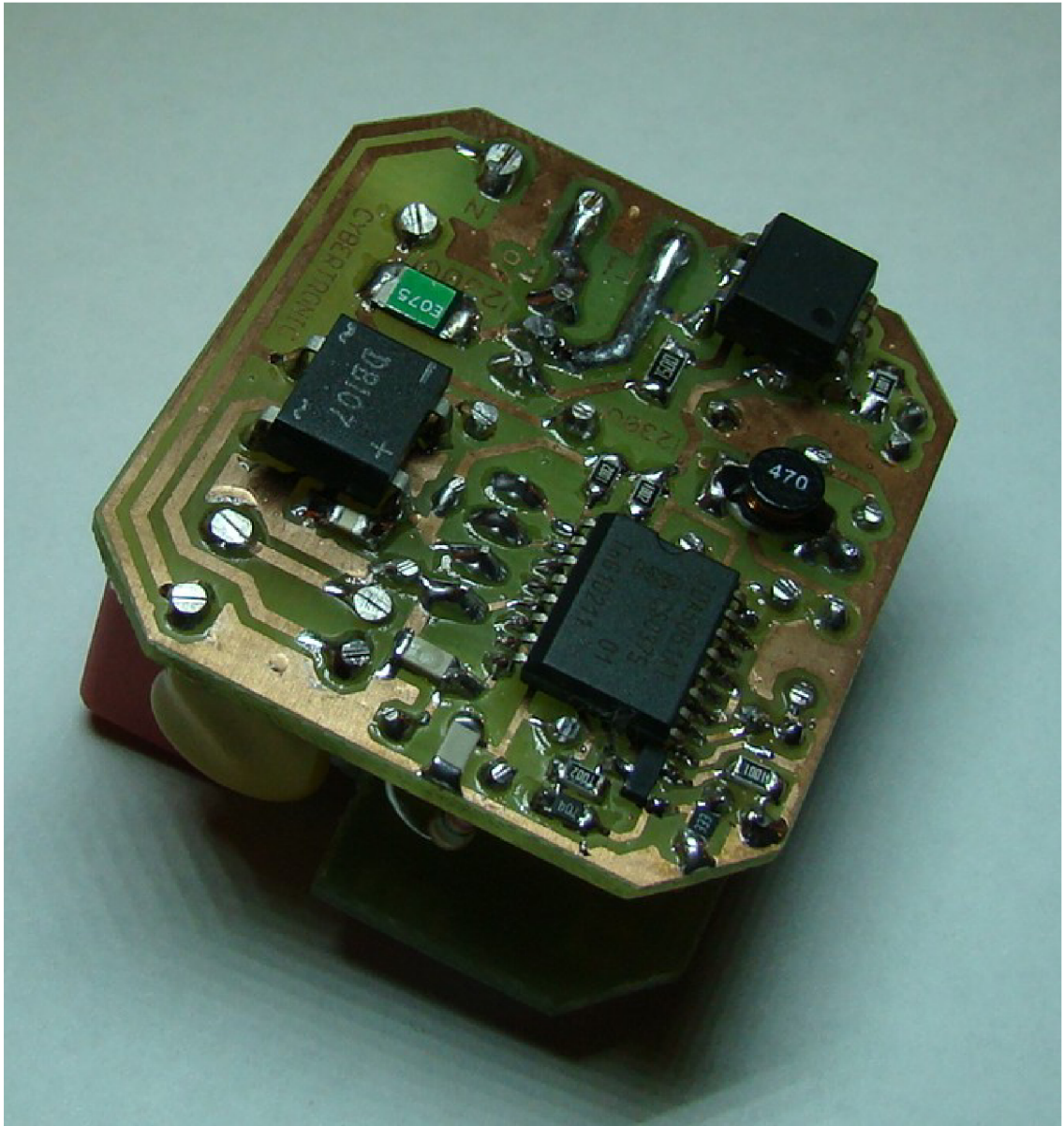
C.3 DPS CPU – osazovací plán



D FOTODOKUMENTACE

D.1 DPS PŘIJÍMAČ





D.2 DPS HLAVNÍ JEDNOTKA

