



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## ŘÍZENÍ POHONU KALOVÉHO ČERPADLA PŘES GSM

CONTROL OF PUMP OVER GSM

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vladimír Rybár

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

BRNO 2019

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Kybernetika, automatizace a měření**  
Ústav automatizace a měřicí techniky

**Student:** Bc. Vladimír Rybár

**ID:** 164385

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2018/19

**NÁZEV TÉMATU:**

## Řízení pohonu kalového čerpadla přes GSM

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Navrhněte a zrealizujte systém řízení plnění a monitorování závlahové nádrže pro zahrádkářskou kolonii. Proveďte literární rešerši.
2. Analyzujte současný stav řešení a navrhněte novou koncepci elektroinstalace a principu řízení.
3. Navrhněte elektroniku a vytvořte elektro projekt. Zrealizujte elektroniku/rozděč vybavenou elektronickou řídicí jednotkou a nezbytnými komponentami. Vybavte řídicí jednotku komunikační přes GSM rozhraní.
4. Vytvořte nezbytné programové vybavení, demonstřujte celkovou funkčnost systému.
5. Zhodnoťte zvolenou koncepci a řešení systému.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pavel Herout: Učebnice jazyka C, KOPP, 2004, IV. přepracované vydání, ISBN 80-7232-220-6  
Dle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 4. 2. 2019

**Termín odevzdání:** 13. 5. 2019

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.**  
předseda oborové rady

### UPOZORNĚNÍ:

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

## **Abstrakt**

Témou diplomovej práce je návrh a realizácia riadenia čerpadla pomocou GSM. V úvode práce je analyzovaný súčasný stav riadenia závlahového systému. Jadrom práce je navrhnutie nového konceptu riadenia závlahového systému s možnosťou ovládania prostredníctvom GSM. V práci sú vybrané vhodné komponenty spĺňajúce zadanie. Následne je navrhnutý riadiaci program. Záver práce tvorí overenie funkčnosti navrhnutého systému, zhrnutie dosiahnutých výsledkov a zhrnutie možností na rozšírenie systému.

## **Kľúčové slová**

závlahový systém, riadenie čerpadla, GSM, SIM800L, Arduino, ARMOSY-2

## **Abstract**

The topic of the final thesis is the project and realization of the pump control using GSM. The present (actual, current) state of control unit of irrigation system is analyzed in the introduction of this thesis. The core of this thesis is to design new controlling irrigation system with using GSM control. In this thesis there are selected suitable (appropriate) components, which are meeting the assignment. After that, the control program was designed. The conclusion of the thesis is to verify the functionality of designed system, to summarize achieved the result and to summarize the possibilities of the system expansion options.

## **Keywords**

irrigation system, pump control, GSM, SIM800L, Arduino, ARMOSY-2

### **Bibliografická citácia**

RYBÁR, Vladimír. *Řízení pohonu kalového čerpadla přes GSM* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/119257>.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Zdeněk Bradáč.



## **Prehlásenie**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Řízení pohonu kalového čerpadla přes GSM“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

V Brně dne: .....

.....  
podpis autora

## **Pod'akovanie**

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Zdeňku Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedenie a cenné rady pri vypracovaní tejto diplomovej práce. Ďalej by som chcel poďakovať firmám HWPRO a Dinel, s.r.o. za odborné konzultácie a poskytnuté zľavy na účely tejto diplomovej práce.

V Brne dňa: .....

.....

podpis autora

# Obsah

1	Úvod.....	9
2	Analýza súčasného stavu .....	9
2.1	Motor.....	10
2.2	Čerpadlo .....	11
2.3	Nádrž.....	11
2.4	Elektroinštalácia .....	12
2.5	Senzor pre určenie výšky hladiny v nádrži .....	12
2.6	Riadenie zavlažovacieho systému.....	13
3	Koncepcia systému .....	14
3.1	Výkonová časť .....	15
3.2	Riadiaca časť .....	15
3.2.1	Riadenie pomocou spätnej väzby z nádrže .....	15
3.2.2	Riadenie čerpadla pomocou GSM .....	15
3.2.3	Riadiaci systém ARMOSY-2.....	16
3.2.4	Popis zberník ARMOSY-2 .....	21
3.3	Snímače.....	23
3.3.1	Snímač výšky hladiny v nádrži .....	23
3.3.2	Senzor výšky hladiny potoka.....	24
3.3.3	Tlakový senzor.....	25
3.3.4	Teplotný senzor.....	26
3.4	Popis funkčnosti navrhovaného systému .....	26
3.4.1	Prevádzka bez ARMOSY-2.....	27
3.4.2	Prevádzka s ARMOSY-2.....	27
4	Schéma zapojenia .....	27
4.1	Prvky použité vo výkonovej časti .....	28
4.1.1	Ochrana pred skratom a nadprúdom.....	28
4.1.2	Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom .....	28
4.1.3	Kontrolné napäťové relé .....	28
4.1.4	Ochrana a spúšťanie motora .....	28
4.1.5	Výkonový spínací prvok.....	28
4.1.6	Meranie spotreby elektrickej energie motoru .....	29
4.1.7	Zdroj jednosmerného napätia.....	29
4.1.8	Napájanie technológií v strojožni .....	29
4.1.9	Hladinové relé.....	30
4.2	Prvky použité v riadiacej časti .....	30
4.2.1	Zapojenie ARMOSY-2 .....	30
4.2.2	Pomocné relé.....	34
4.2.3	Pripojenie snímača tlaku DMP 331 .....	35
4.3	Dvere rozvádzača.....	35

4.4	Rozpočet.....	35
5	Riadiaci program.....	36
5.1	Inicializácia .....	36
5.2	Ovládanie pomocou GSM.....	36
5.2.1	Funkcia na odosielanie AT príkazov .....	37
5.2.2	Funkcia na prijímanie SMS .....	37
5.2.3	Spracovanie textu SMS.....	37
5.2.4	Funkcia na odosielanie SMS.....	38
5.2.5	Administrátorský režim .....	38
5.3	Popis programu .....	39
5.4	Zhodnotenie programu .....	41
6	Záver .....	44
6.1	Možnosti rozšírenia.....	45
6.1.1	Datalogger na SD kartu.....	45
6.1.2	Podsvietenie displeja.....	45
6.1.3	Spravovanie tel. zoznamu prostredníctvom SMS.....	45
6.1.4	Zistenie stavu systému pomocou SMS .....	46
6.1.5	Definícia možných časov prevádzky .....	46
6.1.6	Rozšírenie o ovládanie pomocou GPRS .....	46
6.1.7	Detekcia utrhnutej spojky .....	46
6.1.8	Automatizované zdvíhanie zábrany v potoku.....	46

# 1 ÚVOD

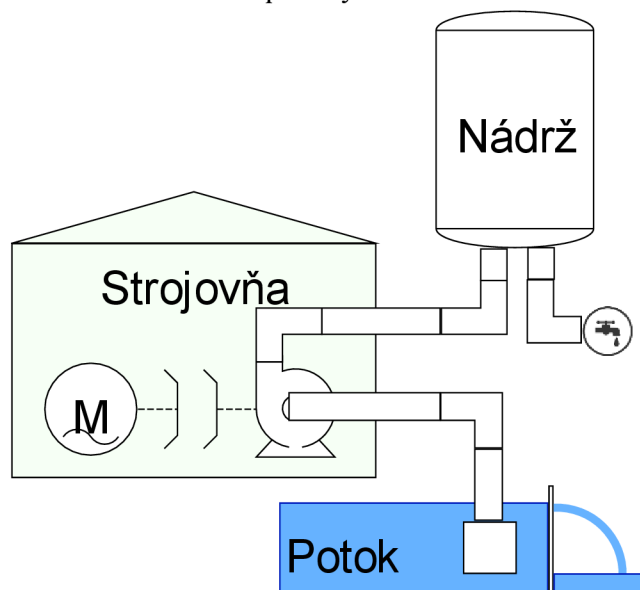
Predmetom diplomovej práce bude návrh riadenia kalového čerpadla pomocou GSM (Global System for Mobile communications). Kalové čerpadlo sa využíva v záhradkárskej osade na čerpanie potočnej vody na účely závlahy jednotlivých záhrad. V osade sa nachádza približne 150 záhrad. Nejedná sa o automatizovaný závlahový systém. Každá záhrada má k dispozícii prípojku k sústave, za ktorou si nasledovne pripojí zavlažovací systém prípadne iba ventil podľa vlastného uváženia. Súčasný systém s pohonom spravuje a udržiava nezisková organizácia ZO SZZ č.23-55, ktorá bude financovať všetok materiál zakúpený na účely tejto diplomovej práce. Autor práce navrhne a zrealizuje nový systém bez nároku na honorár. Organizácia má vyhradený a schválený rozpočet na inováciu systému vo výške 1 500€. Požiadavka na možnosť riadenia prostredníctvom GSM prišla od predsedu organizácie. Keďže v záhradkárskej osade sa nenachádzajú stáli obyvatelia, tak v prípade akejkoľvek poruchy sa organizácia dozvie o poruche až v okamžiku, keď sa minie úžitková voda z nádrže. Pohon s čerpadlom taktiež vydáva hluk, ktorý môže byť veľmi nežiaduci pri oddychu, prípadne pri rodinných oslavách, ktoré sú stále častejšie v letných mesiacoch v priestoroch osady. V prípade ak je žiaduce dočasne odstaviť systém z dôvodu hluku, alebo napríklad z dôvodu znečistenia potočnej vody je ovládanie pohonu pomocou GSM veľmi uľahčujúci prostriedok. Pripojenie k internetu pomocou wifi/ethernetu nie je možné nakoľko do priestorov osady nie je privedená internetová prípojka. Preto bola zvolená možnosť ovládania cez GSM. Práca bude vypracovaná na základe požiadaviek predsedu záhradkárskej osady, vedúceho diplomovej práce a samozrejme s ohľadom na bezpečnosť ľudí, zvierat a majetku. Výsledné zariadenie bude uvedené do prevádzky v záhradkárskej osade v Dubnici nad Váhom na Slovensku. Predmetom práce bude navrhnuť koncepciu systému, navrhnuť obvody schému, vybrať vhodné komponenty, realizovať navrhnutý systém a vyhodnotiť výsledky.

## 2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Systém na čerpanie potočnej vody do nádrže a následný rozvod do jednotlivých záhrad (ďalej len „zavlažovací systém“) bol navrhnutý a realizovaný v záhradkárskej osade v rokoch 1970 – 1972. Zavlažovací systém sa používa najmä v jarných, letných a jesenných mesiacoch. Počas zimných mesiacov je systém vypnutý, nakoľko v týchto mesiacoch nie je potreba zavlažovania a čerpaná voda by v prípade zamrznutia poškodila potrubia, nádrž a aj samotné čerpadlo. Pohon s čerpadlom sa nachádza v technickej miestnosti (ďalej len „strojovňa“) v blízkosti potoka. V potoku je vytvorená pomocou zdvíhateľnej mechanickej zábrany zásobáreň vody. Táto zábrana je zdvíhateľná ručne pomocou kľuky. V zimných mesiacoch, v prípade

veľkej vody, alebo v prípade kalnej vody je mechanická zábrana zdvihnutá, aby mohol potok odtekať a nevyliat sa z koryta, prípadne sa nedostala kalná voda do zavlažovacieho systému. V blízkosti potoka sa nachádza strojovňa, v ktorej je pohon s kalovým čerpadlom, ktorý prostredníctvom sacieho koša čerpá vodu z potoka do nádrže. Nádrž sa nachádza približne 250 metrov vzdušnou čiarou od strojovne na geologicky najvyššom mieste záhradkárskej osady. Voda z nádrže sa následne distribuuje do jednotlivých záhrad pomocou tiažovej sily prostredníctvom potrubí.

Na Obr.1 môžete vidieť súčasnú koncepciu systému.



Obr.1 Súčasná koncepcia systému

## 2.1 Motor

V priestoroch strojovne sa nachádza motor, ktorý poháňa čerpadlo. Identifikáciou bolo zistené, že sa jedná o trojfázový asynchrónny motor s kotvou na krátko. Motor je 2-pólový s otáčkami 2900 ot/min. Motor bol vyrobený v roku 1972 a z dôvodu poruchy bol v roku 2010 na generálnej oprave. Parametre motoru z výrobného štítku sú nasledovné:

Výrobca:	MEZ Mohelnice
Typ:	APU112M-2
Tvar:	M101
P[kW]:	---- (údaj zničený)
Druh prevádzky:	S1-kontinuálna prevádzka
Napájanie:	Y/Δ 380/220V
Prúd:	12/20\8A

Otáčky: 2900 ot/min

Motor je trvale pripojený do hviezdy a je spúšťaný priamo pomocou výkonového stykača. Motor je pripojený k čerpadlu pomocou spojky LKN 40 s plastovou vložkou.

## 2.2 Čerpadlo

V strojovni sa nachádza odstredivé kalové čerpadlo, ktoré čerpá vodu z potoka do nádrže. Čerpadlo je od výrobcu SIZACO Závadka. Čerpadlo je pravidelne servisované a v roku 2018 prešlo generálnou opravou. Parametre čerpadla zo štítku sú nasledovné:

Výrobca: SIZACO Závadka  
Typ: 80•NVA•175•12•LM•9  
P: 8.3 kW  
 $Q_r$ : 23.3 l/s  
Otáčky: 2900 ot/min

Miesto čerpania vody z potoka a fotografiu pohonu môžete vidieť pre lepšiu predstavu na Obr. 2.



Obr. 2 Miesto čerpania a súčasný pohon

## 2.3 Nádrž

Kovová nádrž o objeme približne 20 m<sup>3</sup> je umiestnená približne 250m vzdušnou čiarou od čerpadla a približne o 20 výškových metrov vyššie. Nádrž sa nachádza na najvyššom mieste záhradkárskej osady. Nádrž je z vrchnej časti pootvorená, kvôli prívodu/odvodu vzduchu v prípade klesania/stúpania hladiny. V čase uvádzania do prevádzky v rokoch 1970-1972 bola nádrž uzatvorená a pri poklese vodnej hladiny podtlak poškodil nádrž, ktorá musela byť následne opravovaná. Na Obr.3 môžete vidieť fotografiu nádrže.



Obr. 3 Kovová nádrž

## 2.4 Elektroinštalácia

Elektroinštalácia v strojovni je takmer v úplne pôvodnom stave z rokov 1970 až 1972. Inštalácia bola odvtedy iba udržiavaná v prevádzkyschopnom stave. Keďže neexistujú žiadne elektrické schémy zapojenia, v prípade poruchy by bolo jej odstránenie zdĺhavé a možno aj nemožné z dôvodu, že by nebolo možné zohnať náhradné diely. Na Obr. 4 môžete vidieť súčasný stav elektroinštalácie.



Obr.4 Súčasný stav elektroinštalácie

## 2.5 Senzor pre určenie výšky hladiny v nádrži

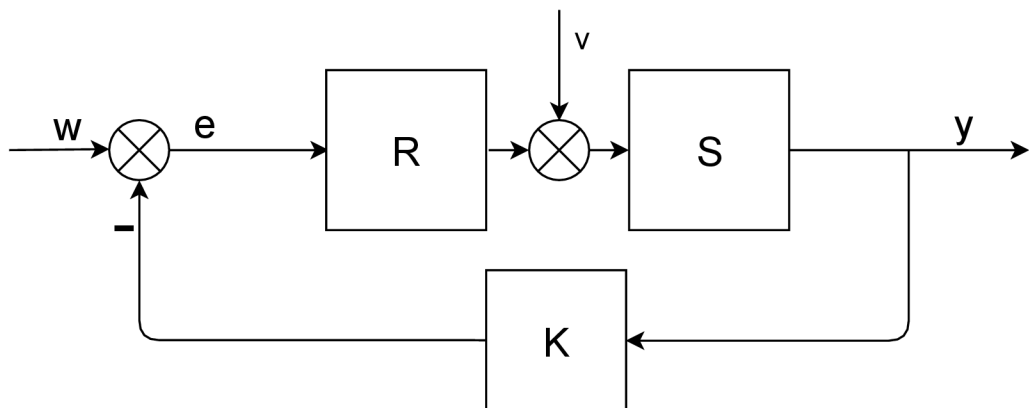
Na určenie výšky hladiny v nádrži sa používa nespojitý senzor hladiny, ktorý je upevnený z vrchnej časti nádrže. Jedná sa o plavákový spínač VP 5D od výrobcu Závody silnoprúdové elektrotechniky OEZ Letohrad. Z analýzy vyplýva, že sa jedná o plavák s mechanickým prepínačom minimálnej a maximálnej hodnoty. Na plaváku je možné nastavovať obe hodnoty (min/max) pomocou zmeny polohy zábran na vodiacom



lanku. Signály z plaváka sú pomocou kábla dovedené do priestorov strojovne. Signál z plaváku tvorí jedinú spätnú väzbu regulačnej schémy.

## 2.6 Riadenie zavlažovacieho systému

Z diagnostiky súčasného stavu vyplýva, že zavlažovací systém funguje na princípe jednoduchej on/off regulácie. V súčasnej riadiacej jednotke sa nachádza zdroj jednosmerného napätia 24V, ktorého signál je vedený káblom k nádrži a je pripojený ku plaváku, spomenutému v kapitole 2.5. Plavák funguje tak, aby spĺňal funkciu dočerpávania vody v nádrži. Signál z plaváku zopína priamo cievku relé, ktoré následne zopne motorový stykač V13C. Základná regulačná schéma sústavy je vidieť na Obr. 5.

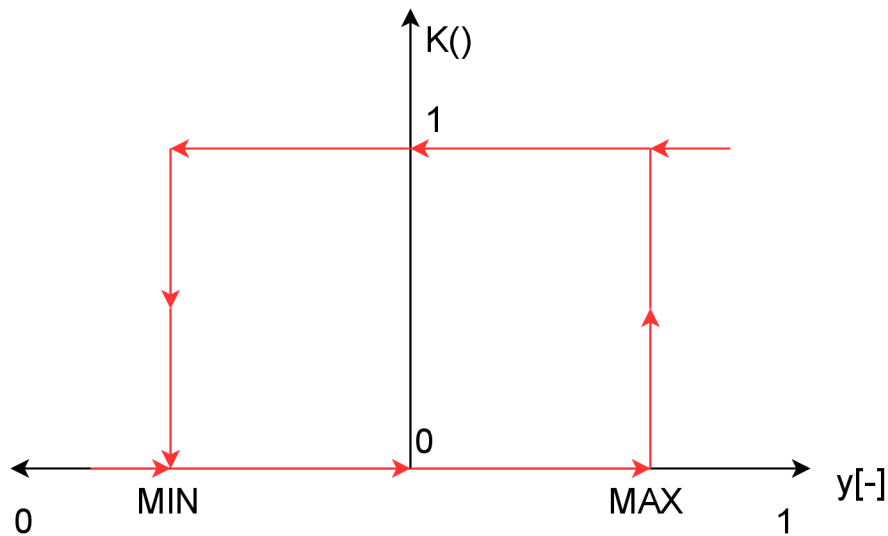


Obr. 5 Regulačná schéma zavlažovacieho systému

### Vysvetlivky:

w	...	žiadaná výška hladiny vody v nádrži v rozmedzí 0 až 1 , kde nula je prázdna nádrž a 1 je plná nádrž. Keďže je žiaduce aby bolo v nádrži stále dostatok vody na závlahu je žiadaná hodnota konštantná $w=1$ .
e	...	regulačná odchylka $e = w - K(y)$
R	...	regulátor- pomocné relé a výkonový stykač motora akčný člen- pohon s kalovým čerpadlom
S	...	Nádrž na vodu spomenutá v kapitole 2.3. Nádrž na vodu je integračného charakteru.
v	...	Porucha ovplyvňujúca výšku vodnej hladiny v nádrži v dôsledku jej používania na závlahu
y	...	výška vodnej hladiny v nádrži v rozmedzí 0 až 1, kde 0 signalizuje prázdnu nádrž a je 1 signalizuje plnú nádrž.

K ... Senzor pre určenie výšky hladiny VP 5D spomenutý v kapitole 2.5, ktorý má prenosovú funkciu zobrazenú na Obr. 6



Obr. 6 Prenosová funkcia VP 5D

Z kapitoly 2 vyplýva, že používaný systém je značne zastaraný a nie je odolný voči poruchám. Je teda vhodné ho inovovať.

### 3 KONCEPIA SYSTÉMU

Po dohode s predsedom záhradkárskej osady bolo rozhodnuté, že z pôvodného zavlažovacieho systému bude ponechaný motor s čerpadlom. Motor aj čerpadlo sú po generálnej oprave. V skladových zásobách záhradkárskej organizácie sa nachádza náhradný motor aj čerpadlo. Taktiež ostane pôvodná nádrž spolu so sústavou potrubí. Žiadúca je výmena celej elektroinštalácie, riadenia a snímačov. Musí byť vypracovaná schéma zapojenia spolu so zoznamom použitých dielov tak, aby v prípade poruchy bolo jednoduché identifikovať pokazený diel a objednať nový. Po vzájomnej dohode s predsedom záhradkárskej osady s ohľadom na cenu bolo dohodnuté, že meranie výšky vodnej hladiny v nádrži bude nespojité. Pre funkčnosť systému nie je potrebné merať výšku hladiny v nádrži spojito, ale stačí merať dva limitné stavy a to MIN a MAX tak, ako v súčasne používanom koncepte. V tejto kapitole bude navrhnutá nová koncepcia systému. Novú koncepciu systému môžeme rozdeliť do troch samostatných kapitol: Výkonová časť, Riadiaca časť, Snímače. Súčasťou tejto práce bude vypracovaná dokumentácia elektrického rozvádzača. Elektrický rozvádzač bude následne podľa dokumentácie realizovaný a otestovaný. Rozvádzač bude obsahovať výkonovú a riadiacu časť zavlažovacieho systému a taktiež výkonové prvky napájajúce priestor strojovne (osvetlenie, zásuvky, ...).

## 3.1 Výkonová časť

Výkonová časť obsahuje všetky elektrické prvky potrebné pre bezpečný chod motoru, samozrejme s ohľadom na bezpečnosť ľudí, zvierat a majetku. Asynchrónny motor bude trvale pripojený do hviezdy a bude spúšťaný pomocou stykača. Použitie frekvenčného meniča prípadne prepínača hviezda/trojuholník na riadenie motora nie je potrebné. Motor s čerpadlom fungujú spoľahlivo pri zapojení motora do hviezdy posledných skoro 40 rokov. Celá výkonová časť musí byť nadimenzovaná a diely navrhnuté tak, aby v prípade poruchy niektorej z častí nebol problém vytypovať a zakúpiť náhradný diel podľa dokumentácie.

## 3.2 Riadiaca časť

Riadiaca časť bude obsahovať komponenty, ktoré budú riadiť výkonovú časť rozvádzača – stykač. V tejto časti sa budú spracovávať všetky signály senzorov. Súčasťou riadiacej časti musí byť taktiež možnosť ovládať čerpadlo pomocou GSM.

### 3.2.1 Riadenie pomocou spätnej väzby z nádrže

Prioritným riadiacim prvkom pre spúšťanie a vypínanie pohonu bude spätná väzba od snímača umiestneného na nádrži. V prípade poklesu vodnej hladiny pod výšku stanovenú ako MIN je nutné spustiť pohon následkom čoho začne stúpať hladina v nádrži. Keď dosiahne hladina výšku stanovenú ako MAX čerpadlo musí vypnúť.

### 3.2.2 Riadenie čerpadla pomocou GSM

Pre splnenie zadania je nutné vyhľadať vhodný riadiaci systém pomocou ktorého bude možné ovládať motor pomocou GSM – SMS, prípadne cez internet. Tento riadiaci systém musí taktiež disponovať štandardizovanými vstupmi a výstupmi tak, aby bolo možné do tohto systému pripojiť senzory z kapitoly 3.3 (vstupy) a taktiež aby systém mohol zasahovať do výkonovej časti spomínanej v kapitole 3.1 (výstupy) a tým spúšťať alebo vypínať čerpadlo.

#### 3.2.2.1 Prieskum trhu

Na základe požiadavky na možnosť ovládania motoru cez GSM je nevyhnutné spraviť prieskum trhu a vybrať vhodný riadiaci systém. Prieskumom trhu boli vybraté tri vhodné systémy:

1. Ovládacie GSM relé HX-GO1 s jedným výstupom [17]

Ako prvé zariadenie spĺňajúce zadanie je GSM relé od výrobcu Homelux model HX-GO1. Zariadenie sa používa na jednoduché ovládanie závor, otváranie garáže, zapínanie kúrenia. Disponuje jedným reléovým výstupom, ktorý je možné ovládať buď prezvonením alebo SMS príkazmi. V HX-GO1 je k dispozícii administrátorský režim, kde môže administrátorské telefónne číslo editovať zoznam tel. čísiel, ktoré majú právo ovládať GSM relé.

## 2. AutoLog GSM-4 RTU [18]

Kontrolér od fínskeho výrobcu ff-automation, ktorý obsahuje PLC s komunikačným rozhraním GSM / GPRS / SMS. Zariadenie disponuje digitálnymi vstupmi, jedným výstupom, a dvomi výstupnými relé.

## 3. ARMOSY-2 [13]

Zariadenie od českého výrobcu HWPRO ktorého základom je Arduino Due. K zariadeniu je veľké množstvo prídavných modulov ako wifi, GSM modul, Ethernet. K zariadeniu je ku stiahnutiu manuál s podrobným popisom jednotlivých častí zariadenia.

V nasledujúcej tabuľke budú porovnané možné varianty riadiacich systémov:

Tab.1. Porovnanie riadiacich systémov

	GSM relé HX-GO1	Autolog GSM-4 RTU	ARMOSY-2
DI	0	4	8
DO	0	1	8
AI	0	0	4
AO	0	0	2
Možnosť GSM	✓	✓	✓
RO(relé)	1	2	4
Programovanie	cez SMS	SCADA	Arduino Due

Na základe prieskumu bol vybraný riadiaci systém ARMOSY-2, ktorý ma najviac digitálnych vstupov a výstupov a je k nemu k dispozícii podrobný manuál. Taktiež je možné naprogramovať ho na takmer ľubovoľné použite, keďže jeho základom je Arduino Due, ktoré sa dá naprogramovať presne podľa špecifických požiadaviek. Na účely tejto diplomovej práce bola poskytnutá zľava na systém firmou HWPRO vo výške 50%.

### 3.2.3 Riadiaci systém ARMOSY-2

Na základe prieskumu trhu bol na tento účel vybraný riadiaci systém ARMOSY-2 (ARduino MOdule SYstem) od výrobcu HWPRO (Obr.7). Tento systém je štandardizovaný pre montáž na DIN lištu a má nasledujúce parametre [13]:

Jadro	Arduino Due CPU: AT91SAM3X8E, ARM, 3.3V, 84MHz
EEPROM	256kB
RTC (Real Time Clock)	DS3231 s batériou CR2032
RS-232	2x
RS-485	1x
Vstupy	8, opticky oddelené, konfigurovateľné
Výstupy	8, opticky oddelené, konfigurovateľné
Univerzálne	8x
Rozsah napájania	8V~72V AC/DC, konfigurovateľné
Spotreba	4W
Zobrazenie	2.4" dotykový displej 240x320px
Úložisko	Slot pre SD kartu
Tlačidlá	2x
Optická signalizácia (LED)	2x
<u>Voliteľné príslušenstvo</u>	
USB	1x (čip FT232)
Ethernet	Wiznet W5500
Wifi	ESP8266
GSM	SIM800L
Meranie prúdu	2x $\pm 5A \sim \pm 30A$ , ACS-712
Prevodníky AD	4x AD 0~10V, 18 bitové
Prevodníky DA	4x DA 0~10V, 12 bitové
Zvuk	NF DAC s reproduktorom
Reléové výstupy	4x s prepínacím kontaktom 250V/10A AC



Obr.7 Riadiaci systém ARMOZY-2 [13]

Z voliteľného príslušenstva bude použité: GSM modul, AD prevodník, výkonové reléové výstupy. Celý systém je dodávaný iba s testovacím softvérom, ktorý slúži na otestovanie funkčnosti hardvéru, ktorý nie je možné editovať ani použiť na účely tejto práce. Zapojenie vstupov a výstupov je dostupné v prílohe B (str.).

### 3.2.3.1 GSM modul SIM800L

GSM modul SIM800L je malý kompaktný model, ktorý má nasledujúce základné parametre:

1. Podporovaná frekvencia siete: 850, 900, 1800, 1900MHz
2. Pripojenie ku globálnej GSM sieti s pomocou SIM karty
3. Uskutočňovanie a prijímanie telefónnych hovorov
4. Odosielanie a prijímanie SMS správ
5. Odosielanie a prijímanie GPRS dát (TCP/IP, HTTP, atď.)

GSM modul bude pripojený k Arduino Due pomocou sériovej linky RX2/TX2. Pripojenie modulu SIM800L je zobrazené na Obr. 8



Obr. 8 Modul SIM800L[6]

Popis jednotlivých pinov je vysvetlený v nasledujúcej tabuľke:

Tab. 2: Zapojenie SIM800L

Pin	Funkcia	Pin	Funkcia
NET	Slúži na pripevnenie antény	RING	Signál indikujúci prichádzajúci hovor
VCC	Napájanie v rozsahu 3.4V až 4.4V	DTR	Aktivácia/Deaktivácia režimu spánku
RST	Hardvérový reset	MIC+	Pripojenie mikrofónu
RXD	Prijímač sériovej linky	MIC-	Pripojenie mikrofónu
TXD	Vysielač sériovej linky	SPK+	Pripojenie slúchadla
GND	0V	SPK-	Pripojenie slúchadla

Komunikácia s ARMOSY-2 bude zabezpečená pomocou štandardizovaných AT príkazov. Existujú knižnice, ktoré disponujú funkciami pre prijímanie a odosielanie hovorov, prijímanie a odosielanie SMS. Avšak priame odosielanie AT príkazov umožňuje využiť celý potenciál modulu v budúcnosti. V manuáli k modulu SIM800L sa nachádza zoznam všetkých podporovaných príkazov pre modul SIM800L (dostupný na priloženom CD). Komunikácia modulu s ostatnými GSM zariadeniami (prioritne mobilný telefón) bude prebiehať pomocou SMS (Short Message Service).

### 3.2.3.2 Popis SMS komunikácie

S ohľadom na aplikáciu, bude navrhnutý koncept komunikácie medzi ARMOSY-2 a koncovým užívateľom. Typy SMS ktoré bude prijímať riadiaci systém môžeme rozdeliť na 2 základné skupiny:

#### 1) Príkazové SMS

Príkazové SMS správy bude systém spracovávať iba od čísiel, ktoré bude mať uložené v pamäti. Týmto opatrením sa eliminuje nežiadúce ovládanie čerpadla treťou osobou v prípade úniku telefónneho čísla SIM karty v ARMOSY-2. Po overení, že číslo má oprávnenie ovládať čerpadlo bude vykonaný konkrétny príkaz. Po vykonaní príkazu bude odosielateľovi zaslaná potvrdzujúca SMS o vykonaní príkazu.

#### 2) Informačné SMS

Informačné SMS správy budú slúžiť na zistenie aktuálneho stavu pohonu, prípadne ostatných dostupných veličín. Tieto správy budú mať informačný charakter a nebudú môcť zasahovať do chodu čerpadla. Riadiaci systém bude odpovedať na tieto SMS správy iba číslam uložených v telefónnom zozname. Zamedzi sa tým zneužívaniu telefónneho čísla.

Oba typy SMS správ budú mať presne definovaný tvar. Ostatné tvary SMS správ budú ignorované. V prípade ak číslo z telefónneho zoznamu pošle nepodporovaný príkaz, systém mu odošle prostredníctvom SMS zoznam podporovaných príkazov. Riadiaci systém nebude prijímať žiadne telefónne hovory. Všetky SMS budú ihneď po prijatí zmazané z pamäti SIM karty a nebudú sa archivovať.

### **3.2.3.3 Obvod RTC (Real-time clock)**

V ARMOSY-2 bude osadený taktiež obvod reálneho času s teplotnou kompenzáciou DS3231 pomocou zbernice I2C. Obvod bude mať vlastnú batériu CR2032, ktorá bude zaisťovať chod hodín aj pri vypnutom napájaní. Pomocou zbernice je možné v obvode nastaviť aktuálny čas. Obvod DS3231 môže generovať pravouhlý signál o frekvencii 1Hz, 1kHz, 4kHz, 8kHz a 32kHz. Adresáciou konkrétnych registrov dokážeme z obvodu získať dáta o aktuálnom čase: Deň, Mesiac, Rok, Hodina, Minúta, Sekunda, Deň v týždni.

### **3.2.3.4 Prevodník A/D**

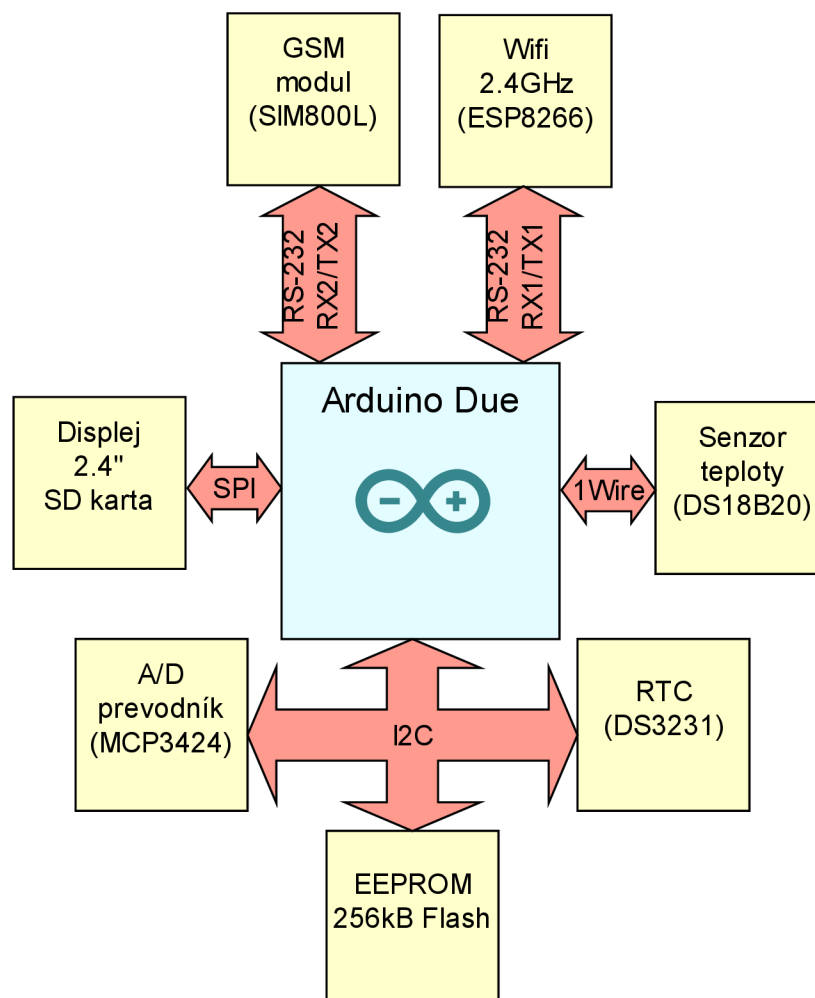
Súčasťou ARMOSY-2 budú taktiež štyri analógovo digitálne prevodníky. Obvod MCP3424 je pripojený pomocou zbernice I2C. Rozlíšenie tohto prevodníku môže byť 12, 14, 16 alebo 18 bitov.

### **3.2.3.5 Dotykový displej UTFT + SD karta**

K riadiacej jednotke bude taktiež pripojený dotykový 2,4“ displej s rozlíšením 240x320 pixelov. Súčasťou displeja bude taktiež slot pre SD kartu. Displej používa 8 bitový prenos dát.

Na nasledujúcom Obr.9 je zobrazené pripojenie jednotlivých komponentov k Arduino Due.





Obr. 9 Pripojenie komponentov ku Arduino Due

## 3.2.4 Popis zberníc ARMOSY-2

### 3.2.4.1 RS-232

Inak nazývaná sériová linka je zbernica, ktorá umožňuje komunikáciu medzi dvoma zariadeniami. Využíva sériovú komunikáciu, to znamená, že dáta sú vysielané postupne po jednom bite postupne za sebou. Linka disponuje dvoma vodičmi RX (Receiver - prijímač) a TX (Transmitter - vysielateľ) a spoločným vodičom GND. Pre správnu komunikáciu je nevyhnutné, aby mali obe zariadenia nastavené rovnaké prenosové parametre (počet bitov, parita, stop bit, prenosová rýchlosť). Pri asynchrónnej komunikácii sa vysielajú cez TX synchronizačný dátový balík, pomocou ktorého sa obe zariadenia zosynchronizujú. [16]

### 3.2.4.2 SPI

Na rozdiel od RS-232 sa jedná o synchronnú zbernicu, čo znamená, že na zbernici je masterom určený hodinový signál ktorým sa riadia všetky zariadenia. Na

zbernici môže byť pripojený iba jedno zariadenie typu master (väčšinou mikrokontrolér) a viacero zariadení typu slave. Špecifikácia prenosovej rýchlosti nie je potrebná, nakoľko sa jedná o zbernicu riadenú hodinovým signálom. Zbernica sa skladá zo 4 vodičov [12]:

- |      |   |   |
|------|---|---|
| SCK  | – | hodinový signál generovaný masterom   |
| MOSI | – | (Master Out / Slave In) využíva sa na prenos dát zo zariadenia master do zariadenia slave.  |
| MISO | – | (Master In / Slave Out) využíva sa na prenos dát zo zariadenia slave do zariadenia master   |
| SS   | – | (Slave Select) v prípade ak je na zbernici viacero zariadení typu slave, signál určuje logickou úrovňou ktorý slave je aktívny. Slave je aktívny v prípade logickej úrovne 0. |

### 3.2.4.3 I2C

Zbernica I2C (taktiež známa ako IIC alebo I<sup>2</sup>C) bola navrhnutá firmou Philips na začiatku 80-tych rokov, aby umožnila jednoduchú komunikáciu medzi komponentami nachádzajúcimi sa na rovnakej doske. Pôvodná komunikačná rýchlosť bola definovaná s maximálnou rýchlosťou 100 kbit/s kde mnoho aplikácií nepožadovalo väčšiu prenosovú rýchlosť. Od roku 1998 sú k dispozícii zbernice I2C s vysokou rýchlosťou 3,4 Mbit/s.

Základný popis zbernice I2C:

- Zbernica vyžaduje použitie iba dvoch vodičov (hodinový signál a dátový)
- Nie je limitovaná striktne nastavenou prenosovou rýchlosťou ako RS-232, master generuje hodiny pre zbernicu.
- Jednoduché vzťahy medzi zariadeniami pripojenými na zbernicu typu master/slave.
- Každé zariadenie pripojené k zbernici je programovo adresovateľné jedinečnou adresou
- I2C je takzvanou multi-master zbernicou, ktorá disponuje detekciou kolízií

### 3.2.4.4 1Wire

1Wire je zbernica, ktorú navrhla firma Dallas Semiconductor, ktorá zabezpečuje nízko rýchlostný prenos dát a napájania. Napájanie a dátový vodič môžu byť spojené parazitne v jednom vodiči. Zbernica je podobná zbernici I2C, ale s nižšími prenosovými rýchlosťami a umožňuje väčší dosah. Každé zariadenie pripojené na zbernicu obsahuje v pamäti register s unikátnym identifikačným kódom. Vďaka tejto možnosti je možné pripojiť na zbernicu dve identické zariadenia, ktoré budú rozlíšené pomocou identifikačného kódu. [19]

### 3.3 Snímače

S ohľadom na zadanie práce a na základe analýzy súčasného stavu je nutné vytypovať vhodné snímače s ohľadom na funkčnosť a robustnosť systému. Pôvodný plavák mal mechanický prepínač a v minulosti sa stalo, že pri dosiahnutí hladiny MAX plavák prepol kontakt avšak nedošlo k vodivému spojeniu. Čerpadlo teda fungovalo celú noc až kým si niekto poruchu nevšimol. Vďaka tomu došlo k zaplaveniu veľkej časti záhradkárskej osady, keďže čerpadlo má objemový prietok približne 20 litrov vody za každú sekundu. Na základe tejto skúsenosti je nevyhnutné vytypovať robustný snímač samozrejme s ohľadom na schválený rozpočet.

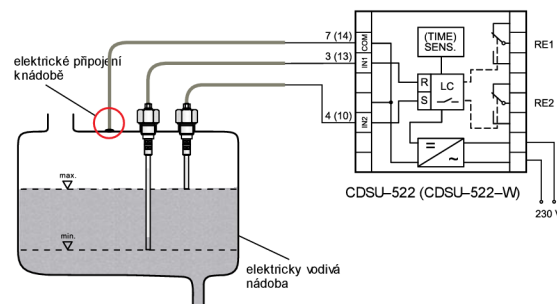
#### 3.3.1 Snímač výšky hladiny v nádrži

Z dôvodu, že nie je nutné merať výšku hladiny spojito, ale iba dva limitné stavy minimum/maximum je dostačujúce vybrať snímače z kategórie nespojitých snímačov hladiny.

Snímače umiestnené na nádrži sa budú nachádzať v exteriéri vystavené všetkým poveternostným vplyvom ako slnečné žiarenie, dážď, premenlivá teplota, atď. Taktiež sa snímače nebudú demontovať počas zimy aj keď bude zavlažovací systém odstavený. Z tohto dôvodu je nutné vybrať vhodný robustný snímač, ktorý bude spĺňať všetky požiadavky.

Zo skúseností s plavákovom VK 5D je vhodné eliminovať všetky pohyblivé časti. Najvhodnejší typ snímaču spĺňajúci zadanie je vodivostný senzor výšky hladiny. Využitie vodivostných senzorov je taktiež výhodné z dôvodu, že nádrž na vodu je celokovová a môže plniť funkciu spoločnej elektródy (Obr. 10).

Bol vytypovaný vodivostný senzor od firmy Dinel typ CNP-18.



Obr. 10 Zapojenie vodivostných senzorov na nádrž [8]

### 3.3.1.1 Vodivostný senzor CNP-18

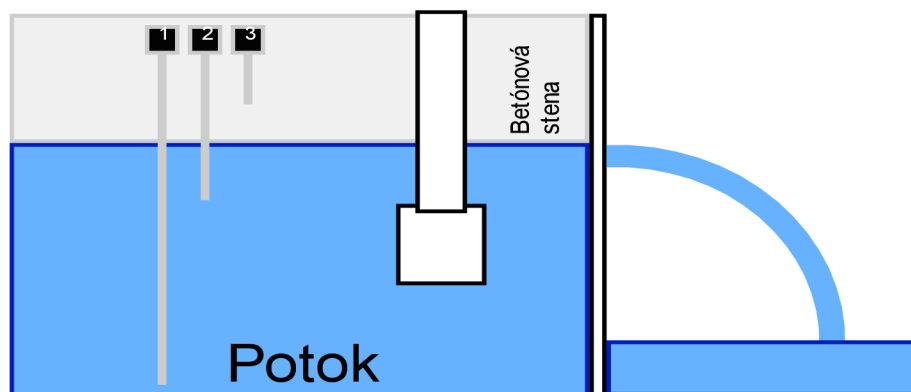
Vodivostný senzor CNP-18 je určený pre priamu detekciu hladiny vodivých kvapalín. Materiál puzdra ako aj elektródy je z nerezovej ocele 1.4305. Senzor je možné objednať v rôznych variantoch pre horizontálnu a vertikálnu montáž. Z dôvodu možných netesností na nádrži bol zvolený koncept vertikálneho variantu, ktorý disponuje demontovateľnou elektródou v ľubovoľnej dĺžke od 50 do 3000mm. Vodivostný senzor CNP-18 môžete vidieť na Obr. 11



Obr. 11 Vodivostný senzor CNP-18 [7]

### 3.3.2 Senzor výšky hladiny potoka

V doterajšom koncepte nebola riešená ochrana, keď je nedostatočná výška hladiny potoka. Pri tejto poruche sa môže do čerpadla nasat' vzduch. Tým sa znefunkční jeho činnosť a môže dôjsť k jeho prehriatiu. V prípade vysokej hladiny vody v potoku (záplav), býva voda značne znečistená a taktiež môže dôjsť k vyliatiu koryta potoka. Preto je nevyhnutné vypnúť pohon a zdvihnúť zábranu v potoku aby mohla voda odtekať a nevylialo sa koryto. Tieto stavy vyžadujú zásahy človeka na znovu uvedenie do prevádzky čo je nežiaduce. Preto budú v priestore sacieho koša nainštalované rovnaké vodivostné senzory ako na nádrž typu CNP-18, ktoré v prípade nízkej resp. vysokej vodnej hladiny vypnú motor s čerpadlom. V priestore sacieho koša sú však iba betónové okraje a na funkciu spoločnej elektródy je potrebné ďalší senzor. Celkovo sa teda budú v priestore sacieho koša nachádzať 3 vodivostné senzory CNP-18. Pre lepšiu predstavu je konfigurácia znázornená na Obr. 12



Obr.12 Konfigurácia CNP-18 v priestore potoka

Vysvetlivky ku Obr. 12:

- 1 – spoločná elektróda (slúži na uzavretie obvodu)
- 2 – detekcia nízkej hladiny potoka
- 3 – detekcia vysokej hladiny potoka

### 3.3.3 Tlakový senzor

K orientačnému meraniu tlaku vody v celej sústave bude slúžiť tlakový senzor DMP 331, ktorý bude pripevnený na potrubí za čerpadlom v priestoroch strojovne. Tento snímač bude slúžiť na meranie hydrostatického tlaku, na základe ktorého sa bude dať určiť výška vodnej hladiny v sústave. Prepočet hydrostatického tlaku na výšku vodnej hladiny je možný pomocou vzorca

$$h = \frac{p}{\rho g} \quad [m]$$

- $p$  ... hydrostatický tlak [Pa]
- $\rho$  ... hustota vody [kg/m<sup>3</sup>]
- $g$  ... tiažové zrýchlenie [m/s<sup>2</sup>]

V prípade ak čerpadlo čerpá vodu bude výsledok skreslený o dynamický tlak vznikajúci za čerpadlom.

Snímač tlaku DMP 331 je vhodný pre použitie v rozsahu tlakov od 0 až 0,6MPa. Jedná sa o relatívny snímač tlaku. Pripojenie snímača do riadiacej jednotky je dvoj vodičovo pomocou prúdovej slučky 4-20mA.

Snímač je vyrobený z nerezovej ocele 1.4404 z nerezovej ocele je taktiež membrána snímača. Tieto parametre zaručujú robustnosť snímača.

Tento snímač nie je nevyhnutný pre funkčnosť zariadenia, avšak tento snímač bol k dispozícii zo skladových prebytkov a nie je problém ho pripojiť do jednotky ARMOSY-2.

### 3.3.4 Teplotný senzor

Na povrchu motora bude umiestnený teplotný senzor, aby bolo možné monitorovať teplotu motora. S ohľadom na riadiaci systém ARMOSY bol vybraný senzor DS18B20.

Základné parametre DS18B20:

Teplotný rozsah  $-55^{\circ}\text{C}$  až  $+125^{\circ}\text{C}$

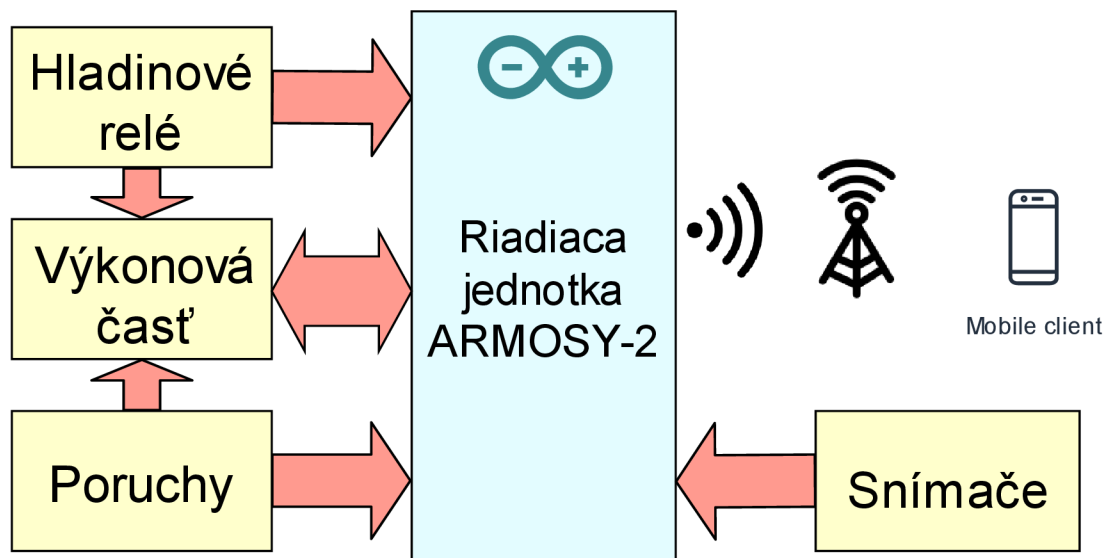
Chyba v rozsahu  $-10^{\circ}\text{C}$  až  $+85^{\circ}\text{C}$  :  $t_{\text{ERR}} = \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Pripojenie pomocou zbernice 1-Wire

Senzor bude pripojený k riadiacemu systému pomocou zbernice 1-Wire. Hlavnou výhodou tohto riešenia je, že na túto zbernicu je možné pripojiť viacero teplotných senzorov. Každý senzor obsahuje unikátny 64-bitový kód uložený v pamäti ROM. Teplotný senzor bude taktiež umiestnený v rozvádzači, aby bolo možné monitorovať teplotu v ňom a v prípade vysokej teploty je možné varovať administrátora pomocou SMS. V prípade, ak monitorovanie preukáže prehrievanie rozvádzača, bude do neho pridané chladenie pomocou ventilátora, ktorý bude spínaný pomocou riadiaceho systému.

## 3.4 Popis funkčnosti navrhovaného systému

V nasledujúcej kapitole bude podrobnejšie vysvetlený princíp funkčnosti celého systému, ktorého jednotlivé časti boli vysvetlené v kapitolách 3.1 až 3.3. Výkonová a riadiaca časť bude umiestnená v rozvádzači v priestoroch strojovne. Sensory sa budú nachádzať na miestach na to určených a budú pripojené do riadiacej časti. Systém bude disponovať dvoma režimami prevádzky, ktoré budú vysvetlené v nasledujúcich dvoch kapitolách. Na Obr.13 je blokovo znázornené spojenie častí spomenutých v kapitolách 3.1 až 3.3. Vodivostné senzory CNP-18 budú pripojené do hladinových relé a nie priamo do riadiacej jednotky.



Obr.13 Konceptia navrhovaného systému

### 3.4.1 Prevádzka bez ARMOSY-2

Vzhľadom na požiadavku robustnosti bude systém schopný pracovať aj bez riadiacej jednotky ARMOSY-2. V tomto režime sa systém bude riadiť vodivostnými senzormi na nádrži a v potoku. To znamená, že systém bude plne funkčný, avšak nebude fungovať ovládanie pomocou SMS a ďalšie funkčnosti, ktoré ponúka ARMOSY-2 ako monitorovanie teploty a tlaku.

### 3.4.2 Prevádzka s ARMOSY-2

Riadiaci systém bude pripojený na všetky stavové veličiny z výkonovej časti a taktiež na snímače. Systém bude zaznamenávať a ďalej tieto dáta spracovávať podľa programu. Na základe týchto dát a signálov z GSM modulu bude môcť pomocou jediného výstupu ovládať cievku výkonového stykača a tým zapínať alebo vypínať pohon.

## 4 SCHÉMA ZAPOJENIA

V tejto kapitole bude bližšie opísaná schéma zapojenia rozvádzača v ktorom sa bude nachádzať výkonová a riadiaca časť. Tieto dve časti budú oddelené pomocou zdroja napätia, ktorý galvanicky oddelí výkonovú a riadiacu časť. Rozvádzač bude pripojený k rozvodnej sústave podľa STN 33 2000-1:2009: 3 + PEN ~50Hz 400/230V/TN-C. Zo skladových zásob je k dispozícii rozvádzač s rozmermi 800×600mm, takže je nevyhnutné z dôvodu ušetrenia financií použiť tento rozvádzač. Súčasťou dokumentácie

teda musí byť aj rozmiestnenie prvkov v rozvádzači. Celá elektrodokumentácia je dostupná v prílohe A (str.51). Dokumentácia bola vypracovaná pomocou programu Eplan Education.

## **4.1 Prvky použité vo výkonovej časti**

Vo výkonovej časti sa budú nachádzať prvky, ktoré zabezpečia bezpečný chod pohonu a budú navrhnuté tak, aby spĺňali bezpečnostné predpisy a normy na ochranu pred úrazom elektrickým prúdom, prípadne pred poškodením majetku.

### **4.1.1 Ochrana pred skratom a nadprúdom**

Na ochranu pred skratom bude slúžiť poistkový odpínač FU1 (skratová odolnosť je vyššia oproti ističom). Všetky poistkové odpínače budú obsahovať optické LED signalizácie prepálenej poistky. Toto zabezpečí jednoduchú identifikáciu prepálenej poistky a zaškolená/poverená osoba bude môcť poistku jednoducho identifikovať a vymeniť. Na ochranu proti nadprúdom budú slúžiť ističe a motorový spúšťač, ktorý vypne pohon v prípade nadprúdov.

### **4.1.2 Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom**

Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom vo výkonovej časti bude zabezpečená uzemnením neživých častí a prúdovým chráničom s reziduálnym prúdom 30mA.

### **4.1.3 Kontrolné napät'ové relé**

Za vstupným poistkovým odpínačom FU1 sa bude nachádzať kontrolné napät'ové relé HRN-55N od výrobcu ElkoEp (ozn. KAL), ktoré bude kontrolovať správne poradie a výpadky fáz, prípadne prekročenie povoleného napätia v sieti. Toto relé bude slúžiť aj ako ochrana motora v prípade, ak počas jeho chodu vypadne jedna z fáz (napríklad prepálená poistka). Pokiaľ motor ostane v činnosti aj pri výpadku jednej z fáz, môže dôjsť k prepáleniu vinutia motora. V prípade výpadku z jednej fáz by mala zareagovať motorová spúšť motora, nakoľko stúpne odoberaný prúd zo siete. Bude sa teda jednať o zdvojenú ochranu pri výpadku jednej z fáz.

### **4.1.4 Ochrana a spúšťanie motora**

Vo výkonovej časti bude zapojený spúšťač motora s nadprúdovou ochranou PKZM0-16 od výrobcu Eaton. Hodnota prúdovej spúšte bude odladená pri spustení motoru spolu s čerpadlom.

### **4.1.5 Výkonový spínací prvok**

Ako hlavný spínací prvok motora bude použitý výkonový stykač, ktorý bude spúšťať resp. vypínať motor. Podľa údajov zo štítku motora by bol parametrovo dostatočný stykač DILM25-10 od výrobcu Eaton. Avšak z dôvodu, že na účely tejto



práce bol zdarma poskytnutý stykač z výkonnejšej série DILM40, bude použitý tento stykač. K stykaču bude taktiež pripevnený prepínací kontakt, aby bola dostupná spätná väzba od stykača do riadiacej jednotky. Cievku stykača budú ovládať signály z hladinových relé, kontrolného napäťového relé, a rozpínací kontakt relé v riadiacej jednotke ARMOSY-2. V prípade odstránenia riadiacej jednotky ARMOSY-2 bude potrebné nahradiť tento rozpínací kontakt trvalým vodivým spojením a systém bude pracovať v režime spomenutom v 3.4.1.

#### **4.1.6 Meranie spotreby elektrickej energie motoru**

Na meranie elektrickej spotreby motora bude použitý elektromer ENG-305M s impulzným výstupom S0. Tento výstup je definovaný ako TTL otvorený kolektor, ktorý je potreba napájať v rozmedzí 5-27V DC, maximálny vstupný prúd je 27mA DC. Konštanta tohto impulzného výstupu je 400imp./kWh. Tieto impulzy budú spracovávané v ARMOSY-2, na základe ktorých sa bude môcť počítať spotreba pohonu a napríklad aj finančné náklady na prevádzku motora.

#### **4.1.7 Zdroj jednosmerného napätia**

S ohľadom na ponuku napájacích zdrojov, požiadaviek na napájanie systému ARMOSY-2 bolo určené napájacie napätie 24V. Ovládacie napätie bude slúžiť taktiež na napájanie pomocných relé, signálok a tlačidiel. Je žiadúce informovať prostredníctvom GSM kompetentnú osobu v prípade výpadku napájania. Osoba bude ihneď informovaná o výpadku napájania a bude môcť ihneď začať pátrať po príčinách poruchy a pracovať na ich odstránení. Z tohto dôvodu bol ako napájací zdroj vybraný zálohovaný zdroj DRC-40B od výrobcu Mean Well. Ku zdroju budú pripojené dve 12V(7Ah) batérie zapojené do série, ktoré budú slúžiť ako záloha v prípade výpadku napájania zo siete. Zdroj DRC-40 disponuje dvomi logickými výstupmi:

„AC OK“ – signalizuje prítomnosť napájania zo siete

„Bat. Low“ – signalizuje vybité zálohové batérie

Oba tieto výstupy sú typu TTL otvorený kolektor s maximálnym napätím 50V a maximálnym prúdom 30mA.

#### **4.1.8 Napájanie technológií v strojovni**

V priestore strojovne je taktiež potrebné napájať rôzne elektrické spotrebiče ako osvetlenie interiéru/exteriéru, užívateľské zásuvky, brúsku, atď. Strojovňa bude preto vybavená zásuvkou 16A/230V (1P+N+PE). Z boku rozvádzača sa bude nachádzať zásuvková rozvodnica s prúdovým chráničom PFII (40A/4P/30mA), ističmi FA9(B16/1) a FA10(B16/3) a zásuvkami 16A/230V (1P+N+PE) a 16A/400V (3P+N+PE) Zásuvky budú slúžiť na servisné účely v prípade potreby. V priestore bude taktiež inovované nové osvetlenie interiéru a exteriéru. Súčasťou strojovne je taktiež

malá stolná brúska s pripojením na 400V, ktorá bude istená ističom FA4(B6/3). S ohľadom na platnú legislatívu bude mať svetelný okruh samostatný prúdový chránič s nadprúdovou ochranou FA7.

#### **4.1.9 Hladinové relé**

Na vyhodnocovanie signálov z vodivostných sônd CNP-18 budú použité hladinové relé CDSU-522 od výrobcu Dinel (ozn. R1 a R2). Hladinové relé CDSU-522 sú priamo určené pre použitie so sondami CNP-18. Obsahujú zdroj pomocného striedavého napätia pre napájanie sond. Nízke striedavé napätie 5V/70Hz zabraňuje oxidácii sond. Hladinové relé dokáže pracovať v rôznych režimoch [8]:

##### Základný režim – spínač „LC“ v polohe OFF:

Pri aktivácii sondy pripojenej na vstup IN1 dôjde k zopnutiu kontaktov 14 a 15 relé RE1 a rozsvieti sa LED „OUT1“.

Pri aktivácii sondy pripojenej na vstup IN2 dôjde k zopnutiu kontaktov 10 a 11 relé RE2 a rozsvieti sa LED „OUT2“.

##### Režim regulácie hladiny dočerpávaním – spínač „LC“ v polohe ON:

V prípade poklesu hladiny pod sondu zapojenú na vstup IN1 (MIN) dôjde k rozsvieteniu signalizačnej LED „OUT1“ a k zopnutiu kontaktov 14 a 15 relé RE1. Spojením týchto kontaktov je spustený akčný prvok (čerpadlo) a hladina začne stúpať. Akonáhle hladina dosiahne výšku snímača pripojeného na vstup IN2 (MAX) dôjde k rozpojeniu kontaktov 14 a 15 relé RE1 a zhasnutiu signalizačnej LED „OUT1“. Hladina začne klesať, cyklus sa opakuje.

##### Režim regulácie hladiny odčerpávaním – spínač „LC“ v polohe ON

V prípade keď dosiahne hladina výšky zapojenej na vstup IN2 (MAX) dôjde k zhasnutiu signalizačnej diódy LED „OUT1“ a k zopnutiu kontaktov 14 a 16 relé RE1. Spojením týchto kontaktov je spustený akčný člen (čerpadlo) a hladina začne klesať. Akonáhle poklesne hladina pod snímač zapojený na vstup IN 1 (MIN) dôjde k rozpojeniu kontaktov 14 a 16 relé RE1 a rozsvieteniu signalizačnej LED „OUT 1“. Hladina začne stúpať, cyklus sa opakuje.

## **4.2 Prvky použité v riadiacej časti**

V riadiacej časti rozvádzača, ktorá bude napájaná 24V zálohovaným zdrojom sa bude nachádzať systém ARMOSY-2 a pomocné relé.

### **4.2.1 Zapojenie ARMOSY-2**

V tejto podkapitole bude bližšie vysvetlené ako sú pripojené vstupy, výstupy a senzory k ARMOSY-2.

#### 4.2.1.1 Napájanie

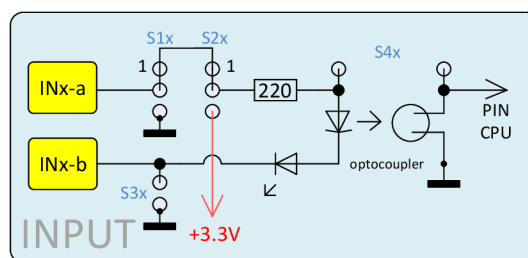
Napájanie systému ARMOSY-2 bude pomocou ovládacieho napätia 24V. Pre riadiaci systém bude slúžiť poistkový odpínač FU9 s poistkou F 1A. Riadiaca jednotka obsahuje na vstupe DC/DC menič s galvanickým oddelením. Ihneď za vstupnou svorkou sa nachádza poistka F 1.25A v SMD prevedení. Je teda vhodné s ohľadom na jednoduchosť výmeny osadiť do FU9 poistku nižšej nominálnej hodnoty. Nameraný odoberaný prúd riadiacej jednotky počas činnosti sa pohyboval v rozmedzí 0,10 až 0,15A.

#### 4.2.1.2 Pripojenie vstupov

Systém ARMOSY-2 umožňuje pripojenie ôsmych digitálnych vstupov, ktoré sú oddelené pomocou optočlenu od Arduino Due. Tieto vstupy je možné nakonfigurovať pomocou letovacích plôch až do 4 možných režimov prevádzky:

1. Beznapäťový spínač
2. Spínanie nulovým potenciálom
3. Spínanie napätím
4. Analógový vstup

Päť vstupov bude nakonfigurovaných v režime beznapäťového spínača. Tri vstupy je nutné prekonfigurovať na možnosť spínania napätím 24V DC (TTL vstupy). Na Obr.14 môžete vidieť zapojenie vstupov v ARMOSY-2:



Obr. 14 Zapojenie vstupov v ARMOSY-2 [13]

Podľa manuálu k ARMOSY-2 je možné nakonfigurovať vstupy podľa nasledujúcej tabuľky:

Tab. 3 Konfigurácia vstupov ARMOSY-2

	S1	S2	S3	S4
Beznapät'ový spínač	2+3 ON	2+3 ON	OFF	OFF
Spínanie napätím	1+2 ON	1+2 ON	OFF	OFF
Spínanie nulovým potenciálom	2+3 ON	1+2 ON	ON	OFF
Analógový vstup	1+2 ON	1+2 ON	OFF	ON

Aby bolo možné spínať vstupy napätím 24V (TTL vstupy) je nutné vymeniť rezistory, ktoré určujú prúdy optočlenmi.

Výpočet hodnoty rezistoru pri spínaní napätím 24V:

$$R_{xB} = \frac{U_{in} - U_{opt} - U_{led}}{I} \quad [\Omega]$$

Vysvetlivky:

$U_{in}$  – vstupné spínacie napätie [V]

$U_{opt}$  – úbytok napätia na optočlene [V]

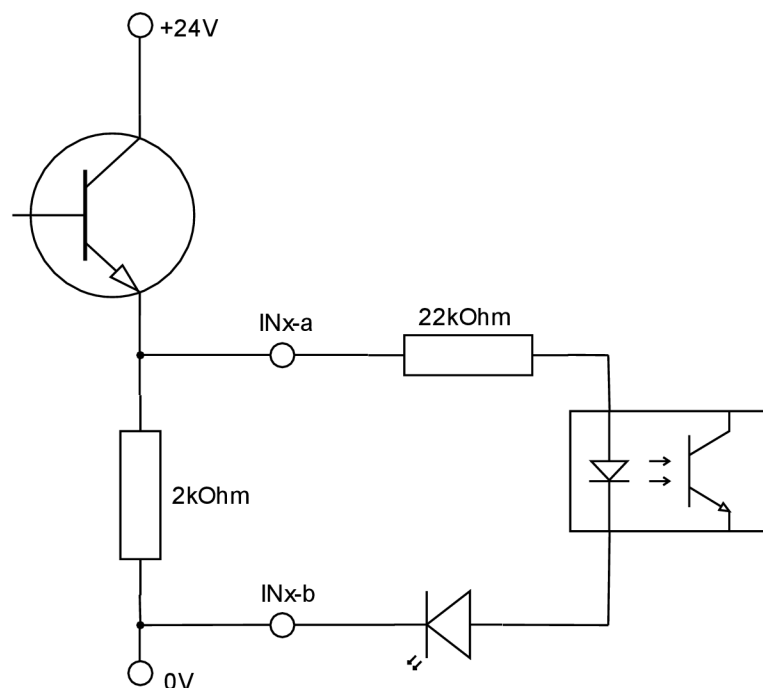
$U_{led}$  – úbytok napätia na LED dióde [V]

$I$  – požadovaný prúd vstupom [A]

V ARMOSY-2 sú na jednotlivých vstupoch umiestnené optočleny KPC357. Úbytok napätia na tomto optočlene je približne  $U_{opt} = 1V$  a odporúčaný prúd optočlenom je  $I = 1mA$  (údaje z manuálu k danému optočlenu). Ďalej je treba započítať úbytok napätia na zelenej SMD LED dióde (púzdro 0805)  $U_{led} = 2,1V$ .

Po dosadení hodnôt do vzorca je spočítaná nová hodnota rezistoru  $R_{xB} = 20\,900\,\Omega$ . Na napätím spínané vstupy budú osadené rezistory o hodnote 22k $\Omega$ .

Medzi vstupné svorky INx-a INx-b je nutné umiestniť pull-down rezistor o hodnote 2k $\Omega$ . Hodnota rezistoru bola vypočítaná tak, aby rezistorom a obvodom TTL pretekal prúd približne 15mA čo vyhovuje požiadavke maximálneho tečúceho prúdu. Na Obr.15 je zobrazená schéma zapojenia vstupov IN6 až IN8.



Obr.15 Zapojenie vstupov IN6 až IN8

V nasledujúcej tabuľke je vidieť prehľad jednotlivých vstupných signálov do ARMOSY-2.

Tab. 4 Pripojenie vstupov k jednotke ARMOSY-2

Vstup	Konfigurácia	Pripojený signál
IN1	Beznapäťový spínač	Signál z hladinového relé R1, ktorý signalizuje prázdnu alebo plnú nádrž
IN2	Beznapäťový spínač	Signál z výkonového stykača, ktorý signalizuje zopnutie stykača
IN3	Beznapäťový spínač	Signál z hladinového relé R2(RE1), ktorý signalizuje nedostatočnú výšku hladiny v potoku
IN4	Beznapäťový spínač	Signál z hladinového relé R2(RE2), ktorý signalizuje vysokú hladinu v potoku
IN5	Beznapäťový spínač	Signál z kontrolného napäťového relé KAL, ktorý signalizuje poruchu napájania
IN6	Spínanie napätím	Signál zo zálohovaného zdroja, ktorý signalizuje výpadok napájania zdroja „AC OK“
IN7	Spínanie napätím	Signál zo zálohovaného zdroja, ktorý signalizuje vybitie batérií „Bat. Low“
IN8	Spínanie napätím	Pulzný signál z elektromeru s konštantou 400 imp./kWh „S0“

### 4.2.1.3 Pripojenie výstupov

Na digitálne výstupy ARMOSY-2 budú pripojené signálky umiestnené na dverách rozvádzača. Digitálne výstupy ARMOSY-2 je možné prekonfigurovať pomocou letovacích plôch až do 3 režimov prevádzky:

1. Priame pripojenie na optočlen 30V/50mA
2. Spínanie výstupu nulovým potenciálom 30V/50mA
3. Spínanie výstupu výkonovým PFET tranzistorom

V nasledujúcej tabuľke je vidieť konfigurácia výstupov z ARMOSY-2

Tab. 5 Výstupy z ARMOSY-2

Výstup	Konfigurácia	Signalizovaný stav
OUT1	Priame pripojenie	Porucha napájania 400V
OUT2	Priame pripojenie	Porucha – nízka hladina vody v potoku
OUT3	Priame pripojenie	Porucha – vysoká hladina vody v potoku
OUT4	Priame pripojenie	Porucha napájania 24V zdroja napätia
OUT5	Priame pripojenie	Porucha – vybité batérie
OUT6	Priame pripojenie	Čerpadlo blokové pomocou SMS
OUT7	Priame pripojenie	Motor spustený
OUT8	Priame pripojenie	Nezapojený

### 4.2.2 Pomocné relé

V riadiacej časti sa budú nachádzať aj štyri dvojpólové relé (R1P, R2P1, R2P2, KALP) ktoré budú slúžiť na rozdvojenie signálov. Jeden signál bude slúžiť priamo pre spínanie resp. vypínanie cievky výkonového stykača, druhý signál bude privedený do riadiacej jednotky ARMOSY-2. Osadené relé budú na 24V DC a budú s indikáciou prepálenej cievky pre jednoduchú identifikáciu poruchy.

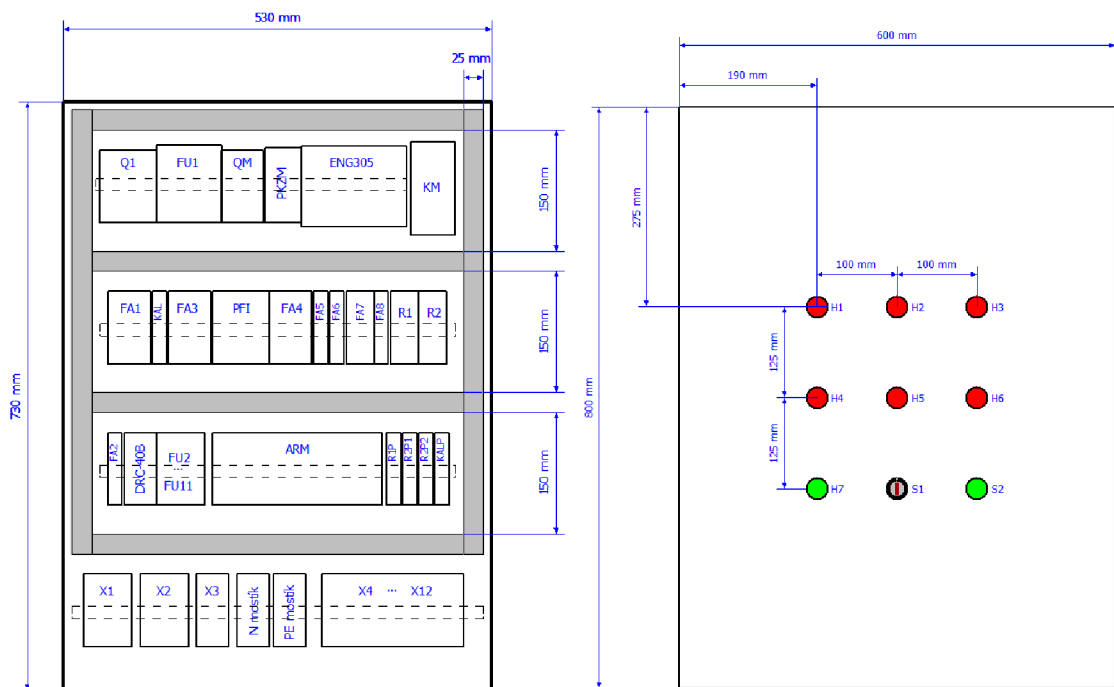
### 4.2.3 Pripojenie snímača tlaku DMP 331

Snímač tlaku bude pripojený na svorky 73 a 72 kde sa meraný prúd v rozsahu 0-20mA meria pomocou A/D prevodníka ako úbytok napätia na rezistore. Vstupný prúd 20mA zodpovedá napätiu 2V (údaje z užívateľskej príručky k ARMOSY-2).

### 4.3 Dvere rozvádzača

Na dverách rozvádzača budú umiestnené červené signálky poruchových stavov H1 až H6 a jedna zelená signálka signalizujúca chod čerpadla H7. Na dverách sa bude taktiež nachádzať spínací kontakt na kľúč S1 a tlačidlo bez aretácie S2, ktoré bude slúžiť na servisné účely (napr. výmena, prípadne doťahovanie tesniacej lojovej šnúry na čerpadle). Zabezpečenie na kľúč slúži ako ochrana v prípade neúmyselného zatlačenia tlačidla.

Na Obr. 16 je vidieť rozloženie jednotlivých prvkov v rozvádzači a vizualizácia dverí rozvádzača o rozmeroch 800x600mm.



Obr. 16 Rozloženie prvkov v rozvádzači a vizualizácia dverí rozvádzača

### 4.4 Rozpočet

Bol vypracovaný rozpočet nákupu materiálu pre vybavenie rozvádzača, nákup snímačov a riadiacej jednotky. Detailnejší rozpis je vidieť v nasledujúcej tabuľke

Tab. 5 Rozpočet

Položka	Cena v € (s DPH)
Rozvádzač 800×600	0,-
Vybavenie rozvádzača	593,-
Vodivostné sondy(5ks) s hladinovými relé (2ks) + príslušenstvo	485,-
Tlakový snímač	0,-
ARMOSY-2	135,-
Drobný materiál	150,-
Cena celkom	1363,-

Návrh koncepcie a výber jednotlivých komponentov bol vybratý s ohľadom na schválený rozpočet vo výške 1500€. Celkové náklady nepresahujú schválený rozpočet.

## 5 RIADIACI PROGRAM

V tejto kapitole bude bližšie popísaný riadiaci program implementovaný do ARMOSY-2. Program bol napísaný pomocou softvéru Arduino IDE 1.8.9 dostupného na <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. Programovanie prebieha pomocou jazyka C/C++. Celý program je dostupný v prílohe C (priložené CD).

### 5.1 Inicializácia

Pri pripojení napájania ku ARMOSY-2 sa automaticky spustí program, ktorý ako prvý krok začne inicializovať jednotku na používanie. Postupné kroky inicializácie sú zobrazené na dotykovom displeji. Otestuje sa komunikácia s GSM modulom, registrácia v sieti, sila signálu, zakáže sa prijímanie hovorov. Osadený wifi modul sa prepne do režimu spánku pre zníženie spotreby zariadenia. V prípade úspešnej inicializácie sa vypíše hláška „Všetko OK“ a obrazovka sa prepne do pracovného režimu.

### 5.2 Ovládanie pomocou GSM

Modul SIM800L komunikuje pomocou sériovej linky RS-232 pomocou AT príkazov. Zoznam všetkých možných príkazov pre daný modul je dostupný na priloženom CD vo formáte pdf. Bude potrebné vytvoriť funkciu na odosielanie AT príkazov cez sériovú linku a následne funkcie na prijímanie a odosielanie SMS.



Syntax základných príkazov je vysvetlená v nasledujúcej tabuľke:

Tab. 6 Syntax AT príkazov

Testovací príkaz	AT+<x>=?	Mobilné zariadenie vracia zoznam parametrov a rozsahy hodnôt nastavené zodpovedajúcim zápisovým príkazom
Príkaz na čítanie	AT+<x>?	Mobilné zariadenie vracia aktuálne nastavenú hodnotu parametru
Príkaz na zápis	AT+<x>= <...>	Tento príkaz nastavuje užívateľsky nastaviteľné parametre
Vykonávacie príkazy	AT+<x>	Tento príkaz číta užívateľsky nemenné parametre dané vnútornými procesmi v GSM sieti

### 5.2.1 Funkcia na odosielanie AT príkazov

Bola vytvorená funkcia sendATcommand() s nasledujúcimi vstupnými parametrami: požadovaný AT príkaz, očakávaná odpoveď, očakávaný čas odpovede. V prípade ak sa po uplynutí očakávaného času nebude zhodovať očakávaná odpoveď s odpoveďou od GSM modulu, funkcia vráti hodnotu 0 a môže sa príkaz zopakovať znova.

### 5.2.2 Funkcia na prijímanie SMS

Bola vytvorená funkcia checkSMS(), ktorá v každom cykle pomocou série AT príkazov kontroluje či na dané telefónne číslo niekto neodoslal SMS. V prípade prijatej SMS vráti funkcia štruktúru s informáciou, či bola prijatá SMS (flag) spolu s telefónnym číslom odosielateľa a textom SMS správy. Po úspešnom prijatí SMS systém ARMOSY-2 signalizuje prijatie pípnutím. Následne po spracovaní správy je SMS vymazaná z pamäte.

### 5.2.3 Spracovanie textu SMS

Bola vytvorená funkcia SMSparser(), ktorej vstupné parametre sú telefónne číslo odosielateľa a text SMS správy. Funkcia skontroluje či sa telefónne číslo nachádza v telefónnom zozname čísiel, ktoré môžu komunikovať s riadiacim systémom, taktiež skontroluje, či sa nejedná o telefónne číslo, ktoré má administrátorské práva. V prípade ak sa jedná a tel. číslo mimo zoznam, funkcia vráti návratovú hodnotu a zbytok

programu ignoruje jeho príkazy. Ak sa jedná o tel. číslo, ktoré má oprávnenie komunikovať s ARMOSY-2 prebehne porovnanie textu prijatej správy s príkazmi, ktoré sú uložené v pamäti ARMOSY-2. Pre jednoduchšie ovládanie program ignoruje malé a veľké písmena príkazov. V prípade zhody funkcia vykoná daný príkaz (napr. zablokuje alebo odblokuje čerpadlo).

Zoznam možných príkazov a reakcií systému ARMOSY-2 je uvedený v nasledujúcej tabuľke:

Tab.7 Podporované príkazy

SMS správa	Reakcia
„start“	Systém povolí spustenie čerpadla, potvrdenie pomocou SMS
„stop“	Systém zakáže spustenie čerpadla, potvrdenie pomocou SMS
„info“	Systém pošle SMS s možnými príkazmi
„admin on“	Spustenie administrátorského režimu, potvrdenie pomocou SMS
„admin off“	Vypnutie administrátorského režimu, potvrdenie pomocou SMS

#### 5.2.4 Funkcia na odosielanie SMS

Bola implementovaná funkcia SendSMS(), ktorá má dva vstupné parametre a to tel. číslo prijímateľa správy a obsah odosielanej správy. Táto funkcia môže byť využitá na odosielanie ľubovoľných správ o stave riadeného systému prípadne o stave riadiaceho systému samotného.

#### 5.2.5 Administrátorský režim

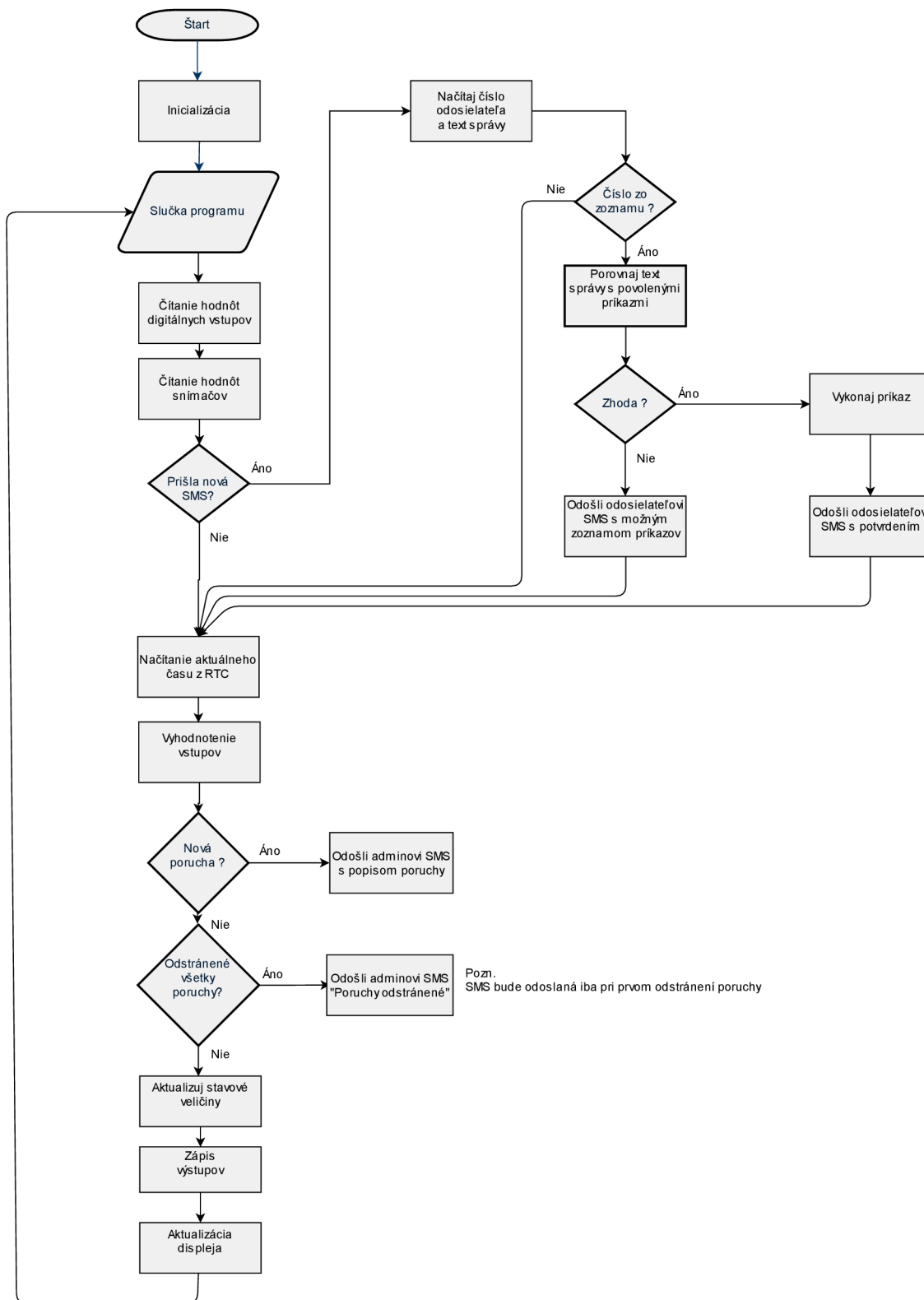
Do programu bol implementovaný administrátorský režim. To znamená, že tel. čísla uvedené v administrátorskom telefónnom zozname majú právo spustiť administrátorský režim. Po spustení bude mať administrátor nadradené právo ovládať motor a zablokuje ovládanie pre tel. čísla uvedené v telefónnom zozname. Táto funkcia slúži ako ochrana pred tým, keby niekto z telefónneho zoznamu neoprávnene a dlhodobo blokuje motor s čerpadlom.

### 5.3 Popis programu

Do celkového programu boli okrem funkcií spomenutých v kapitole 5.1 a 5.2 implementované nasledujúce funkcie:

- Zistenie aktuálneho času pomocou obvodu RTC
- Meranie tlaku a jeho zobrazenie na displeji
- Meranie teploty a jej zobrazenie na displeji
- Zobrazenie poruchových a stavových veličín na displeji
- Počítadlo pulzov elektromeru pomocou prerušenia, údaj o aktuálnom stave elektromeru sa ukladá do pamäte EEPROM a pri každom ďalšom spustení systému sa údaj opätovne načíta.
- Komunikácia s SD kartou (príprava na datalogger)
- WatchDog, ktorý reštartuje zariadenie v prípade zacyklenia (napríklad nie je možné odoslať SMS, pretože sieť neodpovedá).

Zjednodušený vývojový diagram program je zobrazený na Obr. 17.

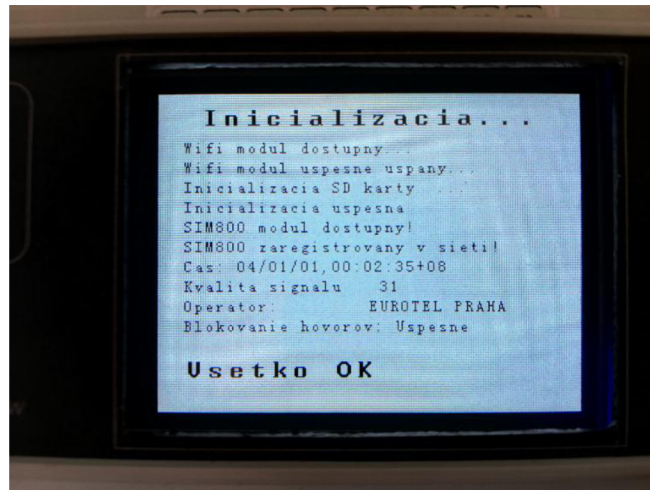


Obr. 17 Zjednodušený vývojový diagram implementovaného programu

## 5.4 Zhodnotenie programu

V nasledujúcej kapitole prebehne analýza riadiaceho programu spomenutého v kapitole 5 spolu s výsledkami.

Po zapnutí riadiaceho systému ARMOSY-2 sa na displeji zobrazí inicializačná obrazovka na ktorej sa postupne zobrazujú jednotlivé kroky inicializácie riadiaceho systému. Fotografia inicializácie je vidieť na Obr. 18



Obr.18 Inicializačná obrazovka

Počas testovania bolo zistené, že prvá registrácia do siete môže trvať z dôvodu dlhšej odozvy operátora dlhšie ako je časovač nastavený vo WatchDog (8000ms). Doba odozvy siete a zaregistrovanie do nej bolo väčšinou okamžité (8 pokusov z 10). Na základe testovania bolo zistené, že táto doba sa nedá nijako klasifikovať a je stochastická. V prípade neúspešnej registrácie v sieti v časovom limite, ktorý je stanovený nezávislým časovačom WatchDog, je efektívne reštartovať program a spustiť inicializáciu znova. Na inicializačnej obrazovke je zobrazený názov operátora, sila signálu v rozmedzí 0 až 31 kde nula je najslabší signál a 31 je najsilnejší signál. Na úspešnú komunikáciu prostredníctvom SMS by mal byť signál aspoň na úrovni 9. Na obrazovke sa taktiež zobrazí čas siete. Po poslednom bode inicializácie sa zobrazí hláška „Všetko OK“ a obrazovka sa prepne do pracovného režimu.

V pracovnom režime sa na obrazovke nachádza signalizácia stavových veličín. Poruchy sú signalizované červenými kruhmi. V prípade ak sa porucha v systéme nevyskytuje kruh ostáva biely. Na rovnakom princípe funguje aj zobrazovanie stavu, či je čerpadlo blokované prostredníctvom SMS alebo nie, alebo či je spustený administrátorský režim. Pod signalizáciou stavových veličín sa nachádza zobrazenie tlaku vody v systéme v jednotkách bar. V prípade záujmu je možné pomocou prepočtu spomenutého v kapitole 3.3.3 zobrazovať výšku vodného stĺpca v systéme. Odčítaním hodnoty hydrostatického tlaku v dvoch medzných hodnotách (MIN

a MAX) je možné vytvoriť prepočet hodnoty hydrostatického tlaku na výšku vodnej hladiny v nádrži (do výpočtu by bolo nutné zaradiť chybu tlakového snímača). Po dohode s predsedom záhradkárskej osady je signalizácia v baroch dostatočná. Pod zobrazením o aktuálnom tlaku v systéme sa nachádza zobrazenie teploty v rozvážači. Ako posledný údaj je zobrazená časová značka získaná z obvodu RTC. Používanie časovej značky zo siete sa po testovaní neosvedčilo, nakoľko pri registrácii v sieti bola časová značka posielaná zo siete nepravdivá. Počiatočná časová značka bola 01.01.2004 00:00:00 od ktorej sa začal čas pričítať. Správnu časovú značku poslala sieť približne až po 24 hodinách. Bol otestovaný navrhnutý program, prijímanie a odosielanie SMS správ, zobrazovanie stavových veličín na displeji. Fotografia obrazovky môžete vidieť na Obr.19.



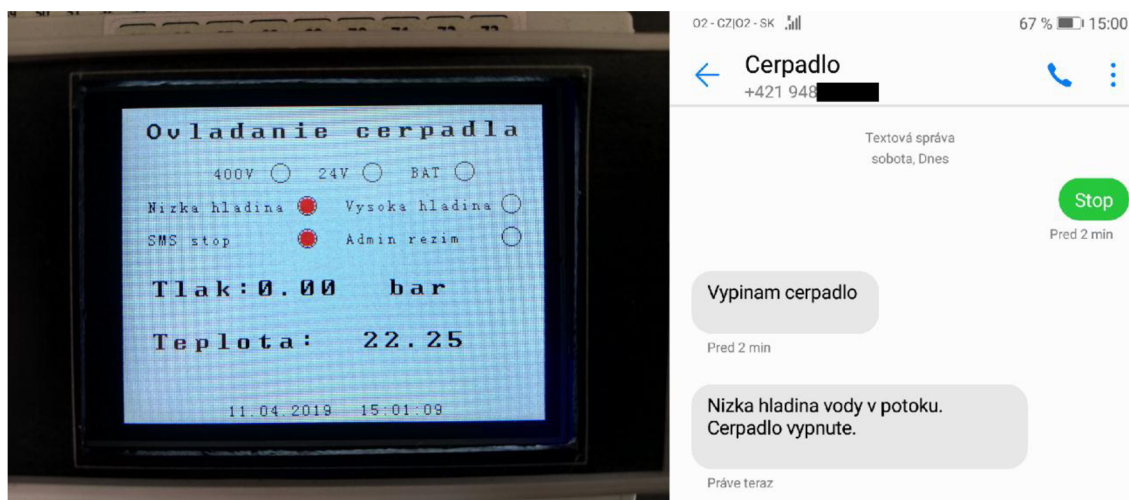
Obr.19 Pracovná obrazovka ARMOSY-2

Na nasledujúcich fotografiách je zdokumentovaná funkčnosť riadiaceho systému ARMOSY-2 a obojstranná komunikácia pomocou SMS. Na Obr. 20 je ukázaný zaslaný SMS príkaz „STOP“ od oprávnenej osoby. Po prijatí správy ARMOSY-2 pípne, rozopne kontakty relé a signalizuje blokáciu čerpadla pomocou SMS. Signalizácia blokovania je zobrazená taktiež signálkou H6. O úspešnom vypnutí čerpadlo informuje odosielateľa SMS správou textom „Vypínam čerpadlo“.



Obr. 20 Blokácia čerpadla prostredníctvom SMS

Na Obr. 21 je znázornená porucha, keď hladinové relé R2 signalizuje nízku vodnú hladinu v priestore potoka (voda klesla pod sondu MIN). Pomocné relé R2P1 vyplo motor s čerpadlom. Bola odoslaná SMS administrátorovi o vzniknutej poruche. Došlo k signalizácii poruchy na displeji. Na Obr.22 je znázornený stav po odstránení poruchy. Bolo odoslaná SMS administrátorovi o úspešnom odstránení všetkých porúch. V pravej časti obrázka je znázornená aj odpoveď na informačnú SMS „info“.



Obr. 21 Porucha – nízka hladina vody v potoku





Obr. 22 Odstránenie porúch

## 6 ZÁVER

V diplomovej práci bol úspešne analyzovaný súčasný stav riešenia závlahového systému v záhradkárskej osade. Na základe analýzy riešenia súčasného stavu bol navrhnutý nový robustný koncept riadenia, ktorý zabezpečuje závlahovú vodu pre záhradkársku osadu. Bol realizovaný prieskum trhu na vytypovanie vhodných komponentov s ohľadom na schválený rozpočet. Boli vytypované nové robustné snímače, u ktorých sa očakáva dlhá životnosť. Všetky snímače boli osadené na miesto na to určené a pripojené k vyhodnocovacím jednotkám. V novom koncepte je zapracovaná signalizácia poruchových stavov: výpadok napájania (400V/24V), nízka hladina vody v potoku, vysoká hladina vody v potoku, vybité batérie. Riadenie je možné prevádzkovať v dvoch režimoch a to s a bez riadiacej jednotky ARMOSY-2 s GSM modulom. Toto riešenie zabezpečuje funkčnosť systému aj v prípade poruchy na riadiacej jednotke. Bol vypracovaný projekt pre rozvádzač, ktorý bude napájať motor a technológie v priestoroch strojovne. Pri návrhu projektu bol braný ohľad na platnú legislatívu a najmä na ochranu zdravia, zvierat a majetku. Súčasťou dokumentácie sú objednávacie čísla jednotlivých prvkov od dodávateľov, čo zabezpečí jednoduchú výmenu v prípade poruchy. Rozvádzač obsahuje na dverách signálky pre jednoduchú optickú kontrolu stavu zavlažovacieho systému. Signalizáciu stavu systému taktiež umožňuje displej na riadiacej jednotke. Rozvádzač bol realizovaný podľa dokumentácie a osadený do strojovne. Zariadenie dokáže automatizovane pomocou SMS informovať kompetentné osoby o prípadných poruchách v systéme. Zariadenie taktiež umožňuje ovládanie čerpadla pomocou SMS. Ovládanie čerpadla je umožnené iba telefónnym číslom uložených v pamäti riadiacej jednotky ARMOSY-2. Bol vytvorený administrátorský režim, ktorý v prípade spustenia umožňuje ovládanie čerpadla iba administrátorom a zabráni prípadnému zneužitiu závlahového systému.



## **6.1 Možnosti rozšírenia**

V nasledujúcich podkapitolách budú zhrnuté niektoré možnosti o ktoré je možné rozšíriť riadiaci systém. Rozšírenia opísané v kapitolách 6.1.1 až 6.1.6 nevyžadujú žiaden dodatočný nákup materiálu a je možné ich implementovať do riadiaceho programu Arduino Due. Rozšírenia v kapitolách 6.1.7 a 6.1.8 si vyžadujú nákup materiálu a teda financovanie by muselo byť schválené na členskej záhradkárskej schôdzi tak ako tam bolo schválené financovanie tejto diplomovej práce.

### **6.1.1 Datalogger na SD kartu**

Cieľom je implementovať datalogger do ARMOSY-2 tak, aby pri zmene logickej úrovne niektorého zo vstupov (okrem pulzného výstupu elektromeru), prípadne pri každej príkazovej SMS zaznamenal všetky údaje o stave systému spolu s časovou značkou na SD kartu vo vopred špecifikovanom formáte. Po zavlažovacej sezóne by sa z ARMOSY-2 vybrala pamäťová karta. Na základe týchto dát by sa dala spraviť podrobná analýza stavu zavlažovacieho systému za aktuálny kalendárny rok. Analýza by obsahovala údaje, koľko hodín bolo čerpadlo v prevádzke, koľko elektrickej energie sa minulo na prevádzku zavlažovacieho systému. Taktiež by boli zdokumentované poruchy systému. Táto analýza by slúžila ako spätná väzba využívania a efektivity zavlažovacieho systému.

### **6.1.2 Podsvietenie displeja**

Displej ARMOSY-2 je momentálne trvale podsvietený, čo je zbytočné vzhľadom na to, že riadiaca jednotka sa nachádza v zavretom rozvážači v strojovni. Cieľom je prekonfigurovať trvalé podsvietenie ARMOSY-2 pomocou prepínača (letovacia plocha) SW1 do polohy(SW1 1+2 ON) kedy sa bude dať displej zapnúť resp. vypnúť pomocou digitálneho výstupu z Arduina Due. Následne by sa podsvietenie ovládalo pomocou jedného z dvoch tlačidiel umiestnených na ARMOSY-2.

### **6.1.3 Spravovanie tel. zoznamu prostredníctvom SMS**

Cieľom je presunúť telefónny zoznam s číslami, ktoré majú právo ovládať pohon mimo pamäť Arduina Due do pamäte EEPROM. Následne by bol vytvorený a implementovaný nový typ príkazovej SMS, pomocou ktorej by administrátor mohol pridávať a odstraňovať čísla z telefónneho zoznamu iba prostredníctvom SMS a nebolo by nutné aktualizovať celý program.

#### **6.1.4 Zistenie stavu systému pomocou SMS**

Implementovanie nového príkazu do zoznamu známych príkazov. Pomocou informačnej SMS správy s definovaným textom by riadiaca jednotka odoslala informácie o stave systému (prevádzka, porucha, spotreba, atď.) užívateľovi.

#### **6.1.5 Definícia možných časov prevádzky**

S ohľadom na fakt, že záhradkárska osada slúži aj na relaxáciu osôb a celých rodín môže byť veľmi obťažujúce ak sa čerpadlo spustí vo večerných alebo v nočných hodinách. Záhradky umiestnené v tesnej blízkosti strojovne môžu byť zasiahnuté hlukom. Po dohode s predsedom záhradkárskej osady je možnosť implementovať do programu dodržiavanie nočného klúdu čerpadla v osade v špecifikovanom čase (napríklad 22:00-06:00, prípadne podľa dohody). Prípadne je možnosť spraviť podrobný čas blokácie čerpadla podľa daného dňa v týždni, keďže záhrady sú využívané najmä koncom týždňa a počas víkendu.

#### **6.1.6 Rozšírenie o ovládanie pomocou GPRS**

Riadiaca jednotka ARMOSY-2 umožňuje využívanie mobilných dát. V prípade záujmu predsedu záhradkárskej osady je možné vytvoriť do programu funkcie, ktoré umožnia komunikáciu s ARMOSY-2 napríklad pomocou HTTP príkazov. Ďalej je tu možnosť vytvorenia webovej stránky, ktorá by mohla zobrazovať spracovávať údaje o systéme.

#### **6.1.7 Detekcia utrhnutej spojky**

Asynchrónny motor je spojený s čerpadlom pomocou spojky LKN40 s plastovou vložkou. V prípade poruchy sa môže plastová spojka utrhnúť. Motor ostane v činnosti, avšak čerpadlo sa zastaví. Riadiaci systém v aktuálne navrhnutom stave nemá ako detekovať túto poruchu a pohon bude pokračovať v prevádzke. Možnosť detekcie tejto poruchy pomocou stanovenia maximálnej doby naplnenia nádrže od sondy MIN po sondu MAX nie je výhodná, pretože napríklad v letných mesiacoch veľa záhradkárov napúšťa bazény na rekreáciu a spotreba záhradkárov v litroch za sekundu sa môže priblížiť objemovému prietoku čerpadla. To znamená, že v danom prípade môže byť pohon činný dlhšiu dobu. Je teda žiadúce vytypovať vhodný snímač na detekciu utrhnutej sondy a pripojiť ho riadiacej časti tak, aby v prípade utrhnutia spojky bol vypnutý pohon a bol o tom informovaný administrátor.

#### **6.1.8 Automatizované zdvíhanie zábrany v potoku**

V prípade detekcie vysokej vodnej hladiny v potoku riadiaci systém informuje administrátora o poruche a vypne pohon. V prípade vysokej vodnej hladiny je

nevyhnutné osobne prísť k priestoru strojovne a ručne zdvihnúť zábranu v potoku, vďaka ktorej sa zhromažďuje voda v priestore sacieho koša. Predseda záhradkárskej osady navrhuje motorizovať zdvíhanie zábrany pomocou motora s prevodovkou. Zdvíhanie by mohlo byť automatizované ihneď po detekcii vysokej vodnej hladiny pomocou voľného reléového výstupu z ARMOSY-2. Spúšťanie zábrany do pôvodnej polohy, aby opäť hromadila vodu v priestore sacieho koša by mohlo byť uskutočňované pomocou presne definovanej SMS správy prípadne pomocou tlačidla v priestore strojovne. Táto úprava si vyžaduje vytypovanie vhodného motora s prevodovkou určeného do exteriéru, úpravu zábrany aby ju bolo možné pripojiť na prevodovku a vhodných koncových spínačov, ktoré budú určovať polohu zábrany.

# Literatúra

- [1] HEROUT, Pavel. Učebnice jazyka C. 4., přeprac. vyd. České Budějovice: Kopp, 2004. ISBN 80-723-2220-6.
- [2] RIPKA, Pavel. Senzory a převodníky. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3123-3.
- [3] Arduino(official websites) [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/>
- [4] I2C - What's That?. I2C-bus [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://www.i2c-bus.org/>
- [5] PAVELKA, Jiří a Jiří ZDĚNEK. Elektrické pohony a jejich řízení. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05785-8.
- [6] Send Receive SMS & Call with SIM800L GSM Module & Arduino. Last Minute ENGINEERS [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://lastminuteengineers.com/sim800l-gsm-module-arduino-tutorial/>
- [7] Vodivostní sondy CNP-18. Dinel [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.dinel.cz/vyrobky/limitni-hladinove-snimace/vodivostni-sondy-cnp-18>
- [8] Hladinová relé. Dinel [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.dinel.cz/vyrobky/vyhodnocovaci-a-napajeci-jednotky-zdroje/hladinova-rele>
- [9] DS18B20: Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. Maxim Integrated [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [10] DS3231: Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TXCO/Crystal. Maxim Integrated [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>
- [11] MCP3422/3/4. Microchip [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/22088b.pdf>

- [12] Serial Peripheral Interface (SPI). Sparkfun [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi/all>
- [13] ARMOSY-2, univerzální řídicí systém s Arduino DUE [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: [https://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&path=60\\_66&product\\_id=380](https://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&path=60_66&product_id=380)
- [14] BD SENSORS: DMP 331 [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.bdsensors.cz/tlak/snimace-tlaku/detail/produkt/dmp-331/>
- [15] Synchronná komunikácia I2C. In: Kiwiki [online]. 21.3.2013 [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: [http://www.kiwiki.info/index.php/Synchronna\\_komunikacia\\_I2C](http://www.kiwiki.info/index.php/Synchronna_komunikacia_I2C)
- [16] RS-232 [online]. Wikimedia Foundation [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- [17] GSM relé ovládací základna Homelux HX-GO1. ELETUR.cz [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://eletur.cz/GSM-rele-ovladaci-zakladna-Homelux-HX-GO1>
- [18] Autolog ControlMan. FF-automation [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: [https://ff-automation.com/download/Documents/English/AutoLog\\_DATASHEETS/DATASHEET\\_AutoLog\\_GSM-4.pdf](https://ff-automation.com/download/Documents/English/AutoLog_DATASHEETS/DATASHEET_AutoLog_GSM-4.pdf)
- [19] 1-Wire. Wikipedia [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/1-Wire>

# Zoznam príloh

Príloha A: Schéma zapojenia rozvádzača

Príloha B: Zapojenie ARMOSY-2 [13]

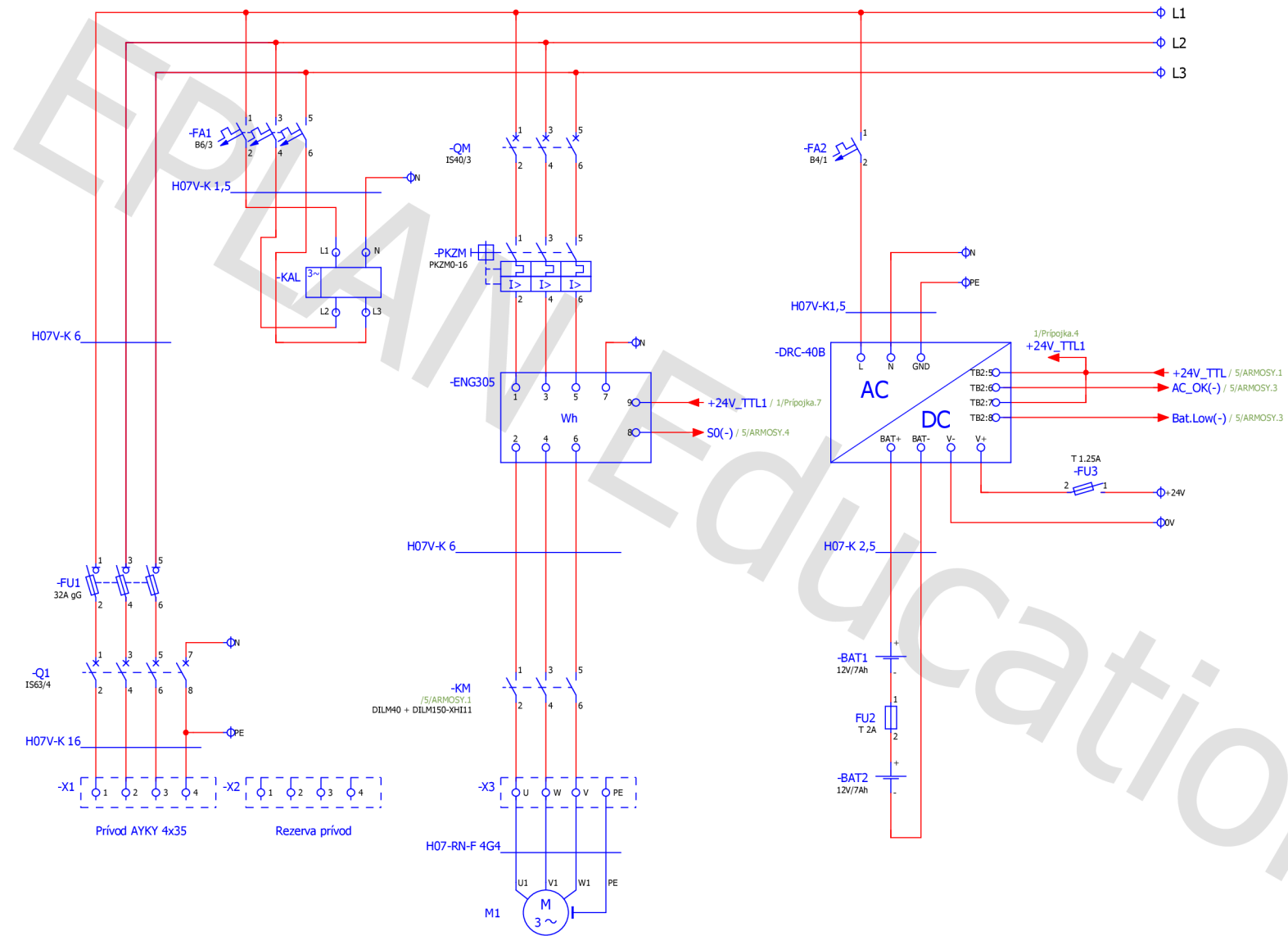
Príloha C: CD

Obsah CD:

- ARMOSY-2: Užívateľská príručka, pinout
- ePlan: projekt, elektrodokumentacia
- manuály: manuály k použitým komponentom
- program: celý program implementovaný do ARMOSY-2 + knižnice
- SIM800L: manuál s podporovanými AT príkazmi

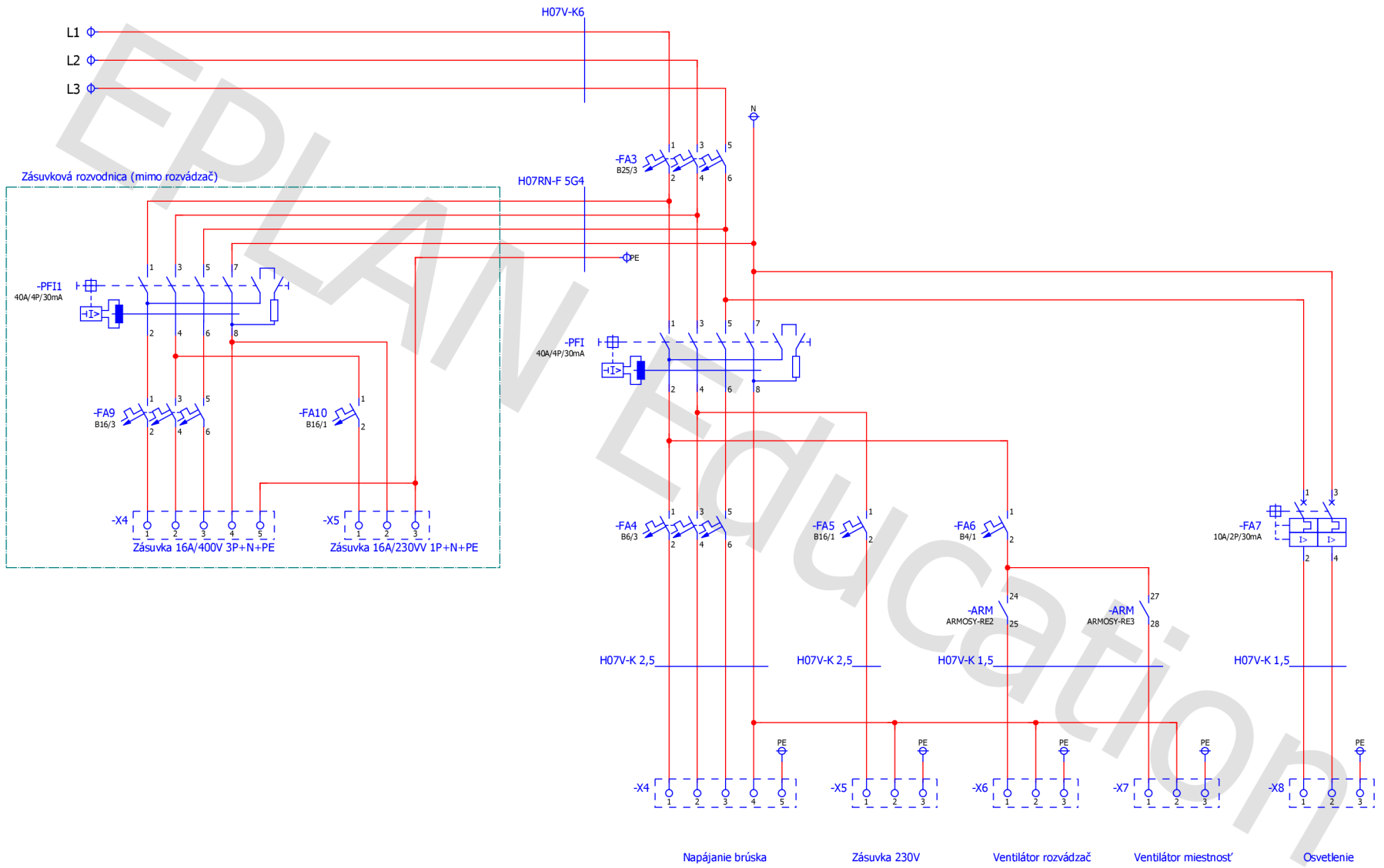
# Príloha A

Vypracovaná dokumentácia k rozvádzaču v programe ePlan



Date	12. 5. 2019	Vladimír Rybár			
Ed	VLADO				
Appr		Rozvádzač pre ZO SZZ č.23-55			
Original		Replacement of	Replaced by		
Modification	Date	Name	Original	Replacement of	Replaced by

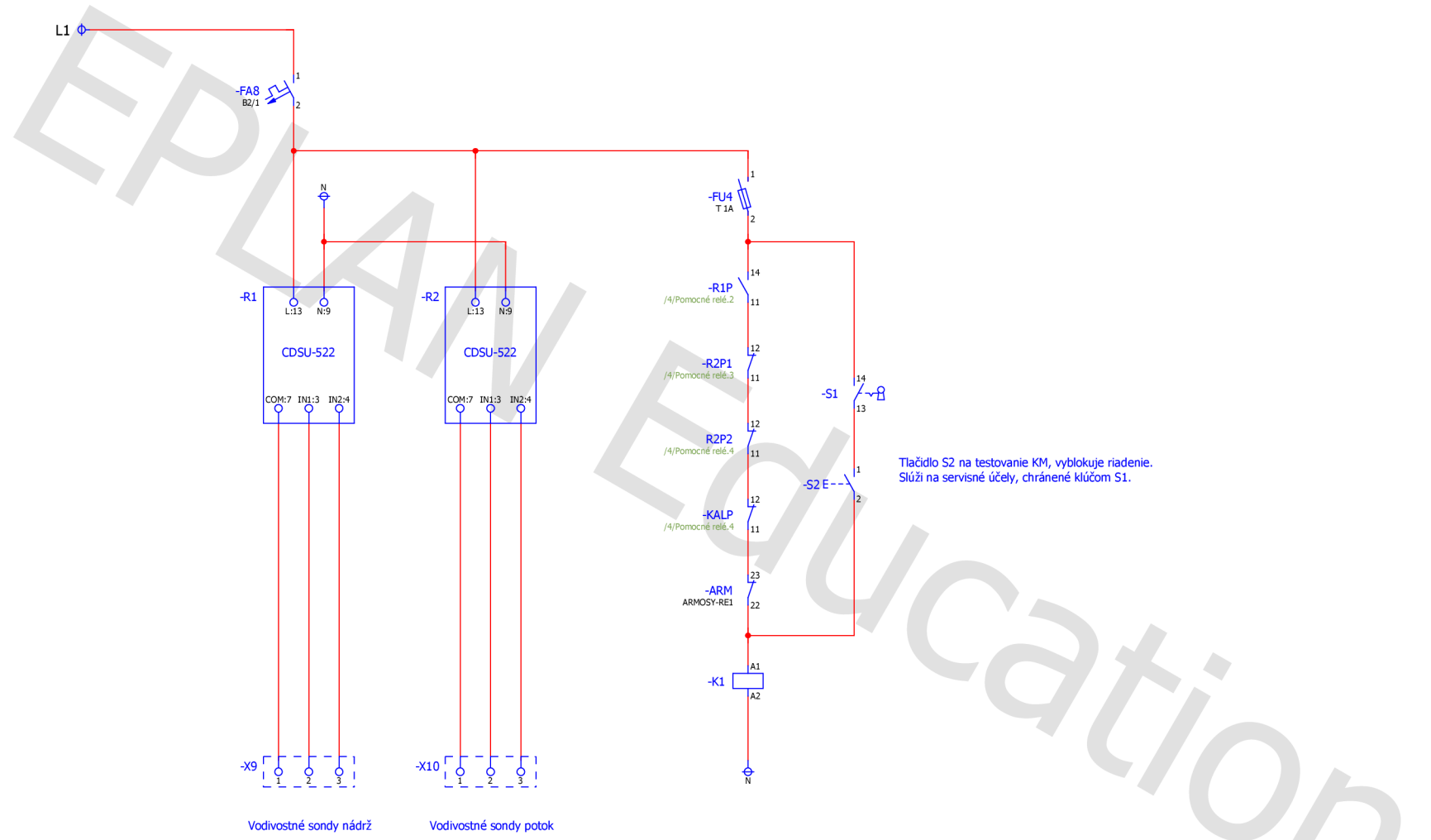




1/Prípojka

3/Relé

Date	10. 5. 2019	Vladimír Rybár	
Ed	VLADO		
Appr	Rozvádzač pre ZO SZZ č.23-55		
Original	Replacement of	Replaced by	

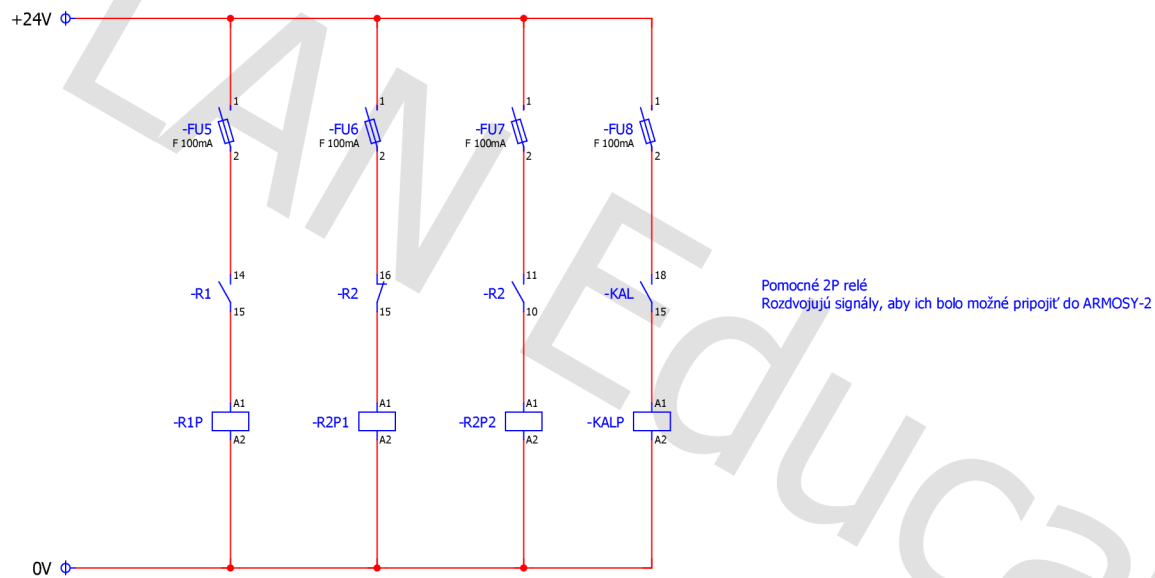


Tlačidlo S2 na testovanie KM, vyblokuje riadenie.  
Služi na servisné účely, chránené kľúčom S1.

Vodivostné sondy nádrž      Vodivostné sondy potok

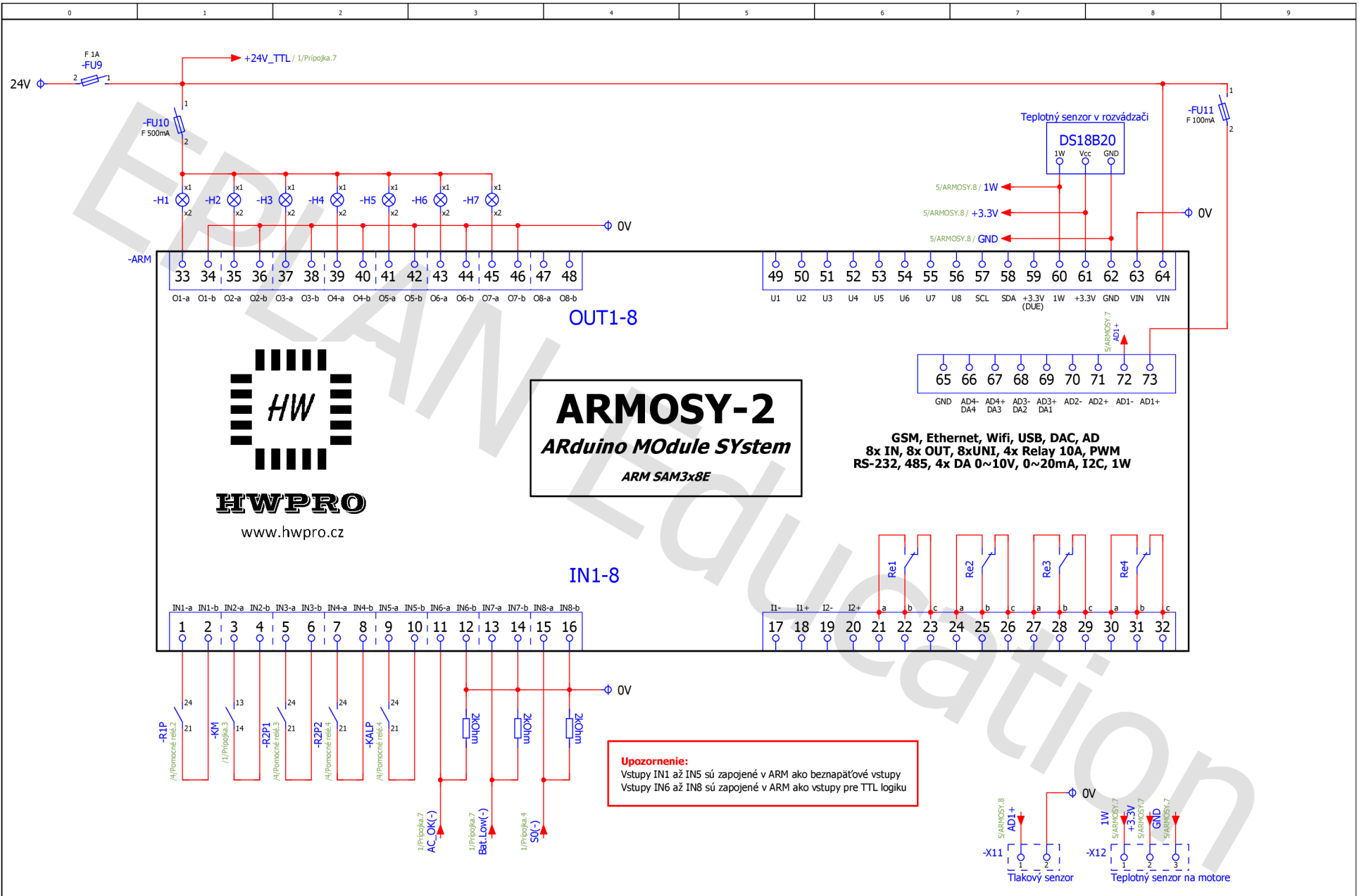
2/Napájanie				4/Pomocné relé			
Date	2. 5. 2019	Vladimír Rybár					
Ed	VLADO	Rozvádzač pre ZO SZZ č.23-55					
Appr		Replacement of		Replaced by			
Modification	Date	Name	Original			Page	3/Relé
						Page	3 / 7

EPLAN Education

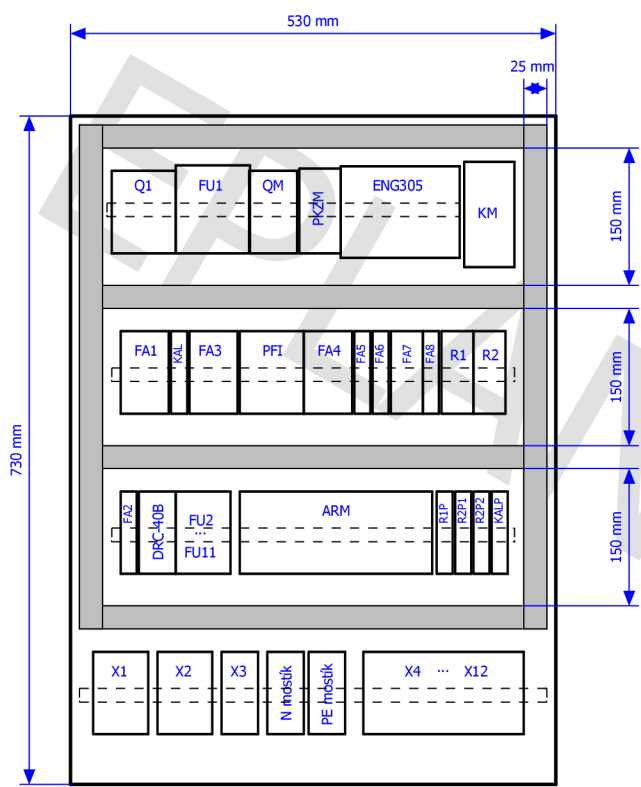


14 — 11 /3/Relé.5    12 — 11 /3/Relé.5    12 — 11 /3/Relé.5    12 — 11 /3/Relé.5  
24 — 21 /5/ARMOZY.1    24 — 21 /5/ARMOZY.2    24 — 21 /5/ARMOZY.2    24 — 21 /5/ARMOZY.2

3/Relé				5/ARMOZY			
		Date	2. 5. 2019		Vladimír Rybár		=
		Ed	VLADO				+
		Appr	Rozvádzač pre ZO SZZ č.23-55				PagePomocné relé
Modification	Date	Name	Original	Replacement of	Replaced by		Page 4 / 7



4/Pomocné relé		Date	6. 5. 2019	Vladimír Rybář			
		Ed	VLADO				
		Appr	Rozvádzač pre ZO SZZ č.23-55				
Modification	Date	Name	Original	Replacement of	Replaced by		Page 5/ARMOSEY Page 5 / 7



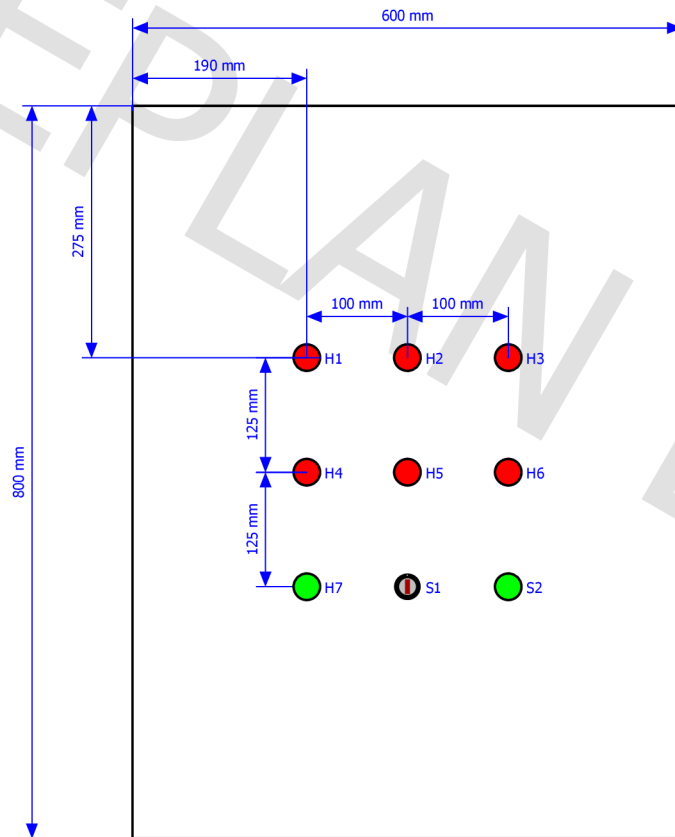
Montážny žlab 25x60mm

Ozn.	Výrobca	Model	Funkcia	Obj.č.	Šírka [mm]	Výška [mm]
FU1	OEZ	OPVP14-3-S	Hlavný poistkový odpínač 35A gG	43690	54	81
FU3	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - za zdrojom	37181+37524	6	72
FU4	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - cievka stykača KM	37181+37525	6	72
FU5	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - cievka R1P	37181+37524	6	72
FU6	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - cievka R2P1	37181+37524	6	72
FU7	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - cievka R2P2	37181+37524	6	72
FU8	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - cievka KALP	37181+37524	6	72
FU9	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - ARMOSY-2	37181+37524	6	72
FU10	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - signálny H1 až H6	37181+37524	6	72
FU11	Legrand	Disconnect block	Poistkový odpínač - snímače	37181+37524	6	72
FA1	Eaton	PL6-B6/3	Istič - KAL	286586	53	90
FA2	Eaton	PL6-B4/1	Istič - zdroj DRC-40	286517	18	90
FA3	Eaton	PL6-B25/3	Istič - všetky spotrebiče (okrem motoru)	286591	53	90
FA4	Eaton	PL6-B6/3	Istič - brúška	286586	53	90
FA5	Eaton	PL6-B16/1	Istič - zásuvka 230V	286521	18	90
FA6	Eaton	PL6-B4/1	Istič - ventilátory	286517	18	90
FA7	Legrand	10A/1N/30mA B	Kombi chránič - osvetlenie	410919	35	90
FA8	Eaton	PL6-B2/1	Istič - R1, R2 + cievka KM	286516	18	90
Q1	Eaton	IS-63/4P	Hlavný vypínač	276277	70	90
QM	Eaton	IS-40/3P	Vypínač motora	276272	53	90
PKZM	Eaton	PKZM0-16	Motorový spúšťač	046938	45	93
ENG305	Energy	ENG-305 M	Elektromer pre motor	-	126	100
KM	Eaton	DILM40+DILM150-XH11	Motorový stykač	277766+277946	55	115
KAL	Elko-Ep	HRN-55N	Kontrolné napätové relé	-	18	90
PFI	Eaton	PF-6 40A/4P/30mA	Prúdový chránič	286508	70	90
R1	Dinell	CDSU-522	Hladinové relé - nádrž	-	30	90
R2	Dinell	CDSU-522	Hladinové relé - potok	-	30	90
DRC-40	Meanwell	DRC-40B	Zdroj 24V s UPS	-	40	90
AMS	HWpro	ARMOSY-2	Riadiaci systém	-	210	90
R1P	Finder	Pätica 95.95.3 + 40.52.9.024.000	Pomocné 2P relé pre R1	95.05+40.52.9.024	18	90
R2P1	Finder	Pätica 95.95.3 + 40.52.9.024.000	Pomocné 2P relé pre R2 - minimálna hladina	95.05+40.52.9.024	18	90
R2P2	Finder	Pätica 95.95.3 + 40.52.9.024.000	Pomocné 2P relé pre R2 - maximálna hladina	95.05+40.52.9.024	18	90
KALP	Finder	Pätica 95.95.3 + 40.52.9.024.000	Pomocné 2P relé pre KAL	95.05+40.52.9.024	18	90

5/ARMOSY

7/Výkres dvere

Date	10. 5. 2019	Vladimír Rybár	=				
Ed	VLADO						
Appr		Rozvádzač pre ZO SZZ č.23-55	+				
Original							
Modification	Date	Name	Original	Replacement of	Replaced by	Page	6 / 7



Ozn.	Výrobca	Model	Funkcia	Obj.č.	Priemer [mm]
H1	Schneider	Signálka 24V červená	Porucha napájania 400V	XB7EV04BP	29
H2	Schneider	Signálka 24V červená	Porucha - nízka hladina vody v potoku	XB7EV04BP	29
H3	Schneider	Signálka 24V červená	Porucha - vysoká hladina vody v potoku	XB7EV04BP	29
H4	Schneider	Signálka 24V červená	Porucha napájania 24V zdroja	XB7EV04BP	29
H5	Schneider	Signálka 24V červená	Porucha - vybité záložné baterky	XB7EV04BP	29
H6	Schneider	Signálka 24V červená	Čerpadlo blokované pomocou SMS	XB7EV04BP	29
H7	Schneider	Signálka 24V zelená	Motor spustený	XB7EV03BP	29
S1	Schneider	Žámok	Blokovanie tlačidla S2	XB7NG21	29
S2	Schneider	TI. bez aretácie	Spustenie KM - servisné účely	ZB5AA3	29

6/Rozmiestnenie

Date	10. 5. 2019								
Ed	VLADO								
Appr									
Original									
Replacement of									
Replaced by									
Modification	Date	Name	Original	Replacement of	Replaced by				

# Príloha B

Pinout zariadenia ARMOSY-2 [13]

- Legend**
- GND
  - POWER
  - Communication
  - Arduino DUE pin
  - Analog pin, IN
  - PWM pin
  - ARMOSE FCE pin
  - Port pin
  - SAM3X8E FCE pin

# ARMOSE-2 PINOUT

HW V. 2.21

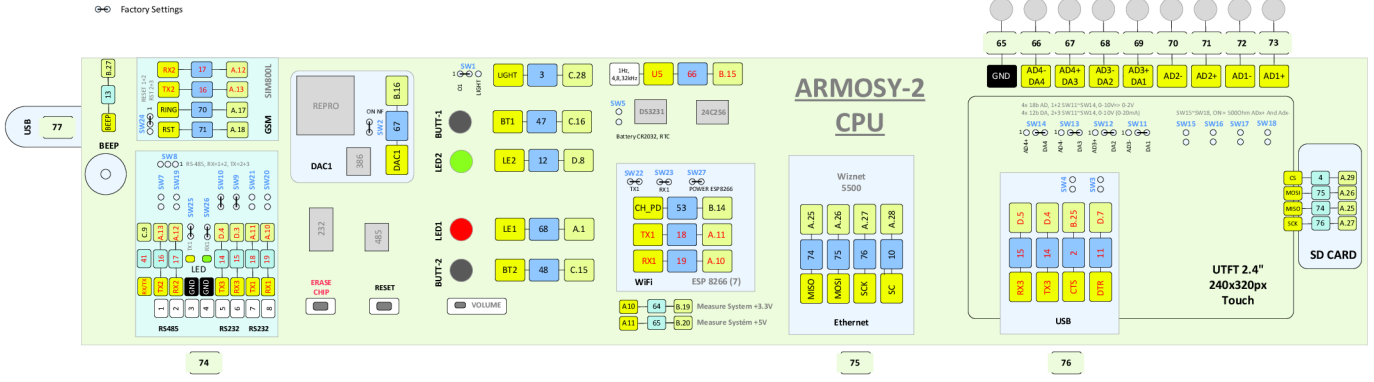


www.hwpro.cz

- JUMPER Legend**
- SW1 UFTT Backlight, 1+2 ON/OFF, 2+3 PWM
  - SW2 NF Amplifier, ON Power
  - SW3 DTR USB
  - SW4 CTS USB
  - SW5 RTC SQW, 1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz
  - SW7 TX2, D1, RS-485
  - SW8 DE/RE RS485, 1+2 Enable Rx, 2+3 Enable Tx
  - SW9 RX3, RS232
  - SW10 TX3, RS232
- JUMPER Legend**
- SW11 AD3+/DA1, Select
  - SW12 AD3-/DA2, Select
  - SW13 AD4+/DA3, Select
  - SW14 AD4-/DA4, Select
  - SW15 AD4+/AD4-, Resistor 500 Ohm
  - SW16 AD3+/AD3-, Resistor 500 Ohm
  - SW17 AD2+/AD2-, Resistor 500 Ohm
  - SW18 AD1+/AD1-, Resistor 500 Ohm
- JUMPER Legend**
- SW19 RX2, RO, RS-485
  - SW20 RX1, RS232
  - SW21 TX1, RS232
  - SW22 ESP8266, WiFi, TX1
  - SW23 ESP8266, WiFi, RX1
  - SW24 SIM800L, GSM, RESET, 1+2 RESET
  - SW25 LED YELLOW R445, TX1
  - SW26 LED GREEN, R445, RX1
  - SW27 ESP8266, WiFi, POWER +3.3V

77 SHARED PINS (RED TEXT)

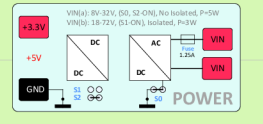
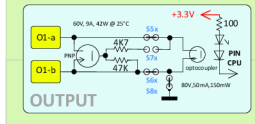
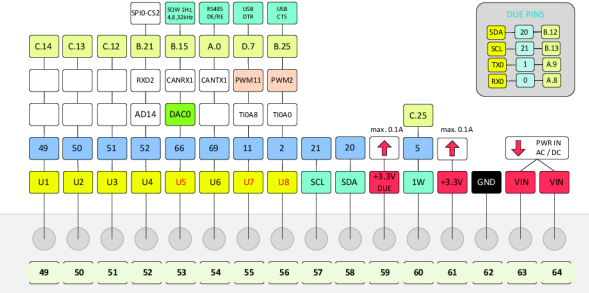
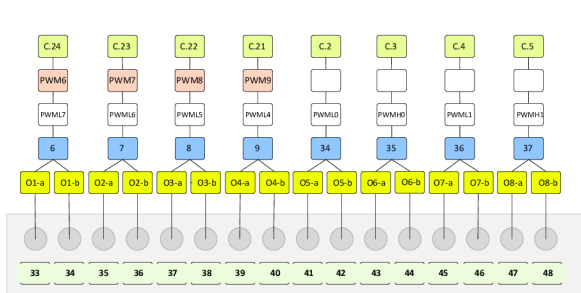
Factory Settings



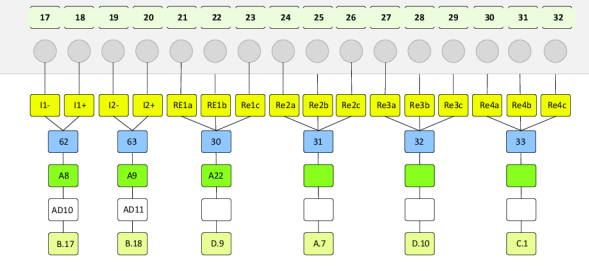
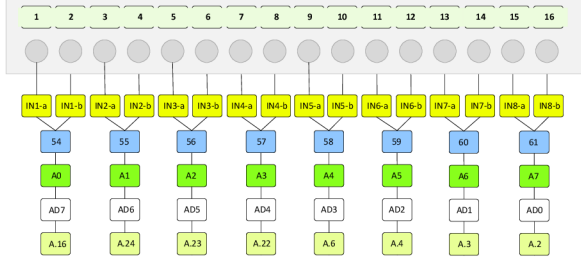
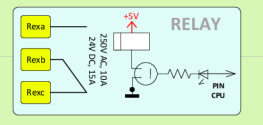
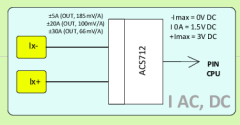
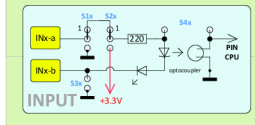
74

75

76



## ARMOSE-2 PWR



- JUMPER Legend**
- S1A-H IN, 1+2 loop, 2+3 GND
  - S2A-H IN, 1+2 loop, 2+3 VCC
  - S3A-H IN, GND ON
  - S4A-H IN, Direct pin CPU ON
  - S5A-H OUT, Optocoupler Collector Terminal
  - S6A-H OUT, Optocoupler Emitter Terminal
  - S7A-H OUT, base PNP MOSFET
  - S8A-H OUT, GND for Optocoupler Emitter
- JUMPER Legend**
- S1 No Isolated DC/DC, ON
  - S2 No Isolated DC/DC (ON +5V OUT)
  - S3 +5V Output (ON)
  - S4 IN Voltage 3.3V/5V (3.3V = 1+2)
  - S5 +3.3V DUE, POWER Terminal, ON
  - S7 +3.3V, POWER Terminal, ON
  - S12 1Wire, Terminal, ON
  - S11 SDA, I2C, Terminal, ON
  - S14 SCL, I2C, Terminal, ON



# Príloha C

Priložené CD