



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

MIKROPROCESOROVÉ ŘÍZENÍ OHŘEVU BAZÉNU SE SLUNEČNÍMI KOLEKTORY

MICROPROCESSOR CONTROL OF HEATING OF SWIMMING POOL WITH
SOLAR COLLECTOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. TOMÁŠ KAHÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

PROF. ING. PAVEL OŠMERA, CSC.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Tomáš Kahánek

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902T001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Mikroprocesorové řízení ohřevu bazénu se slunečními kolektory

v anglickém jazyce:

Microprocessor control of heating of swimming pool with solar collector

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnout mikroprocesorové řízení teploty venkovního bazénu se slunečním kolektorem. Podle teploty bazénové vody a teploty vody v kolektoru zapínat čerpadlo tak aby se minimalizovala dodaná energie do čerpadla.

Cíle diplomové práce:

Navrhnout vhodný mikroprocesor s nejnutnější elektronikou (čidla teploty, spínač čerpadla). dále sestavit program pro řízení tak aby se minimalizovala dodaná energie do čerpadla.

Seznam odborné literatury:

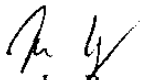
J. Balátě: Automatické řízení, BEN, 2004
dokumentace s solárním panelům a filtračnímu zařízení

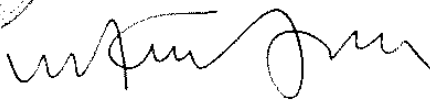
Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Pavel Ošmera, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 24. 11. 2011




Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na návrh řídicí jednotky pro provoz bazénu se solárními kolektory. Jednotka sleduje teplotu vody v bazénu i solárním kolektoru. Pomocí takto získaný dat řídí spouštění oběhového čerpadla a polohu trojcestného ventilu. V uživatelském rozhraní umožní obsluze nastavit všechny potřebné parametry potřebné k provozu. Jednotka se snaží při provozu minimalizovat energii dodanou do čerpadla.

ABSTRACT

This thesis is pointed on draft of controller unit, used for control of swimming pool with solar collectors. Controller detect water temperature in a pool and collector. With these values controller control pump activation and 3-way valve position. Operator can set all settings in user interface which are needed for a right working. Controller unit attempt minimize energy used for a pump while working.

KLÍČOVÁ SLOVA

Řídicí jednotka, solární kolektor, trojcestný ventil, UV lampa, AVR, ATmega 644p, DS18B20.

KEYWORDS

Controller unit, solar collector, 3-way valve, UV lamp, AVR, ATmega 644p, DS18b20

PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma *Mikroprocesorové řízení ohřevu bazénu se slunečními kolektory* 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 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)

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KAHÁNEK, T. Mikroprocesorové řízení ohřevu bazénu se slunečními kolektory. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 50s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Pavel Ošmera, CSc.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat prof. Ing. Pavlu Ošmerovi CSc. za cenné informace a praktické rady při psaní mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Danielu Zuthovi Ph.D. za jeho rady k praktické realizaci zadání.

OBSAH

Zadání práce	3
Abstrakt	5
Prohlášení o originalitě	7
Poděkování	9
Obsah	11
1 Úvod	13
2 Provoz bazénu	15
2.1 Komponenty pro provoz bazénu	15
2.1.1 Oběhové čerpadlo	15
2.1.2 Filtrace.....	16
2.1.3 UV lampa.....	18
2.1.4 Solární kolektory.....	19
2.1.5 Trojcestný ventil	22
2.2 Připojení solárního kolektoru k bazénu bez řídicí jednotky	23
2.3 Připojení solárního kolektoru k bazénu s řídicí jednotkou.....	24
3 Sestavení řídicí jednotky	25
3.1 Blokové schéma řídicí jednotky.....	25
3.2 Komponenty řídicí jednotky	25
3.2.1 Mikrokontrolér	25
3.2.2 Programátor	27
3.2.3 Teplotní čidla	27
3.2.4 RTC.....	29
3.2.5 LCD displej.....	29
3.2.6 Tlačítka	30
3.3 Komponenty výkonové jednotky	30
3.3.1 Relé	30
3.4 Propojení komponent	31
3.4.1 1-wire TM	31
3.4.2 I ² C – TWI	33
3.4.3 Komunikace s LCD.....	33
4 Řídicí schopnosti jednotky	35
4.1 Určení délky filtrace.....	35
4.2 Cyklus ohřevu vody solárním kolektorem	35

4.3 Spínání UV lampy.....	36
4.4 Ovládání trojcestného ventilu	37
4.5 Počítadla	37
4.6 Uživatelské rozhraní.....	37
4.7 Záloha dat a nastavení	37
4.8 Uživatelské nástroje a nastavení	38
4.8.1 Informace o provozu	38
4.8.2 Plánovač a nastavení času.....	39
4.8.3 Menu.....	39
4.8.4 Aktuální nastavení.....	40
4.8.5 Rychlý program.....	40
4.9 Srovnání s konkurencí	40
5 Software a testování.....	43
5.1 Vývojový kit EVB 4.3	43
5.2 AVR Studio 4.....	44
5.3 Vývojové diagramy	44
5.4 Testování.....	46
6 Závěr.....	47
7 Seznam použité literatury	49

1 ÚVOD

Bazény se stále častěji stávají standardní součástí zahrad domů a rekreační objektů. Užívání venkovních bazénů v České republice je však omezeno pouze na několik měsíců v roce. Toto omezení vyplývá z podnebí, daného polohou našeho státu. Česká republika se nachází v mírném pásu střední Evropy, díky čemuž je počasí velice proměnlivé a ovlivňované okolními klimatickými systémy. To zapříčiňuje rychlé změny počasí a výkyvy teplot. Tyto klimatické pochody tak způsobují časté a razantní ochlazování bazénové vody a s tím spojenou nemožnost bazén využívat.

Zvýšení užítkovosti bazénu dojde v případě, že bude voda vždy dostatečně teplá a připravená ke koupání. To lze zajistit několika způsoby. Při realizaci ohřevu je tak nutné počítat s pořizovacími a provozními náklady. Nejlevněji lze realizovat ohřev pomocí plynového, či elektrického kotle. Provozní náklady však budou pro většinu majitelů neúnosné. Moderním způsobem zajištění ohřevu bazénové vody, je použití tepelného čerpadla. Ohřev je sice velice efektivní, a však provozní náklady nejsou zanedbatelné a pořizovací cena je přibližně dva a půl násobkem celkové ceny bazény. Nejzajímavější alternativou se tak stává využití sluneční energie, která je pohlcena solárními kolektory a přetransformována na teplo. Pořizovací náklady jsou ve srovnání s tepelným čerpadlem čtvrtinové a provozní náklady téměř nulové.

Aby bylo dosaženo efektivního a zároveň úsporného ohřevu vody, je nutné použít řídicí jednotku. Jejím úkolem je zhodnotit stavy vnějších soustav a vykonat nejúčinnější kroky, za účelem dosažení stanoveného cíle. Na českém trhu je nepřehledné množství řídicích jednotek určených pro řízení systému se solárními kolektory. Jedná se však o aplikaci pro ohřev teplé užitkové vody a vytápění budov. Některé z nich zvládají základní úkony spojené s ohřevem bazénu, avšak jejich reálná použitelnost je velmi diskutabilní.

Cílem této diplomové práce tak je vytvořit řídicí jednotku primárně určenou pro ohřev vody v bazénu. Uzpůsobit řídicí mechanismus tak, aby byla výsledná efektivita ohřevu co největší a provozní náklady co nejnižší. Dále bude kladen důraz na praktičnost a následnou využitelnost v reálném nasazení. Jednotka by tak měla uživateli poskytovat kompletní servis a správu, při péči o bazén se solárními kolektory. Dojde také k praktické realizaci a odzkoušení funkčnosti navrhovaných řídicích mechanismů.

2 PROVOZ BAZÉNU

Užívání domácích bazénů se těší stále větší oblibě. Jeden z důvodů je pokles pořizovací ceny, lepší dostupnost a výběr komponent potřebných pro provoz bazénu v domácích podmínkách. Dalším důvodem může být fakt, že lidé nemají důvěru ve kvalitu vody na veřejných koupalištích a s tím spojené možné zdravotní problémy. Kvalitu vody si tak může každý majitel kontrolovat sám a případně zvolit, zda bude bazén naplněn slanou či neslanou vodou.

Většina takovýchto domácích bazénů bývá instalována venku a jen zlomek ve vnitřních dispozicích budov. Díky klimatickým podmínkám ve střední Evropě, je tak využitelnost venkovních bazénů značně zkrácena pouze na teplé letní měsíce. Alternativou pro prodloužení koupací sezóny je dodatečný ohřev vody. Ten může být realizován pomocí elektrického, či plynového kotle, které jsou primárně určeny k ohřevu užitkové a topné vody v domácnosti v zimním období. Tento dodatečný ohřev je však velice finančně nákladný a neekologický. Opakem toho je využití energie ze slunce skrze solární kolektory. Takto získaná energie je zcela ekologická a náklady při provozu jsou odvozeny od použitého oběhového čerpadla a jeho vhodném spuštění. Nevýhodou je však vyšší pořizovací cena. U venkovních bazénů s externím zdrojem tepla lze snadno prodloužit koupací sezónu i o několik měsíců. U interiérových bazénů lze tímto způsobem zajistit i celoroční provoz.

Nejmodernějším způsobem jak využít solární energii celoročně je kombinace ohřevu bazénu a teplé užitkové vody v domácnosti. Solární kolektory bývají nejčastěji instalovány na střeše domu a primárně slouží k ohřevu užitkové vody, která se kumuluje v zásobníku. V případě, že je v zásobníku dostatek teplé vody, systém začne teplou vodu vhnět do okruhu pro ohřev bazénu. Tímto způsobem lze v letních měsících využít přebytečnou teplenou energii získanou z kolektorů pro ohřev bazénové vody.

2.1 Komponenty pro provoz bazénu

Bazén a především voda v něm vyžaduje pravidelnou a aktivní péči. Komponenty pro filtraci vody se primárně volí podle objemu bazénu a následně podle rychlosti průtoku vody v potrubí. Všechny komponenty tedy musí splňovat daná kritéria, aby filtrace byla dostatečně účinná. Všechny elektrické prvky by měly splňovat minimálně ochranu krytí IP x4, odpovídající ochraně před stříkající vodou. Z bezpečnostních důvodů je také vhodné veškeré elektrické prvky připojit přes proudový chránič.

2.1.1 Oběhové čerpadlo

Oběhové čerpadlo je základním prvkem pro aktivní filtraci vody. Na trhu je nepřehledná škála čerpadel s nejrůznějšími kombinacemi průtoku, příkonu a maximálního výtlačku vody. Dle katalogu výrobců bazénových systémů je vhodné volit čerpadlo s takovým výkonem, aby celkový objem vody prošel filtračním cyklem za 4 až 5 hodin. Takto lze například odvodit, že pro bazén o objemu 20m^3 , bude vhodné zvolit čerpadlo s průtokem 5m^3 za hodinu, jehož příkon bude přibližně 390W [2]. Ukázka takového čerpadla je na obrázku 1.

Ne vždy je ovšem bazén situován v ideálních podmínkách a tak je nutné vzít v úvahu negativní faktory, které průtok vody filtračním zařízením zpomalují. Jedná se především o vzdálenost čerpadla od bazénu a relativní výškový rozdíl mezi hladinou vody a čerpadla. Problém výškového rozdílu se vyskytuje u bazénů instalovaných v prudším svahu. Obecně platí, že čerpadlo by mělo být instalováno maximálně 1,5m nad hladinou nebo 2m pod hladinou vody[1]. Každý tento negativní faktor se projeví na celkovém odebíraném proudu čerpadla při provozu a zbytečně tak zvyšuje provozní náklady na údržbu. S uvážením všech faktorů je vhodné výkon čerpadla mírně naddimenzovat.

Kvalitnější čerpadla ještě bývají na svém vstupu osazena filtrem hrubých částic, který efektivně zachycuje především delší nečistoty jako vlasy či trávu a zabraňuje jejich namotání na rotor, či lopatky čerpadla. Často opomíjenou vlastností při volbě čerpadla, je jeho schopnost čerpat slanou vodu. Při nedodržení této vlastnosti dojde při používání slané vody s největší pravděpodobností k předčasnému opotřebení nebo zničení čerpacího mechanismu.



Obr. 1 Bazénové čerpadlo Badu Pico s příkonem 0,39kW. [2]

2.1.2 Filtrace

Filtrace a filtrační prvky jsou nejdůležitější složkou při péči o bazénovou vodu. Jejím hlavním účelem je odstranit z vody veškeré pevné částice a shluky biologického odpadu. Zvolením vhodné a účinné filtrace lze dosáhnout snížení dávek bazénové chemie. Pro čištění bazénové vody se v praxi užívají nejčastěji dva druhy filtrací, písková a kartušová.

Kartušová filtrace vyobrazená na obrázku 2, je založena na principu, kdy bazénová voda prochází přes kartušovou papírovou filtrační vložku. Tato vložka je tvořena válcem papíru vrstveného do tvaru „harmoniky“. Zde se nežádoucí nečistoty zachytí a čistá voda dále protéká zpět do bazénu. Filtrační vložka je výměnná a je třeba ji i několikrát týdně důkladně očistit tlakem vody. Tento způsob čištění vody

se většinou využívá v objemově malých bazénech a jedná se o nejlevnější řešení filtrace. [3]



Obr. 2 Vlevo kartušová filtrace, vpravo papírový filtr. [3]

Písková filtrace využívá k čištění vody přírodní principy. Jako filtrační činitel slouží jemný křemíkový písek o zrnitosti 0,4 – 0,8mm. Nečistoty z bazénové vody se zachytávají o ostré hrany zrníček písku. Tento princip je velmi srovnatelný s přírodním čištěním dešťové vody, kdy kapky deště musí projít k podzemí vodě skrze několik metrů vrstev půdního podloží. Tímto způsobem se voda dokonale vyčistí. Ve srovnání s kartušovými filtry, je písková filtrace násobně účinnější. Při zanesení písku nečistotami stoupne ve filtrační nádobě tlak. Písek lze snadno opačným proudem vody „proprat“ a nečistoty se vyplaví odpadní hadicí. Tímto způsobem lze písek recyklovat dvě až tři letní sezóny.[4]



Obr. 3 Pískový filtr P450. Stanovený průtok 6m³/hod. [5]

Při volbě pískového filtru je nutné dbát na stanovený průtok filtrované vody. Tuto hodnotu určuje výrobce a je výchozím parametrem pro optimální napojení na oběhové čerpadlo. Příkladem běžného pískového filtru může být filtr firmy BRILIX P450 (obr. 3). U tohoto konkrétního typu je stanoven průtok 6m^3 za hodinu. Zajímavostí jsou ovšem jeho rozměry. Průměr filtru činí 455mm a jeho výška 814mm. Takovýto filtr pro svůj provoz potřebuje 45kg křemičitého písku. Jedná se však o filtraci určenou pro větší bazény o objemu 30m^3 . [5]

2.1.3 UV lampa

Pro udržování vody v bazénu je v posledních letech často využívána úprava vody pomocí UV zářiče. Tento typ lampy slouží ke snížení spotřeby bazénové chemie, především chloru, který může vyvolávat nepříjemné alergické reakce. Světelný zářič lampy vytváří ultrafialové záření typu UV-C o vlnové délce 253,7 nm, které účinně zabíjí bakterie, viry a ostatní jednoduché mikroorganismy, které jsou hlavním zdrojem znečištění vody a zabraňuje jejich množení. [7]

Konstrukce lampy je velice jednoduchá. Jejím základem je podlouhlý světelný zářič, který intenzivně ozařuje protékající vodu ve skleněné, či plastové průhledné trubici. Celé toto tělo lampy musí být z bezpečnostních důvodů zakryto a uloženo v ochranném tubusu. UV-C záření je totiž nejtvrďší typ UV záření a dokáže projít více vrstvami kožních buněk. Toto záření je prokazatelně karcinogenní pro živé organismy. Příklad takovéto lampy je na obrázku 4. [6]



Obr. 4 UV lampa - SP - II 40W, v nerezovém provedení. [7]

Na trhu existují dva základní typy, které se liší svou účinností. Levnější varianty obsahují pouze UV zářič. Záření, které projde skrze protékající přefiltrovanou vodu je následně pohlceno ochranným krytem těla lampy. Dražší a účinnější lampy mají kryt těla vytvořeny z nerez oceli, která slouží jako zrcadlo. UV záření se tak může čištěnou vodou několikrát projít. Tímto způsobem se účinnost lampy zvýší až o 35% a zvýší se tak i desinfekční účinek. Aby byla desinfekce co nejvíce efektivní u obou typů lamp, je nutné ji zapojit až za filtraci, ideálně pískovou. Pevné částice by jinak mohly zastínit nežádoucí mikroorganismy a výsledná účinnost desinfekčního efektu se snížila. Dalším nepříznivým jevem by bylo zrychlené zanášení průhledné trubice a s tím spojené snížení účinnosti desinfekce. [7]

Jako základním parametrem definujícím použitelnost toho zařízení pro konkrétní bazén je maximální průtok vody lampou. Pokud je lampa poddimenzována, nebude úprava vody optimální a to zapříčiní zvýšenou spotřebu

bazénové chemie. Například lampa uvedená na obrázku 4, je dle výrobce vhodná pro bazény o objemu do 35m^3 a její maximální průtok je 15m^3 za hodinu. Z těchto hodnot se dá usoudit, že se jedná o kvalitní lampu s vysokou účinností, avšak cenou přes 12 000 Kč. Náhradní UV zářič lze pořídit okolo 1 500 Kč. [7]

Nevýhodou těchto ekologických desinfekčních zařízení je vyšší pořizovací cena a omezená životnost. UV zářiče mají životnost svítivosti běžně do 8 000 hodin, ale pouze okolo 1 000 sepnutí. Jednoduchým výpočtem tak lze určit optimální dobu svitu na jedno sepnutí, aby bylo dosaženo maximální životnosti. V tomto případě jde o 8 hodin na jedno sepnutí. UV lampy se obvykle spínají spolu s oběhovým čerpadlem. Pokud je bazén vybaven solárními kolektory a řídicí jednotkou, je oběhové čerpadlo spouštěno v kratších intervalech, aby došlo ke zvýšení účinnosti zisku energie ze solárního kolektoru, a tím i ke zvýšenému počtu sepnutí UV lampy. Tento problém a jeho řešení, bude podrobněji rozebráno v kapitole 4 – Řídicí jednotka.

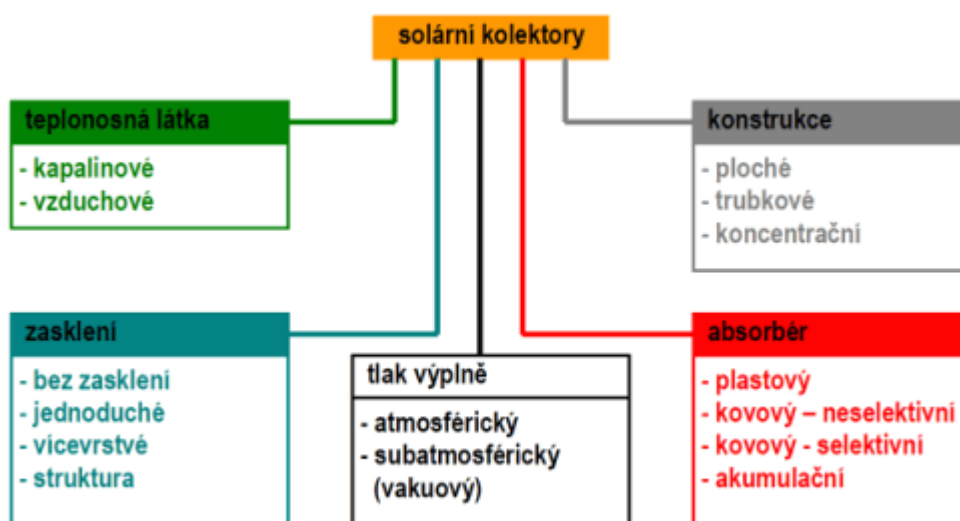
2.1.4 Solární kolektory

Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána teplonosné látce, protékající kolektorem. Často se v literatuře objevuje i pojmenování solární panel. Od toho typu pojmenování se ovšem upouští, protože často dochází k nežádoucí záměně s fotovoltaickými panely. [8]

Pro přenos tepelné energie přetransformované ze slunečního záření se nejčastěji používá kapalina. V případě provozu kolektoru v letních měsících lze použít jako teplonosnou kapalinu vodu. Při celoročním provozu je nutné vodu nahradit nemrznoucí směsí, nejčastěji směsí vody a propylenglykolu. Existují ovšem i kolektory, které jako teplonosnou látku využívají proudící vzduch. Tyto solární vzduchové kolektory jsou v České republice využívány pouze okrajově pro předehřev čerstvého vzduchu k větrání nebo oběhového vzduchu pro cirkulační vytápění. [8]

Průměrná roční hodnota výkonu slunečního záření přepočtená na m^2 se ve střední Evropě pohybuje (se započtenou 35% účinností kolektorů) kolem 350 kWh. K pokrytí 2/3 celkové roční spotřeby energie na ohřev vody pro běžnou domácnost postačují solární kolektory o ploše 6m^2 . Při takovémto užívání solární energie vzniká v teplých měsících přebytek energie, která může být využita pro ohřev venkovního bazénu. [9]

Tato technologie přeměny energie slunečního záření je velice šetrná k přírodě. Na rozdíl od fotovoltaických panelů dosahují vyšší účinnosti transformace energie a také lepší životnost samotných kolektorů. Ta se v dnešní době pohybuje u hranice 30 let a 20 let u fotovoltaických panelů. Solární kolektory lze dělit podle řady hledisek. Na obrázku 5 je vyobrazeno jejich konstrukční a funkční dělení. V praxi se ovšem vyskytují jen některé z těchto kombinací. [8]



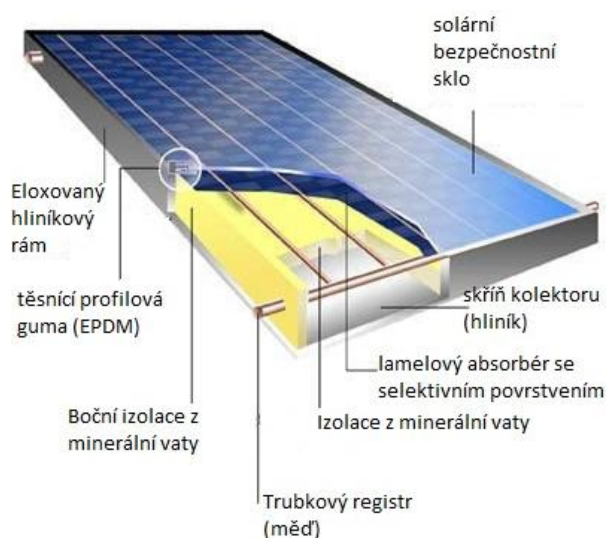
Obr. 5 Rozdělení solárních kolektorů. [8]

Plochý nekrytý kolektor – je zpravidla tvořen plastovou rohoží bez zasklení a jiných prvků snižujících tepelné ztráty. Tepelné ztráty jsou nejvíce ovlivněny rychlostí proudění větru, kdy je povrch plastového absorbéru přímo ochlazován. Jedná se o levný typ solárních kolektorů a jeho využití je možné jen během letních měsíců. Je tedy ideálním pro sezónní aplikace jako například ohřev bazénové vody. Konstruktivní řešení a profil těchto kolektorů je znázorněn na obrázku 6.



Obr. 6 Řez a celkový pohled na plochý nekrytý kolektor. [8]

Plochý selektivní kolektor – konstrukčně se jedná o zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem opatřeným spektrálně selektivním povlakem a s tepelnou izolací na boční a zadní straně kolektorové skříně (viz obr. 7). Vzhledem k výrazně sníženým tepelným ztrátám sáláním absorbéru, se ploché selektivní kolektory využívají pro solární ohřev užitkové vody a vytápění v budovách celoročně. Tvoří naprostou většinu zasklených kolektorů na trhu.

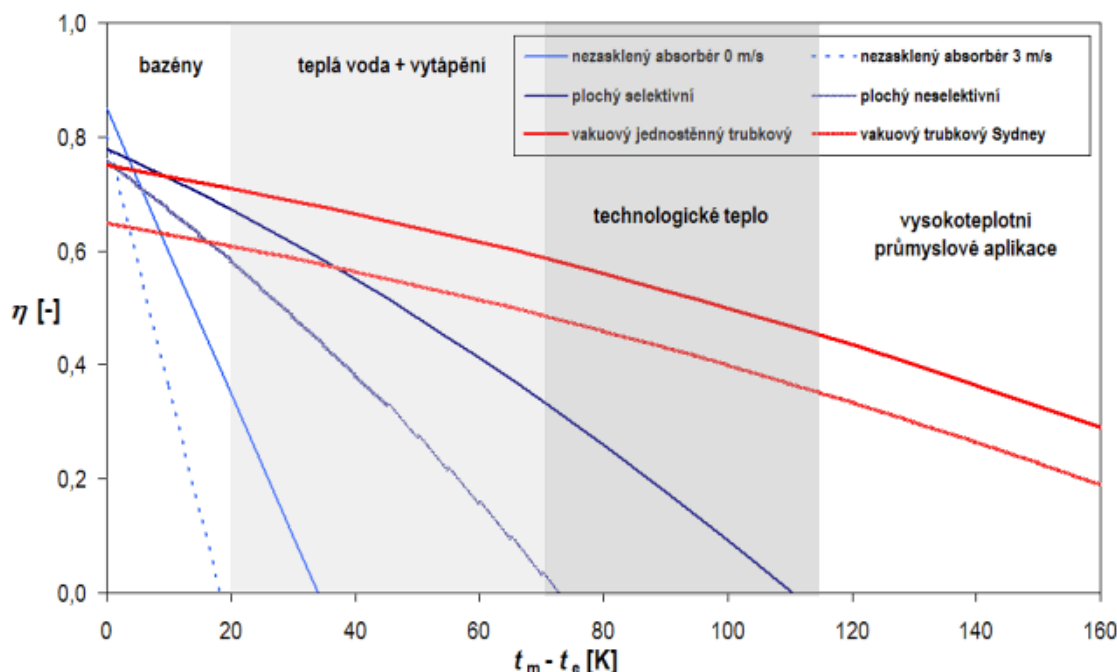


Obr. 7 Konstrukce plochého selektivního kolektoru. [10]

Plochý vakuový kolektor – Konstrukce trubkových vakuových kolektorů je založena na systému řady skleněných trubic uspořádaných těsně vedle sebe. V každé trubici je vedena měděná trubička vyplněná protékající teplotnosnou látkou. Tyto trubičky jsou jakoby uzavřeny v samostatných skleněných dvoustěnných vakuovaných trubicích. Tepelné ztráty trubkových kolektorů jsou díky tomu velmi malé a mohou získávat teplo i při velmi slabém slunečním záření (slunce za mrakem – difúzní záření), nebo při extrémně nízkých teplotách. Jsou schopny aplikace s provozními podmínkami okolo 100 °C. Výhodou těchto kolektorů je větší energetický zisk. Nevýhodou je vyšší hmotnost, vyšší cena a teoretická možnost mechanického poškození.

V grafu na obr. 8 jsou znázorněny typické křivky účinnosti základních druhů solárních kolektorů, vyjádřené v závislosti na teplotním spádu mezi teplotnosnou látkou a okolím, pro hodnotu slunečního ozáření 800 W/m². Nezasklené kolektory se mohou vyznačovat vysokou optickou účinností, na druhé straně mají vysoké tepelné ztráty, výrazně ovlivněné rychlostí proudění okolního vzduchu – větru. Naproti tomu u kvalitních solárních kolektorů s nízkými tepelnými ztrátami (selektivní absorbér, vakuový kolektor), klesá účinnost s rostoucím teplotním spádem výrazně méně. V grafu jsou vyznačeny typické rozsahy provozních teplotních rozdílů mezi střední teplotou teplotnosné látky a okolním vzduchem. [11]

Z jednoduchého porovnání křivek vyplývají některé zásady použití solárních kolektorů v daných aplikacích. Pro sezónní ohřev bazénové vody nemá smysl používat drahé trubkové vakuové kolektory, vykazující v nízkoteplotních hladinách dokonce nižší účinnost než řada levných nezasklených kolektorů. V oblasti přípravy teplé vody a vytápění jsou trubkové vakuové kolektory a atmosférické ploché kolektory z hlediska účinnosti vztahované k ploše kolektoru zhruba srovnatelné, záleží však vždy na konkrétním typu. Pro průmyslové aplikace s vysokými provozními teplotami jsou nutné kolektory s velmi nízkou tepelnou ztrátou (trubkové vakuové, případně kvalitní koncentrační kolektory). [11]



Obr. 8 Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů. Kde η je účinnost, t_m odpovídá střední teplotě teplotnosné látky v kolektoru a t_e je teplota okolí. [11]

2.1.5 Trojcestný ventil

Jedná se o typ ventilu, který svým mechanickým uzpůsobením dokáže přeměřovat proudící kapalinu do jedné ze dvou výstupních částí – cest ventilu. V případě aplikace u bazénové filtrace tento ventil směřuje proud přefiltrované vody buďto přímo zpět do bazénu, nebo do solárního kolektoru. Svou funkcí tak nahradí jinak nutnou mechanickou manipulaci při změně zapojení hadic u filtrace bazénu.

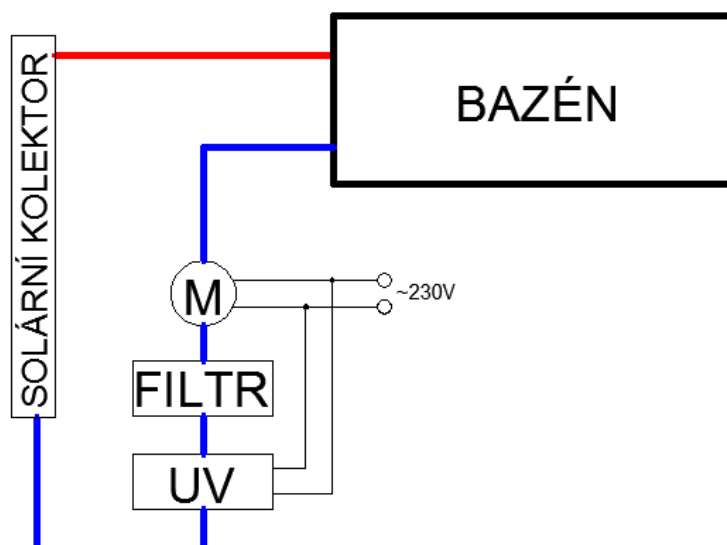
Prakticky existují dva způsoby ovládání – mechanické a elektrické (obr. 9). U mechanického ovládání je změna cesty proudění spojena s pohybem mechanické páky. Jedná se o levné a spolehlivé řešení, avšak nepoužitelné s řídicími systémy, pro dosažení maximální automatizace. Elektricky ovládané ventily jsou jejich přesným opakem. Poskytují velice snadné začlenění k řídicí jednotce, vykoupenu vyšší cenou. Ovládání ventilu je většinou dvou nebo třívodičové. U dvouvodičových ventilů existují pouze stavy zapojeno a odpojeno. Při stavu zapojeno motor ventilu nastaví cestu na první cestu. Při stavu odpojeno se ventil sám nastaví na druhou cestu za pomoci pružinového mechanismu. Třívodičové ventily žádný pružinový mechanismus neobsahují a nastavení cesty je zcela závislé na proudu procházející konkrétním vodičem. U obou typů je vždy jeden vodič použit jako uzemňovací.



Obr. 9 Vlevo elektrický, vpravo mechanický trojcestný ventil. [12]

2.2 Připojení solárního kolektoru k bazénu bez řídicí jednotky

Připojení solárního kolektoru, nebo několika solárních kolektorů v sérii bez řídicí jednotky, je velice snadné. Solární kolektor se připojí do série za oběhové čerpadlo a filtraci, jak je vyobrazeno na obrázku 10. Toto pořadí zapojení je voleno z důvodu omezení zanášení solárního kolektoru nečistotami z bazénové vody. Nečistoty jsou odchyceny do filtru, který je potřeba pravidelně čistit.



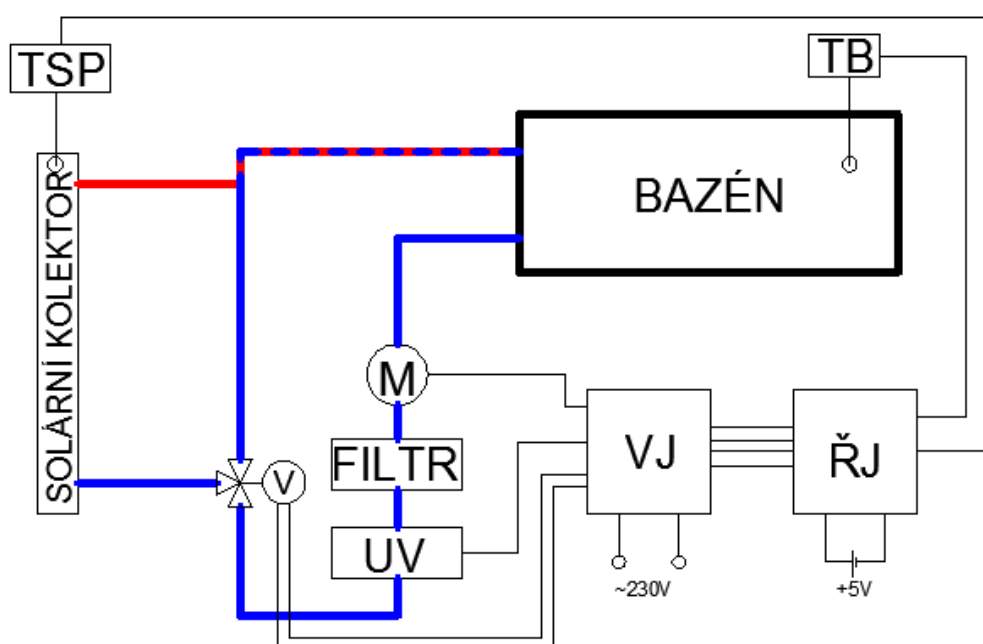
Obr. 10 Zapojení solárního kolektoru k filtrační jednotce.
(M – motor oběhového čerpadla, UV – UV lampa)

Takto zvolené zapojení přináší hned několik nedostatků. Jedním z hlavních je neustálá nutnost běhu oběhové čerpadla v případě, že chceme využít maximum sluneční energie. Celkové náklady na energii čerpadla pro oběh filtrované vody jsou také zvýšeny souvislým průchodem vody přes solární kolektor. Takto nastavený filtračně ohřevný proces, je velice neefektivní. Dalším nedostatkem je nepraktičnost. Majitel bazénu je nucen manuálně zapínat a vypínat oběhové čerpadlo, což je značně

nekomfortní a nepraktické. Tento problém lze však eliminovat použitím elektrické zásuvky s digitálním časovačem.

2.3 Připojení solárního kolektoru k bazénu s řídicí jednotkou

Schéma zapojení filtračních prvků je totožné jako u varianty bez řídicí jednotky. Pokud budou filtrace a ohřev řízeny řídicí jednotkou, je potřeba k systému navíc připojit dva teploměry. Jeden ke snímání teploty bazénové vody a druhý k určení teploty vody v solárním kolektoru. Jimi získaná data řídicí jednotka vyhodnotí a v případě potřeby vyšle signál do výkonové jednotky. Ta má na starost pouze samotné spínání a vypínání jednotlivých elektrických prvků filtračního systému, tj. motor oběhového čerpadla, UV lampa a motorek elektrického trojcestného ventilu).



Obr. 11 Zapojení solárního kolektoru k filtrační jednotce s řídicí jednotkou. (M – motor oběhového čerpadla, UV – UV lampa, V – motorek trojcestného ventilu, TB – teploměr bazénu, TSP – teploměr solárního panelu, ŘJ – řídicí jednotka, VJ – výkonová jednotka)

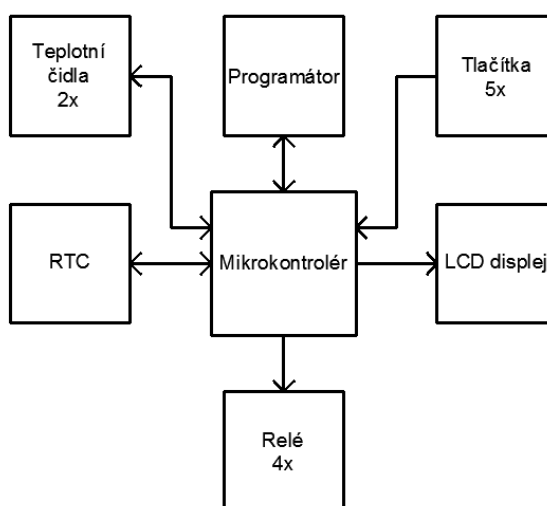
Díky samostatnému ovládní motoru čerpadla a UV lampy, lze zbytečně nezkracovat její životnost. I při častém spínání čerpadla kvůli vhodnému využívání energie v solárním kolektoru, nebude UV lampa zbytečně spínat, ale bude ovládána jinou logikou než čerpadlo. Nespornou výhodou při ovládní filtrace řídicí jednotkou je pro majitele bazénu jednoduchost jeho údržby. Při správě bazénu tak majiteli odpadají starosti s manuálním spouštěním filtrace, jejím časováním a ovládním trojcestného ventilu. To, jak by měla řídicí jednotka pracovat a jaké další pozitiva by při údržbě bazénu měla poskytovat, bude důkladně rozebráno v následující kapitole.

3 SESTAVENÍ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY

Navrhovaná řídicí jednotka je uzpůsobena pro celoroční provoz bazénu. Jejími hlavními přednostmi je praktičnost při použití a maximální efektivita ohřevu bazénové vody při minimalizaci potřebné energie dodané oběhovému čerpadlu. Dále je jednotka uzpůsobena pro snadné odečtení provozních dat a vybavena upozorňovacím systémem, v případě detekce chyby.

3.1 Blokové schéma řídicí jednotky

Řídicí jednotka je tvořena z několika bloků. Jednotlivé funkce bloků a jejich vzájemná komunikace, je popsána v samostatných kapitolách. Na obrázku 12 jsou všechny bloky vyobrazeny i se směrem toku dat.



Obr. 12 Blokové schéma řídicí jednotky.

3.2 Komponenty řídicí jednotky

3.2.1 Mikrokontrolér

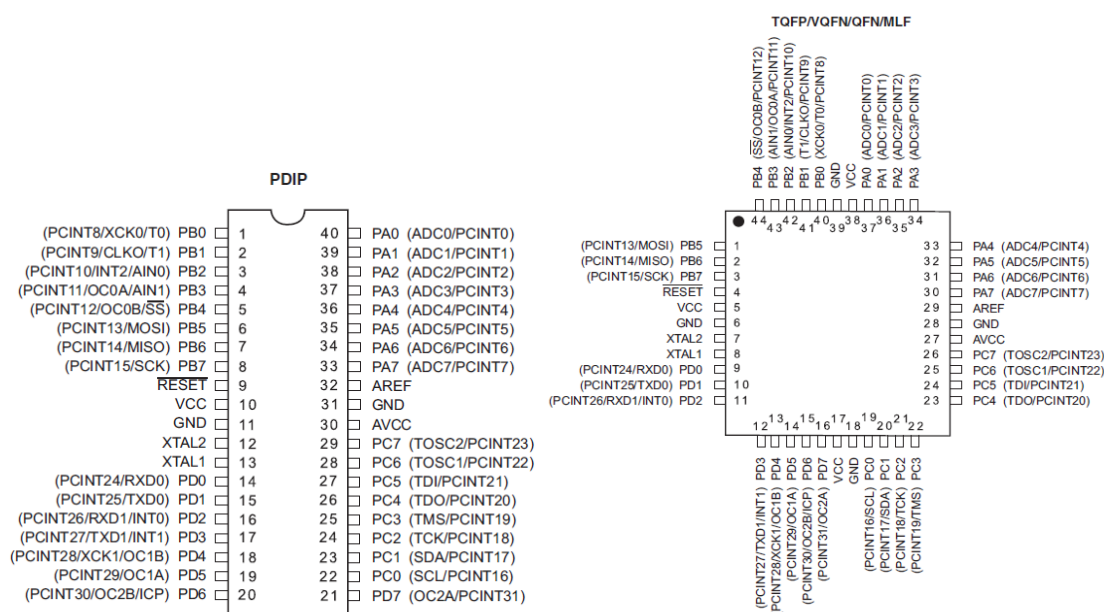
Pro řídicí jednotku je použit mikrokontrolér ATmega 644p od firmy Atmel. Jeho základními vlastnostmi jsou dle datasheetu [13]:

- instrukční soubor obsahuje 131 instrukcí
- 32 registrů po 8 bitech
- hodinový kmitočet až 20MHz
- paměť programu (flash) je 64kB s 10 000 cykly pro zápis
- datová paměť (SRAM) 4kB
- datová paměť EEPROM je 2kB se 100 000 cykly pro zápis
- Flash a EEPROM jsou programovatelné přímo v systému přes rozhraní JTAG
- jednotky 2xUSART, SPI, WDT, TWI (podpora I²C komunikace)
- dva osmibitové čítače / časovače a jeden 16 bitový

- 6 PWM kanálů (pulzně šířková modulace)
- 8 kanálů pro 10 bitový A/D převodník
- zabudovaný RC oscilátor
- orientační cena 200 Kč

Z výpisu vlastností je patrné, že mikrokontrolér ATmega644p obsahuje jednoduchý osmibitový čítač/časovač a osmibitový asynchronní čítač/časovač, jehož kmitočet není závislý na taktu jádra, ale je řízen z hodinového krystalu 32,768kHz. Nejpresnější dostupný čítač/časovač je šestnácti bitový, který podporuje režimy Output Compare, Input Capture, PWM a jiné. Mikrokontrolér má zabudovaný obvod WDT (Watch-Dog Timer), což je hlídač korektního průběhu programu a analogový komparátor. Dále je k dispozici synchronní a asynchronní sériový kanál USART a deseti bitový A/D převodník.

Mikrokontrolér je schopný provozu v rozmezí napětí 2,7V až 5,5V. Aby ovšem mohl pracovat při taktu vyšším než 10MHz, je potřeba minimálního napětí 4,5V. Výrobce v datasheetu uvádí proudový odběr pro takt 1MHz a napájení 1.8V v aktivním režimu 0,4mA. Tato hodnota je přímo úměrná taktu mikrokontroléru, a tak při maximálním hodinovém kmitočtu 20MHz naroste na 8,0mA. K dispozici je 32 vstupně-výstupních pinů. Ty jsou organizovány do čtyř osmibitových portů PA, PB, PC a PD. Tyto piny mohou být řízeny programově, tj. jejich výstupní logické hodnoty lze měnit zápisem do I/O registru, nebo je zde možné naopak přečíst úroveň přivedeného signálu v případě, že je pin nastaven do režimu čtení. Maximální výstupní proud jednoho pinu je 20mA. Kromě toho však má velké množství pinů i svou druhou či třetí volitelnou funkci. Mikrokontrolér ATmega644 totiž obsahuje napěťový komparátor i analogově-digitální převodník, který je osmikanálový a desetibitový (tj. rozpoznává se 1024 napěťových úrovní). Rozložení pinů a tvary pouzder jsou na obrázku 13. [13]

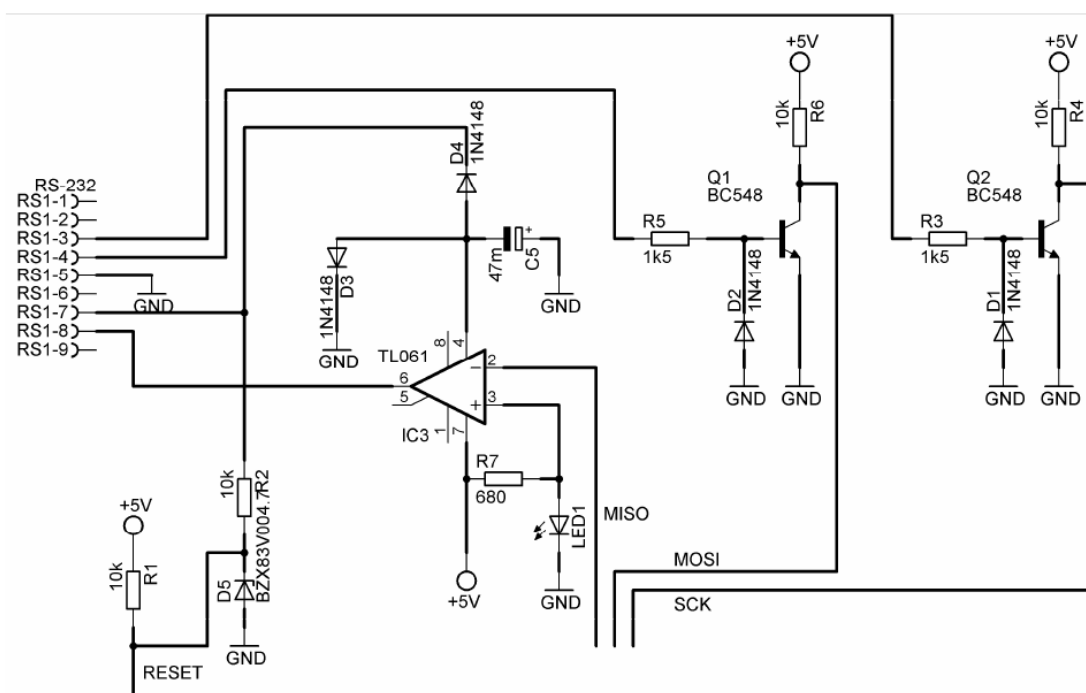


Obr. 13 Rozložení pinů a tvary pouzder pro ATmega 644p. [13]

Komunikaci s externími periferiemi zajišťuje TWI rozhraní, což je obdoba sběrnice I²C. Definice a způsob používání je totožný mezi oběma sběrnicemi. Jedná se však o sběrnice dvou různých výrobců a proto rozdílné názvy těchto komunikačních technologií jsou spíše z licenčních než technických důvodů. Tento mikroprocesor také obsahuje kanál SPI, který slouží k programování přímo v aplikaci. A rozhraní JTAG zajišťující možnost ladění aplikace přímo na čipu.

3.2.2 Programátor

Fyzické naprogramování kontroléru může být realizováno pomocí sériového downloadu skrze SPI sběrnice. Tento způsob umožňuje programovat mikrokontrolér přímo v zařízení, bez nutnosti jej vyjmout a naprogramovat v programátoru. Vývoj aplikací a jejich odladění (nahrání nového softwaru) se značně urychlí. Programování probíhá pomocí čtyř vodičů SCK (hodiny), MISO (vstup), MOSI (výstup) a RESET. Schéma zapojení je na obrázku 14.

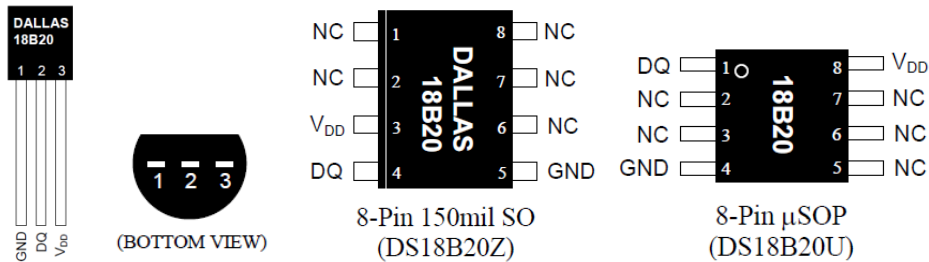


Obr. 14 Schéma zapojení programátoru. [14]

3.2.3 Teplotní čidla

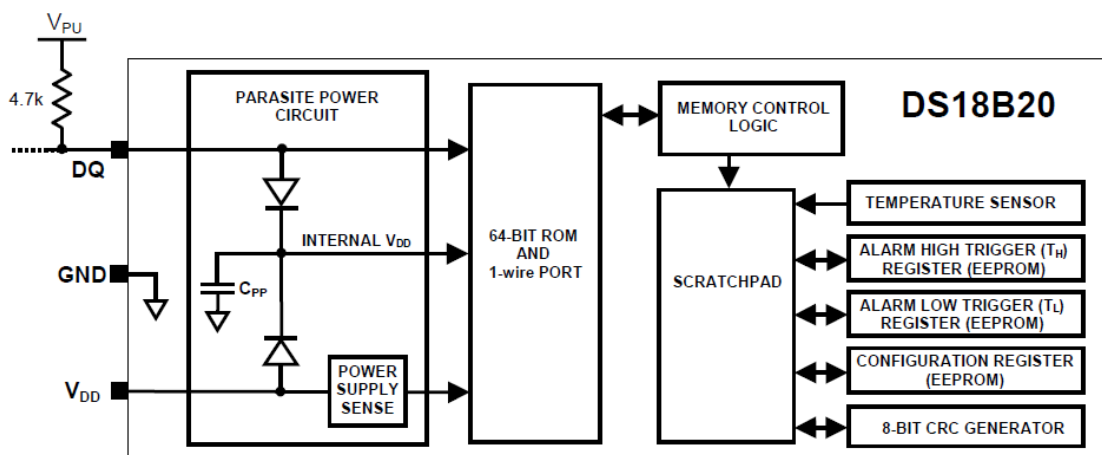
Teplotní čidla lze zvolit analogová nebo digitální. Čidla budou umístěna ve vzdálenosti pěti a více metrů od řídicí jednotky, proto není vhodné použití analogových čidel. Docházelo by ke zhoršení přesnosti vlivem délky vodičů. Digitální čidla přenáší pouze data (naměřenou hodnotu), proto nejsou tak citlivá na délku vedení. Ke snímání teploty je zvolen číslicový teploměr Dallas DS18B20, který komunikuje po 1-Wire™ sběrnici. Jedná se o sběrnici tvořenou jedním vodičem a pro komunikaci obvodů s řídicím mikrokontrolérem stačí jediný vodič a zem. Tvary pouzder a rozmístění pinů je viditelné na obrázku 15. Při komunikaci je dodržováno pravidlo master a slave. Na jeden pin mikrokontroléru může být připojeno několik zařízení typu slave, protože komunikace s konkrétním obvodem je zabezpečena pomocí unikátní,

64 bitové adresy kterou má každý obvod uložen ve své paměti ROM. Pokud je na jednom pinu jen jediné zařízení, není nutné jej volat přes adresu, ale postačí jen adresa pinu mikrokontroléru. V klidu je sběrnice ve stavu log. 1, který je udržován za pomoci pull-up rezistoru. Stav log. 0 může být dosažen každým zařízením připojeným na sběrnici pomocí jeho výstupu s otevřeným kolektorem. Impulsem tedy rozumíme uzemnění sběrnice na stanovenou dobu. Další výhodou je nízké napájecí napětí v rozmezí 3,0V až 5,5V. Lze tedy použít stejný zdroj stejnosměrného napětí jako pro mikrokontrolér.



Obr. 15 Rozložení pinů a typy pouzder teploměru DS18B20. (Označení pinů: GND-země, DQ-datový vodič, V_{DD}-napájecí napětí, NC-nepoužité konektory.) [15]

Rozmezí snímaných teplot se nachází v intervalu -55°C až $+125^{\circ}\text{C}$. Velký rozsah je zvolen pro měření teploty na kolektoru, která může dosáhnout i 100°C . Jádrem obvodu DS18B20 umožňuje nastavit vlastnosti digitálního teploměru. Rozlišení převodníku je uživatelsky nastavitelné na 9 - 12 bitů, to odpovídá rozlišovací schopnosti $0,5^{\circ}\text{C}$, $0,25^{\circ}\text{C}$, $0,125^{\circ}\text{C}$, $0,0625^{\circ}\text{C}$. Základní rozlišení po připojení napájení je 12 bitů. Naměřená data jsou uložena do 12-bitového registru a odpovídají teplotě ve $^{\circ}\text{C}$. Teplota je kladná, když je S bit roven 0 a záporná, když je S bit roven 1. Když je převodník nastaven na 12 bitů, všechny bity v registru budou obsahovat platná data. Při nastavení nižších rozlišení nejsou definovány nízké bity. Například při rozlišení převodníku 9 bitů nejsou použity bity 0, 1, 2. Konverze teploty do digitální podoby při maximálním rozlišení trvá maximálně 750ms. [15]



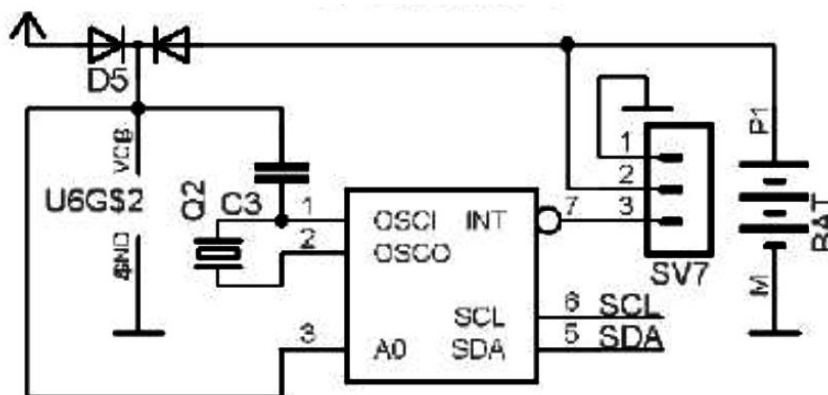
Obr. 16 Blokové schéma teploměru DS18b20. [15]

Teploměr disponuje dvěma pracovními režimy. První režim je základní a v něm teploměr pouze měří teplotu a její binární podobu vysílá na svůj výstup. V druhém

režimu však teploměr může sloužit i jako jednoduchý regulátor. Po nastavení mezních teplot do registru TL a TH teploměr porovnává aktuální teplotu s teplotami v těchto registrech a po překročení některé krajní hodnoty začne vysílat příslušný kód o změně teploty mimo stanovené meze. Pak už jen stačí takovýto kód zachytit mikroprocesorem a zajistit tak další potřebné kroky. Tento způsob regulace má ohromnou výhodu v náročnějších aplikacích, kdy se o samotné porovnávání teploty s nastavenými hranicemi nemusí starat sám mikroprocesor a jeho výpočetní výkon se tak může uplatnit jinde. Tyto funkce jsou naznačeny v blokovém schéma na obrázku 16.

3.2.4 RTC

RTC (real-time clock) jednotka reálného času. V elektronice často používaná. Využití externí jednotky pro určování času má výhodu v jednoduchosti použití při tvorbě programu a také osvobozením kontroléru určovat čas pomocí časovače. V řídicí jednotce bude konkrétně použit obvod PCF 8583P od firmy Philips Semiconductors. Tento obvod se vyznačuje nízkou spotřebou energie, vysokou přesností. Aby byl čas aktualizován i při výpadku napájení, je obvod opatřen záložní 3V lithiovou baterií. S nabitou baterií obvod vydrží pracovat i několik let. Na obrázku 17 je typické zapojení tohoto obvodu s krystalem Q2 (32,768Hz). Pin SCL je určen pro komunikační linku hodin a SDA pro linku dat. Obvod obsahuje sběrnici TWI (Two – Wire serial interface), což je akorát jiné označení pro sběrnici I²C, která je podporována i mikrokontrolérem ATmega644p. Je tak zaručena bezproblémová komunikace i snadnost její implementace do zdrojových kódů.



Obr. 17 Typické zapojení obvodu PCF 8583P. [16]

3.2.5 LCD displej

Každý LCD displej má v sobě rozhraní, které se stará o adekvátní zobrazení požadovaných dat a o komunikaci s okolím. Standardem tohoto rozhraní se stal řadič HD44780 od firmy Hitachi. Všechny LCD panely mají v sobě zabudovaný tento řadič nebo jeho ekvivalent. Proto nezáleží, od kterého výrobce LCD panel je, neboť komunikace s ním bude probíhat vždy stejně. LCD displeje se vyrábí v různých provedeních. Nejčastější jsou 8x2, 16x1, 16x2, 16x4, 20x2, 20x4, 24x2, 24x4, 40x2 a 40x4. První číslo uvádí počet znaků na řádek a druhé uvádí počet řádků. Na trhu je také k dispozici mnoho barevných typů podsvětlení.

Pro zobrazování informací z řídicí jednotky bude použit dvouřádkový displej se schopností zobrazit 16 znaků na řádek. Tato velikost je dostačující a umožní uživateli snadno číst informace vyobrazené na displeji. Orientační cena podsvětleného displeje 16x2 s vlastním řadičem se pohybuje okolo 240 Kč a je zobrazen na obrázku 18.



Obr. 18 LCD displej 16x2 s modrým podsvětlením.

3.2.6 Tlačítka

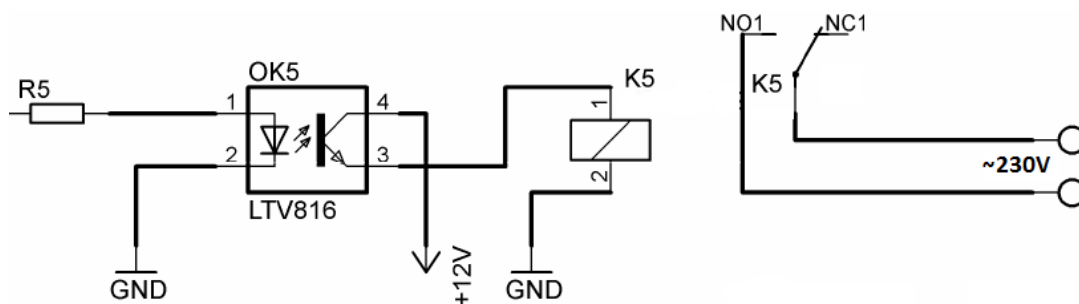
K ovládání uživatelského prostředí jednotky a snadnému přístupu k provozním informacím slouží pět tlačítek. Jejich jednotlivé funkce budou vysvětleny v kapitole uživatelské nástroje a nastavení. Při programování je nutné pro tlačítka využít vnitřních pull-up rezistorů v mikrokontroléru ATmega 644p. Pokud tlačítko není sepnuto, je na odpovídajícím bitu log. 1, při sepnutí je daný bit v log. 0.

3.3 Komponenty výkonové jednotky

Výkonová jednotka je výhradně určena pro ovládání silových obvodů a pracuje s napětím 230V. Je tvořena čtyřmi relé, čtyřmi optočleny malým transformátorem 230/12V. Napětí 12V je nutné pro spínání všech relé. Konstrukčně je výkonová jednotka volena jako samostatné zařízení, protože může být od řídicí jednotky při instalaci vzdálena i několik desítek metrů.

3.3.1 Relé

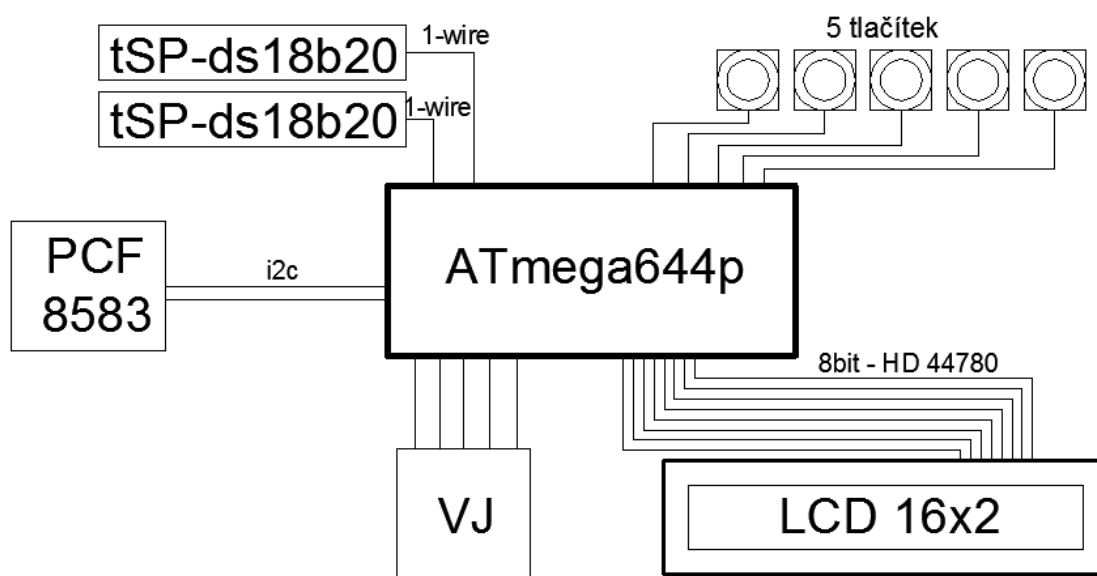
Aby bylo možné ovládat silové periferie (čerpadlo, ventil, UV lampu), jsou použita relé. Pro zajištění větší bezpečnosti a ochranu mikrokontroléru před napětím ze sítě, je před každé relé vsazen oddělovací optočlen, jak je zobrazeno na obrázku 19.



Obr. 19 Schéma zapojení jednoho relé a optočlenu.

3.4 Propojení komponent

Pro propojení mikrokontroléru s okolními komponentami jsou použity vodiče. Pro ovládání relé, či určení stisku tlačítka stačí pracovat se stavy log. 0, resp. log. 1. Pro komunikaci s ostatními komponentami, kdy si už nevystačíme s logickými stavy zapnuto, nebo vypnuto, je potřeba definovat komunikaci pomocí tzv. sběrnic a jejich komunikačních protokolů. Ty se od sebe liší jednak počtem potřebných vodičů, způsobem komunikace a také rychlostí přenosu dat. Použití jednotlivých protokolů v řídicí jednotce je zobrazeno na obrázku 20.



Obr. 20 Použití komunikačních sběrnic v řídicí jednotce.

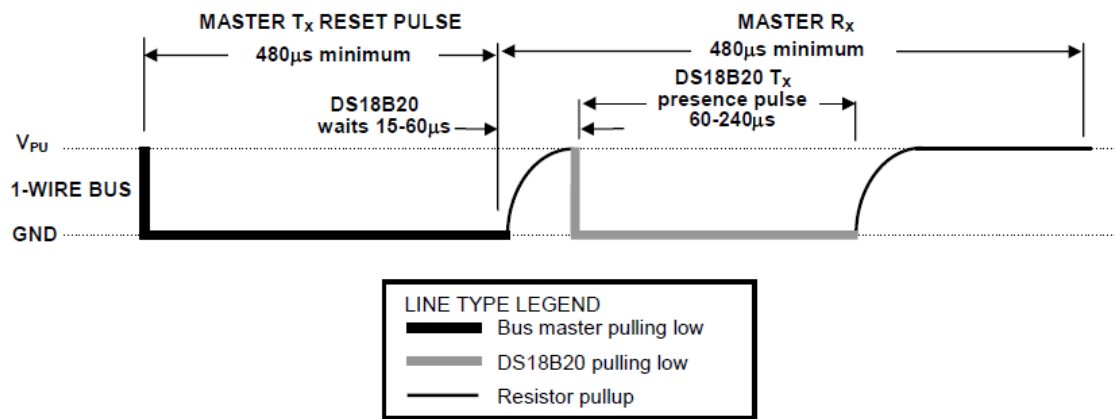
3.4.1 1-wire™

Pro komunikaci teploměru s okolím firma Dallas Semiconductor připravila jednovodičovou sériovou linku podobnou například známější sběrnici I2C. Komunikační protokol této linky je velmi jednoduchý bez zabezpečovacích bloků a může tak být jednoduše realizován pomocí klasických mikroprocesorů. Sběrnice se skládá z jednoho master a jednoho, či více slave zařízení. Všechny tyto zařízení jsou připojena na společnou zem a paralelně na jeden datový vodič, který je připojen přes pull-up rezistor 4k7 na napájecí napětí a tím tak zdvihá sběrnici do log. 1.

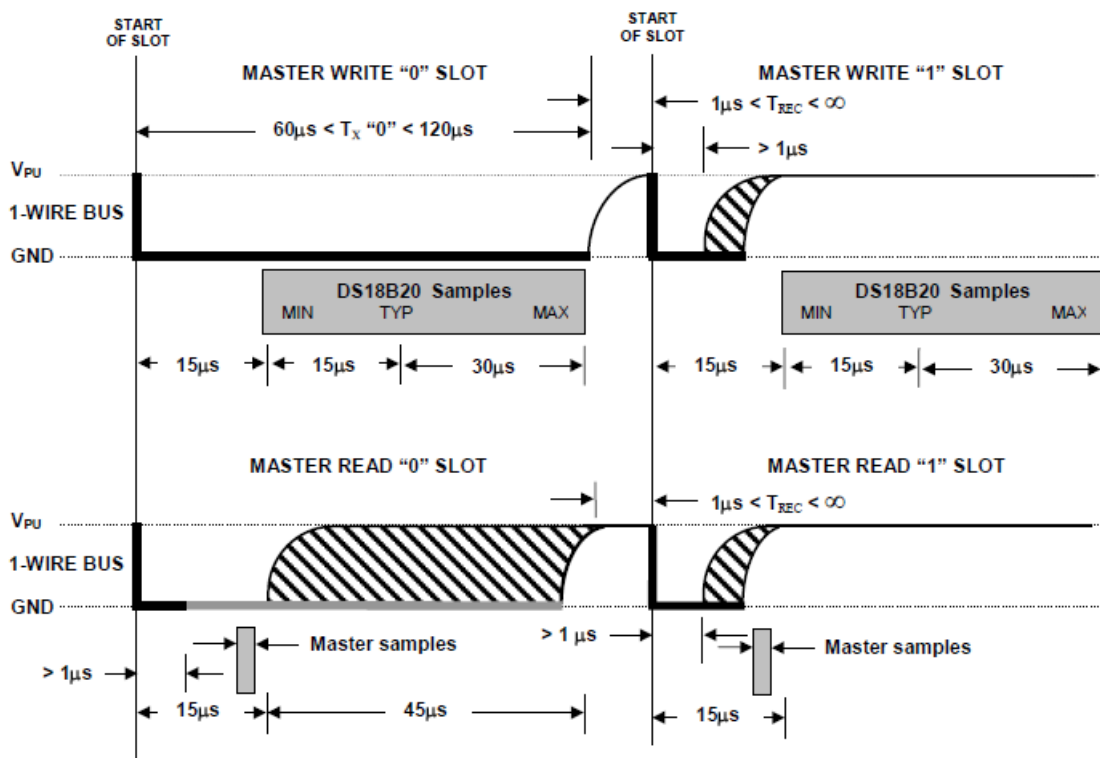
Začátek komunikace vždy zahajuje master obvod, který na sběrnici vyšle reset puls. Při reset pulsu mikroprocesor drží sběrnici v log. 0 po dobu min 480 μ s, pak sběrnici uvolní a díky připojenému pull-up rezistoru se sběrnice vytáhne do log. 1 za dobu přibližně 60 μ s. Pokud je ke sběrnici připojeno nějaké kompatibilní zařízení, tak po této době sběrnice opět klesne na log. 0 na dobu zhruba 240 μ s. Tímto dojde k inicializaci zařízení a kontrole mikroprocesoru, zda je na sběrnici toto zařízení připojeno. Pokud tedy dojde ke správnému ohlášení zařízení, mikroprocesor může pokračovat v komunikaci a zahájit tak příjem nebo vysílání dat. Data se přenáší v time slotech o délce 60 - 120 μ s. V jednom time slotu se přenesou právě jeden bit. Mezi

jednotlivými time sloty musí být sběrnice v klidu po dobu minimálně jedné mikrosekundy. [15]

U teploměru DS18B20 rozlišujeme celkem čtyři druhy time slotů: čtení 1, čtení 0, zápis 1 a zápis 0. Zápisové sloty slouží k zápisu dat do registrů teploměru a tím tak k nastavení jeho funkce. Například tím nastavíme hodnoty registrů T_H a T_L pro regulaci teploty. Čtecí sloty samozřejmě slouží k získání údajů z teploměru. Graficky znázorněný průběh komunikace teploměru DS18B20 je znázorněn na obrázcích 21 a 22.



Obr. 21 Reset pulz a inicializace teploměru DS18B20. [15]



Obr. 22 Časování slotů pro zápis a čtení u teploměru DS18B20. [15]

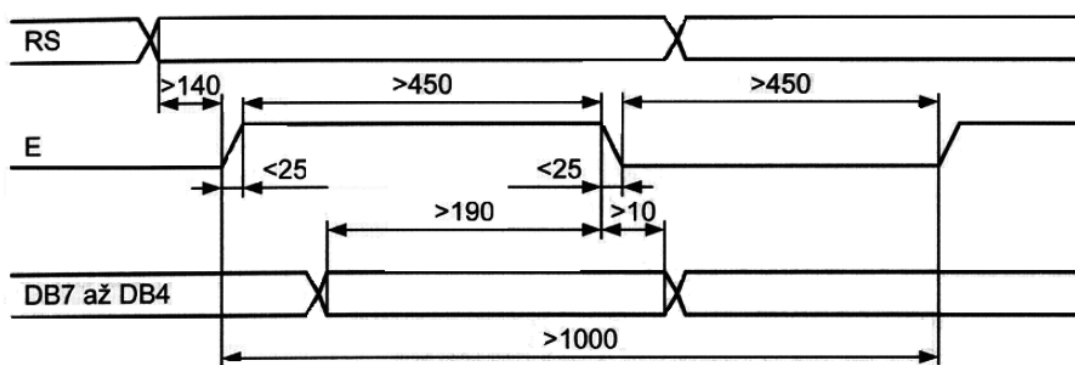
3.4.2 I²C – TWI

Sběrnice I²C je speciální sběrnice vyvinutá firmou Philips Semiconductors (dnes již NXP), pro účely připojování periferních zařízení (SLAVE) k jednomu řídicímu (MASTER). Master inicializuje veškerou komunikaci na sběrnici, řídí ji a dodává hodinové pulzy. Každé SLAVE zařízení na sběrnici má svou unikátní adresu. Je často používána k připojení periferních zařízení jako jsou například EEPROM, RTC, AD/DA převodníků a dalších. Mikrokontroléry firmy Atmel mají již od výroby implementovanou podporu komunikace založenou na totožném principu. Kvůli licenčním důvodům ovšem používá pro označení této sběrnice zkratku TWI (two wire interface).

Komunikace po sběrnici je řízena komunikačním protokolem, který popisuje zahájení komunikace (Start Condition), strukturu adresného a datového paketu, způsoby potvrzování přijatých paketů a ukončení komunikace (Stop Condition). Klidová úroveň na obou linkách sběrnice I²C je v log. 1 a datovou linku smí ovládat vždy jen jedno zařízení. Pro úroveň signálu na datové lince SDA platí, že musí být konstantní v okamžiku vysoké úrovně hodinového signálu SCL. To neplatí pouze u startovací a ukončovací podmínky. Adresní paket se skládá ze 7bitové adresy podřizného obvodu, dále z bitu určující následné čtení nebo zápis z/do obvodu. Paket je ukončen potvrzovacím bitem ACK (Acknowledge) od podřizného obvodu. Je-li hodnota tohoto bitu v log. 0, je potvrzení platné, zůstane-li v log. 1, potvrzení neproběhlo a komunikace nebyla navázána. Adresa je zapisována v pořadí od MSB k LSB. Datový paket obsahuje 8bitové datové slovo, rovněž v pořadí od MSB k LSB a je ukončen potvrzovacím bitem ACK s aktivní úrovní v log. 0. [17]

3.4.3 Komunikace s LCD

Každý LCD displej má v sobě rozhraní, které se stará o adekvátní zobrazení požadovaných dat a o komunikaci s okolím. Standardem tohoto rozhraní se stal řadič HD44780 od firmy Hitachi. LCD displeje řízené řadičem HD44780 mohou komunikovat po čtyřech nebo osmi datových linkách. Pokud si zvolíme komunikaci přes čtyři linky, tak zápis dat probíhá nadvakrát. Jako první se přenáší horní, následována dolní polovinou Bytu. Pro správnou činnost LCD panelu jsou však ještě zapotřebí další řídicí linky, RS – výběr režimu přenosu dat nebo příkazů, R/W – čtení nebo zápis dat na display, E – vstup povolení. Při použití pouze zobrazovacích LCD panelů lze linku R/W spojit se zemí a tím trvale nastavit na režim zápisu.



Obr. 23 Časový průběh zápisu dat na displej. (Časy uvedeny v ns.) [18]

Z obrázku 23 je zřejmý časový průběh signálů nutných ke správné komunikaci s LCD. Zápis dat nebo příkazu je inicializovaný tak, že se signál RS přepne do log. 1 pro zápis dat, či do log. 0 pro zápis příkazu. Následně se aktivuje vstup E do log. 1, čímž se povolí vstup dat a poté se na vodiče DB7 až DB4 pošlou horní 4 bity dat, které se potvrdí překlopením signálu E do log. 0. Stejným způsobem jsou pak poslány dolní 4 bity dat. Při použití osmi komunikačních linek se data přes vodiče DB7 až DB0 přenesou najednou.

4 ŘÍDÍCÍ SCHOPNOSTI JEDNOTKY

Logické jádro jednotky je tvořeno mikrokontrolérem, který vyhodnocuje získané údaje z okolních komponent řídicí jednotky. Konkrétně se jedná o informace získané z teplotních čidel, jednotky reálného času s detekce stisku tlačítek. Tyto nabyté data se vloží do řídicího algoritmu. Výsledkem tohoto procesu je vyhodnocení mikrokontroléru o vhodnosti zásahu do systému, tj. zapnutí, nebo vypnutí motoru oběhového čerpadla, či přesměrování trojcestného ventilu. Všechny takto provedené zásahy musí být účelné a odůvodněné. Jednotlivé úkony, které musí jednotka vykonat pro správnou činnost, jsou rozepsány v následujících podkapitolách.

4.1 Určení délky filtrace

Protože se bakterie a mikroorganismy ve vodě neustále množí, je potřeba vodu filtrovat. Rychlost jejich množení je závislá na teplotě bazénové vody. Ve studeném prostředí se bakterie množí pomaleji než v teplém. V praxi to znamená, že pokud má bazénová voda teplotu 18°C, je ideální délka filtrace 3 hodiny. Pokud má ovšem bazénová voda teplotu 25°C, je potřeba filtrovat i 10 hodin, pro uchování její kvality. S tímto biologickým procesem je spojena nutnost zvýšit obsah bazénové chemie, která proces množení mikroorganismů značně zpomaluje.

Všechny tyto závislosti jsou v první řadě ovlivněny celkovou kvalitou bazénové filtrace, tj. typem použitého filtru, rychlost filtrace, UV lampy i samotnou péčí o bazén. V idealistickém případě by se voda filtrovala 24 hodin denně. To by ovšem znamenalo extrémní zatížení oběhového čerpadla a v neposlední řadě i neúnosné finanční náklady na elektřinu. Každý majitel bazénu má po jisté době provozu bazénu zkušenosti s tím, jak dlouho vodu nechat filtrovat. Tyto empirické zkušenosti lze zjednodušeně řídicí jednotce předat a ta se jimi bude za provozu řídit.

Uživatel do jednotky nastaví jak dlouho má filtrace probíhat při teplotě bazénové vody 18°C a 25°C. Jednotka během provozu zjišťuje aktuální teplotu vodu a z ní podle vztahu (1) určí ideální délku filtrace. Výsledná hodnota je pro jednotku závazná.

$$h_x = \frac{(t_x - 18^\circ\text{C}) \cdot (h_2 - h_1)}{25^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}} + h_1 \quad (1)$$

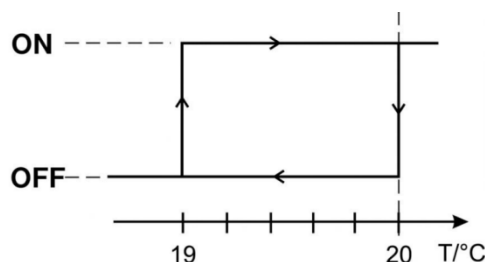
Vztah (1) je pouze lineární závislost mezi teplotou a délkou filtrace, kde h_x je vypočítaná délka filtrace v hodinách, t_x aktuální teplota vody, h_1 délka filtrace při 18°C a h_2 jako délka filtrace při 25°C. V případě, že je teplota vody nižší než 18°C, jednotka stanoví jako délku filtrace hodnotu zadanou uživatelem pro 18°C. V případě vyšší teploty žádné omezení není. Jako příklad uvedeme situaci, kdy hodnoty $h_1=3$ hodinám, $h_2=12$ hodinám a aktuální teplota vody je $t_x=22^\circ\text{C}$. Po dosazení a výpočtu určíme optimální dobu filtrace $h_x=8,14$ hodiny.

4.2 Cyklus ohřevu vody solárním kolektorem

Aby se efektivně využila energie získaná v solárním kolektoru a zvýšila se tak užitečnost řídicí jednotky, je nutné nejprve vodu v kolektoru ohřát na stanovenou

teplotu a poté transportovat pomocí oběhového čerpadla zpět do bazénu. Během přečerpávání teplota vody v kolektoru začne klesat. Když klesne na stanovenou úroveň, oběhové čerpadlo se zastaví. Takto se cyklus ohřevu a přečerpávání opakuje, dokud není dosaženo předepsaných podmínek.

Tento systém ohřevu lze přirovnat k pokojovému termostatu s hysterezí. Hystereze je tedy rozdíl mezi požadovanou a skutečnou teplotou. Pokud je na pokojovém termostatu nastavena hystereze 1°C a požadovaná teplota 20°C , termostat vypne při 20°C a znovu sepne při 19°C . Průběh je naznačen na obrázku 24. [19]



Obr. 24 Funkce termostatu s hysterezí 1°C a požadovanou teplotou 20°C . [19]

Řídící jednotka pracuje v obráceném smyslu jako termostat. Snaží se solární kolektor po dosažení jisté teplotní úrovně okamžitě ochladit. Při aplikaci na ohřevu bazénu je však nutné počítat s tím, že teplota bazénové vody se mění velice pomalu. Tento jev je způsoben velkým množstvím vody a její vysokou tepelnou kapacitou. Proto je nutné stanovit ještě spodní mez pro vypnutí čerpadla.

Obvykle se hodnota hystereze zapnutí nastavuje v rozmezí 10°C až 20°C . Použití vyšších hodnot přináší riziko, že by se při vyšší teplotě bazénové vody voda v kolektoru nahřála na teploty přes 45°C a při svém návratu mohla uživatele bazénu popálit. Pro hysterezi vypnutí se obvykle nastavuje hodnota kolem 5°C . Při nastavení 0°C by docházelo k dlouhým prodlevám, než by voda protékající kolektorem měla stejnou teplotu jako voda v bazénu. Teoreticky by pak nemuselo ani k vypnutí oběhového čerpadla dojít.

4.3 Spínání UV lampy

Jak již bylo uvedeno v druhé kapitole, životnost UV lampy je stanovena počtem sepnutí délkou svitu. Aby byla účinná, je potřeba, aby lampou protékala voda, tedy za běhu čerpadla. Čerpadlo je ovšem spouštěno v relativně krátkých intervalech, a tak je potřeba UV lampu ovládat odděleně. Informace o životnosti lampy lze v uživatelském rozhraní zadat do řídicí jednotky.

Při prvním sepnutí čerpadla v novém dni, se také zároveň zapne i lampa. Po vypnutí čerpadla lampa ještě svítí stanovenou dobu. Tato doba se určí jako podíl celkové doby svitu životnosti a počtem sepnutí. V případě životnosti 5 000 hodin a 1 000 sepnutí, je tato doba nastavena na 5 hodin. Lampa se vypne spolu s čerpadlem pouze v případě, kdy je dokončen denní cyklus filtrace.

4.4 Ovládání trojcestného ventilu

Elektrické ovládání trojcestného ventilu je užitečné v případě, že teplota bazénové vody již překročila požadovanou hodnotu a případný další její ohřev není přípustný. V tomto případě řídicí jednotka přenastaví ventil do polohy, kdy je přefiltrovaná voda vpouštěna ihned zpět do bazénu. Takto zkrácený filtrační obvod sníží odpor vody proudící potrubím a sníží se tak i zatížení oběhového čerpadla. Nedojde tak tedy k nežádoucímu přehřívání bazénové vody.

4.5 Počítadla

Důležitým úkolem řídicí jednotky je také počítat délku provozu. Konkrétně tedy celková délka již provedené denní filtrace, celková doba svitu UV lampy a počet její sepnutí. Takto získaná data se uchovávají v paměti. Denní počítadlo délky filtrace se vždy s příchodem nového dne vynuluje. Jeho hodnota se ovšem přičte do celkové doby běhu čerpadla. Tyto informace o dlouhodobém provozu lze využít pro přepočítání o celkové spotřebě elektrické energie filtrační soustavy v jistém časovém úseku. Dále se dá určit vitalita UV lampy, a to z počtu již vykonaných sepnutí a době svitu.

Pokud je jednotka v režimu, kdy sama určuje délku filtrace a filtraci následně spouští po dosažení teplotních podmínek na solárním kolektoru, může nastat i okrajová situace, kdy délka vykonané filtrace je menší než délka stanovené filtrace. Pro tento případ jednotka provádí kontrolu ve 22:00 a případně spustí filtraci filtračního cyklu na dobu rozdílu obou hodnot. Takové případy mohou nastat během deštivých nebo mračných dnů.

4.6 Uživatelské rozhraní

Aby byl uživatel informován o aktuálním stavu a měl možnost jednotku nastavit dle svých představ a potřeb musí řídicí jednotka také zajišťovat komunikaci s uživatelem a reagovat na jeho příkazy. To je realizováno pomocí LCD displeje a pěticí tlačítek.

4.7 Záloha dat a nastavení

Všechna data z počítadel a z nastavení v uživatelském rozhraní je nutné zálohovat v případě odpojení řídicí jednotky od napájecí sítě. Protože celkové nastavení jednotky není chvilková záležitost, jsou veškerá data a nastavení uložena do trvalé paměti. Konkrétně do paměti EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), která je integrována mikrokontroléru ATmega 644p. Výhodou této paměti je schopnost uchovat data i bez napětí. Nevýhodou je omezený počet zápisů, který je pro tento konkrétní typ mikrokontroléru 100 000. [13] Toto omezení ovšem není nikterak svazující, je však na něj potřeba myslet při tvorbě programu.

4.8 Uživatelské nástroje a nastavení

Pro práci v uživatelském prostředí řídicí jednotky je určeno pět tlačítek a jeho zobrazení LCD displej. Každé tlačítko má svou primární a sekundární funkci. Umožňují uživateli procházet jednotlivá menu nastavení a přístup k uloženým datům. Možný vzhled a rozestavení tlačítek na řídicí jednotce je zobrazen na obrázku 25. Pro jednodušší popis v následujícím textu, jsou tlačítka očíslována.



Obr. 25 Možný vzhled a rozložení tlačítek.

Prioritní i sekundární funkce tlačítek je označena symboly, které charakterizují jejich funkci. V pořadí číslování tedy tlačítka prioritně označují: spustit rychlý program, aktuální nastavení, menu nastavení, nastavení plánovače a času, informace o provozu. Sekundárně: zvýšení nebo pohyb nahoru, snížení nebo pohyb dolů, potvrzení.

Po připojení řídicí jednotky k napájecímu zdroji 5V se na displeji nejprve objeví informace o autorovi software, následně informace zda bylo úspěšné, či neúspěšné načtení dat ze záložní paměti. Poté se vykreslí výchozí obrazovka. Ta zobrazuje aktuální teplotu bazénů a solárního kolektoru na prvním řádku. Na druhém řádku měsíc a den v měsíci spolu s aktuálním časem. Tyto informace jsou aktualizovány přibližně v intervalu 100ms. Výchozí obrazovka je vidět na obrázku 18.

4.8.1 Informace o provozu

Stiskem tlačítka 5 se spustí automatická sekvence, zobrazující provozní informace. Jedná se tedy postupně o obrazovky: již vykonaná denní filtrace, doba celkové filtrace v sezóně, počet sepnutí a celková doba svitu UV lampy a odhadovaná spotřeba elektrické energie v sezóně.

Odhadovaná spotřeba elektrické energie v sezóně S_{kWh} se počítá ze vztahu (2), kde $P_{\check{c}}$ je příkon čerpadla ve W , P_{UV} příkon UV lampy ve W , $T_{\check{c}}$ doba běhu čerpadla v sezóně v hodinách a T_{UV} délka svitu UV lampy v hodinách. Výsledná hodnota S_{kWh} je v kWh .

$$S_{kWh} = \frac{(P_{\check{c}} \cdot T_{\check{c}}) + (P_{UV} \cdot T_{UV})}{1000} \quad (2)$$

4.8.2 Plánovač a nastavení času

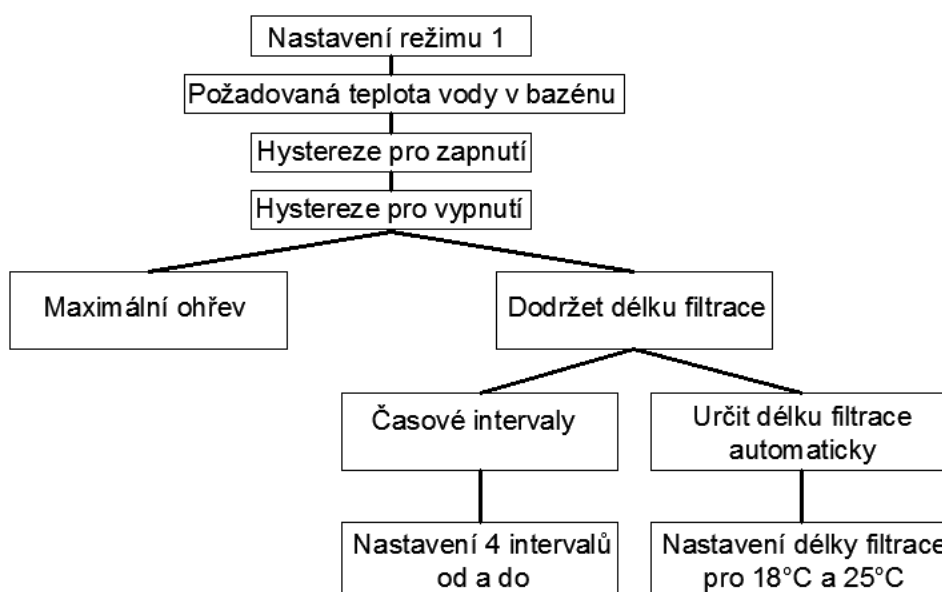
Pro lepší flexibilitu a uplatnění jednotka poskytuje dva na sobě nezávislé režimy. Každý režim lze nastavit dle potřeb uživatele a v plánovači určit, pro jaký den v týdnu se má konkrétní režim spustit. To je velmi užitečné v případě, že se bazén využívá jen v určité dny v týdnu, například jen o víkendech.

Stiskem tlačítka 4 se spustí průvodce pro přidělení jednotlivých režimů konkrétním dnům. Po nastavení plánovače se zobrazí dotaz, zda chceme změnit aktuální datum a čas. V případě potřeby lze spustit průvodce pro změnu času a datumu. Pro správnou funkci jednotky je zapotřebí mít datum a čas právně nastaveno. Jednotka je totiž schopna z datumu určit, který je konkrétní den v týdnu a podle plánovače tak použít konkrétní nastavení.

4.8.3 Menu

Tlačítkem 3 se spustí hlavní menu. Obsahuje tři položky: globální nastavení, nastavení pro režim 1 a 2. V podmenu globální nastavení se nastavují hlavní informace o bazénovém systému. Konkrétně příkon čerpadla, příkon UV lampy a životnost UV lampy. Dále zde máme možnost vymazat počítadla pro celkovou dobu běhu čerpadla, počtu sepnutí UV lampy a její celkové doby svitu.

Nastavení režimů 1 a 2 má stejné schéma, které je naznačeno na obrázku 26. Provozovatel bazénu jednotce sdělí, jak a kdy má probíhat filtrace. Důležitým faktorem zásadně ovlivňující řízení bazénu je nastavení priorit. Zásadní je tedy pro jednotku zda má dodržet stanovenou dobu filtrace, nebo zda je prioritou maximálně využít sluneční energii a délka filtrace není nikterak omezující. V případě, že je pro uživatele prioritní dodržet dobu filtrace má na výběr zvolit časové intervaly nebo nechat jednotku automaticky určit ideální délku filtrace, v závislosti na aktuální teplotě bazénové vody.



Obr. 26 Schéma nastavení režimů 1 a 2.

4.8.4 Aktuální nastavení

Tato funkce má pouze informační charakter. Po stisku tlačítka 2 se na displeji zobrazí nastavení, podle kterého je v danou chvíli řízena filtrace. Slouží především pro jednoduchost přístupu dat nastavení pro obsluhu, která by jinak musela ručně procházet nastavení v menu.

4.8.5 Rychlý program

Rychlý program filtrace slouží pro jednorázové sepnutí čerpadla a UV lampy na stanovenou dobu. Slouží především pro potřeby údržby, tj. zpětného proplachu pískové filtrace nebo použití bazénového vysavače. Bazénové vysavače se totiž připojují na začátek sacího potrubí filtračního zařízení a využívají tak podtlak tvořený čerpadlem. Tato funkce řídicí jednotky tak uživateli poskytne jednoduchou možnost dočasného přerušení probíhajícího filtračního cyklu, bez nutnosti zasahovat do menu nastavení, které by jinak muselo být dočasně přenastaveno. Rychlý program filtrace lze spustit jako 1, 2, 4, 8, nebo 12 hodinovou proceduru, kterou lze samozřejmě předčasně ukončit.

4.9 Srovnání s konkurencí

Na českém trhu není žádná řídicí jednotka určená pouze pro ovládání bazénu, jeho filtrace a ohřevu solárními kolektory. Nabízené produkty se snaží pokrýt širší spektrum trhu, a tak jsou primárně zaměřeny na ohřev teplé užitkové vody (TUV). Možnost využití solární energie pro ohřev bazénové vody je v jejich případě pouze okrajová záležitost.

Nejčastěji používané a nejvíce propagované jednotky na českém trhu jsou produkty firmy Elektrobock. Tato firma nabízí několik variant řídicí jednotky, lišící se jen příslušenstvím. Vyšší modely například obsahují dálkové ovládání pro spínání osvětlení v bazénu nebo spuštění vodní atrakce. Základním modelem bez dálkového ovládání je SRJ10 (obr. 27), dodávaná se dvěma teploměry.



Obr. 27. Jednotka SRJ10 firmy Elektrobock. [21]

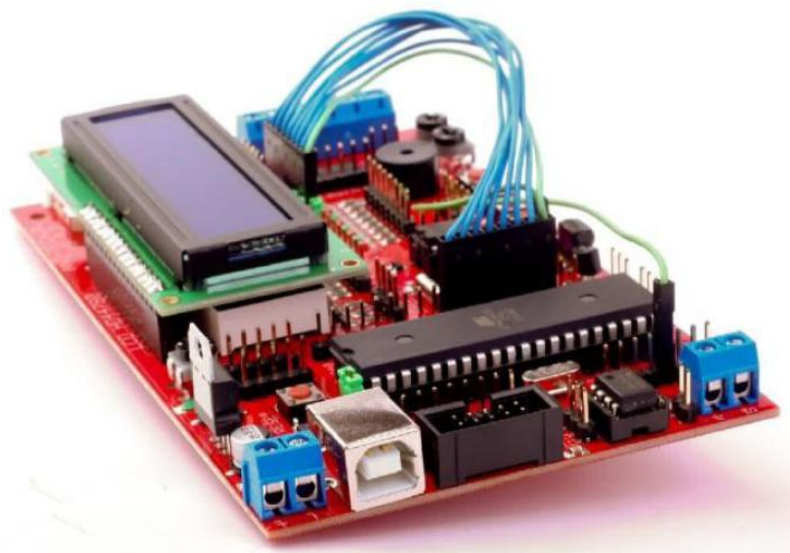
Předností jednotky SRJ10 je kvalitní zpracování, atraktivní design a uživatelsky příjemné prostředí. Zvládá automatické filtrování, a lze tuto jednotku použít v 6 definovaných režimech. První režim je určen pro použití pouze s bazénem, druhý pouze s TUV a zbylé programy různě kombinují ohřev TUV a ohřev bazénu. Zajímavou vlastností je také možnost zpětně sledovat průměrné teploty na solárním kolektoru až půl roku zpětně. Jako hlavní nedostatky bych u této jednotky uvedl, že lze definovat pouze jeden režim provozu a nelze tak naplánovat týdenní režim. Velkou slabinu také vidím v nemožnosti ovládat samostatně UV lampu, které se v posledních letech těší stále větší oblibě. Jedná se ovšem o to nejlepší, co český trh momentálně nabízí. Překážkou v masovějším rozšíření této jednotky bude především cena, která činí 4800Kč s DPH. Verze s dálkovým ovladačem, a s ním výše uvedené bonusové funkce, zvednou cenu jednotky na 7500Kč s DPH. [21]

Navržená řídicí jednotka tak navíc oproti konkurenci nabízí širší možnosti v nastavení, týdenním plánování, nastavením priorit, kompletní obsluhu pro UV lampy a schopností spočítat přibližné množství již spotřebované elektrické energie. Při konstrukci je na rozdíl od konkurence zvoleno oddělení řídicí a výkonové části. To může být při instalaci v reálném nasazení výhodou. Jednotka však neumí řídit ohřev TUV, a neumožňuje tak aplikaci do kombinovaných systémů ohřevu TUV a bazénu, která je u mnohých zákazníků důležitým faktorem. Zde vzniká prostor pro budoucí rozšíření, a zvýšení tak celkové užítkovosti jednotky. Odhadovaná cena jednotky schopná aktivního provozu, kdy jejím základem bude vývojový kit EVB, činí 1500Kč. V případě vytvoření vlastní konstrukce zapojení mikrokontroléru, by se cena mohla pohybovat okolo 700Kč.

5 SOFTWARE A TESTOVÁNÍ

5.1 Vývojový kit EVB 4.3

Pro praktické otestování vytvořeného software byl použit vývojový kit EVB 4.3 (obr. 28). Konstrukce celého kitu umožňuje velice flexibilní zapojení a konstrukci projektů. Veškeré periferie jsou sice součástí desky, ale využívají většinou pouze napájecí větve spojů. Jejich vstupy nebo výstupy jsou vyvedeny na samostatné piny, stejně jako nevyužití brány mikroprocesoru, takže zůstává zcela na libovůli konstruktéra, kam periferie připojí. Mikrokontrolér má pevně připojený pouze krystalový oscilátor 16MHz, tlačítko RESET a Pull-Up rezistory pro I2C sběrnici o velikosti 10k Ω a napájení. Ostatní (volné) porty jsou volně dostupné na propojovacích pinech. [20]



Obr. 28 Vývojový kit EVB 4.3. [16]

Důležité vlastnosti a komponenty kitu:

- Procesor AVR ATmega 644p
- Obvod reálného času PCF8583
- tlačítek
- 8 indikačních LED diod
- Podsvětlený displej LCD 2x16 znaků
- USB konektor

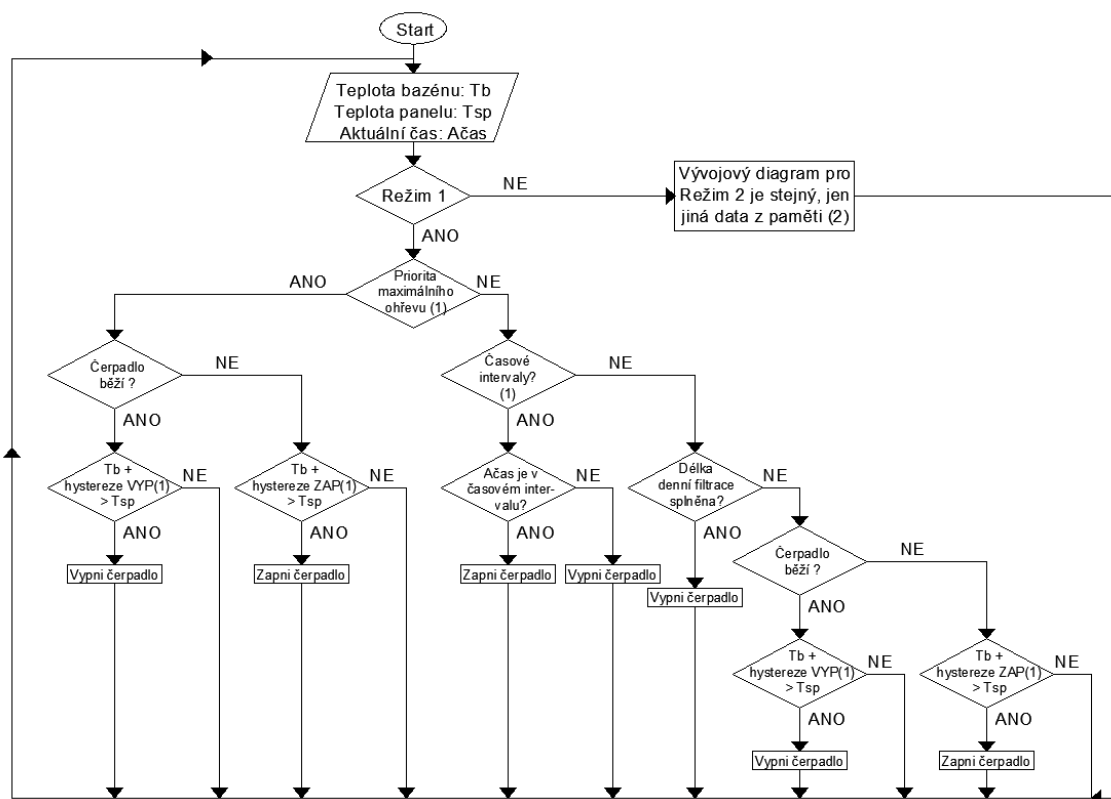
Kit může být napájen externím zdrojem stejnosměrného napětí, které je stabilizováno obvodem 7805 na 5V. Lze také využít napájení z USB konektoru počítače. Tato možnost zjednodušuje práci s kitem a odpadá tak nutnost použít externí zdroj.

5.2 AVR Studio 4

Pro psaní kódu bylo použito vývojové prostředí AVR Studio 4. Toto vývojové prostředí bylo vyvinuto firmou ATMEL a je určeno především pro psaní kódu na mikročipy vyráběné touto firmou. Programátor má na výběr, zda využije při psaní kódu jazyk C, či assembler. Pro kompilaci kódu napsaného v jazyce C je potřeba použít kompilátor. Pro kompilaci na systému Windows lze například použít WinAVR nebo CodeVisionAVR. AVR Studio 4 i kompilátor jazyka C pro Windows nejsou nikterak zpoplatněny a lze je snadno získat na internetu.

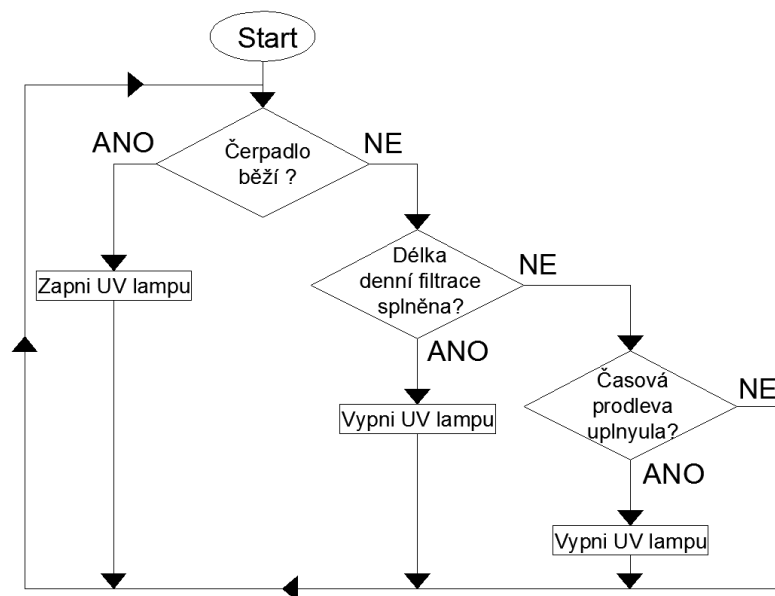
5.3 Vývojové diagramy

Ke znázornění rozhodovací logiky pro ovládání čerpadla, je sestaven vývojový diagram na obrázku 29. Pro správnou funkci algoritmu je zapotřebí v každém cyklu aktualizovat hodnoty o aktuální teplotě bazénu, vody v kolektoru a aktuálním čase. Tyto data se vyhodnocují porovnáváním v řadě podmínek s daty nastavenými uživatelem a daty získanými samotným během jednotky. Na konci algoritmu je vždy rozhodnuto o vypnutí, či zapnutí čerpadla. Diagram na obrázku 29 je jen částí celého algoritmu. Pro větší přehlednost byla vynechána vývojová větev režimu 2, která se od vyobrazené větve liší pouze porovnáváním dat nastavených pro druhý režim. Smysl rozhodovacích podmínek je tedy stejný.



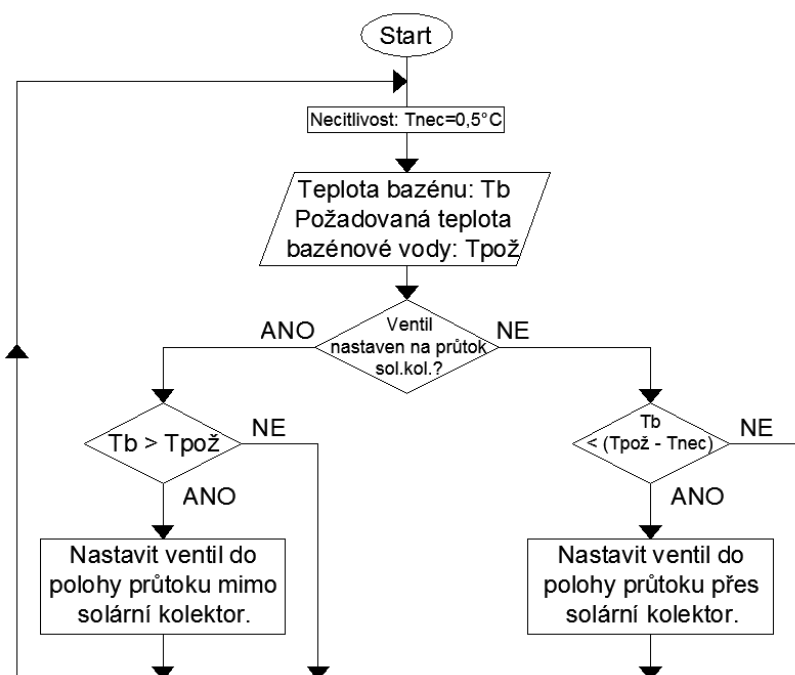
Obr. 29 Vývojový diagram logiky ovládání čerpadla.

Logika ovládání UV lampy je sestavena ve vývojovém diagramu na obrázku 30. Jak je zřejmé, spouští se zároveň s čerpadlem. Pro její vypnutí je nutné splnit jednu ze dvou podmínek – splnění denní délky filtrace nebo uplynutí časové prodlevy pro vypnutí.



Obr. 30 Vývojový diagram ovládání UV lampy.

Způsob ovládání trojcestného ventilu je zřejmý z obrázku 31. Aby bylo dosaženo větší stability v případě, že požadovaná teplota a teplota bazénu mají velice blízkou hodnotu, je použito necitlivosti systému na pokles teploty bazénu o $0,5^{\circ}\text{C}$. Díky této podmínce, by nedocházelo ke zbytečným rychlým změnám stavu ventilu.

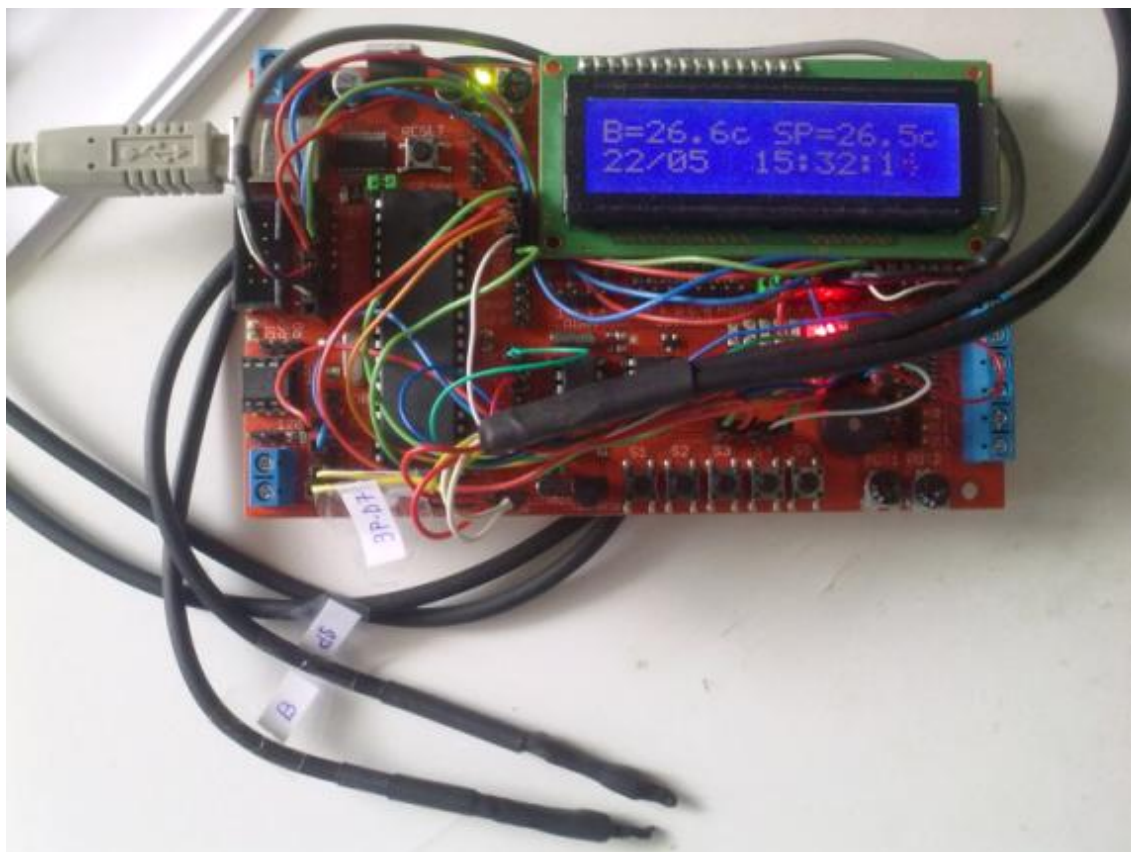


Obr. 31 Vývojový diagram ovládání trojcestného ventilu.

5.4 Testování

Vývojový kit EVB byl přenastaven tak, aby mohl simulovat veškeré funkce řídicí jednotky. Konkrétně se jednalo o připojení LCD displeje a pěti tlačítek. Aby nedocházelo při odpojení napájení k resetu jednotky reálného času, byl kit osazen i lithiovou baterií CR1620. K této testovací sestavě byly dále dokoupeny a připojeny dva teploměry DS18B20. Oba teploměry jsou připájeny na 1,5m dlouhých vodičích. Konec vodiče s čidlem byl zataven do smršťovací bužírky a utěsněn tak, aby se teploměry daly ponořit do vody. (obr. 32) Výkonová jednotka, tvořená relé a optočleny, byla pro simulační účely nahrazena čtveřicí led diod. Jejich rozsvícení je interpretováno jako sepnutí relé.

Při testování během vývoje byl teploměr s označením B (bazén) ponořen do kapaliny nebo případně do chladnější části místnosti. Teploměr s označením SP (solární panel) se poté dle potřeby zahříval a ochlazoval. Jako zdroj tepla v tomto případě sloužil výdech z chlazení notebooku. Teplota vzduchu proudícího z chlazení se pohybovala v rozmezí 40°C až 75°C, což bylo pro simulační účely ideální. Během testování bylo odhaleno několik menších funkčních nedostatků, které byly v průběhu tvorby diplomové práce odstraněny.



Obr. 32 Řídicí jednotka aplikovaná na kit EVB 4.3.

6 ZÁVĚR

V úvodní části tato diplomová práce seznámila čtenáře s jednotlivými prvky bazénové techniky. U jednotlivých prvků byly popsány jejich základní parametry a vlastnosti. Některé prvky byly rozděleny podle konstrukčních vlastností a jejich vhodnosti použití. Dále bylo vysvětleno možné zapojení filtračního systému a důvody, proč je nutné dodržet určitá pravidla při zapojení.

V několika podkapitolách bylo rozebráno schéma řídicí jednotky. Jednak byly stanoveny vstupy, kterými jednotka zjišťuje potřebná data, tak i výstupy. Tedy zařízení, které jednotka bude ovládat. Postupně byly zvoleny a podrobně popsány všechny potřebné komponenty, pro správnou funkci řídicí jednotky. Řídicím jádrem se stal mikrokontrolér firmy Atmel ATmega 644p. Jeho vlastnosti mají špičkové parametry a také jeho programování je za použití vývojového nástroje firmy Atmel AVR studio 4, velmi zjednodušeno, protože lze programovat v jazyce C. Z důvodů měření teplot na větší vzdálenosti byl zvolen digitální teploměr firmy Dallas Semiconductor DS18B20. Jeho předností je především vysoká přesnost, dostupnost na trhu a schopnost komunikovat po jednom vodiči pomocí protokolu one-wireTM, který byl náležitě popsán a objasněn. Pro zobrazování provozních informací a snadnějšího nastavení, byla jednotka osazena LCD displejem o dvou řádcích a šestnácti znaky na řádek. Mikrokontrolér musel být upraven tak, aby byl schopný komunikovat s řadičem HD44780 firmy Hitachi, integrovaném téměř ve všech LCD.

Řídicí jednotka disponuje algoritmy, které účinně dokážou zajistit maximální využití sluneční energie za cenu minimální elektrické energie dodané oběhovému čerpadlu. Způsob rozhodování je založen na regulaci pomocí hystereze teplot zapnutí a vypnutí. Nelze však přesně stanovit jejich neoptimalnější hodnoty z důvodu univerzálnosti jednotky a možnými kombinacemi použitých komponent. Jednotka také disponuje logikou pro ovládání desinfekční UV lampy a optimalizuje její spouštěcí cykly s ohledem k její životnosti. Jednotka také dokáže určit, kdy již není vhodné vodu v solárním kolektoru zahřívat a zasáhnout do systému tak, aby byly zachovány délky filtračních cyklů. Tato schopnost je zajištěna samostatným ovládáním elektrického trojcestného ventilu.

Pro zajištění komunikace mezi obsluhou a řídicí jednotkou, bylo použito pět tlačítek a LCD displej. Při potřebné změně nastavení je na displeji zobrazován systém otázek a uživatel pomocí tlačítek nastaví potřebné parametry jako odpověď. Takto je zajištěna jednoduchost použití při praktickém užití jednotky. Obsluha má možnost nastavit dva na sobě nezávislé režimy a poté v plánovači určit, v jakém konkrétním dni v týdnu se má první, či druhý režim aktivovat. V režimech lze nastavit požadovanou teplotu bazénu, hystereze vypnutí a zapnutí a také zda je prioritou dodržení doby filtrace, nebo maximálně využít ohřev solárním kolektorem bez ohledu na maximální dobu filtrace. Pokud obsluha nevyhovují tyto režimy, má možnost nastavení čtyř časových intervalů, ve kterých bude filtrace probíhat. Toto je však nejméně efektivní způsob řízení. Pro nejvíce ekonomický provoz je určen režim, kdy se délka filtrace určí jednotkou a to v závislosti na aktuální teplotě vody. Z dlouholeté praxe majitelů bazénu bylo zjištěno, že s rostoucí teplotou vody roste i potřebná délka její filtrace. Jednotka

tak zajistí potřebnou délku filtrace během dne a filtraci spouští jen v případě, že voda v kolektoru je již dostatečně ohřátá.

Při porovnání s konkurencí na českém trhu, navržená jednotka nabízí kompletní servis pro údržbu a řízení filtrace s ohřevem bazénové vody. Konkurenční řešení většinou obsahuje jen základní režim řízení ohřevu pomocí hystereze. Jednotka, která by zvládala pracovat s UV lampou, na českém trhu není. Konkurenční řešení jsou především určeny pro ohřev TUV (teplé užitkové vody) nebo vytápění budov. Možnost řízení ohřevu bazénové vody je jen vedlejší a podřadnou funkcí. Navržená jednotka však neumí řídit ohřev TUV a neumožňuje tak aplikaci do kombinovaných systémů ohřevu TUV a bazénu, která je u mnohých zákazníků ceněnou schopností. Zde se vytváří prostor pro budoucí rozšíření, a zvýšení tak celkové užítkovosti jednotky. Vznikla by velice účelová jednotka, schopná inteligentně řídit ohřev TUV, vytápění budovy i ohřev bazénové vody s její filtrací.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Filtrační písková jednotka: Návod na instalaci a použití. Wwww.mountfield.cz [online]. 2011 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.mountfield.cz/cs/prilohy/W3BNA1070/filtrace%20cz+sk.pdf>
- [2] Čerpadlo BADU PICCO. Bazeny-obchod.cz [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.bazeny-obchod.cz/cerpadlo-badu-picco.html>
- [3] Kartušová filtrace. Bazenyshop.cz [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.bazenyshop.cz/kartusova-filtrace/>
- [4] Písková filtrace. Bazenyshop.cz [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.bazenyshop.cz/piskova-filtrace/>
- [5] Pískový filtr P450. Bazenyshop.cz [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.bazenyshop.cz/piskove-filtry/piskovy-filtr-p450>
- [6] Ultrafialové záření. Wikipedie [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrafialové_záření
- [7] Zářič UV-C 40 W - nerez. Bazenyshop.cz [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.bazeny-obchod.cz/zaric-uv-pro-objem-vody-35-m3.html>
- [8] MATUŠKA, Tomáš. Typy solárních kolektorů. Typy solárních kolektorů - TZB-info [online]. 2012, roč. 2012, č. 1 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>
- [9] Solární kolektory: Jak to funguje?. Energetický poradce [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-slunce/solarni-kolektory.html>
- [10] Termické systémy pro ohřev vody a podporu vytápění. Czech Nature Energy [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termickych-systemu/>
- [11] MATUŠKA, Tomáš. Účinnost solárního kolektoru. TZB - info [online]. 2012, č. 1 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/ucinnost-solarniho-kolektoru>
- [12] Kulové ventily. Vagner pool [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.vagnerpool.cz/web/download/7482>
- [13] Datasheet: Atmega 644p. Atmel [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8011.pdf>
- [14] MOTOUŠEK, David. Práce s mikrokontroléry ATmega16, 1.vyd., nakladatelství BEN Praha: BEN, 2006. 320 s. ISBN 80-7300-174-8.
- [15] Datasheet: 18B20. Dallas Semiconductor [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/530/530-067/dsh.530-067.1.pdf>

- [16] Návod k použití: EVB 4.3 v4. AND - TECH [online]. 2012 [cit. 2012-05-22].
Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/752/752-445/czn.752-445.1.pdf>
- [17] I2C. Wikipedia [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z:
[http://cs.wikipedia.org/wiki/I²C](http://cs.wikipedia.org/wiki/I%C2)
- [18] Datasheet: HD44780. Hitachi [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z:
<http://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [19] Hystereze. Elektrobock [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z:
<http://www.elektrobock.cz/cs/hystereze/text.html?id>
- [20] Kit EVB 4.3. Elektrobock [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z:
<http://shop.onpa.cz/?kit-evb-4.3,27>
- [21] Hystereze: Solární řídicí jednotka. Elektrobock [online]. 2012 [cit. 2012-05-22].
Dostupné z: <http://www.elektrobock.cz/cs/solarni-ridici-jednotka/product.html?id=64>