

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra řídicí techniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Inteligentní zavlažovací systém

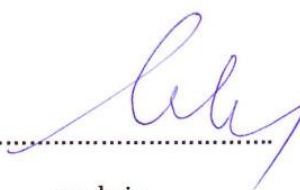
2012

Tomáš URBAN

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne24.5.2012.....

.....
podpis

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Tomáš Urban**

Studijní program: Kybernetika a robotika
Obor: Systémy a řízení

Název tématu: **Inteligentní zavlažovací systém**

Pokyny pro vypracování:

1. Navrhněte a realizujte elektronické zařízení, které bude v závislosti na vlhkosti půdy, denní době a počasí ovládat přívod vody do zavlažovacího systému.
2. Návrh musí zohledňovat využití pro zavlažování trávníků, bude ale použitelný i pro jiné rostlinstvo.
3. Zařízení bude postaveno na mikrokontroleru a bude uživatelsky nastavitelné pomocí tlačítek a LCD displeje.

Osnova:

- a) Účel zařízení
- b) Popis částí a jejich funkce
- c) Zapojení, konstrukce
- d) Ovládání a funkce zařízení jako celku
- e) Shrnutí, možnosti rozšíření


Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce

Vedoucí: Ing. Vladimír Janíček

Platnost zadání:




prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Rípka, CSc.
děkan

V Praze dne 5. 12. 2011

ANOTACE

Tato práce se zabývá návrhem řídicího systému pro automatizované zavlažování trávníku. Součástí tohoto systému je sonda, která sleduje aktuální vlhkost půdy. Závlahu je možno spouštět pomocí časového programu nebo automaticky, klesne-li vlhkost půdy pod nastavenou minimální hodnotu. Při řízení se využívá i informací z dalších senzorů - teploty, deště a hladiny vody v nádrži. Zařízení je možno uživatelsky nastavit přes menu LCD displeje. Kromě ovládání až čtyř nezávislých ventilů je možno řídit také čerpadlo.

Konstrukce inteligentního zavlažovacího systému je realizována tak, aby mohl být provozován ve venkovních podmínkách. Součástí práce je podrobný manuál pro obsluhu a srovnání s konkurenčními výrobky na trhu.

ANNOTATION

This work describes the project of control system for automated lawn irrigation. A part of this system is a sensor that monitors the current soil moisture. The irrigation can be run by using the scheduler or automatically, if the soil moisture falls under the set minimum value. During the control the information from the other sensors is used as well - temperature, the rainfall and a water level in a tank. The device is customizable via a LCD menu. Except of the control of four independent valves, it is also possible to operate with the pump.

The design of the intelligent irrigation system is implemented to be able to operate in outdoor conditions. A detailed manual for operation and comparison with the competing products on the market are included.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
1 ÚVOD	11
2 ZAVLAŽOVÁNÍ TRÁVNÍKU	12
2.1 Požadavky trávníku	12
2.2 Zavlažovací systémy	13
2.3 Automatický zavlažovací systém	15
2.3.1 Výsuvný postřikovač	15
2.3.2 Elektromagnetický ventil	17
2.3.3 Řídící jednotka	18
2.3.4 Návrh zavlažovacího systému	19
3 HARDWARE	22
3.1 Mikrokontrolér	23
3.1.1 Architektura	25
3.1.2 Zdroj hodinového signálu	26
3.1.3 Zabudovaná paměť E ² PROM	27
3.1.4 Vstupně/výstupní porty	27
3.1.5 AD převodník	28
3.2 Obvod reálného času	29
3.2.1 Sběrnice I ² C	30
3.3 LCD displej	32
3.4 Ovládací tlačítka	33
3.5 Teplotní senzor	34
3.5.1 1Wire sběrnice	35
3.6 Piezo reproduktor	38
3.7 Senzory	38
3.7.1 Dešťový senzor	39
3.7.2 Hladinový spínač	40
3.8 Výstupní obvody	41
3.8.1 Spínání ventilů	41
3.8.2 Spínání čerpadla	42
3.9 Senzor vlhkosti půdy	43

3.10	Napájecí obvod	44
4	PROGRAM	46
4.1	Vývojové prostředí	46
4.2	Programování	46
4.3	Zdrojový kód	48
5	REALIZACE	50
5.1	Konstrukce	50
5.1.1	Řídicí jednotka	50
5.1.2	Sonda vlhkosti půdy	52
5.1.3	Teplotní senzor	52
5.2	Manuál	53
5.2.1	Instalace	53
5.2.2	Manuální ovládání	53
5.2.3	Nastavení	53
5.2.4	Automatické ovládání	56
5.3	Technická data	59
6	SROVNÁNÍ	60
6.1	Cenové srovnání výrobků	60
7	MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ	62
8	ZÁVĚR	63
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
10	PŘÍLOHY	66
	Výpočet hodnot rezistorů	66
	Kompletní schéma zapojení	68
	Obsah CD	69

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 Mobilní kývavý zavlažovač	14
Obrázek 2.2 Rotační výsuvný postřikovač.....	16
Obrázek 2.3 Elektromagnetický ventil	17
Obrázek 2.4 Řídicí jednotka firmy Gardena	19
Obrázek 2.5 Plánek s rozmístěním postřikovačů a jejich propojením do okruhů.....	20
Obrázek 3.1 Blokové schéma celého systému	23
Obrázek 3.2 Blokové schéma mikrokontroléru Atmega32	24
Obrázek 3.3 Časový průběh jednoho instrukčního cyklu.....	25
Obrázek 3.4 Zřetězené provádění instrukcí	25
Obrázek 3.5 Připojení krystalu k mikrokontroléru	26
Obrázek 3.6 Blokové schéma AD převodníku.....	28
Obrázek 3.7 Blokové schéma obvodu PCF8583P	29
Obrázek 3.8 Zapojení obvodu PCF8583P	30
Obrázek 3.9 Koncepce sběrnice I ² C	30
Obrázek 3.10 Změna logické úrovně SDA	31
Obrázek 3.11 START a STOP podmínky.....	31
Obrázek 3.12 Připojení LCD.....	33
Obrázek 3.13 Připojení tlačítek.....	34
Obrázek 3.14 Blokové schéma teplotního čidla DS18B20	35
Obrázek 3.15 Zapojení DS18B20	35
Obrázek 3.16 Komunikace po sběrnici 1Wire	37
Obrázek 3.17 Zapojení piezo reproduktoru	38
Obrázek 3.18 Jeden ze vstupů pro externí senzor	39
Obrázek 3.19 Dešťový senzor	40
Obrázek 3.20 Hladinový spínač.....	40
Obrázek 3.21 Zapojení výstupů pro ovládání ventilů.....	41
Obrázek 3.22 Ventil Claber	42
Obrázek 3.23 Schéma zapojení výstupu pro čerpadlo	42
Obrázek 3.24 Schéma zapojení sondy vlhkosti	44
Obrázek 3.25 Schéma napájecího obvodu.....	45
Obrázek 4.1 Vývojový kit EvB 4.3.....	47
Obrázek 4.2 Prostor pro zavaděč v paměti FLASH	47
Obrázek 4.3 Vývojový diagram hlavní smyčky systému.....	48
Obrázek 4.4 Zjednodušený vývojový diagram podprogramu ovládání zavlažování.....	49
Obrázek 5.1 Řídicí jednotka bez krytu.....	51
Obrázek 5.2 Řídicí jednotka s krytem	51
Obrázek 5.3 Sonda vlhkosti půdy	52
Obrázek 5.4 Senzor teploty	52
Obrázek 5.5 Průběh zavlažování během deště.....	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 5.1 Čas zavlažování jednotlivých větví.....	58
Tabulka 6.1 Cena systému Gardena 4040 modular.....	61
Tabulka 6.2 Odhadovaná cena realizovaného řešení	61

1 ÚVOD

Automatizace se v dnešní době stále více dostává i do běžných domácností. Standardem se pomalu stávají inteligentní domy využívající služeb komfortní elektroinstalace, mezi běžné domácí spotřebiče již patří automatické robotické vysavače i sekačky, a automobily jsou vybaveny technologiemi, které dovedou v řízení nahradit člověka. Zvyšující se požadavky na úroveň komfortu jsou viditelné všude kolem nás. Automatický zavlažovací systém je jedním z těchto „prací ulehčujících“ zařízení, ale na rozdíl od mnoha výrobků, které se tohoto trendu drží, se automatizovat opravdu vyplatí.

Práce je rozdělena do několika částí. V první části je shrnuta péče o trávník, především z hlediska jeho zásobení vodou. Nastíněny jsou možnosti závlahy včetně konkrétních příkladů. Pozornost je soustředěna hlavně na systémy automatické.

Druhá část se již věnuje návrhu konkrétního zařízení, jehož vlastnosti přímo vychází z požadavků péče o travní porost. Jednotlivé hardwarové části jsou popsány včetně funkce, kterou budou ve finálním výrobku plnit. Kromě hardwaru je zde řídicí systém popsán i z pohledu softwarového.

V závěrečné části je popsáno konstrukční řešení navrženého systému, jeho uvedení do provozu, technické parametry a srovnání s výrobky dostupnými na trhu.

2 ZAVLAŽOVÁNÍ TRÁVNÍKU

Trávník je na vlhkost poměrně náročný, pro ideální růst vyžaduje velký přísun vody. Kromě toho jeho kvalitu ovlivňuje druh půdy, živiny v půdě obsažené, samotná odrůda trávníku, teplota okolí, intenzita světla, přísun vzduchu a mnohé další faktory. Člověk může tyto faktory do jisté míry ovlivnit – hnojením, sekáním, provzdušňováním a zavlažováním. Dá se říci, že základním krokem ke kvalitnímu trávníku je jeho správné zalévání.

2.1 Požadavky trávníku

Nároky na potřebu dodatečného zavlažování travního porostu se liší podle ročního období. Na jaře a na podzim stačí, aby byla půda provlhčená do hloubky zhruba 5 cm. Během léta, kdy je vyšší teplota a dochází k odpařování, je dobré mít půdu vlhkou do hloubky 8 – 10 cm. Spotřeba vody na jeden metr čtvereční trávníku se pak udává v rozmezí 25 – 40 litrů za týden. Důležitá je rovnoměrnost závlahy, ideální je tedy přirozeně déšť. V našich klimatických podmínkách je však déšť pro tento účel nedostačujícím zdrojem, trávníku poskytuje pouze třetinu až polovinu potřebné vody. Dalším problémem jsou stromy, které brání dopadu dešťových kapek a jejich kořenový systém navíc odčerpává trávníku vodu.

Nejvhodnější dobou k zavlažování jsou ranní až časně ranní hodiny, ideálně těsně před východem slunce. Teplota je nízká, voda se nestačí vypařit a vsákne se do půdy. V poledne nebo odpoledne bychom se zavlažování měli pokud možno vyhnout, kapky vody působí jako lupa a slunce pak může trávu poškodit. Navíc se v parných letních měsících velká část vody odpaří ještě předtím, než se vsákne, závlaha je pak dost neefektivní. Ani ve večerních hodinách není příliš vhodné zalévat. Teplota je sice nižší, ale voda pak zůstává ve velké míře v trávníku přes celou noc, což podporuje růst plísní, hub a mechů, které škodí. Navečer můžeme krátce pustit vodu jen pro osvěžení vzduchu.

Důležité je trávník zavlažovat vydatně a po delších časových úsecích. Doporučuje se interval 2 – 3 dnů, záleží však samozřejmě na typu půdy a na množství srážek. Při nedostatečné závlaze se voda nedostane až ke kořenovému systému a rychleji se odpaří. Naopak, pokud to s vodou přeženeme, trávníku to také neprospěje. Odplaví se tím živiny,

kteřé jsou pro růst nepostradatelné. Občasné, krátké a pravidelné sucho nemusí být škodlivé, podporuje totiž větvení trávy. Dobré je mít travní porost vysoký 5 až 7 cm a při případném sekání nechávat rozsekané konečky čepelí listů ležet na místě, pomáhají pak udržovat vlhkost. Při zalévání je nejlépe využívat dešťovou vodu, která je měkká. Ale trávník není na kvalitu vody zase tak náročný, zvládne vodu ze studny i z veřejného vodovodu.

2.2 Zavlažovací systémy

Zavlažovací systém má za úkol poskytnout trávníku dostatečné množství vody pro jeho zdravý růst. Využívá se především v období léta, kdy je sucho a déšť je pro travní porost nedostatečným zdrojem vody. Ideální systém pro zavlažování by měl splňovat několik základních funkcí. Trávník by měl zalévat pokud možno rovnoměrně a zároveň celý, nikde by tak nemělo zůstat suché místo. Rovnoměrnost může být porušena v případě míst, kde je neustálý stín (zde není potřeba tolik vody) nebo pod stromy (zde je potřeba více vody – nedopadá sem déšť a stromy trávníku vodu ubírají). Dále by měl systém zavlažovat pouze tehdy, je-li to nutné. Nemá cenu plýtvat vodou, když zrovna prší. Protože nám jde především o vzhled trávníku, zavlažování by ho nemělo jakkoli narušovat a pokud možno ani žádným způsobem omezovat pohyb po něm (hadice na zemi atp.). Zavlažovací systém by také měl hospodárně zacházet s vodou a brát v úvahu její případný nedostatek.

Nejjednodušší způsob zavlažování je ruční zalévání konví. Tato metoda je pro trávník naprosto nevyhovující, už jen z důvodu časové náročnosti. Při předpokladu, že trávník potřebuje 30 litrů/m²/týden, výměry plochy 300 m² a použití desetilitrové konve, je potřeba každý týden 900 konví vody. Každý den by nám zalévání zabralo zhruba 7 hodin. O rovnoměrnosti zálivky zde nemůže být ani řeč, toto řešení je tedy nereálné.

Dalším způsobem je ruční zalévání pomocí hadice a rozprašovací trysky. Toto řešení již není tak fyzicky náročné, nicméně časově stále ano, obsluha zde musí být po celou dobu zálahy, která nakonec stejně nebude vhodně provedena.

Situaci si můžeme zjednodušit umístěním mobilního postřikovače. Ty jsou různého druhu, většinou rotační (pokrývají pak kruhovou výseč), rozprašovací (pro zavlažování

malých ploch) nebo kývavé (pokrývají obdélníkovou výseč). Stačí zvolit vhodné místo, připojit hadici a pustit vodu. Obsluha nemusí být přítomna po celou dobu procesu, ale musí po určitém čase zavřít přívod vody, popřípadě přemístit postřikovač na jiné místo. Jde o relativně levné řešení, které může splňovat požadavky na rovnoměrné a dostatečné zásobení vodou. Nevýhodou je nutné přemísťování postřikovače, kontrola a ovládání člověkem.



Obrázek 2.1 Mobilní kývavý zavlažovač

Nejdokonalejším systémem jsou zavlažovače napevno umístěné v zemi a připojené pomocí podzemních přívodů. Tryska postřikovače je při nečinnosti schovaná pod povrchem, teprve při samotném zavlažování se vysune nad zem. Využívání trávníku tak není vůbec ničím omezeno a nic nenarušuje ani jeho vzhled. Při návrhu tohoto typu závlahy se hledí i na rozmístění postřikovačů tak, aby závlaha byla rovnoměrná. Trysky mohou být spojeny do několika různých okruhů, které pak zavlažují oblasti s jinými požadavky na příděl vody. Tento typ závlahy je většinou spojen s automatickým spouštěním, nejčastěji podle předem daného časového plánu. Pak se jedná o takzvané automatické závlahové systémy. Vše může fungovat nezávisle a člověk nemusí jakkoli

zasahovat. Nevýhodou je poměrně vysoká počáteční investice a instalace vyžaduje velký zásah do zahrady.

Zmínit je třeba ještě systémy, kde je pod celým trávníkem spirálovitě vedena průsaková hadice, která po celé své délce propouští konstantní množství vody. Toto řešení se však používá výjimečně, častější je například u záhonů s květinami nebo u úzkých travnatých pásů.

2.3 Automatický zavlažovací systém

Automatický zavlažovací systém se skládá z podzemních výsuvných postřikovačů, potřebných rozvodů vodovodních trubek, elektromagnetických ventilů a hlavní řídicí jednotky. Pokud není k dispozici přívod vody, může být součástí i čerpadlo, které čerpá vodu z nádrže. Automatizovaného zavlažování se využívá především na velkých travnatých plochách, jako jsou parky, fotbalová hřiště nebo například i pro zatravněné tramvajové pásy v centru města. Stále více se ale instaluje k zavlažování trávníků v okolí rodinných domů. Hlavním přínosem automatického zavlažovacího systému je úspora času, snadná obsluha a samozřejmě efektivní závlaha.

2.3.1 Výsuvný postřikovač

Existují v mnoha různém provedení, pro běžné i speciální aplikace. Obecně je můžeme dělit na rozprašovací a rotační.

Rotační obsahuje směrovou trysku nebo soustavu několika trysek, které vytváří do dálky směřující vodní paprsek. Typicky tento paprsek svírá s rovinou terénu úhel 25 stupňů. Tím, jak se pak část s tryskou otáčí, pokrývá postřikovač celou plochu kolem. Rozprašovací je jednodušší a je určen pro zavlažování menších ploch. Nerotuje, ale rozprašuje nepřetržitě vodu do všech stran. Oba ve výsledku zavlažují kruhovou oblast, popřípadě jen určitou kruhovou výseč dle nastavení.

Při samotném zavlažování se postřikovač podle typu vysune do výšky 5 až 30 cm. Pro trávníky je vhodná výška alespoň 10 cm, aby voda proudila i nad neposekanou trávou. Poloměr dostřiku lze v určitém rozmezí nastavit a pohybuje se od 0,5 do zhruba 30 metrů

(opět podle typu a výrobce). Kromě samotného nastavení závisí dostřik na druhu postřikovače (rotační nebo rozprašovací), použité trysce a tlaku vody v přívodu. Jeden zavlažovač tak dokáže pokrýt i plochu větší než 2500 m². Velkého dosahu se využívá především na hřištích, kde je nevhodné zadržovače umísťovat do hracího pole, ale jsou instalovány pouze po obvodu. Každý postřikovač má dále možnost nastavení výseče, ve které bude pracovat. Hodnoty se liší dle typu a výrobce, obvykle lze nastavit plynule od 5 do 360 stupňů. U levnějších variant lze nastavit jen celé kvadranty. Dražší rotační modely disponují tzv. pamětí polohy. Ta zajišťuje návrat do nastaveného sektoru v případě, že by někdo ručně postřikovač otočil. Jak samotná rotace, tak i paměťová funkce je založena pouze na mechanickém principu, jako zdroje síly k otáčení se využívá tlaku vody. Opět, dražší modely zajišťují konstantní úhlovou rychlost otáčení i při proměnlivém tlaku vody. Podle nastaveného dosahu, u rozprašovacího zavlažovače i nastavené výseče, se mění spotřeba vody, která se obecně pohybuje mezi 2,5 až 70 litry za minutu. Přívod vody by měl splňovat požadavky na určitý tlak, který zaručí správnou funkci postřikovače a dosažení jeho papírových parametrů. Nejvýkonnější výsuvné postřikovače vyžadují tlak až 8 barů.



Obrázek 2.2 Rotační výsuvný postřikovač

2.3.2 Elektromagnetický ventil

Slouží k otevírání/zavírání přívodu vody do jednotlivých větví. Využívá k tomu jednoduchého principu, kdy elektromagnet pohybuje částí, která blokuje průtok vody. U ventilů pro zavlažovací systémy není obecně potřeba regulovat průtok, tedy míru otevření ventilu. Parametry postřikovačů jsou nastaveny pro tlak a průtok při plném otevření, kdyby byly tyto hodnoty menší, dostřik zavlažovačů by se zmenšil a na trávníku by vznikala suchá místa, v krajním případě by ani nedošlo k vysunutí postřikovače. Elektromagnetický ventil tak pracuje ve dvou stavech, při nulovém napětí je uzavřený, při přivedení napětí se plně otevře. Napájecí napětí je obvykle stejnosměrných 9, 12 nebo 24 voltů. Časy otevření a uzavření jsou několik desítek milisekund, na rychlosti v této oblasti použití příliš nezáleží. Protože se předpokládá umístění ventilu ve venkovním prostředí, jsou konstruovány tak, aby odolávaly celoročním venkovním podmínkám. Pro umístění pod zem se využívá takzvaných šachtic, do kterých se ventily umísť. Protože k větvení hlavního přívodu vody do jednotlivých okruhů dochází většinou na jednom místě, jsou šachtice dimenzovány pro více ventilů. Někteří výrobci pro tyto případy vyrábějí i sestavy několika ventilů jako jeden celek. Ventily pracují obvykle při tlaku 1-13 barů a vyrábějí se s připojením na potrubí 3/4" až 5/4".



Obrázek 2.3 Elektromagnetický ventil

2.3.3 Řídicí jednotka

Je nepostradatelnou součástí automatického zavlažovacího systému. Podle přednastaveného časového plánu, popřípadě podle aktuálního počasí nebo vlhkosti půdy, ovládá elektromagnetické ventily a tím řídí celý zavlažovací proces.

Nejjednodušší jednotkou jsou zavlažovací hodiny. Můžeme je přirovnat například k časově ovládané elektrické zásuvce. Jsou většinou konstruovány k přímému napojení na hadici. Hodiny řídí pouze jeden ventil, který je jejich součástí, externí připojit nelze. Časový program se opakuje každý den, u dražších verzí je možno tvořit i týdenní program, některé jednotky jsou vybaveny LCD displejem pro přehlednější programování. Napájení je řešeno alkalickými bateriemi nebo za pomoci malého solárního panelu. Výhodou je nízká cena, nevýhodou připojení jen jedné větve a pouze základní časové nastavení bez pokročilejších funkcí.

Pro řízení více větví existují pokročilejší zařízení. Umožňují podrobné časové nastavení, závlahu několikrát denně, tvorbu několika vlastních programů a ovládání více ventilů. Tyto řídicí jednotky jsou vhodné pro případy, kdy není dostatečné množství vody pro provoz celého systému najednou. Jednotka pak podle potřeby přepíná mezi ventily a zavlažuje postupně jednotlivé části trávníku. Pro každý ventil je možno nastavit několik programů. Jednotka může být buď v provedení pro vnitřní, nebo venkovní montáž. S ventily je propojena obyčejnou dvojlínkou, která může být dlouhá až několik stovek metrů, nebo se využívá rádiového spojení, pak je ventil napájen z baterie. Samotná řídicí jednotka je napájena většinou ze sítě a zálohována bateriemi pro případ výpadku proudu. Veškerá nastavení a ovládání se provádí komfortně pomocí navigačních tlačítek a LCD displeje, v některých případech je displej dokonce dotykový. Profesionální řešení disponuje možností připojení k PC, přes které lze systém sledovat, programovat a ovládat. Protože časové řízení nebere v potaz momentální podmínky jako je deštivé počasí či aktuální vlhkost půdy, lze k jednotce připojit senzory, které tyto události sledují. Senzor deště při detekci srážek automaticky pozastaví program, aby se neplýtvalo vodou. Detektor vlhkosti půdy zase zajistí optimální zavlažování přesně podle potřeb trávníku. Připojit lze i další senzory, například senzor rychlosti větru, který při nepříznivých povětrnostních podmínkách zavlažování taktéž přeruší. Častou funkcí bývá možnost řízení čerpadla, pokud pro zavlažování používáme nádrž s dešťovou vodou.



Obrázek 2.4 Řídicí jednotka firmy Gardena

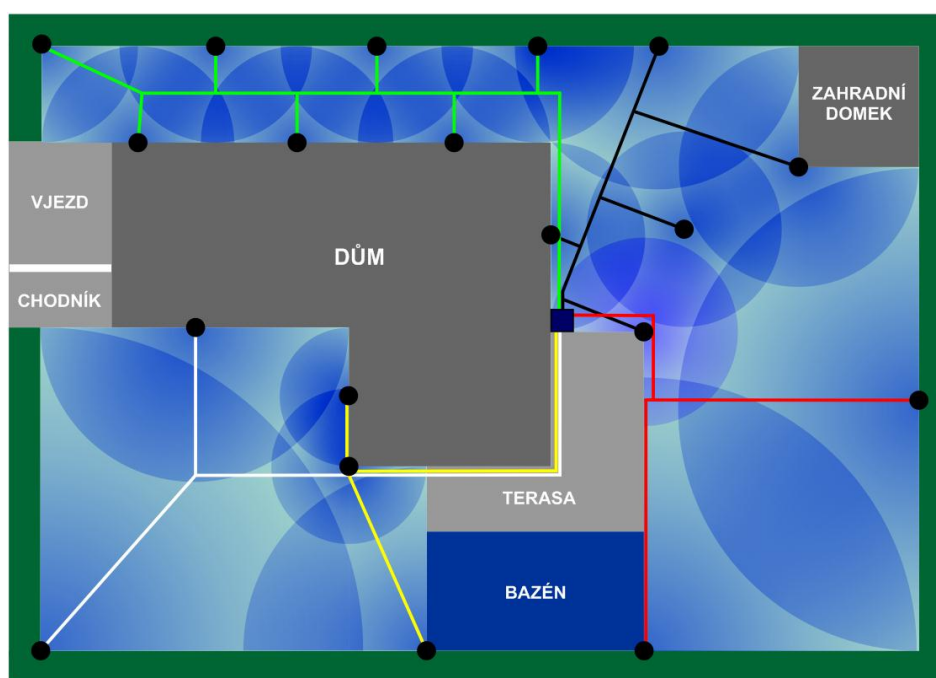
2.3.4 Návrh zavlažovacího systému

Na trhu působí několik výrobců dodávajících kompletní řešení zavlažovacích systémů pro instalaci svépomocí. Stejně tak existuje spousta firem, které naplánují a zrealizují zavlažování přesně podle představ zákazníků. Při samotném plánování je potřeba držet se několika základních pravidel.

Nejprve je potřeba vybrat vhodný zdroj vody. Jednoduchým orientačním výpočtem lze zjistit, jakou bude mít zavlažovací systém spotřebu vody. Plochu, kterou chceme zavlažovat, vynásobíme číslem 35, což jsou průměrné požadavky trávníku vody na metr čtvereční za týden v litrech. Pokud budeme využívat veřejného vodovodu, je třeba zvážit náklady spojené s touto předpokládanou spotřebou. Budeme-li brát vodu ze studně nebo jiného zdroje (například nádrž na dešťovou vodu), je nutné si ověřit, zda je studna toto množství vody poskytnout. Dalším důležitým faktorem je přípojná kapacita vodovodního zdroje neboli jeho vydatnost. Optimálními hodnoty pro středně velkou zahradu jsou 0,8 – 1 litru/s při tlaku 3,5 – 5,5 baru a průměru vstupního potrubí 5/4". Menší vydatnost lze kompenzovat postupným přepínáním několika větví, na kterých bude připojen menší počet zavlažovačů. Obecně však platí, že pokud přívod vody poskytuje méně než 0,3 l/s, nevyplatí se zavlažovací systém instalovat.

V dalším kroku je dobré si v měřítku nakreslit plánec prostoru, který se bude zavlažovat, i s přilehlými objekty a blízkým okolím. Vyznačíme si prostory k zavlažování, plochy, které zavlažovat nechceme, a také přípojku s vodou. Z katalogu výrobce je nutno vybrat vhodné typy postřikovačů, kterými se pokryje celý prostor. Zadešťovače vybíráme podle jejich maximálního dosahu a možnosti nastavení výseče, ve které budou pracovat. Dbáme na to, aby nikde nezůstalo suché místo a aby se plochy zavlažované jednotlivými postřikovači z části překrývaly.

Máme-li naplánováno rozmístění postřikovačů, můžeme navrhnout jejich propojení pomocí trubek. Volíme pokud možno co nejkratší cestu, delší vedení způsobuje vyšší tlakové ztráty. Potrubí obvykle klademe do hloubky 20 – 30 cm. Zadešťovače připojujeme do větví, v každé větvi jich smí být pouze tolik, aby jejich celková spotřeba vody nebyla větší, než poskytuje zdroj. Do jedné větve smí být připojeny pouze postřikovače stejného typu (rotační, rozprašovací) a se stejným rozměrem závitů. V zavlažovacím systému není možno použít větší průměr potrubí než je na vstupu. Převýšení mezi postřikovači v jedné větvi by nemělo přesáhnout 3 metry. Každou větev připojíme k přívodu přes elektromagnetický ventil, který umístíme do šachtice. Před samotné větvení je doporučeno umístit filtr nečistot. Dále je vhodné na nejhlubším místě jednotlivých větví instalovat odvodňovací ventil jako ochranu proti poškození vedení mrazem.



Obrázek 2.5 Plánek s rozmístěním postřikovačů a jejich propojením do okruhů

Pak už jen stačí pořídit vhodnou jednotku, zapojit kabely od ventilů a popřípadě umístit senzory. Detektor vlhkosti půdy je nutno umístit do míst, kde dochází k zavlažování, ale zároveň mimo místa, kde se překrývají dosahy dvou sousedních zavlažovačů. Detektor deště umístíme nad nezastíněnou plochu. Při nastavování časů zavlažování je důležité si uvědomit, že rozprašovací postřikovače na rozdíl od rotačních zavlažují v jeden moment celou svou pracovní oblast. Rotační se otáčí a celou svou oblast pokryje za jednu otáčku, která nějaký čas zabere. Po naprogramování řídicí jednotky je vše připraveno k prvnímu použití.

3 HARDWARE

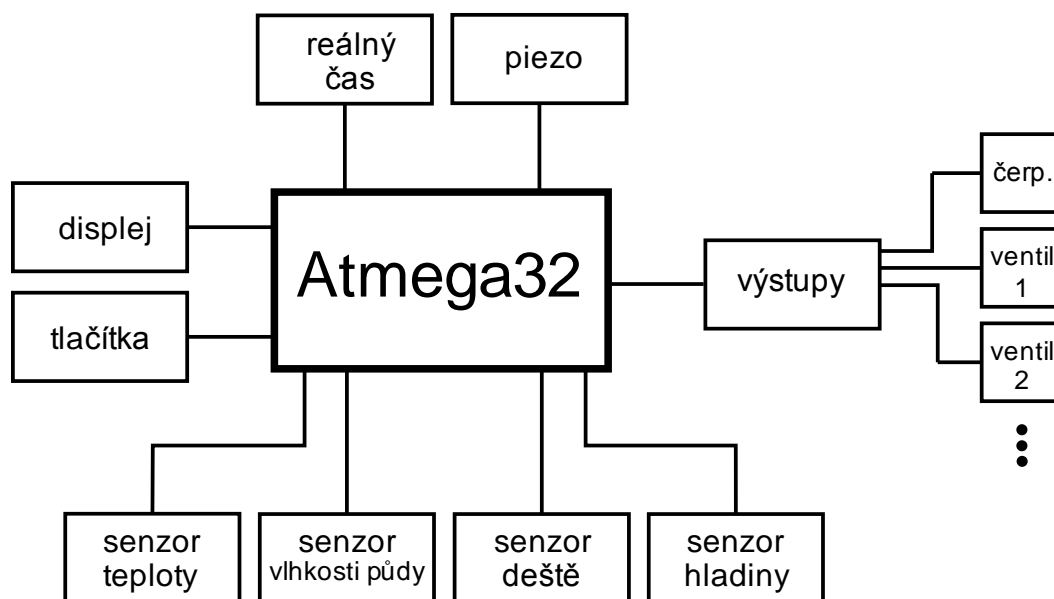
Navržená řídicí jednotka by měla splňovat základní požadavky trávnicku na potřebu zavlažování a zajistit tak jeho ideální a zdravý růst. Použití by mělo být univerzální, vhodné pro průměrně rozlehlé trávnicky kolem rodinných domů i rozsáhlejší travní plochy. Zařízení je navrženo tak, aby nabízelo více funkcí za přijatelnější cenu než výrobky dostupné na trhu.

Mezi základní vlastnosti patří:

- ovládání až 4 nezávislých ventilů/větví
- možnost připojení čerpadla s hlídáním hladiny vody v nádrži
- přehledný a velký LCD displej
- jednoduché a intuitivní ovládání
- řízení podle vlhkosti půdy
- řízení podle časového programu
- manuální spouštění zavlažování
- deaktivace při dešti
- kontrola teploty ovzduší
- napájení napěťovým zdrojem
- provedení pro montáž venku

Zařízení se skládá z několika částí rozdělených do bloků, kde každá část má na starosti určitou funkci. Jedná se o:

- mikrokontrolér
- LCD displej
- ovládací tlačítka
- obvod reálného času
- piezo reproduktor
- výstupy pro ventily a čerpadlo
- senzor vlhkosti půdy
- senzor teploty
- senzor deště
- senzor hladiny v nádrži

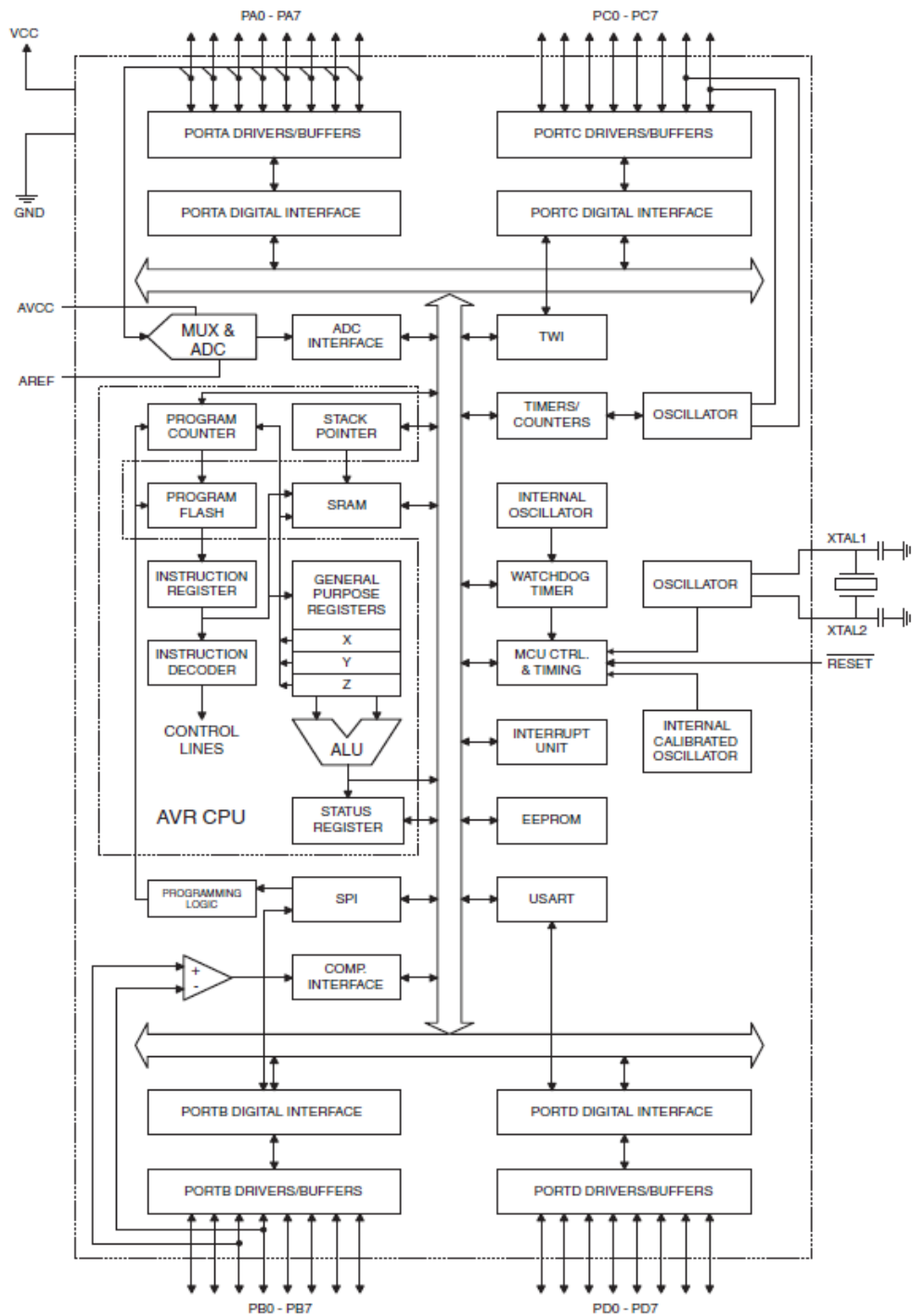


Obrázek 3.1 Blokové schéma celého systému

3.1 Mikrokontrolér

Jako hlavní řídicí člen celého zařízení byl vybrán mikrokontrolér firmy Atmel – Atmega32. Jedná se o moderní, výkonný a úsporný osmibitový mikrokontrolér postavený na rozšířené RISC AVR architektuře a využívající technologii CMOS. Dokáže vykonávat výkonné instrukce v jediném hodinovém taktu a tak dosahovat výkonu 1 MIPS na 1 MHz. Řada AVR má Harwardskou architekturu, paměťové prostory pro program a data jsou tedy oddělené, na rozdíl od von Neumannovi architektury, kde je paměť společná. Dalšími důležitými vlastnostmi, které hrály roli při výběru vhodného čipu, je množství integrovaných periférií, komunikačních rozhraní a dobrá podpora pro programování v jazyce C, který je pro rozsáhlejší programy téměř nutností. Procesor obsahuje celkem 3 paměťové prostory – vnitřní programovou paměť typu FLASH s kapacitou 32 KB, vnitřní datovou paměť RAM kapacity 2 KB (pro přechodná data) a datovou paměť E²PROM o kapacitě 1024 B. Dále je součástí celkem 32 vstupně/výstupních portů dělených po 8 bitech. Hodinový kmitočet může být od 0 do 16 MHz, dosáhnout tak lze výkonu až 16 MIPS, tedy 16 milionů instrukcí za vteřinu. Integrované jsou dva 8bitové čítače/časovače a jeden čítač/časovač 16bitový. K dispozici máme taktéž 10bitový A/D převodník a čtyři kanály PWM. Pro přenos dat a komunikaci jsou instalovány jednotky USART, SPI a TWI s podporou I²C, dále Watch-Dog Timer a Power-on reset. Zajímavostí je vnitřní kalibrovaný RC oscilátor, při programování

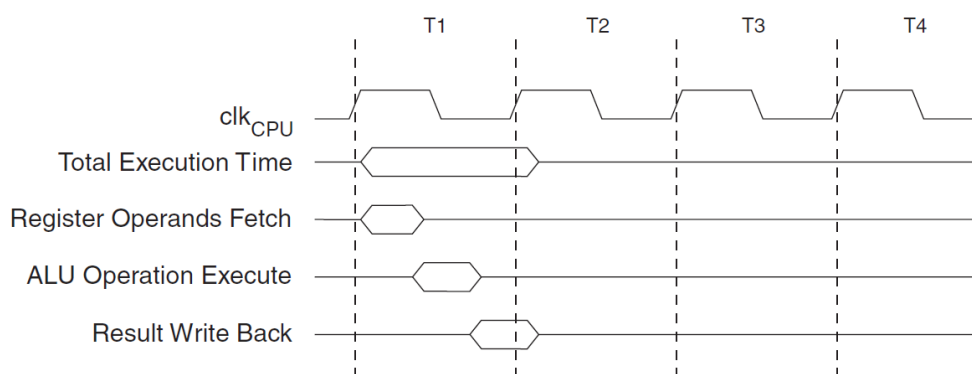
uživatel ocení rozhraní JTAG umožňující samotné programování, testování a ladění aplikace přímo na čipu. Naopak samozřejmostí je podpora vnějšího i interního přerušení. Operační napětí je 4,5 – 5,5 V, odběr podle momentálního zatížení procesoru, pohybuje se však v desetinách až jednotkách miliampér.



Obrázek 3.2 Blokové schéma mikrokontroléru Atmega32

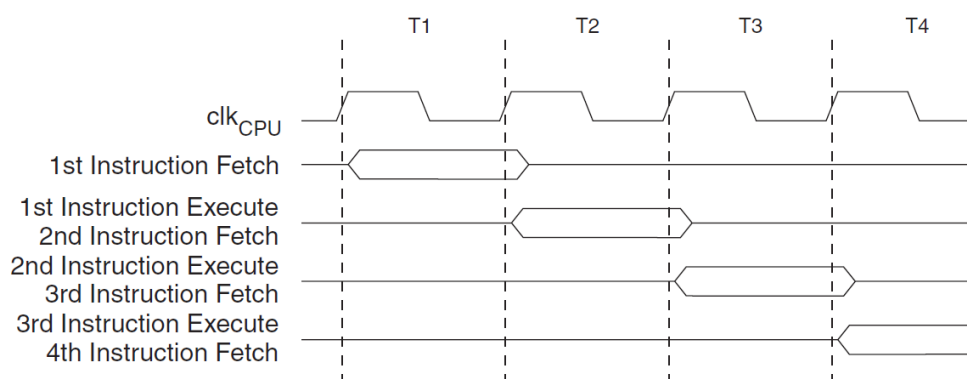
3.1.1 Architektura

Architektura řady AVR je založena na rychle přístupném registrovém poli, které obsahuje 32 registrů délky 8 bitů. K přístupu do tohoto registrového pole je potřeba pouze jednoho strojového cyklu, během každého cyklu tak lze vykonat jednu aritmeticko-logickou operaci. To znamená načíst oba operandy instrukce, vypočítat výsledek a uložit ho zpět. Další instrukce tak může pracovat již s novou hodnotou registru.



Obrázek 3.3 Časový průběh jednoho instrukčního cyklu

Mikrokontrolér Atmega disponuje velmi jednoduchým předvýběrem instrukcí v podobě jednofázového pipelingu (zřetěženého provádění instrukcí). Během zpracovávání jedné instrukce se zároveň předvybírání další instrukce v pořadí pro zpracování. Při následujícím taktu se předvybraná instrukce opět zpracuje a z programové paměti se načte nová.

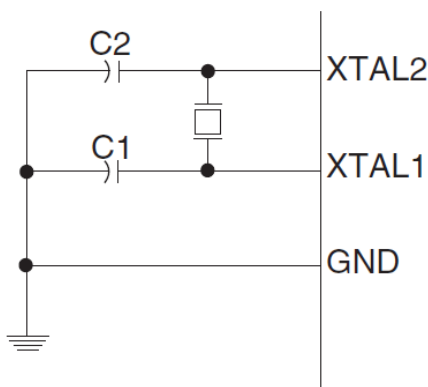


Obrázek 3.4 Zřetěžené provádění instrukcí

Většina instrukcí má jednotnou délku 16 bitů, kde je uložen jak operační znak instrukce, tak informace o operandech. Jednotná délka zjednodušuje realizaci dekodéru instrukcí a tím vede k dalšímu zvýšení rychlosti.

3.1.2 Zdroj hodinového signálu

Atmega32 umožňuje výběr mezi několika zdroji hodinového signálu, který nastavíme pomocí programovatelných propojek uložených ve FLASH paměti. Zdrojem synchronizace pak může být vnější krystal nebo rezonátor, vnější nízkofrekvenční krystal, vnější RC oscilátor, vnější hodiny nebo vnitřní kalibrovaný RC oscilátor. Rozhodneme-li se pro vnější krystalový oscilátor, připojíme ho mezi vývody XTAL1 a XTAL2 podle obrázku. Kromě samotného krystalu je nutné zapojit i blokovací kondenzátory C1 a C2 o kapacitě 22pF. Nastavením programovatelných propojek ještě upravujeme rozkmit oscilátoru podle okolního rušení a požadovaného odběru. V zapojení inteligentního zavlažovacího systému je využito tohoto standardního zapojení s krystalem o frekvenci 16 MHz pro využití maximálního výkonu obvodu.



Obrázek 3.5 Připojení krystalu k mikrokontroléru

Nepříliš obvyklým řešením je integrace vnitřního kalibrovaného RC oscilátoru. Ten poskytuje podle nastavení nominálních frekvencí 1, 2, 4 a 8 MHz. Výrobce slibovaná odchylka je 1% (napájecí napětí 5 V, teplota 25° C). Navíc při volbě vnitřního RC není potřeba žádných vnějších součástek, což může být v určitých zapojeních velkou výhodou, pro oživení obvodu pak stačí pouze připojit napájení.

3.1.3 Zabudovaná paměť E²PROM

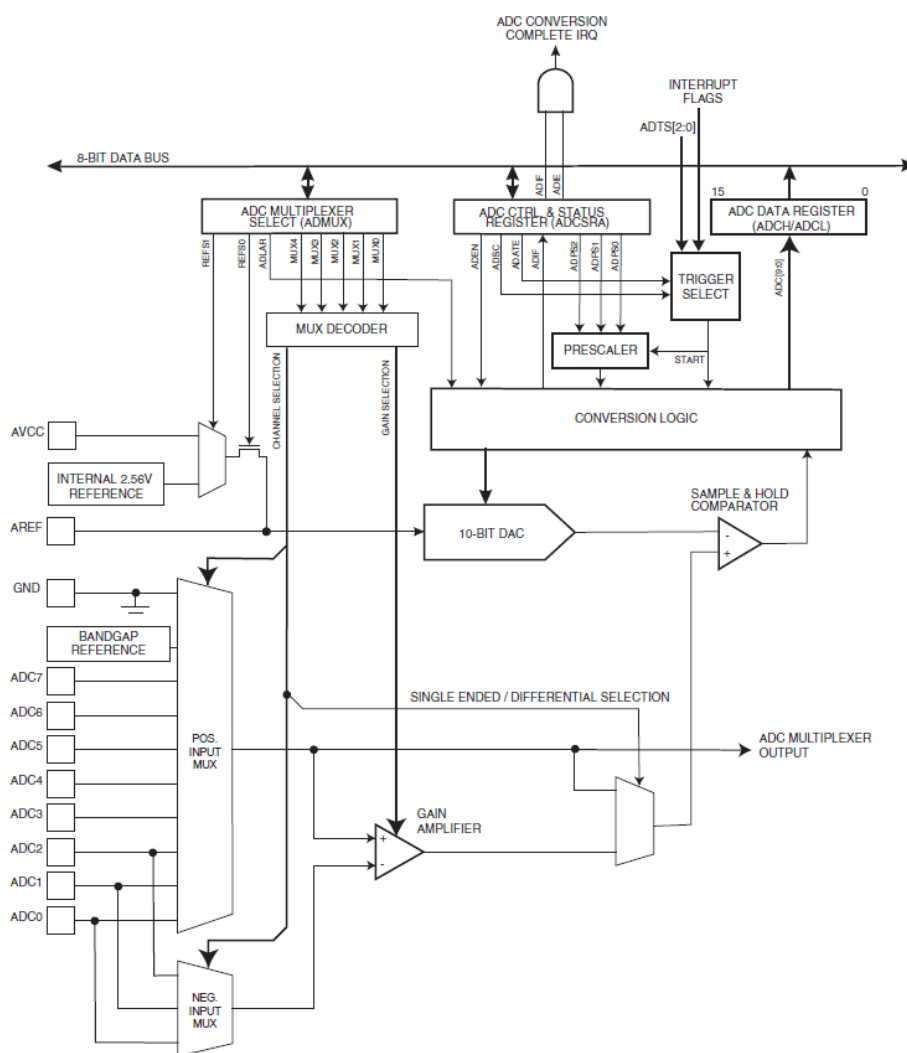
Vestavěná datová paměť typu E²PROM je zajímavým doplňkem mikrokontroléru, který v našem zapojení využijeme. Na rozdíl od paměti RAM, která bez energie data neuchovává (slouží tedy jen pro data přechodná), je E²PROM nonvolativní a její obsah se zachovává i po vypnutí napájení. Využívá se především pro uchování hodnot proměnných, popřípadě neměnných konstant. Velikost 1024 bytu u verze Atmega32 je pro náš účel více než dostačující. Do paměti jsou uloženy proměnné, na kterých je závislé nastavení celého přípravku, například čas spouštění zavlažování. V případě nedostatku této paměti se využívá externích E²PROM pamětí v podobě periferních obvodů, které komunikují s mikroprocesorem po sběrnici, například I²C.

3.1.4 Vstupně/výstupní porty

Portem rozumíme skupinu vývodů, která umožňuje přímou komunikaci mikrokontroléru s okolím. AVR Atmega32 je vybaven čtyřmi osmibitovými porty, celkem tedy 32 vstupně/výstupními piny. Kromě samotné funkce vstupu nebo výstupu lze vlastnosti pinů měnit naprogramováním připojení některé z vnitřních periférií. Nastavení portu zajišťují tři registry. Registr DDRx určuje, zda se jedná o vstup nebo výstup, PORTx u nastaveného výstupu určuje výstupní hodnotu (log 0 nebo log 1), u vstupu umožňuje připojit integrovaný pull-up rezistor, který vytahuje napětí k log 1. Registr PINx čte hodnotu vstupu. Rychlou změnou hodnot několika výstupních pinů můžeme vytvořit paralelní datové spojení, například pro komunikaci s LCD displejem, které využíváme i v zapojení zavlažovacího systému. Výstupy je však možné zatěžovat jen do cca 40 mA, náročnější spotřebiče se musí spínat přes tranzistor nebo jiným způsobem. V zapojení inteligentního zavlažovacího systému logickými výstupy ovládáme spínání jednotlivých zavlažovacích větví, čerpadla, ale i piezo elementu a změnu polaritu sondy vlhkosti. Naopak na vstupy jsou připojeny senzory – deště, hladiny vody v nádrži a tlačítka ovládání.

3.1.5 AD převodník

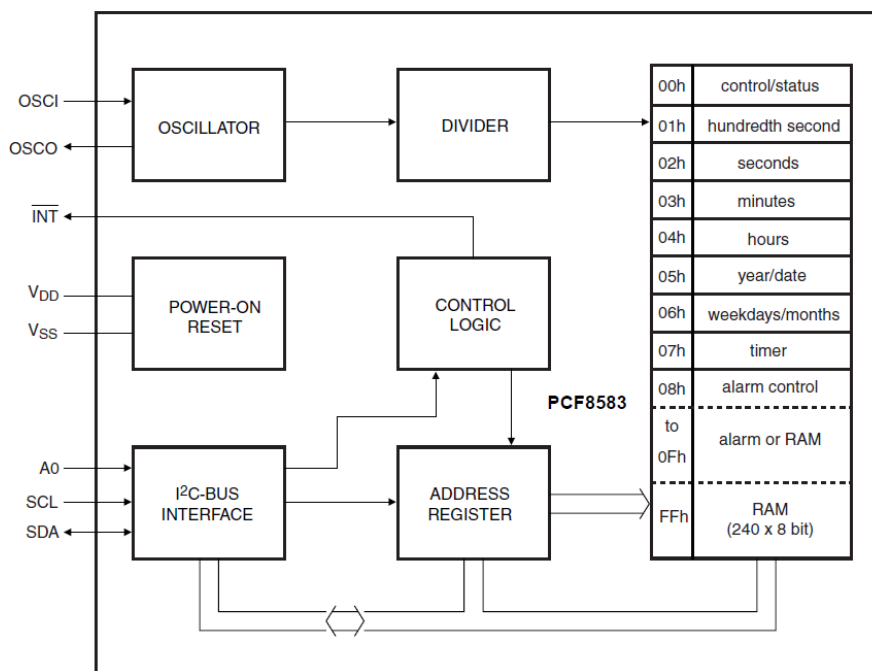
AD převodník je další důležitou integrovanou periferií, kterou využíváme. Využívá se pro měření napětí, popřípadě jiné veličiny na napětí převedené. Převod probíhá metodou postupné aproximace. Rozlišení převodníku je 10 bitů, celkem máme k dispozici 8 nezávislých vstupních kanálů. Absolutní chyba převodu se pohybuje v rozmezí $\pm 2\text{LSB}$, doba převodu je 65 až 260 μs . AD převodník umožňuje funkci ve 3 rozdílných režimech – 8 vstupů vztažených vůči zemi, 7 diferenčních vstupů vůči vývodu ADC1 nebo 2 diferenční vstupy s volitelným ziskem. Dalšími výhodami jsou zabudovaná reference, automatické spuštění převodu, spuštění převodu přerušením nebo naopak přerušeni po dokončeném převodu. V našem zapojení využijeme 2 vstupy pro sledování napětí, jednak hodnotu z vlhkostní sondy a dále napětí záložní baterie obvodu reálného času k detekci nutné výměny.



Obrázek 3.6 Blokové schéma AD převodníku

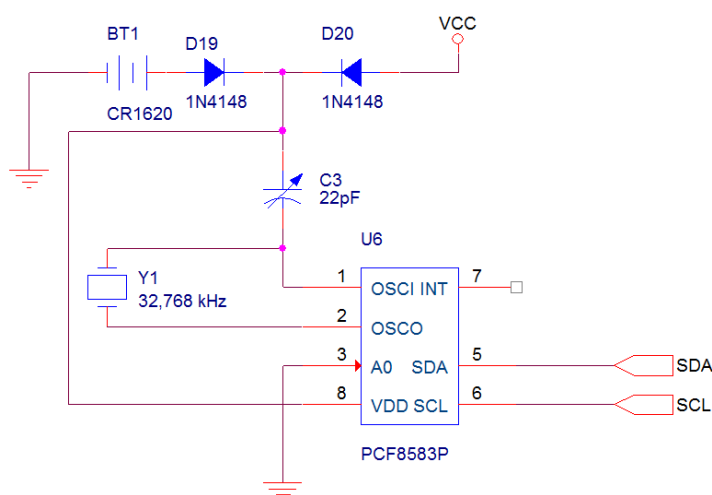
3.2 Obvod reálného času

Jedná se o periferní obvod, na kterém běží aktuální čas. Vybrán byl typ PCF8583P od firmy Philips. Ten kromě samotných hodin umožňuje funkci kalendáře, obsahuje alarm včetně funkce přerušování a paměť RAM o velikosti 240 bajtů. Komunikuje po sběrnici I²C, kterou podporuje i použitý mikrokontrolér Atmega32. Zdrojem hodinového signálu je připojený hodinový krystal s frekvencí 32,768 kHz. Jelikož krystal může mít z výroby určitou odchylku od uvedené frekvence, je vhodné připojit kapacitní trimr, kterým se frekvence jemně upraví. Při správném nastavení lze dosáhnout přesnosti hodin lepší než ± 5 minut za rok. Pro případ výpadku napájení je obvod zálohován 3 voltovou baterií typu CR1620. Ta je připojena přes ochrannou diodu a díky nízkému odběru zařízení dokáže pokrývat veškeré výpadky. Aktuální čas je tak k dispozici i po odpojení celého zařízení od sítě. Napětí na baterii je zároveň sledováno pomocí AD převodníku mikrokontroléru a v případě poklesu pod 1,5V zařízení na tento fakt upozorní hláškou na LCD displeji. Obvod umožňuje nastavení jednoho adresního bitu, na jedné sběrnici tak mohou bez dalších hardwarových úprav fungovat celkem dva obvody PCF8583P.



Obrázek 3.7 Blokové schéma obvodu PCF8583P

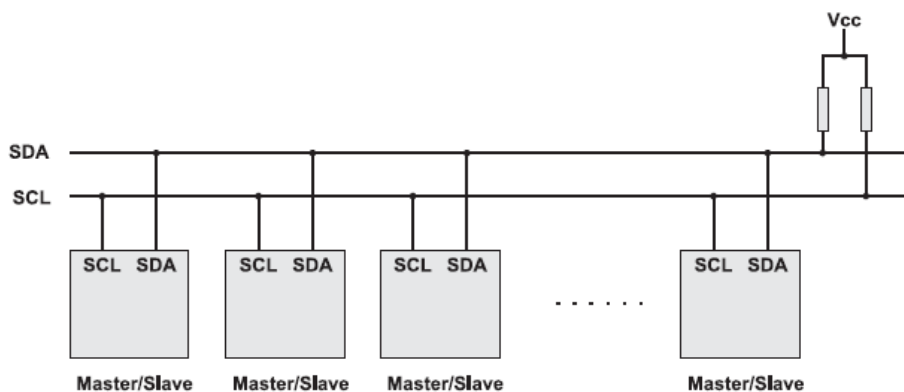
Po inicializaci sběrnice I²C mikrokontrolérem a inicializaci obvodu PCF8583P se nastaví aktuální čas, který se následně již automaticky aktualizuje. Obvod lze provozovat jak ve 12, tak 24 hodinovém režimu. Kalendář se aktualizuje podle hodin, bere na vědomí rozdílný počet dní ve měsíci i přestupný rok.



Obrázek 3.8 Zapojení obvodu PCF8583P

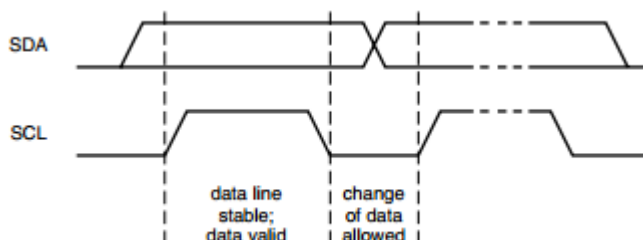
3.2.1 Sběrnice I²C

Je základním a hojně používaným komunikačním rozhraním mikroprocesorů, integrovaných a periferních obvodů. Jde o sběrnici typu multimaster, proto musí mimo jiné řešit arbitraci pro přístup na sběrnici i případné kolize při vysílání více zařízení najednou.

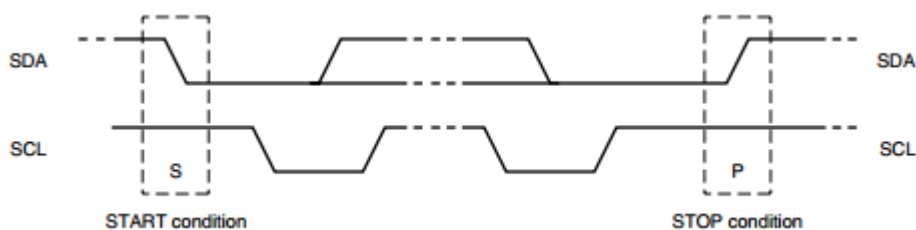


Obrázek 3.9 Koncepte sběrnice I²C

I²C je fyzicky tvořena dvěma vodiči – SCL, který distribuuje hodinový signál a SDA, který přenáší data. Oba vodiče jsou pomocí pull-up rezistoru připojené na kladné napětí, v klidovém stavu jsou tak v úrovni log 1. Vodiče jsou typu otevřený kolektor a jejich maximální délka je dána nejvyšší přípustnou kapacitou 400 pF. Při přenosu dat se po SDA vysílají jednotlivé bity za sebou s tím, že logická úroveň na SDA se smí měnit pouze je-li SCL v log 1. Existují jen dvě výjimky a těmi jsou podmínky START a STOP, které začínají a ukončují přenos. Samotné časování závisí na verzi I²C, která může běžet buď na 100, nebo 400 kHz. S tím se samozřejmě mění i minimální časy, po které musí SCL setrvat v úrovni log 1 a log 0. Obvodům připojeným na sběrnici se během komunikace synchronizují generátory hodin.



Obrázek 3.10 Změna logické úrovně SDA



Obrázek 3.11 START a STOP podmínky

Přenos dat je zahájen vysláním podmínky START. Dále následuje 7 bitová, popřípadě 10 bitová adresa příjemce a jeden bit, který určuje, zda půjde o zápis nebo čtení. Zařízení připojená na sběrnici porovnávají svou adresu s přijímanou, a pokud se shodují, potvrzují toto přijetí adresy, po kterém již dochází k samotnému přenosu dat v rámcích po 8 bitech.

Každý rámeček je nutné příjemcem potvrdit. Pro ukončení přenosu je vyslána podmínka STOP. I²C pro arbitraci využívá metody detekce kolizí. Vysílat se smí pouze, je-li sběrnice v klidu a zároveň se během komunikace kontroluje, zda je na sběrnici ta úroveň, která je odesílatelem odesílána. Pokud je na lince úroveň log 0 zatímco obvod odesílá log 1, jedná se o kolizi a obvod musí ihned přestat vysílat.

3.3 LCD displej

Displej je v zapojení použit pro nastavování, informování a celkový dohled nad systémem. Vybrán byl klasický alfanumerický LCD 4x20 znaků s podsvícením a řadičem HD44780 od firmy Hitachi. Ten umožňuje ovládat displej pomocí tří řídicích a 8 nebo 4 datových linek. Kromě datových a řídicích pinů má LCD vývody na napájení, podsvícení a nastavení kontrastu.

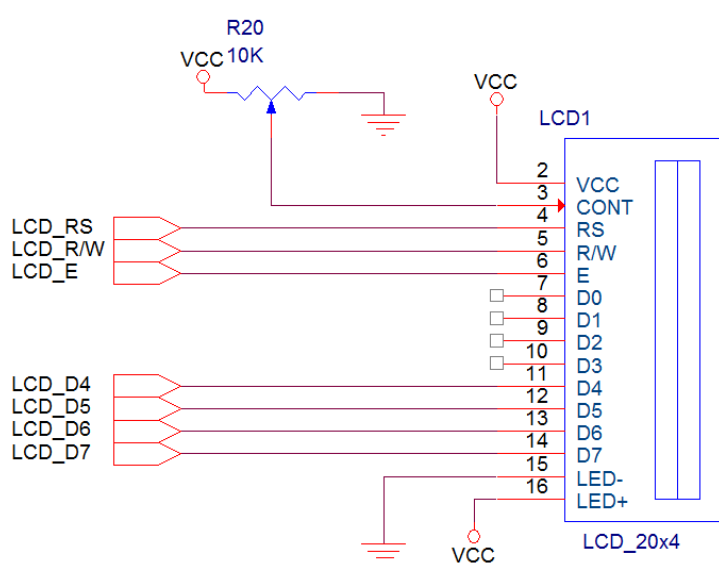
Komunikace mikrokontroléru s displejem může probíhat 8bitově nebo 4bitově. V případě 8bitové komunikace se data posílají paralelně po 8 datových vodičích. Pro úsporu výstupů mikrokontroléru je vhodné využít 4bitové komunikace. Zápis dat a příkazů pak probíhá následovně: Nejprve se na řídicí linku RS pošle logická úroveň podle toho, zda se budou zapisovat data (log 1) nebo instrukce (log 0). Linka R/W stanovuje, jestli půjde o zápis nebo čtení, může být tedy trvale na log 0, protože se na LCD bude jen zapisovat. Následně se na třetí řídicí linku E přivede log 1, která povolí zápis nebo čtení. Na datové vodiče se přivedou horní 4 bity, které se potvrdí deaktivací E (log 0). Stejně zapíšeme i dolní 4 bity – E do log 1, přivedení dat na datové vstupy, E do log 0.

Displej obsahuje dva typy pamětí. První je DD RAM, která v sobě uchovává předdefinované veškeré běžně používané znaky, které se pak zobrazují na displeji. Adresují se v 7 bitech, adresa se posílá přes datové vodiče. Druhým typem je CG RAM, která umožňuje uložení až 8 vlastních znaků. Obvykle se používá pro definici české diakritiky, která není zahrnuta mezi předdefinovanými znaky v DD RAM. Každá pozice na displeji se pak přiřazuje adrese v DD RAM a tím se zobrazí požadovaný znak.

Kromě dat pro zobrazení znaků existují i příkazy, které displej ovládají. Díky nim se může displej zapnout či vypnout, vymazat, přesunout kurzor, nastavovat režim komunikace nebo nastavit zapisování/čtení znaků. Každý příkaz má čas provedení, což je interval,

který musí uplynout do poslání dalšího příkazu, aby byla operace úspěšná. Před samotnou komunikací s displejem je nutno provést inicializační sekvenci, kde se mimo jiné stanoví i režim komunikace.

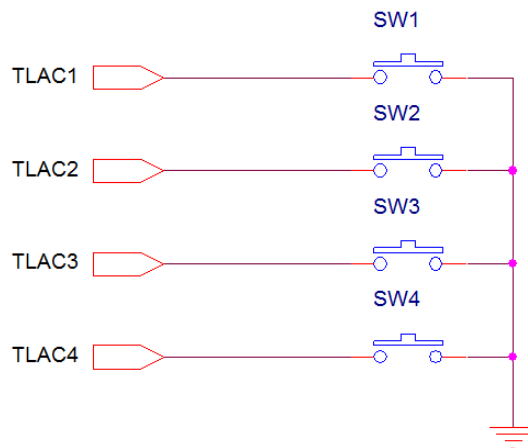
Připojení displeje k mikrokontroléru je jednoduché, nevyžaduje žádné dodatečné součástky, kromě obvodu pro nastavení kontrastu, který sestává pouze z potenciometru o hodnotě 10k Ω . Obdobným způsobem lze řídit i intenzitu podsvícení, vyžaduje-li to aplikace.



Obrázek 3.12 Připojení LCD

3.4 Ovládací tlačítka

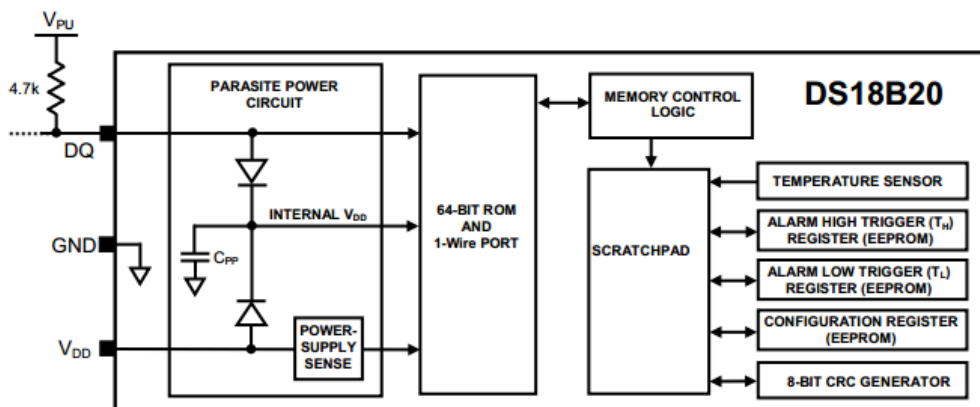
K ovládání a nastavování celého zařízení jsou k dispozici celkem 4 tlačítka. Ta jsou umístěna přímo pod displejem a jsou řešena jako kontextová, svoji funkci tedy mění podle popisku u tlačítka ve spodním řádku LCD. Každé tlačítko je připojeno na jeden vstup mikrokontroléru, který je při stisku připojen na nulový potenciál (log 0). Aby při uvolnění tlačítka nebyla na vstupu nedefinovaná úroveň, je využito vnitřních pull-up rezistorů AVR, které vstup vytahují do log 1. Případné zákmity a delší stisky jsou řešeny softwarově.



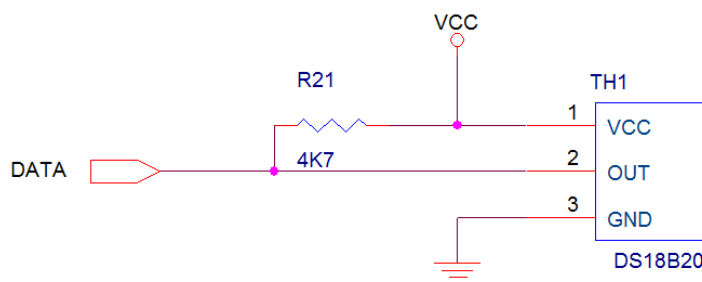
Obrázek 3.13 Připojení tlačítek

3.5 Teplotní senzor

Pro sledování teploty bylo použito teplotní čidlo DS18B20. Jde o digitální senzor teploty komunikující přes sběrnici 1Wire. Teplota je měřena v rozmezí -55 až $+125^{\circ}\text{C}$ s přesností $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ v rozmezí teplot od -10 do $+85^{\circ}\text{C}$. Senzor kromě jiného umožňuje funkci alarmu při opuštění přednastaveného teplotního intervalu. Naměřená teplota může být posílána v 9 bitovém ($0,5^{\circ}\text{C}$ přesnost) až 12 bitovém rozlišení ($0,0625^{\circ}\text{C}$ přesnost). Pro připojení k mikrokontroléru nejsou kromě rezistoru $4,7\text{k}\Omega$ potřeba žádné dodatečné součástky, napájení obvodu je v 5 voltové logice. Velmi nízký odběr senzoru umožňuje přímé napájení datovou linkou, tzv. parazitní mód. Výhodou použitého digitálního čidla je jednoduché zapojení bez nutnosti kalibrace a přečtené hodnota v binární formě s relativně velkou přesností. Čas potřebný pro převod teploty do 12 bitového slova je maximálně 750 ms.



Obrázek 3.14 Blokové schéma teplotního čidla DS18B20



Obrázek 3.15 Zapojení DS18B20

3.5.1 1Wire sběrnice

Sběrnice 1Wire je dvou vodičová sběrnice, která umožňuje připojit několik zařízení k řídicí jednotce. Využívá deterministické metody přístupu k médiu typu Master-Slave, kde zařízení typu Slave může být na sběrnici vyšší počet. Sběrnice je tvořena jedním datovým vodičem, který je přes 4,7kΩ pull-up rezistor připojen na kladné napájecí napětí a zdvihá tak klidovou úroveň do log 1, a jedním vodičem zemnicím. Jednotlivé obvody jsou připojeny paralelně.

Zahájení komunikace začíná Masterem vyslaným reset pulsem – datový vodič se stáhne na log 0 a po dobu alespoň 480 μs v této úrovni setrvává. Po uvolnění se přes pull-up rezistor vrátí k log 1 a Master naslouchá. Je-li na sběrnici nějaké zařízení, detekuje tento

reset puls a po prodlevě se ohlásí tím, že datový vodič opět na určitý interval uzemní. Pak začíná samotná komunikace, kterou vždy inicializuje řídicí obvod. Přenos dat probíhá v time slotech o délce 60 až 120 μs , během kterého se přenesou 1 bit informace. Celkem existují 4 druhy těchto slotů – zápis 1, čtení 1, zápis 0, čtení 0. Mezi sloty musí být minimálně 1 μs mezera, kdy je sběrnice v klidu v logické jedničce.

Algoritmus jednotlivých slotů je následující:

Zápis log. 0

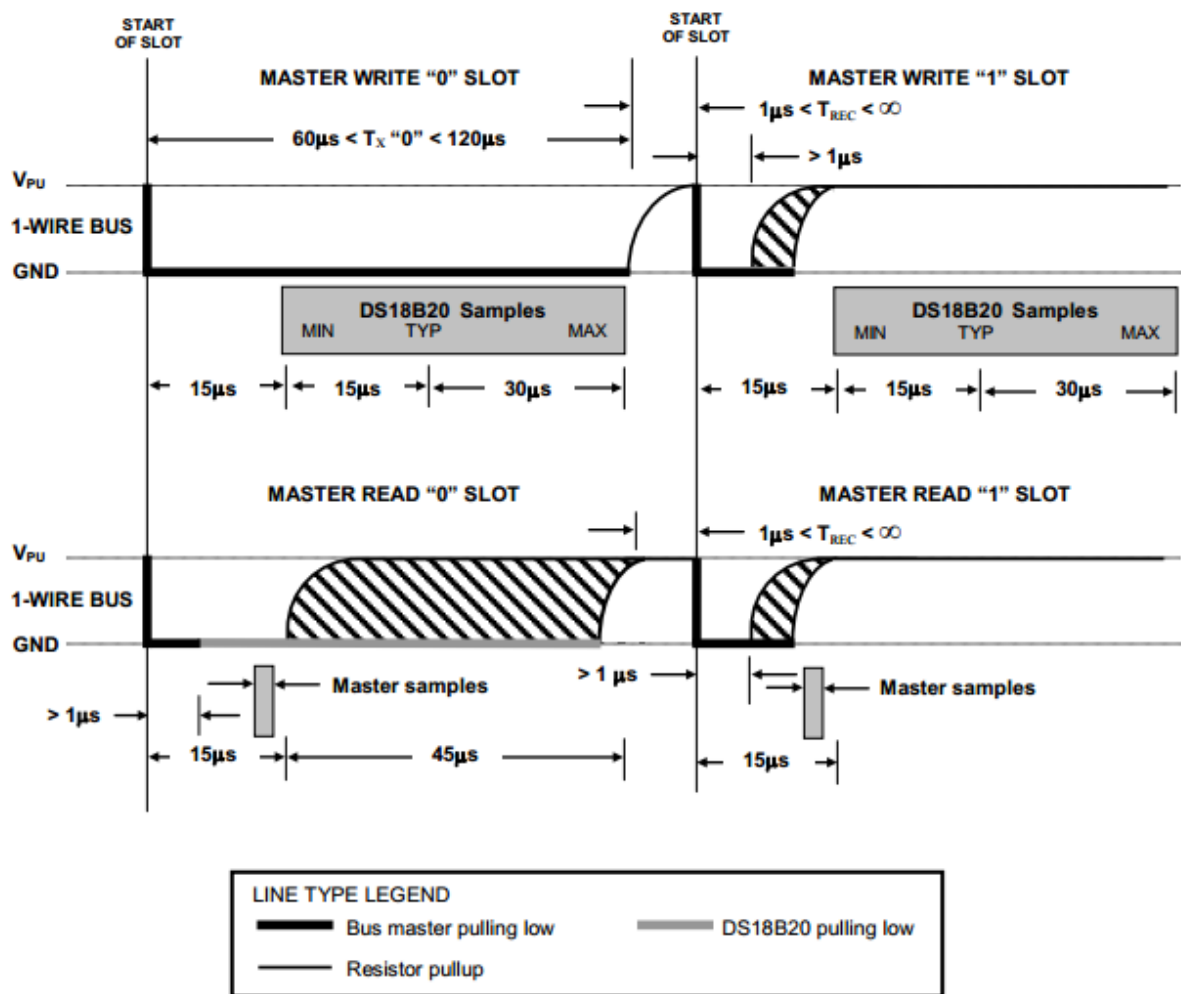
- sběrnice se stáhne na log 0, čeká se 60 μs
- sběrnice se uvolní, čeká se 10 μs

Zápis log. 1

- sběrnice se stáhne na log 0, čeká se 6 μs
- sběrnice se uvolní, čeká se 64 μs

Čtení

- sběrnice se stáhne na log 0, čeká se 6 μs
- sběrnice se uvolní, čeká se 9 μs
- přečte se úroveň na sběrnici, její stav se rovná přečtenému bitu
- čeká se 55 μs



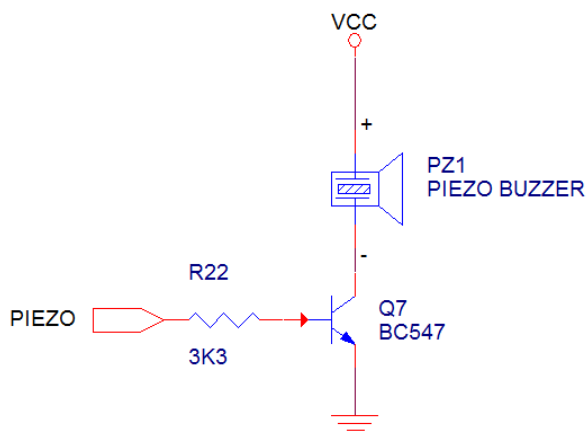
Obrázek 3.16 Komunikace po sběrnici 1Wire

Zařízení kontroluje stav sběrnice 30 μs po začátku časového slotu. Celá komunikace probíhá po bajtech. Udávané časy jsou doporučené výrobcem.

Při připojení více zařízení na sběrnici se každé z nich identifikuje unikátním 64 bitovým kódem uloženým ve vlastní paměti ROM. Identifikační kód je rozdělen na části – 8 spodních bitů určuje typ zařízení, dalších 48 bitů je sériové číslo a posledních 8 bitů CRC kód. Po reset pulsu je nutné vyslat příkaz Match ROM, kterým se identifikuje zařízení, se kterým se bude komunikovat. Je tedy nutné identifikační kód zařízení předem zjistit. K tomu je určen vyhledávací algoritmus popsáný v [10].

3.6 Piezo reproduktor

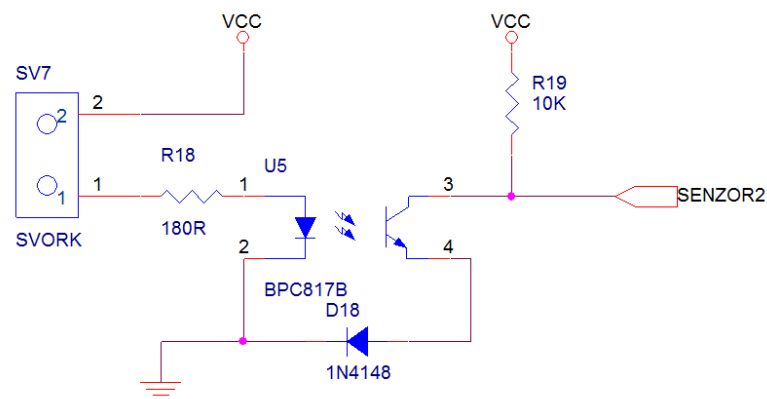
Pro akustickou indikaci slouží piezo bzučák. Jeden z výstupů mikrokontroléru je připojen na bázi tranzistoru a ten pak spíná bzučák připojením k zemi. Zvuková signalizace slouží jako upozornění a zpětná vazba při stisku tlačítka.



Obrázek 3.17 Zapojení piezo reproduktoru

3.7 Senzory

Zařízení integruje dva vstupy pro externí zařízení, kterými jsou senzor deště a hladinový detektor. Každý z nich, není-li připojen nebo potřeba, lze v menu nastavení zakázat. Vstupy jsou koncipovány jako bezpotenciálové. Při aktivaci detektoru se sepne kontakt, který přivede napětí na optočlen. Tranzistor optočlenu uzemní vstupní pin mikrokontroléru. Tento vstupní pin je při deaktivovaném senzoru díky pull-up rezistoru v úrovni log 1. Spínání je řešeno přes optočlenu, aby se v případě špatného zapojení předešlo zničení mikrokontroléru.



Obrázek 3.18 Jeden ze vstupů pro externí senzor

3.7.1 Dešťový senzor

Reaguje na právě probíhající dešť, při kterém řídicí jednotka přeruší zavlažování, popřípadě zavlažování vůbec nespustí. Detektor deště by měl být vybaven topným tělesem, které se při dešti automaticky spustí. Pokud pršet přestane, kapky vody se rychle vypaří z detekční plochy, detektor přestane hlásit dešť a vyhřívání se vypne. Pro co nejrychlejší odezvu je vhodné senzor umístit s určitým sklonem tak, aby se na detekční ploše nezdržovalo větší množství vody. Zapojení vstupů vyžaduje, aby při dešti byl kontakt sepnutý a to po celou dobu jeho trvání. Vhodným senzorem je například dešťový detektor M152 od firmy Kemo Electronic [14]. Ten kromě výše uvedeného nabízí i indikaci stavu pomocí 2 LED, napájen je 12 volty DC s odběrem 8mA (120mA se zapnutým vyhříváním a sepnutým relé). Jeho cena na trhu se pohybuje kolem 600 Kč.



Obrázek 3.19 Dešťový senzor

3.7.2 Hladinový spínač

Hladinový spínač v případě detekce prázdné nádrže s vodou přeruší zavlažování, aby se nepoškodilo čerpadlo. Na trhu je velké množství senzorů hladiny založených na měření vodivosti, kapacity, poloze plováku nebo ultrazvukové vlny. Podmínkou pro spojení s inteligentním zavlažovacím systémem je sepnutý kontakt při nedostatku vody v nádrži. Cenově přijatelným řešením je hladinový spínač LS02 firmy MEDER Electronic [15]. Jedná se o jednoduchý vertikální hladinový spínač s magnetickým plovákem. Plovák spíná jazýčkový kontakt, senzor díky tomu nepotřebuje externí napájení. Cena tohoto detektoru je přibližně 300 Kč.



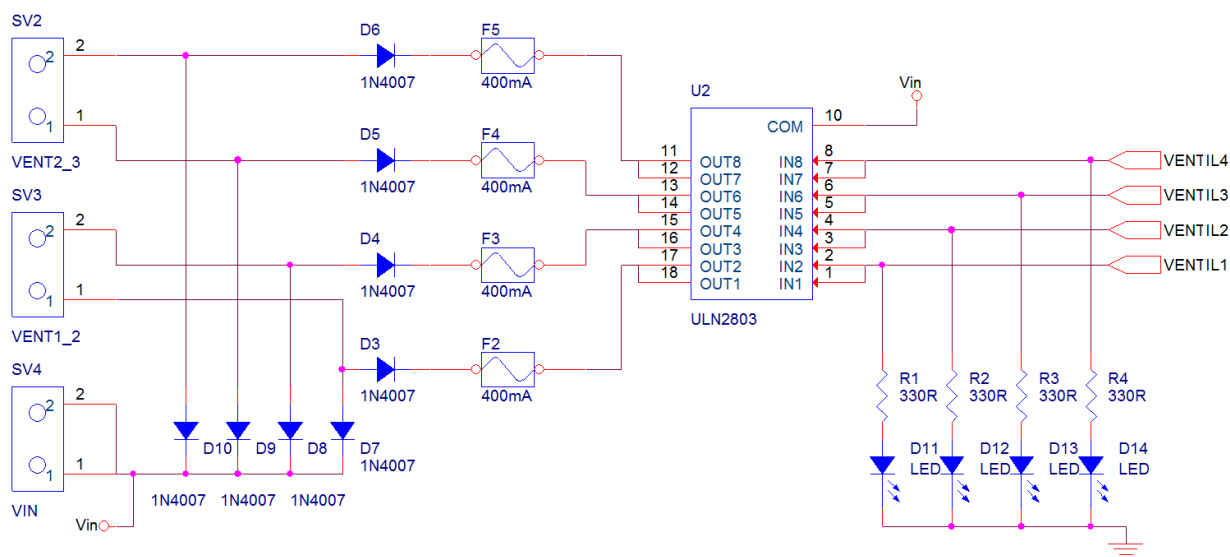
Obrázek 3.20 Hladinový spínač

3.8 Výstupní obvody

Zařízení integruje 5 výkonových výstupů – 4 pro otevírání a zavírání ventilů a jeden pro spouštění čerpadla.

3.8.1 Spínání ventilů

Pro ovládání ventilů slouží obvod ULN2803, který v sobě zahrnuje 8 tranzistorů v darlingtonově zapojení. Každý výstup může spínat až 50V při proudu 500mA. Vzhledem k tomu, že je potřeba pouze poloviční počet výstupů, jsou výstupy z ULN2803 zdvojeny. To umožňuje spínat proud až 1A, což se značnou rezervou pro spínání elektromagnetického ventilu stačí. Každý výstup je navíc chráněn vratnou pojistkou pro maximální proud 0,8A a antiparalelní diodou, protože jde o spínání indukivní zátěže. Připojit lze ventily s napájecím napětím 9, 12 i 24 voltů DC (podle vstupního napětí) a s maximálním odběrem přibližně 500mA. Do této hodnoty se všechny běžné typy bezpečně vejdou. ULN2803 je navržen pro ovládání 5 voltovou logikou, na jeho vstup lze rovnou připojit výstupy mikrokontroléru. Otevření každého ventilu je indikováno LED diodou, která je přes odpor spínána přímo výstupem Atmegy. Byla vybrána dioda s proudovým odběrem 10mA, aby nedošlo k přetížení výstupu mikrokontroléru. Vhodným elektromagnetickým ventilem je například Claber 9V – 1“ Female solenoid valve [17] napájený stejnosměrnými 9 volty. Jeho cena je 800 Kč.



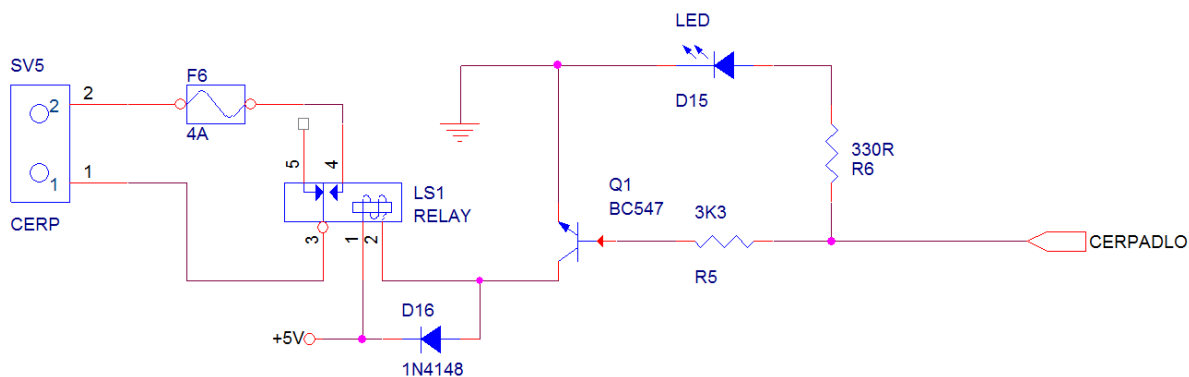
Obrázek 3.21 Zapojení výstupů pro ovládání ventilů



Obrázek 3.22 Ventil Claber

3.8.2 Spínání čerpadla

Čerpadlo se spouští přes relé, které se spíná přes tranzistor. Kontakt relé zvládne průchod až 10A při maximálním napětí 250V AC, což jsou pro běžná zahradní čerpadla s rezervou dostačující hodnoty. Pro případ přetížení je instalována pojistka pro maximální proud cca 8A. K relé je antiparalelně připojena dioda. Stejně jako u ventilů je sepnutí čerpadla indikováno LED diodou, její zapojení je obdobné.



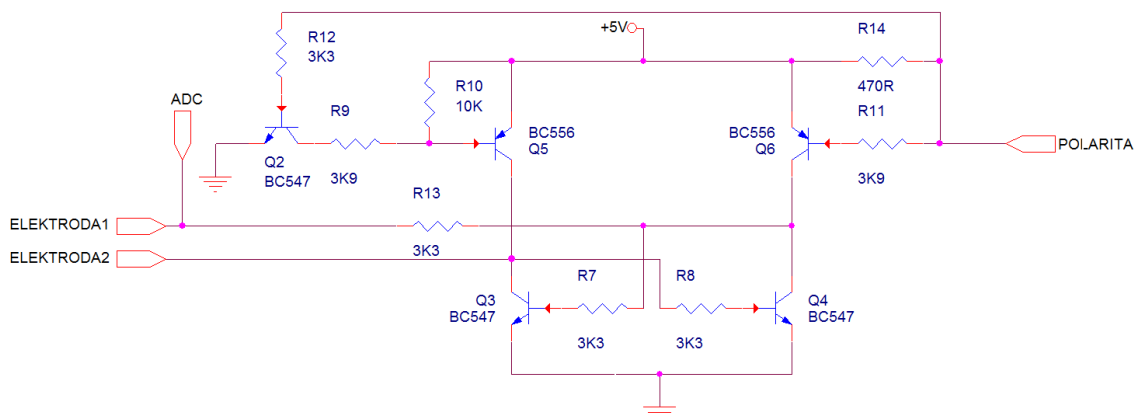
Obrázek 3.23 Schéma zapojení výstupu pro čerpadlo

3.9 Senzor vlhkosti půdy

Na trhu existuje mnoho detektorů vlhkosti půdy, ale vzhledem k jejich ceně byla nakonec sestavena vlastní sonda. Ta pracuje na jednoduchém principu. Základem jsou dvě elektrody z nerezové oceli umístěné v zemi v konstantní vzdálenosti od sebe. Mezi nimi tak vzniká odpor, který je závislý na množství vody v půdě. K sondě je sériově zapojen běžný rezistor s pevnou hodnotou. Do tohoto zapojení je přivedeno 5V, které se podle Ohmova zákona rozdělí na úbytek na rezistoru a na úbytek na sondě. Velikost odporu rezistoru byla stanovena experimentálně na 3,3k Ω , aby senzor vlhkosti pracoval s dostatečnou přesností v žádaném pásmu. Přes AD převodník mikrokontroléru se sleduje napětí na rezistoru, které se mění v závislosti na půdní vlhkosti. Čím více vody v půdě je, tím je měřené napětí větší.

Aby se elektrody nezneškodnocovaly vlivem probíhající elektrolýzy, musí být zajištěno pravidelné střídání polarity. Toho je docíleno H můstkem složeného z 5 tranzistorů. Čtyři tranzistory se starají o přepínání polarity. Dva jsou typu NPN a připojují vždy danou elektrodu na zem, další dva PNP připojují zátěž v podobě elektrod k napájecímu napětí 5 voltů. Zapojení je navrženo tak, že po sepnutí jednoho z tranzistorů PNP – Q5 nebo Q6 logickou nulou, tento tranzistor připojí +5V k jedné elektrodě a zároveň sepne tranzistor NPN – Q4, respektive Q3, který uzemní druhou elektrodu. Stejný případ, ale s obrácenou polaritou, nastane při sepnutí druhého tranzistoru PNP. Aby mohl být celý H můstek ovládán pouze jedním řídicím vodičem, je v zapojení instalován pátý tranzistor Q2, který společně s pull-up rezistorem invertuje signál z výstupu mikrokontroléru. K jednomu PNP tranzistoru vede pak signál invertovaný a k druhému neinvertovaný. Tím je zajištěno, že při logické nule na výstupu mikrokontroléru bude na elektrodách proud téci jedním směrem a při log 1 směrem opačným. Toto zapojení současně zamezuje zkratování sepnutím všech tranzistorů najednou. Před tranzistory jsou předřadné odpory o hodnotě 3,9k Ω (PNP) a 3,3k Ω (NPN).

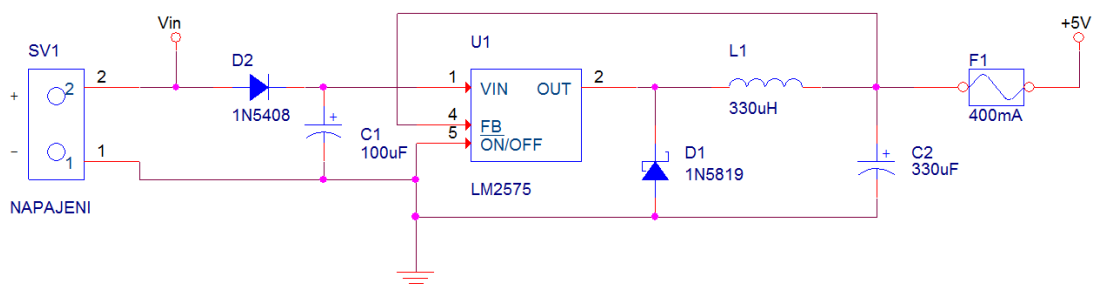
Napětí na rezistoru se měří pouze při jedné polaritě, která je vždy známá díky řízení výstupem obvodu Atmega. AD převodník přečte hodnotu, která je následně převedena do jedné z deseti úrovní podle míry vlhkosti půdy. Vzhledem k poměrně velkému odporu celé měřící soustavy lze odpor přívodních kabelů zanedbat. Elektrodami procházející proud je maximálně 1mA.



Obrázek 3.24 Schéma zapojení sondy vlhkosti

3.10 Napájecí obvod

Veškerá řídicí logika, senzor teploty, vlhkosti půdy i obvod reálného času jsou konstruovány pro napájecí napětí 5V. Elektromagnetické ventily se vyrábějí nejčastěji ve verzích pro napájení 9, 12 nebo 24 volty. Hojně používané jsou i ventily řízeny 24V AC. Jako nejvhodnější řešení se jeví napájení stabilizovaným stejnosměrným zdrojem v rozmezí 9 – 24 voltů podle typu použitého ventilu, který musí být konstruován pro ovládání stejnosměrným napětím. Pro převod tohoto napětí na 5V je použito jednoduchého spínaného zdroje s obvodem LM2575. Zapojení podle katalogového listu [18] obsahuje minimum součástek, kromě samotného LM2575 dva kondenzátory, jednu Schottkyho diodu a tlumivku. Maximální odběr zátěže je dostatečný 1A. Pro ochranu proti přetížení a zkratu je instalována vratná pojistka pro trvalý proud 0,4A, případnému přepólování zamezuje dioda na vstupu. Spínaný zdroj byl vybrán především kvůli vyšší účinnosti oproti lineárnímu stabilizátoru 7805, který by měl při převodu 24V na 5V příliš velkou výkonovou ztrátu.



Obrázek 3.25 Schéma napájecího obvodu

Napájecí zdroj celého zařízení by měl být schopen dodat proud přibližně 2A, záleží na odběru použitých ventilů.

4 PROGRAM

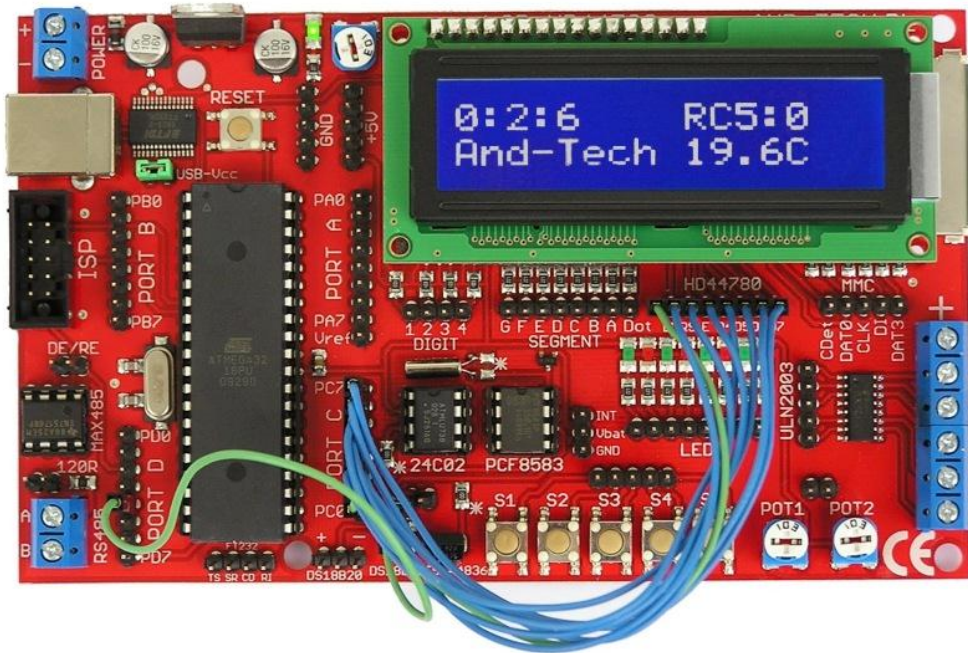
4.1 Vývojové prostředí

Zdrojový kód je napsán v prostředí CodeVisionAVR. Tento program v sobě spojuje výkonný kompilátor jazyka C s integrovaným vývojovým prostředím a vestavěným programátorem AVR. Aplikace je určena pro operační systém Windows. Kromě standardních funkcí, jako je například zvýrazňování syntaxe, nabízí velký počet knihoven pro obvykle používané vnitřní i vnější zařízení, například I²C, hodiny reálného času, LCD displeje a mnoho dalších. Dále program obsahuje automatický generátor kódu pro nastavení a inicializaci portů, časovačů, přerušení, Watchdog timeru a podobně. Stejně tak jednoduchý je přístup do vestavěné paměti E²PROM. Výsledná optimalizace kódu může podle nastavení preferovat co nejmenší velikost nebo co nejvyšší rychlost. CodeVisionAVR podporuje celou rodinu mikrokontroléru Atmel AVR.

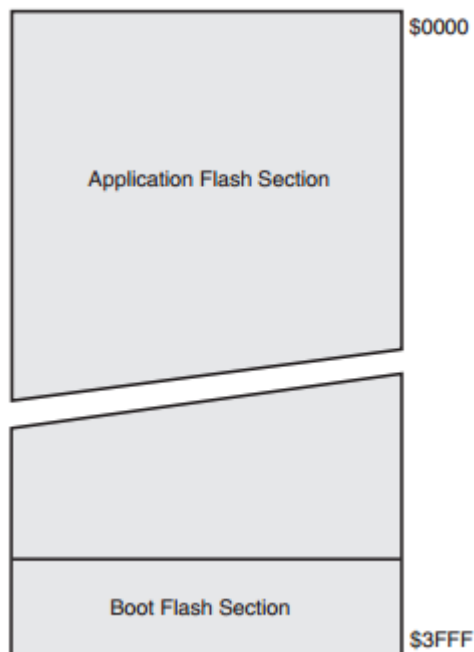
Prostředek CodeVisionAVR je placený, nicméně existuje i bezplatná verze s určitým omezením velikosti kódu a dostupných knihoven.

4.2 Programování

Programování probíhá přes vývojový kit EvB 4.3 firmy AND-TECH. Tento kit je určen pro mikrokontroléry Atmega16/32/644 a obsahuje základní komponenty pro vývoj různorodých aplikací. Jeho součástí je mimo jiné rozhraní ISP, určené pro připojení programátoru, které je podporováno přímo výrobcem Atmel. Kromě rozhraní ISP je vývojový kit vybaven obvodem FT232RL, který po připojení k počítači přes USB vytváří virtuální sériový port. FT232RL je trvale propojen s komunikačními kanály RX a TX mikrokontroléru AVR a umožňuje programování přes předinstalovaný zavaděč (bootloader) v paměti FLASH. Výhodou je jednoduchý a rychlý způsob uploadu programu bez nutnosti použití speciálního programátoru.



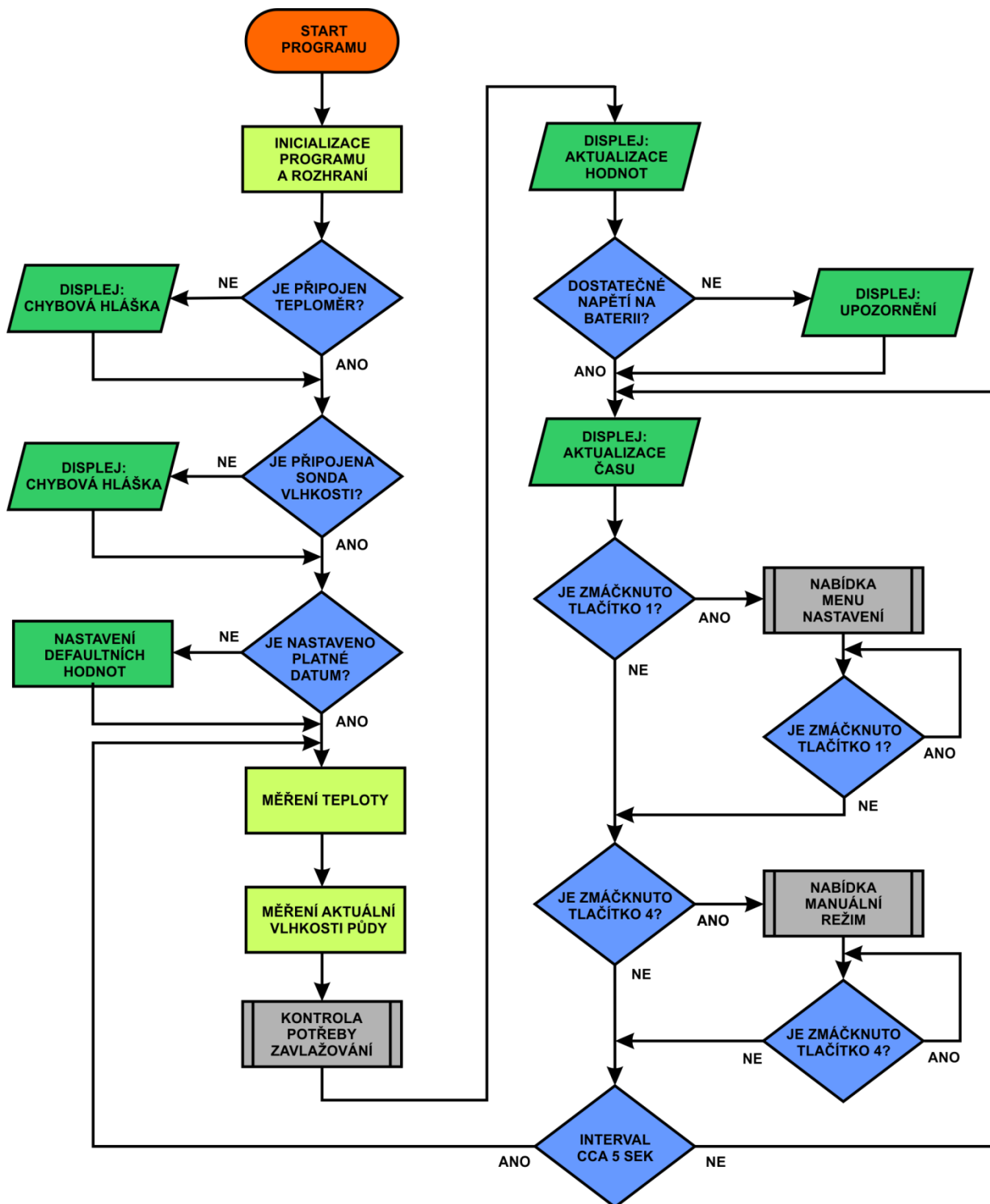
Obrázek 4.1 Vývojový kit EvB 4.3



Obrázek 4.2 Prostor pro zavaděč v paměti FLASH

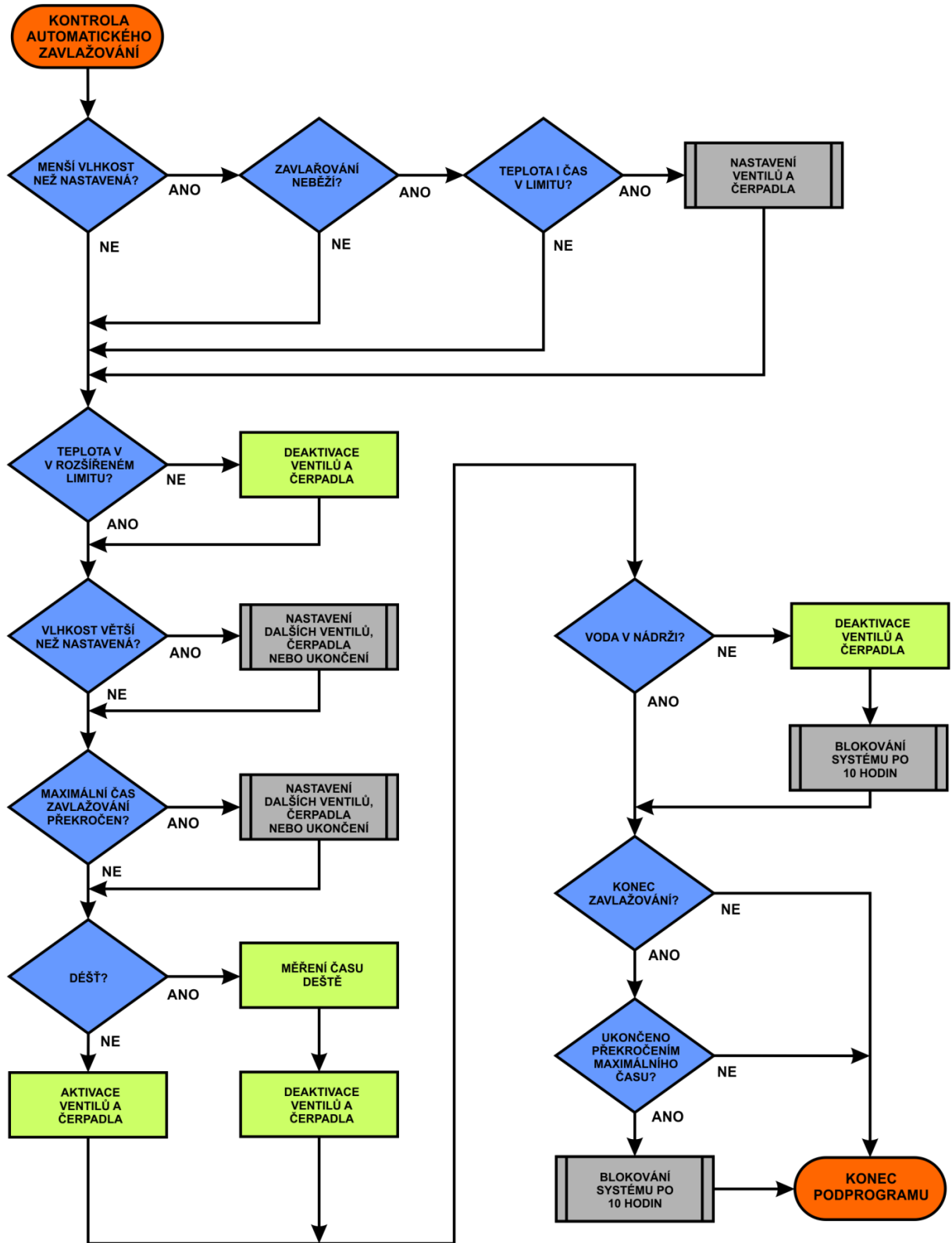
4.3 Zdrojový kód

Hlavní smyčka řídí běh celého systému, je v nekonečném cyklu. Jednou za čas zhruba 5 vteřin dochází ke kontrole potřeby zavlažovat.



Obrázek 4.3 Vývojový diagram hlavní smyčky systému

Zjednodušená smyčka kontrolující podmínky ke spuštění automatické, na vlhkosti půdy závislé, závlahy.



Obrázek 4.4 Zjednodušený vývojový diagram podprogramu ovládání zavlažování

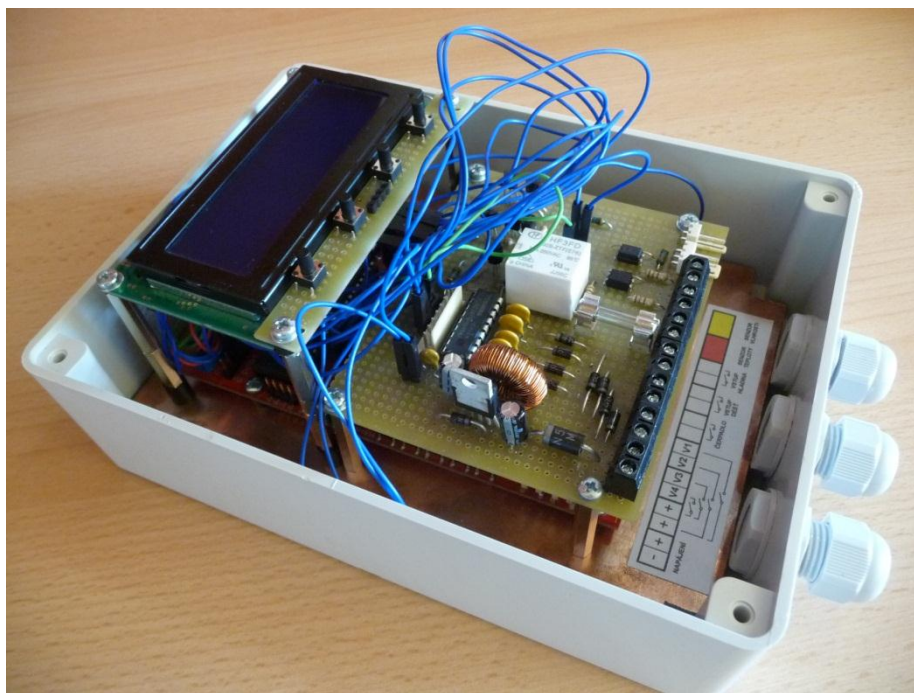
5 REALIZACE

5.1 Konstrukce

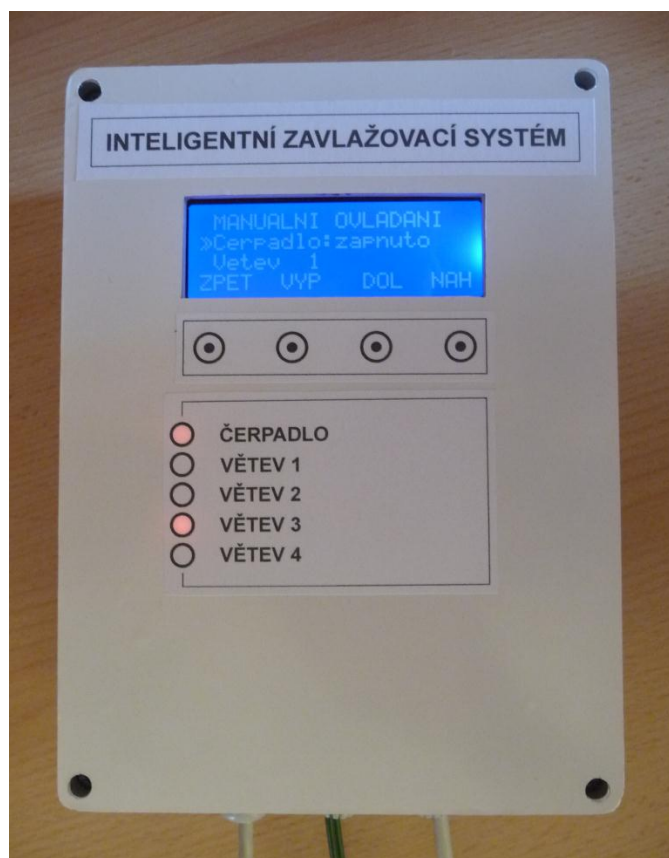
Tato část se zabývá konstrukčním zpracováním jednotlivých částí zařízení.

5.1.1 Řídicí jednotka

Zařízení je umístěno v krabičce o rozměrech 192 x 143 x 78 mm se stupněm krytí IP56. Na spodní nosné desce, která je přišroubována ke krabičce, je přes distanční sloupky uchycena hlavní řídicí deska (kit EvB 4.3), LCD displej a deska vstupních, výstupních a napájecích obvodů. Deska s ovládacími tlačítky je přišroubována ke spodnímu okraji desky s displejem. V dolní části je svorkovnice pro připojení veškerých vodičů. Vodiče jsou ze zařízení vyvedeny přes 3 průchodky s krytím IP68 a otvorem pro kabely průměru 4 – 8 mm. Horní víko krabičky má otvor pro LCD displej, otvory pro tlačítka a kontrolní LED. Deska s kontrolními LED je přichycena na spodní straně víka a s řídicí elektronikou je propojena plochým kabelem. Na víku je přilepeno plexisklo tloušťky 2 mm, které obsahuje otvory pro přišroubování víka a otvory pro tlačítka. Plexisklo je přiděláno tak, aby nebyla porušena vodotěsnost, a je polepeno odolnou fólií. Ta má otvor pro LCD, obsahuje popisky pro kontrolky a tlačítka, která jsou tímto chráněna před vodou. Pro montáž zařízení na zeď jsou předpřipraveny 4 otvory včetně izolačních krytek pro jejich následné utěsnění.



Obrázek 5.1 Řídicí jednotka bez krytu



Obrázek 5.2 Řídicí jednotka s krytem

5.1.2 Sonda vlhkosti půdy

Sonda je tvořena dvěma 9 cm dlouhými elektrodami z nerezové oceli, které jsou uchyceny v plastovém pouzdrú. Průměr elektrod je 8 mm pro dosažení co nejdelší životnosti. K sondě je připojen dvoužilový kabel dlouhý 3 m, samotné spojení kabelu se sondou je zalito v plastu. Horní část elektrod je v délce 2,5 cm izolována, měření vlhkosti tak probíhá v hloubce cca 3 - 9 cm pod povrchem země.



Obrázek 5.3 Sonda vlhkosti půdy

5.1.3 Teplotní senzor

Čidlo teploty je připojeno na externím kabelu délky cca 4 metry. Proti vnějším podmínkám je chráněno plastovou bužírkou.



Obrázek 5.4 Senzor teploty

5.2 Manuál

5.2.1 Instalace

Nejprve je potřeba ke svorkovnicím připojit vodiče pro napájení, ventily, případně i pro čerpadlo a vstupní zařízení podle popisků. Detektory teploty a vlhkosti půdy mají vlastní konektor se zámkem. Čidlo vlhkosti půdy je nutno umístit do míst, která jsou zavlažována otevřením ventilu na prvním výstupu. Teplotní čidlo by pro správnou funkci mělo být umístěno na stíněném místě a v dostatečné vzdálenosti od možných tepelných zdrojů. Pokud se nevyužijí všechny výstupy pro ventily, musí být osazeny postupně (například, pokud budou připojeny jen 3 ventily, výstup 4 zůstane volný).

Po zapojení zdroje do sítě dojde ke spuštění zařízení, displej do několika sekund zobrazí stavové informace. Na LCD je v tomto módu zobrazen čas, datum, teplota, aktuální půdní vlhkost, informace o nastaveném zavlažování a popisky kontextových kláves. Pokud nastala chyba při komunikaci s externím senzorem teploty nebo vlhkosti půdy, na displeji se objeví upozornění. Stejně tak se objeví informace o nutnosti výměny záložní baterie.

5.2.2 Manuální ovládání

Stiskem tlačítka **MAN** se spouští manuální režim, ve kterém lze ručně ovládat povolené větve a spouštět čerpadlo (pokud je povoleno). V nabídce se pohybuje stisknutím **NAH** (nahoru) a **DOL** (dolů), tlačítko **ZAP** a **VYP** ovládá šipkou označenou položku. Manuální režim se ukončuje stiskem **ZPET**, po kterém se na několik sekund zobrazí dotaz, zda má být ruční režim opravdu opuštěn. Po jeho ukončení dojde k vypnutí všech výstupů.

5.2.3 Nastavení

Do nastavení zařízení se vchází tlačítkem **NAST**, menu má následující strukturu:

Nastavení

- Zavlažování
 - Automatické zavlažování
 - 1/4 Minimální vlhkost
 - 2/4 Maximální čas
 - 3/4 Od
 - 4/4 Do
 - Časové zavlažování
 - 1/3 Začátek
 - 2/3 Délka
 - 3/3 Spínat po
 - Větve
 - 1/2 Počet
 - 2/2 Spínat*
 - Čerpadlo
 - 1/2 Spouštět
 - 2/2 Senzor hladiny*
 - Senzor deště
 - Povolit
 - Senzor teploty
 - 1/2 Povolit
 - 2/2 Maximální teplota*
- Čas a datum
 - Nastavit čas a datum
- Reset
 - Potvrzení

Položky označené * nemusí být zobrazeny, záleží na nastavení předchozí hodnoty. Pohyb v menu a změna hodnot se provádí tlačítky: **ZPET** – o úroveň zpět v menu, **VYB** – vybrat označenou položku, **DOL** – pohyb v menu dolů, **NAH** – pohyb v menu nahoru, **ULOZ** – uložit hodnotu a pokračovat, **VIC** – zvětšit hodnotu, **MIN** – zmenšit hodnotu, **ZMEN** – změnit hodnotu (u času změnit hodnotu, kterou chceme nastavovat), **ANO** – ano, **NE** – ne.

Během nastavování jsou všechny výstupy vypnuty a spouštění zavlažování je deaktivováno.

Položky v nastavení:

Automatické zavlažování

Nastavuje automatické zavlažování v závislosti na půdní vlhkosti. **Minimální vlhkost** je hodnota v rozmezí 1 – 10 (čím víc, tím větší vlhkost). Pokud je aktuální vlhkost půdy menší, dává systém povel o nedostatečné vlhkosti a spouští závlahu. **Maximální čas** (10 – 120 minut) stanovuje, po jaké době se má větev zavlažování uzavřít, pokud se nezvýšila hodnota vlhkosti půdy nad nastavenou minimální hodnotu. Položka **Od** (00:00 – 23:00) nastavuje čas od kdy se závlaha může automaticky spouštět, čas **Do** (01:00 – 24:00) je horní mezí pro spuštění zavlažování. Po uložení a ukončení nastavení je automatické zavlažování funkční.

Časové zavlažování

Jednoduché zavlažování spouštěné časovým programem. **Začátek** je čas, kdy se závlaha sepne, nastavuje se hodina a minuta. **Délka** (10 – 120 minut) určuje délku zavlažování jedné větve, po uplynutí intervalu se spíná následující větev nebo se program ukončuje. **Spínat po** (1 – 7 dní) nastavuje frekvenci opakování časového programu. Po uložení a ukončení nastavení je časové zavlažování funkční.

Větve

Položka **Počet** (1 - 4) nastavuje počet připojených větví na výstupech, jejich spouštění lze řídit buď hromadně, nebo postupně (1 až nastavený počet větví), podle zvolené hodnoty **Spínat**.

Čerpadlo

Spouštěč udává, zda má být čerpadlo ovládáno. Pokud ano, spouští se vždy, je-li aktivní alespoň jedna zavlažovací větev. **Senzor hladiny** povoluje/zakazuje čtení hodnot ze senzoru hladiny vody v nádrži.

Senzor deště

Zde se povoluje/zakazuje používání senzoru deště.

Senzor teploty

Položka **Povolit** senzor aktivuje nebo deaktivuje, **Maximální teplota** (20 – 40 °C) nastavuje hranici, při které už nemá být program spuštěn.

Čas a datum

Nastavení aktuálního času a data, tlačítkem **ZMEN** se přesouvá podržítka, které určuje, která hodnota se právě nastavuje.

Reset

Resetuje veškeré hodnoty do hodnot defaultních. Volbu je nutno potvrdit.

5.2.4 Automatické ovládání

Při pohotovostním režimu systém v intervalech zhruba 5 vteřin kontroluje, zda není splněna některá z podmínek pro spuštění zavlažování.

Časové zavlažování

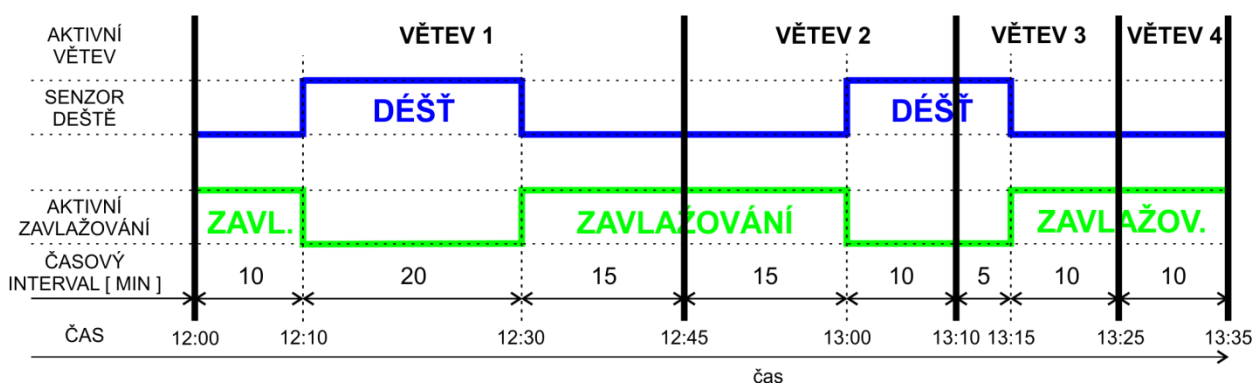
V případě časového zavlažování se porovnává čas a den, kdy by mělo ke spuštění dojít. Pokud je aktivován senzor deště a v čase spuštění prší, závlaha se neaktivuje a přesouvá se na další den bez ohledu na to, jaká je nastavena frekvence spínání (NASTAVENÍ – Zavlažování – Čas. zavlažování – Spínat po). Začne-li pršet během již probíhajícího zavlažování, dojde taktéž k ukončení programu, ale příští spuštění je naplánováno podle přednastaveného plánu. Stejným způsobem se systém chová při překročení maximální teploty a při nedostatku vody v nádrži, pokud jsou detektory povoleny. Je-li teplota nižší než 4 °C, zavlažování se neaktivuje z důvodu ochrany proti zamrznutí. Ochrana proti zamrznutí je funkční i při deaktivovaném senzoru teploty.

Pokud jsou veškeré podmínky spuštění splněny, otevře se první, případně všechny ventily (podle NASTAVENÍ – Zavlažování – Větve - Spínat), a začne se odpočítávat čas. Po uplynutí přednastaveného času se spíná další ventil (je-li povolen) nebo se zavlažování ukončuje.

Automatické zavlažování

U automatického módu se kontroluje, zda aktuální vlhkost půdy není menší než přednastavená minimální vlhkost. Kromě této podmínky musí být aktuální čas v nastaveném intervalu spouštění a teplota musí být menší než nastavené maximum. Pokud není voda v nádrži nebo během zavlažování dojde, program se na 10 hodin přeruší. Po této době se znovu kontrolují podmínky pro spuštění a zavlažování je případně opět aktivováno od začátku.

Zavlažovací program začíná otevřením prvního ventilu (nebo všech ventilů), který zavlažuje oblast s detektorem půdní vlhkosti. Od spuštění se měří čas, který se stopuje při dosažení úrovně vlhkosti o 2 vyšší než přednastavené minimální. K zastavení času dojde také, pokud dosáhne hodnoty maximální délky zavlažování (NASTAVENÍ – Zavlažování – Aut. zavlažování – Maximální čas). Ostatní ventily jsou dále spouštěny časově právě podle tohoto času. Začne-li kdykoli během probíhajícího zavlažování pršet, všechny ventily jsou uzavřeny, ale program běží dále. Déšť je pak brán jako samotná závlaha a odečítá čas stanovený pro zavlažování jednotlivých větví, viz Obrázek 5.5 a Tabulka 5.1. Předpokládá se, že déšť má stejnou vydatnost jako instalované postřikovače.



Obrázek 5.5 Průběh zavlažování během deště

	Děšť ve:				Zavlažování [min]	Celkem [min]
	větvi 1 [min]	větvi 2 [min]	větvi 3 [min]	větvi 4 [min]		
Větev 1	20	-	-	-	25	45
Větev 2	20	10	-	-	15	45
Větev 3	20	10	5	-	10	45
Větev 4	20	10	5	0	10	45

Tabulka 5.1 Čas zavlažování jednotlivých větví

Jestliže zavlažováním nebylo dosaženo vyšší vlhkosti půdy, než je minimální nastavená vlhkost, systém je na dalších 10 hodin zablokován, aby nedocházelo ihned k dalšímu spuštění. Stejně jako u časového programu, i zde je aktivována ochrana proti zamrznutí při teplotě menší než 4 °C. Zvýší-li se teplota během programu o více než 5 stupňů nad povolenou maximální hodnotu, zavlažování je přerušeno.

5.3 Technická data

Napájecí napětí:	podle napětí použitých ventilů, 7 – 24V DC
Maximální odběr:	cca 2A (4 x odběr ventilů + 120mA)
Odběr při pohotovostním režimu:	70mA při napájení 9V
Záložní baterie:	CR1620, 3V
Počet ovládaných kanálů:	4 + čerpadlo
Napětí ventilů:	9, 12 nebo 24 V, podle zdroje
Maximální odběr jednoho ventilu:	500mA
Max. délka kabelu senzoru teploty:	20 metrů
Max. délka kabelu senzoru vlhkosti:	40 metrů
Vstupy:	2 bezpotenciálové vstupy, aktivace sepnutím, pro senzor deště a hladiny vody v nádrži
Rozsah provozních teplot:	-10 °C až +70 °C
Maximální délka zavlažování:	120 minut/větev
Stupeň krytí:	IP56

6 SROVNÁNÍ

Na trhu existuje velké množství řídicích systémů pro zavlažování. Jedním z nejdostupnějších přístrojů je produkt firmy GARDENA 4040 modular určený pro stejnou oblast použití jako navrhované zařízení. V základu umožňuje ovládat 4 větve, pomocí rozšiřujících modulů až 12. Zařízení může být umístěno uvnitř i venku, napájeno je síťovým adaptérem. Umožňuje především časové nastavení zavlažování, které probíhá 1 minutu až 5 hodin a může se opakovat až 4x denně. Frekvenci spouštění lze nastavit denně, každý 2. nebo 3. den. Vestavěný LCD displej ulehčuje programování, k dispozici je paměť pro 3 uživatelské programy. Jeden z okruhů může být nastaven jako master pro spouštění čerpadla v době zavlažování. Výstupy jsou určeny pro ventily firmy GARDENA s napájecím napětím 24V. Součástí výrobku je jeden vstup pro připojení externího senzoru, buď dešťového, nebo senzoru vlhkosti půdy. Pokud začne pršet, dešťový detektor zamezí spuštění nebo zastaví probíhající program. Stejně tak čidlo půdní vlhkosti, pokud je půda dostatečně vlhká, zavlažování není zahájeno, nebo dojde k přerušení již probíhajícího zavlažování. Nastavení mezní hodnoty vlhkosti půdy je možné potenciometrem. Oba senzory jsou napájeny z vlastní baterie a připojují se dvoužilovým kabelem k hlavní řídicí jednotce.

6.1 Cenové srovnání výrobků

Zde je uvedeno porovnání finanční náročnosti navrženého zavlažovacího systému s komerčním zařízením GARDENA 4040 modular. Ceny jsou pouze orientační. U řídicí jednotky navrhovaného řešení se vychází z maloobchodní ceny veškerých použitých součástí.

Hlavní jednotka	3 300 Kč
Senzor vlhkosti půdy	1 350 Kč
Senzor deště	1 250 Kč
Senzor teploty	není
Senzor výšky hladiny	není
Napájecí adaptér	součást hlavní jednotky
CELKEM	5 900 Kč

Tabulka 6.1 Cena systému Gardena 4040 modular

Hlavní jednotka	1 000 Kč
Senzor vlhkosti půdy	100 Kč
Senzor deště	600 Kč
Senzor teploty	50 Kč
Senzor výšky hladiny	300 Kč
Napájecí adaptér	200 Kč
CELKEM	2 250 Kč

Tabulka 6.2 Odhadovaná cena realizovaného řešení

7 MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ

Protože je zařízení postavené na univerzálně programovatelném mikrokontroléru, jsou možnosti rozšíření téměř neomezené. Nejjednodušší možností je doprogramování požadované funkce, tak je možno například vytvoření více uživatelských rozvrhů pro zavlažování. Zařízení by mohlo zaznamenávat časový vývoj různých veličin (vlhkost půdy, teplota) a využít těchto znalostí pro řízení. Pokud by teplota rostla pomalu a zavlažování bylo téměř u konce, nepřerušilo by se, ale program by doběhl až do konce.

Pro ještě efektivnější řízení by zavlažovací systém mohl předem odhadovat vývoj počasí. Kdyby se schylovalo k dešti a zároveň by bylo potřeba zalévat, systém by počkal, pokud opravdu nezačne pršet. Při tom by se vycházelo buď z údajů připojené meteorologické stanice nebo rovnou stahováním předpovědí z internetu přes rozhraní Ethernet, popřípadě WiFi. Spojení s počítačovou sítí by umožnilo dohled nad zavlažováním odkudkoli s možností dálkového ovládní. Přes komunikační rozhraní by se navíc dalo zařízení ovládat nadřazeným systémem, například inteligentní elektroinstalací v domě. Spojení s počítačem, ať už jakékoli, by zjednodušilo nastavování zařízení.

Rozšířit by se pomocí expandéru dal i počet výstupů pro ventily, zavlažovat by se pak daly i rozsáhlé plochy. Expandér by nemusel být umístěn přímo u řídicí jednotky, ale například v šachtici s ventily, s hlavní jednotkou by komunikoval po sběrnici.

8 ZÁVĚR

Výsledkem této práce je funkční prototyp zařízení, které dokáže řídit zavlažovací systém. Předně je určen pro použití se zatravněnými prostory, nicméně díky rozsáhlým možnostem nastavení lze přizpůsobit i pro zalévání záhonů s jinými rostlinami. Ověření funkčnosti probíhalo v reálných podmínkách průměrně udržovaného trávníku rodinného domu. Sonda vlhkosti půdy byla testována a kalibrována pouze v hnědozemi, dá se však předpokládat, že její chování bude velmi podobné i v ostatních druzích půdy. Problém by mohl nastat u příliš písčitého nebo naopak jílovitého podloží, což jsou dva krajní extrémy, co se zadržování vody týče. Rozdělením stupnice vlhkosti do 10 úrovní, s možností nastavení, při jaké úrovni se má systém spustit, bychom se i přesto měli tohoto problému vyvarovat.

Otázkou zůstává, zda se v dnešní době vůbec vyplatí instalovat tento druh systémů samostatně. Daleko universálnějším, levnějším a ekologičtějším řešením by bylo spojit veškerou tuto domácí automatizaci do jednoho celku, čímž bychom získali i spoustu nových možností využití.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ONDŘEJ, Jan. *Trávník – základ zahrady*. Grada Publishing, Praha, 1997
- [2] MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR*. BEN – technická literatura, Praha, 2003
- [3] MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR Atmega16*. BEN – technická literatura, Praha, 2006
- [4] VÁŇA, Vladimír. *Mikrokontroléry ATMEL AVR programování v jazyce C*. BEN – technická literatura, Praha, 2003
- [5] MATOUŠEK, David. *Práce s inteligentními displeji LCD*. BEN – technická literatura, Praha, 2006
- [6] Materiály společnosti AFG – Navrátil
<http://www.agf-zavlahy.com/>
- [7] Materiály společnosti Gardena
<http://www.gardena.com/cz/>
- [8] Atmel, AVR Atmega32 datasheet
<http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>
- [9] 1Wire sběrnice
<http://www.hw.cz/rozhrani/art1215-sbernice-1-wire.html>
- [10] 1Wire Search Algorithm
<http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/187>
- [11] Maxim, DS18B20 datasheet
<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [12] I²C sběrnice
http://home.zcu.cz/~dudacek/NMS/Seriova_rozhrani.pdf
- [13] NXP Semiconductors, PCF8583 datasheet
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8583.pdf

- [14] Kemo Electronic
[http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/175000-199999/190351-an-01-ml-Regensensor Fertiggeraet de en fr nl es.pdf](http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/175000-199999/190351-an-01-ml-Regensensor_Fertiggeraet_de_en_fr_nl_es.pdf)
- [15] Meder Electronic
[http://www.meder.cz/hladinovospinace_ls02.html?&tx_jppageteaser_pi1\[backId\]=1337](http://www.meder.cz/hladinovospinace_ls02.html?&tx_jppageteaser_pi1[backId]=1337)
- [16] Hitachi, HD44780 datasheet
<https://www.adafruit.com/datasheets/HD44780.pdf>
- [17] Claber
http://www.claber.com/en/products/irrigation/underground_irrigation.asp?sz=6&fm=48
- [18] Texas Instruments, LM2575 datasheet
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1575.pdf>
- [19] AND TECH, EvB 4.3
http://shop.onpa.cz/download/EvB43_cz_manual_rev3.pdf
- [20] HP InfoTech, CodeVision AVR
<http://sjlee.sch.ac.kr/lecture/mp/CodeVision/CVAVRMAN2.pdf>

10 PŘÍLOHY

Výpočet hodnot rezistorů

Kontrolní LED

- červená LED, odběr proudu 10mA při 1,85V
- napájeno výstupem mikrokontroléru, napětí 5V, maximální proud 40mA

$$R = \frac{3,25}{0,01} \Omega = 325 \Omega$$

Nejbližší hodnota řady E12 je 330Ω.

Tranzistory

- tranzistor BC547B, $h_{FE} = \text{min. } 200$ při $V_{CE} = 5V$ a $I_{CE} = 2mA$, saturace $V_{BE} = 0,7V$
- předpoklad maximálního proudu $I_{CE\text{max}} = 250mA$
- napájení 5V

$$R = \frac{4,3}{\frac{0,25}{200}} \Omega = 3\,440 \Omega$$

Nejbližší hodnota řady E12 je 3,3kΩ.

- tranzistor BC556B, $h_{FE} = \text{min. } 220$ při $V_{CE} = -5V$ a $I_{CE} = -2mA$, saturace
 $V_{BE} = -0,65V$
- předpoklad maximálního proudu $I_{CE\text{max}} = -250 \text{ mA}$
- napájení 5V

$$R = \frac{-4,35}{\frac{-0,25}{220}} \Omega = 3\,828 \Omega$$

Nejbližší hodnota řady E12 je 3,9k Ω .

Optočleny

- optočlen BPC817B - LED, odběr proudu 20mA při 1,4V
- napájení 5V

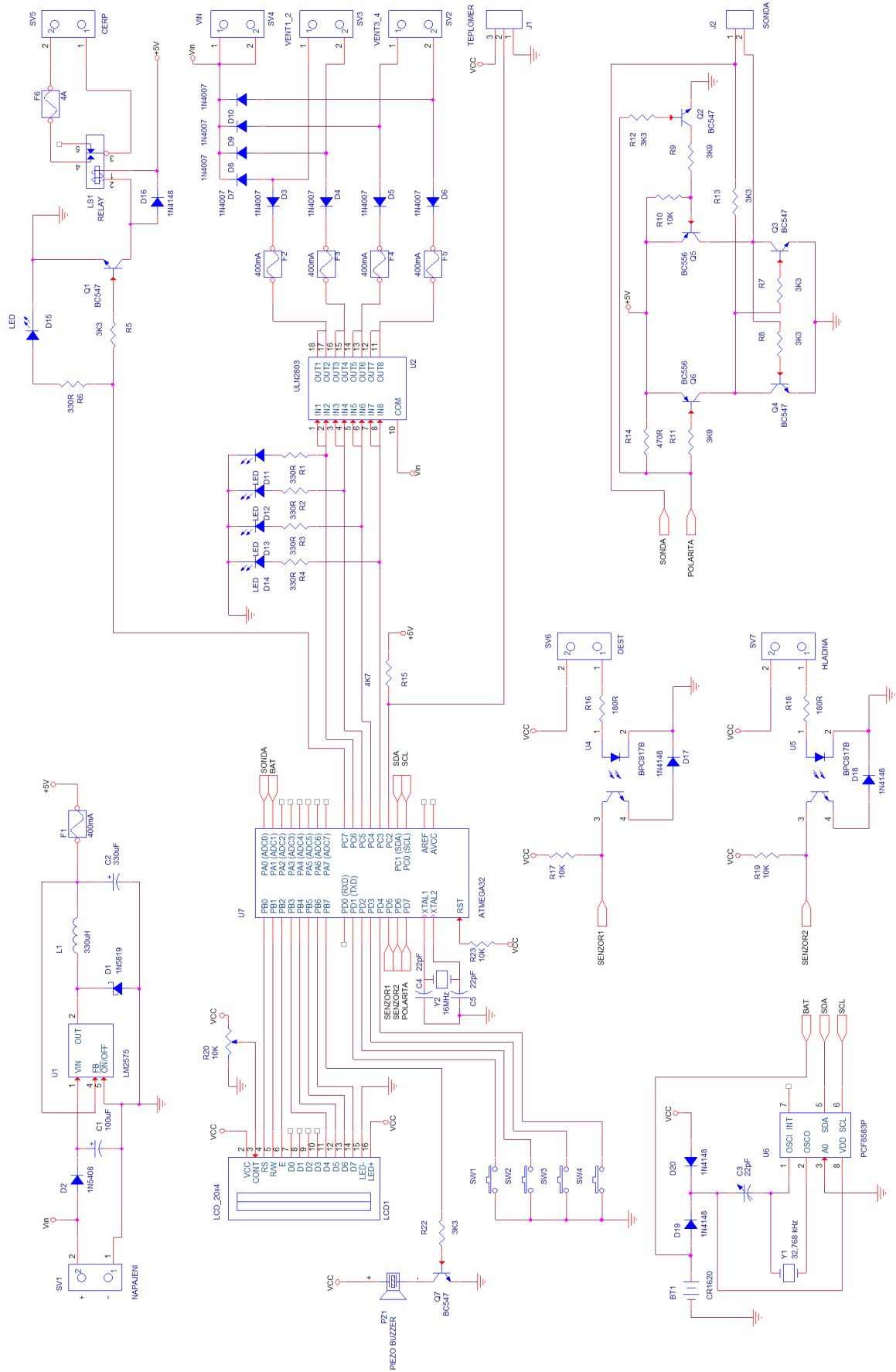
$$R = \frac{3,6}{0,02} \Omega = 180 \Omega$$

Rezistor je přímo prvkem řady E12.

Pull-up rezistory

Pull-up rezistory byly standardně voleny 10k Ω .

Kompletní schéma zapojení



Obsah CD

/dokumenty

bakalářská práce v elektronické podobě

/program

zdrojový kód a projekt mikrokontroléru