

Centralizovaná správa kamerového systému a senzorů v domácnosti

Daniel Machala

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav informatiky a umělé inteligence

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Daniel Machala
Osobní číslo: A20439
Studijní program: B0613A140020 Softwarové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Centralizovaná správa kamerového systému a senzorů v domácnosti
Téma práce anglicky: Centralized Management of CCTV and Sensors in the Home

Zásady pro vypracování

- Zpracujte literární rešerši na dané téma.
- Vyberte vhodné komponenty pro realizaci serveru a snímačů.
- Provedte hardwarový návrh serveru a mikropočítačových jednotek snímačů.
- Prakticky realizujte jednotlivé komponenty systému a vzájemně je propojte.
- Vytvořte programové vybavení pro server a jednotky snímačů s ohledem na jejich zabezpečení.
- Ověřte správnou funkci realizovaného systému.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. ENGLANDER, Robert. Java and SOAP. Sebastopol, Calif.: O'Reilly, 2002, xv, 258 s. ISBN 0596001754. Dostupné také z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/52272>.
2. ONVIF. ONVIF™: Streaming Specification, version 22.06 [online]. June, 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.onvif.org>.
3. ONVIF. ONVIF™: ONVIF Core Specification, version 22.06 [online]. June, 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.onvif.org>.
4. ZÁHLAVA, Vít. Návrh a konstrukce desek plošných spojů: principy a pravidla praktického návrhu. Praha: BEN – technická literatura, 2010, 123 s. ISBN 9788073002664.
5. ZÁVODSKÝ, Ondřej. Programujeme AVR v jazyku C [online]. 2012 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: https://svetelektro.com/Download/avr_kniha.pdf.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Dostálek, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **5. listopadu 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2024**



doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan

prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D., DBA v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 5. ledna 2024

Jméno, příjmení: Daniel Machala

Název bakalářské/diplomové práce: Centralizovaná správa kamerového systému a senzorů v domácnosti

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 9. května 2024

Daniel Machala, v. r.
.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na návrh kamerové části kamerového systému pro domácnost, kde záznamové zařízení neumožňuje zaznamenávat více IP kamer založených na standardu ONVIF než záznamové zařízení dovoluje. Cílem této práce je odstranění omezení počtu možných připojených kamer k záznamovému zařízení s možností připojení vlastních kamer k stávajícímu kamerovému systému bez nutnosti výměny stávajících zařízení kamerového systému.

V práci je zahrnut návrh a konstrukce softwaru a hardwaru pro jednotlivé části navrženého systému potřebné pro propojení a umožnění správného provozu kamer.

Centrálním prvkem je řídicí jednotka, ve které probíhá logika získávání snímků z jednotlivých kamer a obsluhy pro zařízení vyžadující dané snímky. Součástí realizace jsou i koncové jednotky fungující jako rozšiřující periferie pro jednotlivé kamery. Poslední částí je kamera podle vlastní implementace a požadavků.

Klíčová slova: Kamerový systém, ONVIF, IP kamera, řídicí jednotka, ESP32, ATmega328

ABSTRACT

Bachelor thesis focuses on the design of the camera part of the CCTV for household, where the recording device does not allow to record more ONVIF based IP cameras than the recording device allows. The Goal of this thesis is to remove the limitation of possible connected cameras to the recording device with the possibility of connecting custom made cameras to the existing camera system without the need to replace existing camera system devices.

This work includes design and construction of software and hardware for individual parts of camera system needed for interconnection and enabling correct camera operation.

The central element is the control unit that contains logic of getting images from individual cameras and subsequently serves them to the device that requires the images. Part of the realization also includes end unit acting as expansion peripheral for individual cameras. The last part is implementation of custom made camera according to requirements.

Keywords: CCTV, ONVIF, IP camera, control unit, ESP32, ATmega328

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Dostálkovi, Ph.D za odborné vedení, rady a připomínky, které mi poskytoval při řešení této práce a trpělivosti při jejím vypracování.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 KAMEROVÉ DOHLEDOVÉ SYSTÉMY	11
1.1 KAMERA.....	11
1.1.1 Složení kamery.....	11
1.1.2 Technické parametry kamery.....	15
1.1.3 Polohování kamery.....	15
1.1.4 Příslušenství kamer.....	16
1.2 NAHRÁVAJÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	17
1.2.1 Typy nahrávajícího zařízení.....	17
1.3 ZOBRAZOVACÍ A ROZŠÍROVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	18
1.3.1 Monitory.....	18
1.3.2 Přepínače a multiplexery.....	18
1.4 KOMUNIKACE.....	19
1.4.1 Přenosná média.....	19
1.4.2 Analogové systémy.....	20
1.4.3 Digitální kamerové systémy.....	21
1.5 STANDARDY IP KAMER.....	22
1.5.1 ONVIF.....	22
2 VESTAVĚNÉ ZAŘÍZENÍ	25
2.1 CO JE VESTAVĚNÉ ZAŘÍZENÍ.....	25
2.2 VŠEOBECNÁ STRUKTURA.....	25
2.3 TYPY VESTAVĚNÝCH ZAŘÍZENÍ.....	26
2.4 TYPY KOMUNIKAČNÍCH ROZHRAŇÍ A PROTOKOLŮ.....	27
2.4.1 Komunikační rozhraní.....	27
2.4.2 Komunikační protokoly.....	29
3 OPERAČNÍ SYSTÉMY PRO VESTAVĚNÉ ZAŘÍZENÍ	30
3.1 LINUX PRO VESTAVĚNÁ ZAŘÍZENÍ.....	30
3.1.1 Konfigurace vestavěného zařízení.....	30
3.2 VARIANTY LINUXOVÝCH SYSTÉMŮ.....	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
4 NÁVRH HARDWARE	34
4.1 POUŽITÉ NÁVRHOVÉ PROGRAMY.....	34
4.2 ŘÍDICÍ JEDNOTKA.....	34
4.2.1 Požadované vlastnosti.....	34
4.2.2 Použité součástky.....	35
4.2.3 Konstrukce rozšiřujících částí řídicí jednotky.....	37
4.2.4 Návrh krytu.....	39
4.3 KAMERA.....	40
4.3.1 Požadované vlastnosti.....	40
4.3.2 Použité součástky.....	41

4.3.3	Konstrukce částí kamery.....	42
4.3.4	Programování mikropočítače.....	43
4.3.5	Úprava Ethernet modulu.....	43
4.3.6	Návrh krytu.....	43
4.4	KONCOVÁ JEDNOTKA.....	44
4.4.1	Požadované vlastnosti.....	44
4.4.2	Použité součástky.....	44
4.4.3	Konstrukce koncové jednotky.....	45
4.4.4	Programování mikropočítače.....	46
4.4.5	Návrh krytu.....	46
5	NÁVRH SOFTWARE.....	47
5.1	ŘÍDICÍ JEDNOTKA.....	47
5.1.1	Operační systém.....	47
5.1.2	Implementace aplikace.....	52
5.1.3	Struktura pracovní složky aplikace.....	57
5.2	KONCOVÁ JEDNOTKA.....	59
5.2.1	Implementace programového vybavení.....	59
5.2.2	Struktura použitých Modbus registrů.....	60
5.3	KAMERA.....	62
5.3.1	Implementace programového vybavení.....	62
6	OVĚŘENÍ FUNKCE SYSTÉMU.....	64
6.1	ZAPOJENÍ TESTOVACÍ SESTAVY.....	64
6.2	VYHLEDÁVÁNÍ A ZÍSKÁNÍ PARAMETRŮ Z MODBUS ZAŘÍZENÍ.....	65
6.3	PŘEPÍNÁNÍ KAMERY NA ALARM.....	66
6.4	ZÍSKÁVÁNÍ STREAMU PŘES ONVIF STANDARD.....	67
6.5	VYHODNOCENÍ VLASTNOSTÍ SYSTÉMU.....	68
	ZÁVĚR.....	69
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	70
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	76
	SEZNAM TABULEK.....	77
	SEZNAM PŘÍLOH.....	78

ÚVOD

Kamerové systémy jsou dnes jeden z preferovaných částí zabezpečení domácností.

Jejich funkcí je zachytit snímky z každé kamery, které lze následně uložit do záznamového zařízení pro pozdější prohlížení nebo zobrazit na monitorovacím zařízení.

Ne všechna záznamová zařízení splňují veškeré kladené požadavky. Objevují se záznamová zařízení, které obsahují omezené funkce, jako je limitovaný počet připojených kamer. Pro tento problém existují komerčně dostupné produkty (např. multiplexery), ale lze je použít pouze s kamerami, které splňují určité standardy. Nejsou schopny zahrnout žádný vlastně vyrobený hardware, který neodpovídá používaným standardům.

Cílem této práce je navrhnout systém, který řeší problém s omezeným počtem připojených kamer na dané záznamové zařízení. Navržený systém musí zároveň umožnit připojení k libovolnému záznamovému systému využívající komunikační protokol pro kamery pracující pod standardem zvaným ONVIF. Musí umožnit připojení vlastně navržených kamer a senzorů při zachování kompatibility s dostupnými kamerami na trhu založených na daném standardu.

Práce je rozdělena na praktickou a teoretickou část, přičemž teoretická část seznamuje s kamerovým systémem a jeho zařízeními, přehledem vestavěných zařízení, standardem ONVIF a operačního systému Linux pro vestavěné zařízení s možnými použitelnými variantami.

Praktická část obsahuje návrh hardwaru od elektrického až po mechanické provedení, mezi které patří návrh desky plošných spojů, jednotlivých krytů a programování jednotlivých zařízení. Návrh programového vybavení pro jednotlivá zařízení zahrnuje výběr vhodných knihoven pro jednotlivá zařízení, jejich uvedení do provozu, implementaci programů potřebných pro jejich provoz. Závěr praktické části se zabývá ověřením funkčnosti jednotlivých zařízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KAMEROVÉ DOHLEDOVÉ SYSTÉMY

Jedná se o systém, který využívá kamery pro sledování prostorů. Umožňuje zobrazování jednotlivých záběrů z kamer na zobrazovacím zařízení a případně i ukládání záběrů z kamer.

1.1 Kamera

Kamera je nezbytnou součástí každého dohledového systému. Kamery se používají k pořizování snímků.

1.1.1 Složení kamery

Všechny kamery obsahují alespoň tři základní prvky mezi které patří optický senzor, objektiv a obvod pro zpracování snímků z optického senzoru. Všechny tyto komponenty jsou zapouzdřeny dohromady v jednom krytu.

Objektiv

Objektiv je první věcí, přes který zachycený snímek prochází. Jedná se o čočku nebo sestavu čoček umístěných v ochranném pouzdře. Jeho hlavní funkcí je promítnout světlo na aktivní plochu optického senzoru. Rozdělují se podle toho jestli objektiv umožňuje nastavit svou ohniskovou vzdálenost:

- **Pevně nastavený objektiv** - Objektivy s pevnou ohniskovou vzdáleností. Bývají často upevněny v krytu optického senzoru kamery. Užitečné pro kameru, která nemění svou polohu. Příkladem může být objektiv vestavěný v pouzdře optického senzoru.
- **Variabilní objektiv** - Ohnisková vzdálenost objektivů se mění při nastavování vnitřních prvků, často otáčením tubusu, který lze seřizovat ručně nebo motorizovaným pohybem. Příkladem může být přibližovací objektiv, který umožňuje změnit vzdálenost, na kterou bude kamera zaostřena.

Objektivy mohou být ke kameře napevno připevněny nebo mohou obsahovat mechanický držák umožňující jejich výměnu (např. Typ C, CS, L). Lze doplnit objektiv o clonu, která reguluje množství světla objektivem procházející a tím ovlivňuje množství světla dopadající na optický senzor kamery. Clona může být pevně nastavena, manuálně ovládaná nebo motorizovaně ovládaná přes řídicí obvod kamery. [1][2][3]

Optický senzor kamery

Je jednou z hlavních částí kamery. Zaostřený snímáný prostor z objektivu dopadá na aktivní plochu senzoru, která je složena z aktivních prvků (pixelů) s fotocitlivým členem uspořádaných do maticového pole. Aktivní prvky převádějí světlo na elektrické signály, kde každý aktivní prvek získává svůj elektrický náboj, přičemž velikost elektrického

náboje závisí na intenzitě světla. Tento elektrický signál je přenesen do jiné části optického senzoru, kde je převeden do digitální podoby (některé optické senzory nepřevádějí zpracovaný signál na digitální, ale zanechávají jej v analogové podobě). [1]

Technologie optického senzoru

Pro umožnění snímání prostoru optickým senzorem kamery, se dnes běžně používají dvě technologie optického senzoru CCD a CMOS.

CCD senzor

Senzor CCD (Charge Coupled Devices) se skládá z fotocitlivých buněk, které při dopadu světla vytváří elektricky náboj. Čtení ze senzoru se provádí přenosem nahromaděného náboje mezi sousedními fotocitlivými buňkami. Funguje jako posuvný registr řízený řídicím obvodem. Výstupem je analogový signál, který lze následně převést na digitální signál pomocí A/D převodníku. Čtení ze senzoru lze provést progresivně nebo prokládaně.

- **Progresivní čtení** – Čte jednotlivé řádky nebo sloupce po sobě do společného posuvného registru.
- **Prokládané čtení** – Čte jednotlivé řádky nebo sloupce po částech s vlastním posuvným registrem.

Senzory CCD jsou široce používány v digitálních zobrazovacích aplikacích kvůli jejich vysoké citlivosti a nízkému šumu. Tento typ senzoru není však bez omezení. Jednou z hlavních nevýhod je jejich vyšší spotřeba energie ve srovnání s jinými technologiemi optických senzorů, jako jsou senzory CMOS. Navíc jsou CCD snímače dražší na výrobu. Díky tomu jsou pro některé aplikace méně nákladově efektivní. [1][3][4]

CMOS senzor

Využívají technologii CMOS (complementary metal oxide semiconductor) na výrobu senzoru. Na rozdíl od CCD senzoru CMOS senzory snímají každý aktivní prvek samostatně. Každý aktivní prvek obsahuje fotocitlivý prvek (např. fotodiodu). Zároveň obsahuje zesilovač (zesílí elektrický náboj na fotocitlivém prvku), a A/D převodník, který převede analogový signál na digitální, které podle typu lze najít u jednotlivých fotocitlivých prvků (aktivní) nebo na jednotlivém řádku nebo sloupci (pasivní). Výhodou CMOS je jejich nižší spotřeba energie a vyšší rychlost čtení ve srovnání s CCD senzory, avšak s vyšším poměrem signálu a šumu, protože obsahuje digitální obvody vedle optické části senzoru a tím menší citlivost způsobená menší aktivní plochou protože logika přepínání každého pixelu je umístěna vedle příslušného fotocitlivého prvku. S novým vývojem v technologii CMOS se zmenšují rozdíly mezi CCD. [3][5]

Druhy optického senzoru

Využití senzorů se může lišit v závislosti na tom, zda snímají obraz v barvách nebo v odstínech šedi (monochromatický). [2][3]

Monochromatický optický senzor

Snímky snímá pouze v odstínech šedé bez jakýchkoli informací o barvách. Dosahuje vyššího rozlišení a citlivosti ve srovnání s barevnými senzory (jednotlivé aktivní prvky nejsou použité jednotlivé barvě), takže jsou ideální pro prostory s žádným nebo slabým osvětlením.

Barevný optický senzor

Každý aktivní prvek je pokryt barevným filtrem a je citlivý na určitou barvu světla (typicky červená, zelená nebo modrá). Barevné senzory se používají za denního světla a dobře osvětlených nočních scén.

Obvod pro zpracování obrazu a podpůrných funkcí

Je část kamery složená z elektronických součástí, které jsou zodpovědné za zpracování snímku zachyceného optickým senzorem kamery. Ovládá i přídatné části (např. řízení polohování kamery). Obvody jsou navrženy tak, aby zvýšily kvalitu snímku jemným doladěním různých aspektů, jako je vyvážení barev, expozice, ostrost a další parametry snímku. Mohou být zahrnuty i rozšířené funkce, jako je redukce šumu, detekce obličejů a další vylepšení obrazu pro zlepšení kvality obrazu. Výstupem je sekvence zpracovaných snímků kamery. [1][2][3]

Krytí kamery

Aby byla kamera chráněna před vnějšími vlivy, je uzavřena v krytu. V závislosti na prostředí, kde se kamera používá, existují různé typy krytů poskytující odpovídající stupeň ochrany: [1][2]

- **Dome kamera** - Kamera umístěná v pouzdře ve tvaru kopule. Tento typ lze použít ve vnitřním nebo venkovním prostředí. Jeho kupolový pozorovací prostor může být vytvořen z čirého plastu nebo skla, ale může být také zabarven, aby zakrýval směr kamery a ztěžoval určení, kam kamera míří. Pro venkovní použití jsou dome kamery dodávány s krytem odolným proti venkovním vlivům, který je chrání před nepříznivými venkovními podmínkami, jako je déšť, sníh nebo extrémní teploty.
- **Boxová kamera** - Kamera, která má čtvercový nebo obdélníkový tvar. Tento typ kamery obvykle používá výměnné objektivy. Nejčastěji se používá v interiéru. Když je potřeba aby kamera byla umístěna venku, musí být ve vodotěsném krytu

nebo umístěna mimo přímý kontakt s přírodními vlivy.

- **Bullet kamery** - Kamera, která je válcového tvaru. Jsou nejčastěji navrženy pro venkovní použití. Mají utěsněné pouzdro a nevýměnné objektivy.
- **Miniaturní kamera** - Kompaktní kamera malé velikosti, která je navržena pro vnitřní diskrétní monitorování. Tyto kamery obvykle nejsou odolné vůči nepříznivým venkovním podmínkám, takže mohou vyžadovat externí kryt, pokud mají být používány venku. Miniaturní kamery mohou mít velikost jen několik milimetrů, takže je lze snadno skrýt v různých místech. Tento typ bývá převážně napájen z baterie a používá bezdrátovou komunikaci pro posílání snímků.

Filtry

Jedná se o přídatnou část kamery. Používají se ke změně příchozího světla v celém spektru nebo jen specifického rozsahu vlnových délek před dosažením objektivu kamery a optického senzoru. Tyto filtry mohou být pevné, vyměnitelné ručně nebo mohou být začleněny s motorizovaným nastavením pro případy, kdy je filtr zbytečný a dojde k jeho vysunutí z optické cesty. Ke kameře lze připojit různé filtry, zde jsou příklady některých z používaných filtrů v kamerovém systému: [1][2]

- **Filtr blokování infračerveného záření** - Filtry které odráží nebo pohlcují infračervené záření, kde optické senzory jsou na tohle záření citlivé, a mohlo by svou vysokou intenzitou způsobit sníženou kvalitu snímku. Viditelné světlo je přes filtr propuštěno bez nebo s malým útlumem.
- **Filtr blokování ultrafialové záření** - Filtry blokující ultrafialové záření, které vstupuje do kamery. Snižuje namodralý odstín způsobený ultrafialovým zářením.
- **Polarizační filtr** - Způsobuje propouštění světla v určité orientaci přes filtr. Užitečné proti oslnění nebo světlu vznikajícího odrazem od stěn nebo skla ve venkovním prostředí způsobené silným slunečním zářením .
- **Šedý filtr** - Tento typ filtru se používá ke snížení množství viditelného světla, které prochází objektivem v situacích, kdy intenzita scény přesahuje možnosti optického senzoru kamery.
- **Filtr korekce barev** - Tyto filtry se používají k úpravě barev, aby přesněji odpovídaly skutečné scéně.

1.1.2 Technické parametry kamery

Každé kamery obsahují technické parametry, které udávají jaké má kamera vlastnosti a specifikace, které určují její možnosti a výkonnost: [3]

- **Rozlišovací schopnost** – Udává kolik bodů (pixelu) je senzor schopen zaznamenat. Bývá udáván v pixelech (px nebo pix) nebo v televizních rádcích (TVL).
- **Poměr stran** – Uspořádání jednotlivých řádků a sloupců. Je dán poměrem vodorovné a svislé strany senzoru (např. 16:9, 4:3, 3:2).
- **Citlivost** – Je udávána v Luxech. Jedná se o potřebné osvětlení senzoru pro jeho provoz.
- **Dynamický rozsah** – Udává jaký je rozdíl mezi nejsvětlejším a nejtmavším místem na aktivní ploše senzoru. Uváděn v počtu odstínů šedi.
- **Napájení** – Pro provoz kamery potřebuje zdroj napětí. Kamery se navrhuje podle použití na stejnosměrné napětí (12V, 24V) nebo střídavé napětí (12V, 24V nebo 230V pro pevně instalované kamery). K některým typům kamer lze přivádět napájecí napětí i přes datové kabely (POE).

1.1.3 Polohování kamery

V závislosti jak se kamery mohou pohybovat po její montáži. Se dělí na dva druhy: [2]

- **Pevné polohování** - Kamery jsou namontovány ve stacionární poloze a jsou zaměřeny na jednu zájmovou oblast po celou dobu své činnosti.
- **Nastavitelné polohování** - Jinak nazývané jako PTZ (Pan-Tilt-Zoom). Umožňuje kameře otáčet se vodorovně nebo svisle a přiblížit nebo oddálit, aby byla zachycena celá sledovaná oblast. V závislosti na implementaci rotačního mechanismu může být rotační úhel omezen nebo s možným neomezeným otáčením, kde pohyblivá a pevná část kamery je elektricky spojena pomocí sběracích kroužků na jedné straně a sběračů (např. Uhlíkových nebo napružených kovových kontaktů) na druhé straně. Kamery většinou umožňují ovládat pohyb ručně (vzdáleně nebo na místě namontované kamery přes vyvedený konektor) nebo automaticky prostřednictvím přednastavených pozic, sekvencí nebo sledováním pohybujících se objektů ve scéně.

1.1.4 Příslušenství kamer

Kamery mohou obsahovat řadu přídavných funkcí, které rozšiřují nebo splňují specifické potřeby provozního prostředí, kde se používají: [1][2]

- **Umělé světlo** - Používá se k rozšíření venkovního nebo vnitřního osvětlení pro získání odpovídající kvality snímku, které lze rozdělit na:
 - ◆ **Viditelné světlo** - Zářiče, které vyzařují většinu své energie ve spektru viditelného světla. Umístěné na nebo v blízkosti kamery. Umožňuje kameře snímat barevné snímky v zářičem osvětleném prostředí.
 - ◆ **Neviditelné světlo** - Využívá zářiče infračerveného světla k osvětlení sledované oblasti. Infračervené zářiče se často integrují do krytu kamery. Snímané prostředí kamery je pouze snímané v odstínu šedi.
- **Stěrače** - Zařízení, která jsou navržena k čištění objektivu nebo ochranného skla kamer, aby bylo zajištěno, že poskytují jasný a ničím nenarušený výhled na sledovanou oblast.
- **Topné těleso** - Použití topného článku se ohřívá vnitřní část kamery, aby se zabránilo poškození nebo nesprávné funkci kamery při nízkých teplotách. Může být integrován do krytu kamery nebo přidán jako doplněk pro zajištění ohřevu objektivu a vnitřních součástí kamery.
- **Ventilace** - Při běžném použití se nepoužívá neboť kamery jsou obvykle pasivně chlazené, ale při použití v prostředí s vysokou teplotou se některé vnitřní části kamery mohou dostat mimo bezpečnou oblast provozu a dojít k jejím poškození. Může být chlazen aktivně vzduchem s přidaným ventilátorem nebo elektricky chlazen pomocí Peltierovým článkem.
- **Zvuková technika** - Kameru je možné vybavit záznamem zvuku, které umožňují kameře současně vysílat zvuk a obraz. Výhodné pro zachycení konverzací a dalších zvuků, které se mohou dít v blízkosti kamery. Zvuk lze zároveň posílat v obou směrech, kde kamera je vybavena reproduktorem.
- **Pohybový senzor** - Senzor pro detekci pohybu v jeho okolí. Signál je posílán do kamery, která jej pak posílá do dalších zařízení, která jsou k ní připojena. V moderních kamerách jej lze nahradit softwarem, který detekuje pohyb ze snímku kamery.

1.2 Nahrávající zařízení

Nahrávající zařízení jsou nezbytná pro archivaci kamerových záznamů a umožňují pozdější prohlížení nahrávek. Nahrávající zařízení se liší mezi výrobci a obsahují různé funkce, ale jejich primární funkcí je ukládat záznamy z kamer pro jejich pozdější prohlížení je mezi nimi stejná. Záznamová zařízení mohou obsahovat funkce: [1][2]

- Vnitřní nebo vnější úložiště záznamů
- Detekce pohybu
- Přehrávání záznamu
- Naplánované nahrávání
- Audio nahrávky
- Alarmové vstupy a výstupy
- Vzdálené ovládání PTZ funkce kamery
- Webové služby (e-mail, časový server atd.)

Na základě toho, jak dobře může zařízení provádět paralelní úlohy, je kategorizováno do tříd Simplex, Duplex a Triplex: [2]

- **Simplex** - Zařízení nemůže nahrávat při vyhledávání nebo prohlížení zaznamenaných snímků.
- **Duplex** - Zařízení může nahrávat během vyhledávání.
- **Triplex** - Zařízení může nahrávat při vyhledávání nebo prohlížení zaznamenaných snímků.

1.2.1 Typy nahrávajícího zařízení

K dispozici jsou v různých typech a konfiguracích v závislosti na konkrétních potřebách daného kamerového systému: [2]

- **DVR** - DVR (Digital Video Recorder) je zařízení používané k záznamu analogových kamer. Převádí analogový signál každé kamery do digitální podoby, která je uložena do pevného disku nebo zobrazena na monitoru.
- **NVR** - NVR (Network Video Recorder) zaznamenává digitální video data přenášená přes IP síť z více IP kamer. Rozdíl mezi DVR a NVR je ten, že video vstup je přenášen přes IP síť. Přenášená data jsou kódována a zpracovávána spíše v kameře než v záznamovém zařízení.
- **Hybridní** - Záznamové zařízení, které kombinuje funkčnost DVR a NVR. To znamená, že dokáže nahrávat a ukládat záběry z digitálních i analogových kamer. Užitečné, když systém obsahuje kamery obou typů.
- **Mobilní** - Záznamové zařízení určené pro použití ve vozidlech. Je podobný tradičnímu záznamovému zařízení, ale je navrženo tak, aby vydrželo vibrace a otřesy jedoucího vozidla.

- **VCR** - VCR (Video Cassette Recorder) je záznamové zařízení, které používá k zaznamenávání kazety. Dnes se jedná o archaický způsob ukládání záběrů.

1.3 Zobrazovací a rozšiřovací zařízení

V následující kapitole jsou stručně popsány zobrazovací a rozšiřovací zařízení.

1.3.1 Monitory

Monitor je výstupní zařízení, které se používá v kamerových systémech pro sledování živého video záznamu z kamer nebo uloženého záznamu z nahrávajícího zařízení. Běžně používané pro sledování jsou PC monitory, televizory nebo dnes archaickými CRT monitory. Technické parametry monitoru jsou: [1]

- **Rozlišení** - Je vyjádřeno počtem pixelů, které lze zobrazit. Pro zajištění nejvyšší kvality obrazu by měl být monitor schopen zobrazit alespoň tolik pixelů kolik jsou kamery schopny snímat.
- **Velikost** – Týká se fyzických rozměrů obrazovky monitoru, typicky měřených úhlopříčně v palcích.

1.3.2 Přepínače a multiplexery

Systémy, které mají více kamer, než je počet dostupných vstupů v záznamových zařízeních, vyžadují zařízení, které je dokáže všechny připojit. Zařízení jako přepínače a multiplexery se používají k řešení nedostatečného počtu vstupů.

Přepínače

Přepínače umožňují připojení více kamer vytvořením jednoho společného výstupu, který je poté připojen k monitoru nebo záznamovému zařízení. Ze všech kamerových vstupů lze najednou zobrazit na výstupu pouze jeden. Pro přepínání mezi kamerami obsahuje přepínač časovač, který může být následně ovládán ručně pomocí předního panelu nebo automaticky přepínáním mezi každou kamerou v sekvenci. Může být doplněn vstupy, jejichž vnější aktivace odpovídá kameře u které se spustil poplach a zobrazí danou kameru na výstupu. S velkým počtem kamer je potřeba obsluhovat každou kameru v odpovídajícím časovém rámci. Jeden výstup nemusí být dostatečný. Tento problém lze vyřešit zvětšením počtu výstupů. Tento přepínač bývá nazýván jako maticový přepínač. Obsahuje řídicí jednotku, která ovládá jak propojit jednotlivé kamery na určitý výstup, na který byly nastaveny. Přičemž umožňuje ruční ovládání pomocí klávesnice nebo předního panelu. [1]

Multiplexery

Multiplexery umožňují zobrazit více kamer na jednom výstupním signálu zároveň. Rozmístí každou kameru do mřížky, která se zobrazí na výstupu v nastavitelném počtu 1, 2, 4 (jinak znám jako kvadrátor), 9, 16 a více. Obsahuje řídicí jednotku, která provádí míchání jednotlivých vstupů a jejich uspořádání, které jsou následně zobrazeny na výstup. Zároveň je doplněn vstupy pro reakci na vnější události a časovač, který automaticky přepíná mezi jednotlivými kamerami nebo skupinami po určité časové době s možností nastavení jednotlivých časových dob pro každou kameru nebo skupinu. Součástí multiplexeru jsou tlačítka pro manuální přepínání mezi kamerami. [1]

1.4 Komunikace

Každé zařízení v kamerovém systému musí být propojeno aby mohly mezi sebou komunikovat.

1.4.1 Přenosná média

Přenosové médium hraje klíčovou roli v přenosu informací v kamerovém systému tím, že umožňuje přenos video a řídicích signálů mezi kamerami a záznamovými nebo monitorujícími systémy.

Drátové propojení

Jedná se o propojení pomocí fyzických spojů. Používá kabely pro připojení kamer k dalším částem kamerového systému. Pro dosažení kvalitního obrazu na druhé straně je nutné zajistit robustní přenos videosignálu s minimálním šumem, kde nekvalitní spojení nebo impedanční nepřizpůsobení (způsobení odraz signálu zpět ke zdroji) může mít negativní dopad na spolehlivost a kvalitu přijímaného obrazu. [1]

Koaxiální kabely

Koaxiální kabel se skládá z jednoho drátu obklopeného nevodivou izolační vrstvou (dielektrikem), následně obklopen kovovou pleteninou a nakonec plastovým nebo pryžovým obalem. Konce jsou většinou zakončeny BNC konektorem. Má elektrickou impedanci obvykle 75 Ω nebo 50 Ω . [1][6]

Kroucená dvojlinka

Se nazývají izolované vodiče, které jsou v jednom nebo více pářů stočené dohromady po celé délce kabelu, který je zároveň obalen ochranným pláštěm. Vodiče jsou převážně vyrobené z mědi. Dvojlinku lze dělit na stíněnou (STP) nestíněnou (UTP), kde u stíněné je každý pár vodičů obalen do kovové fólie. Celek kabelu je následně obalen kovovou

pleteninou nebo fólií. Používá se pro telefonní komunikaci a většinu moderních ethernetových sítí (IP kamerové systémy). Dvojlinka určená pro ethernetové sítě (cat 5e) obsahuje čtyři páry dvojlinek a má nominální impedanci 100 Ω pro UTP a STP a je zakončen konektory RJ45 nebo RJ11. [1][6]

Bezdrátové spojení

Je přenos informací mezi zařízeními bez použití fyzických kabelů, což umožňuje zvýšenou přenositelnost a flexibilitu tím, že umožňuje zařízením komunikovat bez přímého fyzického propojení. Fyzické překážky, jako jsou zdi nebo budovy, zhorší kvalitu signálu. S využitím vhodné antény jako je směrová anténa nebo opakovači lze rozšířit jejich komunikační vzdálenost. [1][2]

Rádiové frekvence

Přenos videosignálu pomocí elektromagnetických vln v bezlicenčních pásmech. Tato pásma jsou sdílena s ostatními zařízeními a mohou být náchylná k rušení způsobené jinými zařízeními pracujícími ve stejném frekvenčním pásmu. Schválená zařízení jsou povolena provozovat bez licenčních poplatků, avšak bez garance odolnosti proti rušení způsobené ostatními zařízeními. Spadají pod generální licenci vydanou Českým komunikačním úřadem pro nespécifikované zařízení s krátkým dosahem. Kamery typicky pracují v decimetrovém pásmu UKV (Ultra krátké vlny) 2400 – 2438.5 MHz, a centimetrovém SKV (Super krátké vlny) pásmu 5725 – 5875 MHz s maximálním vyzařovacím výkonem nepřesahujícím 25 mW. Mají omezenou šířku pásma, takže počet kamer, které lze použít současně, je velmi malý. Mezi dalšími dostupnými pásmy spadající pod generální licenci jsou např. 433,05 – 434,79 MHz, 434,04 – 434,79 MHz nebo 24,0 – 24,25 GHz. [2][7]

1.4.2 Analogové systémy

V následující kapitole jsou stručně popsány běžně používané analogové kamerové systémy.

Analogové kamerové systémy

Signál z kamer je vysílán v analogové podobě. Používají televizní normy PAL nebo NTSC. Videosignál s rozlišením 720x576 nebo 720x480. U bezpečnostních kamer s vysokým rozlišením 700TVL řádků a nebo 960H o rozlišení 960x576. Analogový signál je kompozitní signál složený ze synchronizačních částí (horizontální a vertikální), intenzity jasu a barvy, která je podle typu normy rozdíleně modulovaná do nosného signálu, který se kombinuje s intenzitou jasu. K přenosu analogového signálu se používá nejčastěji koaxiální kabel který má omezenou vzdálenost přenosu okolo 100 m. V případě nutnosti prodloužení se doplňuje zesilovačem (opakovač). Videosignál analogové kamery lze

přenést bezdrátově pomocí radiofrekvenčních vln využitím RF vysílače na straně kamery a RF přijímače na straně cílového zařízení. [1][8]

AHD kamerové systémy

Analogová kamera s vysokým rozlišením. Využívá analogovou technologii k přenosu nekomprimovaného video signálu přes koaxiální kabely. Umožňuje dosahovat rozlišení až 1920x1080 a maximální délka vedení až 500 m. Pouze výstupní signál je analogový, vnitřní obvod kamery je digitální a používá CMOS senzor pro snímání obrazu oproti CCD senzoru. [8]

1.4.3 Digitální kamerové systémy

V následující kapitole jsou stručně popsány běžně používané digitální kamerové systémy.

HD-SDI kamerové systémy

HD-SDI (High Definition Serial Digital Interface) používá nekomprimovaný a nešifrovaný digitální obrazový signál a zvuk podle standardu SMPTE 292M s rozlišením 1920 × 1080 nebo 1280 × 720 s obrazovým formátem 16:9. Přenos HD-SDI signálu vyžaduje kvalitní koaxiální kabely. Signál lze přenášet na vzdálenost 100m, pro delší vzdálenosti je nutné použít opakovače signálu. Kamery tohoto typu vyžadují kompatibilní záznamové nebo monitorující zařízení. [9]

IP kamerové systémy

Kamery založené na internetovém protokolu. Jsou navrženy tak, aby poskytovaly schopnost monitorovat, nahrávat a vysílat video přes síť do počítačů nebo jiného zařízení. Potenciál těchto systémů z hlediska flexibility a modularity je prakticky neomezený. Rozlišení kamer je prakticky neomezeno, umožňují připojení kamer s různými rozlišeními. [1]

Komunikace

K přenosu signálu IP kamer se používají počítačové sítě LAN nebo bezdrátové sítě WLAN s přenosovými protokoly TCP/IP nebo UDP a RTSP (UDP a RTSP, spolupracují na zajištění toho, aby byl dodáván konstantní tok dat videa a zvuku). Pro rozsáhlejší IP kamerové systémy je preferované vytvořit oddělenou síť s vyhrazenou kabeláží jen pro přenos dat kamerového systému. Pro vzdálené sítě v desítkách kilometrů a více lze za pomoci WAN sítí s využitím virtuální privátní sítě (VPN), lze obraz z IP kamery posílat do jakéhokoli dostupného připojení. [1][3]

Identifikace

Každé zařízení v IP síti obsahuje identifikátor (IP adresu verze IPv4 nebo IPv6). Podle kterého se zařízení identifikuje v síti. Tato adresa umožňuje zařízením komunikovat mezi sebou. IP adresu lze získat automaticky nebo ručně. V případě automatického získání adresy existuje v síti DHCP server, který udržuje informace o přidáných IP adresách a přiřadí unikátní adresu každému zařízení, které požádá o přidělení adresy. Pro ruční nastavení je IP adresa uložena v jednotlivých kamerách a musí se udržovat seznam IP adres aby nedošlo k nastavení stejných IP adres pro jiná zařízení. Pro kamery je preferovaná ruční metoda z důvodu bezpečnosti, protože DHCP server může chybně přiřadit IP adresu jinému zařízení než je kamera. [1][3]

1.5 Standardy IP kamer

Každý výrobce nebo skupina výrobců kamerových zařízení využívají vlastní protokol pro komunikaci. To způsobuje jejich nekompatibilitu mezi ostatními výrobci. Proto vznikly standardy (ONVIF, PSIA), které se snaží tento problém vyřešit standardizací kamerových systémů běžících na IP sítích. Níže je popsán standard ONVIF, který je nejčastěji používán v České Republice.[3]

1.5.1 ONVIF

ONVIF (Open Network Video Interface Forum) je průmyslové fórum, které vyvíjí a podporuje otevřené standardy pro rozhraní bezpečnostních produktů založených na IP protokolu. Cílem ONVIF je usnadnit komunikaci mezi zařízeními od různých výrobců, což umožňuje budovat systémy s využitím produktů od různých výrobců. Definuje společný protokol pro komunikaci mezi zařízeními, včetně kamer, záznamových zařízení a podpůrných systémů. Tento protokol umožňuje zařízením vzájemně se identifikovat v síti, vyměňovat si video a zvuk a ovládat funkce, jako je polohování kamer (PTZ).

Funkce standardu ONVIF lze shrnout do 5 kategorií: [10]

- **Vyhledávání** - Zařízení se mohou v síti navzájem automaticky vyhledávat, což umožňuje přidávání nových zařízení do systému bez ruční konfigurace.
- **Streaming** - Definuje standardní metodu pro posílání video a audio dat mezi zařízeními a zajišťuje kompatibilitu mezi zařízeními různých výrobců.
- **Řízení PTZ** - Umožňuje ovládání PTZ kamer. Umožňuje vzdáleně upravovat polohu a zorné pole kamery.
- **Řízení událostí** - Zařízení si mohou vyměňovat oznámení o událostech, jako je detekce pohybu. To umožňuje monitorování a reakci v reálném čase.
- **Správa zařízení** - Definuje standardní metodu pro nastavení a správu zařízení, zjednodušuje nastavení a údržbu systémů.

Zařízení jsou zařazeny do profilů. Profily jsou sady protokolů a specifikací, které definují

funkce a vlastnosti, které jsou podporovány zařízeními a systémy splňující tento standard. Jednotlivé funkce profilu se následně dělí do skupin podle povinnosti implementace:

- **Povinné** – Funkce profilu musí být implementovány pro správnou funkci zařízení.
- **Dobrovolné** - Funkce nemusí být implementovány, neměly by ovlivňovat funkci zařízení.
- **Podmínkové** – Funkce, které by měly být implementovány, pokud to umožňuje použité zařízení.

Kompatibilita zařízení není zcela zaručena pokud zařízení používají dobrovolně implementované funkce. Zároveň zařízení fungující na starší verzi specifikace nemusí fungovat se zařízením založeného na nové verzi. Kompatibilita zařízení je definována do několika profilů pro standardizaci komunikace. Zde jsou podrobné profily:

- **Profil A** - Tento profil se zaměřuje na komunikaci systémů řízení přístupu s kamerovými systémy.
- **Profil C** - Zaměřuje na správu dveří a událostí spojenou s kamerovým systémem.
- **Profil D** - Navržen pro přístup k řídicím periferiím.
- **Profil G** - Pokrývá možnosti nahrávání a přehrávání pro záznamová zařízení (např. NVR nebo i kamera). Definuje funkce, jako je vyhledávání, načítání a přehrávání nahraného videa.
- **Profil M** - Navržen pro streamování metadat a analýzu.
- **Profil S** - Toto je základní profil pro streamování videa, zvuku a podpůrných funkcí (PTZ, řídicí výstupy).
- **Profil T** - Rozšířená varianta profilu S o povinné funkce. Není určena jako náhrada, lze obě používat zároveň.

Video streaming

ONVIF poskytuje standardní způsob, jak získat adresu a informace o možnostech posílání videa. Posílání videa ze zařízení je realizováno protokolem RTSP přes který lze posílat video v jednom z podporovaných komprimujících formátů, které zařízení podporuje. Jednotlivé formáty mají za úkol zredukovat velikost úložné paměti zabranou video záznamem na úložišti a zároveň zmenšit velikosti přenesených informací přes přenosné media s co nejmenší ztrátou kvality obrazu nebo případně i zvuku.

- **M-JPEG** – Jednotlivé snímky kamery jsou samostatně komprimovány a jsou posílány jako série snímků ve formátu JPEG složených dohromady aby vytvořily plynulý tok snímků. [1]
- **MPEG4** – Komprimuje videa a zvuku. První snímek je uložen jako obrázek JPEG a každé následující snímky jsou ukládány jako rozdíl s předchozím snímkem. [1]
- **H.264** – Část MPEG4 standardu (jinak značen MPEG-4 AVC nebo MPEG-4 část 10). Obsahuje účinnější kompresní algoritmy proti starším formátům. Umožňuje tím dosáhnout lepší kvality videa při nižších přenosových rychlostech ve srovnání s

předchozími standardy komprese videa. Zahrnuje profily, které obsahují různé postupy, které budou ke kompresi použity. Mezi hlavní profily patří Základní profil, Hlavní profil a High profil. [11]

- **H.265** - (jinak značen HEVC nebo MPEG-H část 2). Vyvinut jako nástupce H.264. Nabízí vylepšenou účinnost komprese. Poskytuje vyšší kvalitu videa při nižších datových tocích. [11]

Pro umožnění streamování videa nebo zvuku ze zařízení se musí nejprve získat adresy jednotlivých streamovacích bodů. Pro získání adres se pošle sekvence požadavků definovaných pod příkazem, určeným pro daný stream (např. příkaz „GetStreamUri“). Výslednou odpovědí bude možná adresa streamovacího bodu (např. „rtsp://example.com/onvif_camera“). [12]

2 VESTAVĚNÉ ZAŘÍZENÍ

V této kapitole je stručně popsáno, co jsou vestavěná zařízení, používané komunikační protokoly při realizaci zadání.

2.1 Co je Vestavěné zařízení

Jsou specializovaná zařízení, která jsou navržena pro konkrétní úkoly nebo funkce. Bývají omezena výpočetním výkonem a paměťovým prostorem. Mnoho vestavěných zařízení pracují s úlohami v reálném čase, což znamená, že musí reagovat na události v určitém časovém rámci jinak může dojít k nesprávné funkci. Pro malé vestavěné zařízení jsou programy psané pro RTOS operační systémy nebo v programu určeného pro specifické nasazení. S výkonnějším vestavěným zařízením jsou programy vyvíjeny pro univerzální operační systém jako je Linux nebo Windows IoT. [13]

2.2 Všeobecná struktura

Struktura vestavěného zařízení zahrnuje několik klíčových prvků, které umožňují jeho správné fungování: [14]

- **Procesor** - Centrální část zařízení, která provádí všechny výpočty a vykonává program. Obsahuje registry pro krátkodobé ukládání mezi výpočtů a výpočetní jednotku, ve které se provádí jednotlivé aritmetické a logické operace. Jednotlivé části procesoru jsou řízeny řadičem, který řídí tok dat a instrukcí mezi procesorem a ostatními zařízeními. Jeho hlavní funkcí je dekodování instrukcí a vykonání potřebných akcí k provedení těchto instrukcí a zajišťuje, aby byly provedeny v požadovaném pořadí a v co nejkratším čase.
- **Paměť** - Slouží k ukládání dat a instrukcí, které procesor potřebuje pro svou činnost. Kapacita je daná počtem adresových vodičů procesoru. Adresovací prostor je vyhrazen pro paměť programu, paměť dat a periférie. Paměť programu je nejčastěji uložena v pevné paměti (obsahuje instrukce, které řídí činnost procesoru).
- **Sběrnice** - Propojuje všechny části zařízení a umožňuje jim komunikovat mezi sebou. Jde o skupinu souběžných vodičů na které se připojují paralelně jednotlivé části zařízení. Sběrnice jsou obvykle rozdělené do několika skupin (datová, adresová, řídicí sběrnice). Dělí se na vnitřní a vnější sběrnice.
 - ◆ **Vnitřní sběrnice** se používá k vzájemnému propojení jednotlivých částí procesoru (výpočetní jednotka, pracovní nebo pomocné registry).
 - ◆ **Vnější sběrnice** umožňuje procesoru komunikovat s vnějšími částmi, jako jsou paměťová zařízení, vstupní/výstupní zařízení.
- **Periférie** - Rozhraní, které umožňují mikro počítači komunikovat s venkovními zařízeními. Upravují signály z venkovních zařízení na procesorem zpracovatelné signály. Periférie mohou být vestavěné na vnitřní sběrnici nebo připojené pomocí

vnější sběrnice (např. časovače, A/D nebo D/A převodníky, vstupy/výstupy, sériová nebo paralelní komunikace).

- **Systém správy přerušeni** – Umožňuje zastavení právě probíhajícího programu právě důležitějším programem, který byl určitou událostí vynucen. Požadavek o přerušeni je zaznamenán ve stavovém registru. Jednotlivé signály přerušeni obsahují prioritu podle které se dává přednost důležitějšímu v případě dvou naraz vzniklých přerušeni. Přerušeni se rozděluje se na vnitřní a vnější přerušeni.
 - ◆ **Vnitřní přerušeni** – Způsobené chybami v procesoru (chyba operandu, chyba adresování).
 - ◆ **Vnější přerušeni** – Způsobené jednotlivými vstupy/výstupy zařízeními. Signalizují dokončení svého vykonání nebo vnější zásah na svých vstupech (změna vstupu, dokončení příjem dat).
- **Generátor hodinového signálu** – Generuje pulzy pro synchronizaci operací v procesoru a připojených zařízení k procesoru. Tento signál určuje rychlost provádění instrukcí a operací v procesoru a zajišťuje správnou synchronizaci datových a řídicích signálů.

2.3 Typy vestavěných zařízení

Existují odlišné varianty vestavěných zařízení. Každé jsou určeny pro jiné využití. Zde jsou nejčastější varianty vestavěných zařízení:

- **Monolitické mikropočítače** - Jinak znám jako mikrokontrolér. Je malý počítač integrovaný do jediného integrovaného obvodu, který obsahuje procesor, paměť a programovatelné periferie. Výhodou je jeho kompaktní velikost, malá spotřeba energie, která umožňuje jeho umístění do zařízení s omezenou velikostí. [14]
- **Mikroprocesor** - Integrovan je minimální počet potřebných částí procesoru (centrální jednotku, sběrnice a Systém správy přerušeni). Ostatní částí (operační paměť, programová paměť, periferie) jsou doplněny připojením pomocí vyvedené sběrnice. Mikroprocesor může být výjimečně doplněn několika pomocnými periferiemi (časovač, sériová komunikace). Proti monolitickému počítači, mikroprocesor se obvykle představuje jako výkonný výpočetní zařízení pracující ve stovkách MHz až jednotky GHz. [14]
- **System on chip** (Systém na čipu) - Kombinace monolitického mikropočítače a mikroprocesoru. Obsahuje výkon mikroprocesoru a integrované periferie monolitického mikropočítače. Podle implementace mohou obsahovat Vnitřní nebo vnější operační nebo programovou paměť.

2.4 Typy komunikačních rozhraní a protokolů

Vestavěné zařízení používají velký počet různých komunikačních rozhraní. Pro zjednodušení jsou zde stručně popsány sběrnice, komunikační rozhraní a protokoly použité při řešení zadání.

2.4.1 Komunikační rozhraní

V následující kapitole jsou stručně popsány komunikační rozhraní a jejich varianty použité při řešení zadání.

UART

Jedná se o asynchronní typ sériového komunikačního rozhraní (vysílač nesdílí hodinový signál s přijímačem). Obsahuje vysílač a přijímač. Může být doplněn o signály řídicí směr toku (např. RTS, CTS signály). Rozhraní je určeno pro přenos dat na velmi malou vzdálenost velmi krátkou vzdálenost (mezi deskami plošných spojů). Na základě UART rozhraní jsou realizovány následující komunikační standardy: [15]

- **RS-232** – Rozhraní pro komunikaci dvou zařízení do vzdálenosti 15 m (revize C). Je standard definující elektrické a fyzické vlastnosti jako jsou úrovně napětí, časování signálu a konektorů. Používal se pro připojení periferních zařízení, jako jsou tiskárny, skenery a další zařízení k počítači. [16]
- **RS-485** - Standard definující elektrické charakteristiky vysílačů a přijímačů zařízení. Je určen pro sériovou komunikaci na velké vzdálenosti (až 1200 metrů). Komunikuje přes sdílenou sběrnici pomocí diferenciálních signálů, což znamená, že pro komunikaci se používají dva signály, A a B. Rozdíl mezi úrovněmi napětí na těchto dvou signálech určuje logický stav přenášených dat. Umožňuje lepší odolnost proti šumu a delší vzdálenosti mezi jednotlivými zařízeními. Podporuje připojení více zařízení na stejnou sběrnici. Každé zařízení na sběrnici by mělo obsahovat jedinečnou adresu, podle které hlavní zařízení může adresovat jednotlivá zařízení. [17]

I²C

Jedná se o dvoudrátový synchronní obousměrný komunikační rozhraní, který umožňuje více zařízením komunikovat mezi sebou pomocí pouze jedné datové linky (SDA) a jedné hodinové linky (SCL). Každé zařízení na sběrnici má jedinečnou 7-bitovou adresu (mohou obsahovat i 10-bitovou adresu). Připojené zařízení se dělí na „master“ a „slave“. Umožňuje komunikace více „master“ zařízení, ale musí kontrolovat sběrnici aby nedošlo ke kolizi. Komunikace následuje po startovací podmínce (START), kdy „master“ zařízení stáhne datovou linku na nízkou úroveň, zatímco udržuje hodinovou linku na vysoké úrovni,

následuje odeslání adresy „slave“ zařízení, se kterým chce komunikovat, kde nejméně významný bit udává čtecí nebo zápisovou operaci. Adresované „slave“ zařízení poté odpoví stažením datové linky (ACK). V případě žádné odpovědi zůstane datová linka ve vysoké úrovni (NACK). [18]

RMII

Je standardní rozhraní používané k propojení zařízení k fyzické vrstvě Ethernet síťovému systému. Jde o variantu standardu MII (Media Independent Interface), ale se sníženým počtem pinů. Umožňuje přenosovou rychlost až 100 Mbps. [19]

Onewire

Je sériový komunikační rozhraní, který umožňuje více zařízením komunikovat po jednom vodiči pomocí jediné datové linky a zemního spojení. Běžně se používá pro připojení senzorů a dalších zařízení k mikrokontrolérům nebo jiným řídicím systémům. Komunikace probíhá stažením datové linky na logickou nulu na určitou dobu a následným uvolněním linky. V případě připojených zařízení odpoví krátkodobým stažením datové linky. Zahajující zařízení pošle příkazy s daty a uvolní datovou linku a čeká na zahájení vysílání přijímacího zařízení.[20]

Hitachi HD44780

Paralelní komunikační rozhraní určené pro řízení řadiče HD44780 LCD displeje od firmy Hitachi. Komunikuje 4-bitovou nebo 8-bitovou šířkou datové sběrnice a je doprovázen řídicími signály RS, R/W a E, které udávají výběr registrů nebo zobrazení na displej, zápis nebo čtení a načtení dat do datového registru. [21]

SPI

Je sériový komunikační rozhraní. Obsahuje signály pro vysílání dat (MOSI), přijímání dat (MISO) a taktovací signál (SCK). Pro výběr zařízení na sběrnici bývá doplněn výběrovými signály (CS). [22]

2.4.2 Komunikační protokoly

V následující kapitole jsou stručně popsány komunikační protokoly použité při řešení zadání.

Modbus

Pracuje na architektuře master-slave, kde jedno „master“ zařízení zahajuje a řídí komunikaci s jedním nebo více „slave“ zařízeními. Každé zařízení obsahuje unikátní adresu. Existuje několik typů protokolů Modbus, které se používají: [23]

- **RTU** - Používá binární reprezentaci dat pro komunikaci mezi jednotlivými zařízeními.
- **ASCII** - Používá pro reprezentaci dat znaky ASCII.
- **TCP/UDP** - běží přes síť Ethernet pomocí TCP/IP nebo UDP protokolu.

Modbus používá registry pro ukládání dat. Pomocí příkazů lze číst nebo zapisovat do registrů na jiných zařízeních, což umožňuje výměnu dat mezi zařízeními. Registry se rozdělují na čtyři druhy:

- **Input Registry** - 16-bitové registry. Data pouze pro čtení, ke kterým mají přístup jiná zařízení.
- **Holding Registry** - Zapisovatelné 16-bitové registry, ze kterých lze číst nebo do nich zapisovat jinými zařízeními.
- **Coils Registry** – Data se zapisují po jednom bitu do registru.
- **Discrete Inputs Registry** – Čte pouze jeden bit z registru.

HTTP/S

Pracuje na architektuře klient-server, kde klient odešle požadavek na server a server odpoví požadovaným zdrojem. Jde o bezstavový protokol, kde každý požadavek od klienta je nezávislý a nesouvisí s předchozími požadavky. Komunikuje pomocí metod, které definují funkci. Jsou to např. GET pro získání dat, POST pro odeslání dat, PUT pro úpravu dat, DELETE pro odstranění a PATCH pro částečnou úpravu dat. Pro jednotlivé požadavky odpovídá server stavovým kódem oznamující stav provedení požadavku. Stavové kódy jsou rozděleny do skupin značící typ provedení požadavku např. 100-199 kódy jsou informační kódy nebo 200-299 kód při úspěšné zpracování požadavku. HTTP komunikace je nešifrovaná, každý může číst obsah. Z toho důvodu byl HTTP doplněn protokolem TLS k šifrování veškeré komunikace mezi klientem a serverem. Toto zabezpečené připojení umožňuje klientům bezpečnou výměnu citlivých dat se serverem. [24]

3 OPERAČNÍ SYSTÉMY PRO VESTAVĚNÉ ZAŘÍZENÍ

Každý počítač potřebuje program, který bude provádět operace zadané návrhářem softwaru. Mezi které patří i operační systémy. Zde především varianta operačního systému založeném na jádře Linux určeného pro vestavěné systémy. Následující kapitola obsahuje stručný popis Linuxu a operačních systémů pro vestavěné systémy založené na Linux jádře, které jsou vhodné pro realizaci daného řešení.

3.1 Linux pro vestavěná zařízení

Vytvořen Linusem Torvaldsem v roce 1991. Linux je svobodný a otevřený operační systém, založený na stejnojmenném jádře. Jde o víceúlohový, víceuživatelský systém umožňující spouštět více úloh souběžně na jednom nebo více jádrech procesoru jedním nebo více uživateli, kterým jsou přidělena určitá přístupová práva. Je vysoce přizpůsobitelný a umožňuje návrhářům přizpůsobit operační systém k jejím specifickým potřebám. To je užitečné při implementaci tohoto operačního systému pro vestavěná zařízení, protože jsou často omezena zdroji, jako je velikost operační paměti nebo úložiště a výpočetního výkonu. Výhody při použití pro vestavěná zařízení jsou následující: [25]

- **Modularita** - Každé část jádra je rozdělaná na moduly, kde jednotlivé moduly obsahují jednotlivé funkce. Zmenšuje se tímto způsobem složitost jednotlivých modulů. Nepotřebné moduly lze odebrat z koncové verze jádra.
- **Podpora** - Obsahuje podporu pro velký počet zařízení a tedy tím jejich ovladače. Takže tím snižuje vývojové náklady. Mezi ovladači může být obsažen uzavřený kód v binární formě. Tento kód neumožňuje rozšiřování nových funkcí a je závislý na podpoře výrobce, který vlastní zdrojový kód. Pro takové ovladače je vytvořena a udržována vrstva kompatibility zaručující jejich funkčnost.
- **Přenositelnost** - Umožňuje přenést jádro a jeho podpůrné programy na jinou architekturu, kde části kódu závislé na dané architektuře jsou čistě odděleny a je možné jen překompilovat jádro a potřebné programy.
- **Volně dostupný** - Zdrojový kód je volně dostupný ke stažení. Umožňuje to úpravy částí kódu potřebných k uvedení do provozu určitého zařízení a rozšířit o nové funkce.

3.1.1 Konfigurace vestavěného zařízení

Pro zjednodušení nízkoúrovňové inicializace hardwaru vestavěných zařízení je Linuxem podporovaná specifikace „DeviceTree. Jedná se o datovou strukturu popisující strukturu všech připojených periférií vestavěného zařízení, která je předána v době startování vestavěného zařízení zavadeči a Linuxovému jádru pro identifikaci zařízení a inicializaci všech periférií zmíněných v datové struktuře. Specifikace rozděluje konfiguraci na dvě části DTS a DTB, kde DTS (Device Tree Source) je textový formát reprezentující

strukturu hardwaru v uživateli čitelné formě pro vývoj a modifikaci. DTB (Device Tree Blob) je binárně zakódovaný formát datové struktury určené pro zpracování strojem. [26]

3.2 Varianty Linuxových systémů

Zde je stručný seznam vhodných Linuxových variant pro implementaci zadání, které umožňují jednoduchý způsob úprav a zjednodušení vývoje na vestavěných zařízeních.

Armbian

Jedná se o operační systém založený na distribuci Debian a Ubuntu určený pro jednodeskové počítače. Převážně je určen pro systémy provozujících na ARM procesorech. Proces sestavení operačního systému pro nepodporované nebo vlastní zařízení není podrobně zdokumentováno, ale obsahuje strukturu sestavení, ze které může vývojář začít. [27] Pro již podporovaná zařízení je proces sestavení zjednodušen. Jednodeskové počítače jsou seřazeny do určitých skupin podle stupně podpory. [28]

- **Community maintained** (Udržované komunitou) - Software pro jednotlivé desky je udržovaný a aktualizováno členem komunity bez aktivní podpory Armbian týmu.
- **Standard** - Obsahuje stejné vlastnosti jak desky komunitou udržované. Zároveň dostávají asistenci od Armbian týmu co se týče hardwarového a softwarového testování.
- **End of life** (Konec podpory) - Žádný aktivní vývoj od udržovatele nebo Armbian týmu. Lze kdykoliv odstranit ze základu kódu. Podporu lze získat zpátky jestli se najde nový udržovatel, který splní dané pravidla pro přidání desky do seznamu podpory.
- **Staging** (vývojová verze) - Jinými slovy „Práce ve vývoji“. Obsahuje nedokončené nebo netestované části, které nejsou připraveny ke stabilnímu uvolnění.

Každé podporované jednodeskové počítače od Armbian obsahují alespoň jednu ze dvou posledních stabilních verzí Debian nebo Ubuntu, které se dělí do 3 skupin.

- **Minimal** - Obsahuje pouze minimum nutné pro zprovoznění zařízení.
- **Desktop** - Obsahuje grafické rozhraní se softwarem určeným pro plnohodnotné stolní použití.

Poskytnuté verze mohou obsahovat jedno Linuxové jádro z dané skupiny.

- **Legacy** - Jádro je poskytováno od dodavatele nebo obsahuje starší verzi jádra , kde jsou podporovány periferie.
- **Latest** - Používá aktuálně stabilní verzi jádra.
- **Edge** - Obsahuje nejnovější verzi jádra nebo vývojovou verzi. Klasifikované jako nestabilní.

Jednou z vlastností této distribuce je umožnění modifikací hardwarové konfigurace za běhu pomocí modifikace DTS konfiguračních souborů a jejich následnou zkompilovanou verzí DTB nahradí předchozí verzi.

Buildroot

Je nástroj založený na stavebním obslužném programu „make“ pro automatizaci budování linuxového systému hlavně pro vestavěné systémy s malou paměťovou stopou. Umožňuje upravovat konfigurace dané sestavy pomocí textového menu, které umožňuje výběr konkrétních komponentů s možností úpravy pro konkrétní systém a automatického stažení, konfigurace a kompilace vybraných částí. Výsledkem je sestavení potřebných částí, jako je jádro, zavaděč, knihovny a další, které byly změněny nebo vybrány po poslední kompilaci. Nakonec vytvoří „image“ nebo soubory pro zavádění do dané sestavy. [29]

Yocto

Je svobodný a otevřený projekt poskytující nástroje pro tvorbu vlastních linuxových systémů pro vestavěné systémy s cílem zefektivnit proces budování a propojení linuxových distribucí pro různé typy vestavěných systémů. Proces sestavení se v podstatě skládá z vrstev, receptů a konfiguračních souborů, kde jsou konfigurační soubory „parsovány“ stavebním systémem nazvaný BitBake, který vytváří strom závislostí na tom, jak plánovat a sestavovat jednotlivé části, které jsou pak použity pro vytvoření finální bitové kopie systému. Vývojový model je rozdělen do vrstev. Každá vrstva obsahuje recepty a může být sdílena, modifikována nebo znovu použita. Vrstvy mohou být dodávány komunitou nebo od prodejce čipů. V každé vrstvě jsou uloženy konfigurační soubory a recepty. Receptem je míněn soubor, který obsahuje informace, kde se nachází zdrojový kód nebo „patch“ soubory a instrukce, jak nastavit, sestavit a používat konkrétní část. Kdežto Konfigurační soubory obsahují specifické informace o tom, jaké vrstvy používat, hardwarovou konfiguraci a proměnné definované uživatelem. [30]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 NÁVRH HARDWARE

Následující kapitola se zabývá hardwarovým návrhem jednotlivých částí systému, kterými jsou řídicí jednotka, kamera a koncová zařízení. Každá jednotka má zdokumentovanou každou podřadnou část jednotky, použité součástky pro jednotlivé dílčí část každého zařízení a jejich zapouzdření do ochranného krytu. Jednotlivé návrhy byly navrženy pro jednovrstvé desky plošných spojů.

4.1 Použité návrhové programy

Pro návrh jednotlivých částí ať elektrických nebo mechanických je potřeba nějaký vývojový program, který umožní jednotlivé části navrhnout.

- **Kicad** – Volně dostupný program, který umožňuje navrhovat elektrické obvody od obvodových schémat až po kompletní návrh desky plošných spojů (dále DPS desky).
- **Freecad/Solvespace** – Volně dostupné programy určené pro návrh 3D mechanických modelů a částí. Převážná většina návrhů byla provedena v programu Freecad z důvodu možnosti použití importovacího modulu „KicadStepUp“, který umožňuje importovat 3D model DPS desky z Kicad programu. Solvespace byl použit jen pro návrh zjednodušených modelů fyzických součástek.

4.2 Řídicí jednotka

Pro umožnění provozu všech připojených zařízení je nutné zařízení, které bude zpracovávat informace jednotlivých připojených zařízení ať to jsou koncové zařízení, kamery nebo nahrávací zařízení. Tento problém je řešen řídicí jednotkou, která musí být navržena tak, aby umožnila připojení všech potřebných zařízení podle určených vlastností. Řídicí jednotka bude konat funkci přepínače s možností připojení vlastních kamer a zároveň dostupných IP kamer fungujících na ONVIF standardu.

4.2.1 Požadované vlastnosti

Ke správné funkčnosti celé sestavy musí řídicí jednotka obsahovat určité části a být schopna je zpracovat. Mezi požadované vlastnosti řídicí jednotky patří:

- **Výpočetní výkon** – Řídicí jednotka musí obsahovat dostatečný výpočetní výkon pro zpracování jednotlivých datových toků kamer a zároveň být schopna obsluhovat všechny ostatní připojené zařízení.
- **Podpora operačního systému Linux** – Řídicí jednotka musí být schopné spustit operační systém Linux, který zároveň obsahuje podporu potřebných periférií daného procesoru.
- **Přenositelnost** – Návrh všech periférií by měl používat standardní komunikační protokoly, které jsou běžně používané, nikoli specifické pro daný procesor.

- **Vstup pro vývoj zařízení** – K snadnějšímu odlaďování programu a celého složení řídicí jednotky je nutné přidat sériovou linku RS-232 se standardním konektorem DB-9 pro připojení k počítači, který bude zajišťovat přístup k linuxovému terminálu.
- **Vstup pro kamery** – Pro připojení kamer je nutno vymežit jeden Ethernet vstup, který je fyzicky oddělen od ostatních Ethernet vstupů. Napřímo lze připojit pouze jednu kameru. Pro více kamer je nutné připojení rozšiřovacích zařízení.
- **Vstup pro nahrávající zařízení** – Vyhrazen Ethernet vstup pouze pro nahrávací zařízení nebo jiná zařízení připojená na tento vstup.
- **Vstup pro webové rozhraní** - Vyhrazen Ethernet vstup pouze pro webové rozhraní řídicí jednotky. Tento vstup je určen pro připojení do lokální sítě pro nastavování parametrů řídicí jednotky.
- **Svorky pro vnější vstupy/výstupy** – Pro možnost rozšíření signalizace jiným zařízením musí obsahovat svorkovnici s digitálními vstupy/výstupy.
- **Vstup pro koncové zařízení** – Musí obsahovat svorky nebo konektor pro připojení do sběrnice koncových zařízení, s kterými bude komunikovat.
- **Manuální ovládaní** – Musí obsahovat fyzické tlačítka na předním panelu, které program využije při manuálním přepínání mezi kamerami a jinými funkcemi.
- **Signalizace ovládaní** – Pro doplnění manuálního ovládaní je nutné na předním panelu umístit displej určený pro zpětnou vazbu při manuálním ovládaní.

Ostatní přidané části jsou dobrovolné a jsou zahrnuty z důvodu využití všech dostupných periférií procesoru.

4.2.2 Použité součástky

Při návrhu byly použity moduly nebo desky, které nebyly osobně navrhnuty ale dokoupeny nebo získány:

- **SBC počítač** – SBC (Single Board Computer) deska obsahující ARM čtyř-jádrový SoC procesor RK3288 od firmy Rockchip s 2 GB operační pamětí, interní 8 GB programovou pamětí s možností připojení SD karty umožňující spouštění operačního systému. Získán z pokladny „Dotykačka“ (model DOTPO14 s vnitřním označení desky AD322). Deska má vyvedeny standardní komunikační protokoly (I²C, UART, USB). Deska byla zvolena kvůli její dostupnosti v době návrhu a výpočetním výkonu. Desku lze nahradit jinými dostupnými SBC počítači od Raspberry Pi nebo jiných výrobců ale je nutná přizpůsobující deska, která vyvede použité komunikační rozhraní. Zjednodušené rozložení konektorů je uvedeno v příloze P III.
- **Ethernet USB modul** – Jedná se o UGREEN 100/10Base-T Mbps USB 2.0 na Ethernet adaptér založený na AX88772 integrovaném obvodě.

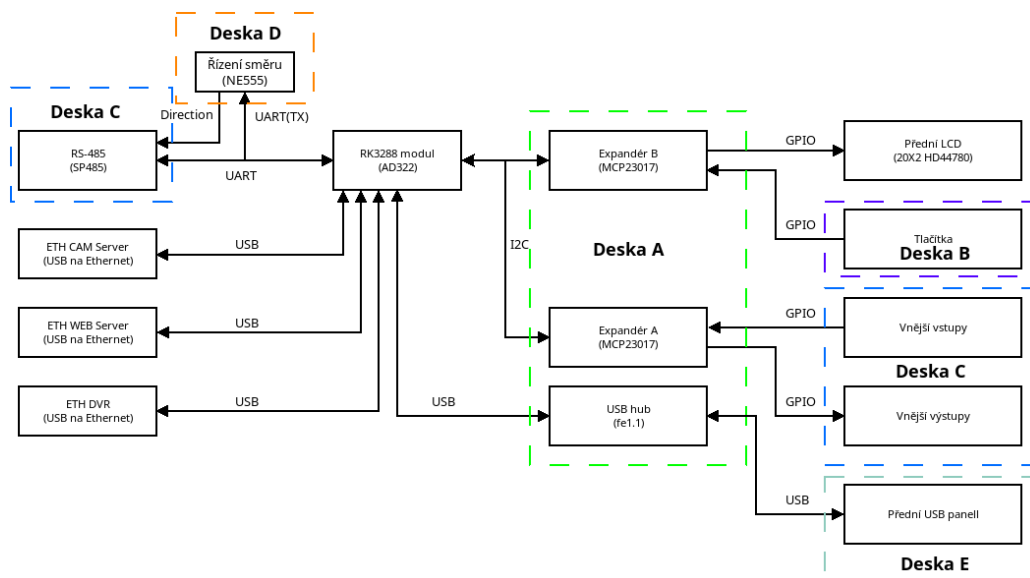
- **I²C V/V expandér modul** – DPS deska s I²C expandérem Vstupů/Výstupů MCP23017. Umožňuje rozšířit na 16 V/V, kde každý lze nastavit jako vstup nebo výstup.
- **LCD modul** – Jde o Alfamerický LCD displej s typovým označením TM202A o rozlišení 20x2, paralelním komunikačním rozhraním určeným pro řadič HD44780.
- **RS-232 modul** – DPS deska s RS-232 integrovaným převodníkem ST232C. Deska obsahuje standardní konektor DB9, kde integrovaný obvod je zapojen podle referenčního zapojení převodníku ST232C. Připojený k UART konektoru SBC počítače.

Další použité integrované obvody při návrhu jednotlivých DPS desek:

- **RS-485 převodník** – Integrovaný obvod SP485, který umožňuje obousměrné převádění TTL napěťových úrovní na RS-485.
- **Časovač** – Integrovaný obvod NE555. Časovací obvod, který je použit při řízení směru RS-485 komunikace.
- **Tranzistorové pole** – Použitý integrovaný obvod ULN2004. Slouží pro vnější V/V.
- **USB HUB** – Integrovaný obvod fe1.1s. Určen pro rozšíření volného USB výstupu pro přední panel řídicí jednotky.
- **Logický invertor** – Integrovaný obvod 7400-série 74HC04. Určen k oddělení 3V logiky od 5V v desce pro řízení směru RS-485 komunikace.
- **Bipolární tranzistor** – NPN tranzistor BC847 použit při řízení podsvícení LCD modulu.
- **Napěťové regulátory** – Pro regulaci jednotlivých napětí byly použity napěťové regulátory 7800-série a 1117-série.

4.2.3 Konstrukce rozšiřujících částí řídicí jednotky

V této kapitole je obsažen návrh všech jednotlivých částí řídicí jednotky.



Obrázek 1: Blokové zapojení řídicí jednotky.

Deska rozšiřující V/V

Jde o hlavní desku, která rozšiřuje SBC desce V/V. V blokovém schématu na obrázku (Obrázek 1) je značena jako „Deska A“ je rozdělena na čtyři skupiny, z nich tři ovládají jednotlivé části řídicí jednotky. Navržená schémata zapojení jsou součástí přílohy P V.

- **Expandér B** – K expandéru (značen U6 ve schématu) je připojen přední panel, kde LCD displej obsluhuje vrchní skupina (GPB ve schématu). K expandéru jsou zapojeny řídicí signály RS, EN a RW a datové signály D4-D7 potřebné k umožnění komunikace s displejem ve 4bitové komunikaci, která je vyvedena konektorem J11. Dolní skupina (GPA ve schématu) je určena pro vnitřní použití a tlačítek předního panelu pomocí konektoru J12. Zapojení dolní skupiny je libovolné, ale musí být správně zapsaná jejich pozice v programu.
- **Expandér A** – Expandér (značen U2 ve schématu) je určen pro vnější V/V. Je připojen k tranzistorovým polím ULN2004 (značeny U3 a U4), které proudově zesilují výstupy expandéru (část GPB) pro vnější zařízení připojených pomocí konektoru J3 a vstupy připojené pomocí konektoru J2 (část GPA) oddělují od napětí přesahující dovolené pracovní hodnoty expandéru.
- **USB Hub** – Deska je doplněna o USB hub, který rozšiřuje jeden vstupní USB port na čtyři. Vstupní napětí 5 V je bráno z SBC desky, nikoli z distribuce desky. Vstupní napětí je chráněno vratnou pojistkou o jmenné hodnotě 500 mA a proudově chráněné 5 V napětí je sdíleno mezi všemi výstupními USB porty.
- **Distribuce napěťových úrovní** – Pro umožnění provozu jednotlivých elektrických

součástek je nutné je napájet napětím specifikovaným výrobcem. Regulace je prováděna z 12 V napětí přivedeného z SBC desky do DPS desky z kterého je pomocí regulátoru LM78M05 regulováno napětí 5 V z kterého je pomocí napěťového regulátoru LD1117-3.3 regulováno 3.3 V. Následně těmito napětími jsou napájeny jednotlivé součástky na této desce. Pro umožnění napájení dalších desek jsou vyvedené konektory J18, J17, J16, J15, J10 pro jednotlivé napětí (12 V, 5 V, 3.3 V).

Expandéry na desce mají vyvedeny konektory J19 a J20 pro výběr I²C adresy umožňující změny adresy, aby nedošlo k nastavení stejné adresy pro připojené expandéry a ostatních zařízení připojených na sběrnici. Jednotlivé konektory všech připojovaných zařízení a komunikačních vstupů jsou umístěny na nejbližších rozích DPS desky směřující danému zařízení.

Přední tlačítka

Pro umožnění manuálního nastavení je navržena deska s tlačítky. V blokovém schématu (Obrázek 1), je značena jako „Deska B“. Podle schématu pro tlačítka v příloze P V, které obsahuje čtyři tlačítka (typ Omron B3F-1000 série), které jsou připojeny k rozšiřující desce pomocí konektoru J1 na konektor J12 pro vnitřní použití (expandér B, skupina GPA) rozšiřující desky.

Vnější V/V

Deska zajišťuje připojení všech vnějších zařízení. V blokovém schématu (Obrázek 1), je značena jako „Deska C“. Obsahuje podle schématu vnějších vstupů/výstupů v příloze P V, je šroubovací svorkovnice J1, J2, J3 určené pro vnější V/V. Mezi které patří V/V z rozšiřovací desky připojené přes konektory J4 a J5 (expandér A, skupina GPA a GPB) a A,B výstup z RS-485 převodníku. Součástí desky je RS-485 převodník značen U1 ve schématu, jehož digitální V/V jsou připojeny přes konektor J6 na SBC desku.

Řízení směru RS-485 komunikace

Vzhledem k faktu, že deska SBC neobsahuje vyvedené řídicí signály k UART komunikaci, bylo nutné přidat DPS desku s časovacím obvodem, která umožní automatické přepínání směru komunikace RS-485 převodníku. V blokovém schématu (Obrázek 1), je značena jako „Deska D“. Podle schématu časovacího obvodu v příloze P V. Deska obsahuje časovač NE555 zapojený podle referenčního zapojení od TI (Texas Instruments), která byla doplněna nastavitelným rezistorem pro doladění časování při provozu. Vstup časovače je připojen na vysílací signál TX z SBC desky a výstup je připojen na řídicí signály převodníku DE a RE z konektoru J6 ve schématu vnějších vstupů/výstupů v příloze P V. Umožňuje při zahájení komunikace časovač přepnout převodník do stavu vysílání. Po uplynutí nastavené časové konstanty časovač přepne převodník do stavu příjmu dat.

Ethernet rozšíření

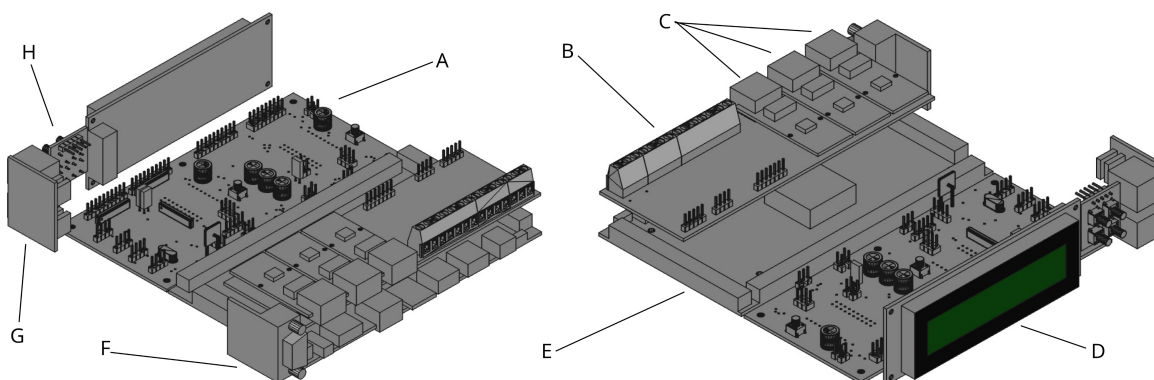
Realizované pomoci tří Ethernet USB modulů. Připojují se přímo do SBC desky. Desky modulů byli odebrány z plastového pouzdra modulu a připevněny na DPS desku vnějších V/V (značena „Deska C“).

Přední USB panel

Deska značena v blokovém schématu (Obrázek 1) jako „Deska E“ je určena pro vyvedení čtyřech USB výstupních portů z rozšiřující desky přes konektory J3, J4, J5, J6 (ve schématu USB konektorů v příloze P V) na standardní konektor USB-A typ-Female, který je na desce navržen z dvou horizontálně poskládaných USB-A konektorů značených J1, J2.

4.2.4 Návrh krytu

Jednotlivé části je nutné ochránit proti vnějším vlivům a elektricky vodivým předmětům. Pro navrhnutí krytu je potřeba jednotlivé části rozmístit, aby optimálně vyhovovala spojení mezi jednotlivými deskami.

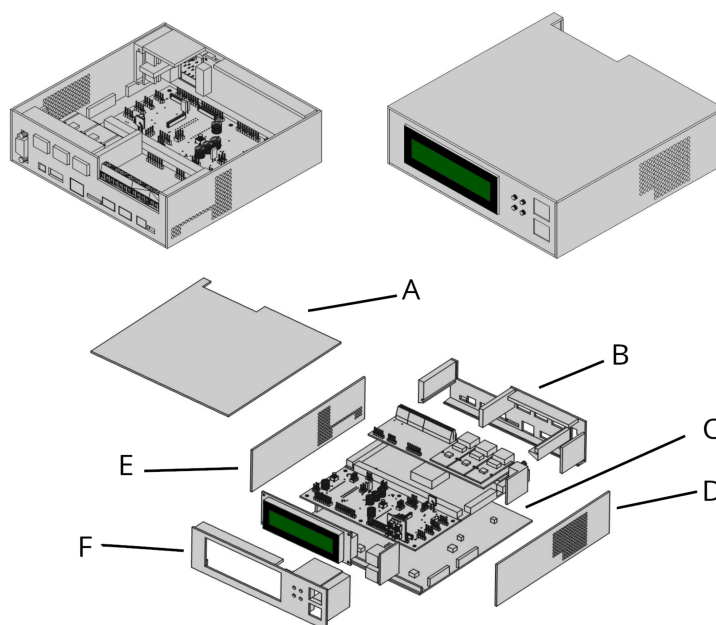


Obrázek 2: Rozmístění DPS desek a modulů.

Legenda umístění modulů a desek (Obrázek 2):

- **A** – Deska rozšiřující V/V (Příloha P VI).
- **B** - Deska vnějších V/V (Příloha P VI).
- **C** - Zjednodušený model Ethernet rozšiřujícího modulu.
- **D** – Zjednodušený model LCD displeje.
- **E** – Zjednodušený model SBC desky.
- **F** - Zjednodušený model RS-232 desky.
- **G** - Přední USB panel (Příloha P VI).
- **H** - Přední tlačítka (Příloha P VI).

Po umístění všech částí je navržen kryt tak, aby byly jednotlivé části vyrobitelné na 3D tiskárně bez velkých potíží. Kryt je složen z šesti částí přišroubovávaných dohromady.



Obrázek 3: Složení a rozmístění krytu řídicí jednotky.

Legenda částí krytu (Obrázek 3):

- A – Vrchní část krytu.
- B – Zadní část krytu.
- C – Spodní část krytu.
- D,E - Boční části krytu.
- F – Přední část krytu.

4.3 Kamera

Pro získání snímku monitorovaného prostoru je nutné navrhnout kameru, která bude schopna komunikovat s řídicí jednotkou.

4.3.1 Požadované vlastnosti

Aby kamera správně fungovala musí splnit několik požadavků:

- **Komunikace pomocí Ethernetu** – Pro komunikaci s kamerou je komunikace prováděna pomocí IEEE 802.3 Ethernetu.
- **Vstupní napájecí napětí** – Kamera by měla být navržena na 12 V vstupní napětí.
- **Rozlišení kamery** – Kamera by měla být schopna dosahovat rozlišení alespoň o velikosti 1024x768 pixelů.
- **Rozšiřitelnost** – Možnost rozšíření kamery o další funkce (Napájení z Ethernetu nebo přidáním umělého světla).

4.3.2 Použité součástky

Při návrhu byly použity moduly nebo desky, které nebyly v rámci bakalářské práce navrhnuty ale dokoupeny:

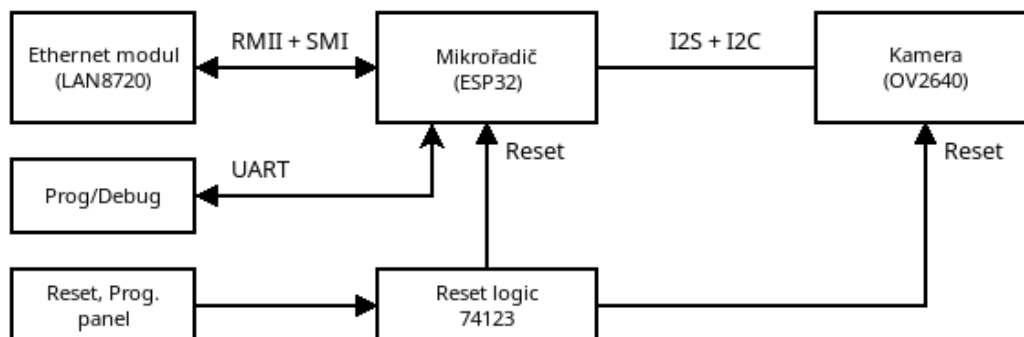
- **Kamerový modul** - Modul obsahující optický senzor OV2640. Jde o 2 megapixelový kamerový modul, kde senzor je vyrobený společností OmniVision Technologies. Umožňuje maximální rozlišení 1600x1200 pixelů a podporuje různé výstupní formáty YUV, RGB, JPEG nebo Raw RGB formát. Má také vestavěné funkce pro zpracování obrazu, jako je gama korekce, ovládání ostrosti a sytost barev. Obsahuje integrovaný pevně nastavený objektiv.
- **Mikrořadič** – Vybrán modul obsahující mikrořadič ESP32-S1. Jde o jednojádrovou verzi (s jádrem Xtensa LX6 běžícím na 240 MHz) ESP32 mikrořadiče. Obsahuje integrovaný MAC řadič podporující komunikační rozhraní RMII a paralelním komunikační rozhraní I²S, které obsahuje kamerové rozhraní zvané „Camera Slave Receiving Mode“ umožňující propojení kamerového modulu. [31]
- **Ethernet modul** – Modul obsahující Ethernetový transceiver LAN8720 s rychlostí 10/100Mbps. Umožňující poloduplexní nebo plně duplexní provoz, který podporuje komunikační rozhraní MII, RMII a SMI a je v souladu se standardem IEEE 802.3. Výstupní konektor je RJ-45.

Další použité integrované obvody při návrhu DPS desky kamery:

- **Sériová paměť** – Statická operační paměť (SRAM) o kapacitě 4MB komunikující po SPI komunikačním rozhraní. Určena pro umožnění snímání větších rozlišení kamery.
- **Logický invertor** – Použitý integrovaný obvod 74HC04. Určen k přizpůsobování signálů RMII modulu.
- **Časovač** - Použitý integrovaný obvod 74HC123. Použit pro programovací a resetovací sekvenci mikrokontroléru.
- **Napěťové regulátory** – Pro regulace jednotlivých napětí byly použity napěťové regulátory 1117-série. Pro regulace ze vstupního napětí byl použit spínaný napěťový regulátor LM2500-série.

4.3.3 Konstrukce částí kamery

V této kapitole je obsažen návrh jednotlivých částí kamery.



Obrázek 4: Blokové schéma kamery

Hlavní deska kamery

Jde o hlavní desku, která obsahuje mikrořadič značen U1 ve schématu kamery v příloze P VII, ke kterému jsou připojeny:

- **Kamerový modul** – Připojen pomocí I²C a I²S rozhraní. Konektor J2 je umístěn na přední okraj DPS desky.
- **Ethernetový modul** – Připojen pomocí RMII a SMI rozhraní. Konektor J1 je umístěn ve středu DPS desky orientován k zadní straně desky. Taktovací signál modulu je invertován logickým invertorem U7 pro splnění časování RMII rozhraní.
- **Časovací obvod** – Zamezuje špatnému nastavení modulu mikrořadiče způsobeného kamerovým modulem tím, že časovač resetuje mikrořadič delší dobu než kamerový modul. Připojen k resetovým signálům modulu kamery a mikrořadiče.
- **Rozšiřující operační paměť** – Rozšiřující paměť připojena pomocí čtyř násobné SPI komunikace (QSPI). Paměť značena U2 je co nejbližší umístěna k pinům mikrořadiče protože se jedná o vysokofrekvenční komunikaci (až 80 MHz).
- **Programovací rozhraní** – Pro umožnění odlaďování a programování jsou připojeny konektory J4, J5 a tlačítka SW1, SW2.

Pro umožnění jejich funkce je na desce spínaný regulátor napětí LM2576-5 vytvářející ze vstupního napětí 5 V, ze kterého je pomocí regulátorů 1117-3.3, 1117-2.5, 1117-1.2 získána napájecí napětí 3,3 V, 2,5 V a 1,2 V pro mikrořadič a jeho podpůrných části a kamerového modulu.

Programovací deska

Pro umožnění programování a ovládání kamery jsou vyvedeny konektory J1 a J3 a tlačítko SW1 na zadní část kamery ve schématu programovací desky z přílohy P VII, kde tlačítko je určeno k resetování mikrořadiče a kamerového modulu a signály TX, RX z konektoru J3 a povolení programování z konektoru J1 jsou pro programování a ladění programu pomocí UART komunikace pomocí konektorů J2 pro reset a programování a J4 pro UART

komunikaci. Jednotlivé konektory jsou vnitřně připojeny na hlavní desku kamery.

4.3.4 Programování mikropočítače

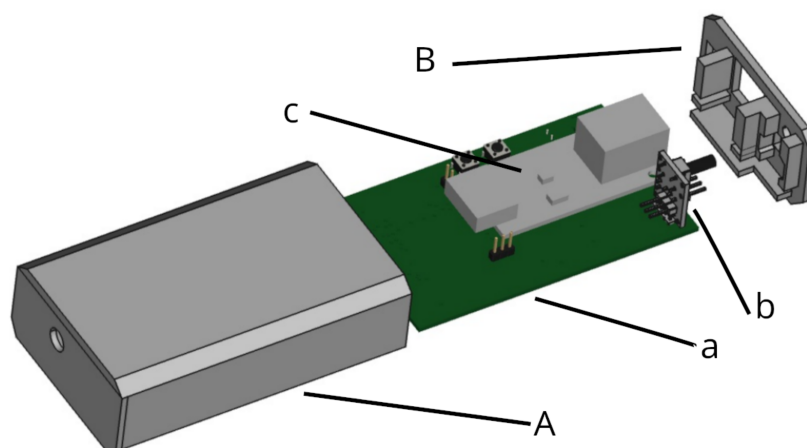
Programování probíhá připojením USB-UART převodníku na kontakty TX, RX vyvedené z kamery a přivedením kontaktu pro povolení programování na logickou nulu se po stisku resetovacího tlačítka nebo krátkodobým odpojením napájecího napětí uvede do programovacího režimu.

4.3.5 Úprava Ethernet modulu

RMII rozhraní mikrořadič nefunguje stabilně, když je taktovací signál RMII rozhraní dodáván z modulu. Mikrořadič umožňuje vysílat taktovací signál RMII rozhraní. Pro správnou funkci modulu je nutné fyzicky odebrat krystalový oscilátor z modulu.

4.3.6 Návrh krytu

Rozložení jednotlivých desek a modulu je dáno hlavní deskou, která udává orientaci jednotlivých částí kamery. Všechny vstupy a výstupy s výjimkou kamerového modulu jsou orientované směrem na zadní část aby kabely a ovládání směřovaly jedním směrem a opačným směrem proti optickému senzoru kamery, který je umístěn na přední straně kamery. Kryt je navrhnut ve tvaru boxové kamery a rozdělen na dvě části: přední a zadní. Přední část obsahuje otvor pro optický senzor a vodící drážky na bočních stěnách pro nasazení a upevnění hlavní desky kamery. Zadní kryt obsahuje výřezy konektoru vstupujících do kamery a programovací desku, která je přišroubovaná na zadní kryt. Přední a zadní kryt jsou přišroubovány dohromady.



Obrázek 5: Složení a rozmístění desek, modulu a krytu kamery.

Legenda rozložení DPS desek a krytů (Obrázek 5):

- **A** – Přední kryt kamery.
- **B** – Zadní kryt kamery.
- **a** – Hlavní DPS deska kamery (Příloha P VIII).
- **b** – Programovací DPS deska kamery (Příloha P VIII).
- **c** – Zjednodušený model Ethernet modulu.

4.4 Koncová jednotka

Určená pro řízení zařízení připojených ke koncové jednotce a snímání jejich stavu.

4.4.1 Požadované vlastnosti

Ke správné funkčnosti koncové jednotky musí obsahovat určité části a být schopna je zpracovat. Mezi požadované vlastnosti koncové jednotky patří:

- **Komunikace pomocí RS-485** – Komunikace prováděna přes RS-485 sběrnici.
- **Vstupní a výstupní napájecí napětí** – Koncová jednotka by měla být navržena na 12V vstupní napětí a umožnit napájet zařízení k ní připojená.
- **Vnější Vstupy/Výstupy** - Musí obsahovat svorky pro V/V které jsou proudově oddělené od V/V řídicího obvodu.
- **Analogový vstup** – Vyhrazen jeden vstup určen pro převod analogové hodnoty na digitální. Umožňující měření 12 V vstupního analogového napětí.
- **Výběr adresy** - Pro umožnění odlišení zařízení na komunikační sběrnice výběrem adresy přímo z DPS desky.
- **Měření teploty** - Musí obsahovat svorky nebo pevně připojený teplotní senzor.

4.4.2 Použité součástky

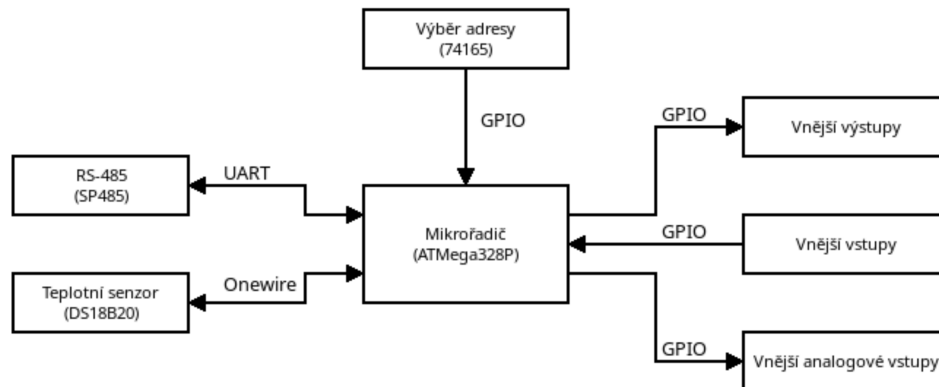
Při návrhu byly použity následující součástky:

- **Mikrořadič** – Pro splnění požadavku časové závislosti byl použit 8-bitový mikrořadič ATMEGA328PA, který dokáže fungovat až na 20 MHz operační frekvenci. Obsahuje univerzální I/O a komunikačních rozhraní, jako je UART, SPI nebo I²C.
- **Teplotní senzor** – Použit teplotní senzor DS18B20. Měří teploty od -55°C do +125 °C. Komunikující pomocí rozhraní 1Wire.
- **Posuvný registr** – Pro ušetření použitého počtu pinů na mikrořadiči byl použit integrovaný obvod 74HC165. Jde o PISO (parallel-In-Serial-Out) posuvný registr převádějící paralelní formát dat do sériového.
- **Bipolární tranzistor** – NPN tranzistor BC847 použit pro vnější V/V.
- **RS-485 převodník** – Integrovaný obvod SP485, který umožňuje obousměrné převádění TTL napěťové úrovně na napěťové úrovně RS-485 a opačně.

- **Napěťové regulátory** – Pro regulace jednotlivých napětí byly použity napěťové regulátory 7805 a LM317.

4.4.3 Konstrukce koncové jednotky

V této kapitole je obsažen návrh koncové jednotky.



Obrázek 6: Blokové schéma koncové jednotky

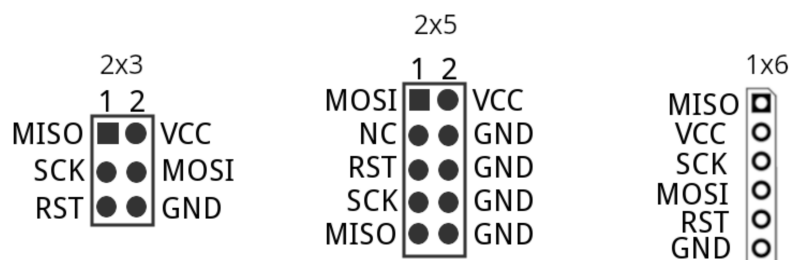
Obsahuje mikrořadič běžící na 16 MHz taktovací frekvenci je značen U1 ve schématu z přílohy P IX, ke kterému jsou připojeny:

- **Vnější V/V** – Vnější V/V jsou oddělené od mikrořadiče pomocí tranzistorů Q1 a Q2. Vyvedeny pomocí svorkovnic J6 pro vstup a J5 pro výstup.
- 1. **Analogový vnější vstup** – Přiveden pomocí svorkovnice J7 přes napěťový dělič na piny analogově/digitálního převodníku mikrořadiče.
- **Vyber adresy zařízení** – Prováděné posuvným registrem U6. Paralelní vstupy jsou připojeny ke konektoru J9 a sériové V/V jsou připojené k mikrořadiči.
- **RS-485 komunikace** – Komunikace prováděna pomocí UART komunikačního rozhraní z mikrořadiče do převodníku U3 z kterého je A, B signál vyveden svorkovnicí J3.
- **Teplotní senzor** – Teplotní senzor U4 je připojen k mikrořadiči. Komunikace OneWire je realizována programově.
- **Programovací rozhraní** – Konektor J1 je připojen k ICSP pinům mikrořadiče použité pro programování.

Pro umožnění jejich funkce je na desce regulátor napětí U2 LM78M05 vytvářející 5 V ze vstupního napětí ze svorkovnice J2 jištěného pojistkou F1 a nastavitelný napěťový regulátor LM317T značen U5 pro výstupní napětí nastavené na 9 V. Vyvedené na svorkovnici J8 pro napájení připojených zařízení. Regulátor U5 pro napájení zařízení s nízkou spotřebou, pro větší výstupní zátěže je nutné doplnit chladič k U5.

4.4.4 Programování mikropočítače

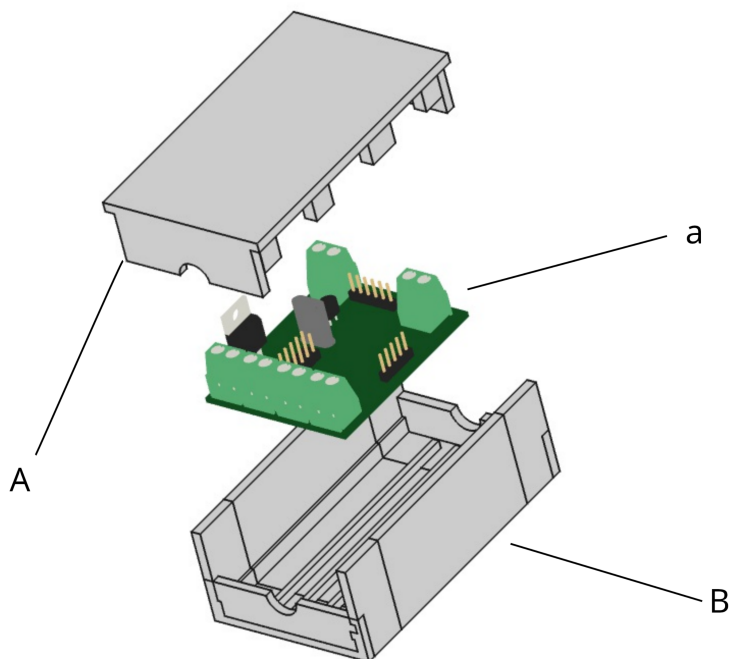
Programování se provádí připojením AVR-ISP[32] programátoru na konektor J1 ve schématu v příloze P IX, který není ve standardním konektoru (dvouřadý konektor 2x3 nebo 2x5) z důvodu prostorového omezení je konektor jednořadý (1x6). Je nutná redukce pro připojení programátoru.



Obrázek 7: Zapojení programovacího konektoru a standardních konektorů AVR-ISP

4.4.5 Návrh krytu

Kryt je rozdělen na horní a dolní část. Dolní část obsahuje drážky do kterých je deska vložena stranami, které neobsahují šroubovací svorkovnice. Horní část krytu obsahuje výstupky pro šrouby. Na stranách se svorkami jsou otvory určené pro kabely.



Obrázek 8: Složení a rozmístění desky a krytu koncového zařízení.

Legenda rozložení DPS desek a krytů (Obrázek 8):

- **A** – Horní kryt kamery.
- **B** – Dolní kryt kamery.
- **a** – Hlavní DPS deska koncové jednotky (Příloha P X).

5 NÁVRH SOFTWARE

Kapitola se zabývá návrhem programového vybavení a přípravy prostředí pro jednotlivá zařízení. Jejich implementace, použité knihovny, možné úpravy nebo přípravy k provozu.

5.1 Řídící jednotka

Část obsahuje přípravu operačního systému a implementaci aplikace řídicí jednotky. Hlavní funkcí řídicí jednotky je fungovat jako kamerový přepínač s doplňující webovou aplikací pro konfiguraci systému.

5.1.1 Operační systém

V této části je vybrán operační systém z vhodných variant uvedených v kapitole 3.2 a popsán způsob přístupu do operačního systému a jeho úpravy k umožnění provozu na realizovaném hardwaru.

Výběr operačního systému

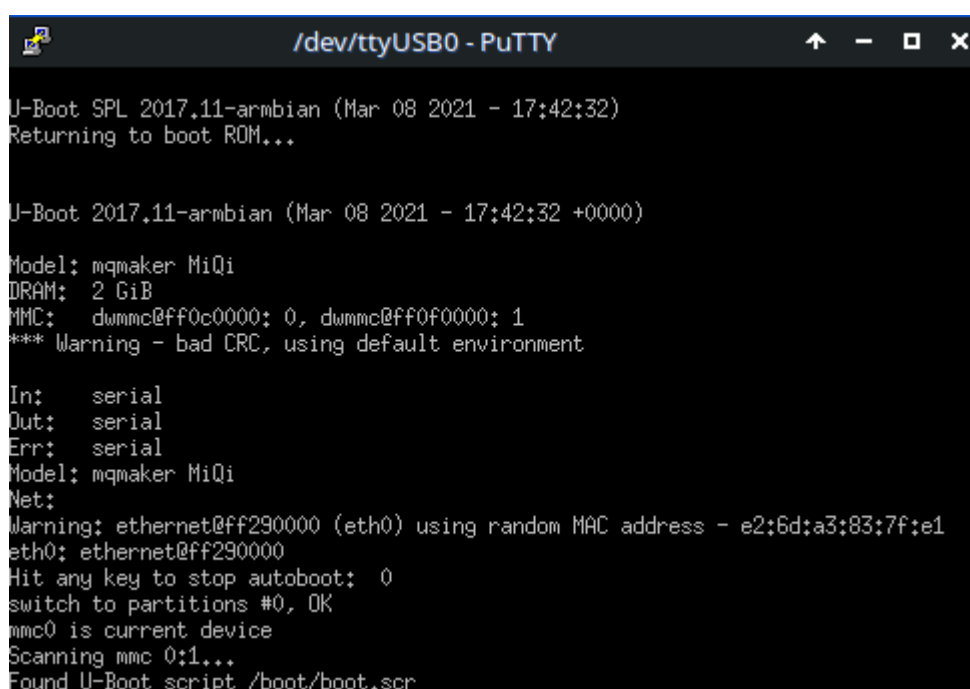
Vybraná byla varianta „Armbian“ z důvodu obsahování varianty, která je založena na Debian distribuci, umožňující podobný až stejný vývoj na jiných variantách Debian distribucích z jiného zařízení. Vzhledem k tomu, že jde o vlastní desku, není přímo podporována v Armbianu, ale její procesor je v několika podporovaných zařízeních. Vybráno bylo zařízení nazvané "MiQi", které dokázalo spustit linuxové jádro, ale toto zařízení je kategorizováno jako „End of support“, což znamená, že z armbianu nejsou dostupné žádné „images“ pouze z hostingových serverů třetích stran. Znamená to ručně vytvořit „image“ přímo ze zdroje.

Sestavování Operačního systému

Vytvoření „Image“ je velmi jednoduchý proces. Postupovalo se podle pokynů na hlavní stránce pro sestavování „Image“.[33] Zde je pouze popsán stručný postup (pro verzi v21.10). Stavělo se ve virtuálním stroji s doporučenou Linuxovou distribucí z pokynů. V textovém menu se vybrala „Full OS image for flashing“ nabídka a potvrdily se žádné změny v linuxovém jádře. Následně se vybrala možnost zobrazit komunitní a ostatní nestabilní nebo s ukončenou podporou „Show CSC/WIP/EOS/TVB“. Po potvrzení varování se vybere deska „MiQi“ a vyberou se doporučená nastavení (Debian 11). Pro úsporu místa na úložišti se vybere minimální varianta (zvaná server) určená pro konzolové aplikace. Po dokončení kompilace je výsledkem spustitelný soubor, který se uloží na SD kartu, přes kterou se spustí operační systém.

Připojení k terminálu

Připojením USB-RS232 převodníku na DB9 konektor na zadní straně řídicí jednotky a zasunutím SD karty do SBC počítače na zadní straně lze monitorovat stav řídicí jednotky. Použitím aplikace Putty a nastavením sériového portu na rychlost 115200 se otevře terminál ze kterého se monitoruje startovací sekvence SBC počítače. Při správném uložení systému na SD kartu je první zobrazena sekvence zavaděče zvaného U-Boot a následně Linuxového jádra. Poslední částí po úspěšném startování je zadání přihlašovacího hesla a jména pro uživatele (v příkazech bude uživatel jmenován „linux“). Po úspěšném přihlášení je nutná příprava operačního systému k danému zařízení.



```
/dev/ttyUSB0 - PuTTY
U-Boot SPL 2017.11-armsbian (Mar 08 2021 - 17:42:32)
Returning to boot ROM,..

U-Boot 2017.11-armsbian (Mar 08 2021 - 17:42:32 +0000)

Model: mqmaker MiQi
DRAM: 2 GiB
MMC: dwmmc@ff0c0000; 0, dwmmc@ff0f0000; 1
*** Warning - bad CRC, using default environment

In: serial
Out: serial
Err: serial
Model: mqmaker MiQi
Net:
Warning: ethernet@ff290000 (eth0) using random MAC address - e2:6d:a3:83:7f:e1
eth0: ethernet@ff290000
Hit any key to stop autoboot: 0
switch to partitions #0, OK
mmc0 is current device
Scanning mmc 0:1...
Found U-Boot script /boot/boot.scr
```

Obrázek 9: Výstup ze sériové konzole při startování – U-Boot zavaděč

Příprava operačního systému

Po úspěšném přihlášení je nutné připravit Linuxové prostředí nastavením hardwarových periférií SBC počítače, nastavit IP sítě jednotlivých Ethernet modulů, nastavit směrování IP sítí a následně stáhnout potřebné aplikace pro nastavení systému.

Úprava hardwarových periférií

Jelikož hardwarová konfigurace není určena pro tuhle desku, jsou periférie chybně nastavené nebo zakázané (neinicializované). Změny se provádí pomocí úpravy DTS konfiguračních souboru obsahující celou strukturu periférií procesoru a s jejími úpravami, ale pro procesor je nutná zkompileovaná verze DTB, kterou lze nalézt v adresáři /boot/dtb pod názvem dané desky „rk3288-miqi.dtb“. Proces úpravy se provede zkopírováním souboru do složky uživatele příkazem:

```
cp /boot/dtb/rk3288-miqi.dtb ~/
```

Následně se dekompile pomocí aplikace „dts“ do DTS formy:

```
dts -I dtb rk3288-miqi.dtb -O dts -o rk3288-miqi.dts
```

Otevřením „rk3288-miqi.dts“ v textovém editoru se upraví jednotlivé periferie:

- **Integrovaný Ethernet** – Deska obsahuje 100Mbps RMI Ethernet ale konfigurační soubor obsahuje 1000Mbps GRMII. Navíc resetovací pin není nastaven na stejné místo. Úprava se provede nalezením „ethernet@ff290000“ bloku a změní se „phy-mode = "rgmii";“ na „phy-mode = "rmii";“. Následně se změní resetovací pin z „snps,reset-gpio = <0x3f 0x08 0x01>“ na „snps,reset-gpio = <0x3f 0x00 0x01>“, tím došlo ke změně pinu RK_PB0 (0x08) na RK_PA0 (0x00). Resetovací piny byly zjištěné fyzickým trasováním cesty vodiče na DPS desce SBC počítače a následným zjištěním pojmenování pinu z dokumentace procesoru a pojmenování v linuxovém zdrojovém kódu.[34][35]
- **Povolení periférií** – Pro povolení všech komunikačních periférií se jednotlivé bloky značené i2c@, serial@, usb@ povolí změnou „status = "disabled";“ na „status = "okay";“. Znamená to přiřazení všech základních pinů určených pro komunikaci i když nejsou vyvedeny na konektory SBC počítače.

Pozměněný DTS soubor „rk3288-miqi.dts“ se aplikací „dts“ zkompile do DTB souboru:

```
dts -I dts rk3288-miqi.dts -O dtb -o rk3288-miqi-new.dtb
```

Následně se nahradí původní soubor v adresáři /boot/dtb příkazem „mv“:

```
sudo mv rk3288-miqi-new.dtb /boot/dtb/rk3288-miqi.dtb
```

Změny se projeví restartováním zařízení.

Instalování aplikací pro nastavení systému

Připojením Integrovaného Ethernet na LAN síť a příkazem:

```
sudo apt update
```

Dojde k synchronizaci databáze balíčků a příkazem:

```
sudo apt install [jména balíčků]
```

Se nainstalují nutné balíčky pro nastavení prostředí operačního systému:

- **netplan.io** – Nastavení jednotlivých LAN sítí pomocí konfiguračního souboru.
- **iptables** – Nastavení směrování IP sítí.
- **V4l2loopback-dkms** – Modul linuxového jádra, který umožňuje vytvářet virtuální video zařízení.
- **I2c-tools** – Pro vyhledávání i2c periférií.

Nastavení I²C práv

K umožnění přístupu k I²C perifériím z neadministrativního „root“ účtu je nutné přidat účet do I²C skupiny a zároveň umožnit skupině přístup k I²C perifériím. Přidání uživatele do „i2c“ skupiny se provede příkazem:

```
sudo usermod -aG i2c linux
```

Následně povolení IFC práv se provede přidáním souboru nazvaného „71-i2c.rules“ do „udev“ adresáře pravidel umístěného v „/etc/udev/rules.d“ s obsahem:

```
SUBSYSTEM=="i2c-dev",KERNEL=="i2c-[0-9]*",GROUP="i2c",MODE="0660"
```

Tím umožňuje přístup zapisování a čtení vlastníkově a všem uživatelům spadající do „i2c“ skupiny na IFC perifériích v rozsahu 0 až 9 po restartování zařízení.

Nastavení IP adresy Lan sítě

Pro zamezení automatického přiřazení IP adres jednotlivým Ethernet vstupům je jim nutné přiřadit statickou IP adresu. Provádí se pomocí aplikace „netplan“. Jednotlivé Ethernet periferie jsou identifikovány pomocí jejich MAC adresy a přejmenovány pro jednodušší nastavování a identifikaci a obsahují odlišné IPv4 adresy s výjimkou integrované Ethernet periferie, která není omezována tímto konfiguračním souborem a je určena pouze pro nastavování a odlaďování systému. Ethernet periferie určena pro komunikaci s DVR zařízením obsahuje pravidla pro povolení multicastové IP adresy použité při komunikaci s ONVIF zařízeními. Obsah konfiguračního souboru je v příloze P II. Soubor je uložen v adresáři /etc/netplan/ pod názvem „netplan.yaml“. Následně se konfigurační soubor aplikuje příkazem:

```
sudo netplan generate && sudo netplan apply
```

Nastavení směrování.

K zamezení přístupu z Ethernetu určeného pro webovou aplikaci do jiných částí systému je nutné nastavit směrovací tabulku tak, aby procházely pouze porty nutné pro přístup přes HTTP/HTTPS protokol. Nejprve se nastaví pomocí „iptables“ porty, kde jejich hodnoty jsou mimo rozsah systémem rezervovaných portů potřebné pro provoz webové aplikace z uživatelského účtu neobsahující administrátorské práva a následně umožní přesměrování z portu 80 a 443 na nastavené porty. Celé nastavení je prováděno skriptem „route.sh“, který převezme z konfiguračních souborů hodnoty portu a nastaví jim směrovací tabulky. Spouští se systémovou aplikací „cron“ ze souboru „crontab“ v adresáři „/etc“ vložením příkazu:

```
@reboot root sh /[cesta k pracovní složce aplikace]/scripts/route.sh
```

Nastavení virtuálních video zařízení

Nainstalováním „V4l2loopback“ modulu je nutné tento modul nastavit. Provádí se nastavením konfiguračního souboru v adresáři „/etc/modprobe.d“, kde se vyskytuje pod názvem „v4l2loopback.conf“. Otevřením tohoto souboru v textovém editoru se vloží parametry:

```
options v4l2loopback devices=2 video_nr=10,11
```

Předané parametry znamenají vytvoření dvou virtuálních video zařízení s číselným značením 10 a 11 určených pro vstupní a výstupní video zařízení. Pro zajištění spuštění

modulu při startu operačního systému, se přidá modul do konfiguračního souboru „modules.conf“ v adresáři „/etc/modules-load.d/“ vložením jména modulu „v4l2loopback“ na nový řádek v souboru. Nastavení se projeví po restartování zařízení.

Hledání UART periferie

Pro získání periferie připojené k výstupnímu RS-485 převodníku se provede získáním seznamu všech UART periferií pomocí příkazu „ls“ ve formátu:

```
ls /dev/ttyS*
```

Kontrola se provádí spojením vysílacího a přijímacího signálu z UART konektoru SBC počítače a následným posláním dat. UART periferie, která odpoví poslanými daty je ta správná. První se nastaví čtení z periferie pomocí „cat“ příkazu:

```
cat < /dev/ttyS[n] &
```

Kde „[n]“ je číselné značení UART periferie (např. ttyS0). Následně se nastaví příkaz na pozadí, aby umožnil příjem znaků z periferie a pošle se příkaz s textem, který se pomocí příkazu na pozadí zobrazí v terminálu. K zamezení zahlcení terminálu zprávami se po zpoždění ukončí čtení příkazu na pozadí příkazem:

```
echo "hello" > /dev/ttyS[n] && sleep 0.001 && pkill cat
```

Předchozí dva příkazy se opakují dokud se nenajde správná periferie. Zde je UART periferie, která se používá je značena ttyS4 (viz Obrázek 10) a zároveň je značena „uart4“ na SBC počítači.



```
/dev/ttyUSB0 - PuTTY
linux@miqi:~$ ls /dev/ttyS*
/dev/ttyS0 /dev/ttyS1 /dev/ttyS2 /dev/ttyS3 /dev/ttyS4
linux@miqi:~$ cat < /dev/ttyS4 &
[1] 2452
linux@miqi:~$ echo "hello" > /dev/ttyS4 && sleep 0.001 && pkill cat
hello

hello

hello

hello
```

Obrázek 10: Hledání UART periferie

Hledání I²C periferií

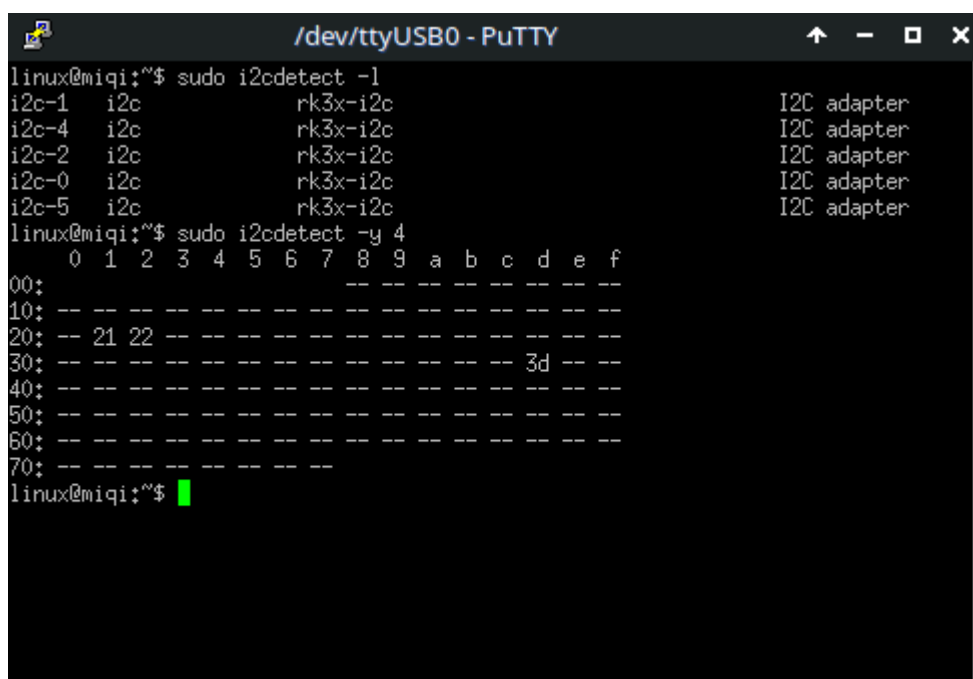
Pro použití navržených hardwarových částí řídiči jednotky je nutné najít I²C periferii na které jsou připojeny a zároveň zjistit jejich identifikační adresy. Vyhledávání se provede použitím příkazu „i2cdetect“ z „I2c-tools“ balíčku. Nejprve je nutné získat list všech I²C periferií zadáním příkazu:

```
sudo i2cdetect -l
```

Následným testováním všech I²C periferií příkazem:

```
sudo i2cdetect -y n
```

Kde „n“ je zakončovací číslo ze jména jednotlivé I²C periferie z předchozího příkazu (např. i2c-1). Očekávají se dvě zařízení s adresami s podobnými hodnotami, které podle dokumentace I²C expandéru jsou v rozsahu 20h až 27h (32 až 39 dekadicky), které lze změnit na rozšiřovací DPS desce. V tomto případě jsou připojené k periferii „i2c-4“ a mají adresy 21h a 22h (resp. 33 a 34 dekadicky) [36], lze vidět na obrázku (Obrázek 11).



```
/dev/ttyUSB0 - PuTTY
linux@miqi:~$ sudo i2cdetect -l
i2c-1  i2c      rk3x-i2c      I2C adapter
i2c-4  i2c      rk3x-i2c      I2C adapter
i2c-2  i2c      rk3x-i2c      I2C adapter
i2c-0  i2c      rk3x-i2c      I2C adapter
i2c-5  i2c      rk3x-i2c      I2C adapter
linux@miqi:~$ sudo i2cdetect -y 4
   0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- 21 22 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- 3d -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
linux@miqi:~$
```

Obrázek 11: Hledání I²C periferií

5.1.2 Implementace aplikace

V následující části je implementace aplikace ovládající kamery a koncové jednotky.

Použité knihovny a aplikace

Při návrhu softwaru byly použity Java knihovny:

- **Javalin** - Webový server framework, který lze spustit s Java kódu.[37]
- **Javalin-jte** – Doplněk určený pro vytváření vzorů webových stránek.[38]
- **jlhttp** – Jednoduchý webový server umožňující vlastní odpovědi.[39]
- **j2mod** – Knihovna implementující Modbus RTU protokol.[40]
- **ONVIF-Java** – Knihovna určená pro interakci s ONVIF kamerami.[41]

- **linux-i2c** – Knihovna určená pro komunikaci s I²C periferiemi Linuxu.[42]

Pro umožnění správné funkce aplikace byly použity aplikace:

- **ffmpeg** – Aplikace pro zpracování video a audio souborů.[43]
- **v4l2tools** – Aplikace nástrojů pro V4L2 framework.[44]
- **v4l2rtspserver** – RTSP server pro V4L2 framework.[45]
- **RPOS (Raspberry Pi Onvif Server)** – Aplikace implementující server imitující komunikační protokoly pro ONVIF kameru.[46]

Jednotlivé aplikace a knihovny potřebují ke správné funkci závislé knihovny nebo aplikace, které byly podle postupu uvedeného na jejich stránkách provedeny. Verze Javy, kterou aplikace používá je verze openjdk-11 stažené z balíčkového systému.

Nastavení RPOS

Obsahuje konfigurační soubor, který je nutné nastavit. Nastaví se tak, aby použil Ethernet rozhraní "eth-dvr" a heslo a jméno nastavené na DVR. Nastaví se port použitý pro RTSP, IP adresa (adresa „eth-dvr“).

Implementace aplikace

Pro umožnění přenositelnosti aplikace mezi různými architekturami na stejném operačním systému (úroveň přenositelnost závisí na podpoře v použitých knihovnách a aplikacích), je realizována v jazyce Java. Aplikace spouští všechny podřadné části rozdělením na jednotlivé vlákna, které provádějí jednotlivé operace. Přístupují k sdíleným prostředkům pomocí sdílené třídy. Přístupem do sdílené třídy dochází k blokování přístupu ostatním vláknům aplikace. Jednotlivé vlákna provádějí operace v určitých intervalech podle jejich důležitosti. Aplikace čte a kontroluje vstupní parametry z kterých se podřadné části nastaví.

Struktura kódu

Jednotlivé části kódu jsou rozděleny do složek seřazených podle funkce:

- **main** – Obsahuje hlavní třídu „main“ z které se spouštějí části programu.
- **SharedClasses** – Sdílené funkce implementující koncové funkce (zobrazit na displej, stav tlačítka, kamerové funkce, atd.), které se sdílí mezi vlákny programu.
- **ImageServer** – Obsahuje server obrázků a jeho implementace zpracování požadovaných snímků.
- **Threads** – Obsahuje vlákna programu.
- **WebServer** – Složka webové aplikace.
- **Devices** – Implementace kamer a Modbus komunikace.
- **LowLevel** – Implementace I2C komunikace s expandéry.

Sdílené funkce

Implementuje koncové funkce pomocí sdílené třídy „SharedClass“. Obsahuje instance pro jednotlivé podřazené funkce, které jsou oddělené ve vlastních třídách:

- **Modbus funkce** – Sdílí Modbus funkce z třídy „SerialModbusFunctions“.
- **I²C funkce** – Implementované třídou „I2cFuntions“, která sjednocuje třídy expandéru, displeje, vnitřních a vnějších V/V a implementuje funkce použité vlákny aplikace.
- **Alarmové funkce** – Implementují funkce upravující a získávající spoje kamer a koncových zařízení.
- **Kamerové funkce** – Implementují funkce upravující a získávající kamery a jejich stavu ze seznamu kamer.
- **Lokální funkce** – Implementují získávání a ukládání konfiguračních a ukládajících souborů.

Komunikace přes I²C periferií

Pro umožnění komunikování se použila knihovna „linux-i2c“. Zařízení, která je nutné ovládat, jsou na expandérech V/V na rozšiřující desce. Je nutné napsat program, který pomocí dostupných funkcí expandéru umožní emulovat komunikační rozhraní nebo protokol připojených zařízení. Expandér je v kódu realizován jako třída „I2cExpander“ z funkcemi „register_read“ a „register_write“ se sdílenými konstantami názvu registrů expandéru.

Komunikace s předním panelem

Přední panel řízený řídicí jednotkou se skládá z tlačítek a LCD displeje připojených na společném expandéru. Komunikace se provádí implementací třídy pro tlačítka a displeje založené na třídě expandéru.

- **Tlačítka** – Třída značená „i2cInternalIO“ obsahující funkce pro čtení a zápis na piny expandéru. Zároveň obsahuje inicializační funkci pro nastavení vstupu tlačítek a funkcí pro jejich čtení v závislosti na jejich pozici v registru expandéru.
- **LCD displej** – Implementován dvěma třídami „i2cLcd“ a „i2cLcdCore“. Kde „i2cLcdCore“ obsahuje implementaci komunikačního rozhraní HD44780. Umožňující zápis a čtení volanými funkcemi určenými pro příkazy a data. Třída „i2cLcd“ implementuje funkce založené na třídě „i2cLcdCore“. Jedná se o funkce implementované v HD44780 řadiči (vymazání displeje, návrat na počáteční pozici, atd.) a funkce pro zápis dat na displej.

Komunikace s vnějšími V/V

Komunikace je implementovaná třídou „i2cExternalIO“ určenou pro expandér, který obsahuje pouze vnější V/V. Třída obsahuje funkce pro zápis, čtení a inicializaci V/V expandéru.

Komunikace s koncovými jednotkami

Pro komunikaci s koncovými jednotkami na RS-485 sběrnici je nutné mít knihovny umožňující s nimi komunikovat. Koncové jednotky komunikují pomocí Modbus aplikačního protokolu v RTU módu s rychlostí 38400 Bd. Vybrala se knihovna „j2mod“, která podporuje dané funkce. Komunikace je prováděna třídou „ModbusCore“, která implementuje inicializaci komunikace a elementární funkce pro čtení „readInputregisters“, „readInputBit“ a zápis „writeRegister“ registrů. Implementace jednotlivých funkcí koncové jednotky jsou implementované v třídě „SerialModbusFunctions“, která umožňuje ovládání V/V koncové jednotky, čtení teploty, analogového vstupu a obsahuje podporující funkce pro hledání, získávání seznamu připojených koncových zařízení.

Komunikace s kamerami

Pro získání snímku z kamery různého typu se implementuje abstraktní třída „CameraGenericInterface“ obsahující společné funkce kamery, které se volají a odpovídají stejným způsobem ale implementované pro odlišné kamery:

- **ESP32 kamera** – Získávání snímku se provádí čtením pevně nastavených URL adres na IP adrese kamery.
- **ONVIF kamera** – Získávání snímku se provádí knihovnou „ONVIF-Java“ implementující ONVIF klienta, který vyhledá kameru podle IP adresy a získá URL adresy z kamery pro stream a záznam jednoho snímku.

Řídící vlákna programu

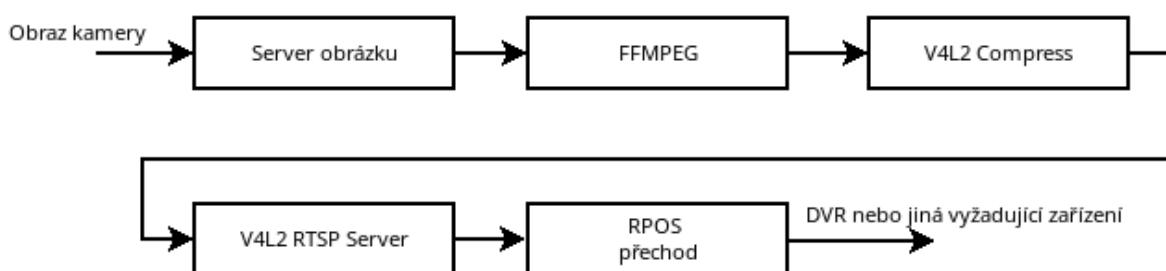
Pro zprovoznění jednotlivých částí programu jsou vytvořené vlákna programu. Vlákna provádějí část koncové funkce aplikace (čtení vstupu, zápis na displej, atd.). Informace sdílí mezi sebou pomocí sdílené třídy. Rozdělují se na:

- **alarm** – Přečte vstup z koncového zařízení a přepne na kameru svázanou k tomuto zařízení.
- **camera** – Jednorázové spuštění při startu aplikace. Určené k aktualizaci seznamu kamer.
- **cameraControl** – Přepíná kamery každých 5 sekund pokud není spuštěný alarm.
- **cameraRefresh** – Každých 10 minut obnoví kamerám status v případě výpadku.

- **device** – Každou 1 sekundu obnoví seznam připojených koncových zařízení pokud je povoleno obnovení.
- **deviceinfo** – Čte a obnoví hodnoty koncových zařízení každých 500 milisekund.
- **externalIO** – Nastavuje vnější výstup pro signalizování alarmu.
- **frontButtons** – Obsluhuje tlačítka předního panelu. Podle kterých ovládá chování přepínání kamer.
- **frontDisplay** – Zobrazuje stav přepínání kamer a teplot na LCD displeji.

Zpracování snímků kamery

Pro získání jednotlivého snímku z kamery je snímek získán z obrázkového serveru běžící na vnitřní lokální síti. Úkolem obrázkového serveru je vytvořit jeden sjednocený výstup, ze kterého následující aplikace budou získávat data, které získá pomocí sdílené třídy získáním snímku z aktuální kamery. Aplikace FFMPEG z obrázkového serveru odebírá snímek a převede snímek do formátu vhodného pro virtuální vstupní video, z kterého čte aplikace V4L2Compress a převádí výstup vstupního video zařízení do H264 formátu. Výsledek převodu uloží do virtuálního výstupního videa zařízení. Aplikace V4L2RTSPServer čte výstup z výstupního virtuálního zařízení v momentu požádání vyžadujícím zařízením, které získalo adresu RTSP z RPOS aplikace.



Obrázek 12: Datový tok zpracování snímku kamery

Webové rozhraní

Pro umožnění jednodušší správy kamer a koncových zařízení se implementovala webová část aplikace založená na Javalin frameworku, který se vybral kvůli jeho jednoduchosti implementace, podpoře přídavných modulů a jednoduchosti implementace.

Struktura

Kód je rozdělen do skupin podle jejich funkce:

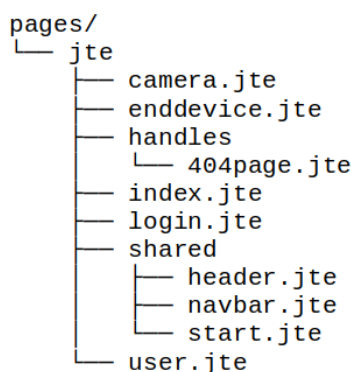
- **controller** – Obsahuje řídicí logiku webové aplikace.
- **model** – Modely dat pro kontroléry, které je používají pro zobrazení.
- **validations** – Funkce pro kontrolu vstupních dat před jejich použitím.
- **utils** – Obsahuje podpůrné funkce.
- **webserver** – Obsahuje inicializační kód, který nastavuje a spouští webovou aplikaci.

Zabezpečení přístupu

Pro zamezení přístupu je implementované přihlášení pomocí jména a hesla. K zamezení nešifrované komunikace se přidá modul SSL, který umožňuje šifrovanou komunikaci. Modul se nastaví pro automatické přesměrování nešifrovaného HTTP na HTTPS. Jméno a heslo je uloženo jako jejich hash, který se porovnává s vytvořeným hashem přihlašujícího uživatele.

Struktura stránek webové aplikace

Adresář obsahuje Javalin jte šablony pro každou webovou stránku, kterou pak používá Javalin pro vytvoření reprezentace jednotlivých stránek webové aplikace. Sdílené šablony mezi jednotlivými stránkami a chybové stránky jsou oddělené do vlastních složek.



Obrázek 13: Struktura složky šablon webové aplikace

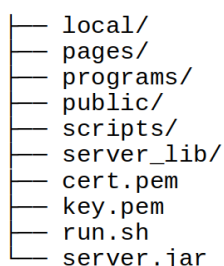
5.1.3 Struktura pracovní složky aplikace

Pro správné fungování aplikace musí existovat pracovní oblast, která je konzistentní a neměnná. Ta musí umožňovat spuštění skriptů a aplikací bez nutnosti změny kódu.

Kořenová struktura

Kořenový adresář obsahuje startovací skripty, hlavní aplikaci a certifikáty pro webovou aplikaci. Každá aplikace, konfigurace, webové stránky jsou rozděleny do složek, kde:

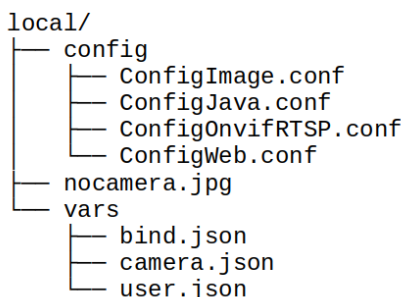
- **local** – Obsahuje konfigurační, úložné a aplikací použité soubory.
- **pages** – Obsahuje šablony webových stránek.
- **programs** – Obsahuje externí programy jako je RPOS.
- **public** – Obsahuje webové soubory jako CSS, JS.
- **scripts** – Obsahuje bash skripty pro spuštění systémových aplikací.
- **server_lib** – Obsahuje Java knihovny pro hlavní aplikaci.



Obrázek 14: Koreňová struktura pracovní složky aplikace.

Struktura lokálních souborů

Obsahuje soubory určené pro nastavení chodu spuštěných aplikací, souborů určených pro ukládání nastavení z aplikace a soubory použité aplikací. Soubory určené pro nastavení jsou umístěné v složce „config“ a soubory pro ukládání do „vars“ složky, které jsou zakódovány v JSON textovém formátu.



Obrázek 15: Struktura složky konfiguračních souborů.

Spouštění aplikace a podpůrných aplikací

Spouštění aplikace se provádí skriptem „run.sh“, který spustí Java aplikaci a podpůrné aplikace v sekvenci. Pro umožnění spouštění ostatních aplikací jsou spouštěny na pozadí:

- **Java aplikace** – První a hlavní aplikace, která se spustí.
- **RPOS** – Spustí se a začne odpovídat na vnější požadavky.
- **Skript onvif_rtsp_server.sh** – Spouští všechny podřadné skripty, které spouštějí podřízené aplikace nebo kontrolují stav ostatních skriptu.
 - **ffmpeg.sh** – První skript, který spouští FFMPEG aplikaci.
 - **V4I2compress** – Převádí vstupní virtuální video do H264 formátu a pošle do výstupního virtuálního videa.
 - **V4I2rtspserver** - Posílá video z výstupního virtuálního videa přes RTSP komunikační protokol.
 - **Skript watchdog_ffmpeg.sh** – Obnovuje FFMPEG aplikaci v případě pádu aplikace.

Spouštění se provádí při startu uživatele „linux“ bez nutnosti přihlášení. Nastaví se příkazem „crontab -e“ a vloží se příkaz:

```
@reboot sh /[cesta k pracovní složce aplikace]/ServerBin/run.sh
```


5.2 Koncová jednotka

Tato kapitola obsahuje implementaci programu koncové jednotky.

5.2.1 Implementace programového vybavení

Popisuje implementaci jednotlivých částí programu. Program je napsaný v jazyce C ve vývojovém prostředí „Code::Blocks“.

Struktura kódu

Obsahuje hlavní programový soubor „main.c“ a jednotlivé části kódu jsou rozděleny do složek obsahující hlavičkové soubory v „inc“ a zdrojové kódy v „src“.

Použité knihovny

Při implementaci programu koncové jednotky byly použity knihovny:

- **yambsiavr** – Implementuje Modbus RTU protokol pro „slave“ zařízení. Byla vybrána z důvodu malých paměťových požadavků.[47]
- **avr-ds18b20** - Implementuje komunikační rozhraní Onewire a funkce pro komunikaci s teplotním senzorem DS18B20.[48]

Úprava knihovny yambsiavr

Při návrhu DPS desky byly rozděleny řídicí signály směru toku pro vysílač a přijímač zvlášť. Knihovna „yambsiavr“ obsahuje sjednocené řízení směru (řízené jedním výstupem). Úprava knihovny spočívá v modifikaci „transceiver_rxen“ a „transceiver_txen“ nastavením dvou výstupů mikrořadiče určených pro řídicí signály.

Nastavení adresy

Koncové zařízení obsahuje posuvný registr jehož komunikační rozhraní mikrokontrolér neobsahuje. Implementovaný je softwarovou emulací komunikace v souboru „drv_shiftreg.c“. Zpracování dat posuvného registru se provádí v souboru „drv_deviceid.c“, který inicializuje posuvný registr a vrací adresu pomocí funkce „drv_deviceid_get_address“. Získávání adresy se provádí ve startovací části programu, kde se nastaví Modbus knihovně adresa zařízení.

Hlídní správného běhu programu

Je implementovaná watchdog periferie, která resetuje mikrořadič po dosažení nastaveného časového intervalu. Povoluje se funkcí „drv_watchdog_init“ v souboru „drv_watchdog.c“. Resetování periferie se provádí v hlavní smyčce programu funkcí „wdt_reset“.

5.2.2 Struktura použitých Modbus registrů

Implementovaná obsluha Modbus registrů umožňuje přístup pomocí registrů uvedených v tabulce (Tabulka 1), kde je seznam použitých registru obsahující jejich název a identifikační kód funkce. Jednotlivé registry obsahují adresu, podle které je k nim přistupováno. Registr „Identifikační kód typu zařízení“ určuje strukturu Modbus registrů. Je určen pro identifikaci mezi různými strukturami registrů. Obsahuje hodnotu 1 pro tuhle strukturu.

Tabulka 1: Struktura použitých registrů koncové jednotky

<i>Název funkce</i>	<i>Kód funkce</i>	<i>Adresa registru</i>	<i>Použití</i>
Read holding registers	3	0	Čtení výstupů
Read input status	2	0	Destruktivní čtení vstupů
Read input registers	4	0	Nedestruktivní čtení vstupů
		1	Počet vstupů
		2	Počet výstupů
		3	Hodnota analogového vstupu
		4	Raw hodnota teploty - nutné dělit 16 pro získání aktuální teploty
		5	Stav výstupů
		6	Identifikační kód typu zařízení
Preset Multiple registers	16	0	Zápis na výstupy
Report Slave ID	17	0	Identifikační kód zařízení

Obsluha Modbus požadavků

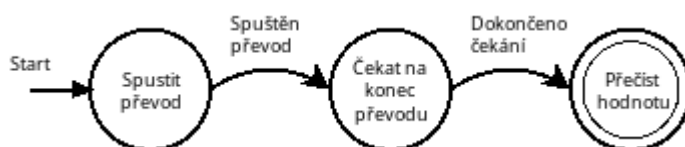
Obsluha požadavků se provádí v hlavní programové smyčce funkcí „drv_modbus_handler“ implementovaná v souboru „drv_modbus.c“, která se provede pouze při příjmu celé zprávy Modbus požadavku. Knihovna Modbus komunikace používá přerušení vysílače, přijímače a časovače pro kontrolu Modbus komunikace.

Obnovování hodnot Modbus registrů

Implementované časovačem v souboru „drv_timer.c“, který periodicky volá funkci „drv_modbus_update_registers“ pro nastavení modbus registrů vstupu a analogové hodnoty. Ostatní registry jsou nastaveny ostatními funkcemi.

Čtení teploty

Čtení se provádí v hlavní programové smyčce, kde je volaná funkcí „drv_modbus_update_temperature“. K zamezení zpoždění obsluhy Modbus požadavků čekáním na dokončení čtení teplotního senzoru je implementován konečný automat rozdělující čtení na tři části: spuštění převodu, čekání na dokončení převodu a přečtení hodnoty. Implementovány funkcí „drv_ds18_gettemp_nonblock“ v souboru „drv_ds18.c“. Ve stavu čekání na dokončení převodu je zpoždění rozděleno na malé úseky na kterých mikrořadič čeká. Výsledná naměřená hodnota je uložena do Modbus registru teploty.



Obrázek 16: Diagrama konečného automatu čtení teploty.

Čtení a aktualizace vstupu

Aktualizace hodnoty vstupu se provádí při změně logické úrovně na vstupu, kde změna vyvolá přerušení, které nastaví nenulovou kladnou hodnotu do proměnné indikující změnu vstupu. Čtení se provádí funkcí „drv_externalio_read_in_int“ ze souboru „drv_externalio.c“ blokováním přerušení a následným přečtením hodnoty proměnné indikující změnu. Jedná se o nedestruktivní čtení hodnoty (nedochází k vynulování Modbus registrů). Pro umožnění získání nového stavu vstupu je implementována funkce „drv_externalio_clear_input“ volané při obsluze Modbus funkce „Read input status“. Funkce vynuluje stav v Modbus registru pro daný vstup a hodnotu proměnné indikující změnu (jedná se o destruktivní čtení).

Zápis a čtení výstupu

Implementované funkcí „drv_modbus_update_output“, která je volána z funkce „drv_modbus_handler“. Funkce vymaskuje první bit a nastaví daný výstup a obnoví Modbus registr pro výstup.

Čtení analogového vstupu

Čtení se provádí nastavením převodníku do režimu kontinuálního převádění (free running mode) a nastavením přerušení na dokončení převodu, kde ukládá převedenou hodnotu do proměnné, kterou se pod zakázaným přerušením přečte funkcí „drv_externalanalog_read“ ze souboru „drv_extranlanalog.c“.

5.3 Kamera

Kapitola obsahuje implementaci programu kamery.

5.3.1 Implementace programového vybavení

Implementace se prováděla na platformě Arduino. Pro doplnění podpory ESP32 mikrořadičů se nainstalovalo jádro „arduino-esp32“[49], které zároveň přidává vestavěné knihovny.

Struktura kódu

Obsahuje hlavní programový soubor „main.ino“ a jednotlivé části kódu jsou rozděleny do složek obsahujících hlavičkové soubory „inc“ a zdrojové kódy „src“.

Použité knihovny

Při implementaci programu se použila knihovna „ArduinoJson“[50] pro zpracování přijatých parametrů k jejím uložení nebo poslání vyžadujícímu zařízení z úložiště mikrokontroléru. Zároveň se použily vestavěné knihovny z jádra „arduino-esp32“ obsahující podporu OV2640 kamery, LAN8720 Ethernet řadiče, webového serveru a úložiště mikrořadiče.

Úprava vzorového programu kamery

Zdrojový kód pro inicializaci, HTTP streamování a záznam je převzat ze vzorového kódu z vestavěné knihovny[51]. Úprava se provedla inicializaci v JPEG módu a zanecháním čtení nativního JPEG výstupního formátu z kamery ve funkcích „stream_handler“ a „capture_handler“ v souboru „server.cpp“, které umožňují odesílání snímků kamery přes HTTP protokol.

Komunikace přes Ethernet

Komunikace je implementována vestavěnou knihovnou „Ethernet“. Nahrazuje Wifi komunikaci a implementuje inicializaci a komunikaci LAN8720 řadiče. Inicializační parametry jsou čteny z úložiště mikrořadiče při startu programu funkcí „ethernet_init“ v souboru „ethernet.cpp“.

Obsluha předávání parametrů kamery

Webový server je doplněn o přístupový bod pro čtení a zápis parametrů, které očekává v textovém formátu JSON. Přijatý JSON se funkcí „json_handler_post“ v souboru „json.cpp“ prohledá pro specifické názvy JSON hodnot, které se následně přečtou a uloží. Pro získání parametrů kamery se pomocí funkce „json_handler_get“ přečtou z paměti

všechny parametry a vytvoří se JSON struktura s hodnotami parametrů, která se následně odešle.

Webová struktura

Složení přístupových bodů kamery definované ve funkci „server_init“ v souboru „server.cpp“:

- „/“ - Obsahuje grafické rozhraní pro nastavení parametru.
- „/capture“ – Přístupový bod pro získání jednoho snímku kamery.
- „/stream“ – Kontinuální posílání aktuálních snímků kamery.
- „/config“ – Přístupový bod pro získávání a modifikaci parametrů.

Ukládání parametrů

ESP32 neobsahuje integrovanou EEPROM paměť. Využívá část Flash paměti NVS (non volatile storage) jako úložný prostor. Implementace se provádí vestavěnou knihovnou „preferences“, která umožní přístup k NVS paměti. Funkce jsou rozděleny na zápis „eeprom_write“, čtení „eeprom_read“ a inicializaci „eeprom_init“ ze souboru „eeprom.cpp“.

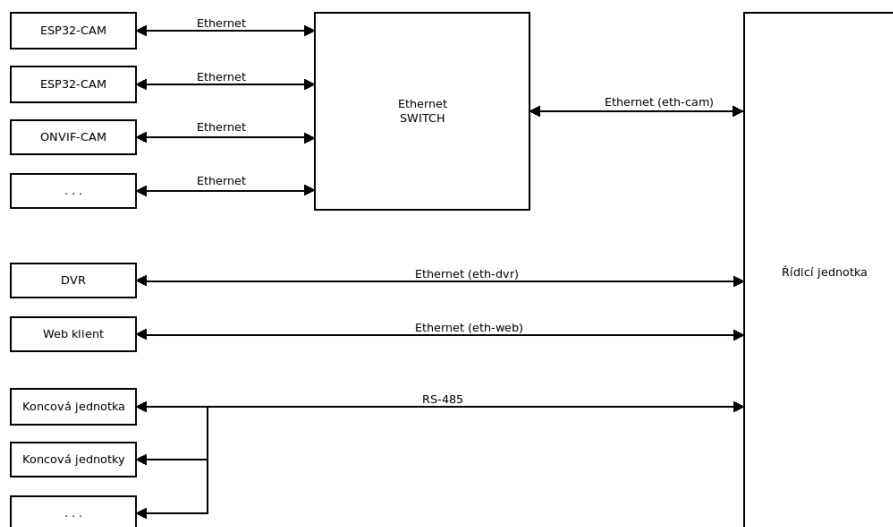
6 OVĚŘENÍ FUNKCE SYSTÉMU

Kapitola obsahuje sestavení a ověřování funkce jednotlivých částí sestavy.

6.1 Zapojení testovací sestavy

K ověření funkce celého systému je nutné zapojit jednotlivé zařízení dohromady. Ten je složený z řídicí jednotky, koncových jednotek, Ethernet přepínače a kamer ESP32 a ONVIF. Zapojení zařízení je naznačeno v blokovém zapojení uvedeného na obrázku (Obrázek 17) a fyzického zapojení na obrázku (Obrázek 18). Ethernet vstupy pro DVR a web jsou připojeny k počítači nahrazující DVR zařízení a vnější přístup k webové aplikaci řídicího zařízení. Který obsahuje Linuxový operační systém Debian verze 12. Testovací sestava obsahuje:

- 1x Řídicí jednotka
- 1x Ethernet přepínač
- 3x Koncové jednotky
- 1x ESP32 kamera
- 2x ONVIF kamera (typ SN-IPV54/04ACDR)
- 3x Pohybové senzory



Obrázek 17: Blokové zapojení testovacího systému.

Připojení pohybových senzorů

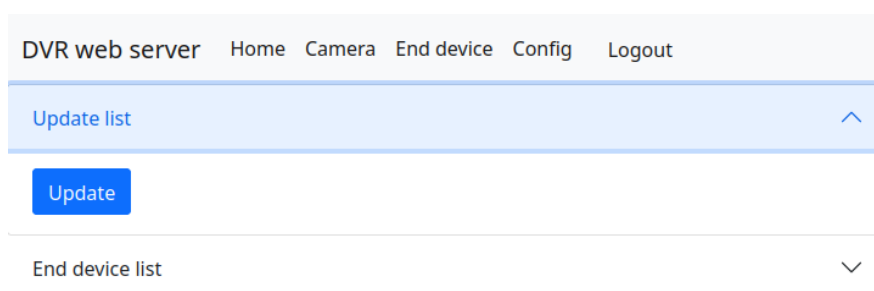
Jednotlivé pohybové senzory jsou připojeny k zvlášť ke koncovým jednotkám. Výstupní signál z pohybových senzorů je připojen na vnější vstup koncové jednotky a jsou zároveň napájeny ze svorek pro výstupní napětí.



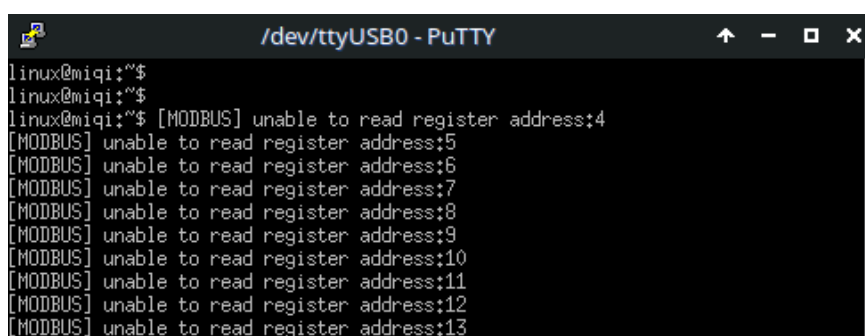
Obrázek 18: Zapojená testovací sestava

6.2 Vyhledávání a získání parametrů z Modbus zařízení

Pomocí webové aplikace se vyvolá vyhledávání koncových zařízení (viz Obrázek 19). Začne číst registr z každé adresy koncového zařízení s výjimkou nulové adresy (jde o broadcast adresu) až do adresy 32 (stav lze zjistit v konzoli na Obrázku 20). Očekává se vytvoření nového seznamu s nově nalezenými koncovými zařízeními (viz Obrázek 21).



Obrázek 19: Sekce webové aplikace pro koncové zařízení



Obrázek 20: Odpověď v konzoli při hledání koncových zařízení

Device address	Type	Input count	Output count	Temperature	Analog value
1	1	1	1	24.5625	0
2	1	1	1	24.25	0
3	1	1	1	21.0625	0

Obrázek 21: Seznam nalezených koncových zařízení s parametry

6.3 Přepínání kamery na alarm

Přepínání kamer je definováno seznamem svázaných kamer a koncových zařízení, z kterých se snímá vstup pro indikaci alarmu. Ve webové aplikaci lze zjistit stav seznamu a aktivní kamery (Obrázek 22). Aktivováním senzoru se změní pozice kamery (Obrázek 24), která je spojena se senzorem a jejím koncovým zařízením zároveň indikován vnějším výstupem (Obrázek 23).

Camera IP	Camera Type	Is Online	Device Bind			
192.168.30.2	ESP32	true	2	Edit	Reconnect	Remove
192.168.30.3	ONVIF	true	1	Edit	Reconnect	Remove
192.168.30.4	ONVIF	true	3	Edit	Reconnect	Remove

Bind device	Bind camera
1	192.168.30.3
2	192.168.30.2
3	192.168.30.4

Camera count	Current camera	Automatic switching Enabled
3	1	False

Obrázek 22: Stav seznamů kamer a koncových zařízení a aktuální kamery


```
linux@miqi:~$ [THREAD][ALARM] alarm set on address:2
[THREAD][ALARM] Changing to camera: 0 from : 0
[THREAD][EXTIO] alarm output write & clear
[THREAD][ALARM] alarm set on address:1
[THREAD][ALARM] Changing to camera: 1 from : 0
[THREAD][EXTIO] alarm output write & clear
[THREAD][ALARM] alarm set on address:1
[THREAD][EXTIO] alarm output write & clear
[THREAD][ALARM] Changing to camera: 1 from : 1
```

Obrázek 23: Výstup přepínání kamery a indikací pomocí vnějšího výstupu

Camera count	Current camera	Automatic switching Enabled
3	2	False

Previous Next Stop/Start

Obrázek 24: Stav aktivní kamery po alarmu

6.4 Získávání streamu přes ONVIF standard

Pro nahrazení DVR zařízení je použit program „onvif-gui“ z balíčku „onvif-tools“, který implementuje ONVIF klienta. Obsahuje grafické rozhraní pro nastavení a zobrazení výsledného videa vycházejícího z řídicí jednotky. Při spuštění aplikace začne vyhledávat ONVIF zařízení a zobrazí nalezená zařízení. Při nalezení řídicí jednotky vyžaduje vložení přístupových informací pro přístup. Zadáním přístupových informací je možné zobrazit video záznam z kamer.



Obrázek 25: Výstup z řídicího zařízení pro ONVIF zařízení

6.5 Vyhodnocení vlastností systému

Navržený software a hardware s výjimkou na pár výjimek funguje podle požadavků. Patří zde hardwarová implementace opravy řízení směru komunikace RS-485 a softwarové implementace získávání snímku z ONVIF kamery. Kde v době při návrhu softwaru nebyla nalezena vhodná knihovna pro převod RTSP na JPEG snímky. Získávání snímku se implementovalo získáváním jednoho snímku z koncového bodu „snapshot“, který se získal zároveň s koncovým bodem pro RTSP stream. Nevýhodou je velká prodleva od zaslání požadavku po získání snímku. Tahle prodleva není spjata s koncovým bodem „snapshot“ ale objevuje se také v RTSP streamu, kde je pouze vnímán při startu streamu (u „snapshot“ po každém požadavku). Tahle prodleva není konzistentní mezi zařízeními od různých výrobců neboť záleží na hardwarovém výpočetním výkonu zařízení (na testované ONVIF IP kameře SN-IPV54/04ACDR je prodleva okolo 4 až 5 sekund). Dále prováděný převod jednotlivých snímků na RTSP stream se v řídicí jednotce prováděl pomocí procesoru (softwarově) nikoli pomocí hardwarového kodeku a zatížení procesoru je procentuálně okolo 25-50 % s paměťovou stopou v operační paměti okolo 250 MB.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce popisuje návrh zařízení kamerového systému pro odstranění omezení maximálního možného počtu připojených kamer na záznamové zařízení, s rozšířením o vlastní kamery, při zanechání podpory komerčně dostupných kamer.

K realizaci systému podle zadání byl v práci popsán návrh tří zařízení nutných pro funkci systému: řídicí jednotka, kamera a koncová jednotka. Jednotlivá zařízení jsou popsána z pohledu hardwarového i softwarového. V hardwarové části jsou popsány jejich funkce v systému, složení a požadavky, podle kterých se vybraly komponenty pro návrh zařízení. Jednotlivá zařízení obsahují popis návrhu obvodových schémat, desky plošných spojů a návrh krytů pro navržené desky a použité komponenty zařízení, které byly navrženy s ohledem na jejich předem dané požadavky.

V softwarové části je popsán návrh programu, použité knihovny a aplikace pro jednotlivá zařízení, kde koncová jednotka implementuje program čtení teploty, vstupů a ovládání výstupů, která pomocí sdílené sběrnice komunikuje s řídicí jednotkou.

Kamera implementuje program založený na vzorovém programu, který se upravil k zanechání pouze potřebných vlastností k provozu kamery. Program byl rozšířen o ukládání parametrů kamery a implementaci použitých periférií v návrhu kamery.

Pro řídicí jednotku bylo nutné vybrat a připravit operační systém pro navržený hardware řídicí jednotky. Implementovaná aplikace řídicí jednotky ovládá přepínání a získávání snímku z kamer. Čte hodnoty z koncových zařízení a obsahuje seznam určený pro svázání kamer s koncovými jednotkami pro přepínání v závislosti na detekci změny z připojeného senzoru na koncové jednotce. Aplikace je doprovázena přídatnými aplikacemi, které zpracovávají získané snímky z kamer a posílají je záznamovému zařízení. Aplikace je doplněna webovým rozhraním pro správu připojených kamer a koncových zařízení. Jejich nastavení je uloženo do konfiguračních souborů v pracovní složce aplikace.

Poslední částí práce bylo testování funkčnosti zapojením všech navržených zařízení s doplněním komerčních kamer a pohybových senzorů a následným vyhodnocením navrženého systému.

Navržený systém realizuje minimální funkce nutné pro provoz v kamerovém systému. Získávání snímků z komerčních kamer není časově konzistentní, neboť záleží na výkonových vlastnostech dané kamery. Systém lze rozšířit o funkce i mimo kamerový systém, které využívají navržená zařízení (měření teploty v místnosti, centralizované ovládání zařízení v budově, apod.).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LAWRENCE, Fenneily. *Effective Physical Security* [online]. 2016.
- [2] U.S. Department of Homeland Security, Science and Technology Directorate. [online]. Červenec 2013 [cit. 2024-04-07] Dostupné z: https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/CCTV-Tech-HBK_0713-508.pdf
- [3] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management* [online]. 2015.
- [4] *CCD senzor* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.elprocus.com/know-about-the-working-principle-of-charge-coupled-device/>
- [5] *CMOS senzor* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.elprocus.com/cmos-sensor/>
- [6] TRULOVE, James. *Sítě LAN: hardware, instalace a zapojení* [online]. 2009.
- [7] *Provozování zařízení krátkého dosahu* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://ctu.gov.cz/sites/default/files/obsah/vo-r10-072021-8.pdf>
- [8] *Základní rozdělení kamerových systémů - rozdíly mezi AHD a IP* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.securiapro.cz/clanek/zakladni-rozdeleni-kamerovych-systemu/>
- [9] *HD-SDI systémy* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.elnika.cz/cz/podpora/pruvodce-kamerovym-systemem/hd-sdi-systemy/>
- [10] *Onvif standard specifikace* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.onvif.org/profiles-add-ons-specifications/>
- [11] *Jaký je rozdíl mezi kompresí videa H.265 a H.264* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.slkamery.cz/Jaky-je-rozdil-mezi-kompresi-vidoa-H-265-a-H-264-b3359.htm>
- [12] *Onvif Streaming Specification* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: https://www.onvif.org/wp-content/uploads/2019/12/ONVIF_Profile_-S_Specification_v1-3.pdf
- [13] *What are embedded systems* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.trentonsystems.com/en-us/resource-hub/blog/what-are-embedded-systems>
- [14] ANTOŠOVÁ, Marcela a DAVÍDEK, Vratislav. *Číslicová technika: [učebnice]* [online]. 2009.
- [15] *Understanding UART* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: https://www.rohde-schwarz.com/us/products/test-and-measurement/essentials-test-equipment/digital-oscilloscopes/understanding-uart_254524.html

- [16] *Sériová linka RS-232* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-rs-232.html>
- [17] *Základní informace o RS-485 a RS-422 pro každého* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/zakladni-informace-o-rs-485-rs-422-pro-kazdeho>
- [18] *I2C-bus specification* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>
- [19] *RMII specification* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: http://ebook.pldworld.com/_eBook/-Telecommunications,Networks-/TCPIP/RMII/rmii_rev12.pdf
- [20] *1-Wire Protocol* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://onlinedocs.microchip.com/pr/GUID-1618003F-992B-4E48-9411-5E5D5D952C06-en-US-3/index.html?GUID-EE2B21FC-9AA9-4C04-88EF-1951F703A56C>
- [21] *HD44780 Datasheet* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [22] *SPI* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: http://www.elektromys.eu/clanky/ele_spi/clanek.html
- [23] *Modbus protokol specifikace* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: https://modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf
- [24] *HTTP overview* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Overview>
- [25] YAGHMOUR, Karim *Building embedded Linux systems* [online]. 2008.
- [26] *The Devicetree Specification* [online]. [cit. 2024-04-09] Dostupné z: <https://github.com/devicetree-org/devicetree-specification/releases/download/v0.4/devicetree-specification-v0.4.pdf>
- [27] *Adding a new board or board family* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: https://docs.armbian.com/Developer-Guide_Adding-Board-Family/.
- [28] *Armbian webová stránka* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.armbian.com/>
- [29] *Buildroot documentation* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://buildroot.org/docs.html>
- [30] *Yocto projekt webová stránka* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.yoctoproject.org/>
- [31] *ESP32 I2S* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.3/esp32s2/api-reference/peripherals/i2s.html>

- [32] *Tiny AVR Programmer Hookup Guide* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/tiny-avr-programmer-hookup-guide/all>
- [33] *Armbian Linux build framework* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/armbian/build>
- [34] *RK3288 Datasheet* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://datasheetspdf.com/mobile/930431/Rockchip/RK3288/1>
- [35] *linux MiQi dtsi code* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://elixir.bootlin.com/linux/v5.15.156/source/arch/arm/boot/dts/rk3288-miqi.dts#L319>
- [36] *MCP23017 Datasheet* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/20001952c.pdf>
- [37] *Javalin web framework* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://javalin.io/>
- [38] *Java Template Engine* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://jte.gg/>
- [39] *http knihovna Jlhhttp* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://www.freeutils.net/source/jlhhttp/>
- [40] *knihovna j2mod* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/steveohara/j2mod>
- [41] *knihovna ONVIF-Java* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/RootSoft/ONVIF-Java>
- [42] *Knihovna linux-i2c* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/helins/linux-i2c.java>
- [43] *Aplikace FFmpeg* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://ffmpeg.org/>
- [44] *Nástroje v4l2tools* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/mpromonet/v4l2tools>
- [45] *Aplikace v4l2rtspserver* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/mpromonet/v4l2rtspserver>
- [46] *Aplikace RPOS* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/BreeZe/rpos>
- [47] *Knihovna Yet another Modbus Slave pro AVR* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/mbs38/yaMBSiavr>
- [48] *Knihovna pro DS18B20 teplotní senzor* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/Jacajack/avr-ds18b20>
- [49] *ESP32 Arduino core* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/espressif/arduino-esp32>

- [50] *Knihovna ArduinoJson* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/bblanchon/ArduinoJson>
- [51] *ESP32 Camera Driver* [online]. [cit. 2024-04-07] Dostupné z: <https://github.com/espressif/esp32-camera>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LTS	Long Term Support
DTS	Device Tree Source
DTB	Device Tree Blob / Binary
ONVIF	Open Network Video Interface Forum
CCD	Charge Coupled Devices
A/D	Analogový na Digitální
D/A	Digitální na Analogový
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
pix/px	Pixel
TVL	Television line
POE	Power over Ethernet
PTZ	Pan Tilt Zoom
DVR	Digital Video Recorder
NVR	Network Video Recorder
VCR	Video Cassette Recorder
CRT	Cathode Ray Tube
BNC	Bayonet Neill Concelman
STP	Shielded Twisted Pair
RJ45/RJ11	Registered Jack 45/11
UKV	Ultra Krátké Vlny
SKV	Super Krátké Vlny
NTSC	National Television System Committee
PAL	Phase Alternating Line
RF	Radio Frequency / Radiová Frekvence
HD-SDI	High Definition - Serial Digital Interface
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers
IP	Internet Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network
LAN	Local Area Network
WAN	Wide Area Network
IPv4/IPv6	Internet Protocol version 4/6
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
PSIA	Physical Security Interoperability Alliance
RTSP	Real-Time Streaming Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UDP	User Datagram Protocol
M-JPEG	Motion - Joint Photographic Experts Group
MPEG4	Moving Picture Experts Group 4

HEVC	High Efficiency Video Coding
RTOS	Real Time Operating System
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ARM	Advanced RISC Machine
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
Mbps	Mega bits per second
RTS	Ready To Send
CTS	Clear to Send
RS-232/RS-485	Recommended standard 232 / 485
I2C	Inter-Integrated Circuit
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock
ACK	Acknowledged
NACK	Not Acknowledged
RMII	Reduced Media Independent Interface
MII	Media Independent Interface
RTU	Remote Terminal Unit
GHz	Giga Hertz
MHz	Mega Hertz
DPS	Deska plošných spojů
SBC	Single Board Computer
SoC	System on Chip
TX	Transmitter
RX	Receiver
LCD	Liquid Crystal Display
USB	Universal Serial Bus
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
RGB	Red Green Blue
SMI	Serial Management Interface
NPN	Negative Positive Negative
SD	Secure Digital
JSON	JavaScript Object Notation
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
ICSP	In Circuit Serial Programming
Bd	Baud
jte	Javalin Templates

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1:</i> Blokové zapojení řídicí jednotky.....	37
<i>Obrázek 2:</i> Rozmístění DPS desek a modulů.....	39
<i>Obrázek 3:</i> Složení a rozmístění krytu řídicí jednotky.....	40
<i>Obrázek 4:</i> Blokové schéma kamery.....	42
<i>Obrázek 5:</i> Složení a rozmístění desek, modulu a krytu kamery.....	43
<i>Obrázek 6:</i> Blokové schéma koncové jednotky.....	45
<i>Obrázek 7:</i> Zapojení programovacího konektoru a standardních konektorů AVR-ISP.....	46
<i>Obrázek 8:</i> Složení a rozmístění desky a krytu koncového zařízení.....	46
<i>Obrázek 9:</i> Výstup ze sériové konzole při startování – U-Boot zavaděč.....	48
<i>Obrázek 10:</i> Hledání UART periferie.....	51
<i>Obrázek 11:</i> Hledání I ² C periferií.....	52
<i>Obrázek 12:</i> Datový tok zpracování snímku kamery.....	56
<i>Obrázek 13:</i> Struktura složky šablon webové aplikace.....	57
<i>Obrázek 14:</i> Koreňová struktura pracovní složky aplikace.....	58
<i>Obrázek 15:</i> Struktura složky konfiguračních souborů.....	58
<i>Obrázek 16:</i> Diagram konečného automatu čtení teploty.....	61
<i>Obrázek 17:</i> Blokové zapojení testovacího systému.....	64
<i>Obrázek 18:</i> Zapojená testovací sestava.....	65
<i>Obrázek 19:</i> Sekce webové aplikace pro koncové zařízení.....	65
<i>Obrázek 20:</i> Odpověď v konzoli při hledání koncových zařízení.....	65
<i>Obrázek 21:</i> Seznam nalezených koncových zařízení s parametry.....	66
<i>Obrázek 22:</i> Stav seznamů kamer a koncových zařízení a aktuální kamery.....	66
<i>Obrázek 23:</i> Výstup přepínání kamery a indikací pomocí vnějšího výstupu.....	67
<i>Obrázek 24:</i> Stav aktivní kamery po alarmu.....	67
<i>Obrázek 25:</i> Výstup z řídicího zařízení pro ONVIF zařízení.....	67

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Struktura použitých registrů koncové jednotky.....	60
---------------------------------------------------------------	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Obsah archivu

Příloha P II: Řídicí jednotka – Obsah netplan.yaml

Příloha P III: Řídicí jednotka – Rozmístění konektorů SBC desky

Příloha P IV: Řídicí jednotka – Web aplikace

Příloha P V: Řídicí jednotka – Elektrická schémata

Příloha P VI: Řídicí jednotka – Desky plošných spojů

Příloha P VII: Kamera – Elektrická schémata

Příloha P VIII: Kamera – Desky plošných spojů

Příloha P IX: Koncová jednotka – Elektrická schémata

Příloha P X: Koncová jednotka – Desky plošných spojů

PŘÍLOHA P I: OBSAH ARCHIVU

Součástí je archiv obsahující pracovní složku aplikace řídicí jednotky. Návrhy elektronické, mechanické a softwarové části jednotlivých zařízení a konfigurační soubory pro řídicí jednotku.

Struktura archivu:

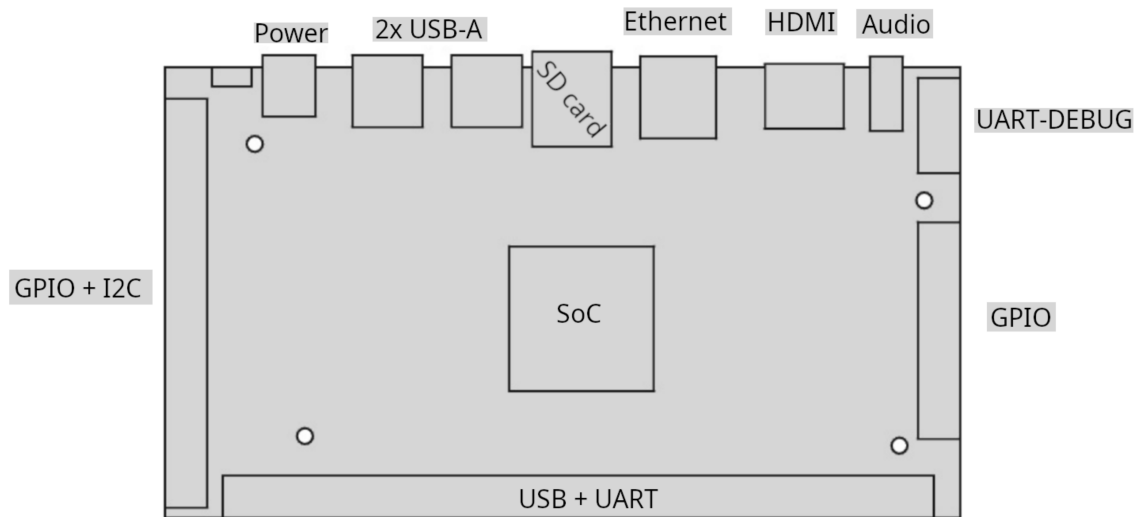
- Aplikace - Pracovní složka aplikace řídicí jednotky
- Hardware – Soubory schémat, DPS a krytů zařízení
 - ◆ elektro – Obsahuje projekty schémat a DPS návrhů zařízení
 - Řídicí jednotka
 - ESP32 kamera
 - Koncová jednotka
 - ◆ mecha – Obsahuje projekty krutů jednotlivých zařízení
 - Řídicí jednotka
 - ESP32 kamera
 - Koncová jednotka
- Software – Zdrojový kód pro zařízení
 - ◆ Řídicí jednotka
 - ◆ ESP32 kamera
 - ◆ Koncová jednotka
- Konfigurační soubory použitých aplikací řídicí jednotkou

PŘÍLOHA P II: ŘÍDICÍ JEDNOTKA – OBSAH NETPLAN.YAML

Obsah souboru netplan.yaml určený pro nastavení jednotlivých Ethernet modulů.

```
network:
  version: 2
  renderer: NetworkManager
ethernets:
  eth-dvr:
    match:
      macaddress: 00:0e:c6:3c:82:b1
    addresses:
      - 192.168.20.1/24
    set-name: eth-dvr
    optional: true
    routes:
      - to: 0.0.0.0/0
        via: 239.255.255.250/31
  eth-cam:
    match:
      macaddress: 00:0e:c6:3c:82:b8
    addresses:
      - 192.168.30.1/24
    set-name: eth-cam
    optional: true
  eth-server:
    match:
      macaddress: 00:0e:c6:3c:82:b7
    addresses:
      - 192.168.1.66/24
    set-name: eth-server
    optional: true
```

PŘÍLOHA P III: ŘÍDICÍ JEDNOTKA – ROZMÍSTĚNÍ KONEKTORŮ SBC DESKY



Zjednodušené rozložení konektorů SBC desky

PŘÍLOHA P IV: ŘÍDICÍ JEDNOTKA – WEB APLIKACE

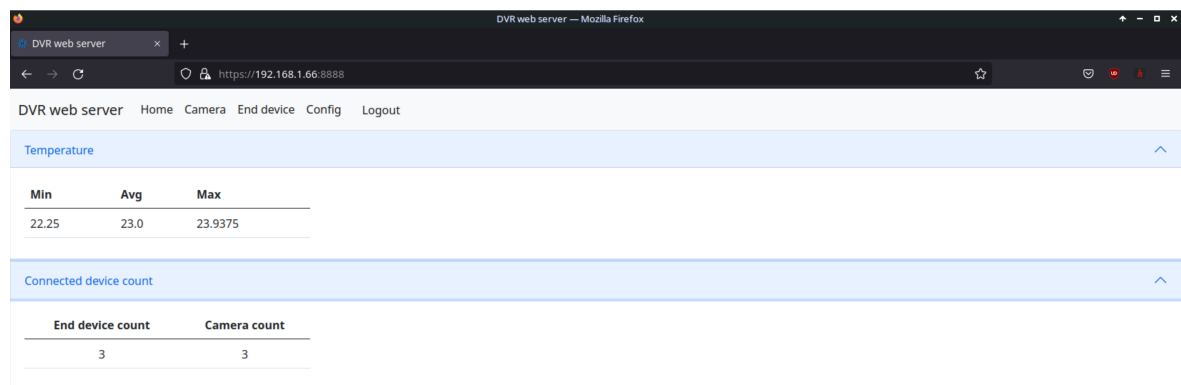


User login

Username :

Password :

Webová aplikace řídicí jednotky - přihlášení

A screenshot of the main dashboard of the DVR web server. The browser address bar shows 'https://192.168.1.66:8888'. The page has a navigation menu with 'Home', 'Camera', 'End device', 'Config', and 'Logout'. The main content area is divided into two sections: 'Temperature' and 'Connected device count'.

Temperature		
Min	Avg	Max
22.25	23.0	23.9375

Connected device count	
End device count	Camera count
3	3

Webová aplikace řídicí jednotky - hlavní stránka

DVR web server — Mozilla Firefox

DVR web server Home Camera End device Config Logout

Add camera

IP address

Camera Type **ESP32**

Device bind

Add

Camera list

Camera IP	Camera Type	Is Online	Device Bind			
<input type="text" value="192.168.30.2"/>	ESP32	true	<input type="text" value="2"/>	Edit	Reconnect	Remove
<input type="text" value="192.168.30.3"/>	ONVIF	true	<input type="text" value="1"/>	Edit	Reconnect	Remove
<input type="text" value="192.168.30.4"/>	ONVIF	true	<input type="text" value="3"/>	Edit	Reconnect	Remove

Bind list

Bind device	Bind camera
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="192.168.30.3"/>
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="192.168.30.2"/>
<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="192.168.30.4"/>

Save lists

Save

Camera control

Camera count	Current camera	Automatic switching Enabled
<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="False"/>

Previous **Next** **Stop/Start**

Webová aplikace řídicí jednotky - kamery

DVR web server — Mozilla Firefox

DVR web server Home Camera End device Config Logout

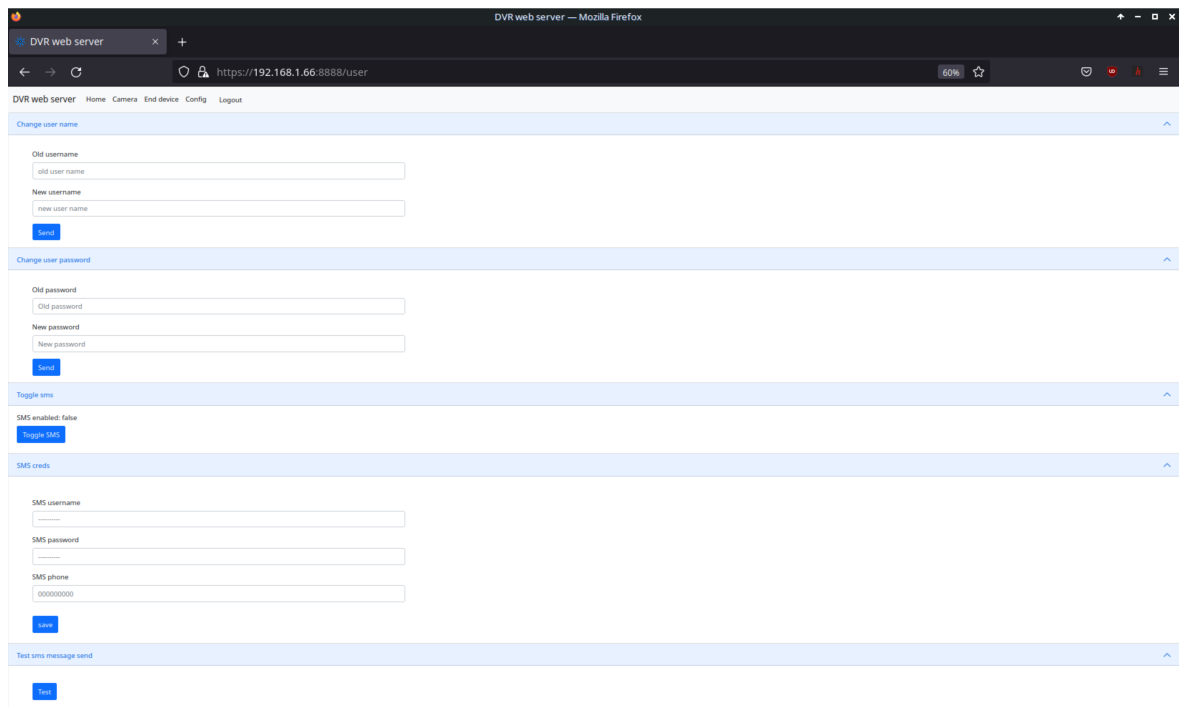
Update list

Update

End device list

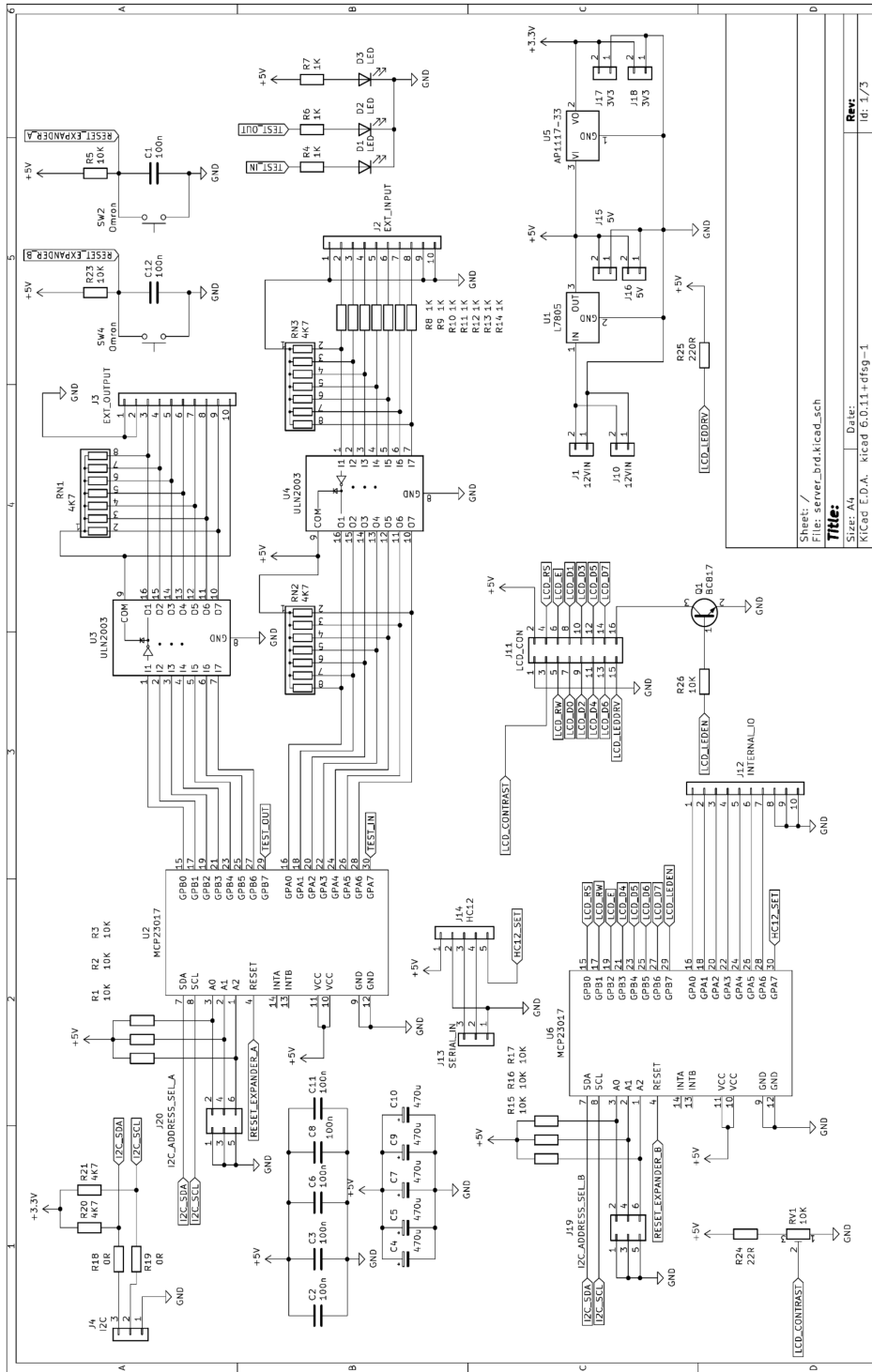
Device address	Type	Input count	Output count	Temperature	Analog value
<input type="text" value="1"/>	1	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="23.9375"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="2"/>	1	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="22.875"/>	<input type="text" value="2"/>
<input type="text" value="3"/>	1	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="22.3125"/>	<input type="text" value="0"/>

Webová aplikace řídicí jednotky - koncové jednotky

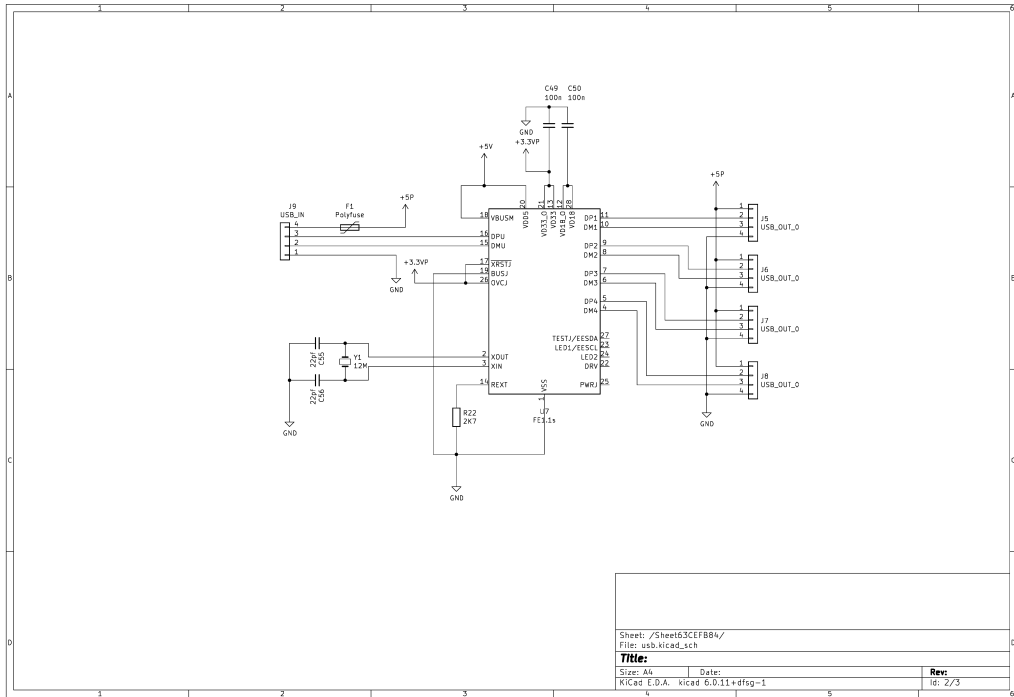


Webová aplikace řídicí jednotky - nastavení webu

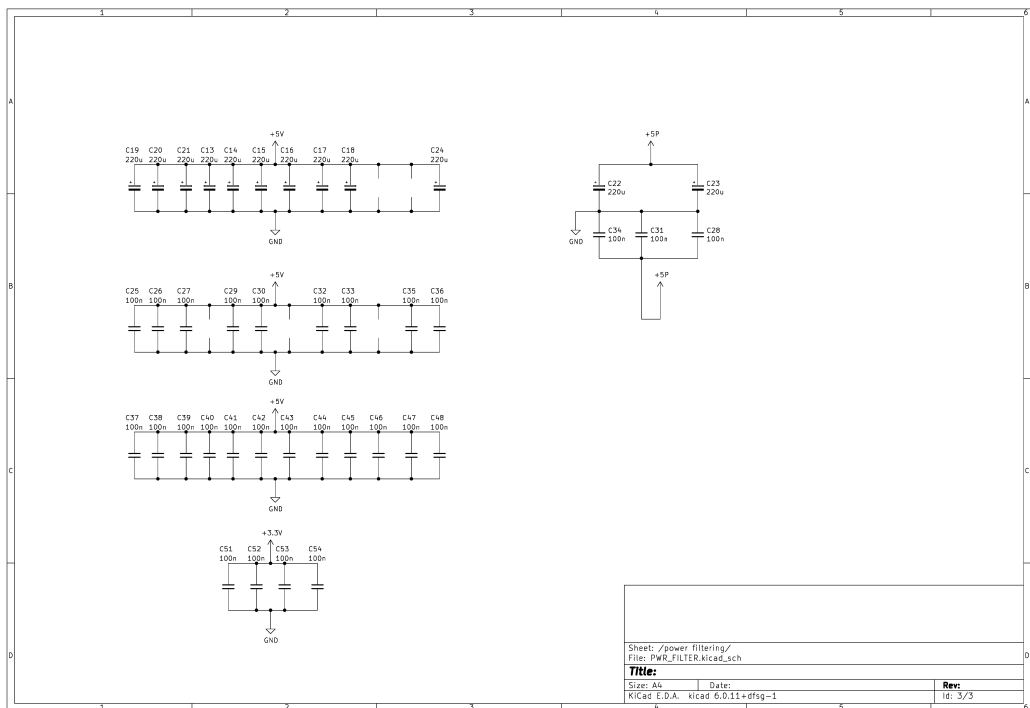
PŘÍLOHA P V: ŘÍDICÍ JEDNOTKA – ELEKTRICKÁ SCHÉMATA



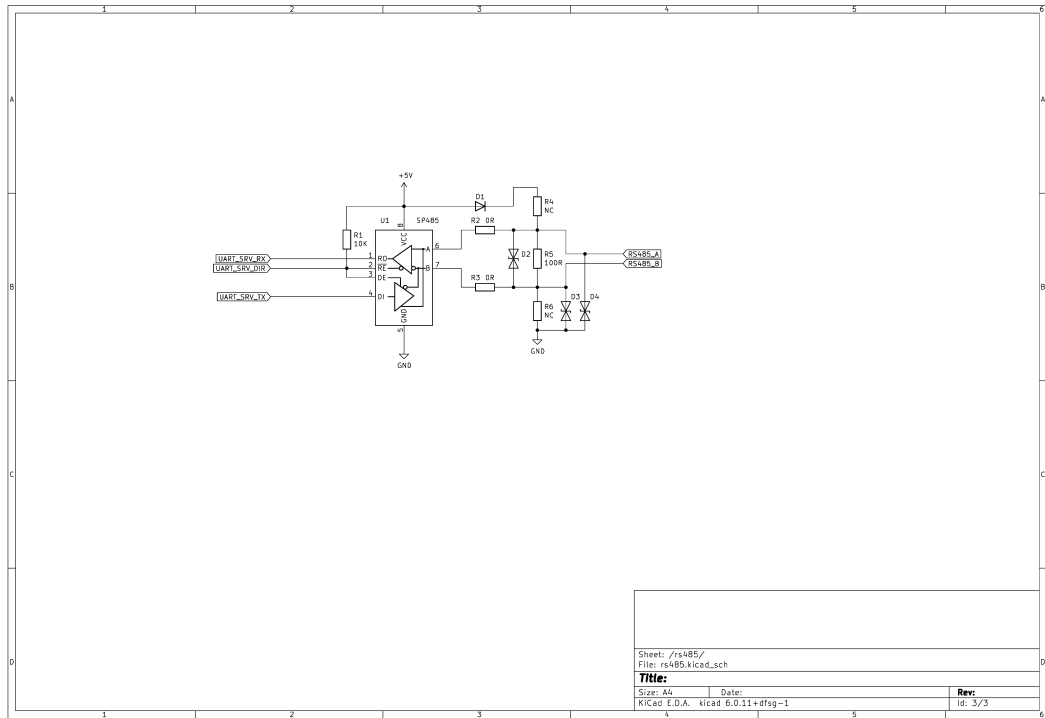
Elektrické schéma vstupů/výstupů řídicí jednotky část 1. Expandéry a distribuce napětí



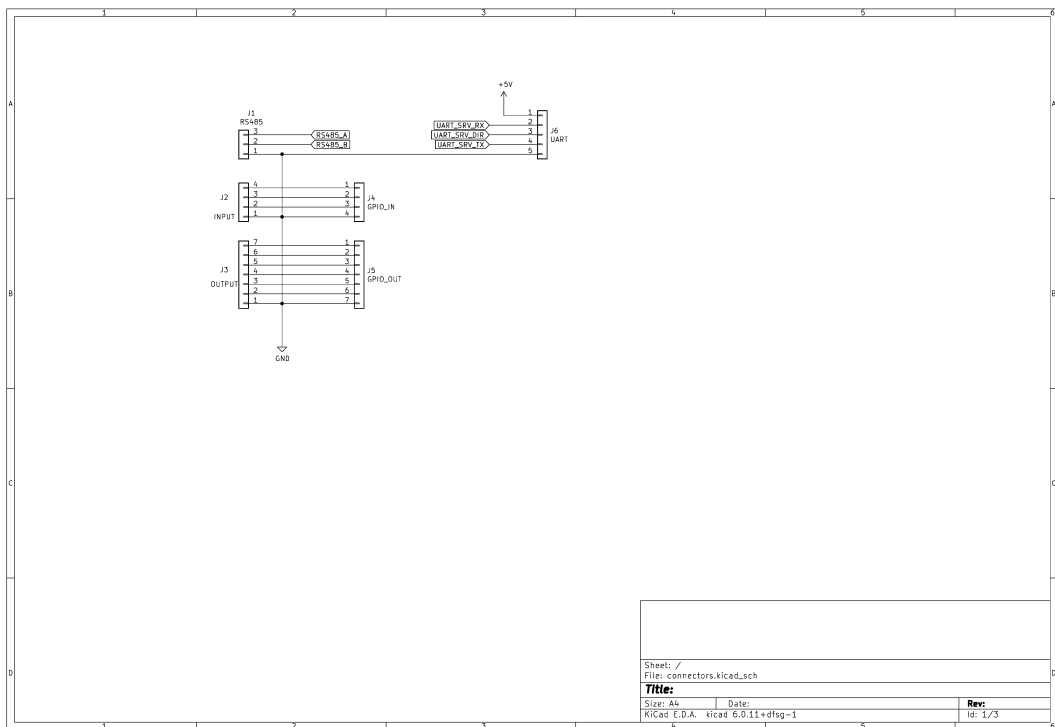
Elektrické schéma vstupů/výstupů řídicí jednotky část 2.USB hub



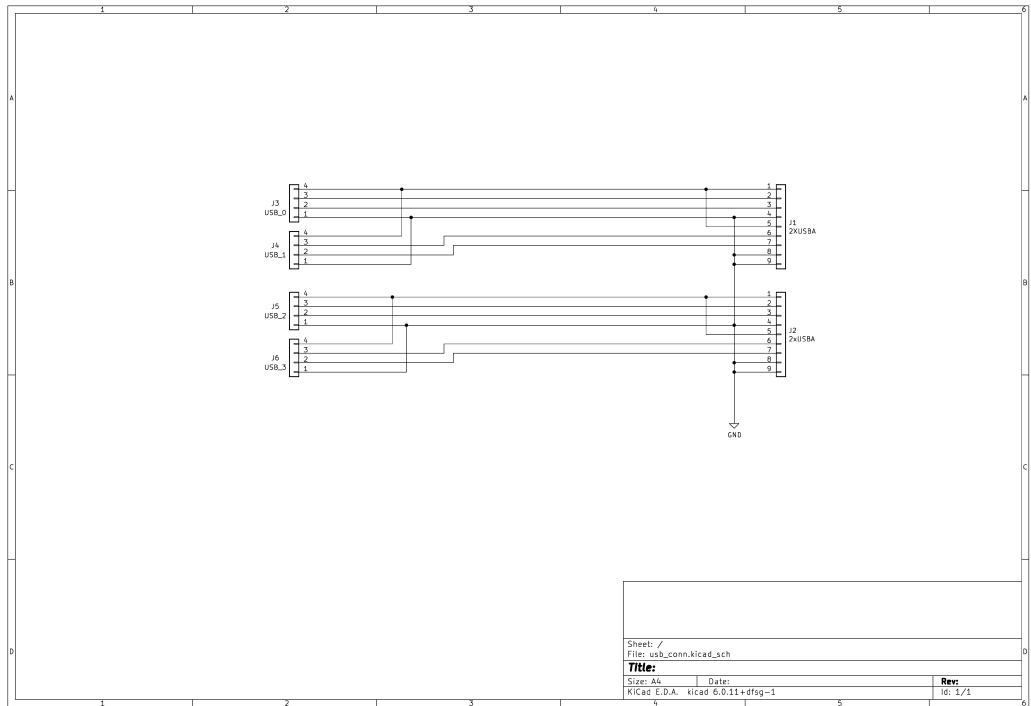
Elektrické schéma vstupů/výstupů řídicí jednotky část 3.Filtrace



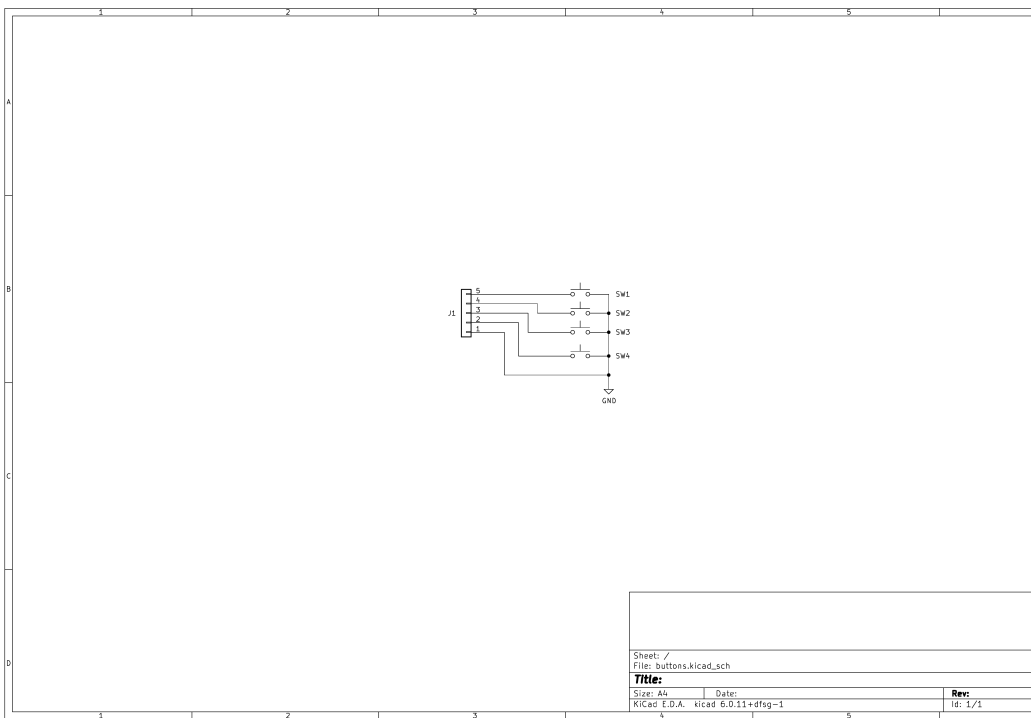
Elektrické schéma vnějších vstupů/výstupů část 1.RS-485



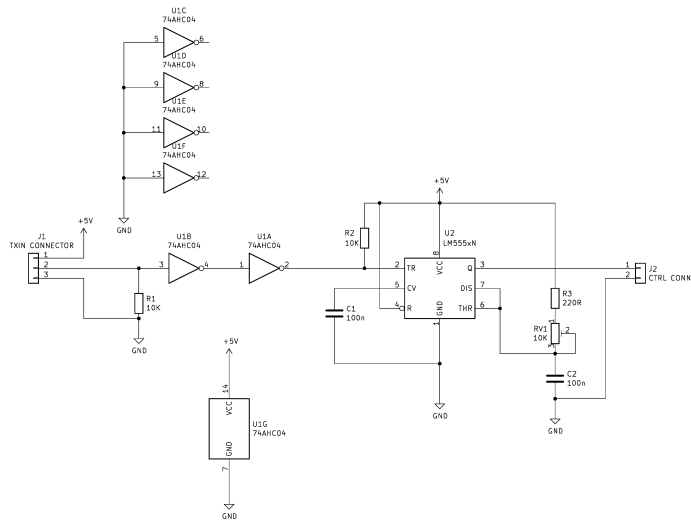
Elektrické schéma vnějších vstupů/výstupů část 1.Vstupy/výstupy



Elektrické schéma předního panelu - USB konektory

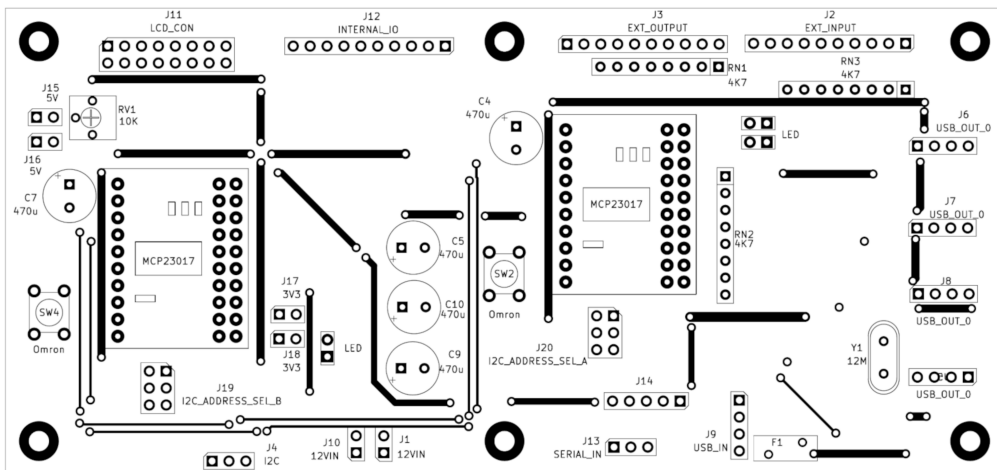
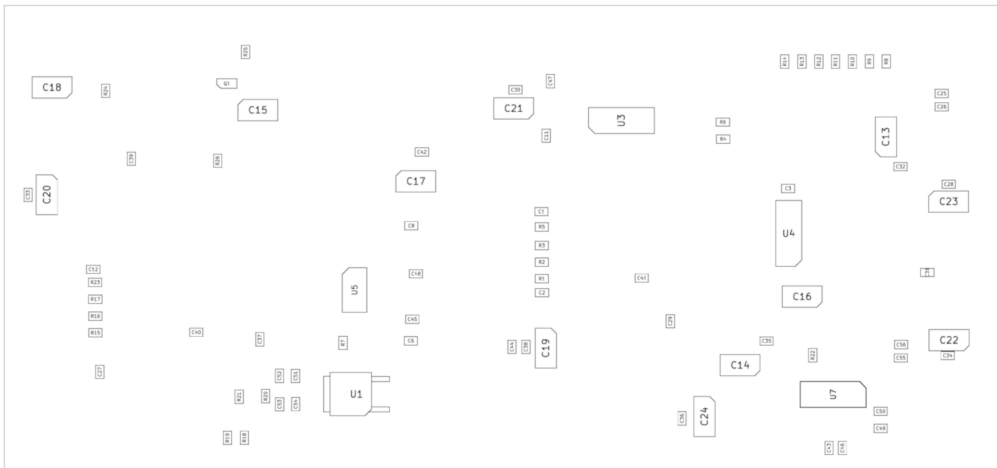
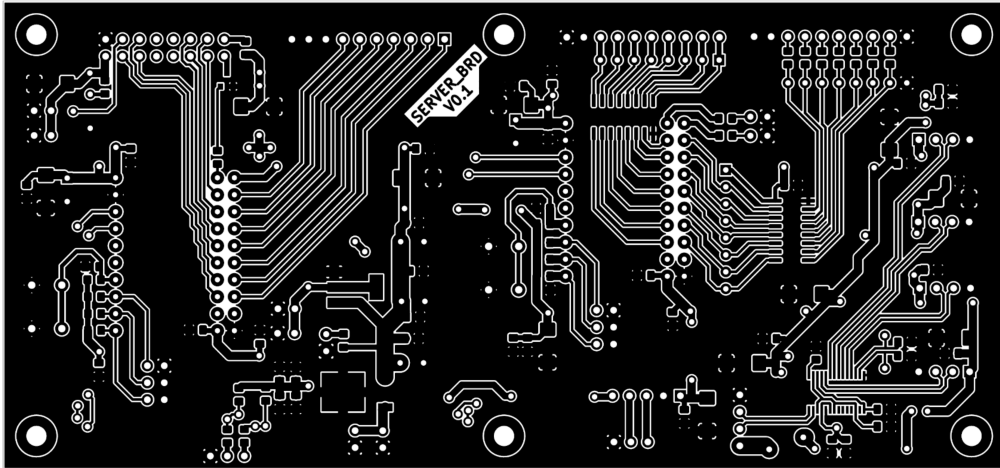


Elektrické schéma předního panelu - Tlačítka

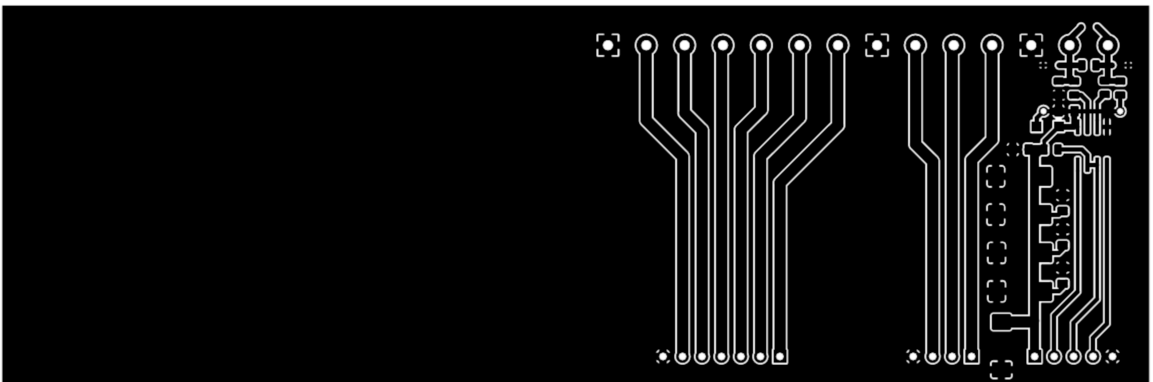
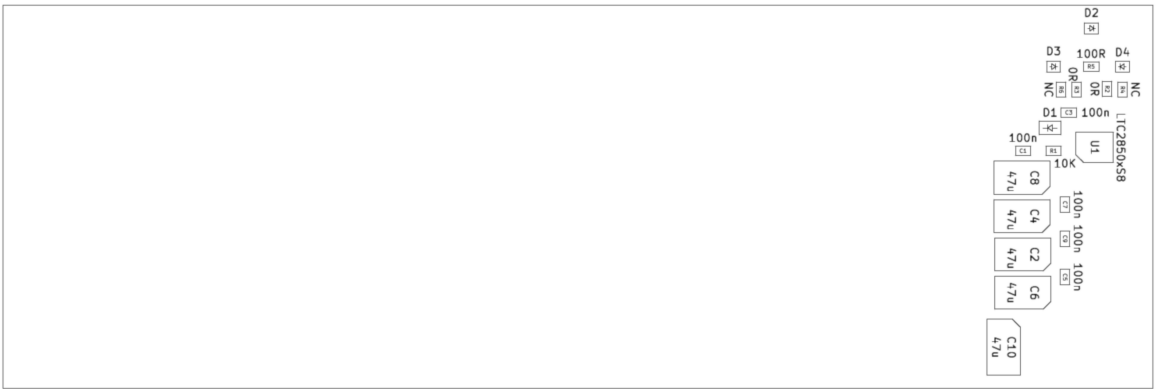
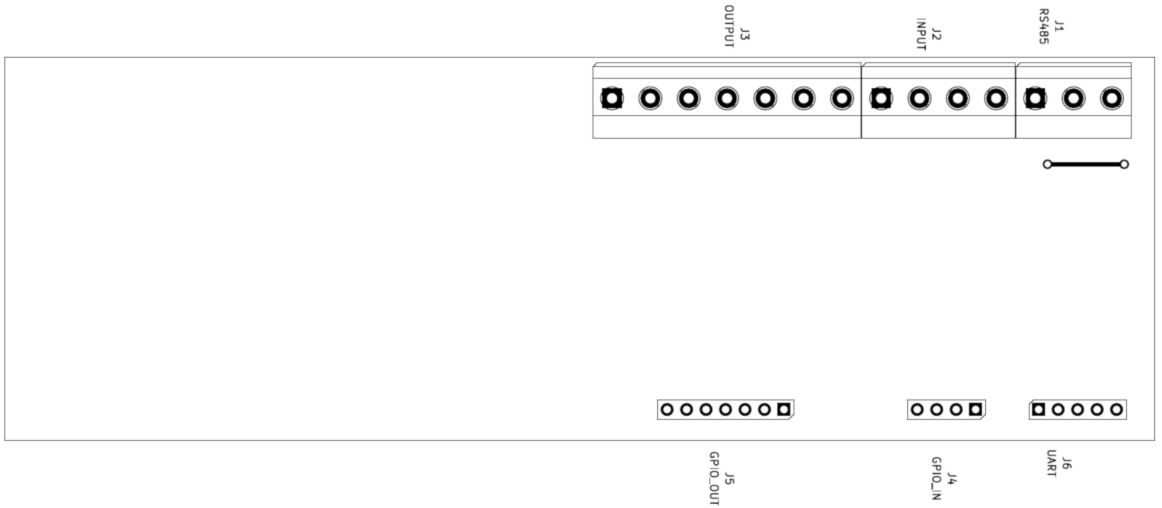


Elektrické schéma časovacího obvodu

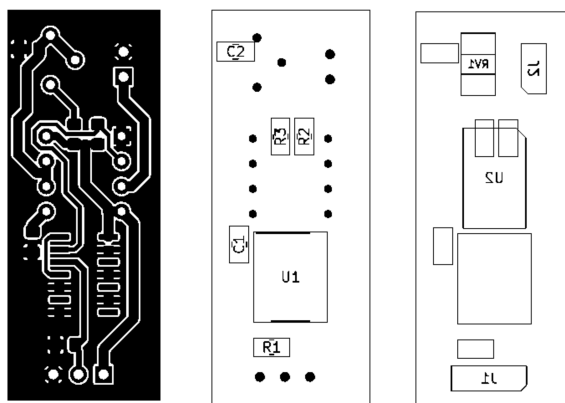
PŘÍLOHA P VI: ŘÍDICÍ JEDNOTKA – DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ



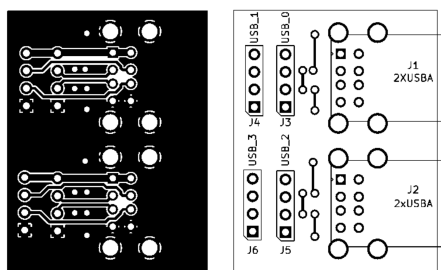
DPS deska rozšiřující VIN



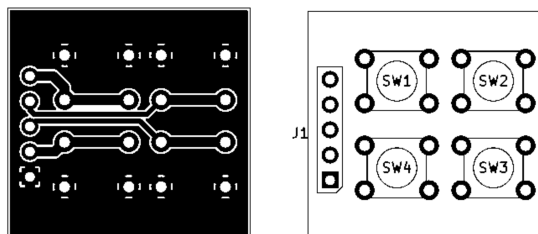
DPS deska vnějších V/V



DPS deska řízení směru RS-485 komunikace

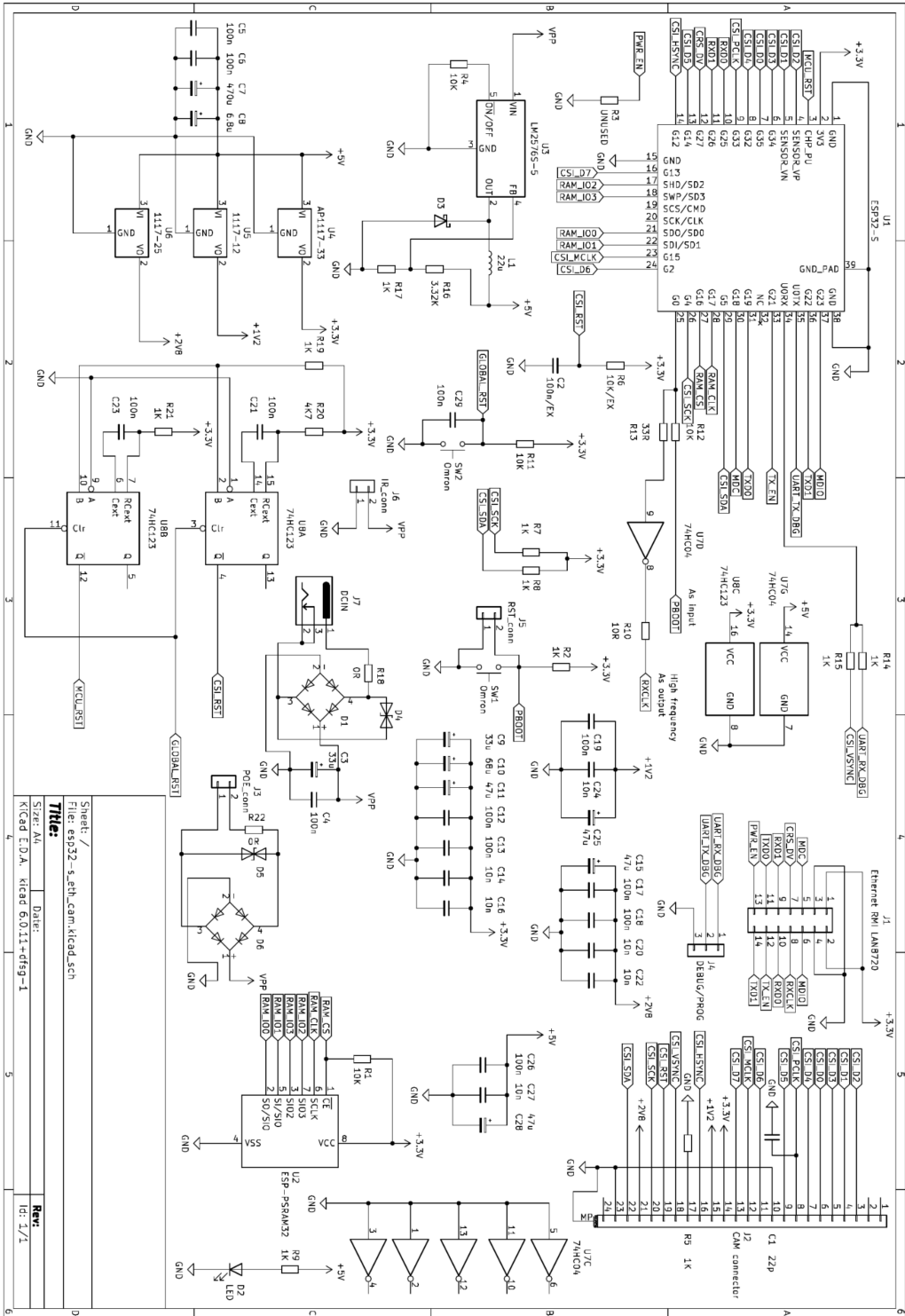


DPS deska přední USB panel



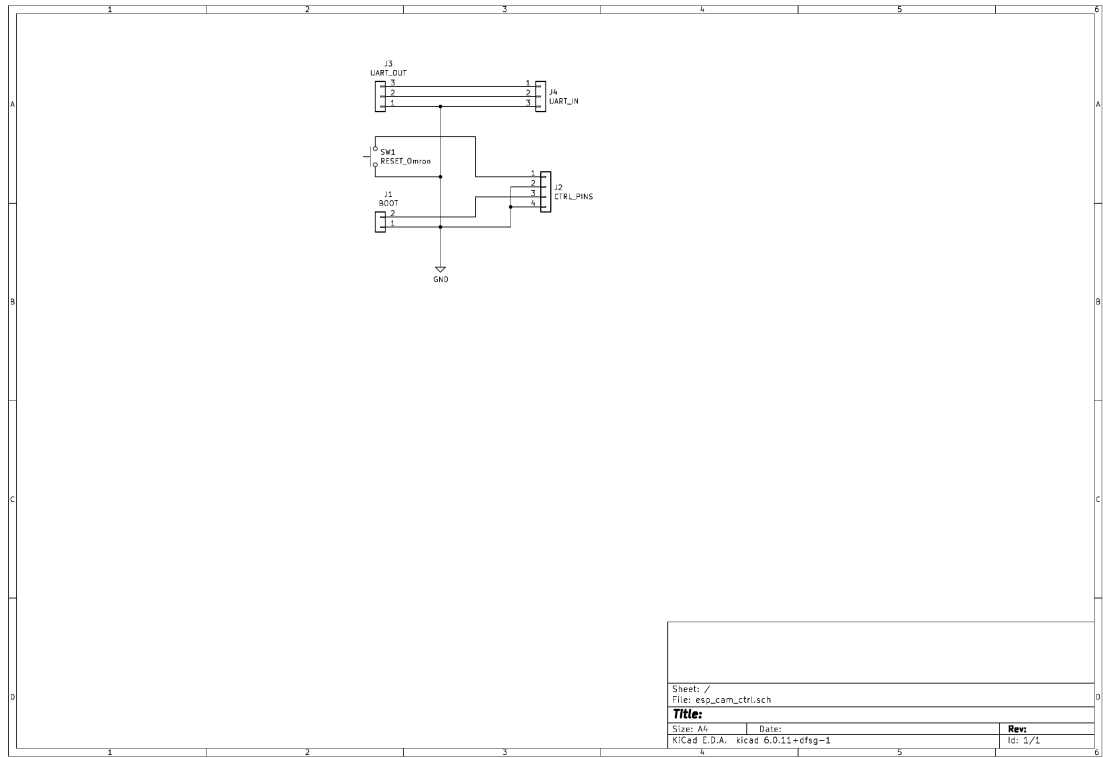
DPS deska přední tlačítka

PŘÍLOHA P VII: KAMERA – ELEKTRICKÁ SCHÉMATA



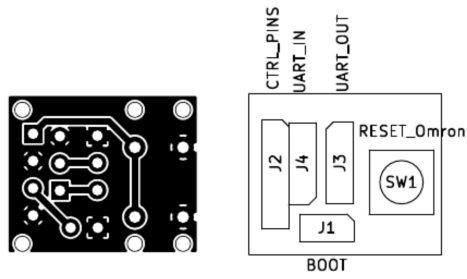
Sheet: 7 /
 Title: es32-5-eth_cam_kicad_sch
 File: es32-5-eth_cam_kicad_sch
 Date: / /
 Kicad EDA kicad 6.0.11+dfsg-1
 Rev: 1/1

Elektrické schéma kamery

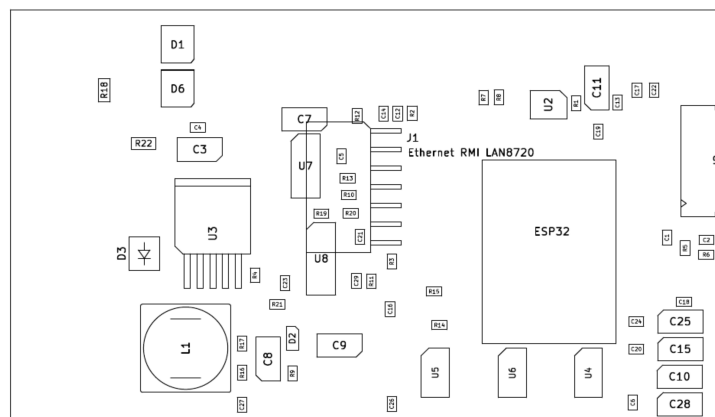
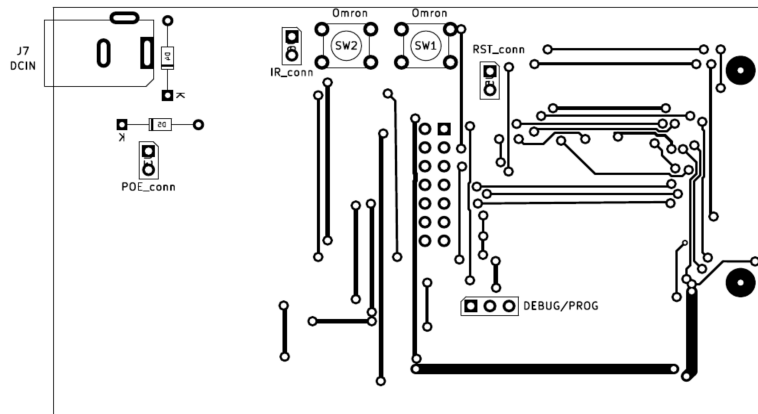
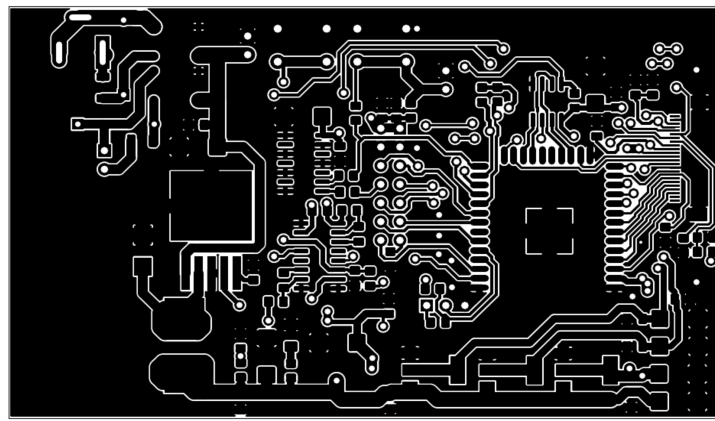


Elektrické schéma programovací desky kamery

PŘÍLOHA P VIII: KAMERA – DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ

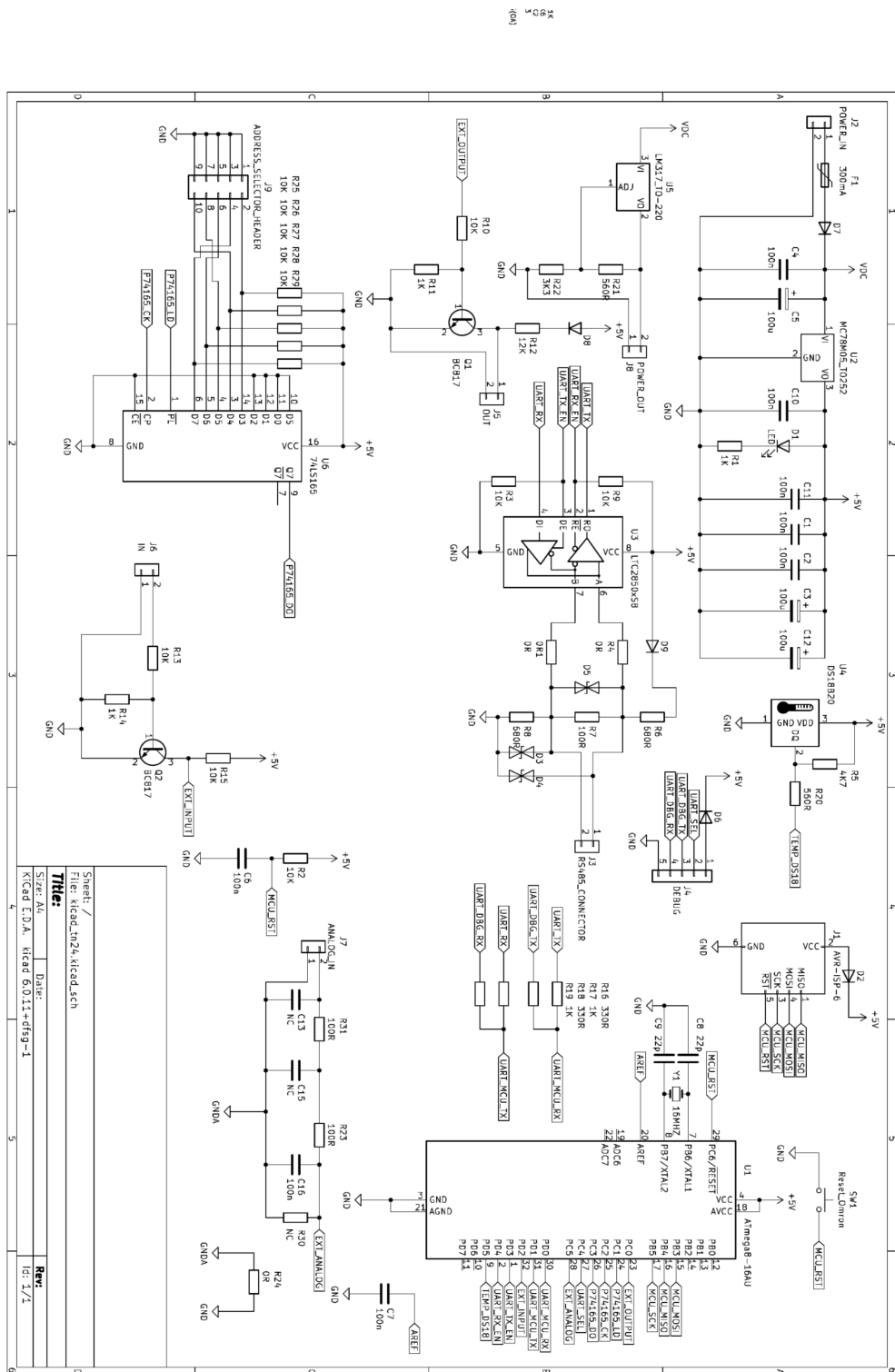


DPS deska programovací desky kamery



DPS deska kamery

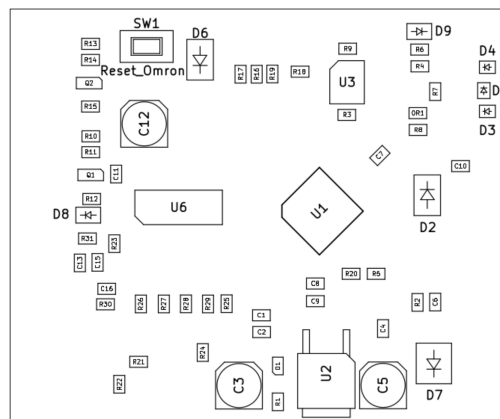
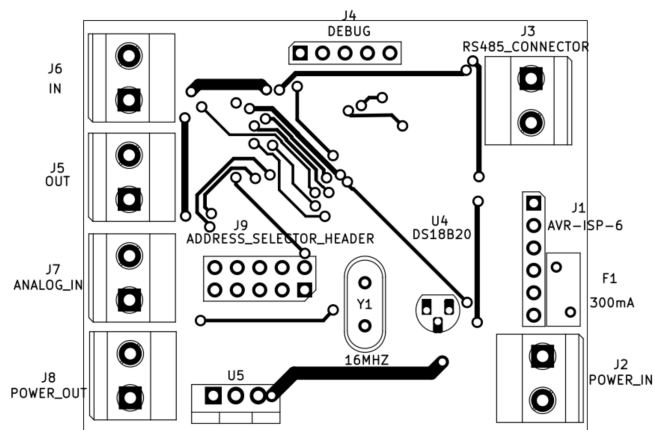
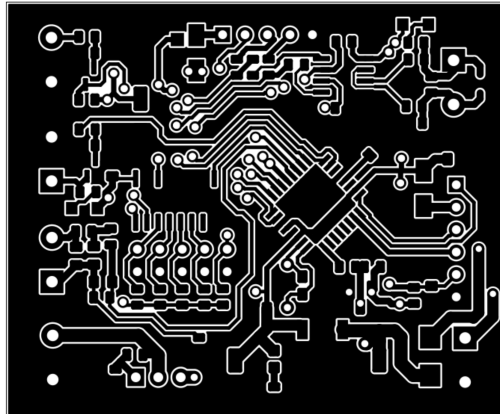
PŘÍLOHA P IX: KONCOVÁ JEDNOTKA – ELEKTRICKÁ SCHEMATA



Sheet: 7	Date:
File: Kicad_In24_Kicad.sch	
Size: A4	Draw:
Title: Kicad I.D.A. - Kicad 6.0.11+dfsg-1	
Rev: 1/1	

Elektrické schéma koncové jednotky

PŘÍLOHA P X: KONCOVÁ JEDNOTKA – DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ



DPS deska koncové jednotky