

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Automatický zavlažovací systém

Ondřej Tichý

Bakalářská práce

2015

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej Tichý**
Osobní číslo: **I12051**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Automatický zavlažovací systém**
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky**

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

Seznamte se s problematikou zavlažovacích systémů. V teoretické části popište běžně používané části zavlažovacího systému a dostupné parametry nastavení zavlažovacích jednotek. Navrhněte řídicí jednotku, která bude umožňovat nastavení zavlažovacího systému podle kritérií specifikovaných v teoretické části práce. Součástí práce bude teoretický rozbor úlohy, schéma zapojení, konstrukce a oživení jednotky včetně ověření funkce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] MATOUŠEK, David. Práce s mikrokontroléry ATMEL. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 375 s. ?C & praxe. ISBN 80-7300-209-4.

[2] MAROUŠEK, Jan. Zavlažování. 1. vyd. Brno: ERA, 2008, vi, 111 s. Stavíme. ISBN 978-80-7366-119-9.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Roleček

Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce:

15. prosince 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

11. května 2015



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



L.S.



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2015

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne: 4.12.2015

Ondřej Tichý

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Jiřímu Rolečkovi za odborné vedení a pomoc při psaní této bakalářské práce.

Anotace

Tato práce se zabývá problematikou zavlažovacích systémů. V teoretické části jsou rozebrány běžně používané části zavlažovacího systému a dostupné parametry nastavení zavlažovacích jednotek. Praktická část se zaměřuje na návrh a konstrukci automatického zavlažovacího systému.

Klíčová slova

Zavlažování, MCU, systém, elektroventil, AVR.

Title

Automatic irrigation system.

Annotation

This Bachelor thesis deals with the issue of irrigation systems. The theoretical part describes commonly used parts of the irrigation systems and available parameters for setting of irrigation units. Practical part is focused on design and construction of an automatic irrigation system.

Keywords

Irrigation, MCU, system, electrovalve, AVR.

Obsah

Seznam zkratk.....	8
Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	9
Úvod.....	10
1 Zavlažování	11
1.1 Použití závlahové vody.....	11
1.2 Automatický zavlažovací systém	11
1.2.1 Přívod vody	12
1.2.2 Čerpadlo	12
1.2.3 Elektromagnetický ventil.....	14
1.2.4 Kapkovače a kapkovací potrubí	15
1.2.5 Maloplošná tryska	15
1.2.6 Rotační rozstřikovače	16
1.2.7 Řídící jednotka.....	17
1.3 Komerční zavlažovací systémy	18
2 Praktická část.....	19
2.1 Konstrukce.....	19
2.1.1 Mikrokontrolér	19
2.1.2 LCD Displej.....	21
2.1.3 Ovládací tlačítka	23
2.1.4 Obvod reálného času	23
2.1.5 Napájecí obvod.....	24
2.1.6 Senzor vlhkosti	25
2.1.7 Spínání ventilů.....	26
2.1.8 Deska plošných spojů	27
2.1.9 Oživení	29
3 Program.....	31
3.1 Vývojové prostředí	31
3.2 Programování MCU	31
3.3 Popis programu.....	32
3.4 Vývojový diagram	35

4	Možnosti vylepšení.....	37
	Závěr	38
	Literatura	39
	Příloha A – Manuál	40

Seznam zkratek

MCU	Microcontroller Unit
USB	Universal Serial Bus
RAM	Random Acces Memory
ROM	Read Only Memory
DPS	Deska Plošných SPojů
SMT	Surface Mount Technology

Seznam obrázků

Obrázek 1-Membránové čerpadlo	12
Obrázek 2-Vertikální čerpadlo	13
Obrázek 3-Horizontální čerpadlo	13
Obrázek 4-Elektromagnetické ventily	14
Obrázek 5-Kapkovací potrubí	15
Obrázek 6-Maloplošná tryska.....	16
Obrázek 7-Rotační rozstřikovač	16
Obrázek 8-Řídící jednotka.....	17
Obrázek 9-PDIP pouzdro.....	21
Obrázek 10-LCD displej.....	21
Obrázek 11-Schéma zapojení LCD displeje.....	22
Obrázek 12-Schéma zapojení tlačítek	23
Obrázek 13-Blokové schéma DS1302.....	24
Obrázek 14-Schéma zapojení napájecího obvodu	24
Obrázek 15-Sonda vlhkosti	25
Obrázek 16-Schéma zapojení pro spínání ventilů	27
Obrázek 17-Návrh DPS	28
Obrázek 18-Sestavení na nepájivém poli	29
Obrázek 19-Celé schéma zařízení	30
Obrázek 20-USBasp programátor	31
Obrázek 21-Inicializace	32
Obrázek 22:Graf-přepočet vlhkosti na procenta.....	33
Obrázek 23-Vývojový diagram Main()	35
Obrázek 24-Vývojový diagram Menu()	36

Seznam tabulek

Tabulka 1-Seznam součástí.....	27
--------------------------------	----

Úvod

Pěstování vegetace je již od pradávna velmi rozšířeným zvykem. Lidé pěstují rostliny určené k obživě i k okrasným účelům. Pro dobrý růst a vývoj rostlin je zapotřebí dodávání živin a vláhy. Automatický zavlažovací systém je zařízení, které řídí zavlažování tak, jak požaduje uživatel. Uspadňuje práci a šetří čas.

V teoretické části práce je popsána problematika zavlažování. Je vysvětleno, jakým způsobem může probíhat zavlažování u rodinných domů, jaké zdroje vody lze využít, co vše lze zalévat a jaké jsou možnosti zalévání. Dále jsou rozebrány a popsány jednotlivé části zavlažovacího systému. Je zde nastíněn způsob zavlažování takzvanou mikrozávlahou a závlahou pro velké plochy.

Praktická část práce se věnuje konstrukci zavlažovacího systému. Jsou zde popsány jednotlivé části zařízení a vysvětleny jejich funkce. Dále je zde znázorněna navrhnutá deska plošných spojů společně se seznamem součástek a konstrukce s oživením zařízení na nepájivém poli. Toto zařízení je zkonstruováno tak, aby se dalo univerzálně použít na zalévání malých i velkých ploch u rodinného domu.

V další části je popsáno vývojové prostředí, ve kterém je psán program pro řídicí jednotku systému. Seznámení s kompilačním softwarem a popis jeho funkcí. Dále je popsán zdrojový kód aplikace a vysvětleno, co v jaké části programu probíhá. Pro lepší představu je přiložen i vývojový diagram.

1 Zavlažování

Pro dobrý růst a život rostlin musí být splněné určité podmínky. Kvalitu růstu ovlivňuje například množství organických látek obsažených v půdě, intenzita světla, vzdušnost prostředí, teplota prostředí a tak dále. Je samozřejmostí, že každá rostlina potřebuje pro svůj život různé množství faktorů, avšak jedna z nejdůležitějších věcí pro růst a život rostlin, je již od stádia klíčení voda.

1.1 Použití závlahové vody

Použití závlahové vody, například u rodinného domu je různorodé. Může tu být skalka, keře, záhonek se zeleninou a v poslední řadě trávník.

Mnozí odborníci tvrdí, že trávník je jedna z nejnáročnějších rostlin v zahradě, které je potřeba věnovat určitou péči. Trávník můžeme rozdělit do několika skupin. První z nich je trávník, který je velmi hustý, a u kterého klademe důraz na jeho intenzivní pěstování. U takového trávníku je důležité rozložení jednotlivých zavlažovacích trysek, či zdrojů vody. Tento trávník musí být po celé své ploše rovnoměrně zavlažovaný. Dalším typem může být trávník, u kterého není podstatná jeho hustota, ale pouze to, aby rostl po celé ploše zahrady, a aby neuschl. Takovýto trávník se zavlažuje zvláště při vysokých venkovních teplotách. Další variantou trávníku je trávník, který se nechává volně růst a slouží ke krmení hospodářských zvířat. Takovýto trávník je také nenáročný na zavlažování. Trávníky jako jsou tyto, se zavlažují pomocí trysek a rozstřikovačů, které závlahovou vodu rozstříkují kolem sebe.[1]

Zavlažování pomocí rozstřiku, nemůže být použito tam, kde je potřeba dát přesné množství vody do určitého místa. Například u stromů, keřů, nebo v záhonku, kde se pěstují například rajčata. K tomuto zavlažování se využívá kapková závlaha. To znamená, že k takovýmto rostlinám se umístí zavlažovač, který vypustí dané množství vody, na dané místo. Nedochází k rozstřiku vody a rostliny tak nedostávají tepelné šoky, které jsou způsobeny rozdílnou teplotou zavlažovací vody a teplotou okolí.[1]

1.2 Automatický zavlažovací systém

Automatický zavlažovací systém slouží k samostatnému řízení závlahy rostlin. Po uživatelském nastavení, se již člověk nemusí o nic starat. Zavlažovací systém je efektivní. Šetří čas a hospodáři se závlahovou vodou. Základem automatického zavlažovacího systému je základní jednotka, která dává pokyn k zapnutí čerpadla, popřípadě otevření elektroventilu. To znamená, že zajišťuje přísun závlahové vody. Měří přes senzor vlhkost půdy a spíná jednotlivé elektromagnetické ventily podle toho, v jakém místě je zrovna potřeba zalévat.

1.2.1 Přívod vody

Řešení přívodu vody k zavlažovacímu systému je několik. Vše závisí na zdrojích vody, které jsou nám dostupné. Pokud bude automatický zavlažovací systém u rodinného domu, s největší pravděpodobností zde bude studna, ze které by se mohlo čerpat určité množství vody. U tohoto způsobu přivádění vody je zapotřebí, dostat vodu ze studny nahoru k zavlažovacímu systému. Pro tento způsob přívodu vody je vhodné použít čerpadlo. Čerpadlo musí být dostatečně silné, aby zvládlo vytlačit vodu ze studny.

V případě, že v místě zavlažování není studna ani jiný přívod vody, může k zavlažování postačit nachytaná dešťová voda. Problém tohoto řešení je v tom, že když nastane období sucha, nachytaná dešťová voda se bude odpařovat a navíc nebude žádná voda přitékat do nádrže, jelikož v tomto období neprší. Potom se může stát, že rostliny, které potřebují větší přísun vody uschnou, kvůli nedostatku zavlažovací vody.

Posledním zdrojem je voda z vodovodního řádu. Toto řešení přívodu vody není příliš ekonomickým řešením, avšak jeho výhodou je neomezený přívod vody. Není nutné čerpadlo. Voda z vodovodního řádu se do automatického systému dostává pod tlakem sama. Pomocí elektroventilu se zavírá, či otevírá přívod vody.

1.2.2 Čerpadlo

Na čerpadlo dochází téměř vždy, když je potřeba přivést vodu do zavlažovacího systému. Pouze při použití vody z vodovodního řádu nemusíme použít čerpadlo. V tomto případě by použití čerpadla přicházelo v úvahu jen tehdy, když je tlak ve vodním řádu nízký.[1]

Existují různé druhy čerpadel, které se používají na zavlažování. Nejmenšími z nich jsou membránová čerpadla, která disponují výkonem 0,025 až 940 litrů/h. Tato malá přenosná čerpadla se hodí převážně na zavlažování malých záhonků, skleníků, květináčů a malých prostorů. [1]



Obrázek 1- Membránové čerpadlo, zdroj: http://www.karavan.cz/product/300_111.jpg

Další kategorií čerpadel tvoří vertikální čerpadla. Tato čerpadla najdou uplatnění v rozsáhlejších zavlažovacích systémech. Jsou určena pro systémy se zdrojem vody nad zemí a nejsou samonasávací. Jejich výkon se pohybuje od 0,8 do 120 m³/h.[1]



Obrázek 2 - Vertikální čerpadlo, zdroj: http://www.sigmet.cz/temp/paragraph_right_zoom_133.jpg

Dále tu jsou horizontální čerpadla, která disponují výkonem od 1 do 14 m³/h. Zvládnou čerpat vodu pro menší zavlažovací systémy. Použití těchto čerpadel je převážně u rybníků, vodních nádrží nebo sportovních stadionů. [1]



Obrázek 3 - Horizontální čerpadlo, zdroj: http://files.cerpolpv.cz/system_preview_detail_200000807-a321fa5160/ovh%203%20kopie.jpg

Poslední zásadní kategorií čerpadel jsou čerpadla ponorná. Tyto čerpadla se vyznačují vysokou účinností díky svojí konstrukci a dlouhou životností. Jejich výkon je od 0,1 až 280 m³/h.

1.2.3 Elektromagnetický ventil

Elektromagnetický ventil je určený pro řízení přívodu vody. To znamená, že lze použít více těchto ventilů a rozmístit je na potrubí do úseků tam, kde chceme zalévat. Princip tohoto ventilu spočívá v tom, že při přivedení napětí, elektromagnetický mechanismus zvedne šoupě a voda začne tímto ventilem protékat. Při nulovém napětí je ventil zavřený.

Tento ventil pracuje tedy ve dvou polohách a to otevřeno/zavřeno. Existují různé druhy těchto ventilů, avšak nejčastěji se setkáme s ventily, které mají napájecí napětí 9,12 nebo 24 voltů stejnosměrných. Existují však i ventily, které mají napájecí napětí 24 a 230 voltů střídavých. Rychlost otevírání/zavírání ventilu v tomto případě nehraje velkou roli. Elektroventily, které jsou určeny pro namontování do zavlažovacího systému, jsou stavěny na podmínky venkovního prostředí. Většina z nich je vyrobena z plastu, pouze u větších průměrů je ventil z mosazi, bronzu nebo litiny. Obvykle se umísťují ve větším množství, podle toho kolik je zavlažovacích větví, do instalačních šachtic, které jsou položeny do země. U některých druhů lze regulovat i průtok vody, což najde uplatnění v systému, kde je velký tlak vody a je potřeba zalévat menším množstvím.[1][11]



Obrázek 4-Elektromagnetické ventily, zdroj:<http://www.agf-zavlahy.cz/sites/default/files/855.jpg>

1.2.4 Kapkovače a kapkovací potrubí

Kapkovací potrubí přivádí vodu k rostlinám, které rostou nejčastěji v jedné řadě. Dodává jim vodu přímo ke kořenům, nebo do oblasti kolem nich. Jedná se o velice úsporné řešení. Zamezuje zbytečnému odpařování vody. Kapkovací potrubí má v sobě zabudované kapkovače, které se nachází v přesně dané vzdálenosti obvykle 20,30 až 40 centimetrů. Kapkovací potrubí je nutné umístit tak, aby kapkovače v kapkovacím potrubí byly co nejbližší rostlinám. V případě vyššího tlaku vody, je pro správnou funkci nutné použít redukční ventil.[7]



Obrázek 5-Kapkovací potrubí,
zdroj:http://www.zahradnitezirka.net/gallery/1024/kapenkova_hadice_2-5.jpg

1.2.5 Maloplošná tryska

Maloplošná tryska je na konci zavlažovacího systému. Slouží k samotnému zavlažení malých prostorů, konkrétně květináčů, trsů, keřů a různých drobnějších rostlin. Tato tryska se používá v takzvaném mikrozavlažovacím systému. Neslouží k zavlažování velkých ploch, trávníků, nebo k zavlažování velkých rostlin jako jsou stromy a podobně. U těchto trysek se ve většině případů dá nastavit průměr postřiku a to zhruba od 10 až 40 centimetrů podle toho, jak potřebují rostliny. Problém může nastat v případě, že v systému není zabudovaný elektromagnetický ventil s regulací průtoku. Voda je tlačena do trysky velkým tlakem a silně stříká z trysky ven. Daný problém vyřeší regulační ventil, kterým lze nastavit průtok vody a tím pádem i dosah rozstřikování. [3]



Obrázek 6-Maloplošná tryska, zdroj:<http://cdn.gardena.com/dimage.axd/newFeatureImage/ga250-0563/380x214/528e27a9.png>

1.2.6 Rotační rozstříkovače

V případě zavlažování větších ploch, například trávníků, je ideální použít rotační rozstříkovače. Tyto rozstříkovače obvykle zavlažují v nastavitelné výšce od 40° do 360°. Spotřeba vody se odvíjí od použitých rozstříkovacích trysek.[13]



Obrázek 7-Rotační rozstříkovač, zdroj:<http://www.agf-zavlahy.cz/sites/default/files/r07.jpg>

1.2.7 Řídící jednotka

Řídící jednotka je srdcem zavlažovacího systému. Slouží k řízení celého zavlažovacího systému. Díky této jednotce se stává systém plně automatický. Jednotku lze uživatelsky nastavit tak, aby podle námi zvoleného zavlažovacího plánu spouštěla a vypínala čerpadlo, otevírala nebo zavírala elektromagnetické ventily, měřila vlhkost půdy a podobně. Zjednodušeně řečeno, řídí zavlažování podle předem nastaveného zavlažovacího plánu a určuje četnost a délku zalévání.[2]

U řídicí jednotky je kladen důraz na uživatelské rozhraní a jednoduché ovládání a obsluhu automatického zavlažovacího systému. Zároveň je však potřeba, aby jednotka měla co nejvíce funkcí a zavlažovacích programů. Řídící jednotky obvykle obsahují LCD displej s uživatelským menu a tlačítka, kterými se menu obsluhuje.

Nejjednodušší řízení závlahy umožňují časové spínače. Ty fungují tak, že se na časovém modulu nastaví start zalévání, doba zalévání a vypnutí zalévání. Obvykle se montují přímo na vodovodní kohoutek. U některých časových spínačů není potřeba ani napájení ze sítě, poněvadž jsou napájeny bateriemi. Na časové spínače se namontuje hadice, která je přivedena k místu zavlažování. Tyto spínače fungují v tlakovém rozsahu 0,8 až 5 barů.[12]

Ve větších a dražších řídicích jednotkách jsou hodiny samozřejmostí. Nicméně zalévání podle časového rozvrhu není příliš efektivní. Z tohoto důvodu lze pořídit jednotku, která k sobě umožňuje připojit například dešťový senzor. Ten zastaví naprogramované zavlažování v případě zaznamenání určitého množství dešťových srážek. Dalším důležitým senzorem je senzor vodivosti. Tento senzor měří vlhkost půdy. V případě, že je půda dostatečně vlhká, není potřeba zavlažovat. Jakmile klesne vlhkost půdy pod určitou hranici, kterou si uživatel zvolí, spustí se zavlažování. Tohoto způsobu se využívá převážně u mikrozávlahy, kdy je potřeba zavlažovat malé rostliny v květináčích, truhlících a malé záhonky. [1]



Obrázek 8-Řídící jednotka, zdroj:http://obchod.remont-cerpadla.cz/images/fotogalerie/1789_1014_v.jpg

1.3 Komerční zavlažovací systémy

Existuje řada výrobců, nabízející automatické zavlažovací systémy. Některé společnosti nabízí k prodeji jednotlivé části zavlažovacího systému, které si zákazník sám sestaví dohromady a vytvoří si zavlažovací systém podle jeho představ. U tohoto řešení je potřeba, aby zákazník znal problematiku zavlažování. Většina společností, zabývajících se zavlažovacími systémy však nabízí i poradenství. Samozřejmě existují i firmy, které se postarají o celý návrh a instalaci systému. Je zde možnost návrhu vzhledu zahrady, rozmístění zavlažovacích trysek a samotná montáž zavlažovacího systému.

Při návrhu zavlažování je důležité rozmístění trysek a určení zdroje vody. Také je důležité vědět, jaká bude spotřeba vody. Každá rostlina potřebuje určité množství vody, některá větší, některá zase menší. Proto je dobré vědět, jaké rostliny chceme zavlažovat.

Druhým krokem k sestavení systému je návrh plánu se zakreslením záhonků, květináčů, keřů a tak dále. Do plánu se zakreslí i trysky, u kterých je kladen důraz na správné rozložení. Trysky se rozloží tak, aby bylo zavlažování rovnoměrné a nedocházelo k neefektivnímu zalévání. Nevyskytovala se suchá místa, nebo naopak aby se z velké části nepřekrývaly zavlažovací dosahy trysek.

2 Praktická část

Návrh řídicí jednotky automatického zavlažovacího systému, která bude umožňovat nastavení zavlažovacího systému podle definovaných kritérií.

2.1 Konstrukce

Řídicí jednotka splňuje požadavky na mikrozavlažování a zavlažování větších ploch. Jednotka by měla být univerzální, vhodná pro zalévání malých záhonků, květináčů, či keříků, ale třeba i trávníku.

Skládá se z mikrokontroléru, elektromagnetického ventilu, LCD displeje, senzoru vlhkosti, napájecího obvodu, obvodu reálného času, ovládacích tlačítek a výstupů pro elektromagnetické ventily.

Systém umožňuje nastavení mikrozávlahy a velkoplošné závlahy. V případě mikrozávlahy probíhá zavlažování s pomocí senzoru vlhkosti v půdě. V druhém případě se zavlažování řídí časem z obvodu reálného času. Disponuje LCD displejem a tlačítky, kterými si uživatel nastaví program zalévání.

2.1.1 Mikrokontrolér

Základem řídicí jednotky je mikrokontrolér ATmega8 od firmy Atmel. Jedná se o osmi bitový mikroprocesor postavený na RISC architektuře. Vyrábí se v pouzdech PDIP, TQFP a MLF. Zvládne provádět výkonné instrukce v jednom hodinovém cyklu a dosahuje propustnosti 16 MIPS za 16 MHz. Byl vybrán vzhledem k náročnosti operací v reálném čase, dostatečnému počtu pinů a jeho velké odolnosti.[4]

Nejdůležitějšími vlastnostmi tohoto mikrokontroléru jsou:

- 8 Kbytů FLASH programová paměť.
- 512 bytů EEPROM.
- 1 Kbyte vnitřní SRAM
- 8 kanálový A/D převodník v pouzdře TQFP a MLF s rozlišením 10 bitů.
- 6 kanálový A/D převodník v pouzdře PDIP s rozlišením 10 bitů.
- SPI a USART rozhraní.
- 23 programovatelných pinů.
- Dohromady 28 pinů v pouzdře PDIP, 32 pinů v pouzdře TQFP a MLF.
- Pracovní napětí 4,5V až 5 V.
- Interní RC oscilátor.

- Dva 8 bitové čítače/časovače se samostatnou předděličkou.
- Jeden 16 bitový čítač/časovač se samostatnou předděličkou.
- 3 kanály PWM.

Mikroprocesor v tomto zavlažovacím systému využívá A/D převodník, díky kterému měří napětí, které přichází ze sondy vlhkosti. Převodník provede převod do 10 bitové digitální podoby metodou postupné aproximace. Pro pouzdro TQFP a MLF je k dispozici 8 jednotlivých kanálů A/D převodníku. Pro pouzdro PDIP je k dispozici 6 kanálů. Minimální hodnotu představuje nulové napětí a maximální hodnotu představuje napájecí napětí mikroprocesoru, referenční napětí na pinu AREF mínus 1 bit LSB, nebo interní napětí 2,56 voltů. Je zde možnost automatického spouštění převodu, spouštění převodu při přerušení anebo přerušení v případě dokončeného převodu. [4]

Mikroprocesor disponuje čtyřmi porty a třiadvaceti vstupně/výstupními piny, které slouží ke komunikaci s připojenými perifery. Můžou fungovat jako vstup nebo výstup, což se nastaví pomocí registru DDRx. Dále můžeme výstupu přiřadit logickou úroveň "0" nebo "1" přes registr PORTx. V případě, že je pin nakonfigurován jako vstup, můžeme zapnout pull-up rezistor. Pro čtení hodnoty z pinu slouží registr PINx. V tomto zavlažovacím systému jsou použité piny nakonfigurované jako vstupy i výstupy. Výstupní piny slouží k otevírání a zavírání elektromagnetických ventilů a vstupy slouží pro měření napětí na senzoru vlhkosti a pro ovládací tlačítka. Dále je zde připojený LCD displej, který komunikuje paralelně, 4-bitově. [4]

ATMega8 má několik možností co se týče zdroje hodinového signálu. Vše se nastaví pomocí naprogramování programovacích propojek ve FLASH paměti. Je možnost připojit externí krystal či rezonátor, externí nízkofrekvenční krystal, externí RC oscilátor, externí hodiny a nebo integrovaný RC oscilátor. Při použití interního RC oscilátoru můžeme volit kmitočet 1MHz, 2 MHz, 4MHz nebo 8 MHz. Kmitočet interního RC oscilátoru se nastaví pomocí registru CKSEL. Výrobce uvádí, že tyto hodnoty odpovídají v případě, že napájení je 5V a teplota je 25°C. Uvedená odchylka je $\pm 3\%$. Pro připojení externího zdroje signálu jsou zde piny XTAL1 a XTAL2. Dále se musí připojit dva blokovací kondenzátory s hodnotou 12 až 22 pF. Naprogramováním propojek získáváme možnost připojení krystalu o frekvenci až 16MHz. [4]

PDIP

(RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL)
(RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA)
(TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3)
(INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2)
(INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1)
(XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK)
(T1) PD5	11	18	PB4 (MISO)
(AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2)
(AIN1) PD7	13	16	PB2 (\overline{SS} /OC1B)
(ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A)

Obrázek 9-PDIP pouzdro, zdroj:http://d32zx1or0t1x0y.cloudfront.net/2009/07/atmega8_pinout_lrg.gif

2.1.2 LCD Displej

LCD Displej slouží jako vizuální rozhraní systému a umožňuje dohled a kontrolu nad celým zavlažovacím systémem. Zvoleným displejem se stal LCD displej 16x2 s klasickým řadičem HD44780 od firmy Hitachi, který v sobě obsahuje znakovou sadu. Po vyslání znaku, displej zobrazí dané pixely vyslaného znaku v matici 5x8. [5]

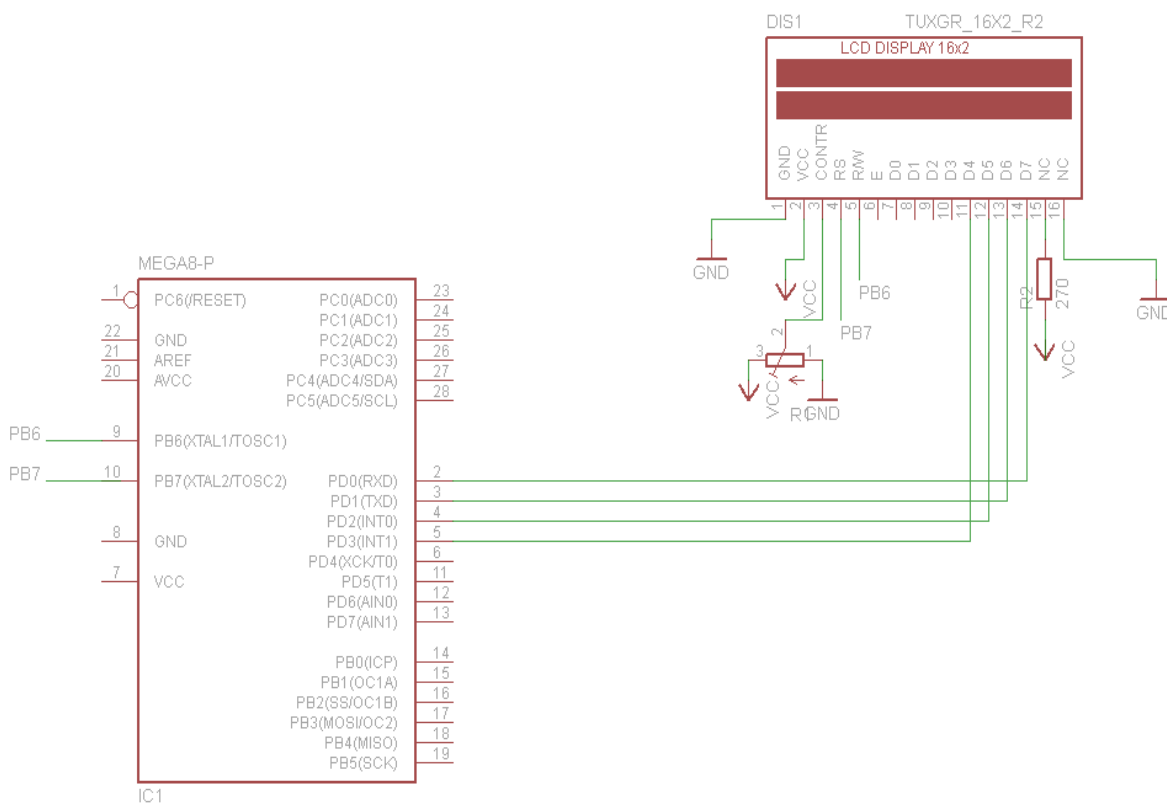


Obrázek 10-LCD displej, zdroj:http://www.bgelektronika.com/files/lcd_1.jpg

Tento displej disponuje osmi datovými vývody, které slouží jako sběrnice. Komunikace displeje a mikrokontroléru může probíhat osmi bitově po osmi datových vodičích, nebo čtyř bitově, po čtyřech vodičích. Z hlediska úspory pinů mikrokontroléru, je vhodné zvolit čtyř bitovou komunikaci po čtyřech datových vodičích. Displej dále disponuje pinem RS, o kterém můžeme říci, že když je ve stavu log.1, jsou přenášeny znaky k zobrazení, nebo k uložení do paměti. Když je ve stavu log.0, přenášejí se instrukce pro displej, jako jsou například smazání displeje, nastavení kurzoru a podobně. Dalším pinem je R/W pin. Read/Write pin slouží pro řízení komunikace. Pokud je nastaven do stavu log.0, přenos dat probíhá směrem od mikrokontroléru k displeji. V opačném případě, kdy je stav tohoto pinu v log.1, přenos dat probíhá ve směru od LCD k mikrokontroléru. Pin E řídí start čtení nebo zápisu dat.[5][6]

V neposlední řadě tu jsou piny pro přivedení napájecího napětí, piny pro led podsvícení a pin pro kontrast displeje. Kontrast displeje se ovládá pomocí potenciometru, kdy jeden vývod potenciometru je napojen na napájecí napětí, druhý vývod na zem a jezdec je připojen k pinu pro kontrast.[5]

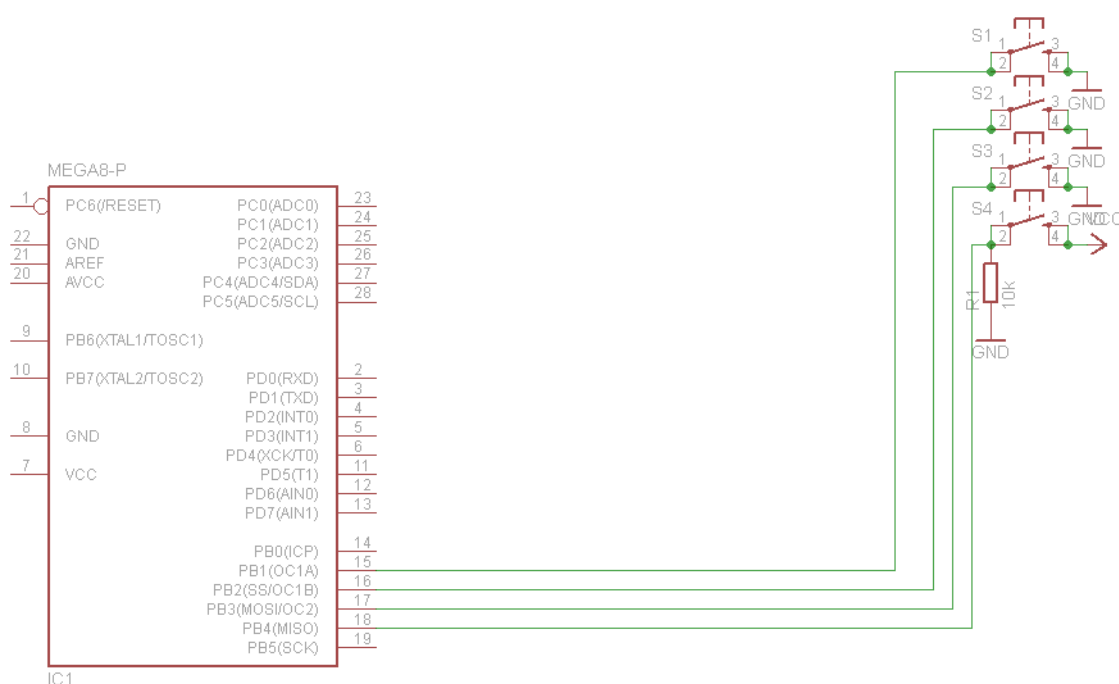
Displej Data Ram (DDRAM) je paměť displeje, ve které jsou uloženy předem definované znaky. Paměť Character Generator ROM (CGROM) slouží uživateli k definování svých vlastních znaků. V paměti Character Generator RAM (CGRAM) může uživatel programově přepsat definované znaky. To se hodí v případě absence české diakritiky a podobně. [6]



Obrázek 11-Schéma zapojení LCD displeje

2.1.3 Ovládací tlačítka

Ovládací tlačítka slouží k ovládání a obsluhu celého zavlažovacího systému. V tomto zavlažovacím systému jsou umístěna 4 tlačítka. První z nich slouží k přepínání nabídek menu. Uživatel si tímto tlačítkem může zvolit program pro mikrozavlahu, nebo program pro zavlahu větší plochy. Dalším tlačítkem uživatel přepíná jednotlivé položky v daném menu Mikrozavlahy a nebo Velkoplošné zavlahy. Zbývá dvě tlačítka slouží k přidávání a ubírání hodnot u jednotlivých položek sub-menu. V případě nastavování mikrozavlahy se těmito tlačítky nastavuje start zalévání při zvolené vlhkosti půdy v květináči a stop zalévání po dosažení cílové vlhkosti půdy v květináči. V případě programu velkoplošné zavlahy se těmito tlačítky nastavuje, délka zalévání jednotlivé větve, zda se bude zalévat sekvenčně, což znamená, že se jednotlivé větve v zalévání střídají a nakonec v kolik hodin se má spustit zalévání. Každé tlačítko je připojeno na pin mikrokontroléru.



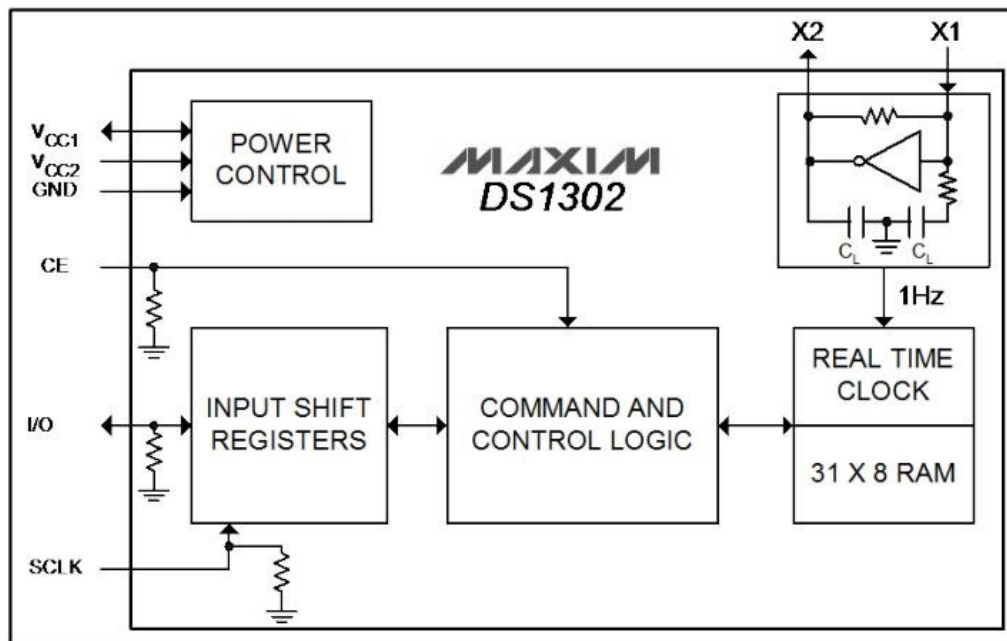
Obrázek 12-Schéma zapojení tlačítek

2.1.4 Obvod reálného času

Obvod reálného času má v tomto případě na starost udržet uživatelem nastavený čas v případě, že je zavlažovací systém v provozu. Podle nastaveného času se může řídit zalévání.

V tomto případě byl zvolen obvod DS1302. Tento obvod nabízí více funkcí. Počítá sekundy, minuty, hodiny, měsíce, dny v měsíci, dny v týdnu a přestupný rok. Napájecí napětí tohoto obvodu je 5 voltů, v případě napájení z baterie může být napájen napětím od 2 do 5,5 voltů. Díky možnosti připojení baterie k obvodu odpadá riziko ztráty dat v případě

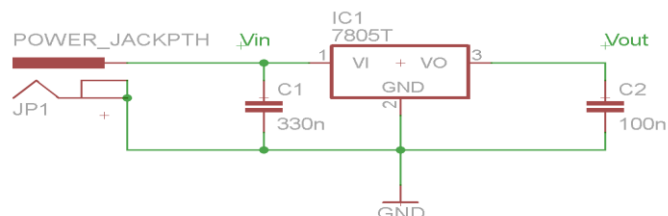
odpojení hlavního napájecího napětí. Komunikace probíhá po 3-drátovém rozhraní. Tento obvod dále obsahuje paměť RAM, která disponuje kapacitou 31x8 bytů. Jako zdroj hodinového signálu je nutné použít krystal o frekvenci 32,768kHz připojený na piny X1 a X2.[8]



Obrázek 13-Blokové schéma DS1302

2.1.5 Napájecí obvod

Použité elektronické součástky (Atmega8, DS1302, LCD displej) jsou konstruovány na napájecí napětí 5 voltů. Pouze u elektroventilů je potřebné napětí vyšší než 5 voltů. Z tohoto důvodu je výhodné použít napájení takové, jaké je napětí elektroventilu. V tomto případě se bude jednat o ventily, které pracují při napětí 9 voltů stejnosměrných. V tom případě se jeví jako nejlepší možnost použití spínaného stabilizovaného zdroje napětí s výstupním napětím 9 voltů, které bude přes relé spínat ventily. Pro převod napětí na 5 voltů je zvolen kladný lineární stabilizátor napětí THOMSON 7805. Na tento stabilizátor lze připojit napětí až 35 voltů. Jeho výstupní proud a napětí jsou 750 mA a 5 voltů.



Obrázek 14-Schéma zapojení napájecího obvodu

2.1.6 Senzor vlhkosti

Sonda vlhkosti se skládá ze dvou vodivých cest, nebo-li elektrod. Tyto elektrody mají od sebe danou, neměnnou vzdálenost. Sonda je umístěna do země. Na jednu elektrodu je přivedeno napětí 5 voltů a na druhou elektrodu je připojen odporový trimr, který je dále zapojen na pin mikrokontroléru, kde je A/D převodník. Trimrem lze nastavovat výsledné hodnoty A/D převodníku. Jelikož mezi elektrodami je určitý odpor, který se mění v závislosti na množství vody v půdě, vzniká na sondě úbytek napětí. Úbytek napětí vzniká také na odporovém trimru. Tento úbytek měří A/D převodník. Úbytek napětí na trimru je ovlivňován úbytkem napětí na sondě při změně vlhkosti půdy.

Vlhkost půdy je vyhodnocována v uživatelském menu na LCD displeji v procentech.



Obrázek 15-Sonda vlhkosti

2.1.7 Spínání ventilů

Jelikož elektromagnetické ventily potřebují pro svou funkčnost napětí, které je vyšší než 5 voltů, je třeba zajistit napětí určené pro elektromagnetický ventil. V tomto případě je to napětí 9 voltů stejnosměrných. Jedná se o elektromagnetický solenoidní ventil pro 1/2" hadici Rainjet Claber 90881.

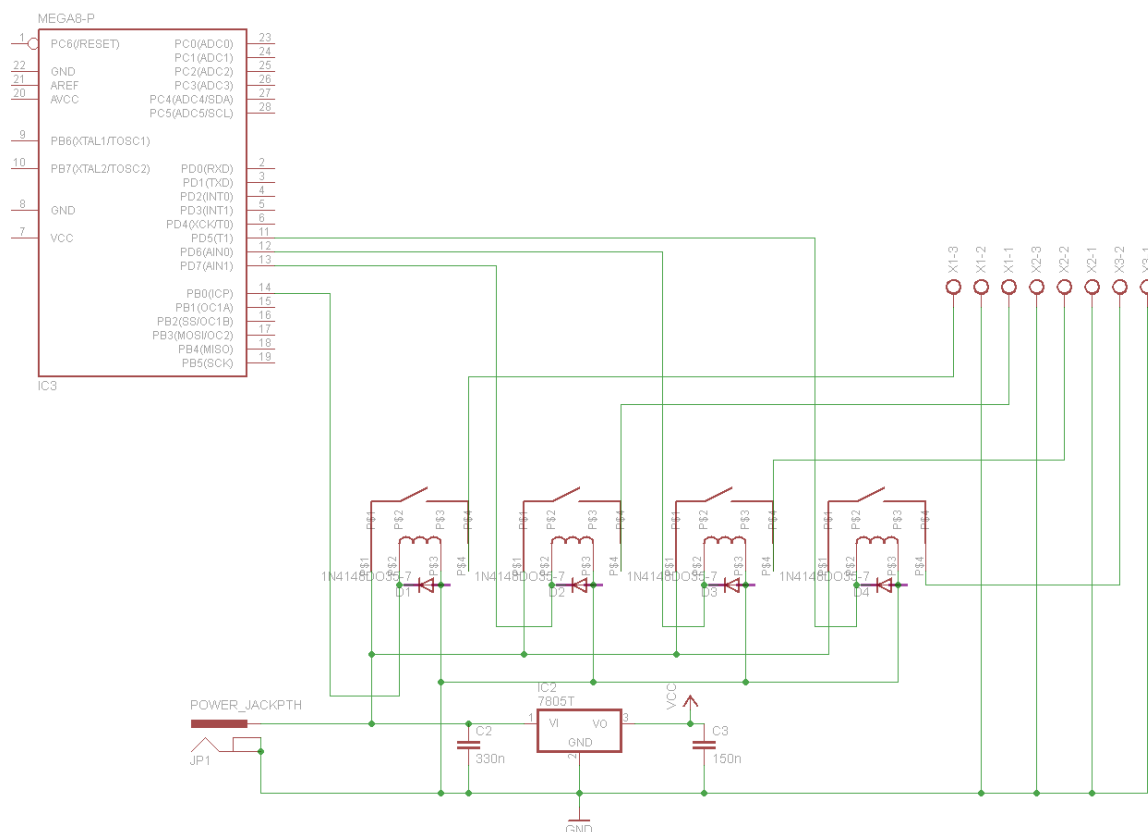


Spínání ventilů probíhá pomocí elektromagnetického relé s DC cívkou. Jehož parametry jsou:

- Napětí procházející cívkou: 5 V
- Odpor cívky 500 Ohm
- Výkon: 0,05 W
- Typ kontaktu: spínací
- Maximální proud kontaktem 1 A
- Čas přitahu/odpadu: 0,5/0,2 ms

Nevýhoda relé spočívá v jejich pomalém spínání a rozepínání. V tomto případě nám to nevadí, protože není kladen důraz na rychlost sepnutí ventilu. Hodnoty přitahu a odpadu jsou dostačující.

Kvůli přepětí, které vzniká na cívce relé v důsledku spínání a vypínání, je nutné použít omezovač přepětí. V případě zanedbání tohoto přepětí a připojení relé přímo na pin mikrokontroléru, hrozí zničení celého MCU. V tomto případě je paralelně připojena dioda k cívce relé. Je nutné dodržet správnou polaritu.[9]



Obrázek 16-Schéma zapojení pro spínání ventilů

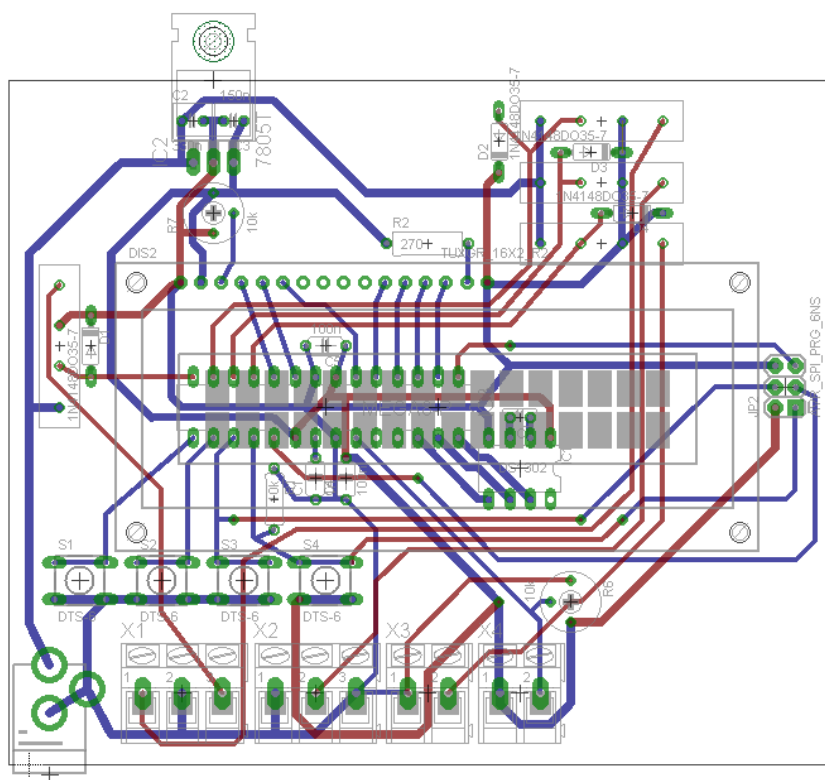
2.1.8 Deska plošných spojů

Deska plošných spojů je navržena v programu Eagle 7.1. Navržená deska je dvouvrstvá a rozložení součástek je přizpůsobeno dobrému uživatelskému přístupu při připojování ventilů a sondy, nebo případného doprogramování mikroprocesoru pomocí ISP konektoru. Všechny součástky jsou zvoleny vývodové, z důvodu použití šroubovacích svorkovnic, relé a ISP konektoru, které se v SMT podobě nedělají. Napájení je filtrováno blokovacími kondenzátory. Deska se skládá z běžně dostupných součástek.

Tabulka 1-Seznam součástek

Součástka	Hodnota	Poudro
C1	1n	C050-024X044
C2	330n	C025-050X050
C3	150n	C025-050X050
C4	100n	C050-024X044
C5	100n	C050-024X044
C6	32.768kHz	DT26
D1	1N4148	DO35-7
D2	1N4148	DO35-7
D3	1N4148	DO35-7
D4	1N4148	DO35-7
DIS2	TUXGR_16X2_R2	Displej

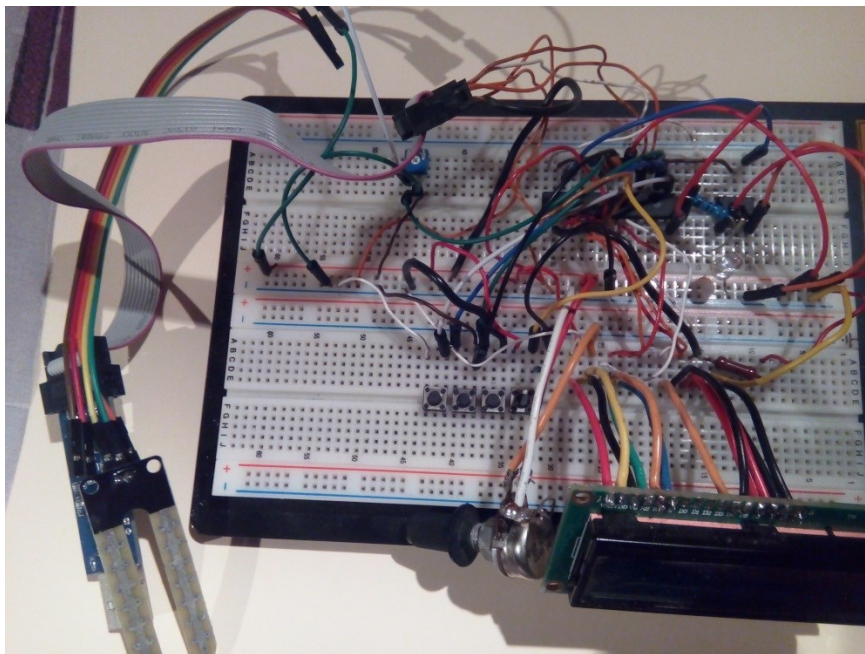
Součástka	Hodnota	Poudro
IC2	7805T	TO220H
IC3	MEGA8-P	DIL28-3
JP1	POWER_JACKPTH	POWER_JACK_PTH
JP2	AVR_SPI_PRG_6NS	2X3-NS
R1	10k	0207/7
R2	270	0309/10
R6	10k	RTRIM3339P
R7	10k	RTRIM3339P
S1	DTS-6	Tlačítko
S2	DTS-6	Tlačítko
S3	DTS-6	Tlačítko
S4	DTS-6	Tlačítko
U\$1	RELECOSMOS	Relé
U\$2	RELECOSMOS	Relé
U\$3	RELECOSMOS	Relé
U\$4	RELECOSMOS	Relé
X1		Svorkovnice
X2		Svorkovnice
X3		Svorkovnice
X4		Svorkovnice



Obrázek 17-Návrh DPS

2.1.9 Oživení

Před samotnou konstrukcí a napájení součástek na desku plošných spojů bylo provedeno zapojení a odlazení na desce nepájivého pole společně s USBasp programátorem, přes který se nahrával program do mikrokontroléru.



Obrázek 18-Sestavení na nepájivém poli

Po zprovoznění zařízení na nepájivém poli následovalo oživení na desce plošných spojů. Deska byla vyrobena firmou PragoBoard. Osazení desky bylo provedeno ručně.

3 Program

3.1 Vývojové prostředí

K vývoji aplikace byl použit software Atmel Studio 6. Tato aplikace umožňuje a nabízí překladač kódu, editaci kódu a nahrání programu přes podporované AVR programátory do mikrokontroléru. Atmel studio nabízí velké množství knihoven, určených přímo pro daný mikroprocesor od AVR. Dále také umožňuje zvýraznění syntaxe. Je určen pro operační systém Windows. Samotné programování je realizováno v jazyku C.

3.2 Programování MCU

Po přeložení programu v Atmel Studiu je třeba program nahrát do mikroprocesoru. Pro tento účel byl použit levný a jednoduchý programátor USBasp. Jak již z názvu napovídá, jedná se o programátor, který disponuje USB rozhraním a snadným propojením k počítači. Pro propojení mikrokontroléru a programátoru tu je šesti pinový ISP konektor. Tento programátor je určen pouze pro mikrokontroléry Atmel AVR. Hlavní součástí USBasp je Atmega8 nebo Atmega88 a několik pasivních součástek. Funguje na platformách Linux, Mac OS a Windows. Rychlost programování je až 5 kBytes/s. Nevýhodou je, že neumožňuje debugging. Autor tohoto programátoru dává k dispozici vše potřebné k jeho konstrukci.[10]



Obrázek 20-USBasp programátor

3.3 Popis programu

V hlavní části programu probíhá inicializace A/D převodníku, přerušení, konfigurace vstupně/výstupních portů pro spínání relé a pro tlačítka. Dále zde probíhá inicializace obvodu reálného času DS1302 a LCD displeje.

Měření vlhkosti probíhá pomocí A/D převodníku. V registru ADCSRA je nakonfigurované povolení přerušení, které se vyvolá při dokončeném převodu veličiny. Dále se v tomto registru nakonfiguruje předdělička definovaná interním oscilátorem a také celkové povolení A/D převodníku a jeho příslušenství. V registru ADMUX se nastavuje zarovnání výsledku. V tomto případě doleva. Dále se zde nastavuje určení referenčního napětí, podle kterého A/D převodník rozhoduje. Zde je referenční hodnota nastavená z pinu Avcc s připojeným externím kondenzátorem na pin AREF. Měřicí kanál je defaultně nastaven na ADC0. Jako poslední věc v inicializaci A/D převodníku je samotný start převodu. [4]

Při dokončení A/D převodu je vyvoláno přerušení. Program skočí do funkce přerušení, ve kterém se spustí start dalšího A/D převodu.

```
int main(void)
{
    //konfigurace a/d
    ADCSRA |= 1<<ADIE; //Povolení přerušení v A/d

    ADCSRA |= 1<<ADPS2; //zapnutí predelicky definované interním osc
    ADMUX |= 1<<ADLAR; //zarovnání do leva
    ADMUX |= 1<<REFS0; //určení referencního napětí a/d
    ADCSRA |= 1<<ADEN; //zapnutí adc příslušenství

    sei(); //Povolení globálního přerušení

    rtc2_init();
    rtc2_preset(RTC2_VALUE);
    RTC2_VALUE->format=RTC2_FORMAT_24;
    ADCSRA |= 1<<ADSC; //start prvního převodu

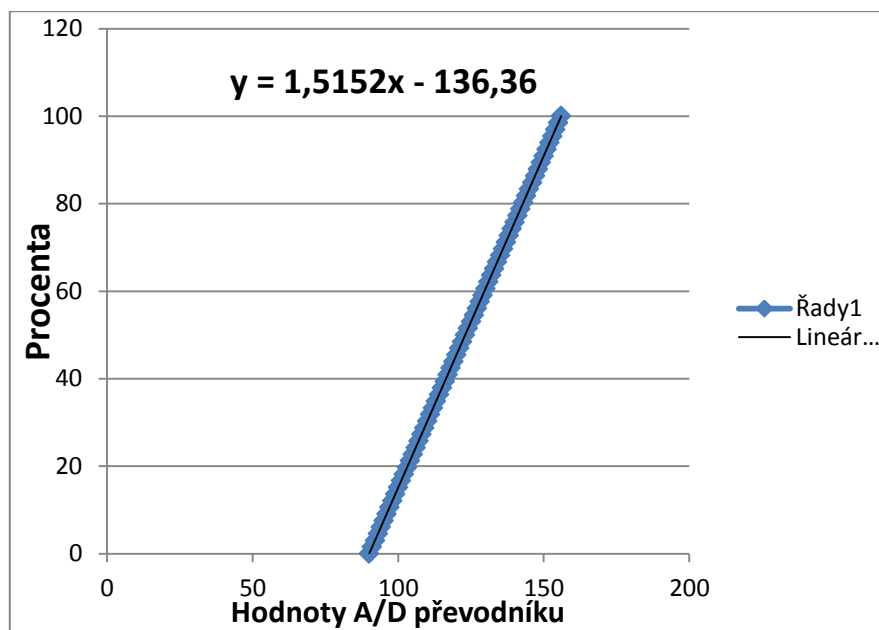
    DDRB=0b00010001; //konfigurace registrů pro tlačítka + pb0 výstupní pro rele1(dioda)
    PORTB=0b11101110; //nastavení pull up rezistoru
    DDRD |= (1<<PIND7)|(1<<PIND6)|(1<<PIND5); //výstupní piny PD7,6,5 pro rele

    lcd_init(LCD_DISP_ON);
    lcd_clrscr();

    while(1)
    {
        vysledek=1.5152*ADCH - 136.36; //prepocet vysledku a/D převodu na procenta
        if (vysledek<0)
        {
            vysledek=0;
        }
        if (vysledek>100)
        {
            vysledek=100;
        }
        itoa(vysledek,Procenta,10); //prevod vysledku na string
    }
}
```

Obrázek 21-Inicializace

V nekonečné smyčce program počítá výsledek A/D převodu. Jelikož je potřeba hodnotu vlhkosti zobrazit v procentech kvůli lepší orientaci, je důležité převést výsledek převodu na procenta. Do registru ADCH se ukládá výsledek A/D převodu, který může nabývat hodnot od 0 do 255 v závislosti na nastavení odporového trimru, připojeného k sondě vlhkosti. V tomto případě je hodnota trimru nastavena na 3,7 kilo ohmů a díky takto zvolené hodnotě nabývá A/D převod hodnot 90 až 156. Po vykreslení grafu, kdy na ose x jsou hodnoty A/D převodníku a na ose y procenta, nám vyjde křivka, ze které zjistíme, pomocí lineární rovnice trendů, rovnici pro přepočítání hodnot A/D převodníku na procenta.



Obrázek 22: Graf-přepočítání vlhkosti na procenta

Z daného grafu plyne, že výsledná vlhkost se vypočítá $1,5152 \cdot \text{ADCH} - 136,36$.

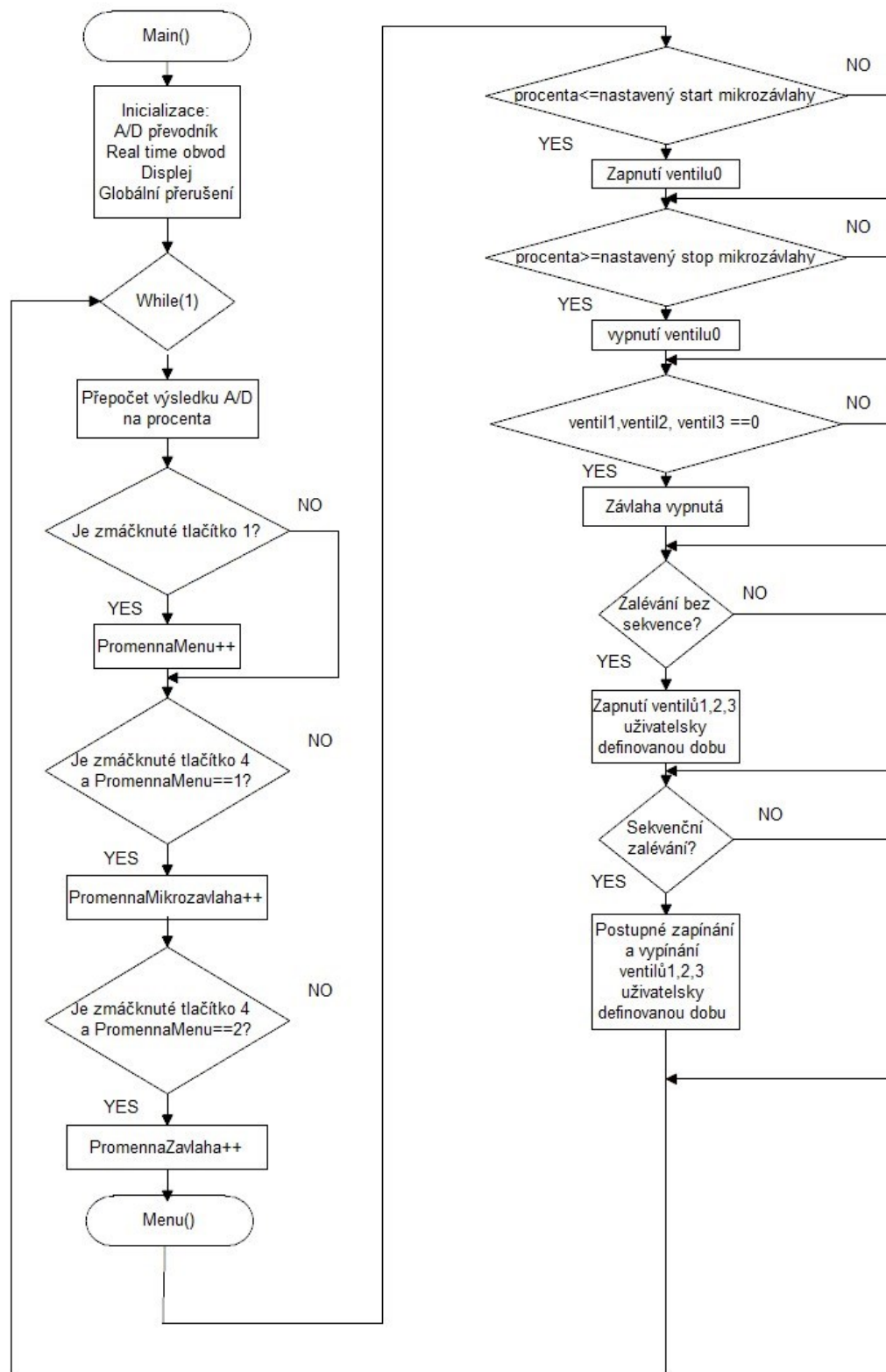
V další části nekonečné smyčky se čtou stavy pinů, na které jsou připojena tlačítka. Po zmáčknutí určitého tlačítka se inkrementuje do předem definované proměnné hodnota, podle které se řídí uživatelské menu.

V další fázi se vyvolá metoda Menu, ve které se konfiguruje zobrazování hodnot a textu na LCD displeji, inkrementace hodnot do proměnných pro jednotlivé uživatelské programy mikrozávlahy, velkoplošné závlahy či nastavení času. V menu jsou pomocí funkce switch:case vyvolávány jednotlivé funkce menu. První z nich je úvodní obrazovka, kterou uživatel uvidí při zapnutí zařízení. Jedná se o zobrazení hodnot vlhkosti půdy. Tato položka neobsahuje žádné submenu jako následující položky menu. Druhým prvkem menu je nastavení pro mikrozávlahu. Při stisku čtvrtého tlačítka může uživatel procházet jednotlivé položky submenu. Těmito položkami jsou Stop závlahy a Start závlahy. Uživatel si nadefinuje, při jaké hodnotě vlhkosti půdy v procentech chce spustit zavlažování a při jaké hodnotě chce zavlažování ukončit. Třetí položkou menu je položka pro velkoplošné zavlažování. V této nabídce se konfiguruje zbytek tří ventilů. Uživatel si nastaví čas zalévání od 0 do 20 minut v každé zalévací větvi. Určí si, jestli bude zalévání

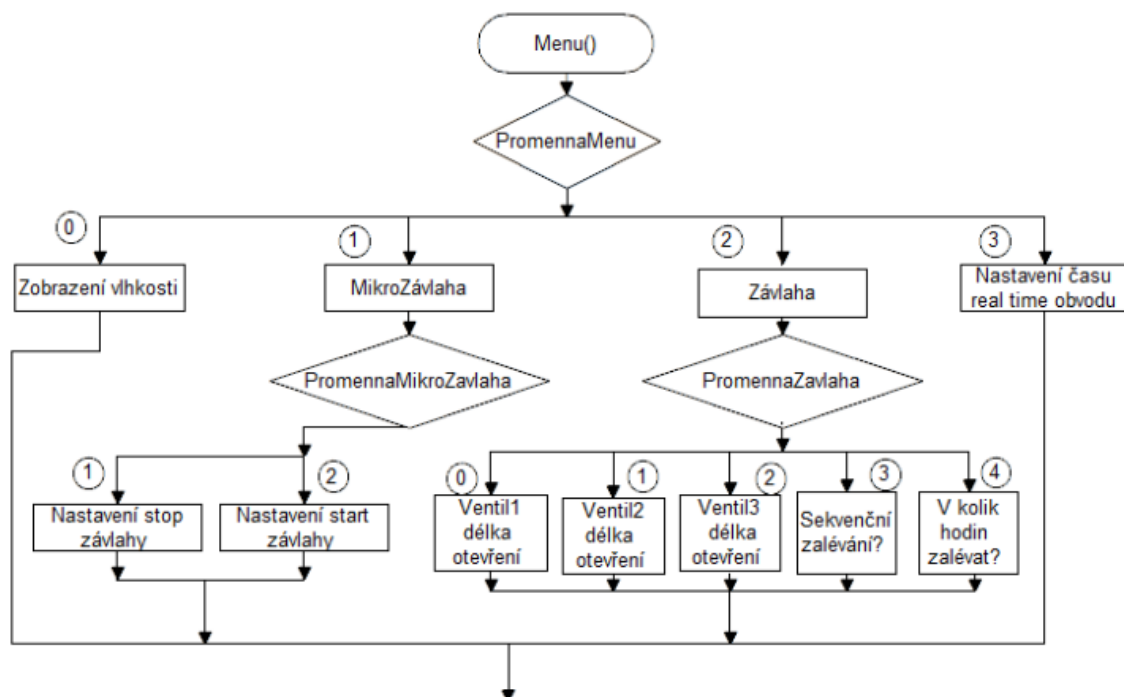
spouštěno sekvenčně, to znamená, že jedna z možností je spuštění zalévání ve všech větví najednou, nebo spouštění ventilů postupně. Poslední položkou submenu je položka pro nastavení času pro start zalévání. Uživatel si nastaví, v kolik hodin chce zalévat. Poslední položkou menu je nastavení globálního času, podle kterého se řídí automatický zavlažovací systém.

V další části nekonečné smyčky probíhají podmínky pro jednotlivé makra menu. Pro mikrozávlahu a velkoplošnou závlahu se sekvenčním zaléváním a bez sekvenčního zalévání. U mikrozávlahy zde probíhá podmínka pro spuštění a ukončení zalévání. U velkoplošné závlahy, při splnění napsaných podmínek, se otevírají jednotlivé ventily tak, jak je nastaveno ve funkci Menu.

3.4 Vývojový diagram



Obrázek 23-Vývojový diagram Main()



Obrázek 24-Vývojový diagram Menu()

Ve funkci Menu() jsou použité příkazy switch:case. V nekonečné smyčce, před vyvoláním funkce Menu() se inkrementují hodnoty do proměnných, vždy podle stisknutého tlačítka. Hlavní proměnná, podle které se řídí přepínání hlavních nabídek menu, je definovaná jako PromennaMenu.

Hlavní nabídky menu jsou:

- Zobrazení vlhkosti (PromennaMenu=0)
- Menu pro mikrozávlahu (PromennaMenu=1)
- Menu pro závlahu (PromennaMenu=2)
- Nastavení reálného času (PromennaMenu=3)

Menu pro mikrozávlahu a pro závlahu má svoje submenu:

Menu pro mikrozávlahu:

- Nastavení hodnoty sondy, při které se mikrozavlažování vypne (PromennaMikroZavlahy=1)
- Nastavení hodnoty sondy, při které se mikrozavlažování vypne (PromennaMikroZavlahy=2)

Menu pro závlahu:

- Délka otevření ventilu1 (PromennaZavlaha=0)
- Délka otevření ventilu2 (PromennaZavlaha=1)
- Délka otevření ventilu3 (PromennaZavlaha=2)
- Menu pro zapnutí/vypnutí sekvence (Promennazavlaha=3)
- Nastavení času, při kterém se zapne zavlažování(PromennaZavlaha=4)

4 Možnosti vylepšení

Jelikož je deska plošných spojů osazena ISP konektorem, je možné dodatečně doprogramovat, nebo doladit jakoukoliv funkci zavlažovacího systému.

Další možností vylepšení se nabízí připojení a naprogramování dalších periférií systému. Jednou z nich může být například teploměr. Senzor teploty bude měřit venkovní teplotu a hodnoty z něj budou zasahovat do zavlažovacího plánu. V případě, že by byla naměřena teplota pro zalévání příliš vysoká, zalévání by neproběhlo v daném časovém plánu. Proběhlo by až s nižší venkovní teplotou. Využití teploměru by připadalo v úvahu v teplých letních dnech, kdy zalévání v odpoledních nejvyšších teplotách rostlinám spíše škodí a voda se z půdy rychleji odpařuje.

Další periférií zavlažovacího systému může být senzor dešťových srážek. V případě, že na plochu senzoru dopadne voda, senzor vyhodnotí déšť. V takovém případě není nutné zalévat.

Pro pohodlnější dohled a obsluhu zavlažovacího systému je možnost posílat data přes ethernet rozhraní, nebo wifi do počítačové sítě. Přes webové rozhraní dále kontrolovat a ovládat zavlažování.

Závěr

Zadáním práce bylo seznámení se s problematikou zavlažovacích systémů. Návrh, konstrukce a oživení. Systém umožňuje nastavení zavlažovacího systému podle kritérií specifikovaných výše. Součástí práce je teoretický rozbor zavlažovacích systémů, schéma zapojení, konstrukce a oživení jednotky včetně ověření funkce.

Výsledkem této práce je funkční univerzální zařízení, sloužící k velkoplošnému zalévání a mikrozavlažování. Nejlepší uplatnění se nabízí u rodinného domu. Zařízení je konstruováno na přívod vody z vodovodního řádu. Skládá se z mikrokontroléru, který vykonává potřebné instrukce a řídí periferie systému. Periferiemi může být nazván LCD displej, obvod reálného času, tlačítka pro obsluhu systému, relé pro spínání ventilů a sonda vlhkosti. Obvod reálného času umí udržet data i po výpadku hlavního napájecího napětí. Tato možnost v této konstrukci není využita. V případě potřeby této funkce, je možnost připojení externí baterie. Na desce plošných spojů je vyveden vývod pro baterii. Relé umožňují otevírat a zavírat 4 zavlažovací větve. První větev je určená pro mikrozávlahu a zbylé tři větve pro velkoplošnou závlahu.

Z důvodu ceny elektroventilů byl zakoupen pouze jeden elektroventil. Tento jeden ventil pomohl k ověření funkčnosti všech čtyř větví. V případě dokoupení všech ventilů, je na desce plošných spojů udělána příprava pro připojení přes šroubovací svorkovnici.

Literatura

- [1] MAROÚŠEK, Jan. Zavlažování. 1. vyd. Brno: ERA, 2008, vi, 111 s. Stavíme. ISBN 978-80-7366-119-9.
- [2] Řídící jednotky. *AGF-závlahy*. [online]. ©2013 [cit. 2015-10-01]. Dostupné z: <http://www.agf-zavlahy.cz/ridici-jednotky>
- [3] Maloplošná tryska. *Gardena*. [online]. © 2010-2015 [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: <http://www.gardena.com/cz/water-management/micro-drip-irrigation-system/maloplosna-tryska/>.
- [4] Datasheet. *Atmel*. [online]. © 2015 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf
- [5] Základy ovládání mikrokontroléru ATmega(16/32) 14.díl – Dvouřádkový LCD displej. *Tajned*. [online]. © 2014 – 2015 [cit. 2015-10-08]. Dostupné z: <http://www.tajned.cz/2014/11/zaklady-ovladani-mikrokontroleru-atmega-14-dil-dvouradkovy-lcd-displej/>
- [6] HD44780 Datasheet. *ALLDATASHEET*. [online]. © 2003 – 2015 [cit. 2015-10-20]. Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/63673/HITACHI/HD44780.html>
- [7] Kapková závlaha. *AGF – závlahy*. [online]. ©2013 [cit. 2015-11-02]. Dostupné z: <http://www.agf-zavlahy.cz/kapkova-zavlaha>
- [8] DS1302. *Maxim Integrated Products*. [online]. © 2015 [cit. 2015-11-11]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1302.pdf>
- [9] GEC, Zdeněk. Vypínání relé a stykačů jako zdroj přepětí: Snadné řešení problému s výrobky společnosti Siemens. *ELEKTRO časopis pro elektrotechniku* [online]. **2008(05): 22-23** [cit. 2015-11-03]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37204.pdf>
- [10] USBasp – USB programmer for Atmel AVR controllers. *Thomas Fischl*. [online]. © 1998 – 2015 [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://www.fischl.de/usbasp/>
- [11] Elektromagnetické ventily. *AGF – závlahy*. [online]. © 2013 [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: <http://www.agf-zavlahy.cz/elektromagneticke-ventily>
- [12] Časové spínače. *AGF – závlahy*. [online]. © 2013 [cit. 2015-10-15]. Dostupné z: <http://www.agf-zavlahy.cz/casove-spinace>
- [13] Rozstřikovače. *AGF – závlahy*. [online]. © 2013 [cit. 2015-10-17]. Dostupné z: <http://www.agf-zavlahy.cz/rozstrikovace>

Příloha A – Manuál

Před samotným zapnutím systému do elektrické sítě je potřeba umístit sondu vlhkosti do půdy a připojit používané elektroventily. V případě využití pouze programu mikrozávlahy stačí, aby byl připojen pouze jeden elektroventil. V případě použití programu závlahy, není podmínkou zapojení všech tří elektroventilů. Jednotlivé zavlažovací větve se dají vypnout tak, že se jednotlivému ventilu nastaví nulový čas zavlažování.

Po spuštění systému je na LCD displeji zobrazena položka vlhkost v procentech. Tato položka zobrazuje aktuální hodnotu vlhkosti půdy. Po spuštění systému jsou programy mikrozávlahy a závlahy deaktivované. Ze všeho nejdříve je nutné nastavit globální čas systému. Je to důležité z toho důvodu, protože program velkoplošného zavlažování se tímto časem řídí.

Opakovaným zmáčknutím tlačítka č.1 přepínáme jednotlivé makra menu, až se dostaneme k položce “Nastavení času”. Poté tlačítkem č.2 nastavujeme hodiny a tlačítkem č.3 minuty.

Dalším makrem menu je položka “Mikrozávlahy”, ve které se nastavuje program mikrozávlahy. Prvním parametrem tohoto makra je hodnota “Stop”. Tato hodnota určuje, při jaké vlhkosti půdy se zalévání vypne. Druhým parametrem makra “Mikrozávlahy” je “Start”. Tento parametr určuje, při jaké hodnotě vlhkosti se mikrozavlažování spustí. Oba tyto parametry nastavuje uživatel. Tlačítkem č.2 snižuje hodnotu a tlačítkem č.3 hodnotu zvyšuje. Přepínání parametrů “Start” a “Stop” je prováděno tlačítkem č.4.

Posledním makrem menu je položka “Závlahy”. Tato položka obsahuje pět parametrů, mezi kterými se přepínáme opakovaným zmáčknutím tlačítka č.4. Prvními třemi parametry jsou “Ventil1”, “Ventil2” a “Ventil3”. Do těchto parametrů se ukládá uživatelsky zvolená hodnota délky zalévání. Tyto tři položky určují zalévací větve. V každé větvi si uživatel nastaví dobu zalévání. Ta lze nastavit v rozmezí 1 až 20 minut. V případě, že je v nějaké větvi nastavený čas 0, je zalévání v této větvi deaktivované. Nastavování probíhá tlačítky č.2 a 3. Čtvrtým parametrem je položka sekvenčního zalévání. V této položce uživatel zvolí, jestli bude probíhat zavlažování sekvenčně, anebo ne. Při sekvenčním zavlažování se otevírají jednotlivé ventily postupně. Nejdříve zalévá první větev, ventil č.1 je otevřený. Po uplynutí nastavené doby otevření ventilu č.1 se otevře ventil č.2 a ventil č.1 se zavře. To samé se provede i s ventilem č.3. Při nesekvenčním zavlažování, zavlažují všechny větve najednou, všechny elektroventily jsou otevřeny. Volba sekvenčního zalévání se uskutečňuje tlačítky č.1 a 2. Posledním parametrem makra “Závlahy” je položka “Zalévat v”. V této položce uživatel nastavuje tlačítky č.2 a 3 v kolik hodin se má spustit zavlažování.