

VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Luboš Pejchal
Ročník: 2

ID: 106704
Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Akviziční jednotka pro zabezpečovací techniku

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se základními funkcemi elektronických zabezpečovacích ústředěn a používanými čidly pro zabezpečení objektů. Navrhněte blokové schéma a parametry jednotky s jednoduše či dvojitě vyváženými vstupy, galvanicky oddělenými výstupy a snímáním teploty. Analyzujte používané protokoly v IPv4 a IPv6 sítích pro přenos dat, zvolte vhodný protokol pro danou aplikaci, a seznamte se s vlastnostmi komerčně používaných napáječů PoE (Power of Ethernet).

Navrhněte schéma a desku plošných spojů akviziční jednotky, sestavte a oživte dva prototypy. Analyzujte požadavky na řídicí jednotku a vyberte konkrétní řešení. Navrhněte vývojový diagram programu kontroléru akviziční jednotky.

Sestavte a odlaďte řídicí program kontroléru. Pomocí ovládací jednotky s vhodným uživatelským rozhraním otestujte komunikaci a správnou funkčnost obou na sobě nezávislých jednotek a stanovte klíčové vlastnosti systému.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN - technická literatura, 2004.
- [2] KOLKA, Z.: Počítačové a komunikační sítě. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2007.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 18.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Martin Dušek

Konzultanti diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Projekt je zaměřen na vývoj zabezpečovací ústředny (jednotky) pro zabezpečení domů, bytů a jiných podobných prostor proti narušiteli. Návrh se zabývá řešením hardwaru a firmwaru zabezpečovacích jednotek a ovládacího softwaru pro PC. Hardwarový návrh se zabývá řešením napájení po ethernetu PoE, zálohování napájení, připojení bezpečnostních senzorů k zabezpečovací ústředně. Firmware zabezpečuje správnou funkci jednotek a komunikaci se senzory a PC. Software v PC umožňuje nastavení obou jednotek, deaktivaci alarmu a zjištění teploty v okolí jednotky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zabezpečovací systém, Ethernet, senzor pohybu PIR, magnetický kontakt, protokoly IPv4 a IPv6, vyvážená smyčka, PoE, senzor teploty, UDP, firmware, software, vývojový diagram.

ABSTRACT

Project is focused to development of security unit for security of homes, flats and other similar spaces against intruders (thieves). Design is focused to solution of hardware and firmware for security units and their control software for PC. Hardware design solve supply over ethernet PoE, backup of supply, connection securities sensors to security unit. Firmware prevents failure of units and it is communicating with sensors and PC. Software in PC provides settings of security units, deactivating of alarm and measure temperature by security unit.

KEYWORDS

Security system, Ethernet, sensor of motion PIR, magnetic contact, protocol IPv4 and IPv6, balanced loop, PoE, sensor of temperature, UDP, datagram, firmware, software, development diagram.

PEJCHAL, L. Akviziční jednotka pro zabezpečovací techniku.

Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2011. 45 s., 14 s. příloh. Diplomová práce. Vedoucí práce: Ing. Martin Dušek

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Akviziční jednotka pro zabezpečovací techniku jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Martinovi Duškovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při návrhu zabezpečovacích jednotek.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

OBSAH	V
SEZNAM OBRÁZKŮ	VII
SEZNAM TABULEK	IX
ÚVOD	1
1 VLASTNOSTI ZABEZPEČOVACÍCH ÚSTŘEDEN	2
1.1 BEZPEČNOSTNÍ SENZORY	3
1.2 PŘIPOJENÍ SEZNORŮ K ÚSTŘEDNÁM	4
1.3 OCHRANA PROTI OTEVŘENÍ KRYTU A SIGNALIZACE NARUŠENÍ	6
1.4 ETHERNET.....	6
1.4.1 Protokoly IPv4 a IPv6	7
1.5 NAPÁJENÍ ZDROJEM POE.....	12
1.5.1 Zapojení Power over Ethernet	13
1.5.2 Komunikace mezi zařízeními	14
1.5.3 Zvláštní požadavky na napájecí zdroj	17
1.6 BATERIE A JEJICH NABÍJECÍ CHARAKTERISTIKY	18
1.6.1 Baterie	18
1.6.2 Nabíjecí charakteristiky	18
2 NÁVRH HARDWARU ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY	22
2.1 BLOKOVÉ SCHÉMA ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY.....	22
2.1.1 Blokové schéma vnitřní a venkovní jednotky	22
2.1.2 Blokové schéma zabezpečovacího systému	23
2.2 NAPÁJENÍ ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY	24
2.3 ZÁLOHOVÁNÍ NAPÁJENÍ ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY	25
2.4 NABÍJENÍ ZÁLOŽNÍHO AKUMULÁTORU	27
2.5 VSTUPY A VÝSTUPY	29
2.5.1 Galvanické oddělení	29
2.6 TEPLOTNÍ SENZOR.....	30
2.6.1 Typy teplotních senzorů.....	30
2.6.2 Teplotní senzor DS18B20.....	30
2.7 ŘÍDÍCÍ MIKROKONTROLÉR.....	30
2.8 UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ.....	31
3 FIRMWARE ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY	32
3.1 VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROGRAMU ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY	32
3.2 VÝVOJOVÝ DIAGRAM VLÁKNA ETHERNETU	34
3.3 VÝVOJOVÝ DIAGRAM VLÁKNA MĚŘENÍ TEPLoty A INICIALIZACE JEDNOTKY	36
3.4 VÝVOJOVÝ DIAGRAM VLÁKNA MĚŘENÍ VSTUPŮ	38
3.5 VÝVOJOVÝ DIAGRAM VLÁKNA ALARMU	39
3.6 TESTOVÁNÍ KÓDU	40
4 SOFTWARE V PC PRO ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY	41

5 ZÁVĚR	43
LITERATURA	46
SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK.....	47
SEZNAM PŘÍLOH	48

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1	Způsob zapojení dvojitě vyvážené smyčky (převzato z [1])	5
Obr. 1.2	Způsob zapojení dvojitě vyvážené smyčky (převzato z [1])	5
Obr. 1.3	Architektura Ethernetu podle standardu IEEE 802.3 (převzato z [12]).....	7
Obr. 1.4	Schéma zapojení napájeného zařízení k aktivnímu prvku s interní PSE [2]	14
Obr. 1.5	Schéma zapojení napájeného zařízení k aktivnímu prvku bez interní PSE [2]	14
Obr. 1.6	Blokové schéma zapojení PD (převzato z [3])	16
Obr. 1.7	Nabíjecí charakteristika W [7]	19
Obr. 1.8	Nabíjecí charakteristika WoWa [7]	20
Obr. 1.9	Nabíjecí charakteristika IUIa [7]	21
Obr. 2.1	Blokové schéma vnitřní jednotky	22
Obr. 2.2	Blokové schéma venkovní jednotky	22
Obr. 2.3	Blokové schéma celého systému	23
Obr. 2.4	Zapojení měniče TL2575-ADJ [14].....	24
Obr. 2.5	Blokové schéma napájení zabezpečovací jednotky	25
Obr. 2.6	Průběh napětí na zátěži při pomalém výpadku hlavního napětí a plně nabitě baterii	26
Obr. 2.7	Průběh napětí na zátěži při pomalém výpadku hlavního napětí a vybité baterii	26
Obr. 2.8	Typické zapojení integrovaného obvodu UC3906 [6].....	28
Obr. 2.9	Mikronrolér LM3S6537 (převzato z [8]).....	31
Obr. 3.1	Vývojový diagram programu pro mikronrolér LM3S6537	33
Obr. 3.2	Vývojový diagram vlákna ethernetu	35
Obr. 3.3	Vývojový diagram měření teploty	36
Obr. 3.4	Vývojový diagram inicializace	37
Obr. 3.5	Vývojový diagram měření vstupů.....	38
Obr. 3.6	Vývojový diagram vlákna alarmu.....	39
Obr. 3.7	Vývojový diagram podprogramu testování kódu	40
Obr. 4.1	Hlavní okno řídicího softwaru zabezpečovacích jednotek při aktivaci alarmu	41
Obr. 4.2	Hlavní okno řídicího softwaru zabezpečovacích jednotek v klidovém stavu	42

Obr. 4.3	Databázové okno softwaru zabezpečovacích jednotek.....	42
Obr. 5.1	Dokumentační foto celé jednotky	45
Obr. 5.2	Dokumentační foto s detailem na displej	45

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 IP-datagram IPv4 (převzato z [9]).....	9
Tab. 1.2 IP-datagram IPv6 (převzato z [11]).....	11
Tab. 1.3 Napětí PSE a PD pro jednotlivé režimy činnosti (převzato z [3]).....	15
Tab. 1.4 Výkony, příkony a identifikační proudy pro jednotlivé výkonové třídy (převzato z [3]).....	16

ÚVOD

Zabezpečovací systémy se dnes využívají velice často. Počínaje zabezpečením domů až po zabezpečení bank či armádních objektů apod. Prostředky použité při zabezpečení různých objektů bývají různorodé a jejich nabídka na trhu je velká. Velká část zabezpečovacích zařízení, komunikujících po síti LAN, používá napájení PoE, aby se ušetřilo napájecích zdrojů a použitých vodičů.

Nejdůležitějším prvkem zabezpečovacích systémů je ústředna (zabezpečovací jednotka), která analyzuje veškeré signály z detektorů a ovládacích prvků a v případě narušení prostoru objektu aktivuje alarm, pokud se do určené doby nedeaktivuje spouštěcí sekvence alarmu. Pro deaktivaci spouštěcí sekvence, aby se nespustil alarm, se nejběžněji používá klávesnice, na které se zadává deaktivální heslo uživatele. Dalším zařízením pro deaktivaci spouštěcí sekvence mohou být různé bezdrátové vysílače s požadovaným kódem, různé identifikační karty, nebo signál z osobního počítače.

Cílem tohoto projektu je navrhnout zabezpečovací ústřednu pro střežení domů, bytů a různých prostorů, které je třeba zabezpečit proti vniknutí. Zabezpečovací ústředna bude napájena přes PoE a bude mít nejméně osm vstupů pro různé komerčně dostupné senzory připojené k ústředně skrze vyvážené smyčky. Dále bude obsahovat nejméně tři výstupy, možnost připojení maticové klávesnice a LCD pro deaktivaci alarmu.

1 VLASTNOSTI ZABEZPEČOVACÍCH ÚSTŘEDEN

Zabezpečovací ústředna bývá nejdůležitějším prvkem v elektronickém zabezpečovacím systému. Zajišťuje komunikaci mezi jednotlivými komponenty systému a má v integrované paměti uložena nejdůležitější nastavení. Podle připojených komponentů může různě reagovat na narušení objektu. Základní funkcí ústředny je aktivace alarmu při narušení objektu. Ústředna lze ale ještě rozšířit o další funkce:

- GSM komunikátor
Rozesílá SMS, volá na pult centralizované ochrany PCO a může také přenášet hlas i video pokud je ústředna vybavena příslušenstvím pro zpracování hlasu a videa.
- Wi-fi modul
Rádiový modul pro bezdrátové připojení detektorů nebo pro komunikaci zabezpečovací ústředny s PC.
- Ethernetové rozhraní
- Jiné

Konstrukční vlastnosti zabezpečovacích ústředen

- Počet deaktivčních kódů
- Počet kontrolovaných zón
- Počet vstupů pro různé detektory
- Počet výstupů ústředny
- Řešení napájení a zálohování ústředny
- Typ vedení (drátové, bezdrátové)

Funkční vlastnosti zabezpečovacích ústředen

- Způsob aktivace poplachu (např. vylomení dveří, rozbití okna, apod.)
- Způsob deaktivace ústředny (klávesnicí, počítačem, bezdrátově)
- Způsob komunikace s uživatelem (přes LCD a klávesnici, PC, jinak)
- Způsob nakonfigurování ústředny
- Způsob indikace narušení prostoru (např. indikace na PC, aktivace sirény, apod.)

1.1 Bezpečnostní senzory

Nejvíce používané detektory pro zabezpečení objektů a jejich kombinace:

- **PIR** Reaguje na pohyb v jeho zorném poli. Pracuje na principu detekce infračerveného spektra lidského těla. Při pohybu člověka v hlídaném úseku zaznamená sensor zdroj tepla v lidském těle, zpracuje informaci a vyšle signál do kontrolního vstupu ústředny. Výstup senzoru je analogový.
- **Dvouzónový PIR**
Detektor s dvěma detektory pohybu. Pro odeslání signálu musí být narušeny obě hlídané zóny. Výstup senzoru je analogový.
- **PIR + kam**
Detektor který do ústředny odešle nejen signál ale i obrázek z připojené kamery, která na podmět pohybového detektoru začne snímat střežený prostor
- **Detektor rozbití skla**
Detektor sleduje a analyzuje spektrum akustických signálů v okolí a reaguje na charakteristický zvuk tříštění skla.
- **Magnetické detektory**
Používají se nejčastěji k monitorování stavu oken, dveří a garážových vrat. Skládají se z magnetu a jazýčkového kontaktu. Oddálením magnetu se rozezne okruh, což signalizuje narušení.
- **Mikrovlnné senzory**
Pracují na principu porovnávání kmitočtu vyslaného a přijatého elektromagnetického záření (využívají Dopplerův jev). Při nižší nastavené citlivosti jsou méně spolehlivé a proto se používají zároveň se senzory pohybu PIR. Výhodou těchto senzorů je nastavení citlivosti a necitlivost na proudění okolního vzduchu.
- **Optická závora**
Využívá se světelného svazku laseru nebo LED diody. V případě použití laseru je možné monitorovat větší prostor, protože teoretický dosah laserového svazku je nekonečno. Skládá se z vysílací části s laserem nebo LED diodou a s optickým přijímačem. Při přerušení optického svazku je zaznamenáno narušení střeženého prostoru. Výstup optické závory je digitální.
- **Hlásiče požáru a detektory plynu**
Doplňkové senzory pro detekci požáru a plynů (zemní plyn, CO₂, CO)

1.2 Připojení seznorů k ústřednám

Bezpečnostní senzory obvykle obsahují spínací nebo rozpínací kontakty. Tyto kontakty ale není příliš vhodné přímo připojovat k zabezpečovací ústředně, protože je lze snadněji obejít. Z tohoto důvodu se velice často k těmto kontaktům připojuje kombinace rezistorů a vytváří se tak tzv. vyvážené smyčky. Vyvážené smyčky se zapojují na vstupy zabezpečovací ústředny a slouží k přenosu informace o aktivaci alarmu nebo pro odhalení sabotáže vedení nebo detektorů. Detektory lze k zabezpečovací ústředně připojit čtyřmi variantami:

1. Jako spínací kontakt
2. Jako rozpínací kontakt
3. Jednoduše vyváženou smyčkou
4. Dvojitě vyváženou smyčkou

Spínací kontakt

Při sepnutí kontaktu detektoru se přenese do zabezpečovací ústředny informace o narušení chráněného prostoru. Velkou nevýhodou bývá přerušení vedení nebo poškození svorek a nelze tudíž odhalit případnou sabotáž. Z těchto důvodů se toto zapojení vůbec v zabezpečovací technice nepoužívá. Lepší variantou zapojení je použití rozpínacího kontaktu.

Rozpínací kontakt

Smyčka je neustále hlídána a kontrolována na přerušení. Nevýhodou tohoto řešení je možnost vyblokování celé smyčky tím, že ji zkratujeme. Ke zkratu může dojít například skřípnutím kabelu a nebo i záměrně (sabotáží). V tomto případě se vlastně jedná o překlenutí detektoru.

Většinou se toto připojení používá při připojení požárních detektorů, kde nehrozí úmyslná sabotáž smyčky. Setkáváme se s tímto jednoduchým zapojením i u detektorů bytových alarmů. Není vyloučena nefunkčnost detektoru při zkratu v kabeláži nebo svorkovnici. Proto se používají spíše vyvážené smyčky.

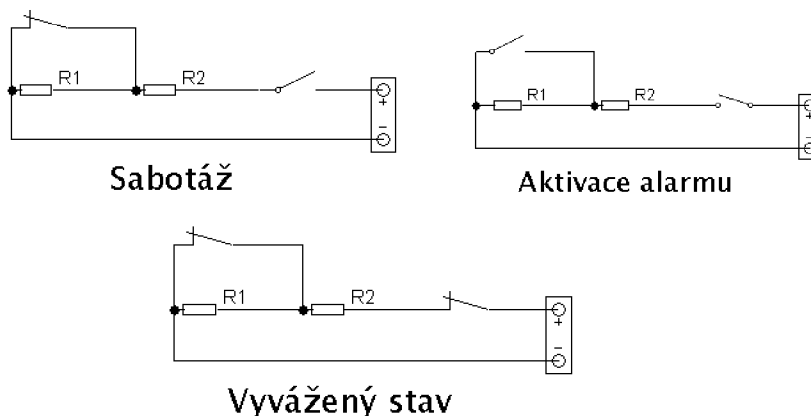
Jednoduše vyvážená smyčka

Používá se většinou tam, kde je zapojeno více detektorů v jedné smyčce. Kontakty jsou pak zapojeny v sérii a vyvažovací odpor je umístěn u nejbližšího kontaktu (v detektoru). Zapojení je jednoduché a průhledné. Nevýhodou je právě to, že je více detektorů v sérii a tedy není přesná identifikace místa aktivace. Pokud bychom tuto přesnou indikaci chtěli mít, spotřebovali bychom jeden detektor smyčky dvě - jednu na indikaci aktivace detektoru, druhou na indikaci sabotáže.

Dvojitě vyvážená smyčka

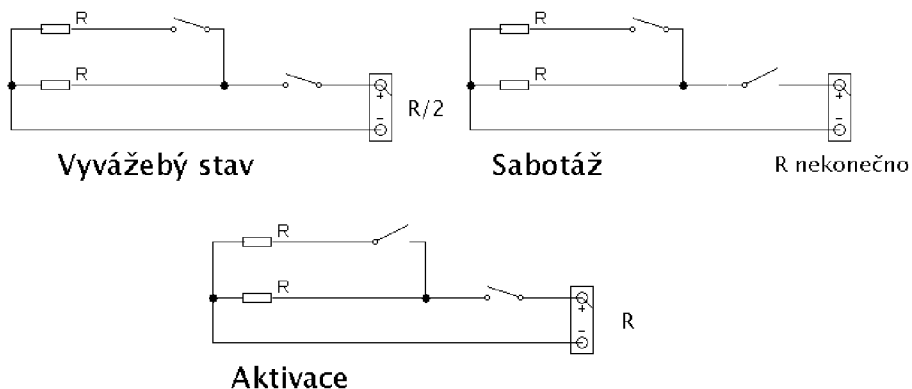
Pokud má ústředna dostatečný počet drátových smyček, pak je výhodné každý detektor připojit na samostatnou smyčku. Smyčka je pak schopna indikovat jak aktivaci tak i sabotáž detektoru případně smyčky. Při zapojení více detektorů do jedné dvojitě vyvážené smyčky se ale zapojení komplikuje. Dvojitě vyváženou smyčku lze zapojit dvěma způsoby (viz. obr.1.1 a obr.1.2).

1. Způsob (sabotáž $R = \text{nekonečno}$, aktivace $R = 2R$, vyvážený stav $R = R$)



Obr. 1.1 Způsob zapojení dvojitě vyvážené smyčky

2. Způsob (sabotáž $R = \text{nekonečno}$, aktivace $R = R$, vyvážený stav $R = R/2$)



Obr. 1.2. Způsob zapojení dvojitě vyvážené smyčky

Ze schématu zapojení je patrné, že se musí lišit hodnota použitých odporů tak, aby byla zachována stejná hodnota na výstupu. V první variantě se hodnota odporu R rovná hodnotě, při které je vstup vyvážen. V druhé variantě se hodnota odporu R rovná dvojnásobku hodnoty, při které je vstup vyvážen.

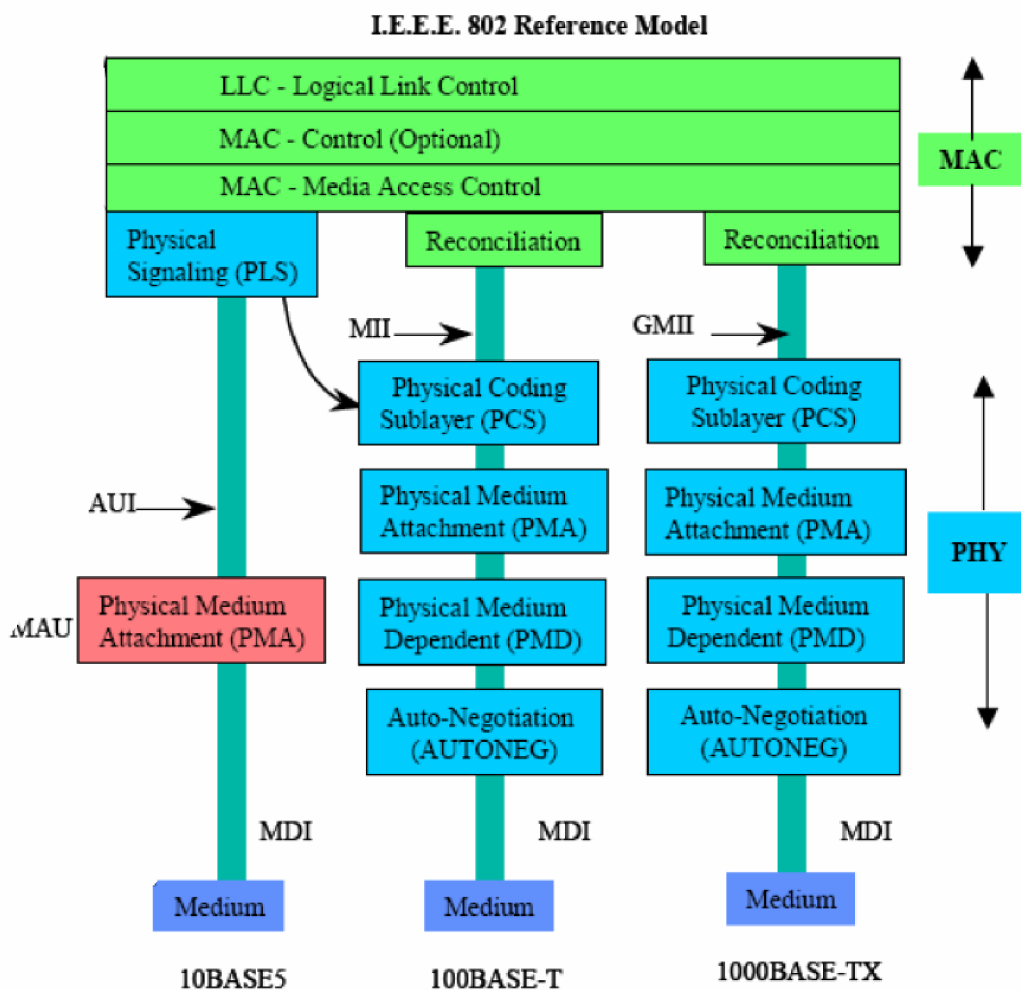
1.3 Ochrana proti otevření krytu a signalizace narušení

Nejběžnějším způsobem pro detekci neoprávněného otevření krytu zabezpečovací ústředny (jednotky) bývá mikrospínač nebo optočlen. Při otevření krytu se mikrospínač rozeprve a ohlásí se vniknutí do zabezpečovací ústředny. V případě použití optočlenu se detekuje světlo, protože v uzavřeném krytu žádné není. Dalším možným řešením je použití tenkého drátku, který je pevně nebo šroubkem spojen s krytem zabezpečovací ústředny. Jeden konec drátku je spojen s mikrokontrolérem a druhý je přiveden buď na nějaké napětí nebo na zemní potenciál. V případě otevření krytu se přeruší elektrický spoj mezi mikrokontrolérem a napěťovým potenciálem a dojde k detekci otevření krytu zabezpečovací ústředny.

Narušení střežených prostorů se signalizuje aktivováním sirény, která jednak ohlašuje narušení prostoru a jednak znepříjemňuje narušiteli jeho činnost. Dalším signalizačním prvkem bývá signální nebo obyčejné světlo, případně SMS nebo email.

1.4 Ethernet

Ethernet obsazuje fyzickou a linkovou vrstvu. Linková vrstva se dále dělí na vrstvu MAC (Medium Access Control) řídící přístup ke sdílenému médiu. Po MAC je vrstva PHY zajišťující kódování, obnovu taktu, kompenzaci přeslechů, apod. MAC komunikuje s PHY přes standardizované čistě digitální rozhraní (AUI, MII, GMII). MAC je tedy čistě číslicový obvod, zatímco PHY je analogověčíslicový systém [12]. Architektura Ethernetu je na obr. 1.3 [12]



Obr. 1.3 Architektura Ethernetu podle standardu IEEE 802.3 (převzato z [12])

1.4.1 Protokoly IPv4 a IPv6

IP-protokol je protokol, umožňující spojit jednotlivé lokální sítě do Internetu. Od protokolu IP dostal také Internet své jméno. Zkratka IP totiž znamená InterNet Protocol, tj. protokol spojující jednotlivé sítě. Později se místo InterNet začalo psát Internet. IP-protokol je tvořen několika dílčími protokoly:

- Vlastním protokolem IP
- Služebním protokolem ICMP sloužícím zejména k signalizaci mimořádných stavů
- Služebním protokolem IGMP sloužícím pro dopravu adresných oběžníků
- Služebními protokoly ARP a RARP, které jsou často vyčleňovány jako samostatné, na IP nezávislé protokoly, protože jejich rámce nejsou předcházeny IP-záhlavím

V IP-protokolu má každé síťové rozhraní alespoň jednu IP-adresu, která je v případě IP-protokolu verze 4 čtyřbajtová, a v případě IP-protokolu verze 6 šestnáctibajtová. K přenosu dat protokolem IP slouží tzv. Datagram.[12]

Fragmentace

IP-datagramy jsou baleny do linkových rámců. Linkové protokoly umožňují přenášet ve svých datových rámcích data pouze do určité maximální velikosti. Tato maximální velikost dat, která lze vložit do jednoho linkového rámce se označuje MTU (Maximum Transfer Unit). Když IP-datagram dorazí na směrovač z něhož směrem k příjemci vede linka, která má menší MTU než je velikost datagramu. Pokud má datagram nastaven příznak DF (nefragmentovat), tak jej směrovač zahodí a odesílatele informuje zprávou ICMP. Pokud je fragmentace povolena, tak pak směrovač dělí delší IP-datagramy na fragmenty, jejichž celková délka je menší nebo rovná MTU následující linky. [12]

Každý IP-datagram má ve svém záhlaví svou identifikaci, kterou dědí i jeho fragmenty. Díky identifikaci příjemce pozná, ze kterých fragmentů má datagram složit. Nikdo jiný než příjemce není oprávněn z fragmentů skládat původní datagram, tj. ani např. směrovač ze kterého vede linka s takovým MTU, do kterého by se celý datagram již vešel. Důvod je prostý, Internet negarantuje, že jednotlivé fragmenty půjdou stejnou cestou (ani negarantuje pořadí v jakém dojdou). Takže směrovač, který by se pokoušel datagram sestavit by mohl být na závadu spojení, protože fragmentů, které by šly jinou cestou by se nikdy nedočkal. [12]

Protokol ICMP

Protokol ICMP je služební protokol, který je součástí IP-protokolu. Protokol ICMP slouží k signalizaci mimořádných událostí v sítích postavených na IP-protokolu. Protokol ICMP svoje datové pakety balí do IP-protokolu, tj. pokud budeme prohlížet přenášené datagramy, pak v nich najdeme za linkovým záhlavím záhlaví IP-protokolu následované záhlavím ICMP paketu. [12]

Protokolem ICMP je možné signalizovat nejrůznější situace, skutečnost je však taková, že konkrétní implementace TCP/IP podporují vždy jen jistou část těchto signalizací a navíc z bezpečnostních důvodů mohou být na směrovačích mnohé ICMP signalizace zahazovány. Záhlaví ICMP-paketu je vždy osm bajtů dlouhé. První čtyři bajty jsou vždy stejné a obsah zbylých čtyř závisí na typu ICMP-paketu. První čtyři bajty záhlaví obsahují vždy typ zprávy, kód zprávy a šestnáctibitový kontrolní součet. Formát zprávy závisí na hodnotě pole Typ. Pole Typ je hrubým dělení ICMP-paketů. Pole Kód pak specifikuje konkrétní problém (jemné dělení), který je signalizován ICMP-protokolem. [12]

Protokol ARP

Chce-li stanice na lokální síti komunikovat protokolem IP s jinou stanicí na téže síti, pak ji v protokolu IP adresuje IP-adresou. IP-datagram musí být zabalen do linkového rámce – např. do ethernetového rámce. K tomu je potřeba linkovou adresu příjemce. Protokol ARP (Address Resolution Protocol) řeší vazbu mezi linkovou a síťovou adresou. [12]

Protokol IPv4

Tento protokol je čtvrtou verzí protokolu IP a zároveň verzí, která se nejvíce rozšířila. Spolu s IPv6 vytvářejí základ pro komunikaci v rámci sítě Internet. Jde o datově orientovaný protokol, který je používán v sítích s přepojováním paketů (např. Ethernet). Jde o protokol přepravující data bez záruky, tj. negarantuje ani doručení ani zachování pořadí ani vyloučení duplicit. Zajištění těchto záruk je ponecháno na vyšší vrstvě, kterou představuje protokol TCP. Stejně tak je na vyšší vrstvě ponechána kontrola integrity dat, protože IPv4 datagram nese pouze informaci o kontrolním součtu hlavičky datagramu se služebními údaji. Datagram IPv4, který zobrazuje tab.1.1, obsahuje hlavičku se služebními údaji nutnými pro přepravu a za ní následují data. Konec hlavičky je zarovnán na násobek čtveřice bajtů pomocí výplně (anglicky padding).[9]

Dne 3. února 2011 byly rozděleny na konferenci v Miami poslední bloky adres protokolu IPv4, čímž došlo k jejich vyčerpání.

IP-Datagram IPv4

IP-Datagram protokolu IPv4 je zachycen v tab.2.1 a níže je jeho popis.

Tab. 1.1 IP-datagram IPv4 (převzato z [9])

Bajty	0		1	2	3
Bajt 0 až 3	Verze	Délka hlavičky	Typ služby	Celková délka	
Bajt 4 až 7	Identifikace			Příznaky	Offset fragmentu
Bajt 8 až 11	TTL		Protokol	Kontrolní součet hlavičky	
Bajt 12 až 15	Adresa odesílatele				
Bajt 16 až 19	Adresa cíle				
Bajt 20 až 23	Volby				Výplň
...	Data				

Verze určuje, zda se jedná o protokol IPv4 nebo IPv6.

Délka hlavičky je rozdílná dle použitého protokolu. Pro IPv4 je čtyřbajtová.

Typ služby slouží pro specifikaci kvality přenosu IP-datagramu

Celková délka obsahuje celkovou délku IP-datagramu v bajtech.

Identifikace obsahuje identifikaci IP-datagramu, kterou do IP-datagramu vkládá operační systém odesílatele.

Příznaky slouží pro řízení fragmentace. Jsou definovány příznaky *More fragments* a *Don't fragment*, přičemž příznak *More fragments* znamená, že datagram není posledním fragmentem a příznak *Don't fragment* znamená, že fragmentace je zakázána.

Offset fragmentu udává, na jaké pozici v původním datagramu začíná tento fragment. Jednotkou je osm bajtů.

TTL (Time To Live) představuje ochranu proti zacyklení. Každý směrovač zmenší tuto hodnotu o jedničku (případně o počet sekund, které datagram ve směrovači strávil, pokud zde čeká déle). Pokud tím TTL nabude hodnotu nula, datagram zahodí, protože vypršela jeho životnost.

Protokol určuje, kterému protokolu vyšší vrstvy se mají data předat při doručení.

Kontrolní součet hlavičky slouží k ověření, zda nedošlo k poškození. Počítá se pouze z hlavičky a pokud nesouhlasí, datagram bude zahozen.

Adresa odesílatele je IP adresa síťového rozhraní, které datagram vyslalo.

Adresa cíle je IP adresa síťového rozhraní, kterému je datagram určen.

Volby jsou různé rozšiřující informace či požadavky. Například lze předepsat sérii adres, kterými má datagram projít. Volby obvykle nejsou v datagramu použity (v tabulce jsou barevně odlišeny).

Výplň nenese žádnou informaci, ale slouží k zaokrouhlení délky hlavičky na násobek čtyř bajtů, pokud jsou použity volby uvedené výše.

Data obsahují přepravovaná data [9].

Adresování

Základem pro adresování v protokolu IP je IP-adresa, která je v protokolu IPv4 32 bitová a je tvořena čtyřmi bajty. IP-adresu má každé rozhraní stanice a směrovače. IP-adresa se zapisuje „tečkovou“ notací, kde jednotlivé bajty se mezi sebou oddělují tečkou. Skládá se z adresy sítě a adresy počítače v síti. Počet možných IP adres rozhraní v síti je vždy $2^n - 2$, kde n je počet bitů tvořících adresu počítače. Z důvodu možnosti dělení sítí na menší podsítě se používá síťová maska, která určuje hranice uvnitř adresy [9].

Protokol IPv6 [10]

Tento protokol je nástupcem protokolu IPv4. Oproti IPv4 přináší velké rozšíření adresního prostoru a zdokonalení schopnosti přenášet vysokorychlostně data. Pro používání IPv6 není ze strany uživatele v moderních operačních systémech nutná žádná speciální příprava, ale je nutné, aby správce lokální sítě provedl příslušná nastavení aktivních prvků (routery) a aby IPv6 podporoval též poskytovatel internetového připojení. Vinou vadných aplikací však může při aktivaci IPv6 dojít k nedostupnosti některých služeb.

Starší protokol IPv4 poskytuje omezený adresní prostor – teoreticky 232 adres (cca $4 \times 10^9 = 4$ miliardy adres), prakticky však mnohem méně, protože adresy jsou sdružovány kvůli snadnějšímu směrování do podsítí (viz maska sítě). Protokol IPv4 též nevyhovuje současnému nárůstu přenosových rychlostí (zejména kvůli přenosu multimediálních dat – videokonference, internetová televize, telefonování po internetu atd.).

IPv6 nahrazuje formát IP datagramů, které jsou zodpovědné za vlastní přenos dat. Díky vrstevnaté struktuře rodiny protokolů TCP/IP, které Internet používá, bude nahrazena pouze síťová přenosová vrstva – tj. IP datagramy. IP-datagram je zachycen

tabulkou tab.1.2. Všechny vyšší protokoly mohou zůstat nedotčeny (UDP, TCP a tedy i jejich nadstavby HTTP, FTP atd.). K navazujícím nutným změnám dojde tedy pouze v omezeném souboru protokolů (např. DHCP, ICMP apod.).

Hlavní změna, kterou přináší IPv6, je daleko větší adresní prostor, což umožňuje větší pružnost při přidělování adres. Je odstraněna potřeba použití překladu síťových adres (NAT), která byla zavedena kvůli vyčerpání adresního prostoru IPv4. Zjednodušuje otázku přidělování adres a přečíslování při změně poskytovatele připojení. Při návrhu IPv6 však nebylo záměrem přiřadit stálou adresu každému člověku či počítači (část adresy se při změně poskytovatele připojení změní).

Vysoký počet adres umožňuje hierarchické uspořádání, což zjednodušuje směrování a přečíslování. Pro protokol IPv4 byly vyvinuty mnohdy složité techniky CIDR pro co nejlepší využití omezeného adresního prostoru. Přečíslování při změně poskytovatele připojení může být velmi obtížné, jak je diskutováno v RFC 2071 a RFC 2072. Nicméně, s IPv6 se přečíslování stává téměř automatickým, jelikož identifikace hostů jsou odebrány z identifikátoru poskytovatele připojení. Existují oddělené adresní prostory pro poskytovatele připojení a pro klienty - ty jsou „nedostatečné“ v bitech adresního prostoru, ale velmi efektivní pro provozní záležitosti, jako například změna poskytovatele připojení [10].

Adresování

Hlavní změnou oproti protokolu IPv4 je délka IP-adresy, která je nyní 128 bitů. IPv6 adresy se obvykle zapisují jako osm skupin čtyř hexadecimálních číslic. Například 2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7334 je platná adresa IPv6. Pokud je jedna nebo více ze čtyřčlenných skupin 0000, nuly mohou být vynechány a nahrazeny dvěma dvojtečkami (::). Libovolný počet po sobě následujících skupin 0000 může být nahrazen dvěma dvojtečkami, pokud se v adrese toto nahrazení vyskytuje pouze jednou.

IP Datagram [11]

Hlavička tohoto datagramu (viz. tab.1.2) je jednodušší než u IPv4, což umožňuje její rychlejší zpracování. Z IP-datagramu byl odstraněn kontrolní součet CRC a je nyní nutné, aby kontrolní součet prováděly směrovače.

Tab. 1.2 IP-datagram IPv6 (převzato z [11])

	Bitý 0 - 3	4 - 7	8 - 11	12 - 15	16 - 19	20 - 23	24 - 27	28 - 31
0	Verze	Třída provozu	Značka toku					
32	Délka dat			Další hlavička		Maximum skoků		
64	Adresa odesílatele							
96								
128								
160								
192	Cílová adresa							
224								
256								

288	
320	Data
...	

Verze je verze protokolu, která je nyní 6.

Třída provozu: Význam není pevně definován, obecně má sloužit pro služby s definovanou kvalitou (podobně jako TOS v IPv4).

Značka toku: Koncepce toků má umožnit optimalizaci směrování pro sled datagramů tvořících jeden logický celek (např. přenos souboru z jednoho místa na druhé). Přesný význam opět dosud nebyl definován.

Délka dat: Délka datagramu, ovšem nepočítá se do ní úvodní 20B hlavička.

Další hlavička: Rozšiřující prvky jsou v IPv6 přesunuty do rozšiřujících hlaviček, které se v případě potřeby připojují za základní hlavičku. Jsou zřetězeny položkami Další hlavička, které vždy identifikují typ následující hlavičky. Poslední hlavička pak v této položce nese informaci o protokolu vyšší vrstvy, kterému mají být data předána při doručení. Pokud tedy datagram žádné rozšiřující hlavičky nemá, hned základní hlavička v této položce stanoví protokol vyšší vrstvy.

Maximum skoků: Životnost datagramu. Stejně jako u TTL v IPv4 zde každý směrovač zmenší hodnotu o jedničku a dojde-li do nuly, datagram zahodí.

Adresa odesilatele: IPv6 adresa počítače, který datagram vyslal.

Cílová adresa: IPv6 adresa stroje, kterému je datagram určen.

1.5 Napájení zdrojem PoE

Napájení přes Ethernet PoE je standardizováno mezinárodním standardem, který má označení IEEE 802.3af. Tento typ se liší od návrhu firmy Cisco. Mnoho současných zařízení využívá napájení podle obou standardů, 802.3af i Cisco. Druhý z uvedených je však podporován jen z důvodů zpětné slučitelnosti a v současnosti je zastaralý, protože 802.3af ho plně nahrazuje.

IEEE 802.3af umožňuje napájet ethernetová zařízení pomocí stávající kabeláže CAT5 a podporuje i gigabitový ethernet. Chceme-li ho však používat, musíme rovněž dodržovat požadavky na napáječ a spotřebič.

V případě starších zařízení se napájení PoE řeší přes volné párové vodiče a toto zapojení není možné použít pro gigabitové sítě. Standard ale definuje možnosti napájení ethernetových zařízení prostřednictvím datových vodičů stávající kabeláže CAT5 bez nutnosti použití přídatných napájecích zdrojů či síťových adaptérů na straně napájeného zařízení. Aktivní prvky podporující standard IEEE 802.3af jsou stále velmi drahé a těžko dosažitelné, používají se integrované obvody (PSE + PD) umožňující jednoduchou realizaci napájení plně podporujícího PoE, které jsou snadno dostupné již nyní. [3]

Základní vlastnosti PoE dle standardu IEEE 802.3af

- Napětí 44 - 57 V
- Maximální proud 550 mA
- Maximální zapínací proud 500 mA
- Typický proud 10 - 350 mA
- Detekce přetížení 350 - 500 mA
- Odběr v klidovém stavu maximálně 5 mA

1.5.1 Zapojení Power over Ethernet

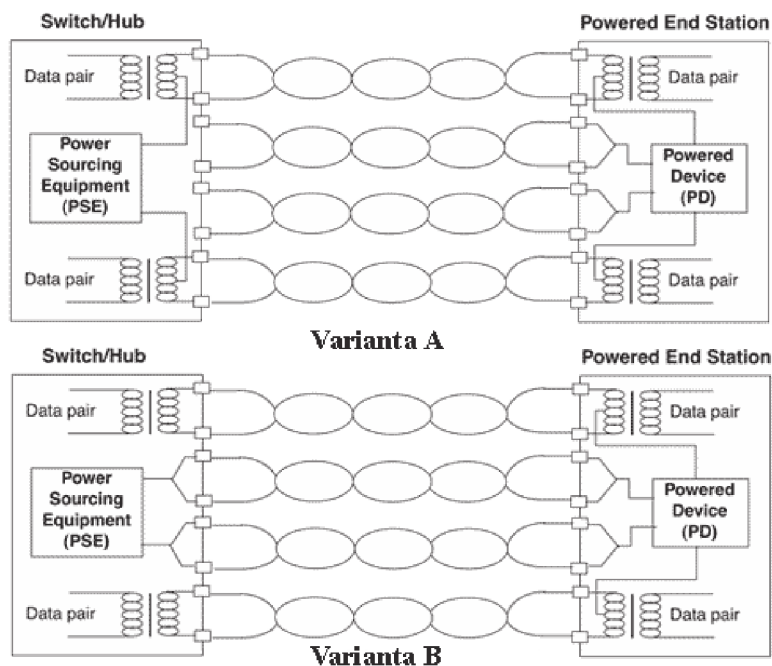
PoE lze rozdělit na dvě části. Jednou je napájecí zdroj, neboli PSE (Power Sourcing Equipment) tvořící řídicí prvek PoE, a druhým je zdroj napájeného spotřebiče, označovaný jako PD (Powered Device). Obě zařízení spolu musí komunikovat tak, aby byl zajištěn nejen dostatečný přísun proudu, ale současně ochrana jak napájeného zařízení, tak napájecího zdroje. Zatímco PSE poskytuje napájecí napětí a řídí komunikaci, úkolem PD je vlastní identifikace na základě požadavků PSE a současně obsluha, resp. zapínání a vypínání spotřebiče [3].

PSE se rozděluje na dva druhy:

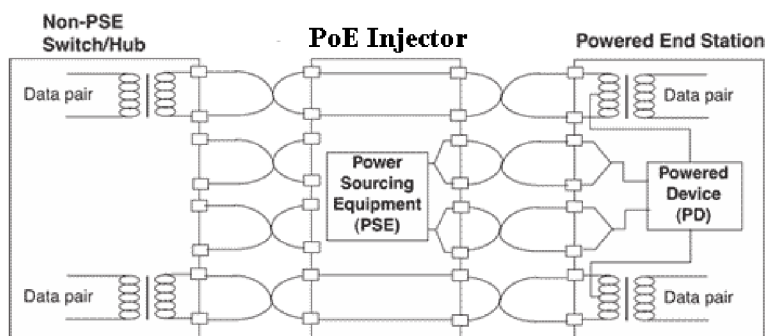
1. Interní PSE
2. Externí PSE

Interní PSE je integrováno do moderních a drahých aktivních síťových prvků (routery a switche). Jako externí PSE se používá tzv. PoE Injector, který se zapojuje mezi aktivní prvek bez interní PSE a napájené zařízení PD. K PoE Injectoru je zapotřebí připojit externí napájecí zdroj. Toto zapojení je znázorněno ve schématu v obrázku obr. 1.5. Výstupní napětí bývá podle standardu u interní PSE 44 V až 57 V a pro jeho snížení se používá PoE Splitter, který snižuje napětí na nastavené. Jiným řešením je použití DC měniče, které jsou určeny pro napájení přes PoE, uvnitř napájeného zařízení. Výstupní napětí u externí PSE záleží na použitém PoE Injectoru. [9]

Varianta A v obr. 1.4 znázorňuje napájení po datových vodičích, což znamená, že jsou využívány dva páry vodičů a napájení je připojeno na středy vinutí oddělovacích transformátorů. Ve Variantě B v obr. 1.4 se využívá napájení po volných vodičích z aktivních prvků, kde je kladné i záporné napětí přenášeno po dvou nevyužívaných párech vodičů. Při použití PoE Injectoru je aktivní prvek spojen s napáječem, který doplní napájecí napětí a znovu vyvede všechny vodiče na výstupní konektor.



Obr. 1.4 Schéma zapojení napájeného zařízení k aktivnímu prvku s interní PSE [2]



Obr. 1.5 Schéma zapojení napájeného zařízení k aktivnímu prvku bez interní PSE [2]

1.5.2 Komunikace mezi zařízeními

Aby nebylo třeba digitálního přenosu v analogového systému, byl definován režim činnosti obou zařízení, který umožňuje komunikaci v analogové rovině. Jedinou podmínkou je, že obě zařízení musí plně odpovídat standardu IEEE 802.3af. Komunikace pak probíhá na základě jednoduchého modelu:

1. Detekce zařízení odpovídající PoE
2. Určení výkonové třídy napájeného zařízení
3. Aktivace napájecího zdroje napájeného zařízení
4. Napájení
5. Klidový režim

Jednotlivé režimy jsou znázorněny tabulkou tab.1.3.

Tab. 1.3 Napětí PSE a PD pro jednotlivé režimy činnosti (převzato z [3])

Rozsah napětí PSE [V]	Rozsah napětí PD [V]	Režim	Popis
2,8 - 10,0	2,7 - 10,1	Detekce	PSE testuje přítomnost 25kΩ rezistoru
15,5 - 20,5	14,5 - 20,5	Identifikace třídy	PSE měří proud identifikující napájecí třídu
30,0 - 44,0	30,0 - 42,0	Aktivace PD	PD ve stavu UVLO, nabíjí se překlenovací kondenzátory
44,0 - 57,0	36,0 - 57,0	Napájení	Koncové zařízení je plně napájeno
0,0 - 2,8	-	Klid	Výstup PSE je odpojen

Detekce zařízení PoE

Detekce zařízení komunikujících dle standardu Power Over Ethernet probíhá na bázi měření terminačního odporu, který je pro standard PoE 25 kΩ přičemž zatěžovací kapacita nesmí překročit 120 nF [3].

Napájecí zdroj PSE použít do obvodu stejnosměrné napětí v rozsahu 2,8 ÷ 10 V. Je-li na straně spotřebiče detekován terminační (zatěžovací) rezistor v rozmezí 24,1 ÷ 26 kΩ, je zařízení považováno za odpovídající IEEE 802.3af a začíná druhá fáze identifikace napájeného zařízení spočívající v detekci napájecí třídy [3].

Detekce zařízení komunikujícího dle PoE musí probíhat nezávisle na polaritě napájecího napětí, což je ve většině případů řešeno diodovým usměrňovacím můstkem řešícím problematiku polaritě pro případ záměny datových vodičů a délka měření nesmí překročit 500 ms, aby nedošlo k přetížení napájecího zdroje. Není-li terminační odpor součástí speciálního integrovaného obvodu řešícího všechny funkce náležející PD, zapojuje se rezistor bezprostředně za usměrňovací můstek, zatímco ostatní obvody jsou odděleny elektronickým spínačem eliminujícím vliv filtračních kapacit. Ačkoli tedy terminační rezistor představuje trvalou zátěž, vzhledem k velkému odporu je jeho odběr zanedbatelný (2 mA při 48 V) [3].

Zjištění výkonové třídy

Standard Power Over Ethernet definuje čtyři, respektive pět výkonnostních tříd napájených spotřebičů, lišících se maximálním povoleným příkonem, viz tab. 1.4. Zatímco třídy 1 až 3 definují konkrétní povolené mezní příkony, třída 4 odpovídá mezním výkonem třídy 3 nebo 0 a je ve specifikaci uváděna jen jako rezerva do budoucnosti. Třída 0 je považována za výchozí a je nastavena v případě, kdy je detekováno zařízení odpovídající standardu PoE, avšak není známa jeho třída, respektive spotřebič tuto informaci neposkytuje [3].

Tab. 1.4 Výkony, příkony a identifikační proudy pro jednotlivé výkonové třídy (převzato z [3])

Třída	Proud [mA]	Max. příkon PD [W]	Max. výkon PSE [W]	Popis
0	0 - 4	12,95	15,4	Neznámý příkon, PD se neidentifikoval
1	9 - 12	3,84	4,0	Nízký příkon PD
2	17 - 20	6,49	7,0	Střední příkon PD
3	26 - 30	12,95	15,4	Vysoký nebo plný příkon PD
4	36 - 44	12,95	15,4	Vyhrazeno pro budoucí použití

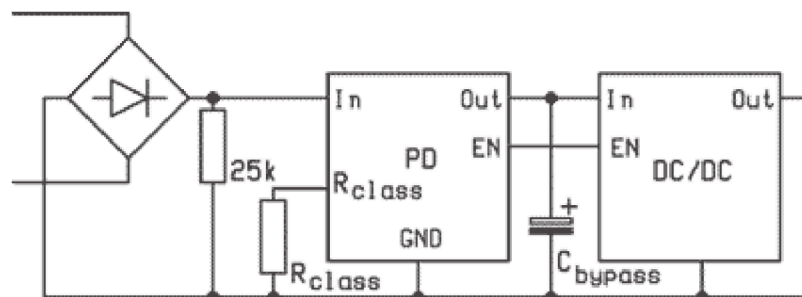
Identifikace výkonové třídy napájeného zařízení probíhá měřením proudu tekoucího ze zdroje při napětí $15,5 \div 20$ V. Je-li proud menší než 4 mA, je zařízení považováno za neznámé, a je-li spotřeba větší než 44 mA, je detekováno jako nepovolené a proces spouštění je ukončen, respektive vrací se na bod detekce zařízení PoE.

Díky velkému identifikačnímu proudu a tedy i velké výkonové ztrátě v PSE i PD je délka měření omezena na 75 ms, během které buď dojde ke zjištění výkonové třídy, nebo PSE přejde zpět do stavu detekce zařízení PoE. Vzhledem k omezení doby identifikace by proto na straně PD neměla obvodům vytvářejícím identifikaci třídy předcházet větší filtrace napájecího napětí (nF-jednotky μ F).

Aktivace PD

Je-li určena výkonová třída spotřebiče, zvýší se napájecí napětí na hodnotu $30 \div 44$ V označovanou jako UVLO. Ta je signálem pro zdroj v napájeném zařízení, aby uvolnil výstup napájecího napětí.

Režim aktivace je vhodný zejména pro nabití překlenovacího kondenzátoru, jehož úkolem je omezit okamžitý proudový odběr spotřebiče po jeho připojení, a který, pokud by překračoval povolené proudové limity pro danou třídu, by napájecí zdroj mohl vyhodnotit jako zkrat po kterém by následovalo opětné odpojení napájení. V režimu aktivace je povolen krátkodobý pokles napětí pod dolní prahovou mez, aniž by došlo ke vzniku nežádoucího kmitání. Je-li po této době napětí v povoleném rozsahu, přejde PSE do provozního stavu. Dle IEEE 802.3af může režim aktivace trvat až 50 ms což odpovídá cca 180 μ F, v praxi se však setkáme i se zařízeními s delším intervalem. Zapojení PD je na obr.1.6.



Obr. 1.6 Blokové schéma zapojení PD (převzato z [3])

Proudový režim [3]

V případě úspěšného ukončení aktivační fáze poskytne PSE plné napájecí napětí, a které je signálem pro PD k zapnutí napájeného zařízení. PD by neměl povolit zapnutí zařízení, pokud je napájecí napětí nižší než 36 V na PD, resp. 44 V z PSE. Zatímco u zařízení s nízkým příkonovým charakterem odporové zátěže lze ovládnutí zařízení zdrojem vypustit, zejména v případě měničů napětí náchylných ke zvýšení odběru při nižším vstupním napětím je zapínání pomocí PD nezbytné, aby nedošlo k překročení povolených proudových limitů.

V provozním režimu jsou sice povoleny nárazově vyšší proudové odběry, avšak jejich délka nesmí překročit 50 ms, jinak dojde k odpojení napájecího napětí z PSE. Naopak je stanoven minimální vyžadovaný odběr proudu, který nesmí poklesnout pod 10 mA (cca 0,5 W). Pokud se tak stane, PSE vyhodnotí tento stav jako odpojení spotřebiče a přeruší dodávku proudu. V aplikacích s nízkým příkonem lze potřebu minimálního proudu redukovat použitím krátkodobých proudových odběrů označovaných jako MPS (Maintain Power Signature), při kterých je minimální proud 10 mA odebírán po nejméně 75 ms, po kterých může následovat až 250 ms snížené spotřeby.

Klidový režim [3]

Klidový režim se týká pouze napájecího zdroje a je definován napětím $0 \div 2,8$ V. Jedná se o možnou zbytkovou hodnotu napětí pocházejícího z PSE, na které nesmí PD reagovat. Klidový stav nastává v okamžiku, kdy není PSE schopen detekovat zařízení odpovídající standardu PoE.

1.5.3 Zvláštní požadavky na napájecí zdroj

Jak již bylo zmíněno výše, Power over Ethernet začíná PSE detekujícím zařízením vyhovujícím PoE, napájecí třídu a aktivujícím a napájecím koncová zařízení vybavená PD. Kromě toho však PSE musí vědět, zda-li má k dispozici spotřebičem požadovaný výkon a v případě že nikoliv, nesmí připustit přetížení napájecího zdroje. Proto jsou speciální integrované obvody používané v PSE navíc vybaveny vstupy pro nastavení maximálního povoleného přenášeného výkonu. V případě víceportových PSE pak může být toto nastavitelné celkové omezení PSE, nebo jednotlivě pro každý port zvlášť [3].

PSE se dělí na dva druhy:

1. jako součást aktivního ethernetového prvku
2. jako obvod (PoE Injector) vložený mezi aktivní prvek a koncový bod

1.6 Baterie a jejich nabíjecí charakteristiky

1.6.1 Baterie

Baterie Ni-Cd

Jsou to baterie charakteristické dobrým výkonem a jsou používány pro výkonovější aplikace nebo při nízkých teplotách. Ve srovnání s bateriemi Ni-Mh mají delší životnost a při uchovávání déle vydrží. [13]

Baterie Ni-Mh

Tyto baterie jsou nejpobulárnější pro používání v digitálních přístrojích a přehrávačích mp3 a mp4. Ve srovnání se starší generací Ni-Cd jsou charakterizovány rychlejším samovybíjením a kratší životností, ale mají cca o 30 % více kapacity. Charakterizují se také větší hustotou energie (teoreticky 50 %, prakticky cca jen 25 %). Výhodné cenově. Nabíjet se můžou pouze tehdy, až se úplně vybijou, tím se omezuje paměťový efekt, který zkracuje životnost akumulátorů. [13]

Baterie Ni-MH nové generace

Zdokonalená technologie vytváření článku Ni-Mh nové generace dovolila zminimalizování efektu samovybíjení. Vznikly baterie univerzální, které mohou s úspěchem nahrazovat standartní alkalické baterie, okamžitě připravené k užívání.

Baterie Li-Ion

Tyto baterie mají ve srovnání s bateriemi Ni-Mh 3x větší kapacitu, ale musíme také počítat s tím, že jsou značně dražší. Lze je ale dobíjet kdykoliv, bez paměťového efektu. Mají vyšší životnost. [13]

Baterie Li-Pol

Tyto baterie mají podobné vlastnosti jako baterie Li-Ion. Mohou být jen ještě menších a jednodušších rozměrů, díky čemuž se pak skvěle hodí do mobilních telefonů, přenosných přehrávačů, kamer. [13]

Baterie Pb

Tyto baterie existují ve dvou variantách. Existují uzavřené se zaplavenými elektrodami (klasická uzavřená baterie) a řízené ventilem (bezúdržbové). Baterie řízené ventilem se pak dále dělí na AGM a gelové.

1.6.2 Nabíjecí charakteristiky

Pro každý typ baterie, která lze nabíjet, existují vhodné nabíjecí charakteristiky. Existují tři základní typy nabíjecích charakteristik, ale většinou se používají kombinovaně.

Nabíjecí charakteristika I, případně Ia [7]

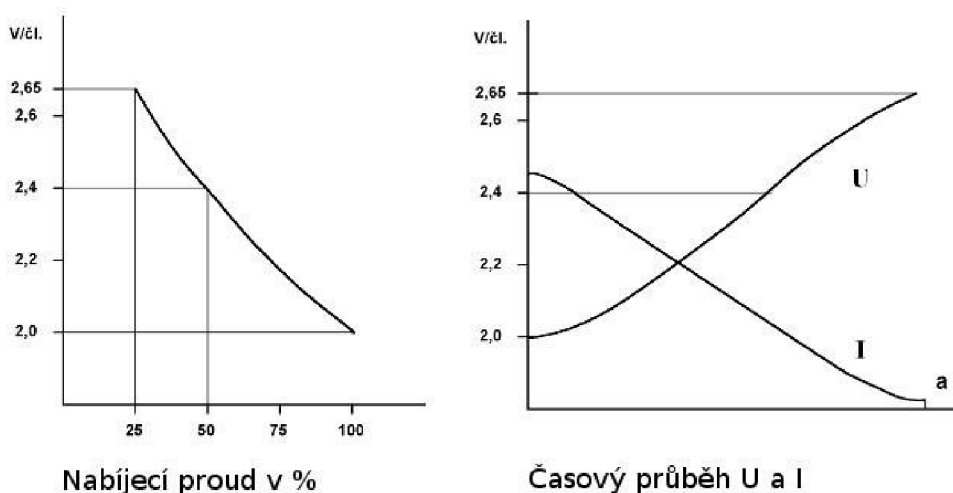
Baterie se nabíjí od počátku konstantním proudem a ručně (I) nebo automaticky (Ia) se vypíná. Nabíjení může být ukončeno buď uplynutím nastaveného času, dosažením určité hladiny napětí nebo dodáním potřebného počtu Ah.

Používá se pro:

- nabíjení malých olověných akumulátorů
- NiCd akumulátorů
- Nabíjení a uvádění do činnosti stříbrozinkových akumulátorů. Regulace ruční nebo automatická s vypnutím při dosažení konečného nabíjecího napětí.
-

Nabíjecí charakteristika W, případně Wa [7]

Během nabíjení proud se stoupajícím napětím stále klesá až na ustálenou hodnotu (konečný nabíjecí proud) a vypíná se ručně (W) nebo automaticky (Wa). Nabíječe s touto charakteristikou většinou nejsou regulované, velikost proudu je proto silně závislá na kolísání síť střídavého napětí a to tím více, čím je charakteristika - tvořená složitými výpočty transformátoru - strmější (mnohdy až o $\pm 20\%$). Nabíjecí charakteristika je na obr.1.7.

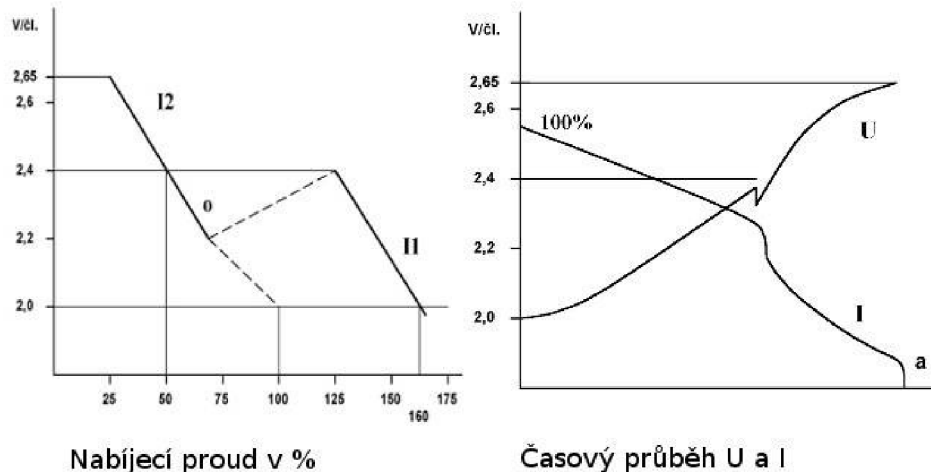


Obr. 1.7 Nabíjecí charakteristika W [7]

Této nabíjecí charakteristiky se využívá pro nabíjení malých olověných akumulátorů, trakčních baterií a baterií NiCd.

Nabíjecí charakteristika WoWa a WoW [7]

Nabíjí se ve dvou stupních s počátečním proudem vyšším než v předchozí charakteristice. Proud se stoupajícím napětím baterie klesá a po dosažení plynovacího napětí je redukován na nižší, opět klesající proud. Ukončení nabíjení je buď po uplynutí nastaveného času a po překročení plynovacího napětí ve druhé části nabíjení nebo moderněji po dodání potřebného počtu Ah [7]. Nabíjecí charakteristika je na obr.1.8.



Obr. 1.8 Nabíjecí charakteristika WoWa [7]

Používá se při nabíjení olověných akumulátorů.

Nabíjecí charakteristika U [7]

Nabíjení začíná s vysokým počátečním proudem, který poklesne v průběhu nabíjení na nižší hodnoty. Vysoký počáteční proud způsobí rychlé ohřátí elektrolytu, které opět poklesne s klesajícím proudem. Plynovací napětí nesmí být překročeno o více než 1 %.

Tento způsob nabíjení umožňuje nabíjet více baterií stejného druhu o stejném jmenovitém napětí v paralelním zapojení. Podmínkou je, že tyto baterie jsou v dobrém stavu a nevyžadují individuální ošetření. Nabíjecí zařízení musí mít velký výkon a přesnou regulaci napětí. V praxi se moc nepoužívá, neboť zdroje, které mají regulaci napětí mají současně i regulaci proudu.

Nabíjecí charakteristika IU nebo WU [7]

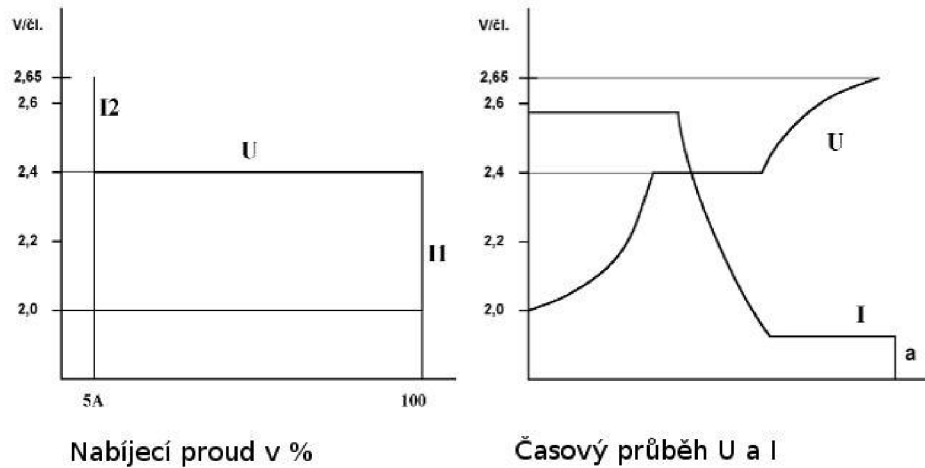
Nabíjí se ve dvou úsecích. V prvním úseku se nabíjí vysokým, avšak omezeným proudem, konstantní hodnoty. Nebo s mírně klesající charakteristikou. Ve druhém úseku se nabíjí s konstantním plynovacím napětím. Tento způsob umožňuje nabíjet více baterií o stejném jmenovitém napětí v paralelním zapojení. Od předešlé nabíjecí charakteristiky se liší omezením maximálního proudu, nevyžaduje tedy nabíjecí zařízení tak velkého výkonu.

Nabíjecí charakteristika IUW [7]

Nabíjení je shodné s předešlou charakteristikou. Avšak ke konci nabíjení se zvyšuje napětí pro zkrácení nabíjecí doby. Zde je nutno dodržet, aby konečný nabíjecí proud nebyl větší než 0,02C.

Nabíjecí charakteristika IUa [7]

Nabíjí se ve třech stupních. V prvním stupni se baterie nabíjí konstantním proudem až do plynovacího napětí. Ve druhém stupni, při konstantním plynovacím napětí, klesá proud. Ve třetím stupni se nabíjí konstantním proudem při stoupajícím napětí až do úplného nabití. Ukončení nabíjení je buď po uplynutí nastaveného času ve třetí fázi nabíjení, např. 3 hodiny nebo moderněji po dodání potřebného počtu Ah Nabíjecí charakteristika je na obr.1.9.



Obr. 1.9 Nabíjecí charakteristika IU1a [7]

Nabíjení podle této charakteristiky umožňuje nabíjení olověných trakčních baterií v co možná nejkratším čase, možnost teplotní kompenzace a dále je možno použít automatické doplňování destilované vody v průběhu nabíjení.

Nabíjecí charakteristika IUoU [7]

Nabíjí se ve třech úsecích. V prvním úseku se nabíjí vysokým, ovšem omezeným proudem konstantní hodnoty. Ve druhém konstantním napětím. Ve třetím úseku se po dostatečném stupni nabití sníží napětí na udržovací hodnotu, zpravidla kompenzovanou teplotou a to jak nabíjené baterie, tak i teplotní kompenzací vůči okolnímu prostředí [7].

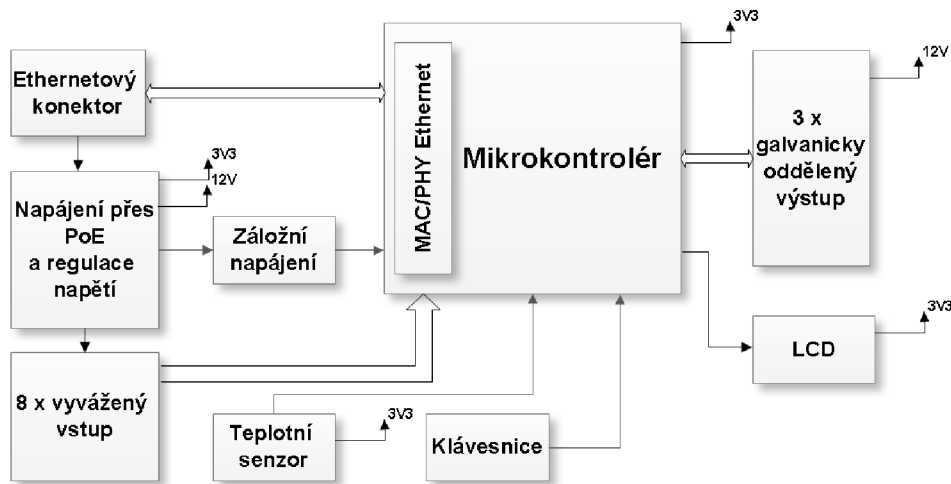
Tento způsob nabíjení umožňuje v co nejkratším čase dobít po výpadku napájení baterií na plnou kapacitu. Nabíjení probíhá často při paralelním odběru zálohovaného zařízení, ovšem za dodržení podmínky přípustných maximálních zvlnění napětí a proudu.

2 NÁVRH HARDWARU ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY

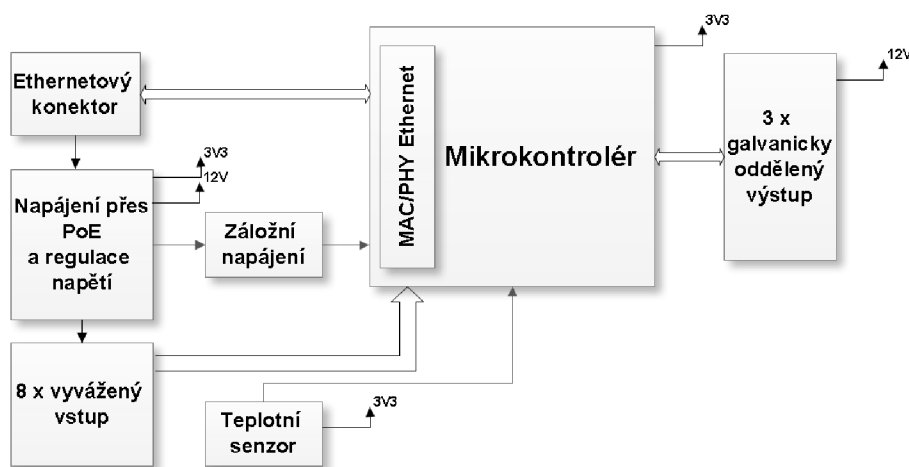
2.1 Blokové schéma zabezpečovací jednotky

2.1.1 Blokové schéma vnitřní a venkovní jednotky

Navrhovaný zabezpečovací systém bude mít dvě samostatné jednotky. První jednotka s názvem „Vnitřní zabezpečovací jednotka“ bude umístěna někde uvnitř domu. Druhá jednotka s názvem „Venkovní zabezpečovací jednotka“ bude umístěna vně domu, ale stále ve střeženém prostoru jako je například zahrada, dvůr, samostatná garáž. Blokové schéma jednotek je zobrazeno na obr. 2.1. a obr. 2.2. Obě jednotky lze ale také naprogramovat jako samostatné pro více okruhů.



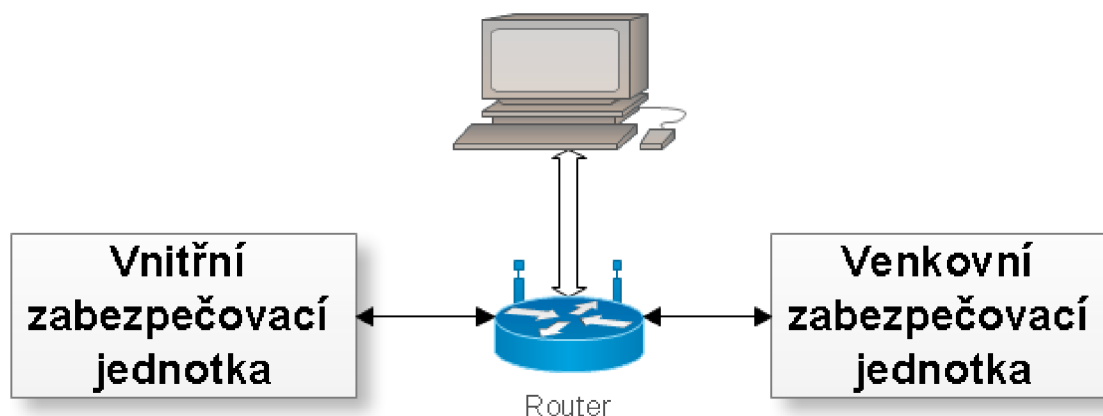
Obr. 2.1 Blokové schéma vnitřní jednotky



Obr. 2.2 Blokové schéma venkovní jednotky

Jádrem obou prototypů zabezpečovacích jednotek je 32-bitový mikrokontrolér LM3S6537 s jádrem Cortex-M3 od firmy Texas Instruments, jehož velkou výhodou je implementované ethernetové rozhraní MAC a fyzická vrstva PHY. Mikrokontrolér je napájen napětím 3,3 V. Pro možnosti ladění má implementované rozhraní JTAG. Mikrokontrolér bude komunikovat s PC přes ethernetové rozhraní připojené do ethernetového konektoru. Pro možnost deaktivace spouštěcí sekvence alarmu je k mikrokontroléru ve vnitřní zabezpečovací jednotce připojena maticová klávesnice a alfanumerický LCD display. Spouštěcí sekvence alarmu lze navíc deaktivovat příkazem z řídicího PC, který nemusí být stále připojen, nebo připojenou maticovou klávesnicí. Obě jednotky obsahují několik definovaných vstupů využívající dvojitého vyvážení pro zjištění aktivace alarmu a případné sabotáže. Výstupy jsou odděleny galvanickou vazbou a je možné na ně připojit sirénu, nebo jiný signalizační prvek, který odradí narušitele nebo jinak ohlásí narušení objektu. Napájení jednotek je řešeno přes PoE s využitím pasivních PoE Injectorů a DC/DC měničů. V případě výpadku hlavního napájení se přepne na záložní zdroj, který napájí celou zabezpečovací jednotku, aby se neztratily konfigurační data a jednotka mohla ještě nějakou dobu, která záleží na kapacitě záložního akumulátoru, fungovat bez omezení. Dodatečným senzorem jednotek je digitální senzor teploty.

2.1.2 Blokové schéma zabezpečovacího systému



Obr. 2.3 Blokové schéma celého systému

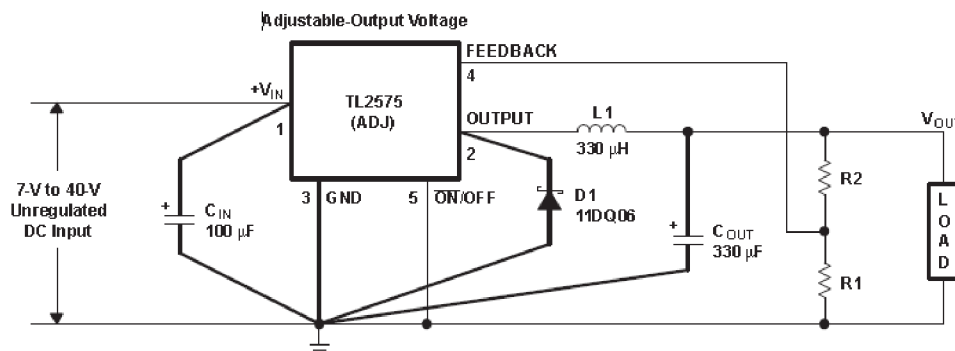
Obě zabezpečovací jednotky budou komunikovat s PC skrze router (viz. obr. 2.3), ke kterému budou připojeny. Router bude též zajišťovat komunikaci mezi jednotkami navzájem. Přes PC se bude nastavovat konfigurace jednotek, správa hesel a ukládání informací o narušení a druhu narušení.

2.2 Napájení zabezpečovací jednotky

Požadavkem na napájení byla realizace napájení zařízení přes ethernetový kabel tzv. napájení přes PoE (Power over Ethernet). K napájení přes PoE se využívá zdroje PSE, který bývá integrován v dražších a méně dostupných síťových prvcích (routery, switche, apod.) nebo lze využívat levnější a dostupnější varianty, kdy se používá PoE Injektor, což je jednoduché dvouportové zařízení s externím zdrojem, které slučuje napětí z externího zdroje s volnými páry ethernetového kabelu.

Z důvodu nedostupnosti zařízení s integrovaným zdrojem PSE bylo napájení zabezpečovací jednotky navrženo pro levnější a jednodušší variantu s PoE Injektorem, avšak z důvodu kompatibility se zařízeními s integrovaným zdrojem PSE byl navržen externí zásuvný modul, který se do desky v případě nutnosti připojí. Tento externí modul má integrovaný obvod PD pro komunikaci se zdrojem PSE v aktivním síťovém prvku. Skrze tento modul je možné jednotku napájet jak po signálových vodičích UTP kabelu, tak po vodičích volného páru.

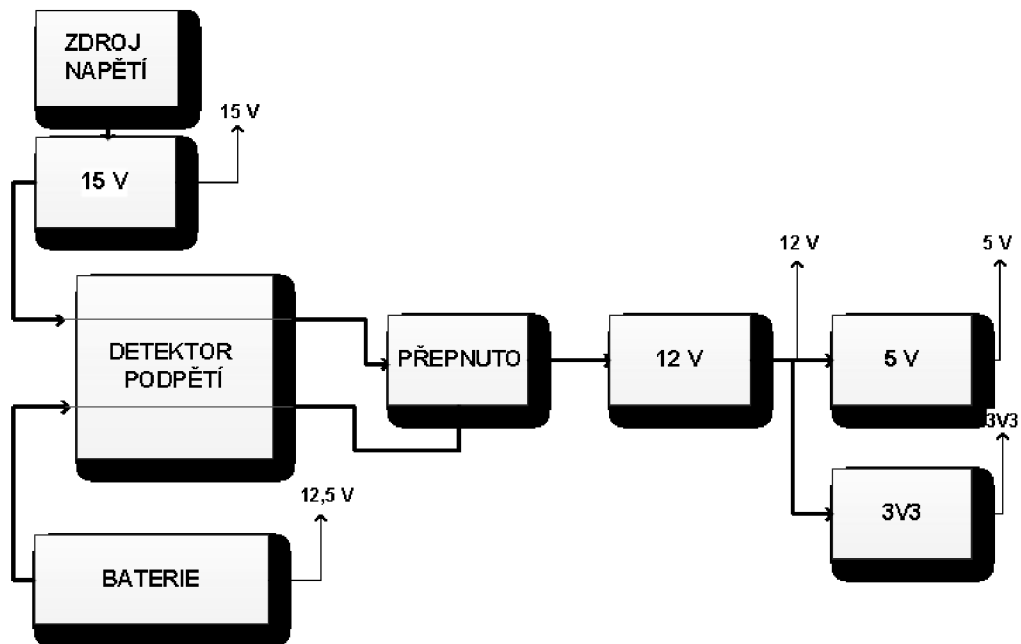
Většina dnes dostupných ethernetových konektorů s integrovaným oddělovacím transformátorem nemá vyvedené volné páry a bylo nutné použít samostatný ethernetový konektor a oddělovací transformátor. Vyvedené volné páry jsou připojeny na step-down měnič TL2575ADJ, který připojené napětí mění na 15 V, což je napětí potřebné pro nabíjecí obvod akumulátoru. Toto napětí se dále mění měničem na 3,3 V a z 15 V stabilizátorem 78S12 na napětí 12 V. Z napětí 12 V jsou napájeny snímače připojené na vyvážené vstupy zabezpečovací jednotky a galvanicky oddělené výstupy. Pro alfanumerické LCD byl přidán stabilizátor 78M05 pro získání potřebného napájecího napětí o velikosti 5 V. Filtraci napětí zajišťují dva LC filtry umístěné za step-down měniči a dále blokovací keramické kondenzátory o kapacitě 100 nF u všech integrovaných obvodů. K mikrokontroléru byl přidán blokovací keramický kondenzátor o kapacitě 10 nF a blokovací elektrolytický kondenzátor s kapacitou 10 uF. K rovnoměrnému rozložení potenciálu a zabránění vzniku zemního rušení byla země vytvořena jako polygon. Pro případ vypnutí hlavního napájecího napětí má zabezpečovací jednotka realizováno zálohování oloveným akumulátorem s kapacitou 1,3 Ah a napětím 12 V. Blokové schéma napájení je zobrazeno na obr.2.5. Detektor podpětí je nízkoubytkový komparátor. Blok s názvem Přepnuto je označení společného uzlu napájení, který bylo nutné pojmenovat z důvodu lepší přehlednosti ve schématu. Zapojení měniče TL2575 je na obr.2.4.



Obr. 2.4 Zapojení měniče TL2575-ADJ [14]

Výstupní napětí V_{OUT} se spočítá ze vzorce [14]:

$$V_{OUT} = V_{REF}(1+R_2/R_1), V_{REF} = 1,23 \text{ V} \quad (1)$$



Obr. 2.5 Blokové schéma napájení zabezpečovací jednotky

2.3 Zálohování napájení zabezpečovací jednotky

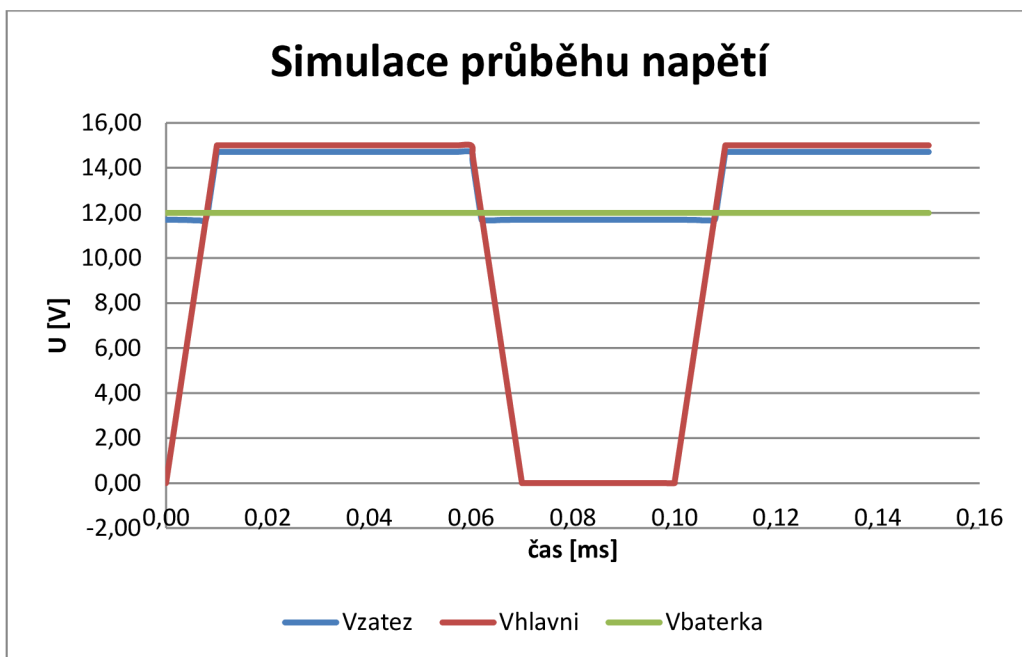
Zálohování lze realizovat několika možnými způsoby.

Nejjednodušší způsob je použití dvou diod katodama spojených do jednoho společného uzlu tzv. diodový přepínač. Je bezúdržbový a rychlý, ale je nutné, aby na jednom ze vstupů bylo stále vyšší napětí než na vstupu druhém. Hlavní napájecí napětí musí být tedy vždy vyšší než napětí baterie. Úbytek napětí na diodách navíc způsobuje snížení napájecího napětí právě o tento úbytek a navíc urchluje vybíjení baterie. Při tomto jednoduchém zapojení také nelze baterii při poklesu pod nějakou napěťovou úroveň odpojit a může dojít ke zničení baterie.

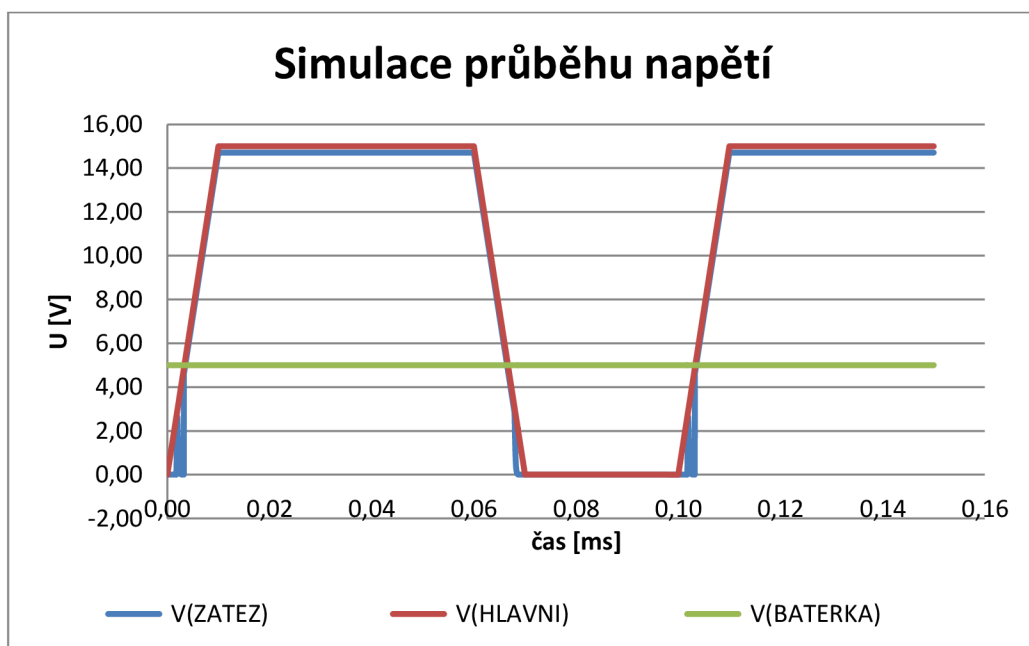
Dalším možným řešením je použití komparátoru a relé. Komparátory mohou sloužit i pro odpojení baterie při poklesu pod nastavenou napěťovou úroveň. Při použití relé se uplatňují nežádoucí vlastnosti použitého relé, kterými je zpožděné sepnutí kontaktů, opalování kontaktů a váha samotného relé.

V této zabezpečovací jednotce bylo použito řešení skládající se ze tří rychlých nízkoubytkových komparátorů s hystezí a unipolárních tranzistorů mosfet s velmi nízkým odporem R_{DS} mezi elektrodami drain S a source D. Komparátory zajišťují plynulý a rychlý přechod mezi napětími a umožňují odpojení baterie při poklesu pod nastavenou napěťovou úroveň. Napětí na výstupu je bohužel sníženo o 0,5 V na diodách, protože ochranné diody unipolárních tranzistorů způsobovaly nežádoucí zpětnou vazbu, která měla zásadní vliv na výstupní napětí. Možný pokles napětí mezi přepnutím komparátorů kompenzují na výstupu zálohovacího obvodu dva elektrolytické

kondenzátory o kapacitě 100 uF. Řešení bylo úspěšně simulováno v programu Orcad Pspice při plně nabitě baterii a při vybité baterii. Simulace průběhů napětí na zátěži jsou zobrazeny v obrázku obr. 2. 6. a obr.2. 7. Nevýhodou tohoto zapojení je, že když není připojena zálohovací baterie, komparátory nefungují a i při připojeném hlavním napětí je jednotka stále vypnutá. Tento nežádoucí jev byl částečně nahrazen zkratovací propojkou tzv. jumperem, který přemostňuje zálohovací obvod a přivádí hlavní napájecí napětí do jednotky. Tohoto přemostnění se využívá pouze v případě, že z nějakého důvodu nechceme mít připojenou zálohovací baterii nebo došlo k jejímu zničení.



Obr. 2.6 Průběh napětí na zátěži při pomalém výpadku hlavního napětí a plně nabitě baterii



Obr. 2.7 Průběh napětí na zátěži při pomalém výpadku hlavního napětí a vybité baterii

2.4 Nabíjení záložního akumulátoru

Abychom mohli baterii efektivně dobíjet a uchovávat, musíme znát její charakteristické vlastnosti a tím předejít jejímu zničení.

Jako nejefektivnější a nejběžní způsob se dnes jeví nabíjení baterií pomocí integrovaných obvodů. Pro tuto aplikaci byl vybrán obvod UC3906DW od Texas Instruments. Tento obvod dokáže měřit proud tekoucí při nabíjení do baterie a na základě toho jej i přesně regulovat. K nabíjení využívá charakteristiky IUIa, jejíž princip je popsán v podkapitole 1.6.

Funkce obvodu:

- optimální kontrola maximální kapacity a životnosti baterie
- vnitřní nastavení na tři nabíjecí režimy
- kontrola napětí a proudu na výstupu z nabíječky
- precizně nastavená napěťová reference z vynikající teplotní stálostí
- integrovaný proudový monitor a kontrola výstupního napětí

Detailní popis nabíjecích fází obvodu (převzato z [5])

I. fáze

V této fázi jsou malým proudem 25 mA nabíjeny hluboce vybité články a to tak dlouho, dokud napětí U_T není rovno 10,5 V. Toto je zároveň i testem nezávadnosti jednotlivých článků akumulátoru. V případě závady na nějakém z nich by se tohoto napětí nedosáhlo a v této chvíli by se nabíjení ukončilo. V případě bezzávadnosti akumulátoru je nadále nabíjen stálým proudem I_{MAX} , který je závislý na ampér-hodinové kapacitě konkrétního akumulátoru, jedná se o jednu desetinu velikosti jeho kapacity. Tento proces trvá až do okamžiku dosažení napětí U_{12} . Je možno nabíjet i menšími proudy, nabíjení sice trvá déle, ale je šetrnější k akumulátoru.

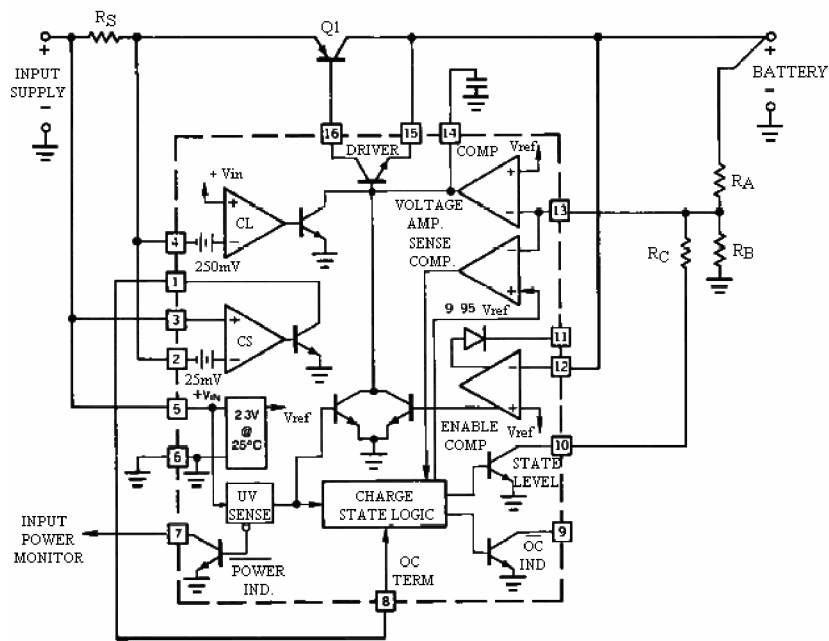
II. fáze

V druhé fázi se nabíjí konstantním napětím. Na počátku této fáze se napětí akumulátoru zvýší z referenčního napětí $U_{REF} = 2,3$ V na článek na hodnotu 2,5 V (přechod z U_{12} na větší napětí U_{OC}). Po dosažení tohoto napětí, začne nabíječka pracovat jako zdroj konstantního napětí o velikosti U_{OC} . Nabíjecí proud se snižuje a jakmile dosáhne jeho hodnota jedné desetin I_{MAX} (hodnoty proudu I_{OC}), je nabíjení automaticky ukončeno. Nastává třetí fáze nabíjení.

III. fáze

Napětí na akumulátoru klesá postupně k nulové hodnotě napětí. V okamžiku, kdy se jeho hodnota ocitne pod referenčním napětím U_{3I} , začne nabíječka opět s nabíjením a to proudem rovnajícím se proudu vybíjecímu, tímto se zajistí na akumulátoru stálá velikost napětí U_F .

Jednotlivá napětí a proudy se nastavují řídicími rezistory R_S , R_T , R_A , R_B , R_C a R_D , které jsou připojeny k integrovanému obvodu a zajišťují jeho správnou funkci. Typické zapojení obvodu UC3906 je znázorněno na obr. 2.8.



Obr. 2.8 Typické zapojení integrovaného obvodu UC3906 [6]

Výpočet hodnot řídicích rezistorů

$U_{IN} = 19 \text{ V}$, $U_{REF} = 2,3 \text{ V}$, $U_T = 10,5 \text{ V}$, $U_{OC} = 14,5 \text{ V}$, $U_F = 14 \text{ V}$, $C = 1,3 \text{ Ah}$

$$I_{max} = 0,1 \times C = 0,1 \times 1,3 = 130 \text{ mA} \quad (2)$$

$$U_{12} = 0,95 \times U_{oc} = 0,95 \times 14,5 = 13,8 \text{ V} \quad (3)$$

$$U_{31} = 0,9 \times U_f = 0,9 \times 14 = 12,6 \text{ V} \quad (4)$$

$$R_s = 0,25 / I_{max} = 0,25 / 0,13 = 1,9 \Omega \rightarrow 2,2 \text{ R} \quad (5)$$

Proud I_D musí být v rozmezí 50 až 100 μA a byl zvolen 70 μA .

$$R_c = \frac{U_{ref}}{I_d} = \frac{2,3}{70e-6} = 32,86 \text{ k}\Omega \rightarrow 33 \text{ K} \quad (6)$$

$$R_{sum} = \frac{U_f - U_{ref}}{I_d} = 171,8 \text{ k}\Omega \quad (7)$$

$$R_d = \frac{U_{ref} \times R_{sum}}{U_{oc} - U_f} = \frac{2,3 \times 171,8e3}{14,5 - 14,0} = 801 \text{ k}\Omega \rightarrow 820 \text{ K} \quad (8)$$

$$R_x = \frac{R_c \times R_d}{R_c + R_d} = \frac{32,86 \times 801}{32,86 + 801} = 31,57 \text{ k}\Omega \quad (9)$$

$$R_a = (R_{sum} + R_x) \times \left(1 - \frac{U_{ref}}{U_t}\right) = 158,8 \text{ k}\Omega \rightarrow 150 \text{ K} + 8\text{K}2 \quad (10)$$

$$R_b = R_{sum} - R_a = 171,8 - 158,8 = 13 \text{ k}\Omega \rightarrow 15 \text{ K} \quad (11)$$

$$R_t = \frac{U_{in} - U_t - U_{ref}}{I_t} = \frac{19 - 10,5 - 2,3}{25e-3} = 248 \Omega \rightarrow 240 \text{ R} \quad (12)$$

Vzorce pro výpočet rezistorů byly převážně odvozeny a některé převzaty ze vzorců z [6].

2.5 Vstupy a výstupy

Jednotka využívá dva digitální vstupy, které jsou přímo připojeny k mikrokontroléru, deset analogových vstupů připojených přes precizní AD převodník a tři galvanicky oddělené výstupy.

Dva výstupy jsou galvanicky (viz podkapitola 2. 5. 1) odděleny srkze relé a slouží jako silové a je možno přes ně spínat síťové napětí. Je tedy možné je využívat např. pro sepnutí světel v místnosti. Třetí výstup je galvanicky oddělen přes optočlen a slouží ke spínání zařízení s napájením 12 V nebo sirény na tomto napětí.

Všechny analogové vstupy jsou připojeny na AD převodník, což umožňuje připojení různých typů senzorů a můžeme tedy výstupy z jednotlivých senzorů vyvážit a vytvořit tak jednoduše či dvojitě vyvážené smyčky. Rozhodnutí o narušení střeženého prostoru záleží na úrovni napětí z AD převodníku a následném porovnání s nastavenou úrovní napětí odpovídající klidovému stavu senzoru. Konfigurace vstupů je závislá pouze na softwarovém nastavení zařízení. Na převodník nelze připojit přímo vstupní napětí o velikosti 12 V a bylo tedy sníženo rezistorovým děličem s blokovacími kondenzátory o kapacitě 27 nF. Za vhodný AD převodník byl zvolen TLV2553-Q1 od firmy Texas Instruments, který komunikuje s mikrokontrolérem skze rozhraní SPI/SSI.

2.5.1 Galvanické oddělení

Galvanické oddělení je v elektrotechnice způsob, jakým se oddělují dvě nebo více částí obvodu, aby nebyly spojeny vodičem, ale přitom aby docházelo k přenosu el. energie případně impulzů. Galvanické oddělení se realizuje transformátorovou nebo optočlenovou vazbou.

Transformátorová vazba

Nejpoužívanější způsob galvanického oddělení, který využívá elektromagnetické indukce. Má relativně malé rozměry a velkou účinnost. Je ideální pro elektrické rozvodné sítě. Nevýhodou je, že tato vazba lze použít pouze pro střídavé napětí nejlépe vyšších kmitočtů.

Optočlenová vazba

Využívá zdroje světla (např. LED dioda) a následně součástky citlivé na světlo (fotodioda, fotorezistor, fototranzistor). Toto zapojení se začíná čím dál více používat.

Vysílač (LED) i přijímač (fototranzistor) jsou zapouzdřeny společně a představují jedinou součástku, která se nazývá optočlen. Výhodou jsou malé rozměry, velká účinnost a možnost použití pro stejnosměrné i střídavé napětí. Nevýhodou je nízké spínací napětí, relativně vysokých proudů a pomalá rychlost reakce na pulzní nebo střídavý signál.

2.6 Teplotní senzor

2.6.1 Typy teplotních senzorů

- Odporová
 - Velice přesné
 - Mechanicky méně odolné
 - Nutná častá kalibrace
 - Nutný převod odporu na napětí nebo proud
 - Do teplot cca 600 °C
- Termoelektrické
 - Méně přesné než odporové senzory
 - Mechanicky odolnější
 - Do teplot cca 1800 °C
- Polovodičové s PN přechodem (termistory, monokrystalické Si snímače)

2.6.2 Teplotní senzor DS18B20

Do této aplikace byl vybrán digitální teplotní senzor DS18B20, který komunikuje po jednovodičové sběrnici. Rozlišení měření je programově nastavitelné od 9-ti bitů až do 12-ti bitů. Senzor může být napájen z datové linky (parazitně), nebo připojením k externímu napájecímu zdroji. Velkou výhodou tohoto senzoru je přímé změření teploty s digitálním výstupem bez přídavných převodníků na napětí nebo proud a následné konverzi na digitální hodnotu za pomoci AD převodníku. Tento senzor měří teplotu v rozsahu od -55 °C do +125 °C.

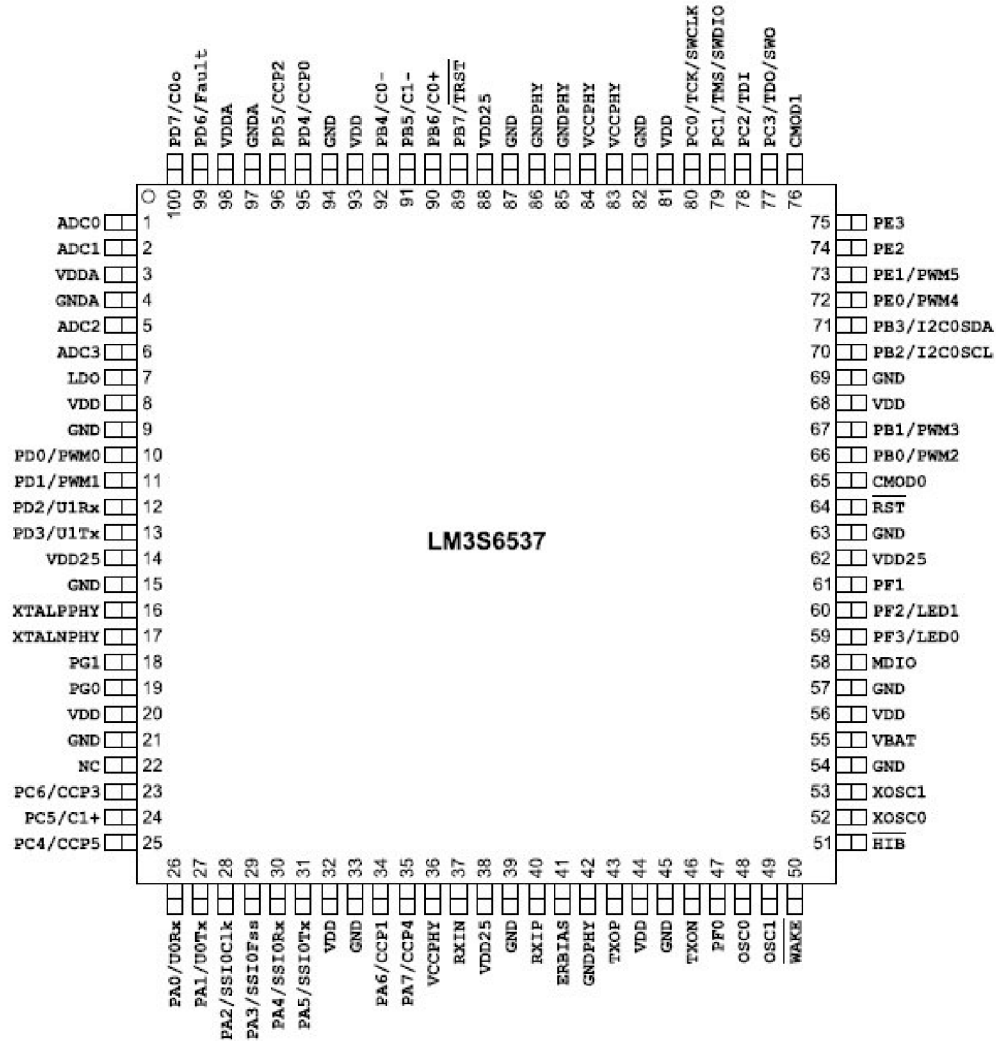
2.7 Řídící mikrokontrolér

Jádrem obou prototypů zabezpečovacích jednotek je 32-bitový mikrokontrolér LM3S6537 s jádrem Cortex-M3 od firmy Texas Instruments. Mikrokontrolér je typu ARM. Umožňuje pracovat na taktovací frekvenci až 50 MHz. Je vybaven pamětí flash o velikosti 96 kB a SRAM o velikosti 64 kB. Obsahuje obvod reálného času, ethernetové rozhraní pro vrstvu MAC i PHY, rozhraní SSI, I2C, dvě jednotky UART, 6 PWM výstupů, dva analogové komparátory a 4 kanálový velmi přesný desetibitový AD převodník. Vyrábí se v pouzdře LQFP100 a NFBGA108. Mikrokontrolér je zobrazen na obr. 2. 9.

Tento mikrokontrolér byl vybrán především z důvodu komplexního ethernetového rozhraní, především integrované fyzické vrstvě ethernetu PHY a odpadá tak externí

ethernetový řadič a k jeho funkci potřebné součástky.

V mikrokontroléru není z výroby nahrán bootloader, ale podporuje sériový bootloader, usb bootloader, ethernetový bootloader a dále rozhraní SW a JTAG. Pro programování a ladění programu v mikrokontroléru je v zabezpečovací jednotce vyvedeno rozhraní JTAG, po kterém bude v pozdější fázi vývoje nahrán i ethernetový bootloader pro snadnější instalaci firmwaru v již instalovaném zařízení.



Obr. 2.9 Mikronrolér LM3S6537 (převzato z [8])

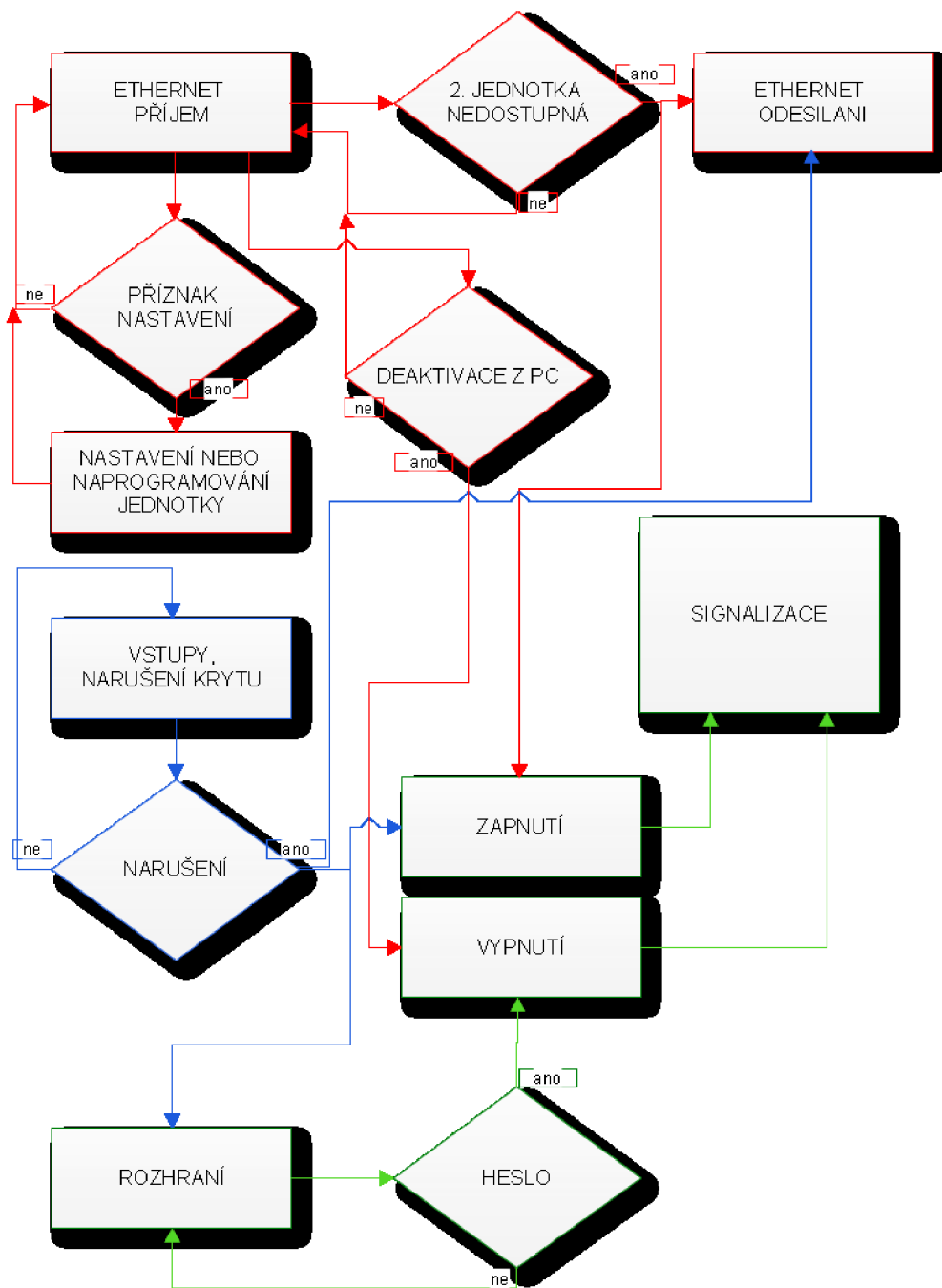
2.8 Uživatelské rozhraní

K oběma vyrobeným prototypům zabezpečovací jednotky je možno připojit LCD display a maticovou klávesnici, která se bude používat pouze pro zadávání hesla. Zadáním správného hesla se deaktivuje alarm. Veškerá konfigurace obou jednotek bude realizována přes osobní počítač se kterým budou zabezpečovací jednotky komunikovat přes ethernet. V počítači bude pro tuto činnost nainstalován speciálně vytvořený software.

3 FIRMWARE ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY

3.1 Vývojový diagram programu zabezpečovací jednotky

Vývojový diagram firmwaru řídicího mikrokontroléru LM3S6537 je zobrazen na obrázku obr.3.1. V programu je implementován reálný operační systém RTOS Keil se čtyřmi vlákny. Na obr.3.1. je první vlákno, vlákno ethernetu, označeno červenou barvou a druhé vlákno, vlákno měření vstupů, modrou barvou. Zelenou barvou je označeno vlákno alarmu. Vlákno teploměru není v diagramu vykresleno. K přepínání mezi jednotlivými vlákny dochází manuálně a nečeká se na vypršení intervalu vlákna (timeslot). V případě potřeby přepíná mezi vlákny plánovač RTOSu. IP adresy se musí zadat ve firmwaru napevno, protože není použita knihovna lwIP ani uIP a zabezpečovací jednotky tedy neumí DHCP. Jako výchozí IP je pro PC nastavena IP adresa 10.0.0.1 a pro zabezpečovací jednotku 10.0.0.100.

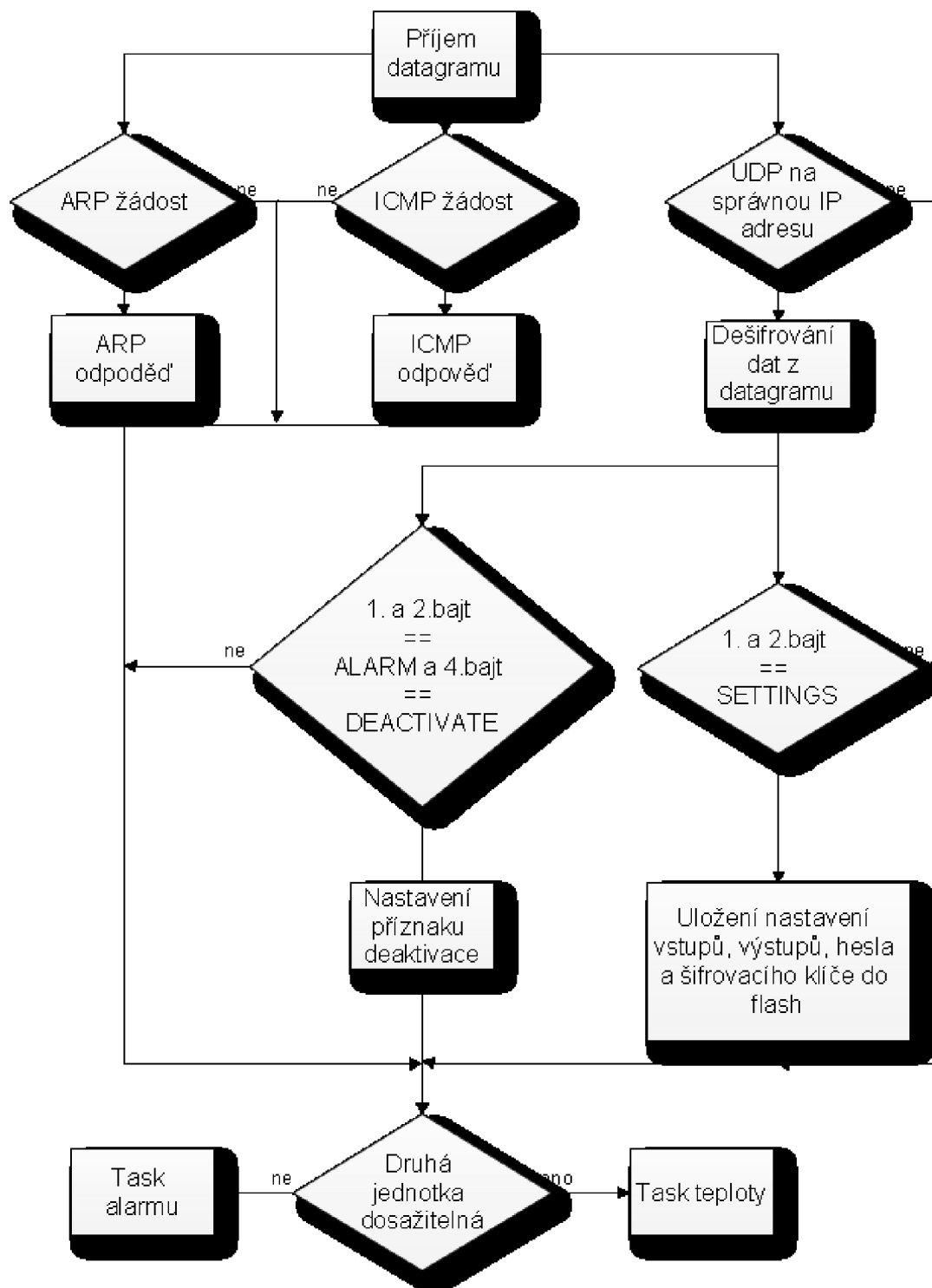


Obr. 3.1 Vývojový diagram programu pro mikrontrolér LM3S6537

3.2 Vývojový diagram vlákna ethernetu

Tato podkapitola je zaměřena na popis funkce a implementovaných prvků ve vlákně ethernetu.

Toto vlákno slouží hlavně pro komunikaci s PC a dostupnosti druhé jednotky. Na začátku vlákna se přijímají příchozí pakety. Následně se testuje typ protokolu přijatého paketu. Rozlišuje se pouze mezi ARP, ICMP a UDP. Pokud je přijata ARP žádost, ihned se odešle ARP odpověď žádajícímu PC nebo jednotce. Pokud je přijata ICMP žádost typu Echo, je také ihned odeslána odpověď zdroji žádosti. Jestliže se přijme UDP datagram s cílem portu 60000 a IP adresou dané zabezpečovací jednotky, dojde k dešifrování UDP dat. Po dešifrování přijatých UDP dat se dále rozlišuje typ přijatých dat. Typ přijatých dat může být SETTINGS a DEACTIVATE. Data typu SETTINGS reprezentují nastavení vstupů, výstupů, heslo a šifrovací klíč. Po příjmu těchto dat dojde k jejich uložení do paměti flash, ale zůstávají také stále v paměti RAM pro další využití jako okamžité nastavení. V případě aktivního alarmu může uživatel poslat příkaz DEACTIVATE z PC zabezpečovací jednotce a alarm deaktivovat. Ke konci vlákna se otestuje dostupnost druhé jednotky a pokud je jednotka nedostupná, aktivuje se alarm. Na konci vlákna vlákno předá řízení následujícímu vláknu měření teploty. Vývojový diagram vlákna je na obr.3.2.



Obr. 3.2 Vývojový diagram vlákna ethernetu

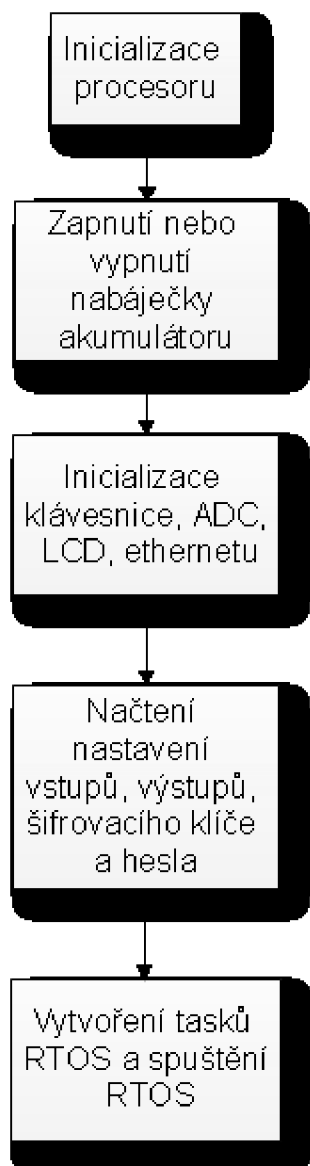
3.3 Vývojový diagram vlákna měření teploty a inicializace jednotky

Vlákno měření teploty (taskTemp) provádí komunikaci s teplotním čidlem DS18B20. Změřenou teplotu následně zašifruje a odešle do PC. Na konci vlákna se předá řízení vláknu měření vstupů (obr. 3.3.).



Obr. 3.3 Vývojový diagram měření teploty

Inicializace není vlákno, ale je to potřebný kód pro inicializaci mikrokontroléru, klávesnice, LCD, ADC převodníku, ethernetu, přerušení na EOC, RTOS a vytvoření vláken a spuštění jednoho z vytvořených vláken. V inicializaci se také z paměti flash načítá nastavení vstupů, výstupů, přístupového hesla a šifrovacího klíče do příslušných proměnných v RAM.

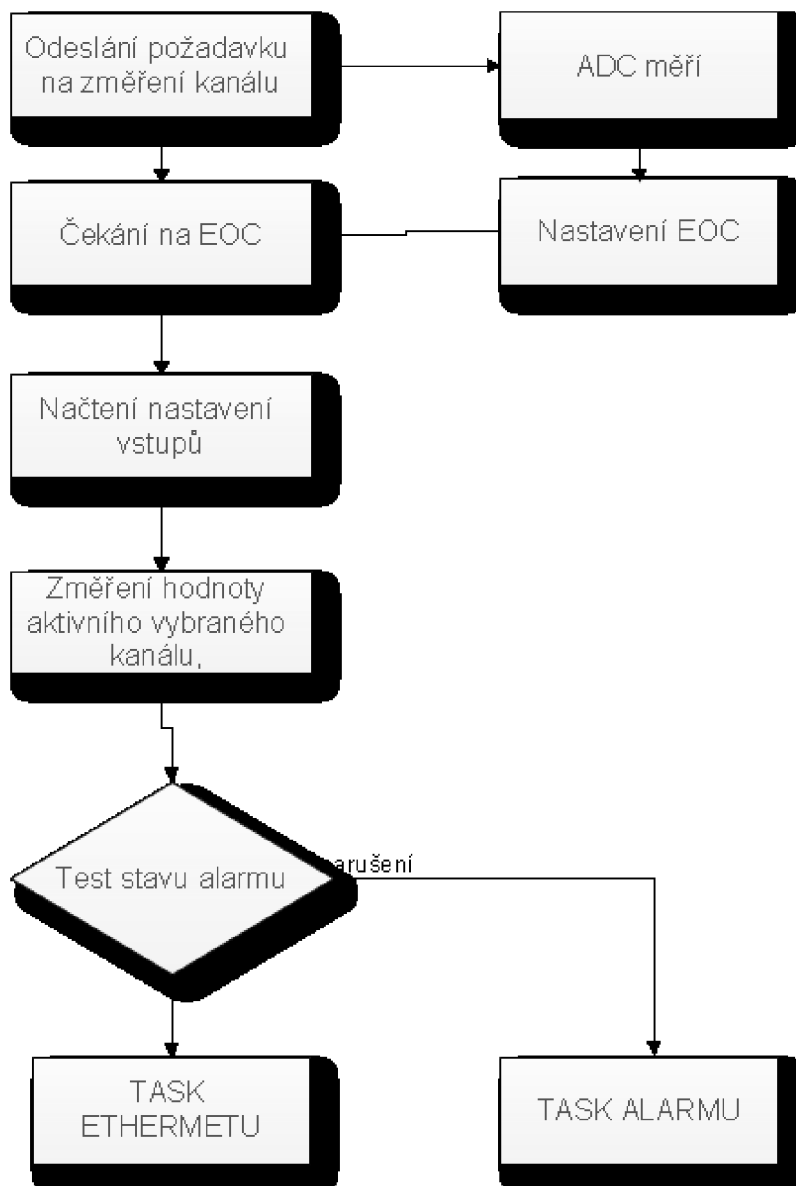


Obr. 3.4 Vývojový diagram inicializace

3.4 Vývojový diagram vlákna měření vstupů

Tato podkapitola je zaměřena na popis funkce vlákna měření vstupů.

Použitý AD převodník komunikuje po SSI sběrnici a k měření je nutné mu zaslat 8-bitový příkaz, který je složen z čísla měřeného kanálu, směru komunikace (nejdříve se odešle MSB nebo LSB) a polaridy hodnoty (unipolární, bipolární). Po dokončení měření AD převodník vytvoří nástupnou hranu na svém speciální pinu s názvem EOC. Tato událost vyvolá přerušeni v mikrokontroléru a je nastaven speciální příznak EOC. Měři se pouze kanály, které jsou nastavené jako aktivní. Změřené hodnoty se ukládají do pole proměnných a následně se toto pole porovnává s napěťovou hladinou vstupů v klidu, sabotáže a alarmu. V případě zjištění alarmu nebo sabotáže se nastaví příznak narušení a předá se řízení vláknu alarmu. V opačném případě se předá řízení vláknu ethernetu.

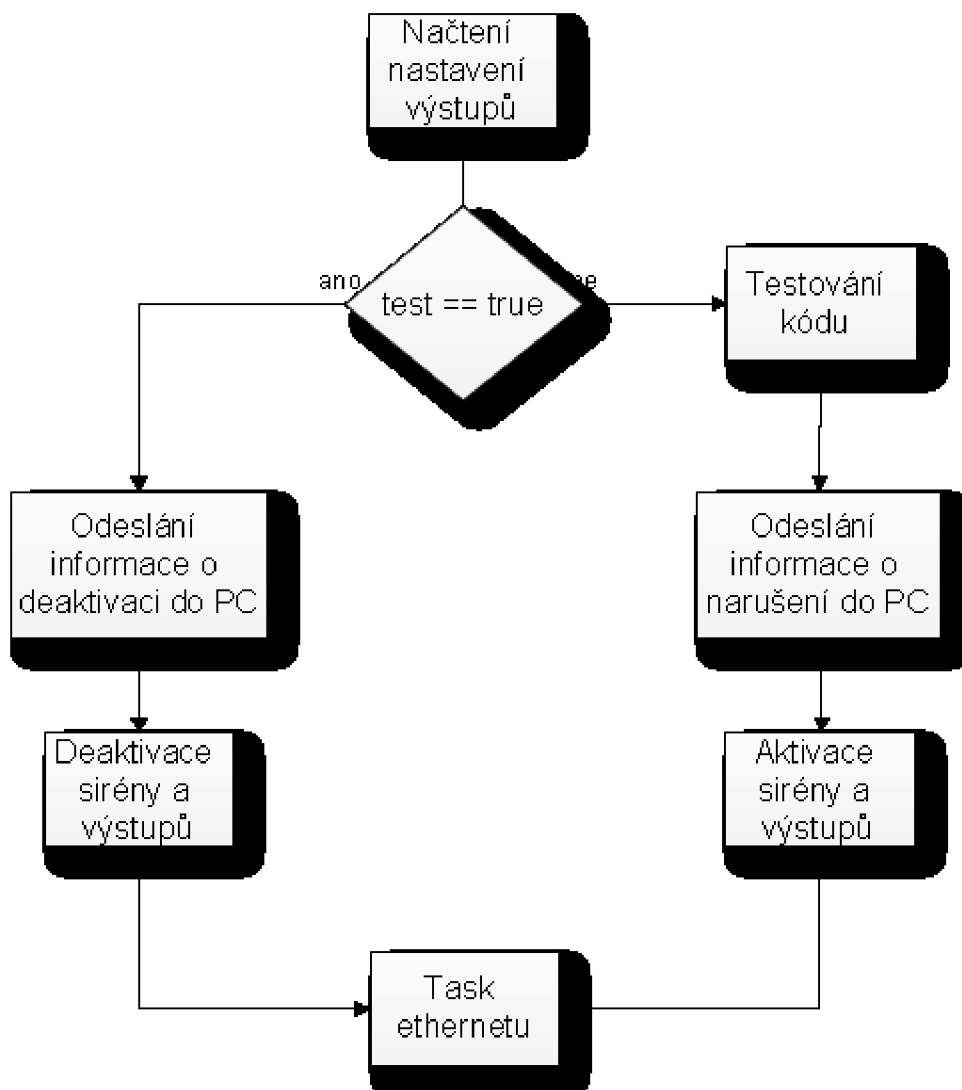


Obr. 3.5 Vývojový diagram měření vstupů

3.5 Vývojový diagram vlákna alarmu

Tato podkapitola je zaměřena na popis funkce vlákna alarmu.

Na začátku vlánu se načte nastavení výstupů a následně se testuje příznak narušení. Pokud byl příznak narušení nastaven na hodnotu false, znamená to narušení střeženého prostoru. V tomto případě se odešle informace o narušení do PC a aktivují se výstupy nastavené jako aktivní v nastavení. Následně se přejde k tzv. testování kódu (viz.3.6.). V případě špatného zadaného kódu se v testování kódu program zasekne až do ukončení vlákna vypršením jeho intervalu. Při zadání správného kódu (hesla) se příznak narušení nastaví na hodnotu true, deaktivují se aktivní výstupy a odešle se informace o deaktivování do PC. Nakonec se předá řízení vláknu ethernetu.

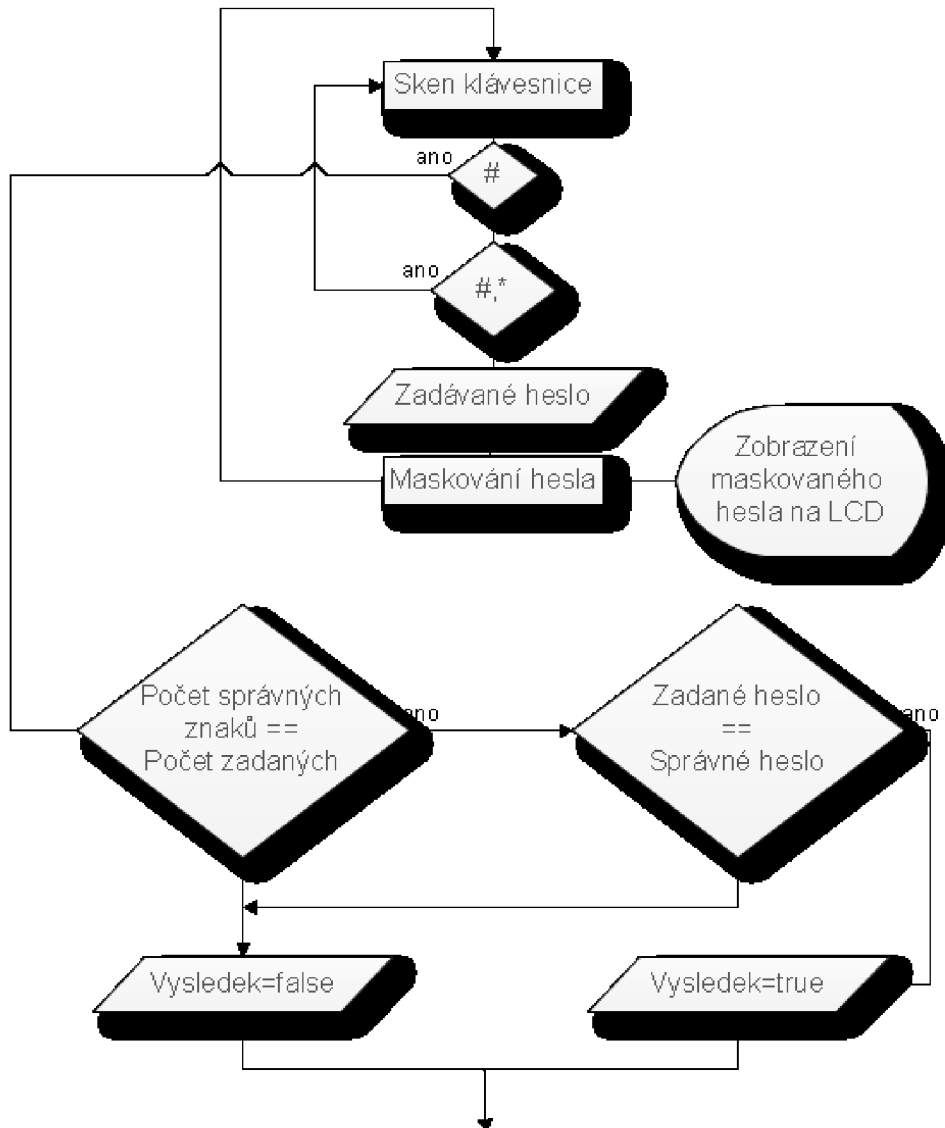


Obr. 3.6 Vývojový diagram vlákna alarmu

3.6 Testování kódu

Tato podkapitola nepředstavuje popis funkce samostatného vlákna jako v předchozích příkladech, ale pro funkčnost jednotky je tento kód důležitý.

Na začátku tohoto podprogramu se zjistí počet znaků správného hesla. Sken klávesnice představuje obyčejné známé skenování maticové klávesnice. Vrací hodnoty zmáčknutých kláves a v případě, že nebyla stisknuta žádná klávesa, vrátí se předdefinovaná hodnota 0x64. Znak * není při zadávání hesla povolen a znak # slouží pro ukončení zadávání znaků. Při zadávání znaků se na LCD zobrazuje poslední zmáčknutý znak a všechny předešlé znaky se zobrazují jako znak *. Při zadání správného hesla maticovou klávesnicí odpovídá délka zadaného hesla s délkou správného hesla a jednotlivé znaky hesel jsou také shodné. Pokud uživatel zadal špatné heslo, je stále nastaven příznak přerušení a výstupy jsou aktivní. V opačném případě se příznak narušení nastaví na hodnotu true. Vývojový diagram znázorňuje obr. 3.7.

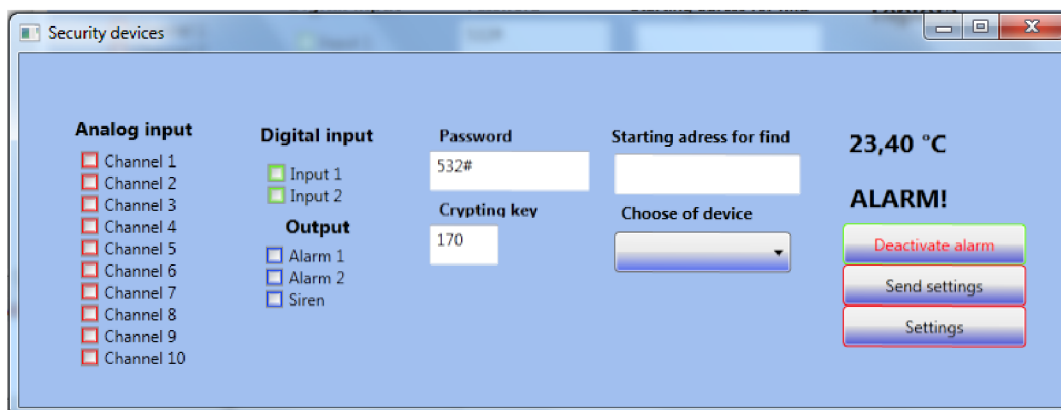


Obr. 3.7 Vývojový diagram podprogramu testování kódu

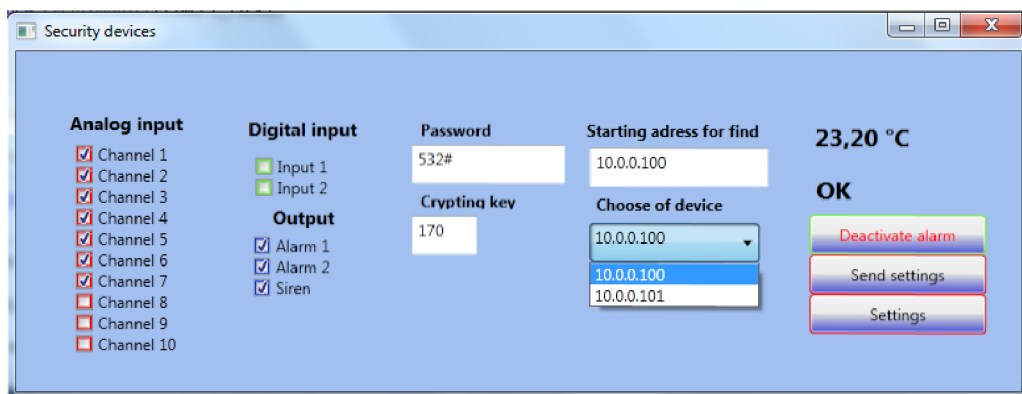
4 SOFTWARE V PC PRO ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKY

Pro zabezpečovací jednotky byl vytvořen ovládací software, ze kterého je možné odeslat do zabezpečovacích jednotek nastavení vstupů, výstupů, šifrovacího klíče a přístupového kódu. Softwarem je dále možné deaktivovat alarm a uložit nastavení jednotek do databáze na lokálním disku PC nebo na nějakém serveru. Software využívá komunikačního protokolu ICMP typu Echo pro zjištění dostupných zabezpečovacích jednotek a uložení jejich IP adres také do databáze. K IP adresám je připojená databázová tabulka s nastaveným nastavením.

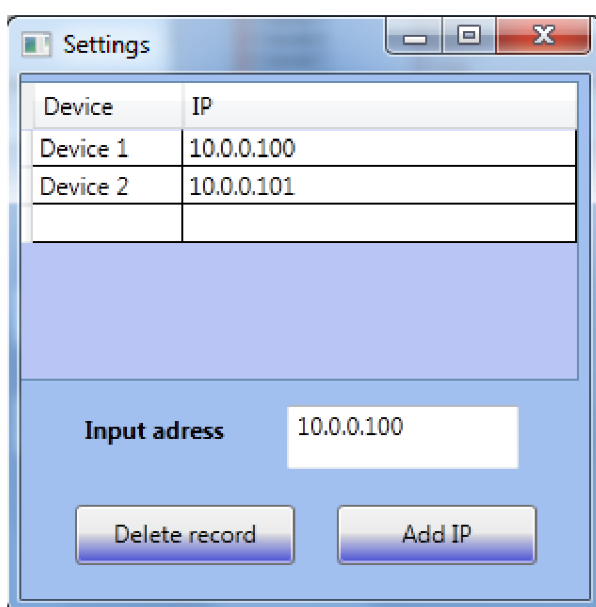
Software je vytvořen jako WPF aplikace s využitím hlavního a vedlejšího vlákna a časovače. V hlavním vlákne se nachází uživatelské rozhraní a ve vedlejší vlákne je umístěn UDP klient, který přijímá datagramy. Data datagramů jsou dešifrována a následně se zjišťuje typ přijatých dat. Typ dat může být ALARM_TYPE, TEMP_TYPE, ALARMDETECT nebo ALARMDEACTIVATE. Při příjmu TEMP_TYPE se přijatá hodnota z teploměru zobrazí na formuláři aplikace. ALARMDETECT nastaví na formuláři stav alarmu na ALARM a ALARMDEACTIVATE opět na hodnotu OK. Po spuštění aplikace software za pomoci protokolu ICMP vyhledá dostupné jednotky a jejich IP adresy uloží do databáze. Z databáze se následně IP adresy vloží do ComboBoxu, ze kterého se pak vybírá jednotka, které se odesílá nastavení. V aplikaci je možné v budoucnu vytvořit zaslání zprávy na email. Ukázka softwaru je na obr.4.1, obr.4.2., obr.4.3.



Obr. 4.1 Hlavní okno řídicího softwaru zabezpečovacích jednotek při aktivaci alarmu



Obr. 4.2 Hlavní okno řídicího softwaru zabezpečovacích jednotek v klidovém stavu



Obr. 4.3 Databázové okno softwaru zabezpečovacích jednotek

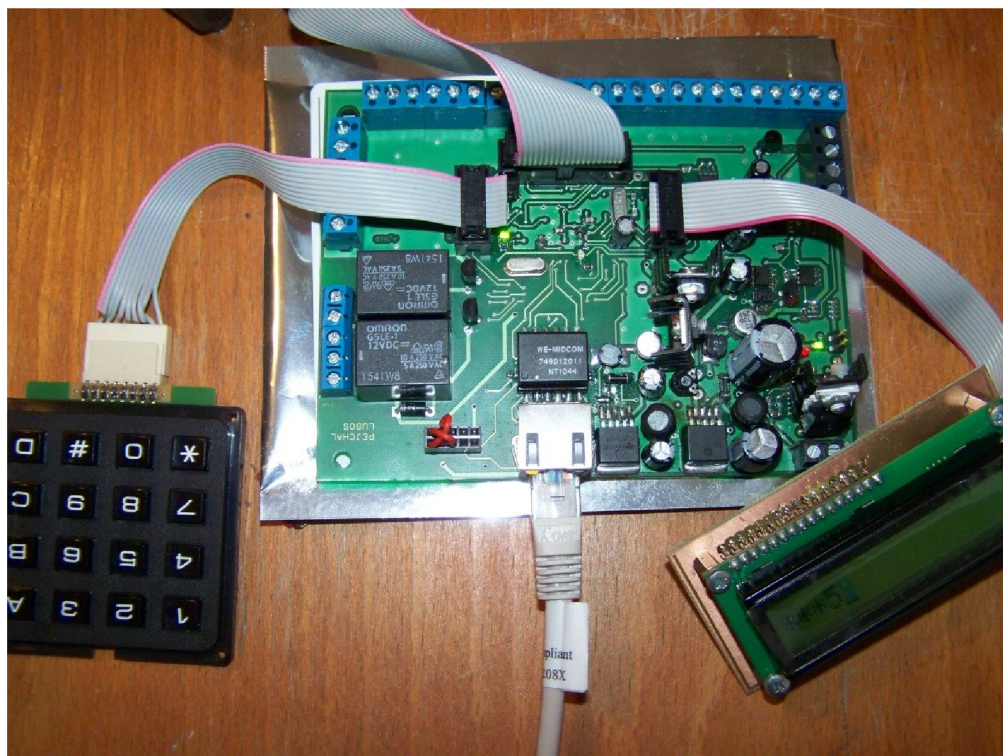
5 ZÁVĚR

V tomto projektu je čtenář seznámen se základními vlastnostmi zabezpečovacích jednotek (ústředen), zálohováním napájení v případě výpadku, implementací napájení po ethernetovém UTP kabelu a návrhem zabezpečovacích jednotek. Byly prozkoumány komunikační protokoly IPv4 a IPv6. Na základě nedostatečné implementace a podpore protokolu IPv6 bylo rozhodnuto o použití dnes dobře známého a podporovaného komunikačního protokolu IPv4. Byly kompletně navrženy a sestrojeny dva funkční prototypy zabezpečovací jednotky s mikrokontrolérem LM3S6537 (případně LM3S6965). Obě jednotky obsahují integrovanou inteligentní nabíječku, obvod pro přepínání napětí při výpadku hlavního napájecího napětí, ethernet a PoE, vyvážené vstupy a galvanicky oddělené výstupy. Největším problémem návrhu je maximální povolený příkon 15,4 W při PoE a z hlediska nabíjení záložního akumulátoru nejmenší potřebné napětí 15 V. Tyto dva omezující parametry limitují maximální proud na hodnotu 1 A a v případě překročení odebíraného proudu může dojít k destrukci UTP kabelu. Poslední testy a simulace ukazují, že i při odpojeném záložním akumulátoru se zálohovací komparátor napájí parazitně a přepínání mezi napětími tedy stále funguje. Byl vytvořen firmware pro obě jednotky a software pro jejich jednoduché řízení. Obě jednotky byly též úspěšně naprogramovány, avšak byl zjištěn tzv. bug mikrokontroléru na portu G, kam jsou připojeny digitální vstupy. Odesílaná data po UDP se někdy ztratí a je tedy někdy nutné, odeslat data z PC vícekrát a proto pro zajištění bezchybné komunikace by bylo lepší využít TCP, které je ale složitější, pomalejší a zabírá daleko větší množství paměti mikrokontroléru. Při testování jednotek byla zjištěna vysoká náchylnost mikrokontroléru na statickou elektřinu, přehřívání mikrokontroléru a dále pak nemožnost využít piny PC0 až PC3 bez zablokování programovacího rozhraní JTAG. A na závěr dokumentační foto na obr. 5.1 a obr. 5.2. Další obrázky (např. z Wiresharku) jsou uvedeny na příloženém DVD.

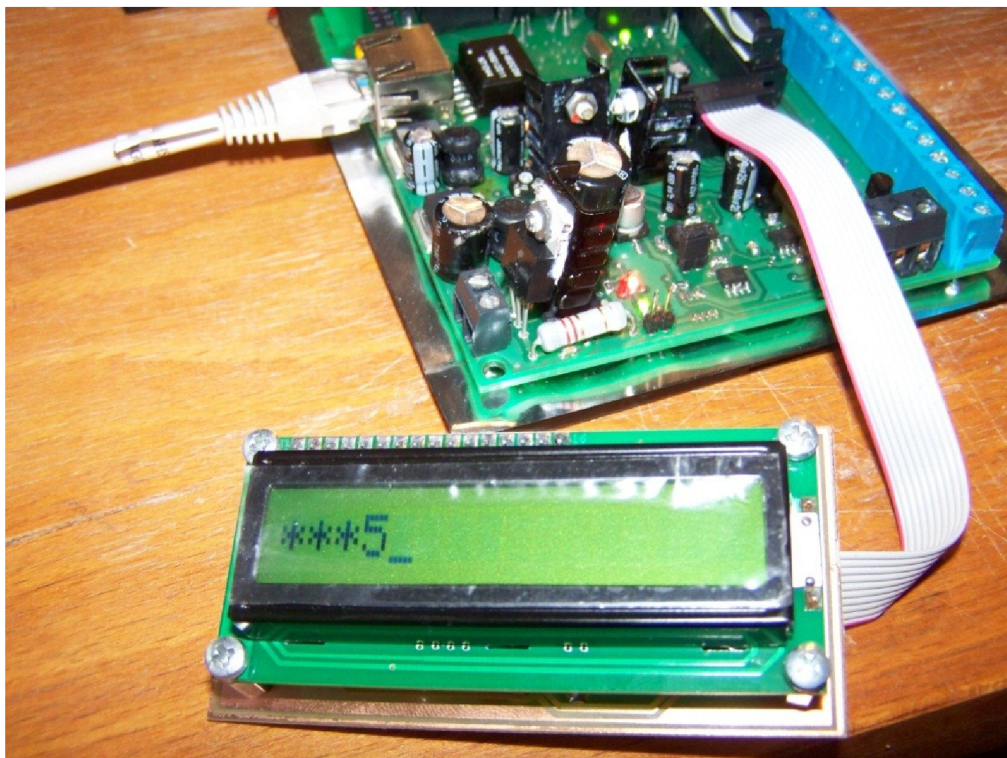
Parametry navržených zabezpečovacích jednotek:

Počet analogových vyvážených vstupů:	10
Počet digitálních vstupů:	2
Počet galvanicky oddělených výstupů:	3
Aktuální počet uživatelů:	1
Aktivace poplachu:	vyhlášení nebo otevření dveří či okna, pohyb osob ve střeženém prostoru, otevření krytu zabezpečovací jednotky bez předchozího odeslání manipulační sekvence z PC
Komunikační rozhraní:	Ethernet
Deaktivací rozhraní:	maticová klávesnice a LCD

Signalizace narušení:	aktivace výstupů a sirény
Max. teoretický příkon:	15,4 W
Zálohovací akumulátor:	olověný akumulátor 12 V



Obr. 5.1 Dokumentační foto celé jednotky



Obr. 5.2 Dokumentační foto s detailem na displej

LITERATURA

- [1] Vyvážené smyčky [online]. Článek Jablotron [cit. 2011-05-04]. Dostupné na [www: http://www.jablotron.cz/cz/sekce/sluzby+a+informace/poradenstvi/vyvazene+smycky/](http://www.jablotron.cz/cz/sekce/sluzby+a+informace/poradenstvi/vyvazene+smycky/)
- [2] Princip činnosti Power Over Ethernet [online]. Článek HW [cit. 2011-05-04]. Dostupné na [www: http://hw.cz/ethernet/poe/popis_komunikace.html](http://hw.cz/ethernet/poe/popis_komunikace.html)
- [3] Power Over Ethernet - napájení ethernetových zařízení po datovém kabelu [online]. Článek HW [cit. 2011-05-04]. Dostupné na [www: http://hw.cz/Produkty/Ethernet/ART1068-Power-Over-Ethernet.html](http://hw.cz/Produkty/Ethernet/ART1068-Power-Over-Ethernet.html)
- [4] Inteligentní nabíječka Pb akumulátorů [online]. Článek HW [cit. 2012-12-22]. Dostupné na [www: http://www.hw.cz/Teorie-a-praxe/Konstrukce/ART1685-Inteligentni-nabijacka-Pb-akumulatoru.html](http://www.hw.cz/Teorie-a-praxe/Konstrukce/ART1685-Inteligentni-nabijacka-Pb-akumulatoru.html)
- [5] HARDWIGER, T.: *Inteligentní nabíječka olověných akumulátorů*. Bakalářská práce. Brno: FEKT VUT v Brně, 2009.
- [6] UC3906 [online]. Datasheet Texas Instruments [cit. 2012-12-22]. Dostupné na [www: http://www.ti.com/product/uc3906](http://www.ti.com/product/uc3906)
- [7] Nabíječe a nabíjení [online]. Článek Eprona [cit. 2012-12-22]. Dostupné na [www: http://www.eprona.cz/cz/clanky.html](http://www.eprona.cz/cz/clanky.html)
- [8] LM3S6537 [online]. Datasheet Texas Instruments [cit. 2012-12-22]. Dostupné na [www: http://www.ti.com/product/lm3s6537](http://www.ti.com/product/lm3s6537)
- [9] IPv4 [online]. Článek wikipedia [cit. 2011-05-04]. Dostupné na [www: http://cs.wikipedia.org/wiki/IPv4](http://cs.wikipedia.org/wiki/IPv4)
- [10] IPv6 [online]. Článek wikipedia [cit. 2011-05-04]. Dostupné na [www: http://cs.wikipedia.org/wiki/IPv6](http://cs.wikipedia.org/wiki/IPv6)
- [11] IP datagram [online]. Článek wikipedia [cit. 2011-05-04]. Dostupné na [www: http://cs.wikipedia.org/wiki/IP_datagram](http://cs.wikipedia.org/wiki/IP_datagram)
- [12] KOLKA, Z.: *Počítačové a komunikační sítě*. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2007.
- [13] Vše o bateriích - druhy baterií [online]. Článek DobréBaterie.cz [cit. 2011-12-31]. Dostupné na [www: http://www.dobrebaterie.cz/inshop/scripts/show.asp?page=druhy-baterii.htm](http://www.dobrebaterie.cz/inshop/scripts/show.asp?page=druhy-baterii.htm)
- [14] TL2575-ADJ [online]. Datasheet Texas Instruments [cit. 2012-12-22]: Dostupné na [www: http://www.ti.com/product/tl2575-adj](http://www.ti.com/product/tl2575-adj)

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

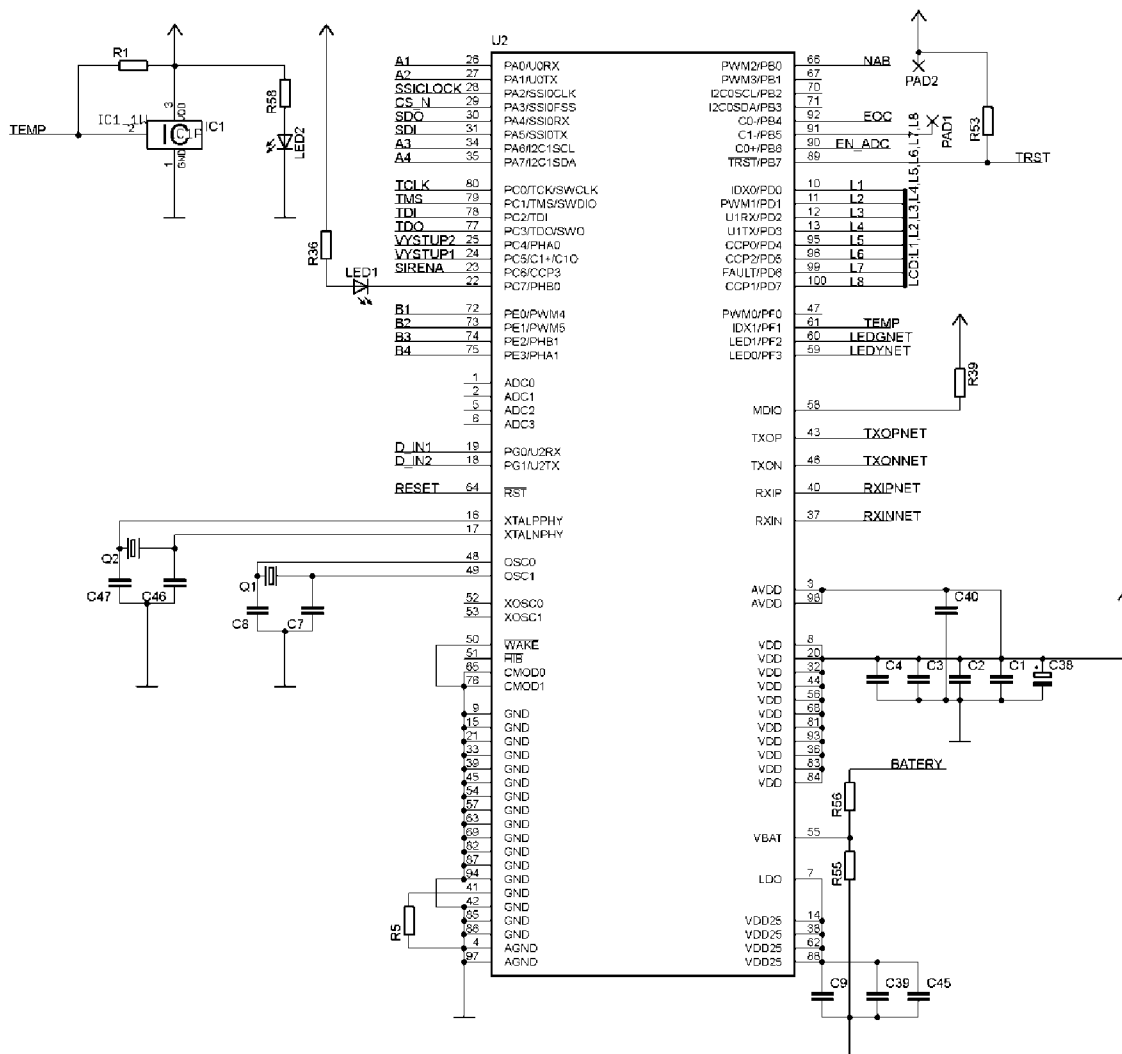
<i>PoE</i>	Power Over Ethernet, napájení přes ethernet
<i>PSE</i>	Power Sourcing Equipment, hlavní napájecí zdroj
<i>PD</i>	Powered Device, napájené zařízení
<i>IPv4</i>	Internet Protocol version 4, Internetový protokol verze 4
<i>IPv6</i>	Internet Protocol version 6, Internetový protokol verze 6
<i>IEEE 802.3af</i>	Norma pro napájení PoE
<i>CAT5</i>	UTP kabel kategorie 5
<i>ICMP</i>	Internet Control Message Protocol, Internetový služební protokol
<i>ARP</i>	Address Resolution Protocol, síťový protokol pro zjišťování MAC adres
<i>RARP</i>	Reverse Address Resolution Protocol, síťový protokol pro zjišťování IP adres na základě MAC adres
<i>UVLO</i>	Under Voltage Lock Out, hodnota napětí 30 V ÷ 44 V
<i>PWM</i>	Pulse Width Modulator
<i>SSI</i>	Synchronous Serial Interface
<i>PHY</i>	network PHYsical interface
<i>MAC</i>	Media Access Controller
<i>JTAG</i>	Joint Test Action Group
<i>I2C</i>	Inter-Integrated Circuit Interface
<i>RTOS</i>	Real Time Operation System
<i>UDP</i>	User Datagram Protocol
<i>TCP</i>	Transmission Control Protocol
<i>DHCP</i>	Dynamic Host Configuration Protocol

SEZNAM PŘÍLOH

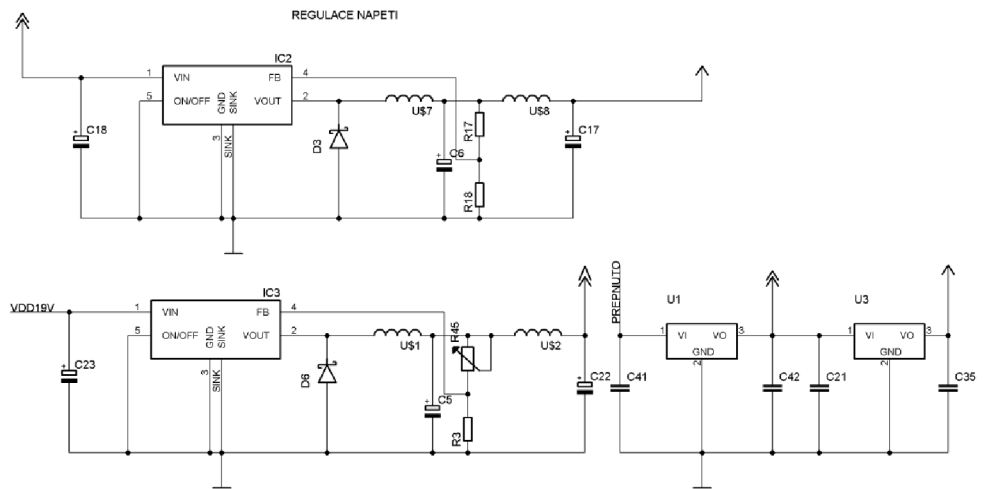
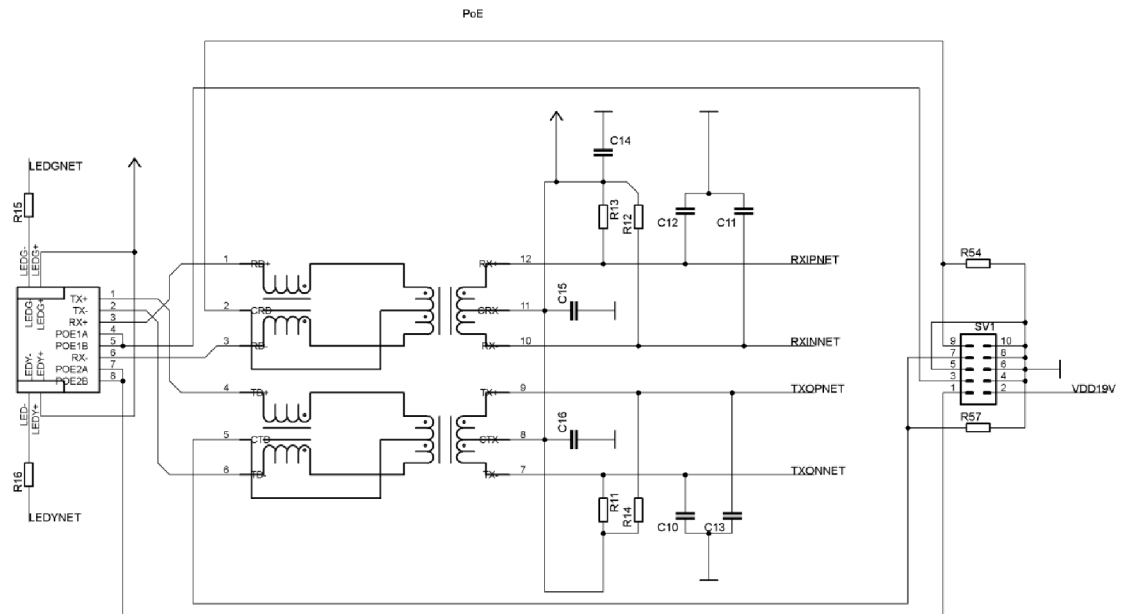
A	SCHÉMA JEDNOTLIVÝCH OBVODOVÝCH ZAPOJENÍ.....	49
A.1	SCHÉMA ZAPOJENÍ MCU A TEPLOTNÍHO SENZORU	49
A.2	SCHÉMA ZAPOJENÍ NAPÁJENÍ A ETHERNETU	50
A.3	SCHÉMA ZAPOJENÍ NABÍJEČKY	51
A.4	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZÁLOHOVÁNÍ	52
A.5	SCHÉMA ZAPOJENÍ VSTUPŮ A VÝSTUPŮ	53
A.6	SCHÉMA ZAPOJENÍ MATICOVÉ KLÁVESNICE, LCD A JTAG.....	54
A.7	SCHÉMA EXTERNÍHO ZÁSUVNÉHO MODULU PRO PoE	54
A.8	SCHÉMA ZAPOJENÍ LCD	55
B	NÁVRH PLOŠNÉHO SPOJE	56
B.1	PLOŠNÝ SPOJ ZE STRANY SOUČÁSTEK TOP	56
B.2	PLOŠNÝ SPOJ ZE STRANY SPOJE BOTTOM	58
B.3	PLOŠNÝ SPOJ EXTERNÍHO ZÁSUVNÉHO MODULU PRO PoE	59
B.4	PLOŠNÝ SPOJ DESKY LCD.....	60
C	SEZNAM SOUČÁSTEK.....	61
C.1	ZABEZPEČOVACÍ JEDNOTKA.....	61
C.2	EXTERNÍHO ZÁSUVNÉHO MODULU PoE	63

A SCHÉMA JEDNOTLIVÝCH OBVODOVÝCH ZAPOJENÍ

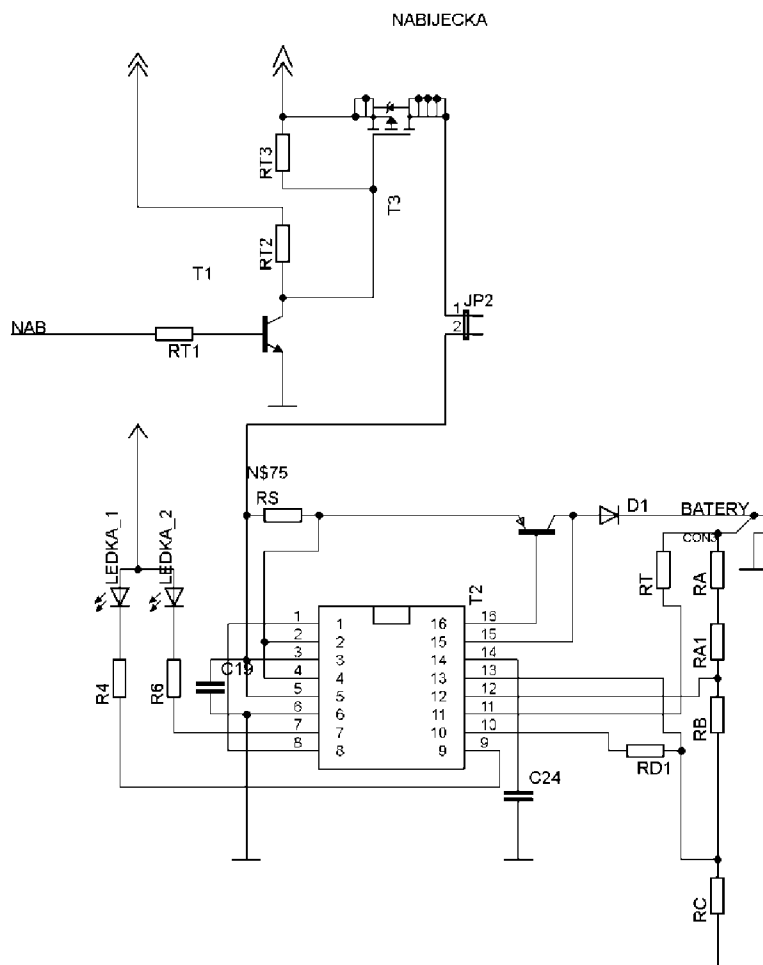
A.1 Schéma zapojení MCU a teplotního senzoru



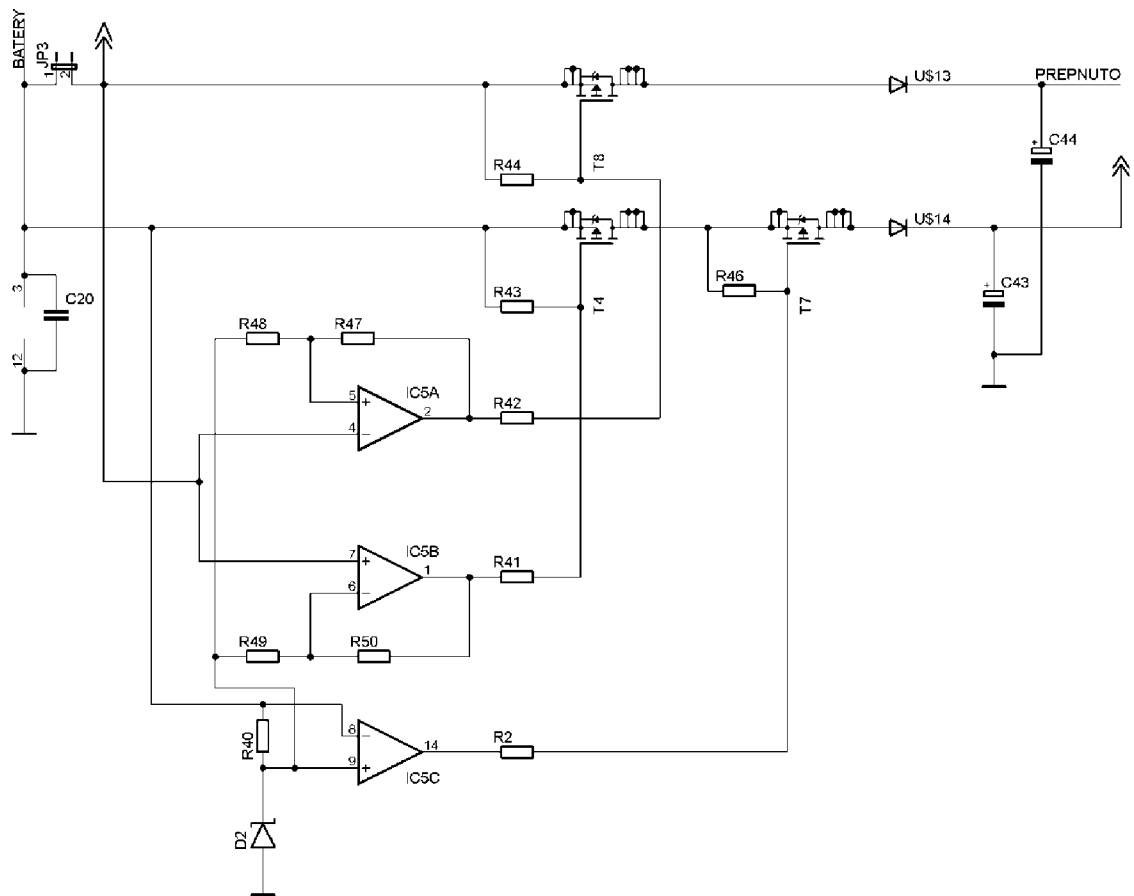
A.2 Schéma zapojení napájení a ethernetu



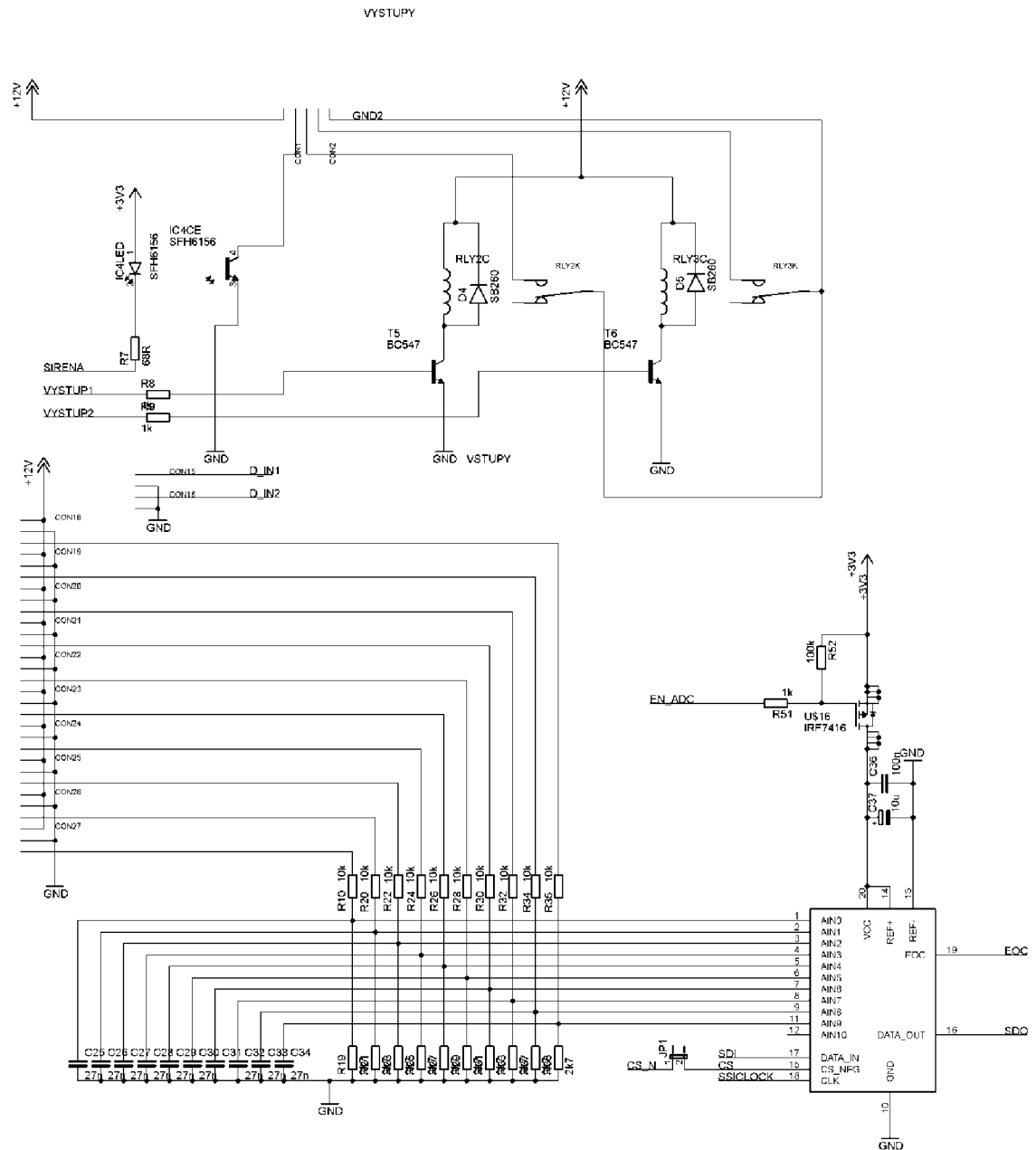
A.3 Schéma zapojení nabíječky



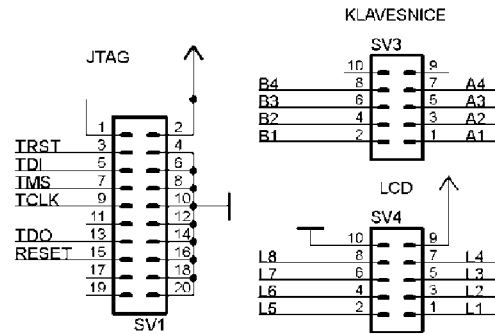
A.4 Schéma zapojení zálohování



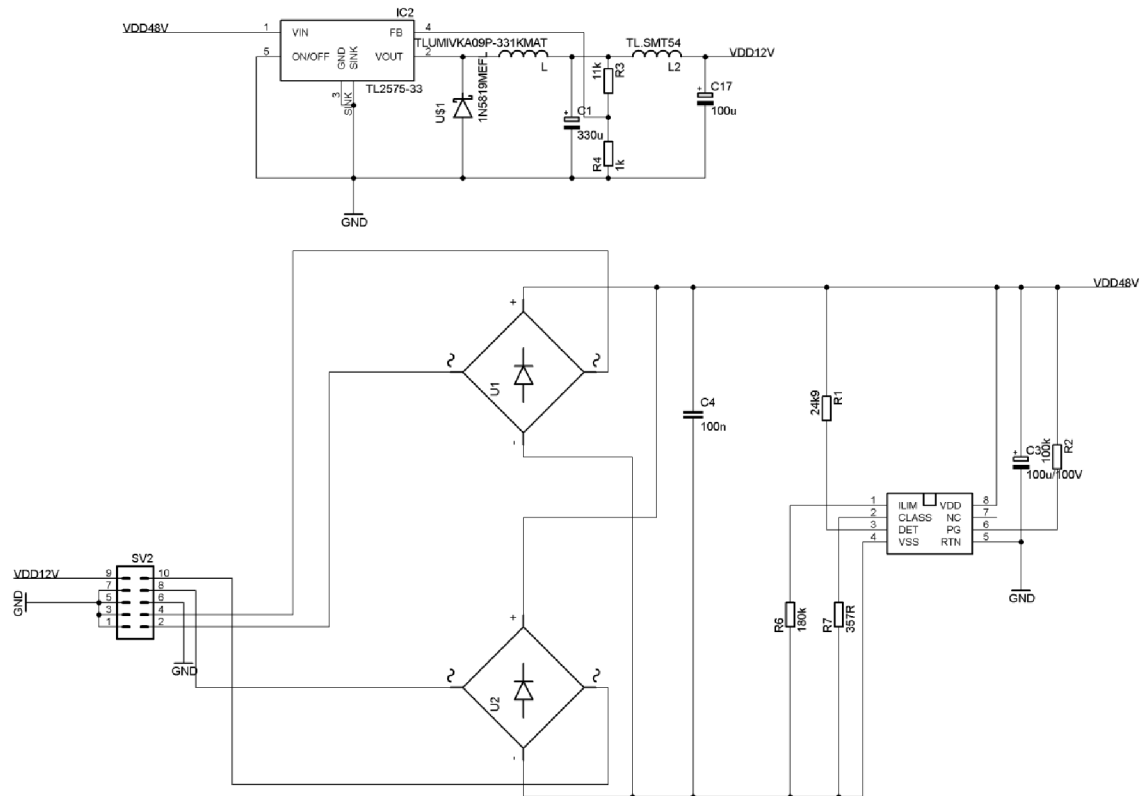
A.5 Schéma zapojení vstupů a výstupů



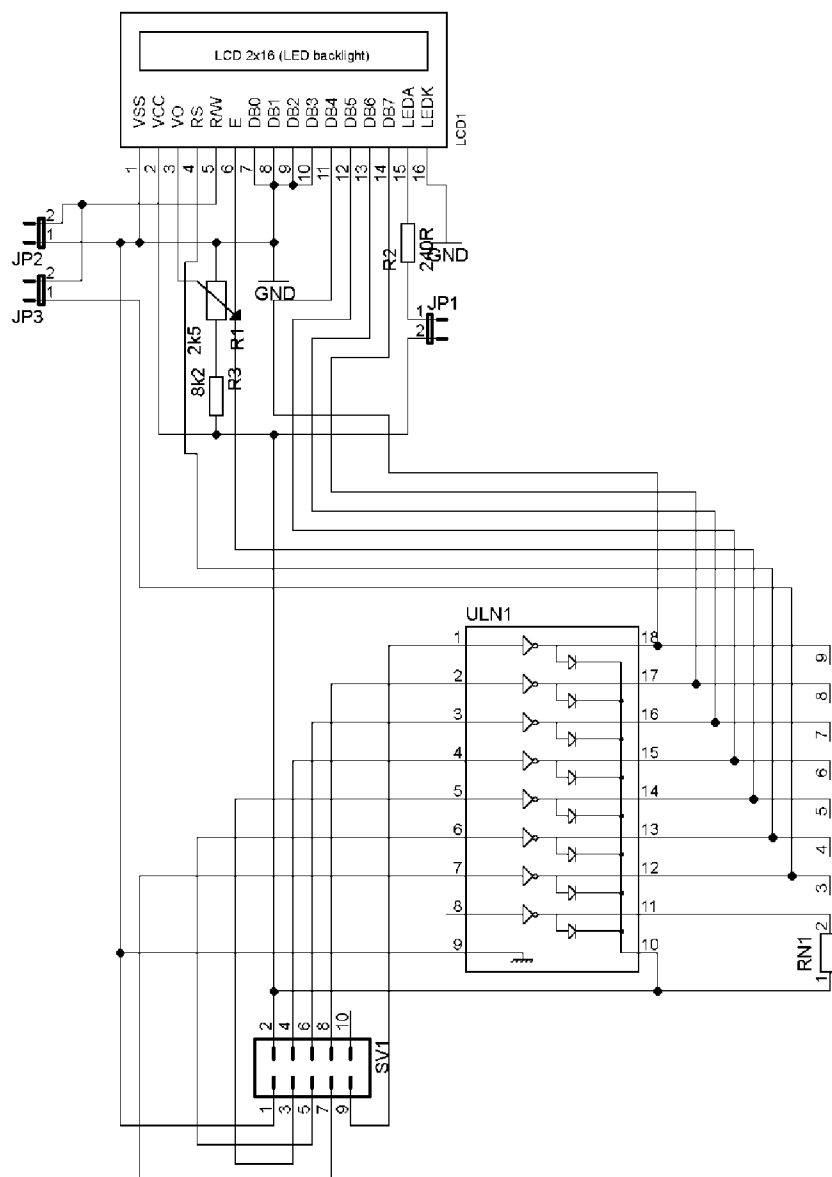
A.6 Schéma zapojení maticové klávesnice, LCD a JTAG



A.7 Schéma externího zásuvného modulu pro PoE



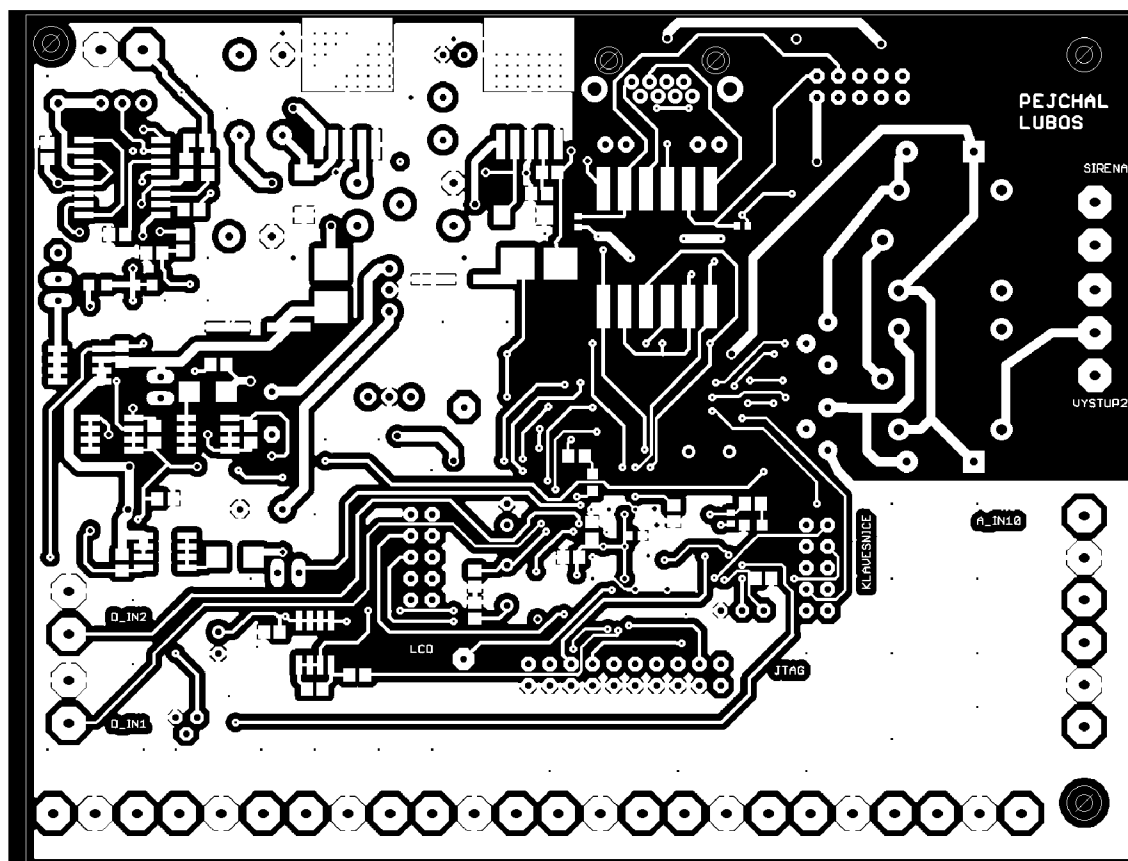
A.8 Schéma zapojení LCD



B NÁVRH PLOŠNÉHO SPOJE

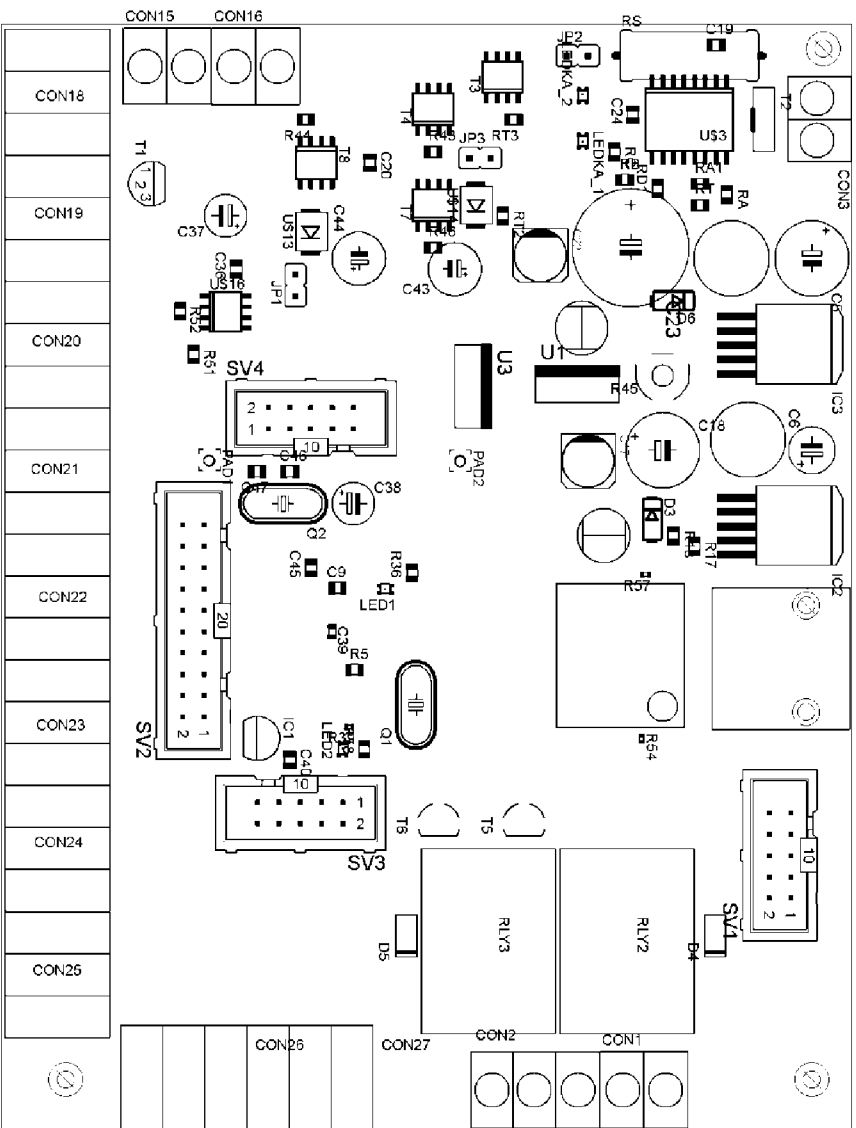
B.1 Plošný spoj ze strany součástek TOP

Předloha pro výrobu DPS ze strany součástek Top



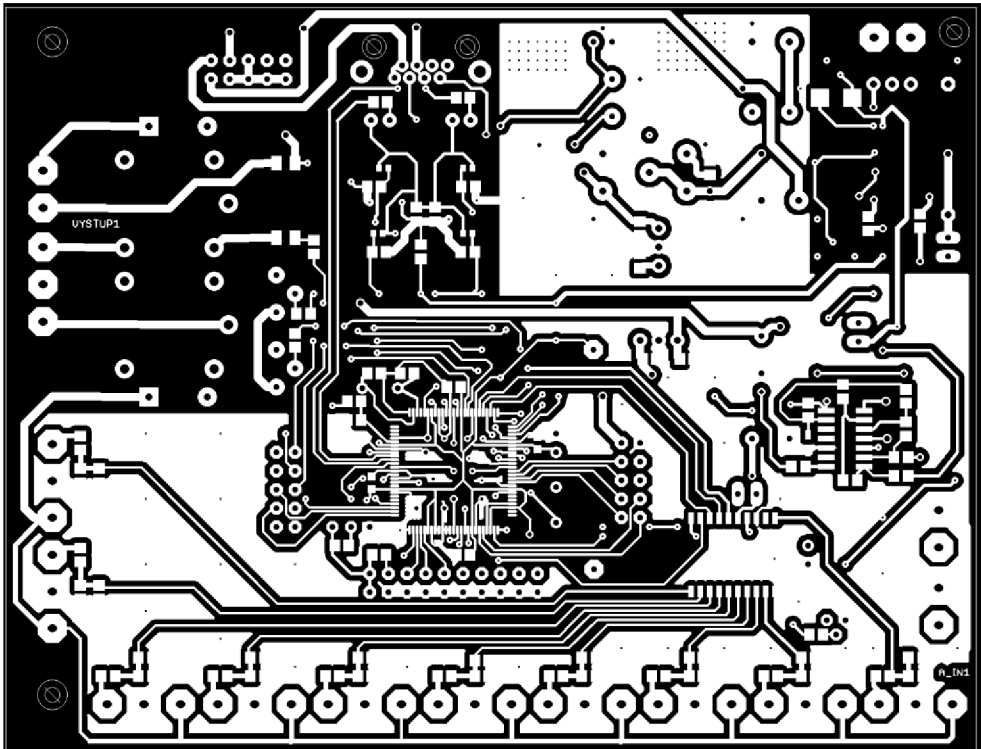
Rozměry DPS 132,1 x 101,6 [mm]

Osazovací výkres DPS ze strany součástek Top



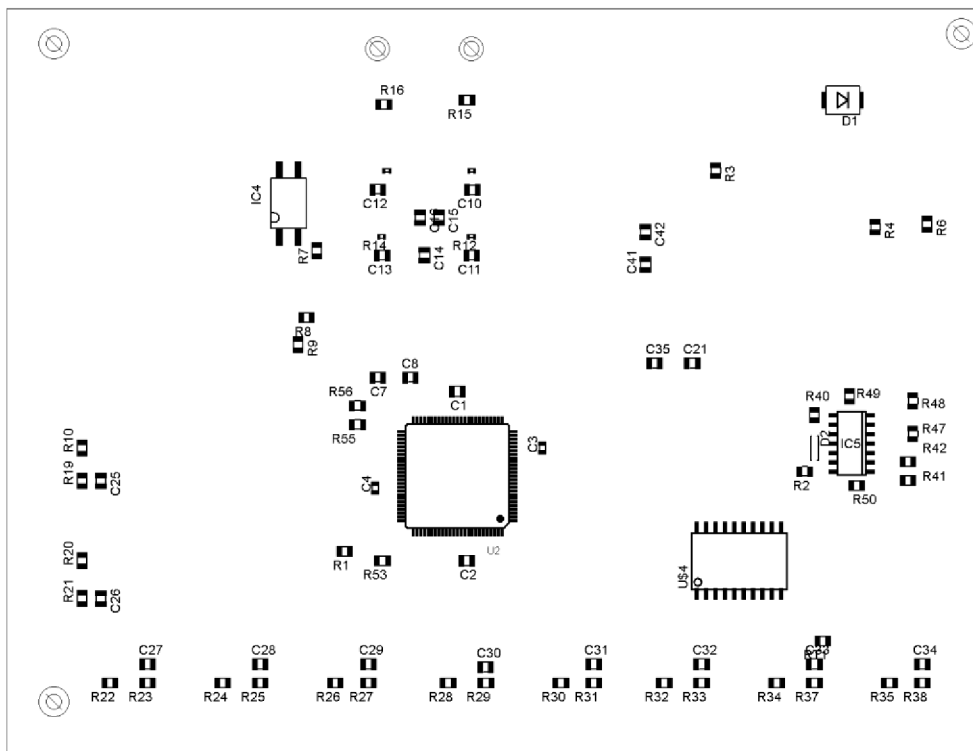
B.2 Plošný spoj ze strany spoje BOTTOM

Předloha pro výrobu DPS ze strany spoje Bottom



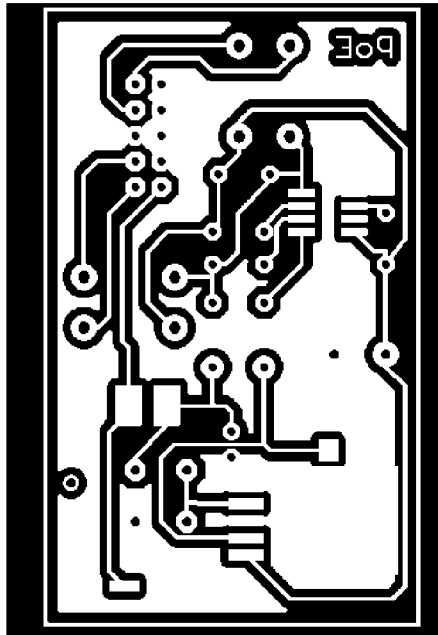
Rozměry DPS 132,1 x 101,6 [mm]

Osazovací výkres DPS ze strany spoje Bottom



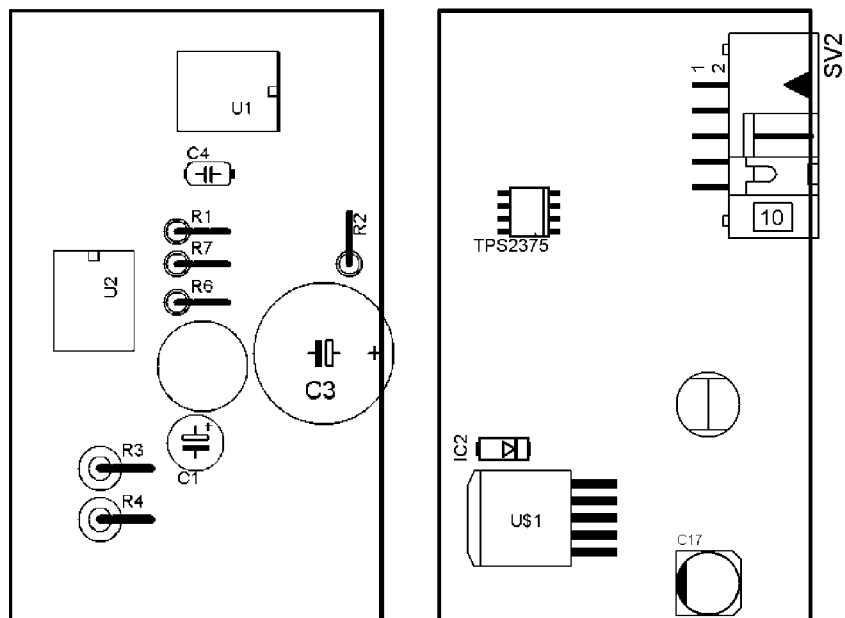
B.3 Plošný spoj externího zásuvného modulu pro PoE

Předloha pro výrobu DPS ze strany spoje Bottom



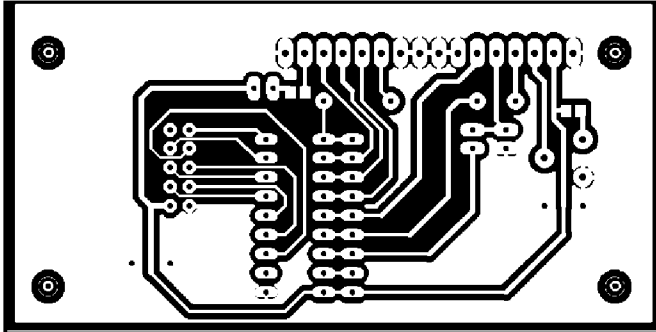
Rozměry DPS 36,8 x 61,0 [mm]

Osazovací výkres DPS ze strany součástek (vlevo) a ze strany spoje Bottom



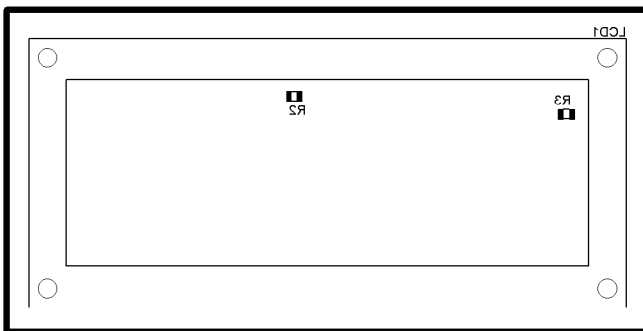
B.4 Plošný spoj desky LCD

Předloha pro výrobu DPS ze strany spoje Bottom

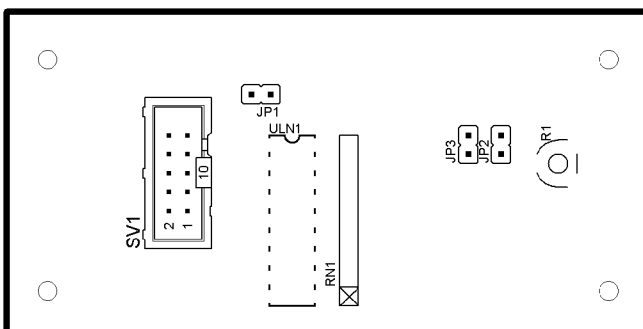


Rozměry DPS 86 x 43 [mm]

Osazovací výkres DPS ze strany spoje Bottom



Osazovací výkres DPS ze strany součástek



C SEZNAM SOUČÁSTEK

C.1 Zabezpečovací jednotka

Označení	Hodnota	Zařízení	Pouzdro
C1,C2,C45	10n	C-EUC0805	C0805
C3,C4,C39	100n	C-EUC0603	C0603
C14,C15,C16,C19,C20, C35,C36,C40,C42	100n	C-EUC0805	C0805
C5	330u	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5
C6	330u	CPOL-EUE2.5-6	E2,5-6
C7,C8,C46,C47	27p	C-EUC0805	C0805
C9	4u7	C-EUC0805	C0805
C10,C11,C12,C13	10p	C-EUC0805	C0805
C17,C22	100u	CPOL-EUUD-6,3X7,7	UD- 6,3X7,7_NICHICON
C18	100u	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5
C23	100u	CPOL-EUE5-13	E5-13
C43,C44	100u	CPOL-EUE5-6	E5-6
C21,C41	330n	C-EUC0805	C0805
C24	4n7	C-EUC0805	C0805
C25,C26,C27,C28,C29, C30,C31,C32,C33,C34	27n	C-EUC0805	C0805
C37,C38	10u	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5
R1	4K7	R-EU_R0805	R0805
R2,R3,R8,R9,R41,R42, R46,R48,R49,R50,R51, RT1,RT2,RT3	1K	R-EU_R0805	R0805
R11,R12,R13,R14,R57, R54	49R9	R-EU_R0402	R0402
R4	330R	R-EU_R0805	R0805
R5	12k4	R-EU_R0805	R0805
R6	330R	R-EU_R0805	R0805
R7	220R	R-EU_R0805	R0805
R15,R16,R36,R58	330R	R-EU_R0805	R0805
R10,R17,R20,R22,R24, R28,R30,R31,R32,R34, R35,R56	2K7	R-EU_R0805	R0805
R18,R19,R21,R23,R25, R27,R29,R33,R37,R37, R53,R55	10K	R-EU_R0805	R0805
R39	10K	R-EU_R0402	R0402
R40,R43,R44,R52	100K	R-EU_R0805	R0805
R45	25K	PT6V	PT6V

R47	330K	R-EU_R0805	R0805
RA	150K	R-EU_R0805	R0805
RA1	8K2	R-EU_R0805	R0805
RB	15K	R-EU_R0805	R0805
RC	33K	R-EU_R0805	R0805
RD1	820K	R-EU_R0805	R0805
RJ45		KONEKTORRJ45LED	POUZDRORJ45
RLY2		RELEG5LE	RG5LE
RLY3		RELEG5LE	RG5LE
RS	2R2	R-EU_0617/17	0617/17
RT	240R	R-EU_R0805	R0805
CON1,CON15,CON16		ARK120/2	ARK120/2
CON2		ARK120/3	ARK120/3
CON3		ARK500/2	ARK500/2
CON18, CON19, CON20,CON21,CON22 CON23,CON24,CON25 CON26,CON27		ARK300/3	ARK300/3
D1, U\$13, U\$14		SK24SMD	SMB
D2		BZV55C	SOD80
D3,D6		1N5819MEFL	DO214AA
D4,D5		1N4148	DO41
IC1		DS18B20	TO92-
IC2,IC3		TL2575-ADJ	D2PAK-5
IC4		TLP627-COS	TLP627-COS
IC5		LM339D	SO14
JP1,JP2,JP3		JP1E	JP1
LED1,LED2,LEDKA_1, LEDKA_2		LEDCHIPLED_0805	CHIPLED_0805
PAD1,PAD2		2,54/0,8	2,54/0,8
Q1	8 MHz	CRYSTALHC49U-V	HC49U-V
Q2	25 MHz	CRYSTALHC49U-V	HC49U-V
SV1		BL810	ML10
SV2		MLW20G	ML20
SV3,SV4		MLW10G	ML10
T1		BC547	TO92
T2		BD140-16	TO-126S
T3,T4,T7,T8, U\$16		IRF7416	SO-08
T5,T6		BC557A	TO-92C
TRAFO		TRANSFORMERPOE	POETRANFORMER
U\$1, U\$7		TLUMIVKA09P- 331KMAT	POUZDRO_TL09P- 331KMAT
U\$2, U\$8		TL.SMT54	POUZDRO_SMT54
U\$3		UC3906DW	SO-16DW

U\$4		TLV2553-Q1	SOIC20S
U1		78S12	TO-220S
U2		LM3S6537, LM3S6965	LQFP100
U3		7805	TO-220S

C.2 Externího zásuvného modulu PoE

Označení	Hodnota	Zařízení	Pouzdro
C1	330u	CPOL-EUE2.5-6	E2,5-6
C3	100u/100V	CPOL-EUE5-13	E5-13
C4	100n	C-EU050-024X044	C050-024X044
C17	100u	CPOL-EUUD-6,3X7,7	UD- 6,3X7,7_NICHICON
IC2	TL2575-33	TL2575-33	D2PAK-5
L	TLUMIVKA09P- 331KMAT	TLUMIVKA09P- 331KMAT	POUZDRO_TL09P- 331KMAT
L2	TL.SMT54	TL.SMT54	POUZDRO_SMT54
R1	24K9	R-EU_0207/5V	0207/5V
R2	100K	R-EU_0207/5V	0207/5V
R3	11K	R-EU_0414/5V	0414V
R4	4K7	R-EU_0414/5V	0414V
R6	180K	R-EU_0207/5V	0207/5V
R7	357R	R-EU_0207/5V	0207/5V
SV2		ML10L	ML10L
TPS23		TPS2375	SOIC8
U\$1	1N5819MEFL	1N5819MEFL	DO214AA
U1,U2		B250C1000D	DB3