

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra technologií a měření

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Monitorování napájení provozu

Autor práce: Jan Dolák
Vedoucí práce: Ing. Petr Weissar, Ph.D.

Plzeň 2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan DOLÁK**
Osobní číslo: **E13N0144P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Monitorování napájení provozu**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Navrhněte a realizujte monitorovací systém napájení pro firemní provoz:

1. HW části sledují přítomnost napájecího napětí bloků provozu a další provozní veličiny
2. Pro spojení se serverem zvolte vhodný protokol
3. Zvolte vhodnou formu dat na serveru a jejich prezentaci pro sledování provozu

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Weissar, Ph.D.**


Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Konzultant diplomové práce: **Ing. Václav Stuchl**

firma IACG s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2015**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na návrh a realizaci systému pro sledování přítomnosti napájení pro provoz serverů a dalších zařízení.

V první části je popsán návrh konstrukce pro sledování přítomnosti napájecího napětí a ostatních veličin. Další část je pak zaměřena na vývoj serverové aplikace a zpracování dat z jednotlivých částí systému.

Klíčová slova

Monitorování napájení, nabíjení lithium-iontové baterie, komunikace přes Ethernet, HTTP protokol, Arduino Ethernet, serverová aplikace.

Abstract

Monitoring power of service

The submitted thesis deals with design and implementation the monitoring power of service a server and other devices.

The first part describes design the device for monitoring power source and other values. The following part is focused on development the server application and data processing.

Key words

Monitoring power of service, charging lithium-ion batteries, communication over Ethernet, HTTP protocol, Arduino Ethernet, server Application.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

Podpis

V Plzni dne 11.5.2015

Jan Dolák

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval konzultantovi diplomové práce panu Václavu Stuchlovi za časté a cenné profesionální rady a připomínky při tvorbě diplomové práce. Rovněž bych rád stejným dílem také poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Petrovi Weissarovi, Ph.D.

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	10
Seznam zkratk	11
1. Úvod	12
2. Hardwarová část	13
2.1. Popis konstruovaného zařízení	13
2.2. Volba použitých technologií	14
2.2.1. Komunikačního rozhraní	15
2.2.1.1. USB	15
2.2.1.2. RS-232	15
2.2.1.3. RS-485	15
2.2.1.4. Ethernet	16
2.2.2. Společnost IACG s.r.o. a potřeby monitorování	17
2.2.3. Arduino	18
2.2.4. Akumulátor	19
2.3. Návrh a popis schéma	24
2.3.1. Zdrojová část	24
2.3.2. Nabíjecí část	25
2.3.3. Periferie	28
2.4. Návrh desky plošného spoje	31
2.4.1. Návrhový systém Eagle	31
2.4.2. Celková koncepce DPS	31
2.4.3. Rozmístění součástek	32
2.5. Realizace a oživení	33
2.5.1. Výroba DPS	33
2.5.2. Oživení	34

2.5.3. Konstrukční uspořádání	34
3. Ovládací program hardwarové části.....	36
3.1. Programovací jazyk Wiring	36
3.2. Volba protokolu	37
3.3. Popis ovládacího programu.....	38
4. Serverová aplikace.....	41
4.1. Popis aplikace pro server	41
4.2. Hlavní okno programu	42
4.3. Zobrazení a zpracování dat.	43
5. Závěr	46
Použitá literatura	47
Příloha A: Deska plošného spoje	1
A.1 Strana spojů.....	1
A.2 Osazovací plán	1
A.3 Výpis součástí z programu Eagle	2
Příloha B: Zapojení prvků monitorování.....	3
B.1 Schéma zapojení jednotlivých prvků monitorování napájení	3
Příloha C: Fotodokumentace	4
C.1 Celkový pohled na zařízení.....	4
C.2 Detail umístění v instalační krabici.....	4
C.3 Strana spojů a umístění propojovacích pinů	5

Seznam obrázků

Obr. 1 Pohled na desku plošného spoje spojenou s deskou Arduino Ethernet.....	13
Obr. 2 Deska Arduino Ethernet	18
Obr. 3 Li-ion akumulátor Nexcell 3,7V, 600mAh.....	22
Obr. 4 Celkové schéma zapojení hardwarové části	23
Obr. 5 Napájecí zdroj.....	24
Obr. 6 Jednotlivé fáze nabíjení Li-ion akumulátorů. Převzato z [15].....	26
Obr. 7 Nabíječka Li-ion akumulátoru.....	27
Obr. 8 Vstupy.....	28
Obr. 9 Výstupní relé a připojení čidla teploty	29
Obr. 10 Testování funkčnosti celého zařízení na nepáživém poli.....	33
Obr. 11 Vývojové prostředí Arduino IDE	36
Obr. 12 Webová stránka zobrazující stav hardwarového zařízení.....	39
Obr. 13 Hlavní okno serverové aplikace	42
Obr. 14 Serverová aplikace - stav vstupů a výstupů.....	44
Obr. 15 GSM terminál Nokia 32 DTX-3	44

Seznam tabulek

Tab. 1: Vlastnosti a porovnání vybraných druhů akumulátorů [8].....	20
---	----

Seznam zkratek

RS-232	Komunikační sériové rozhraní pro komunikaci dvou zařízení.
RS-485	Standart sériové komunikace v průmyslovém prostředí.
LAN	Local Area Network. Lokální síť.
PLC	Programmable Logic Controller. Programovatelný logický automat.
IACG.....	International Automotive Components Group s.r.o.
ERP	Enterprise Resource Planning. Podnikový informační systém.
EDI.....	Electronic Data Interchange. Elektronická výměna dat.
A/D.....	Analogově-Digitální převodník. Převádí spojitý (analogový) signál na signál diskrétní (digitální).
UART.....	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter. Asynchronní sériové rozhraní.
SPI.....	Serial Peripheral Interface. Sériové rozhraní používané u periferií.
NiCd.....	Níkl kadmiový akumulátor.
NiMH.....	Níkl metal hydridový akumulátor.
Li-ion	Lithium iontový akumulátor.
GSM.....	Global System for Mobile Communications.
SMS	Short Message Service. Služba krátkých textových zpráv.
HTML	Hyper Text Markup Language. Jazyk pro tvorbu internetových stránek.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol. Protokol pro výměnu dokumentů HTML.
THT.....	Through-hole technology. Osazování plošných spojů součástkami s drátovými vývody.
SMD.....	Surface Mount Device. Součástky pro povrchovou montáž.
UTP.....	Kroucená dvojlinka používaná k propojení počítačových sítí.
STP.....	Stíněná kroucená dvojlinka.

1. Úvod

Tato diplomová práce vznikla pro potřeby firmy International Automotive Components Group s.r.o. Přeštice, vyrábějící komponenty pro automobilový průmysl. Firma IACG s.r.o. vlastní a spravuje ve dvou výrobních závodech v Přešticích na jižním Plzeňsku několik desítek serverů. Tyto jednotlivé servery zabezpečují jak vlastní výrobu, tak ERP systém, EDI komunikaci, docházkový a přístupový systém, monitoring výroby, plánování výroby, dokumentační systém a systém oběhu dokumentů uvnitř společnosti a mnoho dalších.

Chod serverů je naprosto klíčový k funkci celé firmy. Všechny tyto servery jsou samozřejmě zálohovány proti výpadku napájení ze sítě záložními zdroji UPS, avšak jejich schopnost udržet tyto zařízení v chodu je časově omezená. Pro osoby dohlížející na chod těchto serverů je důležité vědět, že došlo k výpadku napájení. Proto vznikl nápad vytvořit elektronické zařízení, které bude přítomnost napájení sledovat. V případě výpadku neprodleně předá zprávu centrálnímu serveru, který tuto skutečnost zpracuje a pošle prostřednictvím GSM modulu na vybraná telefonní čísla SMS zprávy. Tímto způsobem bude možné sledovat nejen napájení serverů, ale také třeba výrobní počítače, které měří tuhost výrobků, PLC které přesně dávkuje množství výrobních surovin a podobně.

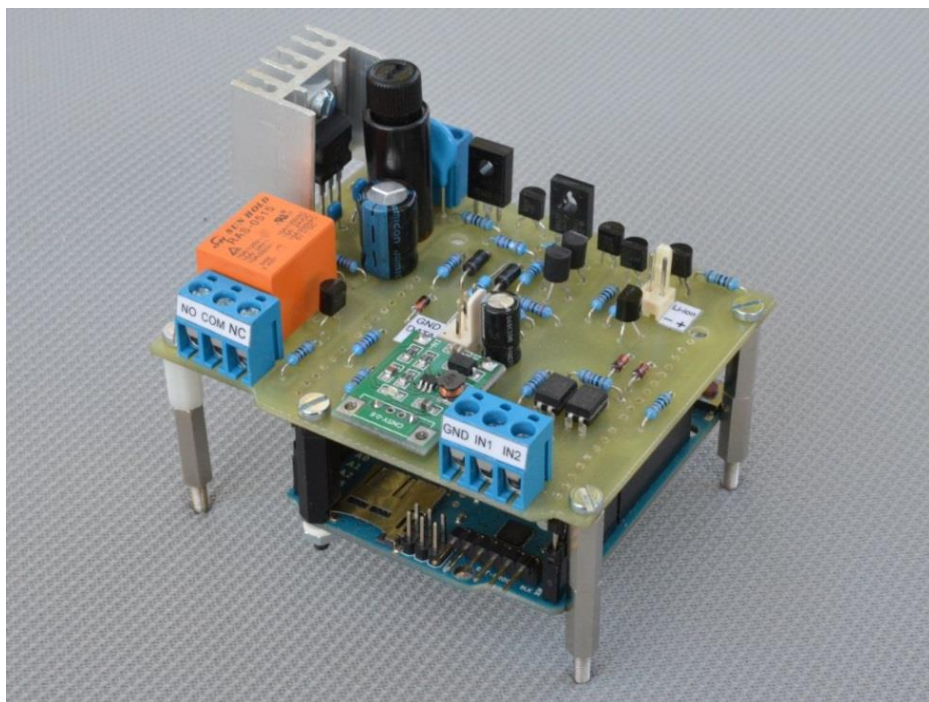
Aby toto zařízení nebylo pouze jednoúčelné, bude rozšířeno o funkce s možností připojení dvou digitálních vstupů, jednoho reléového výstupu a měření teploty. Digitální vstupy lze využít pro připojení například požárního detektoru, pohybového detektoru, záplavového čidla a jiné. Reléový výstup je možné použít pro vzdálené zapínání/vypínání nějakého zařízení (osvětlení, ventilátoru), lze jím také například restartovat připojený počítač. Měřit teplotu lze prakticky kdekoli (teplota procesoru, teplota uvnitř místnosti anebo také teplota v PC racku).

Součástí diplomové práce je návrh hardwarového zařízení s vlastním záložním zdrojem a serverové aplikace pro sbírání a zpracování dat z těchto zařízení.

2. Hardwarová část

Pro sledování různých elektrických veličin existuje mnoho řešení od různých výrobců. Pokud se zaměřím na české výrobce tak mezi asi hlavního zástupce patří firma Papouch s.r.o. [1]. Tato firma se zabývá výrobou různých elektronických systémů a zakázkových aplikací. Vyrábí různé převodníky sériových linek pod názvem GNOME (RS-232, RS-485, ...), dále vstupně/výstupní karty Quido. Prodloužení komunikačních linek, karty pro PC, zobrazovací systémy a jiné. Mezi jejich výrobky patří také IP Watchdog, kterým jsem se nechal inspirovat.

Zařízení pod názvem IP Watchdog sleduje zařízení prostřednictvím sítě Ethernet a v případě potřeby je může pomocí kontaktů relé toto zařízení restartovat, lze k němu připojit také teplotní čidlo. IP Watchdog ovšem postrádá možnosti připojení digitálních vstupů a nemá vlastní záložní zdroj napájení. Při výpadku napájecího napětí se toto zřízení vypne a nelze tedy tento výpadek nijak detekovat. Proto jsem se rozhodl navrhnout vlastní zařízení, které všechny tyto nedostatky odstraňuje.



Obr. 1 Pohled na desku plošného spoje spojenou s deskou Arduino Ethernet

2.1. Popis konstruovaného zařízení

Celé zařízení jsem navrhl tak aby se jednalo o kompaktní celek zabudovaný v plastové instalační krabici. O napájení celého zařízení se stará běžný spínaný síťový adaptér 230V se stejnosměrným výstupem 9–24V/1000mA. Pokud je tento výrobek používán pro

monitorování nějakého výrobního zařízení, například PLC, je možné toto zařízení napájet i z místního napájecího zdroje.

Zařízení se skládá ze dvou částí, které jsou mezi sebou propojeny (Obr. 1). První část, která zabezpečuje komunikaci s vnějším LAN prostředím obstarává deska Arduino Ethernet s mikrokontrolérem ATmega328 a ethernetovým čipem WIZnet W5100.

Druhá část, která bude popisována této diplomové práci je návrh přídavného modulu (shieldu) k Arduino Ethernet. Tento přídavný modul zabezpečuje napájení celého zařízení stejnosměrným napětím 5V. Pro potřeby udržení zařízení v chodu v případě, kdy dojde k výpadku napájení ze sítě 230V je modul osazen záložním lithiovým akumulátorem 3,7V/600mAh. Akumulátor bez problémů udrží celé zařízení v chodu asi 60 minut, tento čas platí, pokud výstup v podobě relé umístěný na této desce je vypnutý a odběr z akumulátoru je 300mA. Když je relé sepnuté tak se proud zvýší na 540mA a doba, po kterou je možné zařízení napájet z akumulátoru se tím úměrně zkrátí. Pokud dojde k výpadku elektřiny a elektronika bude napájena ze záložního zdroje tak je nutné akumulátor opětovně dobít, proto je na desce plošné spoje také integrována nabíječka s omezením proudu a obvody sledující to v jaké kondici je akumulátor. S potřebami záložního napájení z akumulátoru o napětí 3,7V je v zapojení integrován DC-DC step-up měnič který zvedá toto napětí na obvyklých 5V potřebných pro chod celé elektroniky včetně Arduina.

Mezi základní funkce celého monitorovacího systému mimo jiné patří také možnost sledování stavu externích periférií. Například připojení požárního kouřového detektoru, kontaktu sledující zavřené dveře, nebo například detektoru pohybu. Proto bylo využito vstupně výstupních bran mikrokontroléru ATmega328. K zařízení je možné připojit celkem dvě takováto zařízení a jejich stav sledovat prostřednictvím centrálního serveru anebo například pomocí mobilního telefonu přes HTML stránku. Obdobným způsobem bylo osazeno teplotní čidlo, to je možné použít jako doplňkové pomocné měřidlo pro zjišťování teploty v serverové místnosti. Přídavný shield jsem také doplnil o možnost spínání nebo rozpínání relé a tím pádem moci ovládat nějakou připojenou periférii. Jako příklad lze uvést rozsvícení světla, zapnutí ventilátoru či vzdálené restartování nějakého zařízení (server, switch, modem). Kontakty relé jsou dimenzovány pro napětí 250V a proud 10A.

2.2. Volba použitých technologií

Pro návrh zařízení sledující napájení a provoz zařízení bylo nutné zvolit vhodné technologie, které budou zabezpečovat komunikaci mezi serverem a koncovým zařízením.

V tomto zařízení jsem chtěl využít příležitosti naučit se pracovat s vývojovou deskou Arduino a prostředím Arduino IDE, které pro mě bylo předtím velkou neznámou. Jak jsem již zmiňoval celý systém bude potřeba napájet i ze záložního zdroje, proto bude v následujících kapitolách rozebrána i volba vhodného akumulátoru.

2.2.1. Komunikačního rozhraní

Pro komunikaci se serverem bylo možné zvolit několik možností komunikace. Bylo možno použít jak sériové komunikace prostřednictvím USB, RS-232, či RS-485 tak komunikaci po síti Ethernet.

2.2.1.1. USB

Rozhraní USB (Universal Serial Bus) – univerzální sériová sběrnice. Využívá se především k připojení periférií k počítačům. Svým způsobem nahrazuje dříve používané sériové a paralelní porty, game port atd. Mezi parametry patří komunikační rychlost až 480Mbit/s (u verze 2.0), maximální vzdálenost je daná rozsahem použití a zpravidla nepřekračuje 5m. Mezi výhody patří možnost připojené zařízení napájet stejnosměrným 5V při proudovém odběru až 500mA. Toho by šlo dobře využít pro napájení mého monitorovacího zařízení bez nutnosti jeho napájení externím síťovým adaptérem. Protože rozhraní USB je sběrnice lze pomocí jediného konektoru připojit až 127 zařízení.

2.2.1.2. RS-232

Sériové rozhraní by svým principem dostačovalo, jelikož se jedná o obousměrnou asynchronní komunikaci avšak s velmi omezenou vzdáleností mezi jednotlivými zařízeními. Maximální možná vzdálenost se udává okolo 15m při přenosové rychlosti 19200Bd. Vzdálenost lze ovlivnit kvalitou propojovacího vodiče a jeho kapacitou, dále lze maximální možnou vzdálenost prodloužit tím, že snížíme přenosovou rychlost na 9600Bd nebo nižší. [2]

2.2.1.3. RS-485

Rozhraní RS-485 funguje na principu sběrnice, také odesílá data sériovým způsobem a jedná o rozhraní používané především v průmyslu. Pro komunikaci používá pouze jeden pár vodičů a směr přenosu dat se musí softwarově přepínat. K této sběrnici lze připojit až 32 zařízení, které budou mezi sebou komunikovat, to je rozdíl oproti rozhraní RS-232 kde mohou mezi sebou komunikovat pouze dvě zařízení. Komunikace probíhá tak, že všechny přijímače a vysílače jsou ve stavu vysoké impedance a tudíž nijak neovlivňují zařízení, které

mezi sebou komunikují. Vždy pouze jedno zařízení může v daném čase pracovat jako vysílač. Co se týče vzdálenosti přenosu tak při použití kroucené dvojlinky je běžné dosažitelná vzdálenost 1200m. Pomocí linky RS-485 lze dosáhnout přenosové rychlosti až 10Mbit/s, opět platí, že čím větší vzdálenost, tím menší bude přenosová rychlost. Tyto parametry platí, pokud jsou oba konce linky zakončeny zakončovacími odpory tzv. „terminátory“. Úkolem terminátorů je zabránit odrazu signálu na konci vedení. Hodnota terminátorů se pohybuje okolo 100Ω. [3]

2.2.1.4. Ethernet

Síť Ethernet je nyní nejrozšířenější technologie používaná k budování počítačových sítí LAN pro domácí a podnikové sítě. V současné době se pro komunikaci využívá kroucené dvojlinky, pro připojení jednotlivých zařízení slouží konektor RJ-45. Přenosové rychlosti, se kterými se dnes běžně pracuje po kroucené dvojlince je 100Mbit/s a 1000Mbit/s, při maximální vzdálenosti 100m. Co se týče síťové architektury, tak jsou v drtivé většině síťové prvky zapojeny do tzv. hvězdy. Středem hvězdy je přepínač hub a na koncích hvězdy jsou připojeny jednotlivé stanice. Hub slouží k tomu, aby se informace vysílaná z každé jednotlivé stanice dostala do všech konců hvězdy. Hub se v současné době již nevyužívá a nahradil jej tzv. switch. Switch funguje obdobně jako hub avšak rozdíl je v jeho inteligenci. Funkce switche spočívá v tom, že přijme ethernetový rámec, ten poté uloží do své vyrovnávací paměti, analyzuje IP adresu, na kterou má být rámec odeslán. Pokud je cílové zařízení volné nekomunikuje, potom se tento rámec odešle pouze svému adresátovi. Switch naslouchá probíhající komunikaci a ukládá do své vnitřní tabulky informace o tom, na kterém portu se nachází jaká IP adresa. Výhoda tohoto systému spočívá v jeho bezpečnosti, protože data jsou posílána pouze tam, kam mají být skutečně doručena. [4]

Kroucená dvojlinka

Rozvod kroucené dvojlinky uvnitř budov se nazývá strukturovaná kabeláž. Každý kabel je na jedné straně zakončen zásuvkou s konektorem RJ-45. Druhá strana je pak ukončena v rozvaděči strukturované kabeláže, často se tento rozvaděč nazývá „Rack“. Takovýto kabel se může využít buď pro rozvod počítačové sítě anebo ho lze také s výhodou použít pro rozvod telefonů. Ve strukturované kabeláži je zvykem tento kabel rozvést v délce do 90m. Se zbylými 10m se počítá jako rezerva na propojení v rackové skříni a k připojení účastníka k zásuvce. Druhem kabelu, který se nejčastěji používá je buď UTP a nebo STP. První je nestíněný a druhý stíněný – ten se používá v průmyslu a chrání kabel proti vnějšímu rušení.

Stíněné kabely se vyrábějí, tak že mají stíněnou pouze duši kabelu anebo i jednotlivé páry słaňovaných vodičů. Kabely se dále dělí do kategorií podle toho, v jakém se používají prostředí (pod omítku, odolné UV záření, speciální kabely do země atd.) a elektrických vlastností, které určují jeho použití a například i přenosovou rychlost. [4]

Optické kabely

Pro přenos se také využívá optických kabelů. Důvodem jejich použití je přenos na velké vzdálenosti, větší než 100m v případě propojení metalickými kabely. Výhoda optických kabelů je přenos na větší vzdálenosti. Optickou sítí lze budovat na vzdálenosti mnoha kilometrů. Na optický spoj nemá vliv vnější elektromagnetické rušení a také je výhodný v tom, že poskytuje galvanické oddělení jednotlivých konců sítě a je tak odolný proti statické elektřině. V optice se používají tzv. jednovidová a mnohovidová vlákna. Konce vláken jsou zakončené konektory, které se připojují do switchů se speciálním opticko-elektrickým převodníkem. Pro přenos mezi dvěma konci sítě se používají obvykle dvě vlákna. Pro každý směr jedno. Co se týče přenosových rychlostí tak se v současnosti pohybují okolo 10Gbit/s. [4]

2.2.2. Společnost IACG s.r.o. a potřeby monitorování

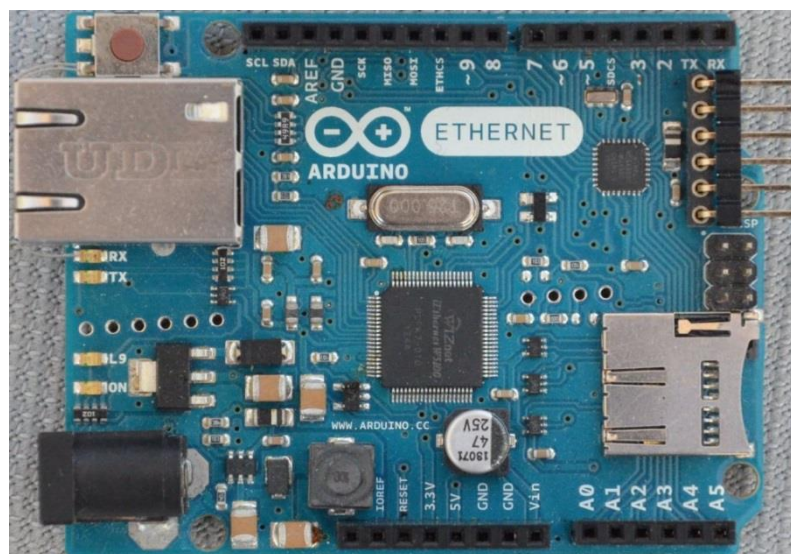
Společnost IACG s.r.o. patří americké společnosti International Automotive Components Group. Její historie v České republice sahá do roku 1993. V České republice kromě závodu v Přešticích jsou ještě dva další závody v Zákupcích a v Hodoníně. Celosvětově společnost IACG zaměstnává 22 tisíc zaměstnanců v 73 výrobních závodech v 15 zemích světa. V Přešticích má dva výrobní závody a vyrábí zde interiérové komponenty pro automobilový průmysl. Jsou to především panely stropu a dveřní výplně. Operace, které se zde provádějí je výroba plastových dílů na vstřikovacích lisech, svařování plastů, zpracování povrchových dílů a další. V Přešticích je zaměstnáno více jak 700 zaměstnanců. Společnost je významným regionálním zaměstnavatelem. Odběrateli výrobků jsou automobilky Audi, Volkswagen, Daimler, Škoda, BMW, LandRover, General Motors, MAN, Porsche a Opel. [5]

Jelikož v Přešticích jsou dva výrobní závody z nichž každý je umístěn v jiné části města jsou mezi sebou propojeny profesionálním bezdrátovým spojením od společnosti Miracle Network, spol. s.r.o.. Používá se bezdrátové propojení, protože metalické či optické spojení mezi odlehlými budovami by bylo finančně i administrativně velice náročné. V obou závodech je několik menších serverových místností a jedna největší, centrální. Tyto serverovny jsou mezi sebou propojeny optickými kabely, protože vzdálenost mezi nimi je

více jak 100 m. Z toho důvodu by bylo nevyhovující navrhovat monitorovací zařízení pro sériovou linku RS-232. Bylo by možné použít sběrnicovou linku RS-485, ale to by s sebou přineslo další náklady na vybudování potřebné kabeláže k propojení. Navíc v případě použití RS-485 by nešlo propojit dva samostatné závody na opačných koncích města. Řešení s použitím rozhraní USB je jako zcela nevyhovující z hlediska jeho dosahu. Vzhledem k vybudované infrastruktuře optických kabelů a kabelů UTP a potřebě monitorovat servery a ostatní zařízení i z odlehlejších míst se jevílo jako velmi vhodné použít rozhraní Ethernet.

2.2.3. Arduino

Arduino je Open-Source platforma pro snadný návrh a vývoj elektronických programovatelných zařízení. Historie vzniku Arduina sahá do roku 2005 a vzniklo v Itálii. Cílem bylo vytvořit jednoduchou vývojovou desku pro studenty, se kterou se rychle sžijí a umožní efektivně využít čas při návrhu aplikace. To se podařilo, a díky tomu máme v dnešní době několik variant a velikostí vývojových desek Arduino. Desky Arduino jsou využívány nejen mezi začínajícími ale i mezi softwarovými programátory, kteří se doposud neseťkali s programováním hardwaru. [7]



Obr. 2 Deska Arduino Ethernet

Možné varianty Arduina

Arduino využívá mikrokontroléry AVR ATmega s osmibitovou strukturou. Mají dva paměťové prostory – jeden pro samotný program a druhý pro data. Integrují v sobě například mikrokontroléry ATmega8, ATmega168, ATmega328 a další, liší se především velikostí

vnitřní paměti a počtem vstupních a výstupních pinů. Mezi asi nejrozšířenější patří verze Arduino UNO. Paměťově nabízí 32kB Flash a 1kB EEPROM pro ukládání dat. Má 14 vstupně-výstupních pinů z toho 6 analogových vstupů, dále sériovou linku UART, I2C a SPI. K programování se používá integrovaný USB konektor. Pro vytvoření funkční aplikace vám postačí PC s vývojovým prostředím Arduino IDE a deska Arduino s propojovacím kabelem. [7]

Arduino Ethernet je deska založená na Arduinu UNO navíc ale obsahuje ethernet kontrolér WIZnet W5100 TCP/IP a vyrábí se buď s PoE, nebo bez PoE modulu. PoE modul „Power over Ethernet“ slouží pro napájení Arduina prostřednictvím kroucené dvojlinky kategorie 5e přes ethernetový kabel. Další odlišností od varianty UNO je integrování slotu pro microSD kartu na kterou je možné ukládat získaná data. [9]

Připojitelné shieldy

Arduino je především zajímavé tím, že jsou k němu k dispozici takzvané rozšiřující moduly, ve světě Arduina jsou nazývány „Shieldy“. Tyto moduly mají standardizované rozměry a jednoduše je lze připojit k I/O pinům a napájení ze základní desky. Tyto shieldy rozšiřují Arduino o další možnosti a schopnosti. Existují shieldy jako je: Button shield (32 tlačítek), Ethernet shield (připojení k ethernetové síti), LoL shield (126 LED diod), Bluetooth shield, WiFi shield, GPS shield, shield pro práci s krokovými motory, displeji a mnoho dalších.

Budoucnost Arduina

Arduino má obrovský potenciál do budoucnosti, protože se jedná o silný nástroj jak pracovat a komunikovat s hardwarem s co nejmenším úsilím a za velice příznivou cenu. Příkladem může být novinka Arduino Yún. To v sobě kombinuje desku Arduino Leonardo a počítač s linuxovou distribucí Linio. Tato kombinace spojuje jednoduché ovládání vstupů a výstupů a velký výpočetní výkon a síťové možnosti na linuxovém jádře. Mimo jiné zvládá také LAN síť prostřednictvím Wi-Fi, má slot na SD kartu a například také USB host, tedy možnost připojovat USB zařízení jako je klávesnice, myš a podobně.

2.2.4. Akumulátor

Pro konstruované zařízení bylo nutné navrhnout vhodný zdroj záložního napájení v případě, kdy dojde k výpadku napájení ze sítě 230V. Požadavky na tento záložní akumulátor byli takové, aby byl v případě jeho použití schopen dodávat proud o velikosti cca

500mA, nechal se snadno dobít a udržovat v pohotovostním stavu. Akumulátor musí být běžně k dostání v prodejní síti. V případě že by se akumulátor přestal vyrábět tak aby bylo snadné ho nahradit nějakým vhodným ekvivalentem. Dále by měl mít rozměry takové, aby se bez problémů vešel do krabice, ve které bude zařízení umístěno.

Výběr vhodného typu akumulátoru

Pro porovnání všech běžně dostupných typů akumulátorů mi byl vodítkem zdroj [11]. Z tohoto zdroje vychází Tab. 1.

Tab. 1: Vlastnosti a porovnání vybraných druhů akumulátorů [8]

Typ baterií	NiCd	NiMH	Olověné	Li-ion	Dobíjecí alkalické
Energetická hustota W/kg	45 - 80	60 - 120	30 - 50	110 - 160	80
počet cyklů (k poklesu na 80% C)	1500	300 - 500	200 - 300	500 - 1000	50
Doba rychlodobíjení	1h	2 - 4h	8 - 16h	2 - 4h	2 - 3h
Odolnost proti přebíjení	střední	nízká	vysoká	velmi nízká	střední
Samovybití za měsíc (pokoj. tep.)	20%	30%	5%	10%	0.3%
Napětí článku	1.25V	1.25V	2V	3.6V	1.5V
Optimální zátěžový proud	1C	0.5C nebo nižší	0.2C	1C nebo nižší	0.2C nebo nižší
Provozní teplota	-40 až 60°C	-20 až 60°C	-20 až 60°C	-20 až 60°C	0 až 65°C
Běžná cena článku	\$50	\$60	\$25	\$100	\$5

Pro potřeby napájení celého zařízení v případě, kdy dojde k výpadku síťového napětí, jsem hledal akumulátor, který bude mít velkou energetickou hustotu a na venek se bude tvářit jako kompaktní celek. To znamená, že v případě nutnosti výměny nebo odpojení akumulátoru se vyjme pouze jeden kus a nebude potřeba spojovat několik článků dohromady v patici. S tím souvisí i velikost napětí článku. Celé zařízení pro monitorování napájení pracuje s napětím 5V, proto by bylo vhodné, aby akumulátor měl napětí podobné pracovnímu napětí celého zařízení, například akumulátory NiCd a NiMH mají napětí jednoho článku 1,25V, to je málo, ale potřebného napětí by šlo docílit sériovým spojením čtyř článků stejného typu, rozměrově by takováto baterie byla poměrně velká a navíc postupným vybíjením článků by napětí klesalo a způsobovalo by nespolehlivost celého zařízení. Navíc další nevýhoda NiCd článků spočívá v nutnosti údržby a pravidelného vybíjení.

Jako vhodné by bylo použít olověný, hermeticky uzavřený akumulátor. Ty se vyrábějí běžně například pro napětí 6 a 12V. To je naopak víc než 5V a muselo by se toto napětí snížit

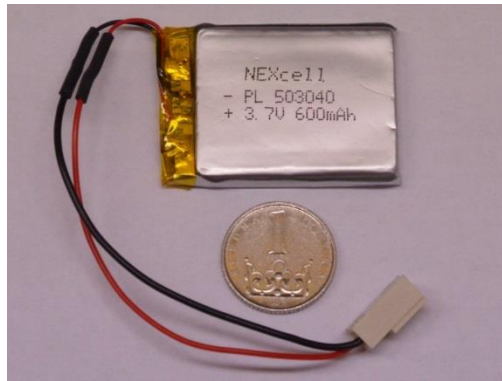
pomocí nějakého stabilizátoru napětí a vznikaly by tím zbytečné tepelné ztráty. Nevýhoda olověného akumulátoru také spočívá v nízké energetické hustotě a velké době dobíjení oproti předchozím zmiňovaným Ni-Cd a Ni-MH.

Nakonec jsem zvolil akumulátor Li-ion (Lithium iontový), který má nejvyšší energetickou hustotu a tudíž nejmenší hmotnost s rozměry při stejné kapacitě oproti ostatním druhům akumulátorů. Vyniká také velkým počtem nabíjecích cyklů, krátkou dobou nabíjení 2–4 hodiny. Dále nízkým samovybíjením a širokým rozsahem provozních teplot. Lithium iontové akumulátory nevyžadují žádnou speciální údržbu. Oproti tomu akumulátory NiCd vyžadují pravidelné vybíjení, aby se odstranil jejich paměťový efekt.

Pravidelnou potřebu vybíjet články není možné provádět u zařízení pro zálohování síťového napájení. Pokud by se stalo to, že ve shodný okamžik, kdy došlo k pravidelnému vybití akumulátoru v rámci údržby a zároveň by byla potřeba zálohovat síťové napájení, tak by nebylo odkud čerpat energii, když by byli ve shodný okamžik články úplně nebo částečně vybité.

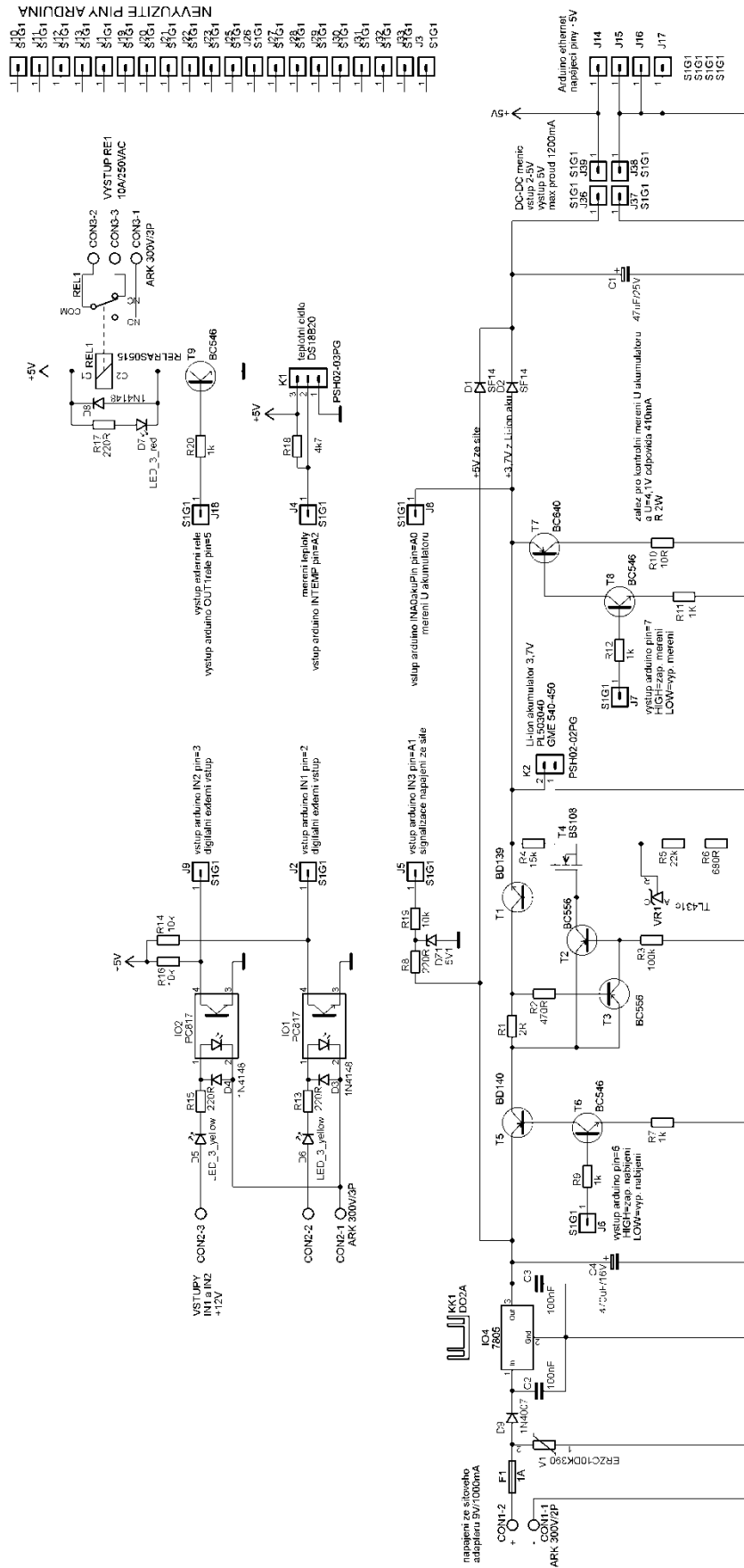
Napětí Li-ion akumulátoru je 3,6V. To je pro napájení 5V zařízení málo proto byl v zapojení použit DC-DC step up měnič, který toto napětí zvedá na již zmíněných 5V a je schopen trvale dodávat proud 1,2A. [11]

Akumulátor Li-ion kromě mnoha výhodných parametrů v sobě ukrývá i nevýhody. Tyto nevýhody je potřeba brát na vědomí a v použitém zapojení s nimi počítat. Akumulátory Li-ion vyžadují především ochranu proti přebíjení a ochranu proti hlubokému vybití. Je nutné také korigovat velikost odebíraného proudu, který by neměl překročit určitou mez danou výrobcem článku. Tyto podmínky jsou důležité pro bezproblémový a bezpečný provoz. Pokud by se nedodrželi, mohli by se články stát nebezpečnými a mohlo by dojít v lepším případě k jejich zničení, v horším případě by došlo ke vzniku požáru. Další nevýhoda je vyšší cena oproti jiným typům akumulátoru, protože se jedná o relativně mladou technologii, která není příliš masově rozšířená, avšak do budoucna v sobě skrývá velký potenciál. [12]



Obr. 3 Li-ion akumulátor Nexcell 3,7V, 600mAh

Při hledání konkrétního typu, který by nejlépe vyhovoval potřebám zálohování systému pro monitorování provozu, byl zvolen akumulátor od výrobce Nexcell typ PL 503040 v provedení s kabelovým vývodem (Obr. 3). Tento akumulátor má nominální napětí 3,7V, kapacitu 600mAh, hmotnost 11,1g a rozměry 42x30x5 mm. Akumulátor PL 503040 má v sobě integrovanou ochranu při nabíjení a vybíjení. Ochrana při nabíjení omezuje nabíjecí napětí na maximálně 4,3V (tato hodnota platí pro napětí nepřesahující 5V). Ochrana při vybíjení omezuje maximální vybíjecí proud mezi 2,5-4,5A. Při poklesu napětí na svorkách akumulátoru pod 3V se akumulátor automaticky odpojí, aby nedošlo k jeho úplnému vybití. Optimální nabíjecí napětí je 4,2V. Standartní, nabíjecí proud udává výrobce jako 0,5xC, kde C značí kapacitu akumulátoru. Při kapacitě 600mAh je tento dobíjecí proud 300mA. Doba nabíjení při tomto proudu je asi 3 hodiny. Lze použít i rychlonabíjení při proudu 1xC = 600mA, poté bude doba nabíjení zkrácena na 2 hodiny. Maximální vybíjecí proud je stanoven jako 2xC to je 1,2A. Všechny popsané parametry pocházejí z datasheetu PL503040. [10]

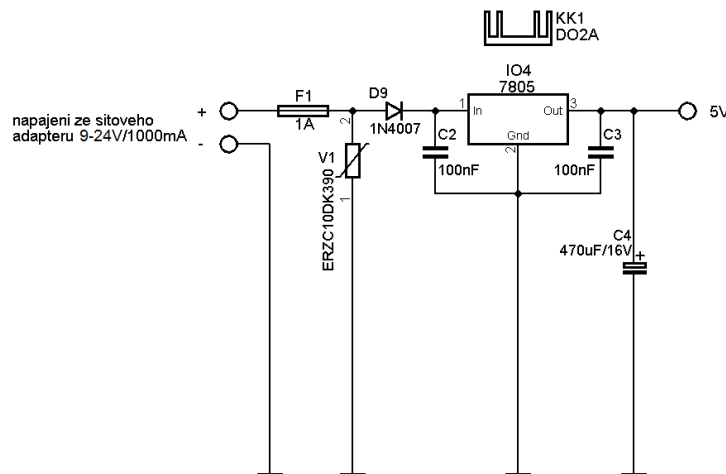


Obr. 4 Celkové schéma zapojení hardwarové části

2.3. Návrh a popis schéma

2.3.1. Zdrojová část

Celkové schéma zapojení se nachází na Obr. 4, detail vstupní části napájecího zdroje na Obr. 5. K napájení celého zařízení je možné použít libovolný zdroj stejnosměrného napětí v rozsahu napětí 9-24V. Napájecí napětí je přivedeno přes vstupní svorky CON1 na společnou zem a na pojistku F1. Pojistka je běžného typu ve skleněném trubičkovém pouzdře dimenzovaná na proud 1A a je umístěna ve vertikálním pouzdře, které umožňuje pootočením snadnou výměnu pojistky.



Obr. 5 Napájecí zdroj

Za pojistkou se nachází přepět'ová ochrana pomocí varistoru ERZC10DK390. Varistor je zjednodušeně řečeno napět'ově závislý odpor. V běžném provozu je jeho hodnota odporu velmi vysoká a na zařízení nemá žádný významný vliv. V okamžiku kdy se na jeho svorkách objeví napětí, které je větší než přípustné 31V stejnosměrných, tak se jeho odpor významně sníží a začne jím protékat velký proud. Tento proud způsobí přetavení pojistky a celé zařízení vyřadí z chodu a tím ho ochrání před zničením. Tato ochrana ochrání celé zařízení na příklad, pokud je přepětí v síti.

Další prvkem v cestě je usměrňovací dioda D9, ta ochraňuje stabilizátor proti přepólování vstupních svorek. V běžném provozu je tato dioda v propustném směru a proud jí prochází. Pokud by došlo k přepólování, tak skrz ni nebude procházet žádný proud. Jelikož vstupní napětí může být v rozsahu 9–24 V, je nutné tak velké napětí nejprve stabilizovat. O to se stará stabilizátor IO4, což je běžný třívývodový stabilizátor 7805 pro napětí 5V a proud

1A. Stabilizátor je osazen dvěma blokovacími kondenzátory C2 a C3, které zabraňují rozkmitání vnitřního obvodu. Na výstupu je pak osazen vyhlazovací kondenzátor C4.

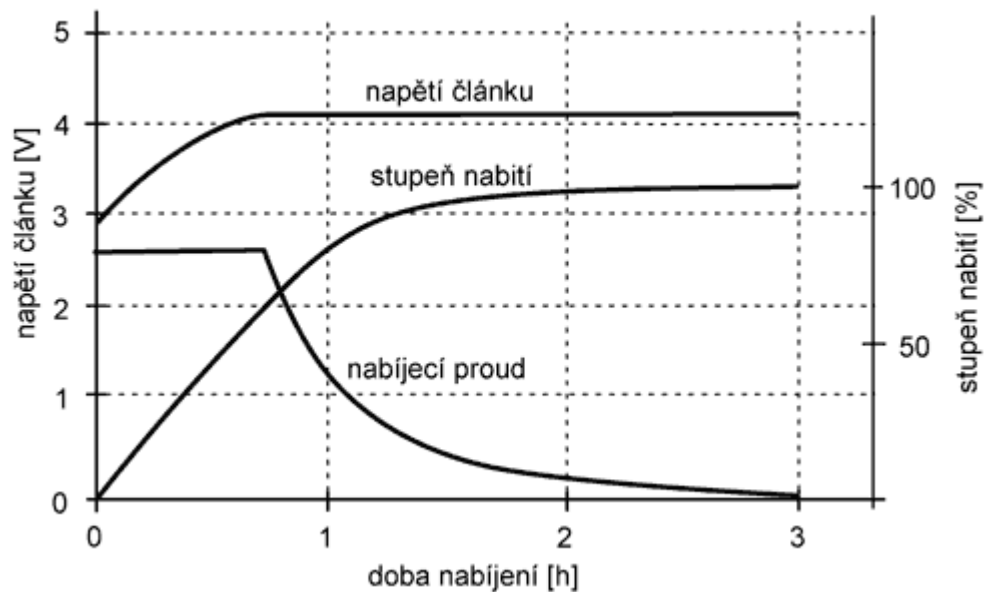
Stabilizované síťové napětí 5 V je následně připojeno přes diodu D1 na vstup DC-DC step-up měniče. Diody D1 a D2 slouží k přepínání napětí buďto přímo ze stabilizátoru IO4 a nebo z akumulátoru. V případě normální funkce je na diodě D1 větší napětí než na D2 a do DC-DC měniče je dodáván proud ze stabilizátoru. Pokud dojde k výpadku napájení, pak diodou D1 přestane náhle protékat proud a nahradí ho proud protékající skrz diodu D2. Při tomto přechodovém stavu je za diodami připojen kondenzátor C1, který má za úkol dodávat napětí do měniče při tomto časově nepatrném přechodovém stavu. Dodávka proudu pro napájení celé řídicí jednotky je tudíž nepřerušena. Diody D1 a D2 jsou rychlé typu SF14 a jsou konstruovány pro proud 1A.

Důležitým prvkem napájecího zdroje je DC-DC měnič typu step-up [16]. Tento měnič je osazen čipem HXN AP c0303. Pracuje se vstupním napětím 2-5V a výstupní napětí udržuje konstantně na napětí 5V, proud, který lze skrz něj odebírat je až 1,2A. Na měniči je umístěna LED dioda, která signalizuje přítomnost výstupního napětí 5V. K desce plošného spoje se připojuje pomocí pájecích pinů. Měnič je osazen z důvodu zajištění konstantního napájení jednotky Arduino. Pokud je napětí na vstupu měniče 5V, pak pouze udržuje na výstupu stejnou úroveň napětí. Pokud je elektronika v režimu, kdy je do měniče dodáváno napětí z akumulátoru 3,7V, pak tento měnič napětí zvedá a nadále ho drží na úrovni 5V. Pokud dojde k vybití akumulátoru pod 3V, ochranné obvody uvnitř akumulátoru odpojí akumulátor a celé zařízení se vypne. Po obnovení síťového napájení dojde k opětovnému zapnutí zařízení a začne dobíjení akumulátoru, aby byl nadále připraven v pohotovosti v případě potřeby.

2.3.2. Nabíjecí část

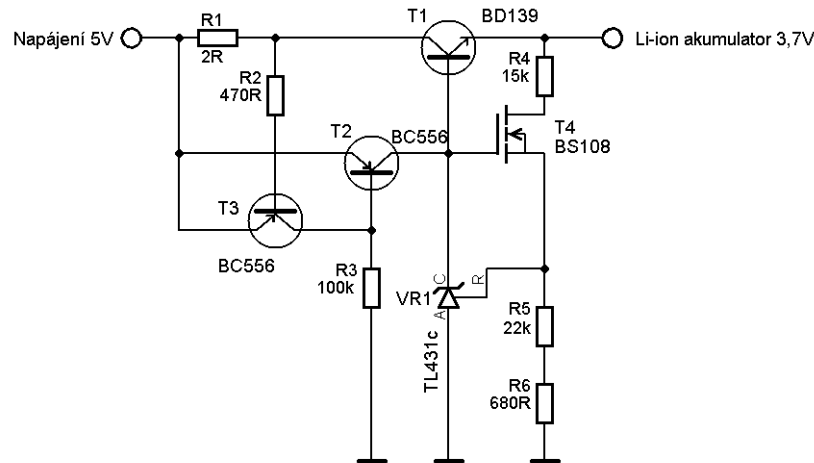
Nabíjení Li-ion akumulátorů by se dalo rozdělit do dvou fází. První fáze se nazývá nabíjení v režimu konstantního proudu. Tento proud má velikost podle typu akumulátoru obvykle 0,5 až 1 násobek kapacity. Když probíhá nabíjení, napětí na článku postupně vzrůstá ze své původní hodnoty až na maximální doporučenou hodnotu danou výrobcem. Toto napětí se udává u článků se jmenovitým napětím 3,7V jako maximální napětí 4,2V. Toto může být poněkud matoucí, protože při dosažení napětí na článku 4,2V ještě není akumulátor plně nabit, ve skutečnosti je nabitý asi na 70% celkové kapacity. Plně nabitým se stává, až v okamžiku kdy se nabíjecí proud přiblíží nulové hodnotě. Dobře je tento jev znázorněn na Obr. 6.

Ve druhé fázi dochází k nabíjení konstantním napětím, kde se nabíjecí proud postupem času exponenciálně snižuje. Okamžik plného dobití akumulátoru se obvykle udává jako pokles nabíjecího proud na 3% jeho původní hodnoty. Nabíjecí proud se postupně snižuje až k nule. Z toho plyne výhoda, že nedochází ke zbytečnému přebíjení článku, protože do něj neteče žádný proud. Toho je s výhodou využito v tomto zapojení, takže nemusíme hlídat dobu nabíjení a ani odpojení článku při ukončení nabíjení. Nabíječka tímto způsobem při nabití akumulátoru sníží svojí spotřebu a nadále udržuje akumulátor v plně nabitém stavu.



Obr. 6 Jednotlivé fáze nabíjení Li-ion akumulátorů. Převzato z [15]

Nabíjení lze urychlit, pokud budeme do akumulátoru dodávat větší proud. Rychleji se tak dosáhne napětí 4,2V, ale naopak déle trvá, než dojde k poklesu nabíjecího proudu. Takže se nabíjení vyšším proudem nevyplatí. Pokud se navíc zohlední snížení životnosti článku. Z hlediska dlouhodobé životnosti článku se jeví jako výhodné neudržovat napětí článku na hodnotě 4,2V, ale na hodnotě o něco nižší. Při udržování napětí na článku na jeho maximální hodnotě, bude časem docházet k oxidaci elektrod. Snížením napětí na akumulátoru sice dojde ke snížení uchované kapacity, to se ale naopak v budoucnu vrátí v podobě delší výdrže Li-ion akumulátoru. [13]



Obr. 7 Nabíječka Li-ion akumulátoru

Nabíječka Li-ion akumulátoru je převzata z [14] a je upravena pro potřeby nabíjení akumulátoru PL 503040. Její zapojení je na Obr. 7. Nabíječka je trvale připojena k akumulátoru. Pokud dojde k výpadku síťového napětí, přestane se akumulátor dobíjet a začne dodávat proud do step-up měniče. Přitom jsou obvody nabíječky navrženy tak, aby z akumulátoru neodebírali žádný zpětný proud. Tranzistor T4 pracuje jako spínač a pokud není přítomno nabíjecí napětí ze sítě, je tranzistor T4 uzavřen a tím pádem neteče děličem tvořeným tranzistory R4, R5 a R6 žádný proud. Dělič R4, R5 a R6 slouží k nastavení finálního napětí na článku. Z datasheetu výrobce akumulátoru PL 503040 je jako doporučené nabíjecí napětí stanovena hodnota 4,2V, vzhledem k již zmiňované oxidaci elektrod a dostupnosti běžně vyráběných řad rezistorů, je děličem toto napětí nastaveno na 4,15V - vzorec (2.3.1), kde napětí $U_{R_{5,6}}$ je napětí na stabilizátoru TL431 - 2,5V. [14]

$$U_{AKU} = U_{R_{5,6}} \cdot \frac{R_4 + R_5 + R_6}{R_5 + R_6} = 2,5 \cdot \frac{15000 + 22000 + 680}{22000 + 680} = 4,15 \text{ V} \quad (2.3.1)$$

Při výpadku napětí pro nabíječku je tranzistor T1 na přechodu báze-emitor polarizovaný v závěrném směru a na bázi T1 je nulové napětí, tudíž tranzistorem T1 také neprochází žádný zpětný proud. Pokud připojíme nabíjecí napětí alespoň 4,9V, pak se na bázi tranzistoru T1 objeví napětí, které bude o cca 0,5V větší než je napětí akumulátoru. Pokud je akumulátor již úplně nabitý a má napětí 4,15V, pak je na bázi T1 asi 4,7V. Minimální napájecí napětí, při kterém nabíječka ještě funguje je cca 4,85V. Nabíjení při tomto napájecím napětí však v závěrečné fázi trvá o něco déle. Důležitým prvkem nabíječky je stabilizátor napětí s obvodem TL431C. Protože na vstupu R stabilizátoru TL431C je napětí asi 2,5V, je tranzistor T4 otevírán napětím asi 2,2V. Při tomto napětí je tranzistor T4 otevřen. Pokud se nabíjí vybitý akumulátor, je napětí na bázi T1 menší a tranzistor T4 nemusí být úplně otevřen. V této fázi se akumulátor dobíjí v režimu konstantního proudu a napěťová stabilizace se v tento okamžik

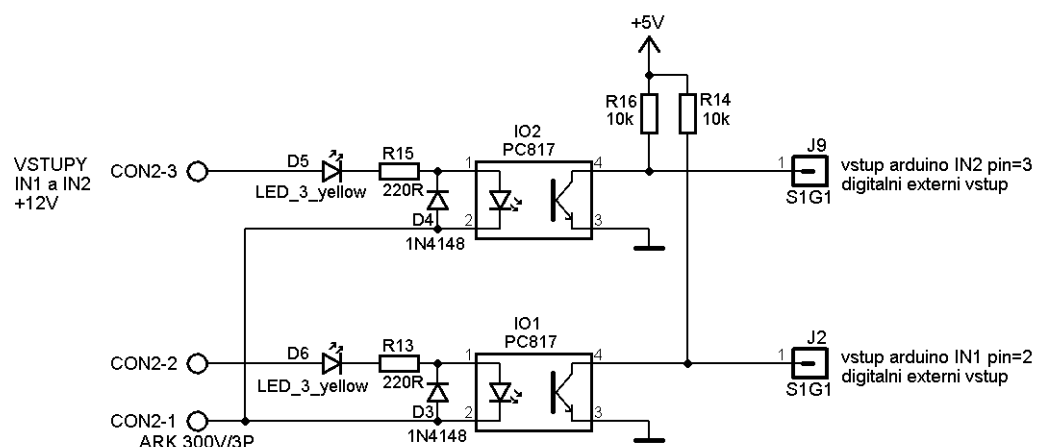
neuplatňuje. Tranzistor T4 je takového typu, aby měl co nejmenší prahové napětí a nabíječka tak bezvadně fungovala. Zvolil jsem typ BS108, který má prahové napětí 1,8V a je běžně dostupný. [14]

Při nabíjení ve fázi konstantního proudu je na rezistoru R1 úbytek 0,5V. Ve fázi nabíjení konstantním napětím 4,15V tento úbytek postupně klesá až k nule. Báze tranzistoru T1 a regulátor VR1 jsou napájeny proudem, který teče z kolektoru tranzistoru T2. Proud odebíraný nabíječkou vytváří na rezistoru R1 úbytek napětí. Pokud tento úbytek překročí napětí asi 0,5V začne otevírat tranzistor T3, který přivře tranzistor T2. Tím pádem se zmenší budící proud, který vytéká z jeho kolektoru. Oporem R1 se nastavuje nabíjecí proud ve fázi nabíjení konstantním proudem. Z datasheetu akumulátoru by optimální nabíjecí proud neměl přesahovat polovinu kapacity tj. 300mA. Výpočet nabíjecího proudu vychází z rovnice 2.3.2. Pro dobíjení proudem 300mA vyšel odpor $R_1 = 1,66 \Omega$. Zvolil jsem proto nejbližší vyšší z řady 2Ω , to odpovídá proudu 250mA. [14]

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{AKU}} = \frac{0,5}{0,3} = 1,66 \Omega \quad (2.3.2)$$

2.3.3. Periferie

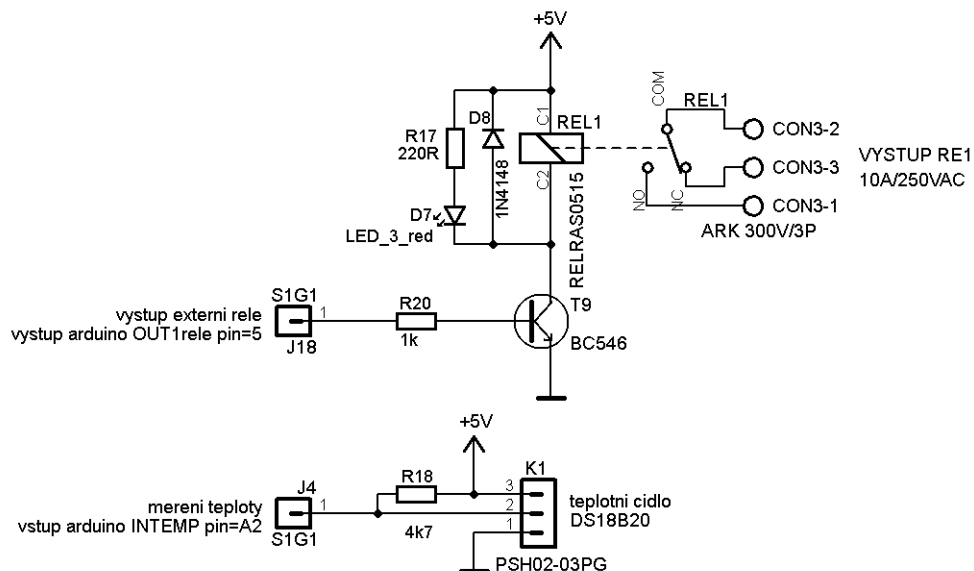
Arduino Ethernet které je propojeno s tímto navrhovaným přídatným shieldem s sebou kromě zdrojové a nabíjecí části nese také určité periferie, které zabezpečují jednotlivé vstupně/výstupní piny Arduino. Těmito periferiemi jsou dva externí vstupy, vstup pro měření teploty, jeden reléový výstup a další.



Obr. 8 Vstupy

Nejprve bych se věnoval externím vstupům. Vstupy IN1 a IN2 slouží k připojení například kouřového či pohybového čidla a ovládají piny 2 a 3 na desce Arduino. Oba vstupy

je možné ovládat jak připojením externího napětí 12V, tak je možné využít napájecí napětí z celé desky. Schéma zapojení vstupů je na Obr. 8. Každý vstup je galvanicky oddělen optočlenem IO1 a IO2 typu PC817. Tento optočlen je zde zaveden z důvodu ochrany před externím napětím z vnějšku, protože vstupy mohou být doprovázeny rušivým signálem, který by mohl nepříznivě působit na mikrokontrolér ATmega, v krajním případě by mohlo dojít i ke zničení vstupně/výstupního pinu. Každý vstup je opatřen signalizační oranžovou LED diodou D5 a D6, pro kontrolu funkce spínání vstupu. Diody D3 a D4 jsou antiparalelně zapojeny k optočlenu a chrání optočlen před připojením napětí opačné polarity. Odporů R14 a R16 jsou takzvané pull-up odpory. Ty slouží k tomu, aby na vstupu mikrokontroléru byla vždy definovaná logická úroveň. Pokud je optočlen sepnut, bude na vstupu mikrokontroléru logická 0. V opačném případě bude přes odpor R14 či R16 přivedena logická 1.



Obr. 9 Výstupní relé a připojení čidla teploty

Reléový výstup obstarává spínání libovolného externího zařízení. Může se jednat například o světlo, či ventilátor. Schéma zapojení se nachází na Obr. 9. K ovládní výstupu je pro tyto účely vyčleněn pin číslo 5. Pin 5 je přes rezistor R20 připojen na bázi tranzistoru T9 typu NPN. Emitor je přímo připojen na zem. Kolektor spíná cívku relé REL1. K cívce relé je paralelně zapojena dioda D8. Tato dioda zabezpečuje ochranu tranzistoru před napěťovou špičkou, která vzniká při přerušení dodávky proudu do cívky. Dioda tedy uzavře obvod okolo indukčnosti cívky a tato napěťová špička proto nevznikne. Paralelně k cívce relé je také připojen rezistor R17 a červená LED dioda D7 signalizující sepnutí relé.

Další vstupem desky Arduino je teplotní čidlo. Protože mám z minulosti dobré zkušenosti s teplotními čidly DS18B20 od výrobce Dallas, požil jsem toto čidlo i v tomto

zapojení. Jedná se o teplotní čidlo s digitálním výstupem, takže není nutný žádný přepočít měřené hodnoty a čidlo vrací rovnou hodnotu teploty v číslíkové podobě. Rozsah teplot, který lze tímto čidlem měřit je -55 až 125 °C. Maximální odchylka teploty je $\pm 0,5$ °C. Pro orientační měření jsou parametry tohoto čidla vyhovující. Napájení je 3 až 5,5V. Čidlo má tři vývody a je integrováno v běžném pouzdře TO-92. Dva vývody slouží pro napájení a třetí pro komunikaci. Teplotní čidlo je napájeno stejným napětím jakým je napájena celá řídicí elektronika, tedy 5V. Datový pin čidla je připojen na pin A2 desky Arduino. Datový pin je zároveň připojen přes pull-up rezistor R18 na napětí 5V.

Další vstup desky Arduino je pin A1. Tento vstup sleduje, zda je zařízení napájené přímo ze síťového zdroje a stabilizátoru nebo jestli toto napájení vypadlo a dodávka napájení probíhá ze záložního akumulátoru. Z tohoto důvodu je tento pin A1 připojen za stabilizátor IO4 a je opatřen Zenerovou diodou a dvojicí odporů R8 a R19 pro ochranu vstupu mikrokontroléru.

Jelikož k navrhovanému shieldu je připojen i akumulátor, tak by bylo vhodné měřit jeho aktuální napětí. Pro měření napětí využívám pin A0 z desky Arduino. Tento pin již ve svém názvu naznačuje, že se bude jednat o analogový vstup. Mikrokontrolér ATMega328 má k dispozici 6 takovýchto vstupů (lze je samozřejmě použít jako běžné vstupy nebo výstupy). Analogový vstup má v tomto případě 10 bitový A/D převodník, který může rozlišovat $2^{10} = 1024$ různých hodnot. Měření napětí akumulátoru probíhá ve dvou fázích. S tím souvisí tranzistor T5 a tranzistor T7.

Za normálních okolností se měří přímo napětí na akumulátoru, toto měření probíhá tak, že tranzistor T5 je sepnutý, tudíž je nabíječka akumulátoru zapnutá a dobývá akumulátor. Tranzistor T7 je rozepnutý a není na akumulátor připojená žádná zátěž. Měří se napětí nazývané jako $U_{\text{aktuální}}$.

Jednou za určitý definovaný časový úsek dojde k tomu, že se vypne dobíjení – tranzistor T5 je rozepnut vlivem výstupu pinu 6 Arduina. Tranzistor T7, jež je ovlivňován pinem 7 Arduina, sepne. Tím pádem začne jeho kolektorem protékat proud do rezistoru R10 o velikosti 10 Ω . Tento rezistor slouží jako umělá zátěž. Následně se čeká několik vteřin na ustálení a dojde ke změření napětí na akumulátoru. Toto změřené napětí se nazývá U_{test} . Lze z jeho velikosti usuzovat, v jaké kondici je akumulátor. Pokud by byl akumulátor již vadný, tak jeho napětí nebude udržovaných 4,15V, ale mnohem menší nebo nulové. Po ukončení

testovacího cyklu se tranzistor T5 opět sepne a T7 rozepne a akumulátor se dále dobíjí, případně udržuje v nabitém stav.

2.4. Návrh desky plošného spoje

2.4.1. Návrhový systém Eagle

Pro vytvoření schéma a plošného spoje byl použit kreslicí program Eagle 5.6.0 od firmy CADSoft. Tento komplexní návrhový systém se skládá ze tří hlavních modulů: editor spojů, editor schémat a autorouter. Všechny tyto části jsou spolu vzájemně propojeny a umožňují tak efektivně vytvářet a měnit vznikající projekt. Na výběr je velké množství knihoven, které lze rychle použít. Je také možné vytvářet vlastní knihovny a součástky pomocí editoru. [17]

2.4.2. Celková koncepce DPS

Při vytváření schématu jsem postupoval podle pravidel a rad uvedených v publikaci Eagle prakticky [6]. Deska přídavného schieldu pro Arduino Ethernet vychází ze schématu zapojení popisované v kapitole 2.3. (Obr. 4) a je navržena tak, aby ji bylo možné pomocí pájitelných kolíků typu jumper propojit s deskou Arduina. Obrys desky plošného spoje jsem zvolil tak, aby šířka této desky přesně kopírovala šířku Arduina. To s sebou přináší výhodu v tom, že je snadný přístup jak k výstupním svorkám přídavného shieldu, tak k programovacím konektorům a konektoru Ethernet na desce Arduina. Výška desky je o 30 mm delší tak, aby se všechny součástky na plošný spoj vešly.

Desku plošného spoje jsem navrhl jako jednostrannou a použil jsem klasické vývodové součástky THT. Takový návrh umožnil rychlé vyrobení desky plošného spoje i v domácích podmínkách foto cestou. Osazování THT součástek standartním způsobem je pro člověka jednodušší a rychlejší než osazování součástek určených pro povrchovou montáž SMD, ta je velmi vhodná pro strojní osazování. Celý plošný spoj je navržen pouze s jednou drátovou propojkou, která je osazena nulovým odporem. Na spodní straně DPS (strana spojů) je vykreslen polygon s tzv. „rozlitou mědí“, na které je potenciál země GND. Toto řešení přináší jednak stínění DPS, ale také úsporu při výrobě DPS, kdy se odleptává menší plocha měděné fólie, šetří se tím leptací roztok a zkrátí se doba výroby.

2.4.3. Rozmístění součástek

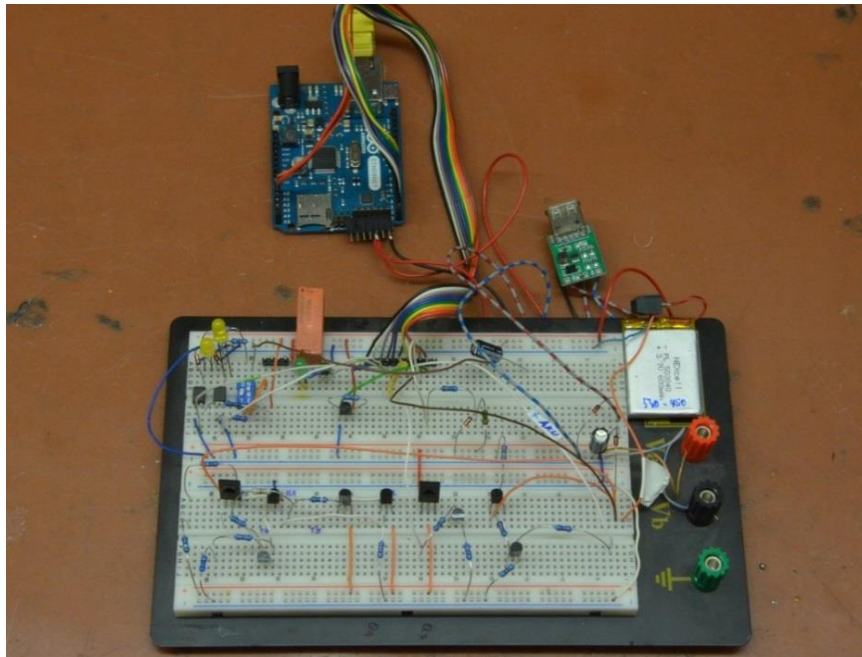
Návrh probíhal tak, že jsem nejprve zvolil vnější rozměry desky 83x69 mm, rozmístil konstrukční otvory pro finální přišroubování desky. Následovalo rozmístění oboustranných propojovacích kolíků J1 až J39. Jejich poloha byla zvolena tak, aby přesně lícovaly s umístěním jejich protějšků na desce Arduina, do kterých budou po osazení zapojeny. Postupně jsem rozmísťoval součástky tak, aby měly co nejkratší možnou délku propojovacích spojů. Motiv desky plošného spoje spolu s osazovacím plánem a seznamem součástek se nachází v příloze A.

Napájecí napětí je přivedeno na svorkovnici ARK 300V/2P. Stabilizátor IO4 byl umístěn na okraji desky, aby k němu mohl být připojen hliníkový chladič pro lepší odvod přebytečného tepla. Zároveň byly ke stabilizátoru co nejbližší umístěny blokovací kondenzátory C2 a C3. Vyhlazovací kondenzátor C4 byl naopak odsunut trochu dál, aby nedocházelo k jeho teplotnímu namáhání a následnému vysychání elektrolytu. Tento kondenzátor byl ještě pro jistotu zvolen na větší teplotní zatížení 105°C. Pojistkové pouzdro pojistky F1 je vertikální tak, aby zabíralo co nejméně místa a byl k němu co nejlepší přístup. Použitý step-up měnič je integrován na vlastní DPS a má rozměry 23x17 mm. Měnič je připojen pomocí čtyř oboustranných pájecích kolíků S1G1 jako běžná vývodová součástka. Dobře je toto připojení vidět na přiložených fotografiích v příloze C.

Vstupy IN1 a IN2 se připojují přes svorkovnici ARK 300V/3P, hned v blízkosti svorkovnice jsou dvě žluté indikační LED diody o průměru 3 mm. Tyto diody signalizují stav vstupů. Reléový výstup RE1 má jeden přepínací kontakt a je jím možné spínat střídavé napětí až 250V. Propojovací cesty mezi kontakty relé a svorkovnicí ARK jsou silnější a v jejich blízkosti se nenachází žádný signálový spoj z důvodu rušení a izolační vzdálenosti. Nedaleko relé se nachází také signalizační LED dioda. Pro připojení teplotního čidla DS18B20 slouží tři pinový konektor se zámkem K1 typ PSH02-03PG. Teplotní čidlo může mít různě dlouhý kabel, délka kabelu je omezena jeho kapacitou. Běžné vzdálenosti do 5m nejsou problém. Vzhledem k využití tohoto zařízení se bude používat délka maximálně 1 m. Čidla DS18B20 se prodávají buďto samotná v pouzdře TO-92 a nebo jsou již z výroby opatřena přívodním vodičem a samotné čidlo je umístěné v odolné utěsněné kovové trubičce. Takže jej lze použít i pro venkovní měření, nebo k měření například kapalin. Posledním konektorem je konektor K2 stejného typu jako u teplotního čidla. Konektor K2 je určen k připojení záložního Li-ion akumulátoru. Umožňuje tak jeho snadné odpojení či případnou výměnu.

2.5. Realizace a oživení

Před samotnou výrobou desky plošného spoje a při psaní programu pro Arduino Ethernet bylo potřeba ověřit, jestli je zařízení funkční. Pro tyto účely dobře posloužilo nepájivé kontaktní pole (Obr. 10). Při sestavování a upravování schématu je to nepostradatelný pomocník. Vývoj probíhal tak, že jednotlivé bloky budoucí desky byly postupně zapojovány, oživovány a měřeny. Když bylo vše hotové, funkční a otestované tak teprve došlo k překreslení schématu do návrhového systému Eagle.



Obr. 10 Testování funkčnosti celého zařízení na nepájivém poli

2.5.1. Výroba DPS

Ze schématu byla nakreslena deska plošného spoje. Motiv DPS ze strany spojů byl následně vytisknut na černobílé laserové tiskárně na průhledné fólii. Poté následovalo dělení jednovrstvého fotocitlivého cuprexitu na tabulových nůžkách na rozměr o něco málo větší než bude finální rozměr DPS. Po tomto kroku došlo k osvitu obrazce na fotocitlivou vrstvu cuprexitu pomocí horského slunce. Po osvitu byl motiv plošného spoje vyvolán ve vývojce z roztoku hydroxidu sodného. Když byla DPS suchá a vyvolaná přistoupil jsem k dalšímu kroku a to vyleptání v chloridu železitém. Po odleptání osvícených částí byla deska opticky zkontrolována a sousední spoje byly odporově proměřeny, jestli nemají mezi sebou svod. Po překontrolování následovalo vrtání jak upevňovacích otvorů, tak i otvorů pro vývody součástek. Vnější hrany DPS byli obroušeny na pásové brusce na požadovaný rozměr

83x69mm. Na závěr byla deska očištěna od prachu, odmaštěna acetonem a byl na ni nanesen pájitelný lak ve spreji pro snazší pájení a také jako ochrana proti oxidaci mědi.

2.5.2. Oživení

Osazování probíhalo od nejnižších součástek až po ty nejvyšší. Nakonec byl osazen step-up měnič a propojovací piny ze strany spojů sloužící k propojení s deskou Arduino. Oživení nejprve bylo provedeno na samostatné desce shieldu s připojeným akumulátorem. Byl zkontrolován a proměřen napájecí zdroj, obvody nabíječky Li-ion akumulátoru. Byla zkontrolována také bezvadná funkce vstupů a výstupů. Po této kontrole bylo připojeno teplotní čidlo a deska byla spojena s deskou Arduino Ethernet. Dále byl připojen patch kabel mezi Arduinem a počítačem. Arduino bylo zároveň připojeno na programovací USB převodník. Po zapnutí napájení byl připojen akumulátor a do Arduina nahrán program, který byl již předtím otestován společně s obvody na nepájivém poli. V počítači po otevření internetového prohlížeče a zadání IP adresy Arduina se zobrazila stránka se stavem jednotlivých vstupů. Po překontrolování všech vstupů a výstupů byl odpojen síťový adaptér a byla ověřena funkčnost záložního zdroje. Tímto je zařízení otestované a přistoupil jsem ke konečnému zabudování do krabice.

2.5.3. Konstrukční uspořádání

Pro výsledné umístění elektroniky do konstrukční skříně jsem zvolil plastovou instalační krabici od výrobce ABB. Tato krabice je bílé barvy a má rozměry v x š x h, 160x115x75 mm. Krabice v sobě ukrývá dostatek prostoru pro přístup k jednotlivým konektorům celého zařízení.

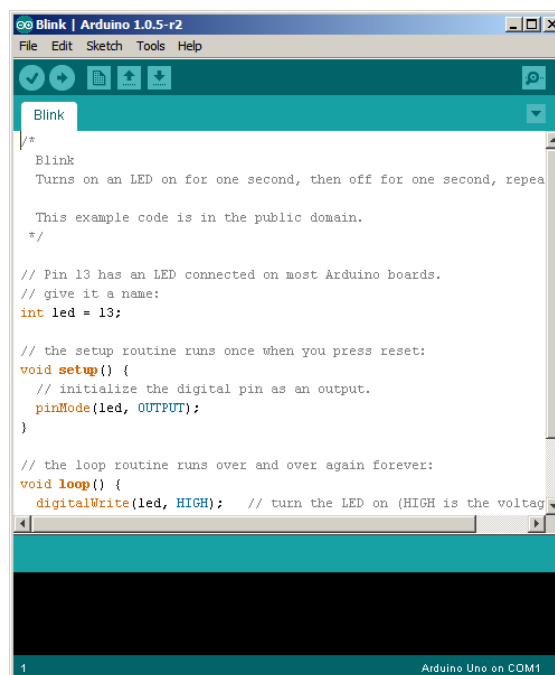
Na spodní díl krabice byly do spodní stěny vyvrtány dva otvory. Jeden pro napájecí konektor 5,5/2,1mm a druhý pro kabelový vývod M25 x 1,5. Kabelový vývod má dostatečný průměr k tomu, aby skrz něj mohl být prostrčen patch kabel s konektorem RJ-45, teplotní čidlo a další kabely pro vstupy a výstup. Deska Arduina a přídavného shieldu jsou mezi sebou propojeny pájecími zasouvacími piny a jsou k sobě přišroubovány polyamidovým distančním sloupkem, aby nedošlo k jejich rozpojení. Takto spojený blok je přes desku shieldu přišroubován ke krabici rovněž pomocí čtyř distančních sloupků. Na vývody akumulátoru byly naletovány kontakty a zasunuty do konektoru PSH. Akumulátor je přilepen kvalitní oboustrannou lepicí páskou ke stěně krabice.

Konektory ARK a konektory PSH pro připojení teplotního čidla a akumulátoru byli opatřeny popisky pro snazší zapojení bez přítomnosti schématu. Na vnější obal krabice je umístěn popisek informující o tom jaký napájecí zdroj je možné připojit. Na přední stěně skříně je umístěn informační štítek s názvem, počtem a druhem jednotlivých vstupů a výstupů. Také je na něm zapsána MAC a IP adresa.

3. Ovládací program hardwarové části

3.1. Programovací jazyk Wiring

Vývojové prostředí, které je vytvořené speciálně pro Arduino se jmenuje Arduino IDE, Obr. 11, v něm se píše programy v jazyce Wiring. Tento jazyk vychází z jazyka C a C++. Pokud má programátor ji nějaké zkušenosti s jiným programovacím jazykem, tak pro něj tento nebude v ničem složitý, ba naopak je velmi vhodný právě pro začátečníky. Má pouze jednu nevýhodu a to, že výsledný zkompileovaný program má větší velikost než ten samý psaný v jazyku C, či assembleru. Nicméně jednoduché, ale i pokročilejší programy se do Arduina bezpečně vejdu.



```
Blink | Arduino 1.0.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
Blink
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeats.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}

1 Arduino Uno on COM1
```

Obr. 11 Vývojové prostředí Arduino IDE

Ve vývojovém prostředí Arduino IDE najdeme kromě množství názorných příkladů také praktický monitor sériového rozhraní (obdoba programu Hyperterminál ve Windows). Pokud chceme programovat Arduino a nemáme k dispozici vývojovou desku, ale pouze mikrokontrolér ATmega je potřeba do něj nahrát tzv. bootloader, aby se začal chovat jako Arduino. Po jeho nahrání lze již s mikrokontrolérem pracovat jako s běžným Arduinem.

Oficiální webová stránka Arduina [8] obsahuje velké množství knihoven, ve kterých jsou zapsány rutiny pro komunikaci s maticovými displeji např. LCD 16x2, dále knihovny

navazující komunikaci se sběrnými, teplotními a vlhkostními čidly (DS18B20, SHT 11, ...). Knihovny pro práci s ethernetem, WiFi a bluetooth a mnoho dalších.

3.2. Volba protokolu

Pro zařízení bylo nutné zvolit vhodný protokol pro komunikaci. Ke každému bloku monitorování provozu bylo nutné podle požadavků IT oddělení přistupovat dvojitým způsobem. První způsob je centrální, to znamená, že k zařízení přistupuje jeden centrální server a zpracovává data, která si mezi sebou vyměňují s koncovým zařízením. Druhý způsob je lokální, ten umožňuje přistoupit ke konkrétnímu zařízení nezávisle na centrálním serveru, vidět jeho parametry a tyto parametry ovlivňovat. Vzhledem k těmto dvěma požadavkům se jako nejvhodnější jevílo použít protokol HTTP. Lokální přístup má výhodu v tom, když obsluha potřebuje konkrétní zařízení otestovat a není zrovna v místnosti, kde je umístěn centrální server. Tak si může do prohlížeče svého notebooku, případně mobilního telefonu zadat IP adresu koncového zařízení a prakticky ihned vidí přehled jeho parametrů.

V zařízení pro monitoring provozu, respektive v jeho desce Arduino Ethernet je nahrán program, který zabezpečuje jednak obsluhu všech jeho vstupních a výstupních bran, ale má také v sobě vytvořený server, který naslouchá příchozímu připojení na portu 80 protokol HTTP. Po připojení klienta na IP adresu Arduina Ethernet dojde ke zpracování požadavku a klientovi se vyše jednoduchá HTML stránka. Tato stránka zobrazuje stav všech sledovaných veličin, případně je pomocí hypertextového odkazu umožňuje ovládat. Protokolu HTTP se využívá jak v lokálním přístupu, tak v centrálním, kde program ServerRoom prochází jednotlivé Arduino zařízení pomocí webového prohlížeče a čte důležitá data, která následně dále vyhodnocuje a zobrazuje. Ukázkové propojení jednotlivých prvků systému je schematicky znázorněno v příloze B.

HTTP protokol

Zkratka HTTP „Hyper Text Transfer Protocol“ v překladu znamená protokol pro přenášení textu s odkazy. HTTP protokol je určitý způsob komunikace mezi serverem a klientem. Funkce je taková, že klient vyše požadavek a server mu poskytne odpověď. Klientem je nejčastěji webový prohlížeč nebo také jiný program. HTTP server běží na nějakém centrálním počítači, v mém případě v mikrokontroléru uvnitř desky Arduino Ethernet. HTTP je tedy jakýmsi dorozumívajícím prostředníkem mezi dvěma programy. Komunikace probíhá po síti Ethernet. Klient požaduje zobrazení nějaké stránky, tento požadavek je formulován v HTTP protokolu. Samotné připojení na server je přes TCP

protokol. Server následně zpracuje tento požadavek a obratem posílá zpět odpověď rovněž v protokolu HTTP. Klient odpověď zpracuje a zobrazí. [18]

Příklad komunikace:

- Klient vysílá tento požadavek:

```
GET /slozka/index.html HTTP/1.1
HOST: www.jandolak.cz
```

- Příkaz GET je metoda, která říká, co chceme od serveru obdržet. V tomto případě soubor, který se nachází na serveru v umístění /slozka/index.html. Odpověď očekává v protokolu HTTP ve verzi 1.1. HOST určuje které domény se dotazuje (www.jandolak.cz). Za příkazem Host je prázdná řádka signalizující konec požadavku.

- Server uvidí požadavek ve formátu:

```
GET /slozka/index.html
```

- Následně z umístění /slozka/index.html vyše odpověď, která může vypadat následovně:

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-type: text/html
Date: Mon, 2 April 2014 20:59:01 GMT
```

```
<html>
<head>
...
```

- To co je před prázdným řádkem se nazývá hlavička a to co je za ním je kód poslané HTML stránky. V prvním řádku je formát odpovědi, číslice 200 OK, určuje případná chybová hlášení, zde 200 značí, že je vše v pořádku. Další prvky určují formát obsahu a datum a čas odeslání. [18]

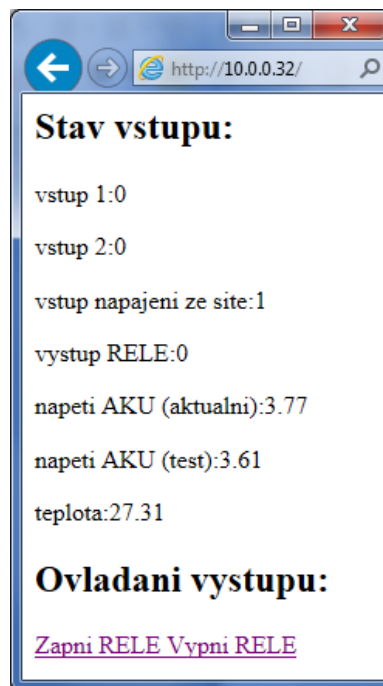
3.3. Popis ovládacího programu

Program je psaný v programovacím jazyce Wiring, velkým pomocníkem pro jeho učení byl pdf soubor ze stránky www.arduino.cz. [19] Na začátku zdrojového kódu jsou definovány knihovny, které budou ve vlastním programu použité. Je to knihovna potřebná pro chod Ethernetu, SPI knihovna zajišťující komunikaci s převodníkem WIZnet a knihovna obsluhující sběrnici 1-Wire (teplotní čidlo DS18B20).

Následuje pojmenování použitých pinů na desce Arduino a jejich definice jako vstup nebo výstup. Jejich bližší popis je popsán ve schématu zapojení (Obr. 4). Pro chod programu jsou klíčové proměnné, které jsou zde také deklarovány a inicializovány. Dále je vytvořena instance oneWire pro komunikaci po sériové sběrnici 1-Wire a instance server pro vytvoření Ethernetového serveru na portu 80. S tím souvisí nadefinování pole bytů, kde jsou uloženy

MAC, IP, GETWAY adresy a MASKA síť. Fyzická MAC adresa je vytištěna na spodní straně desky Arduino, zde se musí vyplnit shodně.

Dále program pokračuje ve dvou blocích. První je „void setup()“ a druhým blokem je „void loop()“. Tyto bloky musí být v programu vždy přítomny i když nemají žádný obsah. Překladač by totiž vypsal chybové hlášení a program by nepřeložil. Oba bloky jsou vymezeny dvojicí složených závorek {}. Blok „void setup()“ mezi závorky se píše kód, který se vykoná pouze jednou při startu programu (zapnutí napájení nebo reset). V tomto bloku jsou zapsány veškeré konfigurace a inicializace. Otevření sériového portu, zapnutí komunikace s 1-Wire sběrnici. Mimo jiné se zde definují vstupy a výstupy a jejich inicializování. Dále je zde spuštěna komunikace Ethernet s nastavením IP adresy a masky. Na konci bloku setup se provede odeslání informace na sériový port, že došlo ke spuštění samotného programu.



Obr. 12 Webová stránka zobrazující stav hardwarového zařízení

Druhý blok s názvem „void loop()“ pracuje v nekonečné smyčce, opakuje se neustále dokola, dokud nedojde k přerušení napájecího napětí. Zde se program hned na začátku větví na dvě poloviny podle toho, jestli je Arduino napájeno ze sítě nebo ze záložního zdroje. Jestliže je napájeno ze sítě, tak se zapne dobíjení akumulátoru, avšak každou 60. sekundu se nabíjení na okamžik vypne, připne se zátěž na akumulátor. Po ustálení napětí na akumulátoru je provedeno změření hodnoty vstupem A0. Následuje odpojení zátěže a další dobíjení. Tímto způsobem dostáváme kontrolu nad tím, jestli je připojen akumulátor a že je v provozu schopném stavu. Když je zařízení napájeno z akumulátoru, tak toto kontrolní měření pod

zátěží neprobíhá. Docházelo by tak ještě k většímu vybívání akumulátoru. V této situaci ale potřebujeme mít přehled, kolik ještě zbývá energie v akumulátoru. Z toho důvodu probíhá toto měření také, přímo na akumulátoru bez zátěže.

Po měření a přepočtu napětí následuje část programu pracující s Ethernetem. Pokud Arduino přijme požadavek od klienta, tak se vykoná blok programu, který přečte jeho požadavky, které se uloží do proměnné. Tyto požadavky lze využít pro ovládání některých výstupů. Pokud došlo k přijetí celého HTTP požadavku, tak začne odesílání ze strany serveru, tedy Arduina. Nejprve se odešle HTTP hlavička, která říká, že je vše v pořádku, bude odesílán kód HTML a následně bude docházet k aktualizování stránky každé 2 sekundy (aktualizování v sobě skrývá výhodu v tom, pokud se na Arduino připojíme například pomocí mobilního telefonu, tak se nám budou neustále načítat nové hodnoty a nebude nutné neustále stránku ručně aktualizovat). Další řádky programu již vypisují do HTTP požadavku strukturu stránky pomocí HTML tagů. Vznikla tak jednoduchá webová stránka zobrazující stavy jednotlivých vstupů viz. Obr. 12. Po odeslání celé stránky dojde k odpojení serveru.

Na konci celého programu se ještě ověří, zda nebyl klientem zaslán požadavek na zapnutí nebo vypnutí výstupu relé. Pokud ano tak se ihned toto relé sepne či rozepne. Informace o zapnutí nebo vypnutí relé klient odesílá spolu s adresou stránky. Pokud je požadavek na sepnutí relé, tak se odesílá adresa ve tvaru: „http://10.0.0.32/?OUT1=1“. Při vypnutí je příkaz stejný, pouze za = je 0. To je konec celého bloku „void loop()“ a zároveň celého programu, který se nyní bude opakovat znovu od začátku.

4. Serverová aplikace

4.1. Popis aplikace pro server

Aplikace, jejíž název byl zvolen jako „ServerRoom“ běžící na serveru pod operačním systémem Windows 7 Professional a je napsána v programovacím jazyce Delphi. Tato aplikace se stará nejenom o komunikaci s hardwarem popisovaným v této diplomové práci, ale umí také mnoho dalších funkcí. Například sledovat funkčnost různých síťových prvků jako jsou routery, modemy, switche, servery, PLC s ethernetovým rozhraním a další. Činnost těchto zařízení je sledována metodou využívající příkaz Ping. Tento příkaz zjišťuje odezvu na zadanou IP adresu. Pokud je odezva kladná, je předpoklad, že je zařízení funkční. Další testování je metodou TCP, ta testuje, jestli je možné se připojit k zařízení se zadanou IP adresou. Některá zařízení je možné testovat pomocí metody WEB Browser, jedná se například o ADSL modemy, které pracují na portu 80 a běží na nich webový server. Test metodou WEB browser probíhá tak, že program otevře ve webovém prohlížeči internetovou adresu a kontroluje její obsah.

Poslední testovací metoda nese název Napájení. Metoda napájení přímo komunikuje se zařízeními, které byli navrhnuté v této diplomové práci, založena je na testování pomocí http a je obdobná metodě WEB Browser, kterou z části také využívá. Principiálně načítání probíhá tak že komponenta WEB Browser načte stránku se zadanou IP Adresou. Po jejím úplném načtení se spustí funkce WEB2HTML. Tato funkce přečte zdrojový kód HTML stránky, který podle tagů řádek po řádku zpracuje a data uloží do příslušných proměnných. Následně jejich stav vypíše do příslušné buňky v hlavním okně programu a dojde k dalšímu zpracování.

4.2. Hlavní okno programu

Status:
Aktualizace: 10.04.2015 11:48:21
Manuální vyp./zap. stanice: Vypnout Zapnout
Dostup. Status: **Vše OK** Nedostup. stanice: 0 Testovaná stanice:
Power Status: **POWER ON** Doba na ele.: 0d 0h 2m 25s Doba na UPS: 0d 0h 0m 0s Scrollování
Verze: 10.04.2015 7:21:34

ID	Nazev	IP/Jmeno PC	MAC	Umístění	Status	Čas změny statusu	Typ	Max.čas	Vypnout	Poznámka
1	Arduino	10.0.0.32	90-A2-DA-0F-1A-D7	Hlavní	OK - 11(0);12(0);0(0);27,4°C;4,2V	10.04.2015 11:46:21	Napájení	500	Ne	Zjistovani dostupnosti
2	Local PC	127.0.0.1		Hlavní	OK	10.04.2015 11:46:21	Ping	500	Ne	Zjistovani dostupnosti
3	FileServer	10.0.0.30		Hlavní	OK	10.04.2015 11:46:21	Ping	500	Ne	Zjistovani dostupnosti
4	ADSL modem	10.0.0.9		Hlavní	OK	10.04.2015 11:46:21	Ping	500	Ne	Zjistovani dostupnosti

Log:

```

10.04.2015 11:46:21 DOSTUPNOST: OK - ADSL modem - 10.0.0.9 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:46:21 DOSTUPNOST: OK - FileServer - 10.0.0.30 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:46:21 DOSTUPNOST: OK - Local PC - 127.0.0.1 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:46:21 DOSTUPNOST: OK - Arduino - 10.0.0.32 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:46:16 Start aplikace ServerRoom
10.04.2015 11:45:33 DOSTUPNOST: OK - ADSL modem - 10.0.0.9 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:45:33 DOSTUPNOST: OK - FileServer - 10.0.0.30 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:45:33 DOSTUPNOST: OK - Local PC - 127.0.0.1 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:45:33 DOSTUPNOST: OK - Arduino - 10.0.0.32 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:45:28 Start aplikace ServerRoom
10.04.2015 11:44:46 DOSTUPNOST: OK - Arduino - 10.0.0.32 (Chyba od:10.04.2015 11:44:11)
10.04.2015 11:44:11 DOSTUPNOST: OK - Arduino - 10.0.0.32 (Chyba od:10.04.2015 11:43:34)
10.04.2015 11:43:34 DOSTUPNOST: OK - Arduino - 10.0.0.32 (Chyba od:10.04.2015 11:42:59)
10.04.2015 11:42:59 DOSTUPNOST: OK - Arduino - 10.0.0.32 (Chyba od:10.04.2015 11:42:23)
10.04.2015 11:42:23 DOSTUPNOST: OK - Arduino - 10.0.0.32 (Chyba od:10.04.2015 11:41:48)
10.04.2015 11:41:48 DOSTUPNOST: OK - ADSL modem - 10.0.0.9 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:41:48 DOSTUPNOST: OK - FileServer - 10.0.0.30 (Chyba od:N/A)
10.04.2015 11:41:48 DOSTUPNOST: OK - Local PC - 127.0.0.1 (Chyba od:N/A)

```

Obr. 13 Hlavní okno serverové aplikace

Hlavní okno programu je znázorněno na Obr. 13 a je rozděleno do třech částí. V první třetině se zobrazuje celkový status systému ServerRoom. Je zde pole zobrazující datum a čas posledního zjišťování dostupnosti, pod ním se nachází dvě další políčka, první z nich vypisuje stav dostupnosti všech testovaných stanic. Zobrazují se zde 3 stavy N/A, Vše OK a CHYBA, tyto stavy jsou doprovázeny změnou pozadí tohoto pole. Pokud je některé zařízení nedostupné, tak se to zde projeví. Když jsou všechny online, tak zde vypíše OK. Pokud byla aplikace nově spuštěna a ještě nedošlo k otestování všech zařízení je zde vypsáno N/A.

Políčko Power status signalizuje, jestli nedošlo k výpadku napájení na některé větvi sítě (možné stavy: N/A, POWER ON, POWER OFF). Zde se prakticky vypisuje status z desek monitoringu napájení. Pokud dojde k výpadku sítě 230V tak zálohovaný modul Arduino tuto informaci předá aplikaci ServerRoom a zde je zobrazena. Spolu s tímto napájecím statusem je odeslána SMS všem navoleným číslům a pokud je výpadek na této větvi delší než stanovený čas, dojde k postupnému vypínání počítačů, které jsou opatřeny UPS záložním zdrojem, aby nedošlo k jejich náhlému vypnutí v okamžiku, kdy kapacita UPS klesne na nulu. Po obnovení napájení se počítače buď automaticky zapnou, pokud mají tuto možnost navolenou v BIOSu,

pokud ne, tak se z aplikace ServerRoom automaticky začnou zapínat metodou WakeOnLAN (pokud to umožňuje základní deska).

Další políčko vypisuje počet aktuálně nedostupných stanic. Pod ním se nachází pole, kde se zobrazuje doba od posledního výpadku elektrické energie. Vpravo od něj se v případě výpadku elektřiny vypisuje doba, která již uběhla od této události. V pravém horním rohu aplikace je editovací pole. Zde lze po zadání IP adresy ručně zapnout nebo vypnout vzdálený počítač.

Uprostřed celé aplikace je přehledná tabulka jednotlivých stanic. U každého zařízení je napsáno jeho jméno, síťová adresa, umístění kde se zařízení fyzicky nachází. Dále je zde zobrazen jeho status, typ testovací metody s maximálním časem nedostupnosti, a jestli se má automaticky vypínat při výpadku elektřiny. U zařízení monitorujících napájení je v kolonce Status dále ještě vypsán stav vstupů, stav výstupu, teplota a napětí Li-ion akumulátoru.

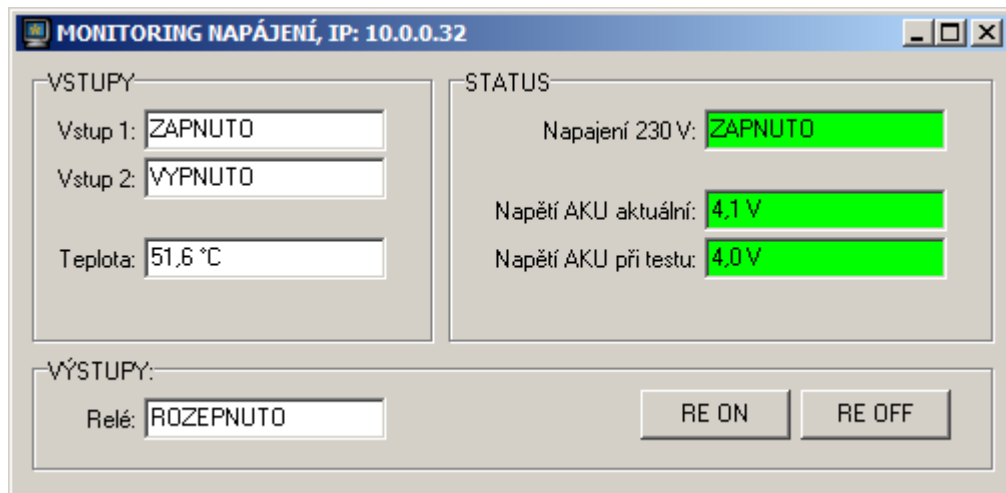
V poslední třetině aplikace se nachází logovací okno. Zde se zapisuje historie stavu jednotlivých stanic a zároveň se tento log ukládá do souboru ServerRoom.log pro archivaci.

4.3. Zobrazení a zpracování dat.

Stav jednotlivých testovaných stanic je zobrazen v prostřední části na Obr. 13. Definice stanic je zapsána v souboru ServerRoom.csv a je umístěna ve stejném adresáři jako je spouštěcí soubor samotného programu. V prvním řádku se nachází hlavička. Na dalších řádcích jsou pak středníkem oddělené jednotlivé údaje. Při spuštění aplikace se seznam stanic načte do tabulky. Jednou za 60 sekund se tento seznam automaticky prochází a testuje se přítomnost jednotlivých zařízení podle konkrétních metod.

Pokud je zjištěno, že je některé zařízení nedostupné, tak příslušný řádek zčervená, ve statusu je signalizovaná chyba. Tato skutečnost je zapsána do log souboru, inkrementuje se počet nedostupných stanic a následuje odeslání informační SMS zprávy spuštěním procedury SMS2IT, která bude popsána v následujících odstavcích. Do parametrů funkce se předá řetězec, který se odešle. Tvar textu SMS je „DOSTUPNOST: CHYBA – název stanice – IP adresa – datum a čas“. Na závěr se u nedostupného řádku skrytě poznamená, že byla odeslána SMS. To je důležité, aby v dalším testovacím kole po 60 sekundách nedocházelo k dalšímu zbytečnému odeslání stejné zprávy a tím k zahlcení příjemců. V okamžiku, kdy předtím nedostupná stanice je nyní již dostupná, změní se její stav a odešle se nová SMS ve stejném tvaru, ale s oznámením že je vše v pořádku.

Pokud potřebujeme vědět podrobnosti o stavu vstupů a napájení na desce Arduino. Otevřeme si okno, ve kterém se všechny tyto údaje zobrazují (Obr. 14). Je zde vidět jestli je přítomné napájení, jaký je stav nabití akumulátoru, teplota, jestli jsou sepnuté vstupy a je zde možno ovládat i sepnutí relé.



Obr. 14 Serverová aplikace - stav vstupů a výstupů

Odesílání SMS zpráv

Pro odesílání informačních SMS zpráv o dostupnosti jednotlivých stanic je k serveru, na kterém je spuštěna aplikace ServerRoom připojen pře COM port terminál Nokia 32 DTX-3 (Obr. 15). Tento terminál pracuje se sítí GSM 900/1800 a zajišťuje hlasové, textové a datové služby. Hlavním účelem tohoto terminálu podle výrobce je spojení pobočkové ústředny k síti GSM. Umožňuje přeměrování při volání na mobilní čísla z podnikové sítě. V případě výpadku pevné linky ji umí tento modul nahradit. [20]



Obr. 15 GSM terminál Nokia 32 DTX-3

Modul DTX-3 má na svém těle konektor Cannon9 pro připojení sériové linky RS-232. Touto sériovou linkou dokáže komunikovat prostřednictvím AT příkazů. AT příkazy vznikly pro komunikaci mezi modemem a počítačem. Přenosová rychlost komunikace terminálu DTX-3 je 9600bd. Pro odeslání SMS se používají následující příkazy:

```
AT+CMGF=1<CR>
AT+CMGS="123456789"<CR>Text sms zprávy<CTRL-Z>
```

CMGF je příkaz pro volbu módu. Číslo 1 je textový mód a číslo 0 PDU mód. V PDU módu se odesílá textová zpráva v hexadecimálním formátu, textový mód umožňuje poslání klasického řetězce. Příkaz <CR> v ASCII formátu číslo 13. Příkaz CMGS slouží pro odeslání textu samotné zprávy a telefonního čísla na který má být zaslána. Příkaz <CTRL-Z> je číslo 26 ASCII. [21]

5. Závěr

Cílem mojí diplomové práce bylo navrhnout a realizovat monitorovací systém napájení prvků firemního provozu ve společnosti International Automotive Components Group s.r.o. v Přešticích. Především se jednalo o návrh hardwarového zařízení, které bude schopné sledovat přítomnost napájení ze sítě 230V. V případě výpadku síťového napájení je zařízení schopno předávat informace o svém stavu nadřazené aplikaci ještě po dobu minimálně 60 minut a to díky záložnímu napájení z Li-ion akumulátoru. Hardwarové zařízení kromě této funkce zajišťuje sledování dalších veličin, mezi ně například patří teplota, napětí na akumulátoru, digitální vstupy a výstup.

Hardwarové zařízení s nadřazenou aplikací komunikuje prostřednictvím sítě Ethernet. Výhodou to přináší především v tom, že sledované zařízení může být umístěné i ve vzdálenějších lokalitách všude tam, kde je dostupné připojení sítě LAN metalickými nebo optickými kabely, ovšem za předpokladu, že jsou všechny aktivní síťové prvky na této trase po dobu výpadku napájení zálohovány UPS. Pro komunikaci byl použit protokol HTTP. Zařízení má ve svém řídicím mikrokontroléru naprogramován webový server, na který se připojují klienti. Tím je umožněno jednak připojování centrální aplikace ServerRoom ale také jiného klienta, například přes mobilní telefon připojený k podnikové síti Wi-Fi a je mu umožněno nezávisle kontrolovat jeho stav. To je výhodné především při instalaci zařízení, ale i v jiných situacích.

Další část diplomové práce bylo vytvořit serverovou aplikaci pod názvem ServerRoom pracující pod operačním systémem Windows. Aplikace nejen že komunikuje s hardwarovou částí, ale také vykonává dohled nad funkčností dalších prvků sítě, jako jsou servery, PLC, modemy. V případě vyskytnutí problému aplikace odesílá informační SMS zprávy prostřednictvím GSM terminálu.

Systém monitorování napájení provozu umožnil IT zaměstnancům snazší správu sítě a dohled nad funkčností serverů. V případě, kdy se vyskytne problém, se jim na jejich mobilní telefon odešle SMS zpráva o tom na kterém prvku sítě vznikl problém. Tuto situaci pak mohou začít neprodleně řešit. Dohled nad funkčností síťových zařízení probíhá nepřetržitě.

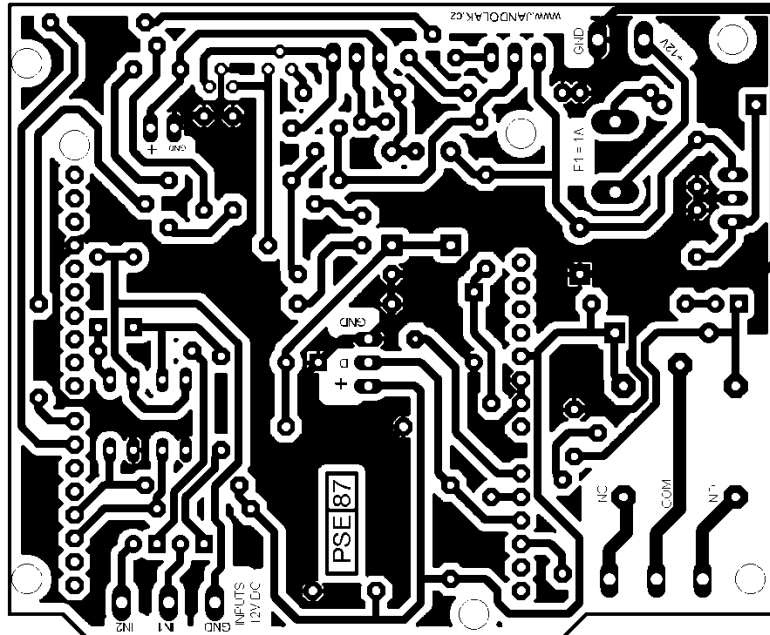
Použitá literatura

- [1] Monitorovací systém IP Watchdog. *Papouch* [online]. 2009 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.papouch.com/cz/shop/product/ip-watchdog/>
- [2] HW server představuje – Sériová linka RS-232. *OLMR, Vít* [online]. 2005 [cit. 2014-11-22]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-rs-232.html>
- [3] Sběrnice RS-422, RS-423 a RS-485. *TIŠNOVSKÝ, Pavel* [online]. 2008 [cit. 2014-11-22]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/sbernice-rs-422-rs-423-a-rs-485/>
- [4] Ethernet [online]. Plzeň, ZČU [cit. 2014-12-02]. Dostupné z URL: <http://home.zcu.cz/~zanetah/>
- [5] Výroční zpráva společnosti za rok 2013. *VONDRÁČEK, J., RICHARDVILLE, D.* [online]. Přeštice: International Automotive Components Group s.r.o. 2014 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: [iacg cz annual report 2013.docx](#)
- [6] PLÍVA, Zdeněk. *EAGLE prakticky*. 1. vyd. Praha: BEN – Technická literatura, 2007. ISBN 978-80-7300-227-5.
- [7] Semestrální práce z předmětu KTE/TAM, Arduino. *DOLÁK, Jan* [online]. 2014 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: [TAM-Arduino-Dolák-Jan.docx](#)
- [8] What is Arduino?. *Arduino* [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.arduino.cc/>
- [9] Arduino Board Ethernet. *Arduino* [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardEthernet>
- [10] Dokumentace k akumulátoru PL503040 od výrobce NEXCELL. [online]. [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/540/450/lithiovy-akumulator-nexcell-ics503040-600mah-3-7v-datasheet-1.pdf>
- [11] What's the Best Battery?. *Battery University* [online]. 2010 [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_best_battery
- [12] Lithium Ion Battery Advantages & Disadvantages. *Radio-Electronics* [online]. [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <http://www.radio-electronics.com/info/power-management/battery-technology/lithium-ion-battery-advantages-disadvantages.php>
- [13] Charging Lithium-ion. *Battery University* [online]. 2010 [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries
- [14] Vestavná nabíječka akumulátorů Li-ion - nová verze. *BELZA, Jaroslav* [online]. 2005 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <http://belza.cz/charge/liich.htm>
- [15] Akumulátory Li-ion a jejich nabíjení. *BELZA, Jaroslav* [online]. 2001 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://www.belza.cz/charge/liion1.htm>
- [16] Step-up DC/DC měnič napětí konvertor. *DEXHAL* [online]. [cit. 2015-01-24]. Dostupné z: <http://dexhal.cz/step-up-zvysuje/91-3a-step-up-zvysuje-dcdc-menic-napeti-35-18v.html>

- [17] Informace o programu EAGLE. *EAGLE ONLINE* [online]. 2014 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.eagle.cz/info.htm>
- [18] HTTP protokol. *JANOVSKÝ, Dušan* [online]. 2014 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.jakpsatweb.cz/server/http-protokol.html>
- [19] Průvodce světem Arduina. *VODA, Zbyšek, tým HW Kitchen* [online]. 2015 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <http://arduino.cz/zaciname-s-arduinem/>
- [20] Uživatelská příručka GSM terminálu Nokia 32. *NOKIA* [online]. 2003 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://download-fds.webapps.microsoft.com/supportFiles/phones/files/guides/Nokia_32_UG_en.pdf
- [21] Dokumentace AT příkazy GSM Siemens MC35i. *SIEMENS* [online]. 2003 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://www.multisim-terminal.ru/lib/mc35i_atc_v0103.pdf

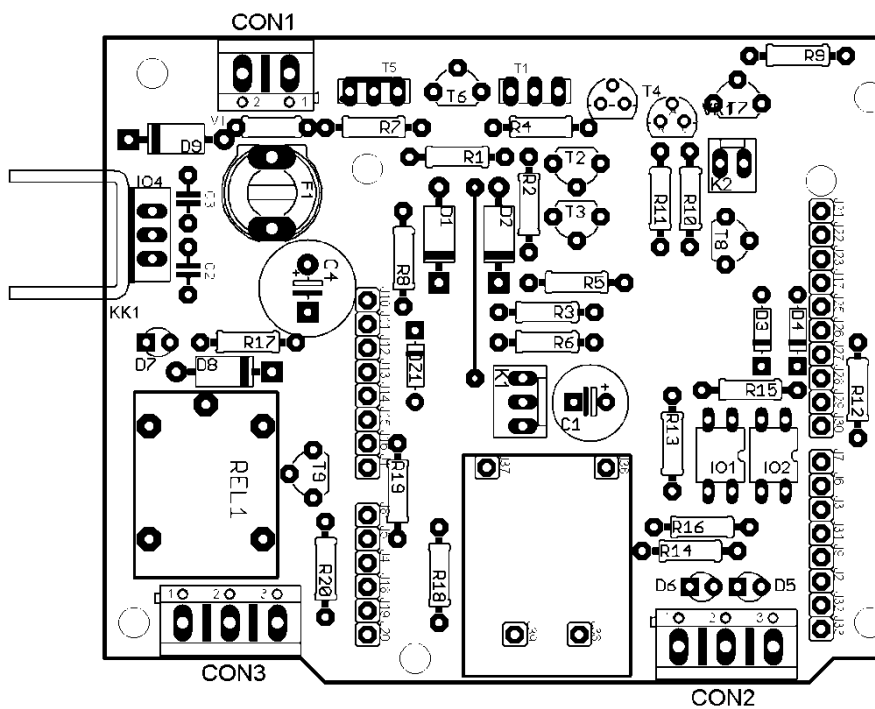
Příloha A: Deska plošného spoje

A.1 Strana spojů



Obr. A.1: Jednovrstvá deska plošného spoje Monitoringu napájení (rozměry 83x69 mm)

A.2 Osazovací plán



Obr. A.2: Osazovací plán – rozmístění součástek

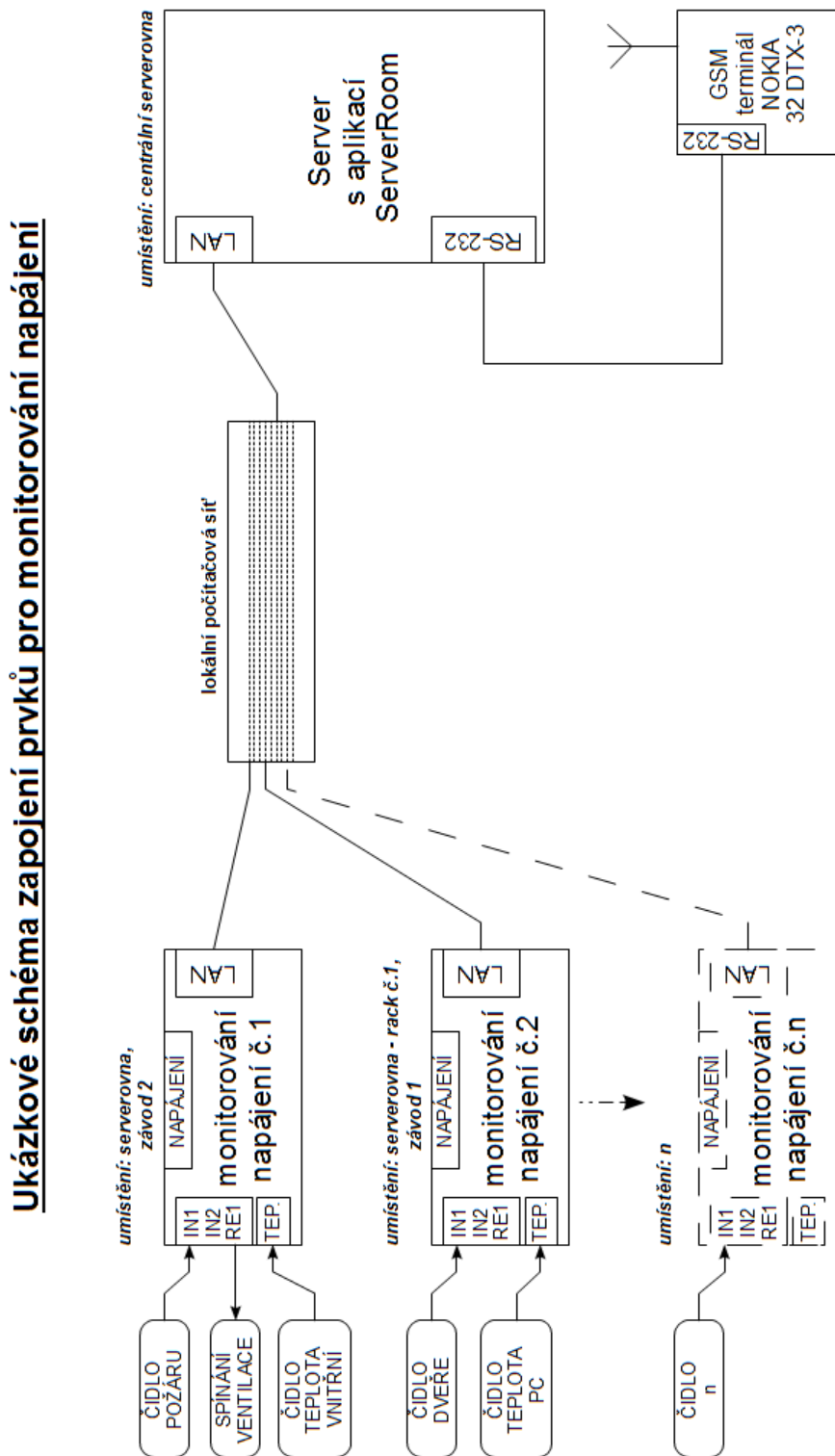
A.3 Výpis součástek z programu Eagle

Tab. A3: Výpis součástek

Název	Hodnota	Pouzdro	Název	Hodnota	Pouzdro
R1	2R	R-10	C1	47uF/25V	C-EL_3,5
R2	470R	R-10	C2	100nF	C-5
R3	100k	R-10	C3	100nF	C-5
R4	15k	R-10	C4	470uF/16V	C-EL_5
R5	22k	R-10	T1	BD139	TO-126S
R6	680R	R-10	T2	BC556	TO-92
R7	1k	R-10	T3	BC556	TO-92
R8	220R	R-10	T4	BS108	TO92
R9	1k	R-10	T5	BD140	TO-126S
R10	10R	R-10	T6	BC546	TO-92
R11	1K	R-10	T7	BC640	TO-92
R12	1k	R-10	T8	BC546	TO-92
R13	220R	R-10	T9	BC546	TO-92
R14	10k	R-10	V1	ERZC10DK390	R-7,5
R15	220R	R-10	VR1	TL431c	TO92-CLP
R16	10k	R-10	F1	1A/250V	KS9V
R17	220R	R-10	IO1	PC817	DIL4
R18	4k7	R-10	IO2	PC817	DIL4
R19	10k	R-10	IO4	7805	TO-220
R20	1k	R-10	J1 - J39	S1G1	S1G1_JUM
D1	SF14	DO41	K1	PSH02-03PG	PSH02-03P
D2	SF14	DO41	K2	PSH02-02PG	PSH02-02P
D3	1N4148	DO35	CON1	ARK 300V/2P	AK500/2
D4	1N4148	DO35	CON2	ARK 300V/3P	AK500/3
D5	LED_3_yellow	LED_3	CON3	ARK 300V/3P	AK500/3
D6	LED_3_yellow	LED_3	REL1	RELRAS0515	RELE_RAS
D7	LED_3_red	LED_3			
D8	1N4148	DO41			
D9	1N4007	DO41			
DZ1	5V1	DO35			

Příloha B: Zapojení prvků monitorování

B.1 Schéma zapojení jednotlivých prvků monitorování napájení



Obr. B.1: Ukázkové schéma zapojení prvků pro monitorování napájení

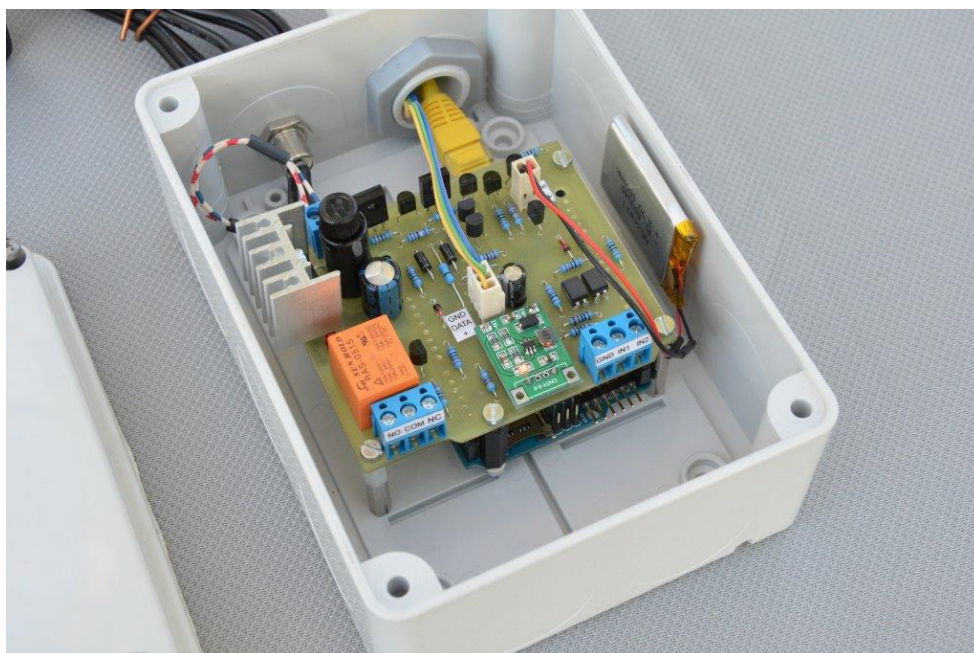
Příloha C: Fotodokumentace

C.1 Celkový pohled na zařízení



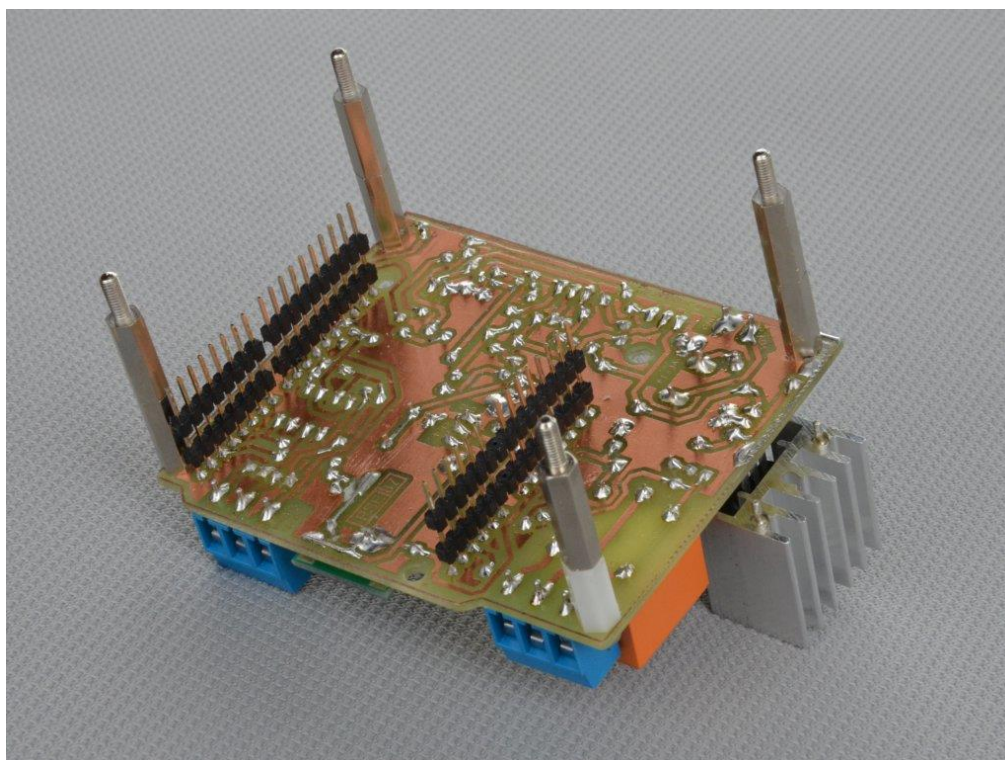
Obr. C.1: Celkový pohled na zařízení

C.2 Detail umístění v instalační krabici



Obr. C.2: Detail umístění v instalační krabici

C.3 Strana spojů a umístění propojovacích pinů



Obr. C.3: Strana spojů a umístění propojovacích pinů