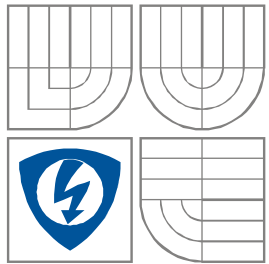


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

## Řídící jednotka pro aeroponický pěstební systém

Control unit for aeroponic growing system

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Miroslav Vrabec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lukáš Klozar

BRNO, 2013



## **ABSTRAKT**

Práce popisuje historii pěstování rostlin bez půdního substrátu, tedy hydroponii a její následný vývoj v aeroponii. Práce nastiňuje návrh celého aeroponického pěstebního systému včetně řídicí jednotky, u které je kladen důraz především na řízení zavlažovacího cyklu, který je pro rostliny životně důležitý. Řídicí jednotka dále obstarává řízení světelné periody, teploty a proudění vzduchu v systému a také nastiňuje možnost regulace pH živného roztoku. Řídicí jednotka také zaznamenává veškeré údaje pro sledování a vyhodnocení časových změn v systému.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Aeroponie, Hydroponie, Bubbler, NFT, TAG, pH, 1-wire, ATmega16, PWM

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the history of a method of plants cultivation without the original substrate. The method is hydroponics and its subsequent development is called aeroponics. This work outlines the design of the whole aeroponic system including a control unit. The control unit has been designed to control the injection of nutrient solution, which is essential to the life of plants. Further, the control unit performs the control of lighting period, temperature, air flow and also regulation of nutrient solution pH. The control unit also keeps records of all data necessary for the monitoring process and for the evaluation of time differences in the system.

## **KEYWORDS**

Aeroponics, Hydroponics, Bubbler, NFT, TAG, pH, 1-wire, ATmega16, PWM

VRABEC, M. *Řídící jednotka pro aeroponický pěstební systém*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2013. 40 s., 9 s. příloh. Semestrální práce. Vedoucí práce: ing. Lukáš Klozar

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma *Řídící jednotka pro aeroponický pěstební systém* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

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

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu semestrální práce ing. Lukáši Klozarovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

# OBSAH

<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>viii</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>ix</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Pohled do minulosti.....</b>	<b>2</b>
<b>2 Základní přehled systémů bez půdy jako pěstebního média.....</b>	<b>4</b>
2.1 Bubbler.....	4
2.2 NFT(Nutrient Film Technique).....	5
2.3 Aero (Pseudo-aero).....	6
2.4 TAG (True Aerosol Growing).....	7
<b>3 Příklad realizovaného projektu ze světa .....</b>	<b>8</b>
<b>4 Navrhovaný systém.....</b>	<b>11</b>
4.1 Nákres celého TAG systému.....	12
4.2 Zavlažovací cyklus.....	13
4.3 Regulace pH.....	16
4.4 Řídící jednotka.....	17
4.4.1 ATmega16 – základní schéma.....	18
4.4.2 Sběrnice 1-wire a teplotní čidla.....	19
4.4.2.1 Základní informace.....	19
4.4.2.2 Více zařízení na jedné sběrnici.....	19
4.4.2.3 Teplotní čidlo DS18B20.....	21
4.4.3 Optozávory.....	22
4.4.4 Světlo (LED) řízené PWM a bzučák.....	22
4.4.5 Průtokoměr.....	23
4.4.6 Tlakové čidlo pro měření hladiny.....	23
4.4.7 Spínání 230 V zátěže (ventil + čerpadlo).....	24
4.4.8 Web server.....	24
4.4.8.1 Přechodová deska mezi 5 a 3,3 V logikou.....	27
4.4.8.2 Realizovaný web server.....	28
4.4.9 Vývojový diagram řídicí jednotky.....	29
4.4.9.17 položkové menu.....	30
4.4.10 Ukázka ze zdrojového kódu.....	31
4.4.11 Měření na řídicí jednotce.....	34

<b>5 Závěr.....</b>	<b>40</b>
<b>Literatura.....</b>	<b>41</b>
<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk.....</b>	<b>42</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>43</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Bubbler.....	4
Obrázek 2: Kořeny v systému bubbler.....	4
Obrázek 3: NFT(Nutrient Film Technique).....	5
Obrázek 4: Pseudo-Aero.....	6
Obrázek 5: Kořenový prostor TAG systému (převzato z [2]).....	7
Obrázek 6: Kořeny v TAG systému (převzato z [2]).....	7
Obrázek 7: Třapatka nachová v plném květu (převzato z [3]).....	9
Obrázek 8: Kořenový systém třapatky nachové před sklizní (převzato z [3]).....	9
Obrázek 9: Dospělý lopuch větší v aeroponickém A-rámu (převzato z [3]).....	10
Obrázek 10: Autoři držící dobře vyvinuté kořeny lopuchu (převzato z [3]).....	10
Obrázek 11: Náčrt navrhovaného TAG systému.....	12
Obrázek 12: 1/3 zavlažovacího cyklu.....	13
Obrázek 13: 2/3 zavlažovacího cyklu.....	14
Obrázek 14: 3/3 zavlažovacího cyklu.....	15
Obrázek 15: Regulace pH.....	16
Obrázek 16: Blokové schéma řídicí jednotky.....	17
Obrázek 17: Základní zapojení ATmega16.....	18
Obrázek 18: Komunikace po sběrnici 1-wire (převzato z [4]).....	20
Obrázek 19: Teplotní čidlo DS18B20 (převzato z [5]).....	21
Obrázek 20: Připojení teplotního čidla na 1-wire sběrnici (převzato z [5]).....	21
Obrázek 21: Optozávora CNY70 (převzato z [6]).....	22
Obrázek 22: Zapojení LED řízené PWM a bzučák.....	22
Obrázek 23: Průtokoměr FCH-m-PP-LC(převzato z [7]).....	23
Obrázek 24: Tlakové čidlo MPX5010DP(převzato z [8]).....	23
Obrázek 25: Schéma zapojení spínání 230 V zátěže pomocí triaku.....	24
Obrázek 26: Web server – Top (Převzato z [9]).....	24
Obrázek 27: Web server – Bottom (Převzato z [9]).....	25
Obrázek 28: Předání parametru z mikrokontroléru do web serveru.....	26
Obrázek 29: Přijmutí parametru web serverem.....	26
Obrázek 30: Cesta informace o změně parametru z web serveru do mikropočítače.....	26
Obrázek 31: Přechodová deska mezi 5 a 3,3 V logikou.....	27
Obrázek 32: DPS a osazovací výkres přechodové desky.....	27
Obrázek 33: Fotografie realizovaného web serveru.....	28
Obrázek 34: Vývojový diagram řídicí jednotky.....	29
Obrázek 35: Vývojový diagram časovací smyčky.....	30
Obrázek 36: Záznam z praktického měření teplotních limitů.....	35
Obrázek 37: Měření vstřikovacího cyklu podle průtokoměru.....	36
Obrázek 38: Měření vstřikovacího cyklu podle pevných časů.....	37
Obrázek 39: Měření vstřikovacího cyklu podle fotobrány.....	37
Obrázek 40: Fotografie řídicí jednotky.....	38
Obrázek 41: Fotografie vstřikovacího systému.....	38
Obrázek 42: Fotografie v okamžiku zavlažení - mlhování 1.....	39
Obrázek 43: Fot. v okamžiku zavlažení - mlhování 2.....	39

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Měření teplotních limitů na řídicí jednotce.....	34
-------------------------------------------------------------	----

# Úvod

Práce popisuje historii pěstování rostlin bez půdního substrátu, tedy hydroponii a její následný vývoj v aeroponii. Práce nastiňuje návrh celého aeroponického pěstebního systému včetně řídicí jednotky. Oproti většině aeroponických systémů, kde se k rozstřikovávání živného roztoku využívá ať už nízkotlaké nebo i vysokotlaké čerpadlo, tento návrh využívá vysokotlakého kompresoru, z jehož vzdušníku je vzduch přes elektricky ovládaný ventil postupně upouštěn. Výhoda kompresoru oproti čerpadlu je především taková, že kompresor nebude spínán v každém zavlažovacím cyklu, ale doplní tlak ve vzdušníku pouze jednou za čas, což přispěje k životnosti celého systému. Řídicí jednotka obstarává především obsluhu vstřikovacího systému, který zajišťuje základní podmínky pro rozvoj kořenového systému, řízení světelné periody a teploty v systému. V původním návrhu bylo smýšleno měřit a regulovat pH živného roztoku v nádrži. Řídicí jednotka také zaznamenává měřené údaje na webový server a server umožňuje i řízení jednotky ze vzdáleného místa přes internet.

# 1 Pohled do minulosti

(Čerpáno z [1])

V dávné minulosti, kdy člověk začínal chovat dobytek a pěstovat rostliny, začal si utvářet první názory na výživu rostlin a to na základě drobných pozorování, jako např. situace, kdy ze ztrouchnivělého dřeva raší bohatý rostlinný život. I když způsob přijímání živin rostlinami není zřejmý, přesto žijí a plodí, což vede k otázce „Jak a z čeho rostliny žijí?“ První písemně dochované záznamy o takovýchto myšlenkách vedou k Aristotelovi (384-322 př. n.l.), který hlásal, že rostliny se starají pouze o dopravu živných látek z půdy, kde jsou v již konečné (organické) podobě. V následujících stoletích vznikly rozsáhlé herbáře, které pomohly k rozdělení rostlin, ale výživou rostlin se nikdo nezabýval. Teprve Jan Baptist van Helmont (1577-1617), zvaný „Faust XVII. století“, provedl pokus, kdy po dobu pěti let zaléval vrbovou větvičku pouze dešťovou vodou a na konci pokusu zaznamenal přírůstek vrbové větvičky o 164 liber, kdežto hmotnost zeminy klesla pouze o 2 unce (=62,5g). Zprvu byl výsledky zaskočen, nakonec usoudil, že to byla samotná voda, která dodala vrbě látky nezbytné k růstu. Další zajímavé pozorování provedl anglický badatel Josef Priestley (1733-1804), pouze si je neuměl správně vyložit. Pod skleněný zvon umístil svíčku a sledoval, za jak dlouho svíčka spotřebuje všechny kyslík a plamínek uhasne. Potom umístil vedle svíčky i zelenou větvičku a pozoroval, že plamínek uhasl po měřitelně delší době. Větvička musela tedy nějakým způsobem ovlivnit vzduch pod poklopem. O asimilaci kysličníku uhličitého se tenkrát ještě nevědělo, tudíž Priestley neměl ani tušení, jakým způsobem byl přesně vzduch ovlivněn.

Štefan Hales (1677-1761) provedl mnoho pokusů potvrzujících velký význam vzduchu při tvorbě rostlinné organické hmoty, což byl důležitý mezník v učení o výživě rostlin. Zajímavé je, že o pěstování ve vodním roztoku bez půdy se zajímal již před 250 lety John Woodward (1661-1728), profesor lékařství na Grashamově koleji v Londýně. V roce 1699 prováděl pokus, kdy měl ve třech nádobách tři různé vzorky vody a to dešťovou, z Temže a kalnou z kanálu. Ve vzorcích vod pěstoval zahradní mátu, kterou zvážil na začátku pokusu a také na konci. Pozoroval, že největší přírůstek nastal v nádobě se vzorkem vody z kanálu s největším množstvím nečistot, z čehož usoudil, že rostlinná hmota se netvoří z vody, nýbrž z určitých látek obsažených v půdě. Což vyvrátilo van Helmontův názor, že živiny nezbytné k růstu dodává rostlinám samotná voda. Jan Ingehouz (1730-99) nás seznámil se základy asimilace kysličníku uhličitého a dýchání rostlin. Théodoru de Saussureovi (1767-1845) a jeho vrstevníku Renému Joachimu Henrimu Dutrochetovi (1776-1847) se již tenkrát podařilo přiblížit se k dnešnímu platnému pojetí tvorby organické rostlinné hmoty, bohužel se ale objevila tzv. „stará humusová teorie“ říkající, že nejdůležitějším zdrojem výživy rostlin jsou organické součásti (především humus) a ne minerální sloučeniny. Tento mylný názor vyvrátil až Justus von Liebig (1803-73), velký německý zemědělský chemik ve svém díle „Aplikace chemie v zemědělství a fyziologii“. Došel k závěru, že organické sloučeniny tvoří potravu pro lidi a zvířata, ale rostliny vyživuje výhradně anorganická příroda. Dokázal, že s růstem rostlin se množství humusu v půdě naopak zvětšuje. Dále dokázal, že humus musí být nejprve mineralizován (stráven půdními organismy), aby

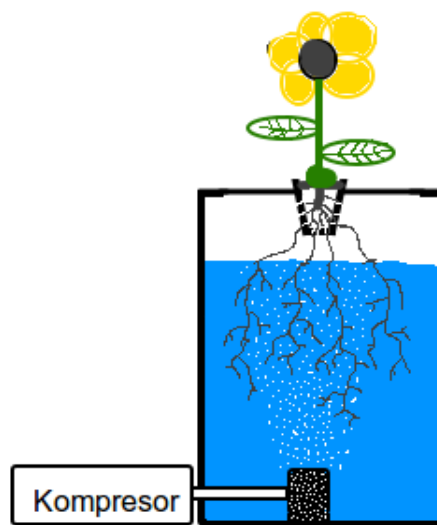
mohly být výživové látky vstřebány rostlinou. Jeho práce položila základy moderní zemědělské chemie. Von Liebig se při své badatelské činnosti mohl opřít také o práci Jean Baptiste Boussingaulta (1805-87), který prováděl pokusy s pěstováním v písku, jež přinesly důkaz, že plnohodnotná rostlinná kultura je možná i v půdě, která je zcela prostá humusu. Falešné představy o výživě rostlin se podařilo odstranit teprve počátkem 19. století, a to především díky pracím von Liebiga. Tzv. „pěstování rostlin bez přírodní půdy“ se vlastně poprvé uskutečnilo v roce 1860. V tomto roce profesori Wilhelm Knop (1817-1901, profesor zemědělské chemie a vedoucí zemědělské pokusné stanice v Lipsku — Möckernu) a Julius Sachs (1832-97, profesor botaniky v Bonnu — Poppelsdorfu) poprvé připravili roztoky solí, které umožnily pěstovat zelené rostliny nezávisle na půdě. Od této doby jsou „nádoby s živným roztokem“ neoddelitelnou pomůckou od výzkumných laboratoří zemědělských ústavů. Zprvu to vypadalo, že pěstování v živném roztoku zůstane pouze na půdě výzkumných ústavů, až americký rostlinný fyziolog prof. dr. Williama F. Gerick poprvé prováděl rozsáhlé pokusy v přírodě v roce 1929. Zavedl pojem hydroponie a vyslovil tvrzení, že rostliny bez půdy lze pěstovat i ve větším rozsahu a že toto pěstování má svůj význam. V praxi byl jeho systém vyzkoušen během poslední světové války, kdy americké oddíly, operující na nehostinných ostrovech světových moří, potřebovali zásobování čerstvou zeleninou. Pomocí výbušnin byly do holé skály vyhloubeny hydroponické bazény, které produkovali až nadbytečné množství kvalitní zeleniny. Další významné pokusy byly zaznamenány taky v Sovětském svazu, Maďarsku, Polsku a Německu. Vyvinula se celá řada konceptů hydroponického pěstebního systému.

Dnes jsou zařízení po celé zeměkouli. Výdělečná velkozařízení nalezneme hlavně v zámořských oblastech, především v USA, potom v holandských državách při mexickém zálivu, v Britské Guayaně, na jihomořských ostrovech a v Japonsku. Ve Spojených státech severoamerických známe kromě četných drobných podniků asi 40 velkopodniků, které mají vždy asi 800 — 1200 hydroponických záhonů, přičemž jeden záhon je velký průměrně 30 m<sup>2</sup>. V Evropě jsou zahradnické podniky zařízení pro pěstování rostlin bez půdy například ve Švýcarsku, Francii, Dánsku, Norsku, Holandsku, Belgii, Anglii, Švédsku, Maďarsku, Polsku a v Sovětském svazu. Podle novějších zpráv chtějí Italové přebudovat výrobu rýžové sadby na způsob pěstování bez půdy. Po příslušných pokusech se totiž zjistilo, že se zavedením tohoto způsobu uspoří práce a provozní plochy. V Německu zůstal tento typ pěstování omezen na relativně malé množství zahradnictví. Není to překvapující, přihlédneme-li k tomu, že většina pěstitelů nemá dnes ještě potřebné znalosti.

## 2 Základní přehled systémů bez půdy jako pěstební média

### 2.1 Bubbler

Bubbler je nejjednodušší ze všech aktivních systémů hydroponie, vyžaduje pouze nádrž s roztokem, vzduchovací pumpu, vzduchovací kámen a víko pro uchycení rostlin. Systém bubbler lze shlédnout na obr.1 a 2.



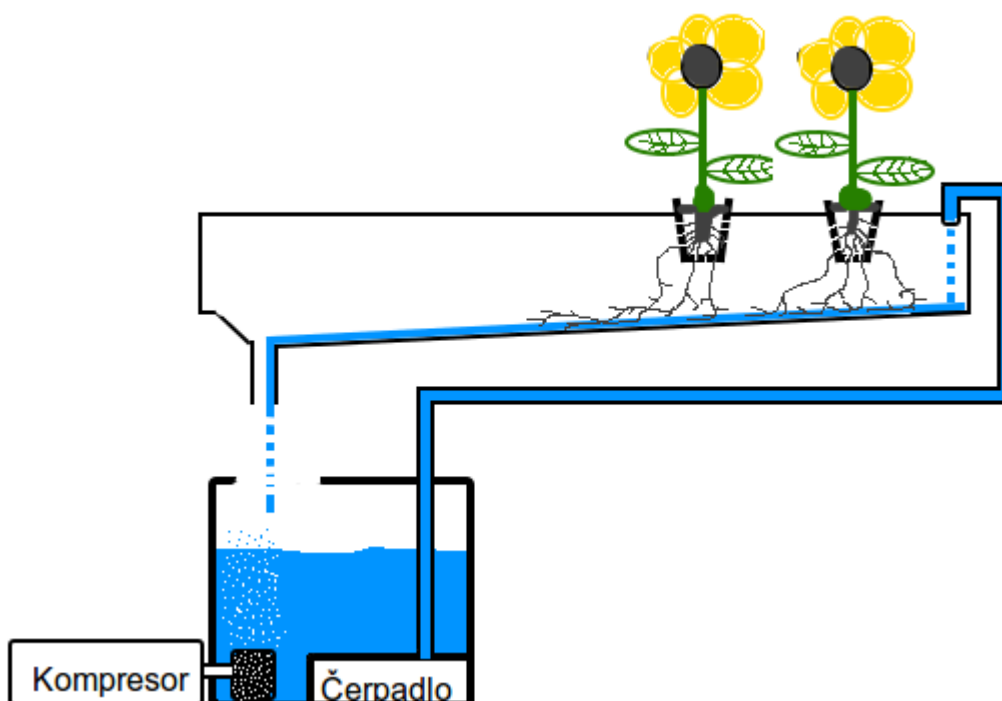
Obrázek 1: Bubbler



Obrázek 2: Kořeny v systému bubbler

## 2.2 NFT(Nutrient Film Technique)

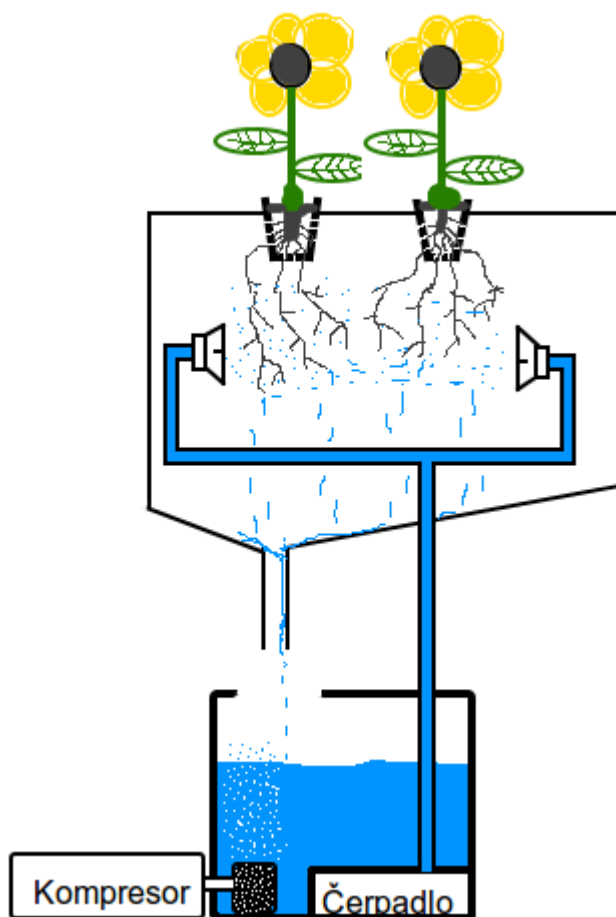
Nejsou zapotřebí žádné spínací hodiny, roztok koluje Non-Stop. Živný roztok je vytlačován do trubek, kde pomalu protéká kolem kořenů rostlin a poté se vrací zpět do rezervoáru. Kytka je uložena v malém košíčku. Není zapotřebí žádné médium, pouze musí být dostatek vzduchu pro kořeny a tma. Oproti systému bubbler je navíc zapotřebí oběhové čerpadlo. Systém NFT je vyzobrazen na obr.3.



Obrázek 3: NFT(Nutrient Film Technique)

## 2.3 Aero (Pseudo-aero)

V pseudo-aeroponických systémech je k výživě rostlin použité nízkotlaké ponorné čerpadlo a trysky rozstříkují proud vody, nebo kapičky mnohem větších rozměrů než u TAG. Tyto systémy tedy spíše připomínají systém NFT, jelikož nízkotlaké čerpadlo nevytvoří v kořenovém prostoru opravdový aerosol. Pseudo-aero systém je na obr. 4.



Obrázek 4: Pseudo-Aero

## 2.4 TAG (True Aerosol Growing)

Ve většině TAG systémů se využívá vysokotlaké membránové čerpadlo, schopné vyvinout tlak od 2 barů výše (200+kPa). Základem každého TAG je mlhovací tryska, přes kterou se musí pod vysokým tlakem prohnat živný roztok, tím vznikne v kořenovém prostoru výživná mlha, kterou vstřebají kořeny. Střídají mokré a suché cykly, tudíž čerpadlo není zapnuté nepřetržitě. Ukázka systému TAG je na obr. 5 a 6.



Obrázek 5: Kořenový prostor TAG systému (převzato z [2])



Obrázek 6: Kořeny v TAG systému (převzato z [2])

### 3 Příklad realizovaného projektu ze světa

#### Aeroponická kultivace rostlin s léčivým kořenem (čerpáno z [3])

Vzhledem k informacím týkajících se dnešního způsobu moderní medicíny, které v posledních letech vyplouvají na povrch, kdy se většinou léčí pouze příznaky a ne nemoc samotná a navíc je mnoho léků předepisováno zcela zbytečně, uchyluje se čím dál více lidí k přírodním produktům, které léčí běžné choroby jako je nachlazení a chřipka nebo i závažnější jako deprese, nespavost a v některých případech byla vyléčena i rakovina.

Při klasickém pěstování v zemině je u rostlin, které se pěstují pro kořen, nutno překonat několik překážek, jako třeba nutnost počkat, než kořeny řádně vyzrají a dále problém oddělení kořenů od zeminy při sklizni. Oddělení kořenů od zeminy je velký problém, jelikož při tomto procesu dochází ke ztrátě kořenových vlásečnic, které se oddělí od kořene i se zeminou a také riziko kontaminace sklizených kořenů, ať už zeminou samotnou, půdními škůdci nebo kořeny jiných rostlin. Při klasickém pěstování v zemině je průměrná doba kultivace rostlin pěstovaných pro kořen často 3 – 6 let, než-li kořeny dosáhnou dospělosti.

Aeroponické pěstování odstraňuje problém s oddělením zeminy od kořenů, jelikož kořeny rostou v temné komoře bez substrátu, tudíž je ke kořenům dobrý přístup a při sklizni nehrozí kontaminace cizími látkami. Další ohromnou výhodou je zrychlený růst a dospívání rostlin pěstovaných bez substrátu. Autoři sklízeli třapatku nachovou již po 9 měsících od zasazení, kořeny již měly silnou kořenovou špičku a zralou kořenovou stěnu. Díky těmto výhodám se stala aeroponie zajímavou metodou pro komerční využití při kultivaci vysoce ceněných lékařských kořenových rostlin. Tyto výhody jdou i ruku v ruce k zákaznickým požadavkům po lepší kontrole kvality a standardizaci botanických produktů.



*Obrázek 7: Třapatka nachová v plném květu (převzato z [3])*



*Obrázek 8: Kořenový systém třapatky nachové před sklizní (převzato z [3])*



*Obrázek 9: Dospělý lopuch větší v aeroponickém A-rámu (převzato z [3])*



*Obrázek 10: Autoři držící dobře vyvinuté kořeny lopuchu (převzato z [3])*

## „Výsledky :

### *Lopuch větší :*

Z 30 rostlin lopuchu bylo 15 od zdroje semínek 1 a 15 od zdroje semínek 2. Délka kořenů byla od 80 – 140 cm. Střední suchá váha kořenů od zdroje semínek 1 byla 227 g na rostlinu s od zdroje semínek 2 to bylo 128 g. Komerční lopuchová pole v US produkují zhruba 910 g/m<sup>2</sup> při hustotě výsevu 25 rostlin/ m<sup>2</sup> . Rostliny od zdroje semínek 1 dosáhli na 1703 g/ m<sup>2</sup> při hustotě výsevu 7,5 rostliny/ m<sup>2</sup> . Aeroponie může dramaticky překonat výtěžnost polní produkce. Tyto výsledky neberou v úvahu možnost vícero sklizní během roku.

### *Třapatka nachová :*

V posledních třech měsících studie byly třapatky napadeny molicemi a plísní květu u pár rostlin. Toto vedlo ke ztrátě 20 rostlin a zastavení růstu ostatních. Navzdory těmto strastem kořenový systém rostlin zůstal zdravý a krásně bílý. Střední suchá váha byla 7,8 g/rostlinu ( 187 g/ m<sup>2</sup> ) při hustotě výsevu 24 rostlin/m<sup>2</sup> během méně než 10 měsíců. Komerční třapatková pole na Novém Zeelandu sklízí maximálně 260 g/ m<sup>2</sup> nebo 13 g/rostlinu , ovšem při dvouletém životu rostlin a hustotě výsevu 20 rostlin/ m<sup>2</sup>. Visuální odhady předpokládají, že hustota výsevu v aeroponickém systému může být zvětšena bez ztráty průměrné sklizně kořenů na rostlinu. Odhaduje se sklizeň vyšší jak 280 g/ m<sup>2</sup> za 10 měsíců při hustotě výsevu 36 rostlin/ m<sup>2</sup> . Když budou problémy se škůdci lépe zvládnuty a výnosnější odrůda třapatky vybrána a klonována, sklizeň může být ještě větší.

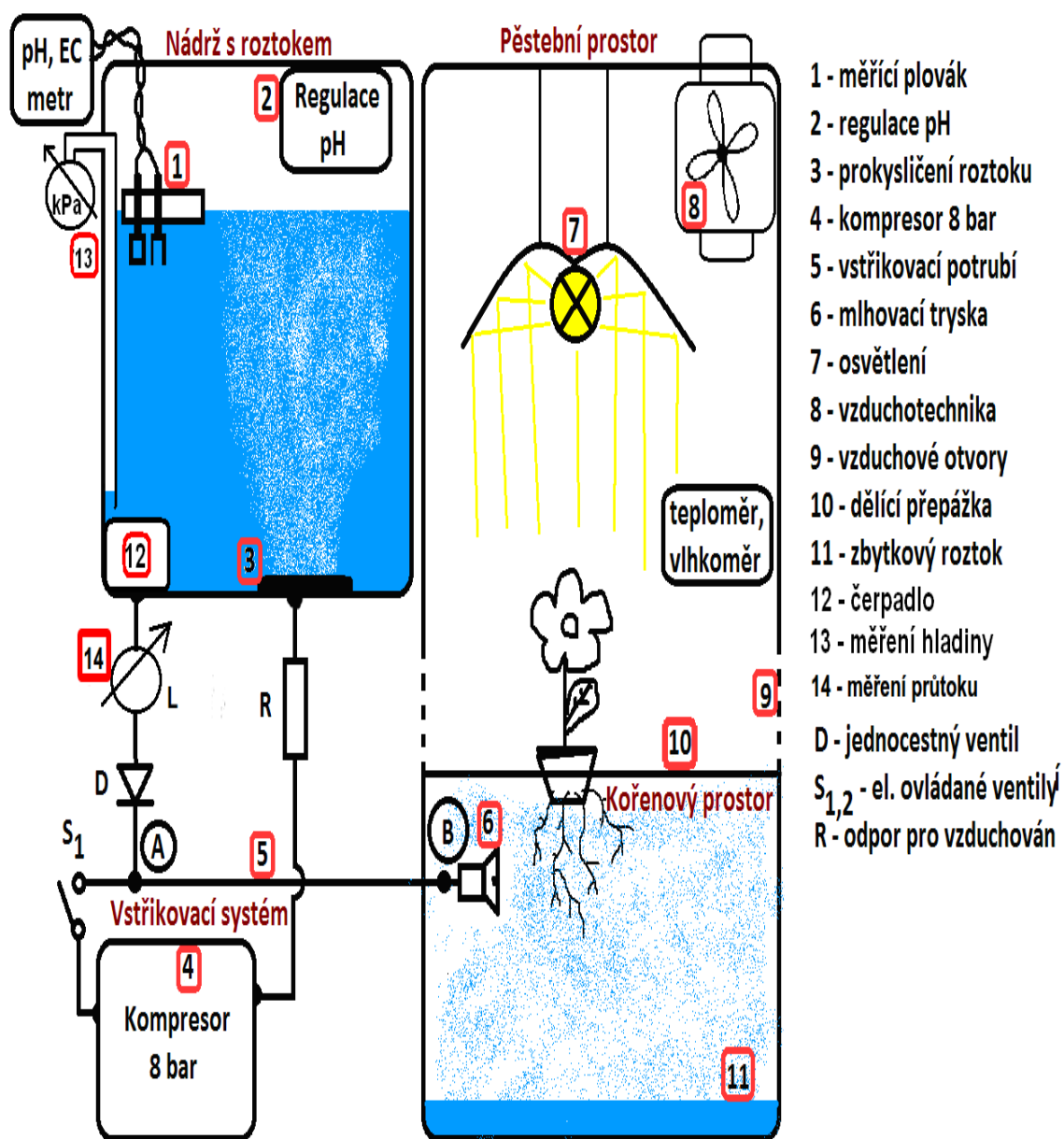
### Závěr :

Výsledky obou, jak třapatky, tak lopuchu ukázaly, že aeroponická kultivace je srovnatelná nebo lepší v porovnání s konvenční polní produkcí. Vyšší hustota výsevu a více sklizní za rok mohou zvýšit sklizeň velmi významně oproti polní produkci. Visuální kvalita všech kořenových produktů byla perfektní s minimálním rizikem kontaminace a žádnými ztrátami během sklizení. “ (převzato z [3])

## 4 Navrhovaný systém

Z výše uvedených systémů se jako nejlepší jeví systém TAG, proto se navrhovaný systém snaží postihnout všechny jeho výhody a odstranit nevýhody. Jednou z nevýhod je samotné spínání vysokotlakého čerpadla v krátkých zavlažovacích intervalech, které je nutné pro udržení vitálního kořenového systému rostlin dodržovat. Tato nevýhoda je odstraněna použitím vysokotlakého kompresoru namísto čerpadla. Kompresor je vybaven tlakovou nádobou, ve které neustále udržuje vysoký tlak. Vzduch je z tlakové nádoby uvolňován do vstřikovacího potrubí postupně v dávkách a tudíž se kompresor sepne pouze tehdy, kdy v tlakové nádobě poklesne tlak o určitou úroveň, což je mnohem méně častěji, než spínání čerpadla v každém zavlažovacím cyklu.

## 4.1 Nákres celého TAG systému

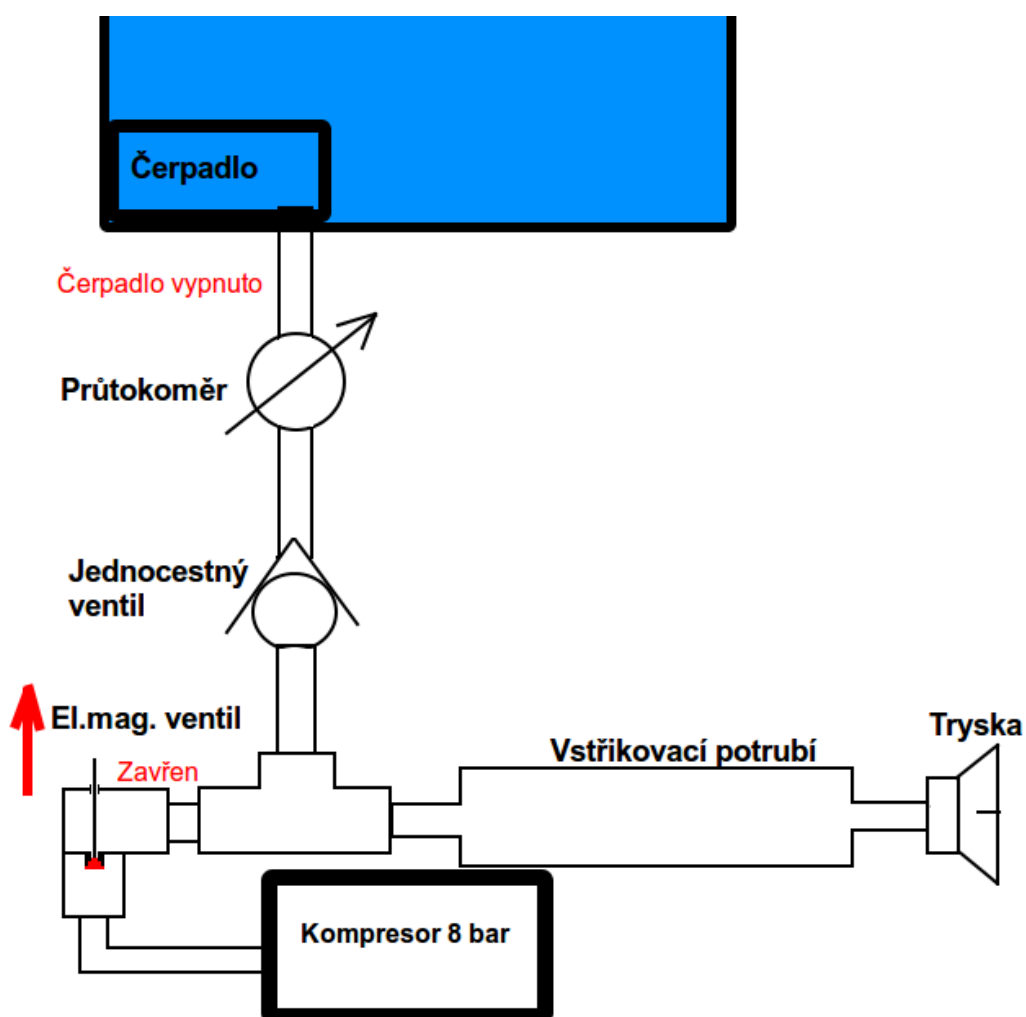


Obrázek 11: Nákres navrhovaného TAG systému

## 4.2 Zavlažovací cyklus

### 1/3 zavlažovacího cyklu:

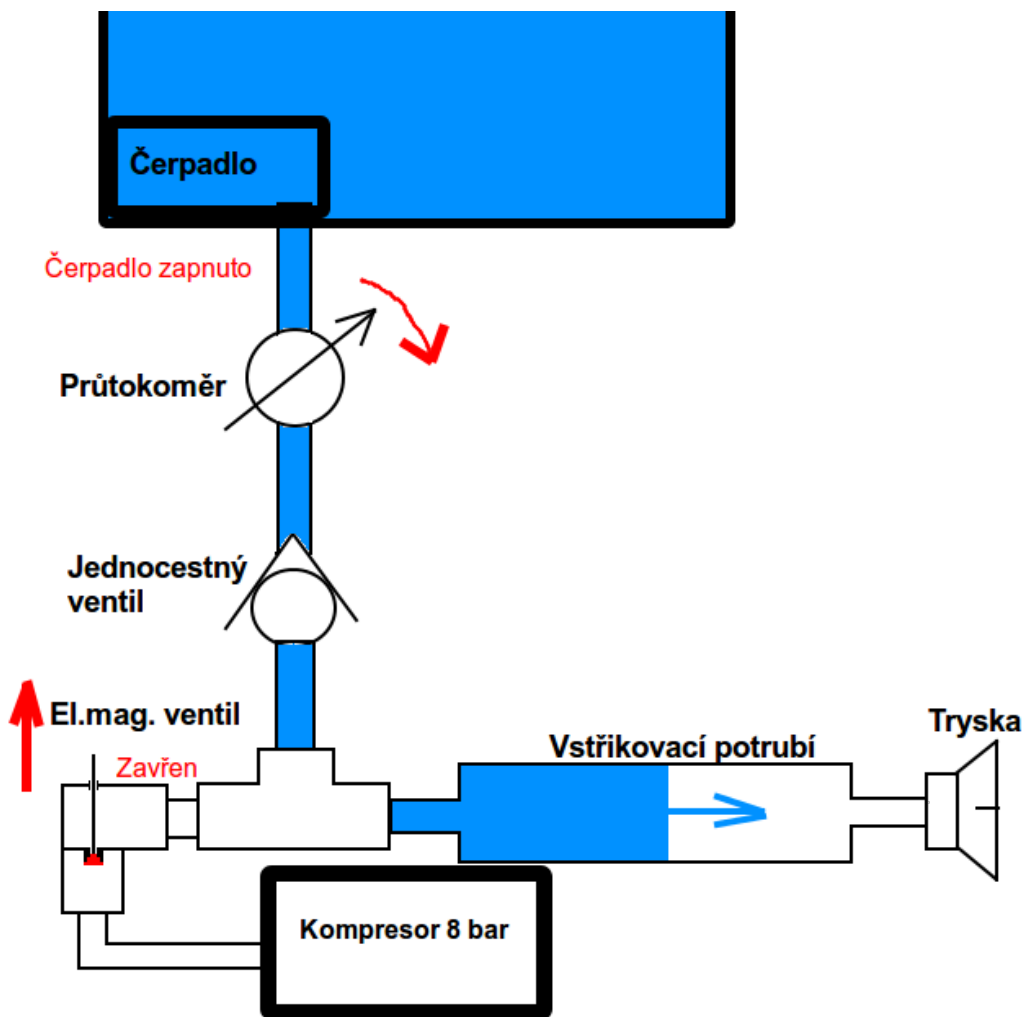
Na obr.12 vidíme prázdné vstřikovací potrubí, na které je připojena mlhovací tryska. V tomto uspořádání je odpor trysky příliš velký a malý tlak vodního sloupce v nádrži nezaplní vstřikovací potrubí roztokem pro zavlažení kořenového prostoru.



Obrázek 12: 1/3 zavlažovacího cyklu

### 2/3 zavlažovacího cyklu:

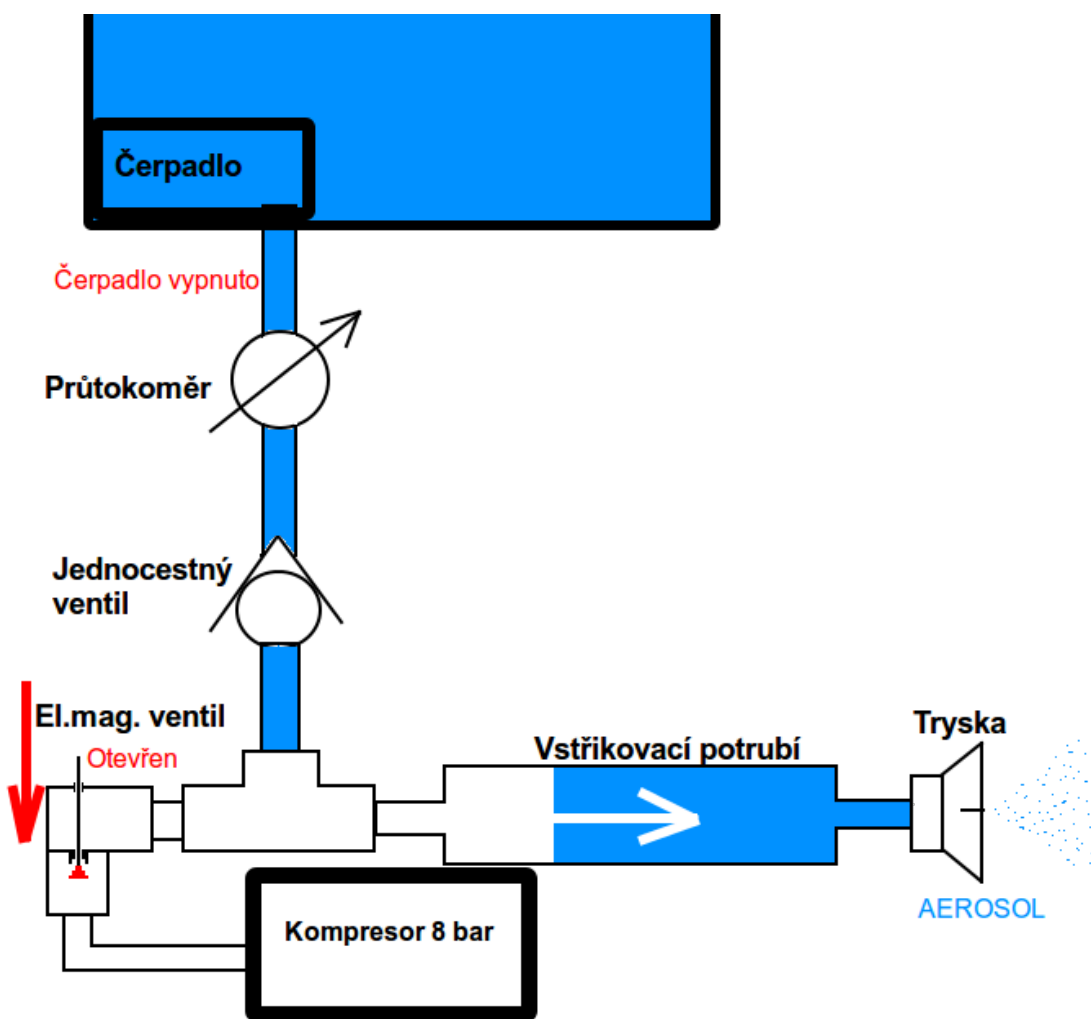
Pro zaplnění vstřikovacího potrubí živným roztokem je třeba, aby řídicí jednotka sepnula čerpadlo, které i přes velký odpor trysky do vstřikovacího potrubí vtlačí z nádrže živný roztok, viz. Obr.13 . Průtokoměr začne zaznamenávat množství proudící kapaliny.



Obrázek 13: 2/3 zavlažovacího cyklu

### 2/3 zavlažovacího cyklu:

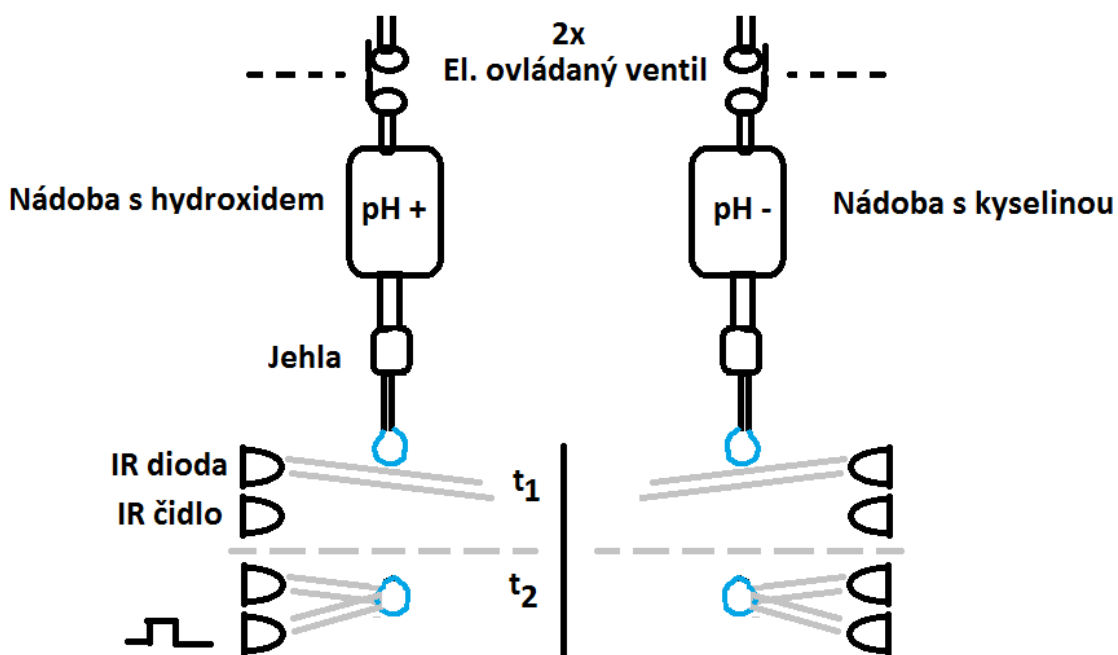
Po zaplnění vstřikovacího potrubí živným roztokem již stačí otevřít ele.mag. ventil , který na vstřikovací potrubí přivede vysoký tlak vzduchu z kompresoru, viz. obr.14 . Jednocestný ventil zabraňuje úniku vysokého tlaku zpět do nádrže s roztokem. Živný roztok ze vstřikovacího potrubí je nyní pod vysokým tlakem rozprášen přes mlhovací trysku do kořenového prostoru, zavlažovací cyklus se bude po uplynutí potřebné doby opakovat.



Obrázek 14: 3/3 zavlažovacího cyklu

### 4.3 Regulace pH

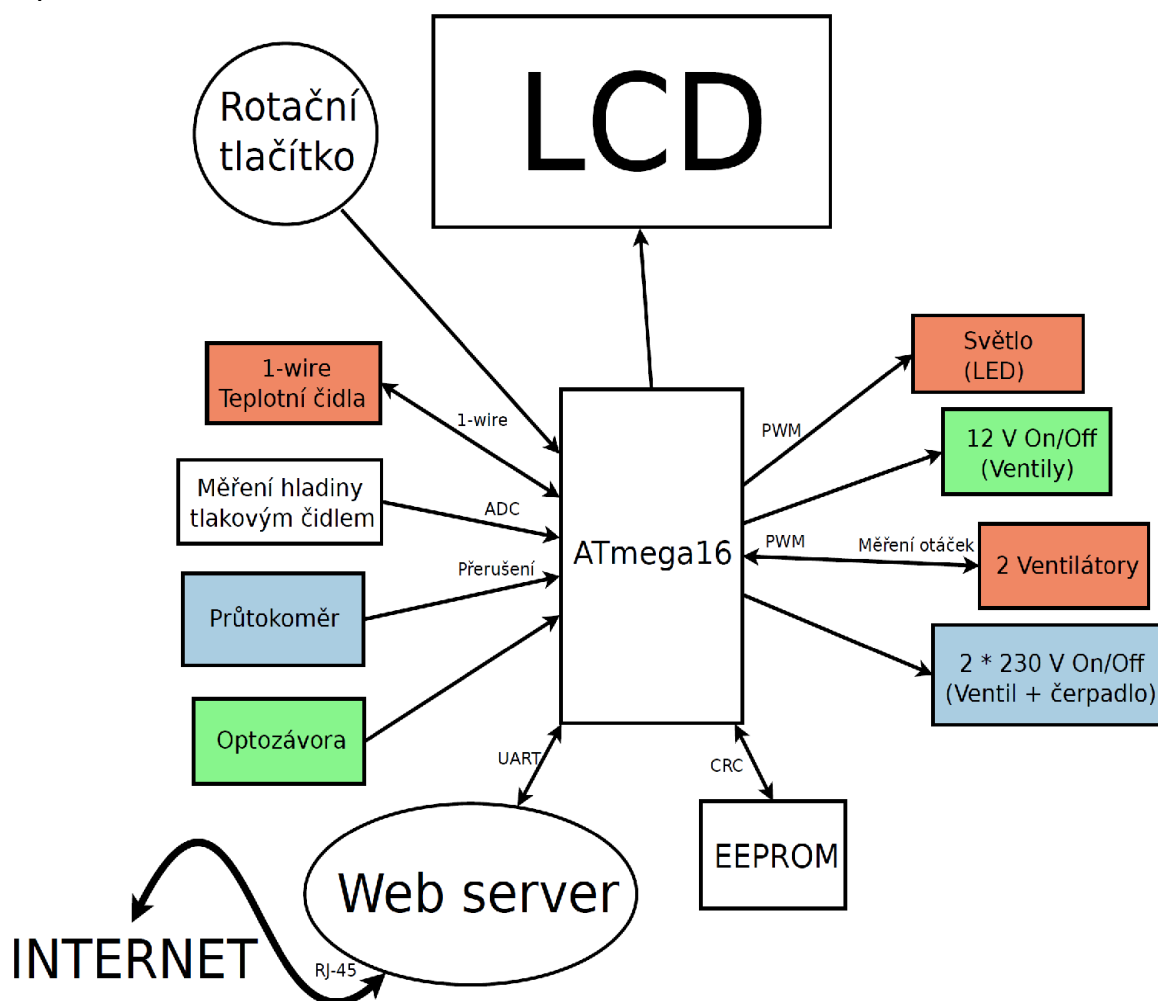
V nádrži s roztokem dochází vzhledem k použité vodě, použitých hnojiv a intenzity prokysličení k různému kolísání hodnoty pH, což může mít za následek vybočení hodnoty pH z dovolených mezí a následné poškození kořenů až úplné uhynutí rostlin. Aby se tento efekt eliminoval je zapotřebí hodnotu pH kontrolovat a regulovat, aby z dovolených mezí nevybočila. K tomuto účelu se používají koncentrované kyseliny a zásady, které je nutno dávkovat velmi opatrně. Neopatrným zacházením s těmito látkami může dojít k znehodnocení živného roztoku v celé nádrži. Proto se návrh ubírá k dávkování těchto kapalin po jednotlivých kapkách. Jak je patrné z obr. 15, v klidovém stavu je el. ovládaný ventil rozepnut, v nádobě s regulační kapalinou se vytvoří podtlak a z jehly na jejím spodním konci nemůže vykapávat kapalina. Pokud se ovšem ventil otevře, začne přes něj do nádoby pronikat atmosférický tlak a z jehly začne vykapávat regulační kapalina. Jakmile se vytvoří kapka a oddělí se od jehly, letící kapka protne IR paprsek, který se od kapky odrazí do detektoru a ten ji zaznamená. Tento impuls již vyhodnotí řídicí jednotka a buďto se pokračuje v dávkování k dosažení požadované hodnoty pH nebo se dávkování ukončí uzavřením ventilu.



Obrázek 15: Regulace pH

## 4.4 Řídicí jednotka

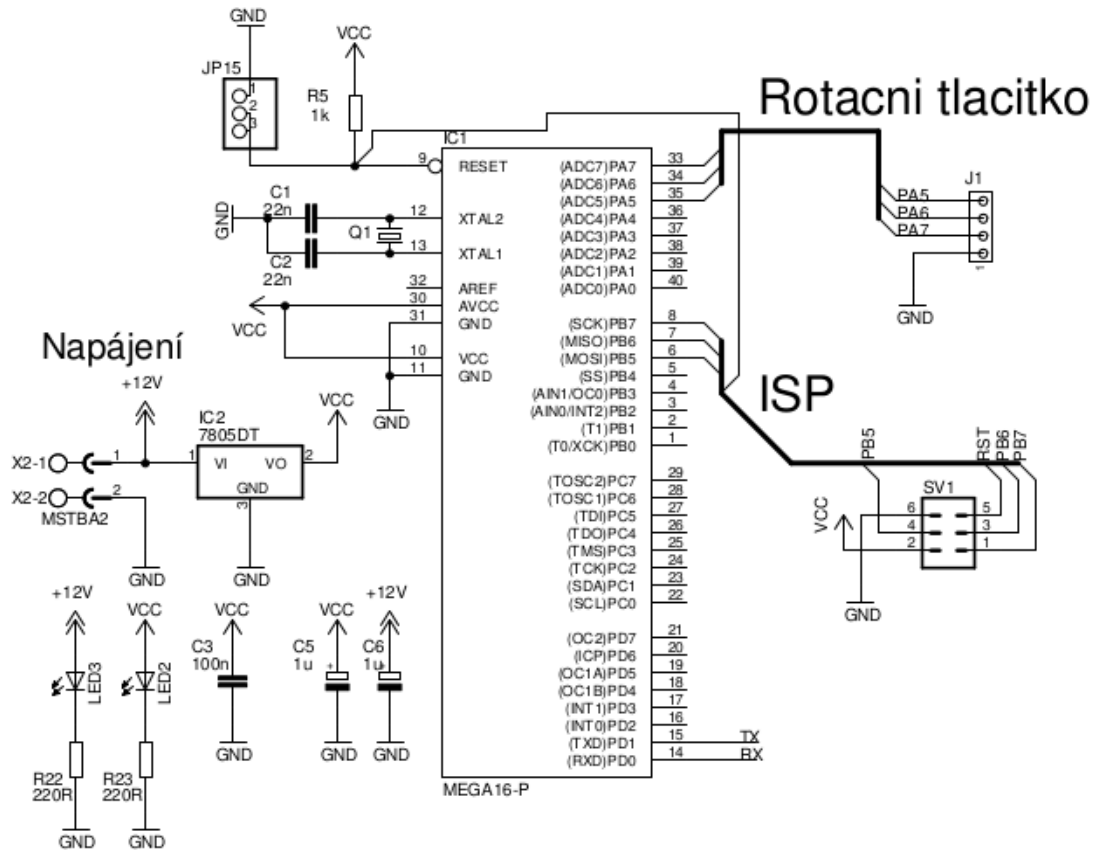
Zprvu se nabízel koncept řídicí jednotky realizované pomocí PC, z důvodu minimalizace spotřeby elektrické energie byl zvolen koncept s mikropočítačem. Srdcem řídicí jednotky je mikropočítač ATmega16, blokové schéma řídicí jednotky je na obr. 16. Pro ovládání bylo využito rotačního tlačítka a pro zobrazování LCD. Řídicí jednotka umožňuje připojit 4 teplotní čidla na 1-wire sběrnici, dvě teplotní čidla slouží k řízení ventilátorů a světla. Pokud by došlo k překročení limitních teplot, bude jednotka zvyšovat otáčky ventilátorů, případně i snížení intenzity světla. Průtokoměr zprostředkovává zpětnou vazbu pro čerpadlo a ventil vstřikovacího systému, což umožňuje přesné dávkování živného roztoku do systému. Optozávora je určena pro kapkové dávkování regulační tekutiny. Tlakovým čidlem se měří hladina v nádrži s živným roztokem, pokud hladina klesne pod stanovenou mez, bude vyslán výstražný signál. Pro komunikaci s řídicí jednotkou ze vzdáleného místa je využito malého webového serveru, který provádí sběr aktuálních dat z jednotky. Blokové schéma lze pozorovat na obr.16.



Obrázek 16: Blokové schéma řídicí jednotky

#### 4.4.1 ATmega16 – základní schéma

Na obr. 17 se nachází mikropočítač ATmega16 se základním zapojením, které sestává z napájecí části, oscilátoru, resetovacího jumperu, ISP konektoru pro naprogramování obvodu a připojení rotačního tlačítka pro ovládání programu.



Obrázek 17: Základní zapojení ATmega16

## **4.4.2 Sběrnice 1-wire a teplotní čidla**

(čerpáno z [4])

### **4.4.2.1 Základní informace**

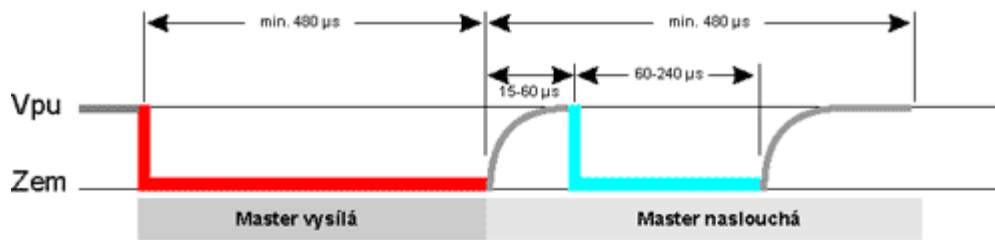
Na sběrnici se nachází jeden řídicí a jeden či více ovládaných obvodů, jsou propojeny paralelně datovým vodičem, který je přes zdvihací rezistor o velikosti cca 5 k Ohm připojen na napájecí napětí.

Řídicí obvod vždy zahajuje komunikaci reset pulsem, tedy uvede sběrnici do stavu log. 0, kde setrvá minimálně 480  $\mu$ s, poté sběrnici uvolní a naslouchá, zdvihací rezistor uvede sběrnici do stavu log. 1, pokud je na sběrnici připojeno ovládané zařízení, tak na tuto vzestupnou hranu reaguje uvedením sběrnice do stavu log. 0. Komunikace probíhá v tzv. „slotech“, dlouhých 60 – 120  $\mu$ s, jeden slot přenáší vždy pouze jeden bit informace. Pracujeme se 4 druhy slotů, jejich rozdělení můžeme pozorovat na obr.18.

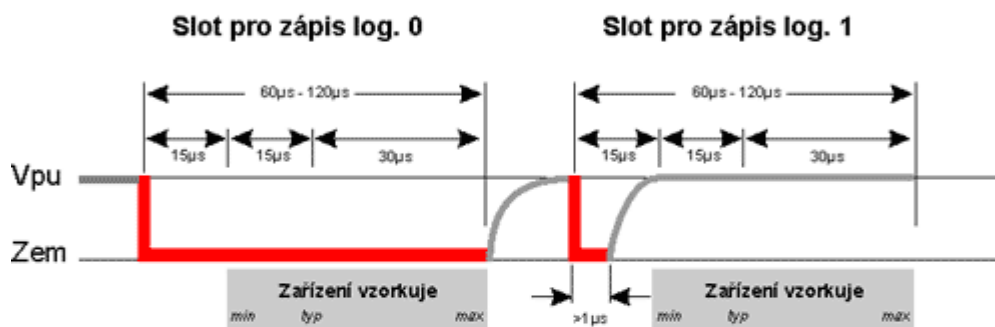
### **4.4.2.2 Více zařízení na jedné sběrnici**

Např. teploměry a převodníky pracující na 1-Wire sběrnici, mají své unikátní 64 bitové identifikační číslo, díky čemuž je možné od sebe na sběrnici jednotlivá zařízení rozlišit. Chce-li řídicí obvod zahájit komunikaci s konkrétním zařízením na sběrnici, začne reset pulsem, následuje příkaz match ROM a 64 bitový identifikační kód zařízení a až poté se posílají příkazy pro dané zařízení.

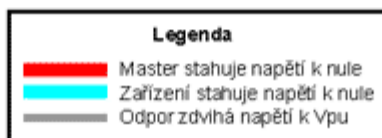
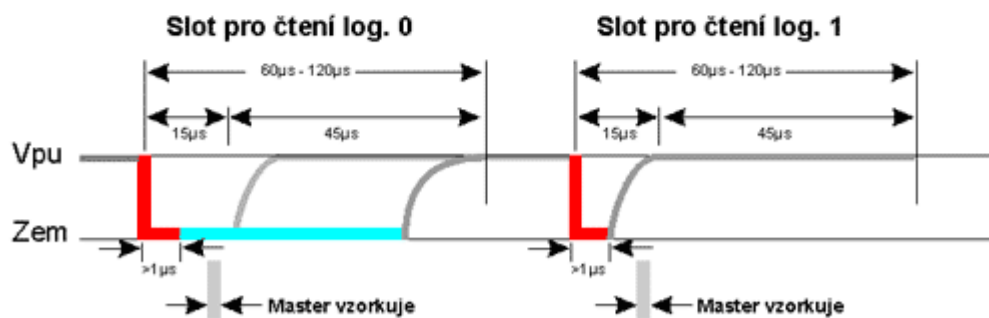
## 1-Wire™ Reset



## 1-Wire™ Vysílání dat



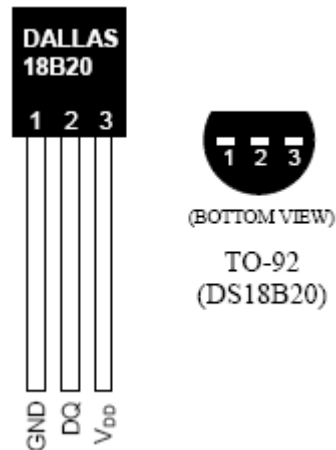
## 1-Wire™ Příjem dat



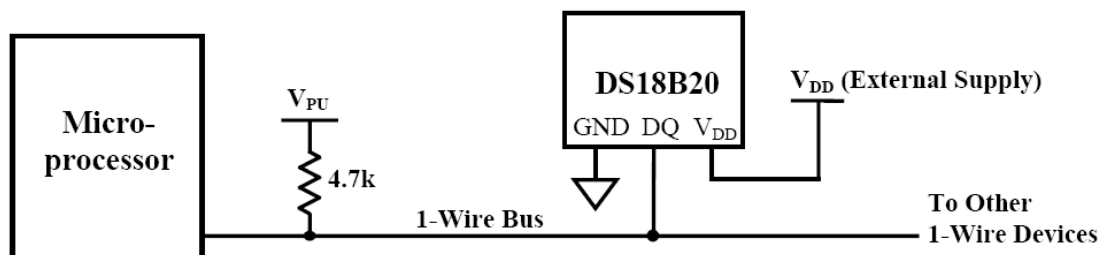
Obrázek 18: Komunikace po sběrnici 1-wire (převzato z [4])

#### 4.4.2.3 Teplotní čidlo DS18B20

Jedná se o teplotní čidlo firmy Dallas semiconductor s digitálním výstupem komunikující po sběrnici 1-wire. Teplotní čidlo je na obr. 19 a jeho připojení ke sběrnici je na obr. 20.



Obrázek 19: Teplotní čidlo DS18B20 (převzato z [5])



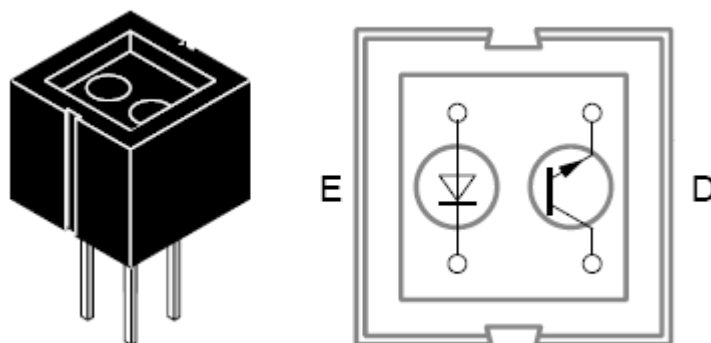
Obrázek 20: Připojení teplotního čidla na 1-wire sběrnici (převzato z [5])

Základní parametry :

Napájecí napětí	3 – 5 V
Rozsah měřených teplot	-55 až +125 °C

### 4.4.3 Optozávory

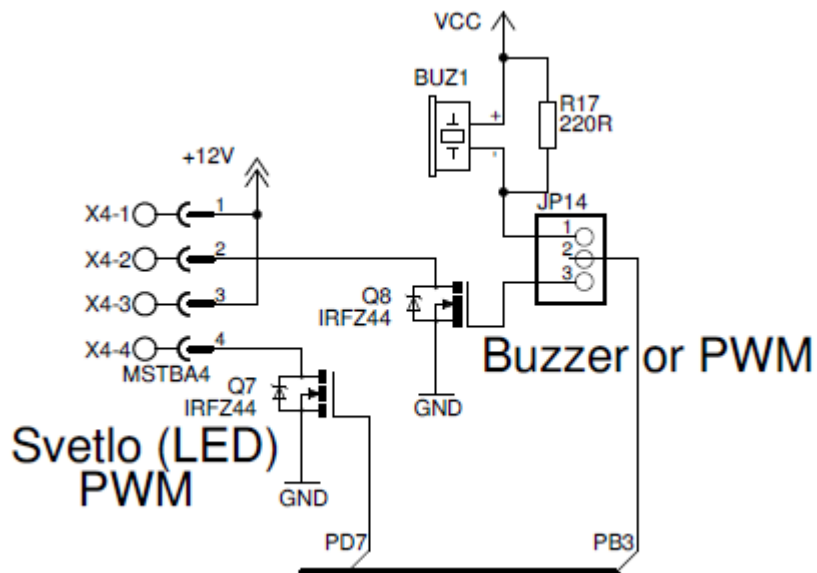
Jedná se o IR optozávoru firmy Vishay, jejíž provedení je znázorněno na obr. 21.



Obrázek 21: Optozávora CNY70 (převzato z [6])

### 4.4.4 Světlo (LED) řízené PWM a bzučák

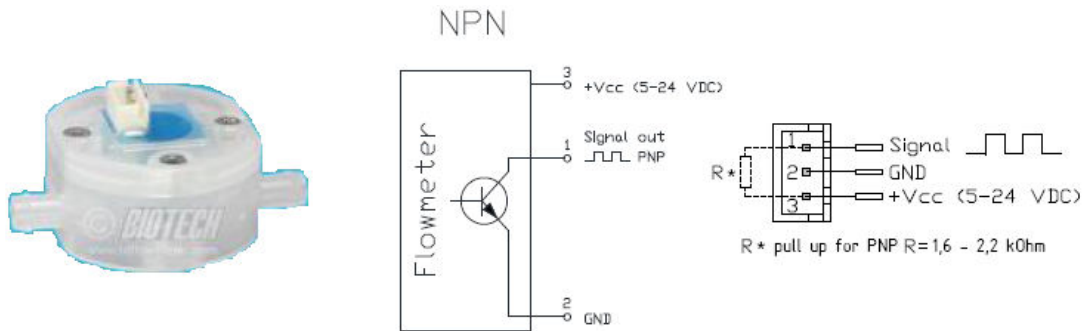
Intenzita světla(LED) je řízena z mikroprocesoru pomocí PWM přes tranzistor IRFZ44, jeho zapojení je na obr.22. LED se připojí mezi piny X4-3 a X4-4.



Obrázek 22: Zapojení LED řízené PWM a bzučák

#### 4.4.5 Průtokoměr

Průtokoměr FCH-m-PP-LC od firmy Biotech je k vidění na obr. 23. Na jeho výstupu se nachází obdélníkový průběh, počet pulsů udává množství protékající kapaliny. Výrobce udává 10 000 impulsů / litr.



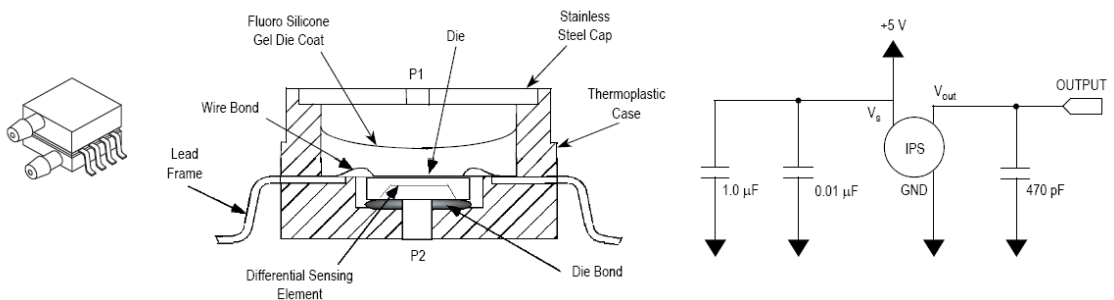
Obrázek 23: Průtokoměr FCH-m-PP-LC(převzato z [7])

#### 4.4.6 Tlakové čidlo pro měření hladiny

Základní zapojení tlakového čidla MPX5010DP firmy Freescale je na obr. 24.

Parametry :

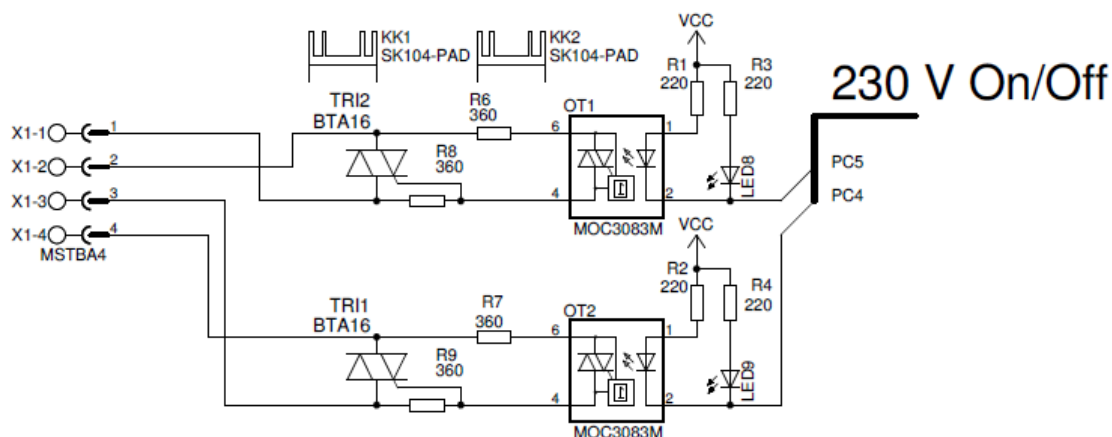
- Rozsah měřených tlaků      0 – 10 kPa (1019 mm H<sub>2</sub>O)
- Citlivost                              450 mV/kPa (4,4 mV/mm H<sub>2</sub>O)



Obrázek 24: Tlakové čidlo MPX5010DP(převzato z [8])

#### 4.4.7 Spínání 230 V zátěže (ventil + čerpadlo)

Pro spínání 230 V zátěže, což představuje jeden ventil a čerpadlo, bylo využito triaku BTA16, který je od řídicí logiky oddělen optočlenem MOC3083M.

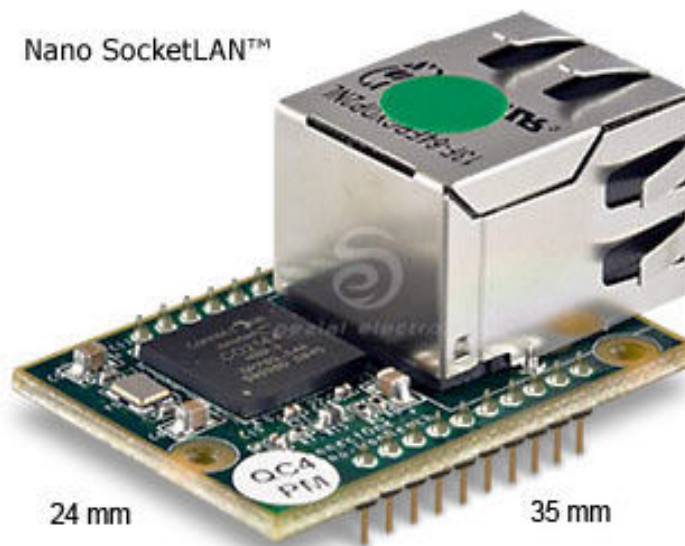


Obrázek 25: Schéma zapojení spínání 230 V zátěže pomocí triaku

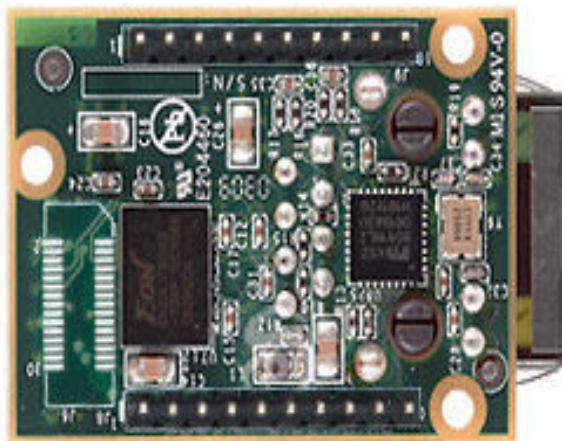
#### 4.4.8 Web server

(Čerpáno z [9])

Pro minimalizaci spotřeby elektrické energie byl Web server realizován modulem NanoSocket LAN od firmy ConnectOne.



Obrázek 26: Web server – Top (Převzato z [9])



Obrázek 27: Web server – Bottom (Převzato z [9])

Jádrem modulů [Connect One](#) je IP procesor [CO2128](#). Do modulů lze nahrát uživatelem vytvořený web server s maximální velikostí 256 kB. Web server může obsahovat prvky jako HTML stránky, obrázky, grafiku, Java applety, linky na externí stránky.

Moduly obsahují již od výroby druhý – konfigurační web server, který není možné měnit.

*Adresa uživatelského web serveru je:* `http://<IP adresa modulu>`

*Adresa konfiguračního web serveru je:* `http://<IP adresa modulu>/ichip`

Moduly umožňují unikátní vlastnost - tou je definice vlastních parametrů, které rozšíří standardní sadu AT příkazů. Parametrem může být jakýkoli ASCII text (bez mezer) s délkou do 256 znaků, není-li již takový text standardním AT příkazem.

*Příklady:*

*zadání parametru:*

`AT+i<parametr>=<hodnota>`

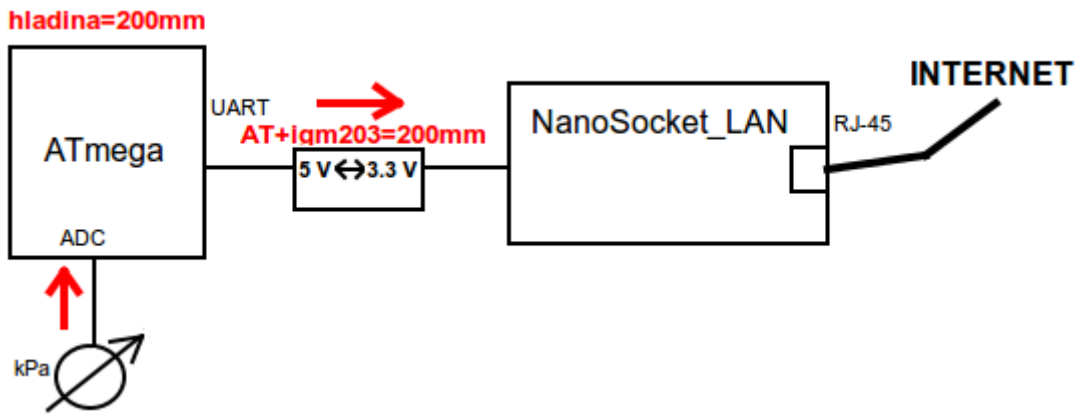
*dotaz na hodnotu parametru:*

`AT+i<parametr>?`

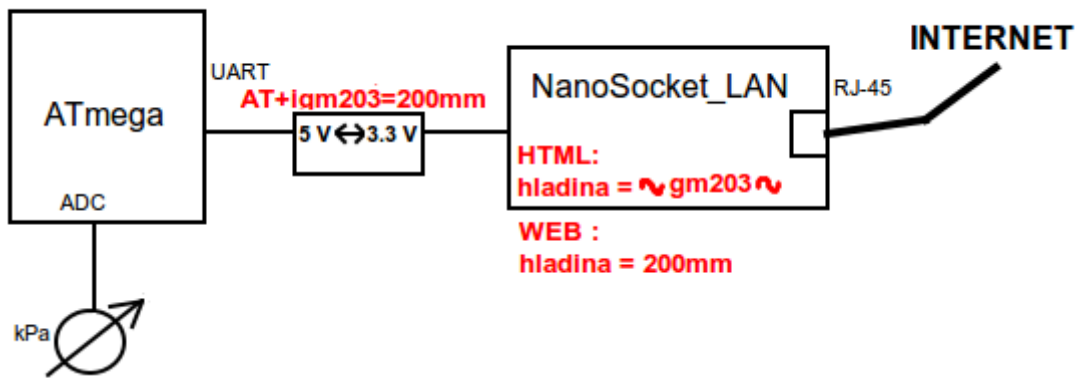
V HTML kódu potom k těmto vlastním parametrům přistupujeme díky speciální syntaxi, název parametru ohraničíme vlnovkami. Např. pro název parametru „tlak“ bude na sériové lince použit řetězec `AT+itlak=1050kPa`, v HTML kódu dosadíme na požadované místo výraz `~tlak~` a webový prohlížeč ukáže hodnotu 1050kPa, což je patrné z obr. 28 a 29.

Je-li hodnota vlastního parametru změněna skrze html stránky, ukládá se změněná hodnota do paměti RAM, odkud ji může řídicí mikrokontrolér vyčíst.

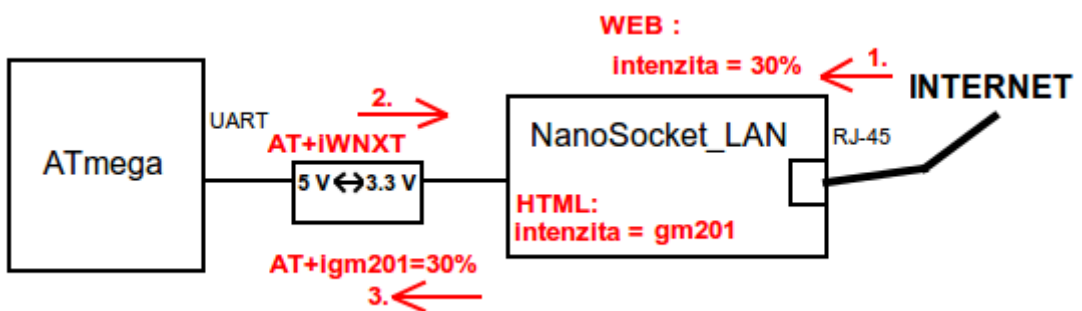
Vyčítání změněných parametrů probíhá za pomoci příkazu `AT+iWNXT`, který změněné parametry vyčítá z paměti modulu a po jednom je posílá řídicímu mikropočítači. Vyčítání lze vidět na obr. 30. Pokud již mikropočítač všechny změněné parametry vyčetl, po zadání příkazu `AT+iWNXT` mu modul vrátí prázdný paket a ukončovací paket I/OK.



Obrázek 28: Předání parametru z mikrokontroléru do web serveru



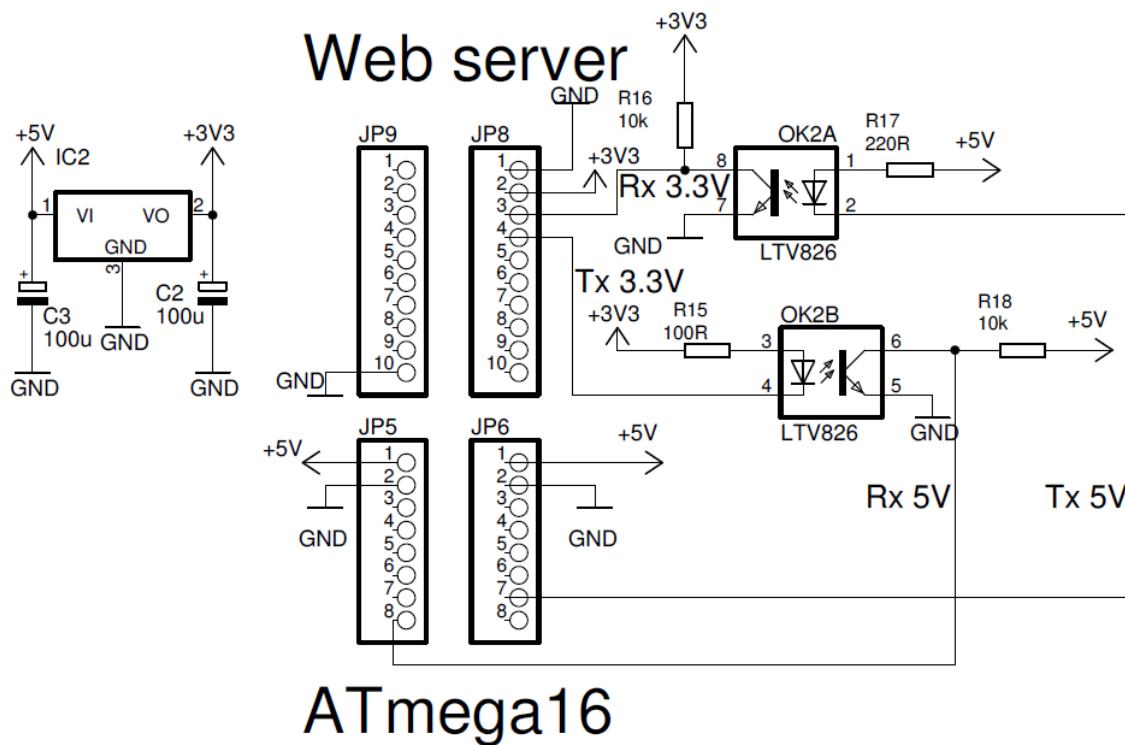
Obrázek 29: Přijmutí parametru web serverem



Obrázek 30: Cesta informace o změně parametru z web serveru do mikropočítače

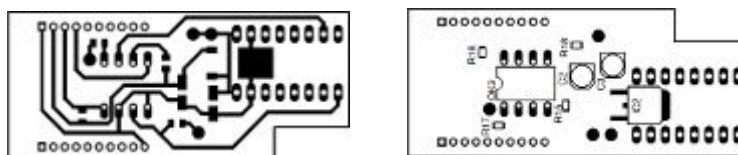
#### 4.4.8.1 Přechodová deska mezi 5 a 3,3 V logikou

Jelikož je web server vyroben pro použití s napájecím napětím 3,3 V a ATmega16 využívá 5 V, bylo třeba vyrobit převodník úrovní.



Obrázek 31: Přechodová deska mezi 5 a 3,3 V logikou

Rozměry desky : 60 x 26 [mm]



Obrázek 32: DPS a osazovací výkres přechodové desky

#### 4.4.8.2 Realizovaný web server

Na obr. 33 je k nahlédnutí jednoduchý web server, který pracuje v prezentačním výrobku.

---

Provoz

1 - ON | 0 - OFF

Provoz SET = 1

Provoz ACTUAL = ON

Parametr	Hodnota
Hladina nádrže	0 mm
Teplota okolí	26 °C
Teplota světla	29 °C
Průběh světla	0.0/18 h ON
Aktuální intenzita světla	29 %
Otáčky ventilátoru prostředí	0 rpm
Otáčky ventilátoru světla	450 rpm
Průtokoměr	0.00 l
Řízení vstřikování	Cas.Interval

Parametr	Hodnota	Parametr	Hodnota
Čas vstřikovacího ventilu	1.0 s <input type="text" value="1.0"/>	Čas prodlevy	3.0 s <input type="text" value="3.0"/>
Čas opakování cyklu	95.0 s <input type="text" value="95.0"/>	Čas čerpadla	10.0 s <input type="text" value="10.0"/>
Počet vstřiků v jednom cyklu	3 <input type="text" value="3"/>	Čas ventilu dávkování	1.1 s <input type="text" value="1.1"/>
Stav světla	ON <input type="text" value="ON"/>	Doba zapnutí světla	18 h on/ 6 h off <input type="text" value="18"/>
Teplota světla pro snížení intenzity	45 °C <input type="text" value="45"/>	Teplota světla pro vypnutí světla	60 °C <input type="text" value="60"/>
Nastavení ventilátoru světla	AUTO <input type="text" value="AUTO"/>	Nastavení ventilátoru prostředí	AUTO <input type="text" value="AUTO"/>
Maximální teplota světla	45 °C <input type="text" value="45"/>	Maximální teplota prostředí	40 °C <input type="text" value="40"/>
Optimální teplota světla	35 °C <input type="text" value="35"/>	Optimální teplota prostředí	33 °C <input type="text" value="33"/>
Minimální teplota světla	30 °C <input type="text" value="30"/>	Minimální teplota prostředí	25 °C <input type="text" value="25"/>

**IP adresa:** 10.1.10.90

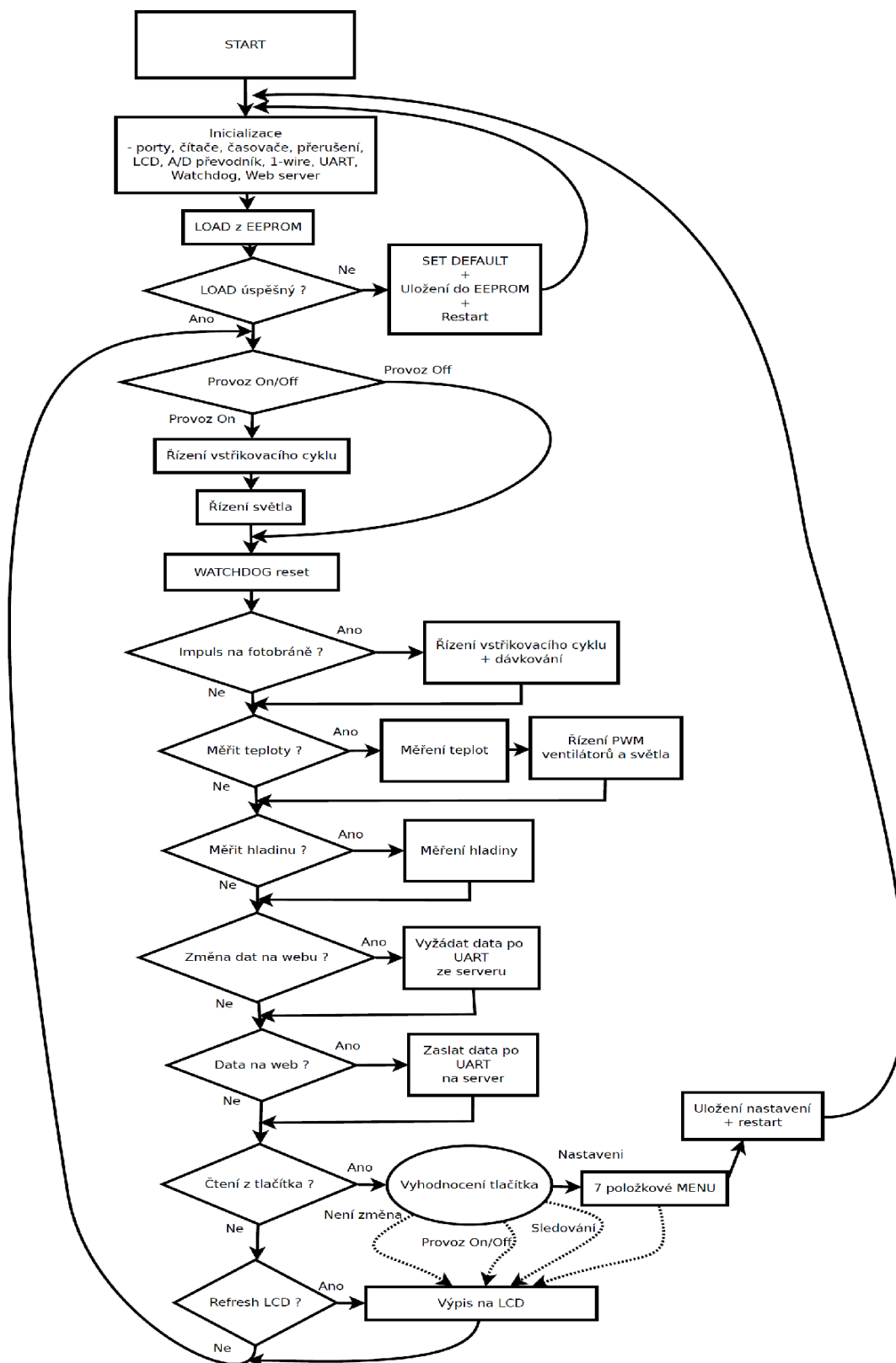
**Brána:** 10.1.10.1

**Maska sítě:** 255.0.0.0

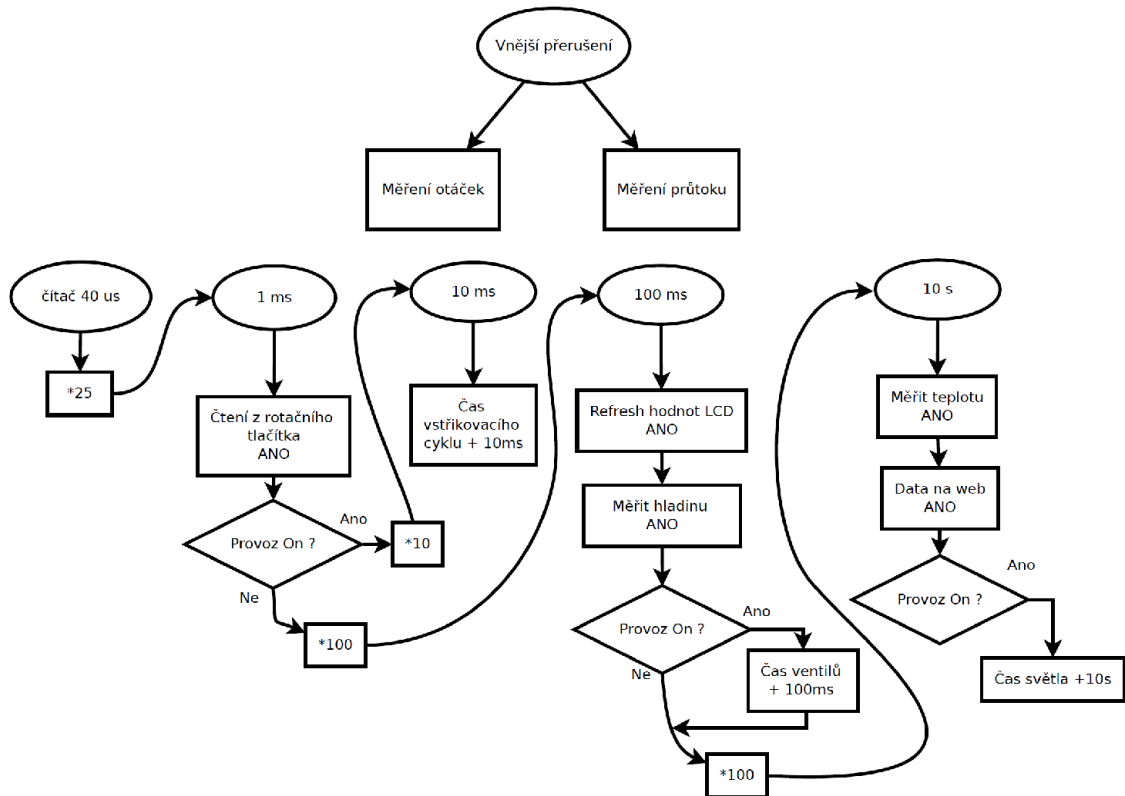
**MACa adresa:** 0003941ACE90

Obrázek 33: Fotografie realizovaného web serveru

#### 4.4.9 Vývojový diagram řídicí jednotky



Obrázek 34: Vývojový diagram řídicí jednotky



Obrázek 35: Vývojový diagram časovací smyčky

#### 4.4.9.1 7 položkové menu

- Provoz jednotky
  - časy ventilu, čerpadla, ochrany, opakování zavlažovacího cyklu
- Nastavení světla
  - intenzita, časový režim (24/0,18/6,12/12, ručně)
- Chod ventilátorů
  - rychlost otáček manuálně nebo automaticky dle teploty, hraniční teploty
- Provoz dávkování
  - časy ventilů, ochrany
- Měření hladiny
  - kalibrace hladinoměru, nastavení alarmní hladiny
- Stav průtokoměru
  - nastavení množství dávkovaného roztoku pro zavlažovací cyklus
- Teplotní čidla
  - nalezení čidel připojených na 1-wire sběrnici a jejich přiřazení

#### 4.4.10 Ukázka ze zdrojového kódu

Následuje definice hlavního vektoru, do kterého se ukládají veškeré důležité hodnoty pro chod programu. K jednotlivým prvkům tohoto vektoru se přistupuje v dílčích částech programu a vektor jako celek se ukládá do paměti EEPROM a také se využívá při komunikaci s webovým serverem.

```
// Nastavení jednotlivých časů vstřikovacího cyklu
#define VENT_CERPADLO    0    //cas 2s
#define VENT_230        1    //cas 0.1s
#define VENT_DELAY      2    //cas 1s
#define VENT_DELAY2    3    // cas 1s
#define VENT_REPEAT     4    //cas vent1+vent2+2xdelay
// Nastavení prvků ovlivňujících vstřikování
#define VENT_CHOD       5
    //0=prutokomer+cas,1=fotocidlo+cas,2=cas,3=vse

//Nastavení světla
#define SVETLO_CHOD     6    //0=off,1=defined,2=custom
#define SVETLO_INTENZITA 7    //0-100%
//Ruční nastavení časového cyklu
#define SVETLO_CUSTOM   8    //x hodin / 24h T
//Předdefinované časové cykly
#define SVETLO_PRE      9    //0=24/0,1=18/6, 2=12/12
//Teplotní limity pro řízení světla
#define SVETLO_LIM     10    //tepl. na snizeni intenzity
#define SVETLO_MAX     11    //tepl. pro vypnuti

//Nastavení ventilátorů
#define FAN_1          12    //0=off,1=on,2=auto
#define FAN_2          13    //0=off,1=on,2=auto
    //režim auto reaguje na teplotní limity
#define FAN_1_OT       14    //40-100%
#define FAN_2_OT       15    //40-100%
//Nastavení teplotních limitů pro řízení ventilátorů
#define FAN_1_DH       16    //minimalni teplota
#define FAN_1_SH       17    //optimalni teplota
```

```

#define FAN_1_HH          18    //maximalni teplota
#define FAN_2_DH          19    //minimalni teplota
#define FAN_2_SH          20    //optimalni teplota
#define FAN_2_HH          21    //maximalni teplota

//Nastaveni času dávkovacího ventilu
#define VENT_12           22    //cas 0.1s

//Nastaveni hladinoměru
#define HLADINA_LIM      23    //lim. hladina/vypnuti,error
#define HLADINA_MM       24    //aktuální hladina
#define HLADINA_D1H      25    //D1 a D2 představují
#define HLADINA_D2H      26    //kalibrační hodnoty
#define HLADINA_D1L      27    //hladinoměru
#define HLADINA_D2L      28

//Nastavení dávkovacího množství průtokoměrem
#define VENT_MLH          29    //mnozstvi vody pro zavreni
#define VENT_MLL          30    //ventilu

//Komunikační adresy přiřazených teplotních čidel
#define TCS_H             31    //tep. cidlo pro svetlo
#define TCS_L             32    //tep. cidlo pro svetlo
#define TCP_H             33    //tep. cidlo pro prostredi
#define TCP_L             34    //tep. cidlo pro prostredi

//Průtokoměr umožňuje měřit ve dvou režimech, což ovlivňuje
//počet vysílaných pulzů pro měření
#define PRUTOK_NAS        35    //0- 2500 p/l  1- 10000 p/l
#define POCET_VSTRIKU     36

//Kontrolní součet pro ověření správnosti zápisu do EEPROM
#define CRC_H             37
#define CRC_L             38

```

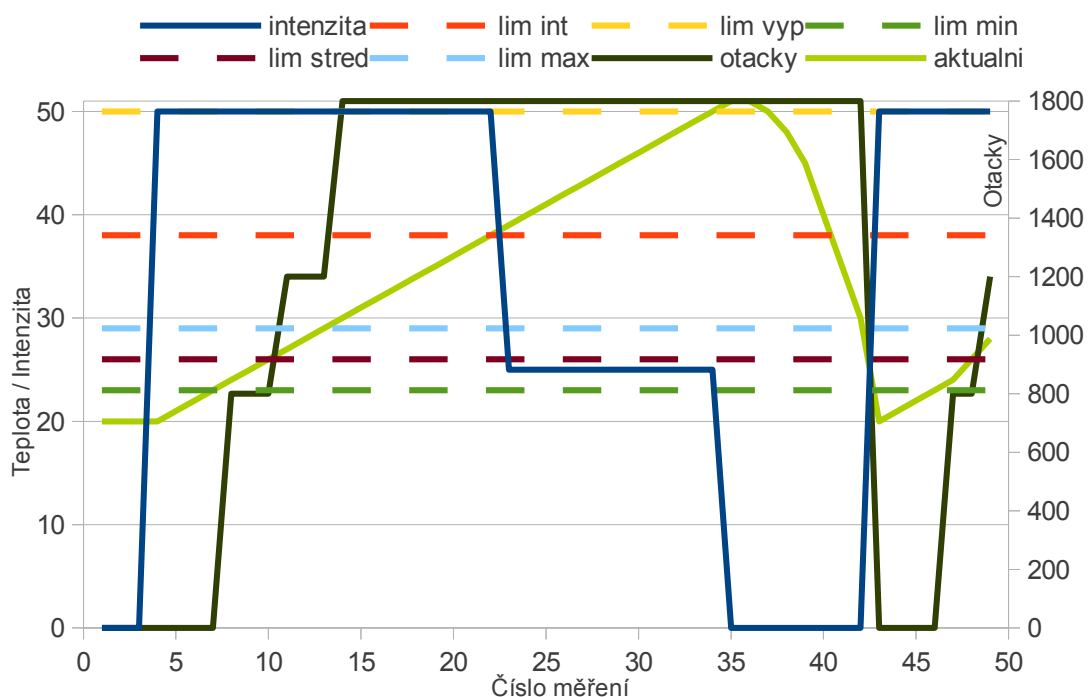
```
//Udává velikost hlavního vektoru
#define AMOUNT          39
//Vlastní vytvoření hlavního vektoru
unsigned char gm[AMOUNT];
eeprom unsigned char gme[AMOUNT];
```

#### 4.4.11 Měření na řídicí jednotce

lim int	lim vyp	lim min	lim stred	lim max
38 [°C]	50 [°C]	23 [°C]	26 [°C]	29 [°C]
ID	Intenzita [%]	otacky [rpm]	aktualni [°C]	
1	0	0	20	
2	0	0	20	
3	0	0	20	
4	50	0	20	
5	50	0	21	
6	50	0	22	
7	50	0	23	
8	50	800	24	
9	50	800	25	
10	50	800	26	
11	50	1200	27	
12	50	1200	28	
13	50	1200	29	
14	50	1800	30	
15	50	1800	31	
16	50	1800	32	
17	50	1800	33	
18	50	1800	34	
19	50	1800	35	
20	50	1800	36	
21	50	1800	37	
22	50	1800	38	
23	25	1800	39	
24	25	1800	40	
25	25	1800	41	
26	25	1800	42	
27	25	1800	43	
28	25	1800	44	
29	25	1800	45	
30	25	1800	46	
31	25	1800	47	
32	25	1800	48	
33	25	1800	49	
34	25	1800	50	
35	0	1800	51	
36	0	1800	51	
37	0	1800	50	
38	0	1800	48	
39	0	1800	45	
40	0	1800	40	
41	0	1800	35	
42	0	1800	30	
43	50	0	20	
44	50	0	21	
45	50	0	22	
46	50	0	23	
47	50	800	24	
48	50	800	26	
49	50	1200	28	

Tabulka 1: Měření teplotních limitů na řídicí jednotce

### Záznam z praktického měření teplotních limitů



Obrázek 36: Záznam z praktického měření teplotních limitů

Jak je z tab.1 a obr.32 patrné, pro měření byly nastaveny následující parametry :

- pro ventilátor :      minimální teplota = 23 °C  
                               optimální teplota = 26 °C  
                               maximální teplota = 29 °C
- pro světlo :            teplota pro snížení intenzity = 38 °C  
                               teplota vypnutí světla = 50 °C  
                               intenzita světla = 50 %

Po začátku měření se rozsvítí světlo na požadovanou intenzitu, teplota světla stoupá, ventilátor stojí. Jak teplota světla přesáhne minimální teplotu ventilátoru, nastaví se 800 otáček na ventilátoru. Pokud teplota přesáhne optimální teplotu ventilátoru, nastaví se 1200 otáček ventilátoru, po přesažení maximální teploty ventilátoru se nastaví maximální otáčky ventilátoru. Přesáhne-li i při plných otáčkách ventilátoru teplota světla hranici pro snížení intenzity, klesne intenzita světla na polovinu nastavené hodnoty a pokud přesáhne teplotu pro vypnutí, dojde ke zhasnutí světla. Světlo se opět rozsvítí po poklesu teploty pod nejnižší nastavenou mez.

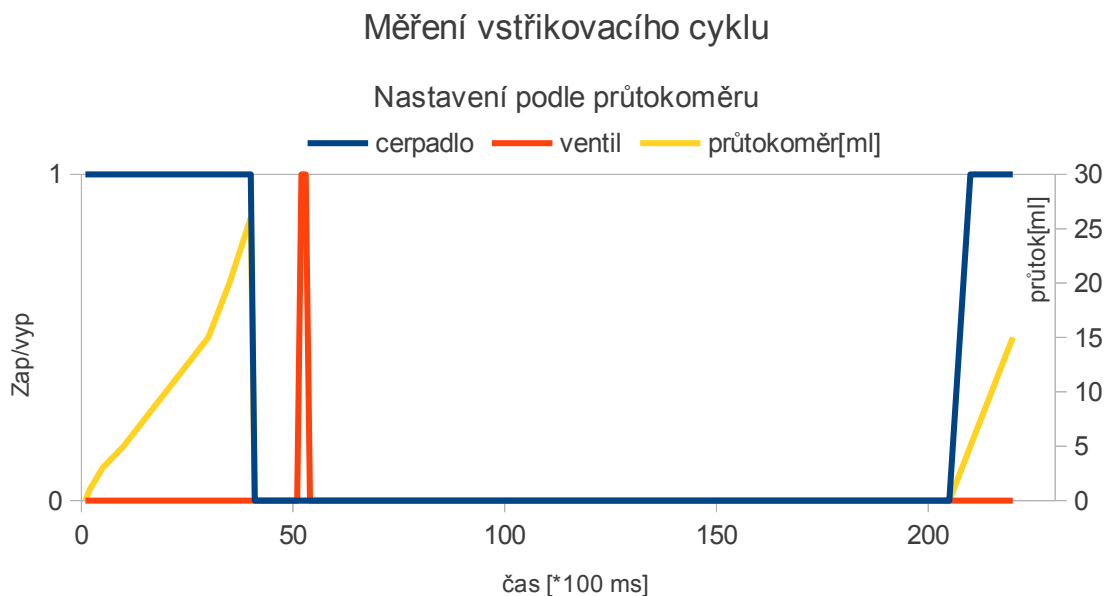
## Měření vstřikovacího cyklu :

Nastavené parametry :

Čerpadlo zapnuté :	3 s
Ochranný interval:	1 s
Ventil otevřený:	0,1 s
Opakování cyklu po :	15 s
Objem roztoku :	25 ml

Vstřikovací cyklus může pracovat ve více režimech, podle toho, jak uživatel požaduje. Na obr. 33 je znázorněna situace, kdy bylo nastaveno dané množství roztoku měřeno průtokoměrem. Čerpadlo je sepnuto, dokud průtokoměr nezměří dané množství roztoku. Nebo je možné řídit čerpadlo fotobránou, kdy je čerpadlo sepnuté, dokud fotobrána nezaznamená průlet kapky, tzn. že vstřikovací potrubí je zcela zaplněné roztokem, tato situace je na obr. 35. Dále je možno nastavit pevné časy, kdy je čerpadlo sepnuto na předem pevně nastavenou dobu, což zachycuje obr.34. V poslední řadě lze nastavit všechny tři režimy naráz, kdy se čeká, která první podmínka přeruší chod čerpadla.

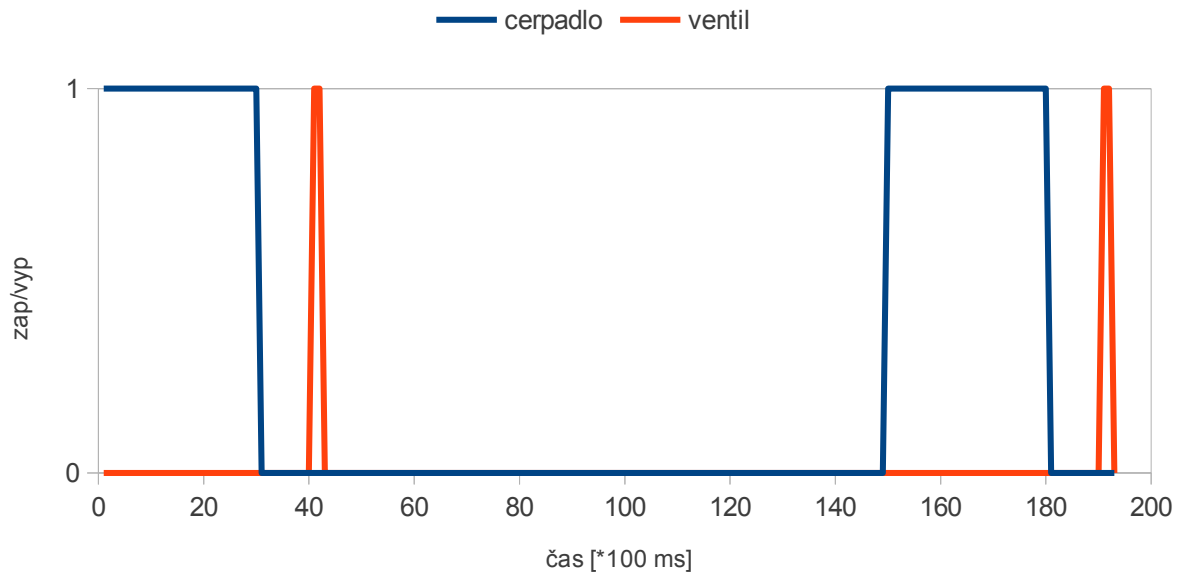
Na obr.36 je k vidění realizovaná řídicí jednotka a na obr. 37 realizovaný vstřikovací systém, který je dále na obr.38 a 39 zachycen v okamžiku zavlažení – mlhování.



Obrázek 37: Měření vstřikovacího cyklu podle průtokoměru

### Měření vstřikovacího cyklu

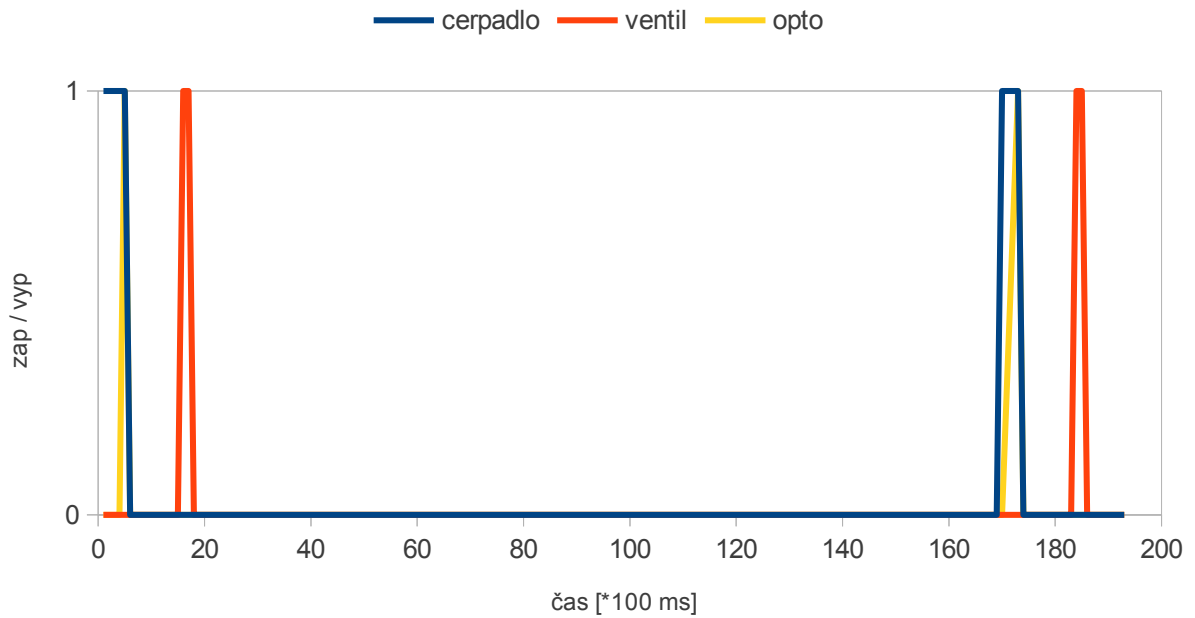
Nastavení podle pevných časů



Obrázek 38: Měření vstřikovacího cyklu podle pevných časů

### Měření vstřikovacího cyklu

Nastavení podle fotobrány



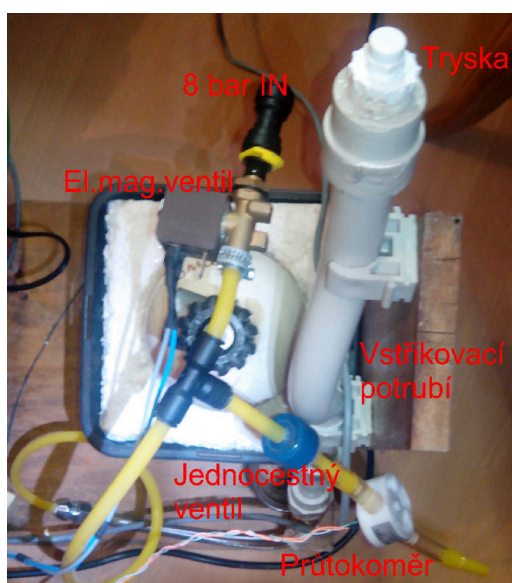
Obrázek 39: Měření vstřikovacího cyklu podle fotobrány

### Měření spotřeby elektrické energie:

Řídicí jednotka s čidly a web serverem má příkon 7 W. Poté už záleží jaké se použijí další dílčí komponenty systému. V prezentačním modelu je kupříkladu elektricky ovládaný ventil, který při otevření zvedá celkový příkon o 3,5 W. LED osvětlení je největším spotřebitelem v celém přípravku, je-li intenzita světla nastavena na 10 %, vzroste spotřeba o 3,4 W, při 25 % o 7,3 W a při 50% je celková spotřeba přípravku 21 W, avšak při vypnutém čerpadlu.



Obrázek 40: Fotografie řídicí jednotky



Obrázek 41: Fotografie vstřikovacího systému



Obrázek 42: Fotografie v okamžiku zavlažení - mlhování 1



Obrázek 43: Fot. v okamžiku zavlažení - mlhování 2

## 5 ZÁVĚR

Tato práce představila historii pěstování rostlin bez půdního substrátu a také ukázala základní typy systémů používaných pro pěstování bez půdního substrátu. Dále nastínila možnost návrhu celého aeroponického systému typu TAG, u kterého se namísto běžně používaného vysokotlakého čerpadla využívá vysokotlakého vzduchového kompresoru. Navrhovaná řídicí jednotka byla pro potřebu minimální spotřeby elektrické energie realizována mikropočítačem ATmega16 a malým webovým serverem jako samostatným modulem. Řídicí jednotka s čidly a web serverem má příkon 7 W.

Jednotka měla dle původního návrhu obstarávat i měření a regulaci pH, toho ovšem nebylo dosaženo, neboť drtivá většina běžně dostupných pH metrů nedisponuje datovým výstupem pro propojení měřáku s mikropočítačem. Tento problém měl být vyřešen optickou vazbou přes webkameru a následným vyhodnocením obrazu pomocí korelačního algoritmu. Tato vazba byla smýšlena pro realizaci řídicí jednotky pomocí běžného PC s dostatečným výpočetním výkonem, při volbě mikropočítače byla tato možnost z konceptu odebrána. Jako náhradní řešení se do budoucna uvažuje použití IP kamery a vyhodnocování obrazu pomocí algoritmu na vzdáleném serveru. Alespoň byl realizován blok řízeného dávkování pH regulační kapaliny pro ověření jeho použitelnosti do budoucna.

# Literatura

- [1] SALZER, E.H. *Pěstování rostlin bez půdy* ; SZN 1968
- [2] SPACE.PUSSY. *TAG: Pěstování pomocí opravdového Aerosolu* [online]. 2008 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://grower.cz/forum/showthread.php?s=&threadid=34662&perpage=16&pagenumber=1>
- [3] PAGLIARULO, Christopher a Anita HAYDEN. UNIVERSITY OF ARIZONA. *POTENTIAL FOR GREENHOUSE AEROPONIC CULTIVATION OF MEDICINAL ROOT CROPS* [online]. 2001 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: [http://aerofarms.com/wordpress/wp-content/files\\_mf/1265411630GrowingMedicinalCropswithAeroponics.pdf](http://aerofarms.com/wordpress/wp-content/files_mf/1265411630GrowingMedicinalCropswithAeroponics.pdf)
- [4] MALÝ, Martin. REDAKCE HW SERVERU. *Sběrnice I-Wire™* [online]. 2004 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/sbernice-1-wiretm.html>
- [5] DALLAS SEMICONDUCTOR. *DS18B20* [online]. 2008 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>
- [6] VISHAY. *CNY70* [online]. 2009 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.vishay.com/docs/83751/cny70.pdf>
- [7] BIOTECH. *FCH-m-PP-LC* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/prutokomer-fch-mini-pp-biotech-0-015-0-8-1-min.k155374>
- [8] FREESCALE. *MPX5010* [online]. 2012 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: [http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPX5010.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX5010.pdf)
- [9] CONNECTONE. *Nano SocketLAN™* [online]. 2009 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: [http://www.connectone.com/wp-content/uploads/2012/05/Nano\\_Socket\\_LAN\\_DS.pdf](http://www.connectone.com/wp-content/uploads/2012/05/Nano_Socket_LAN_DS.pdf)

## Seznam symbolů, veličin a zkratk

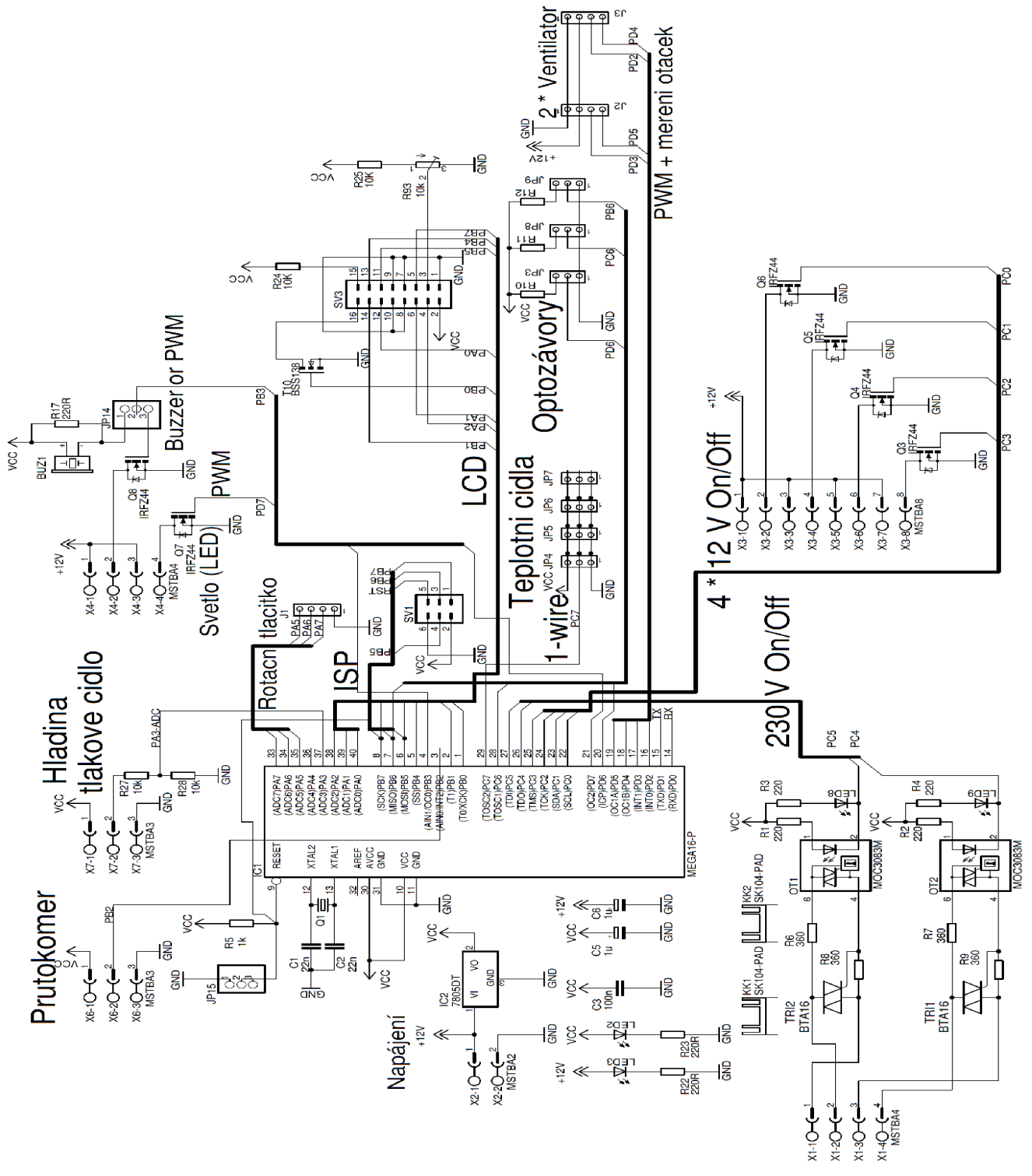
1-w	One wire bus
EC	Electric conductivity
kPa	kilo Pascal
l/h	litrů za hodinu
ms	milisekunda
μm	mikrometr
NFT	Nutrient Film Technique
pH	Potential of hydrogen
PWM	Pulse width modulation
TAG	True Aerosol Growing
V	Voltage

## Seznam příloh

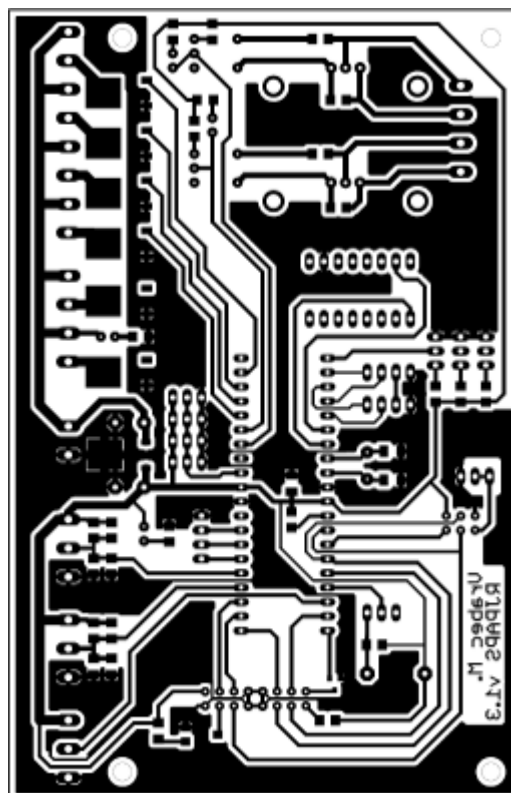
<b>A Návrh řídicí jednotky.....</b>	<b>44</b>
A.1 Schéma řídicí jednotky.....	44
A.2 Deska plošných spojů.....	45
A.3 Osazovací výkres – strana součástek.....	46
A.4 Osazovací výkres – strana spojů.....	46
A.5 Seznam součástek.....	47
<b>B HTML kód web serveru.....</b>	<b>48</b>

# A NÁVRH ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY

## A.1 Schéma řídicí jednotky

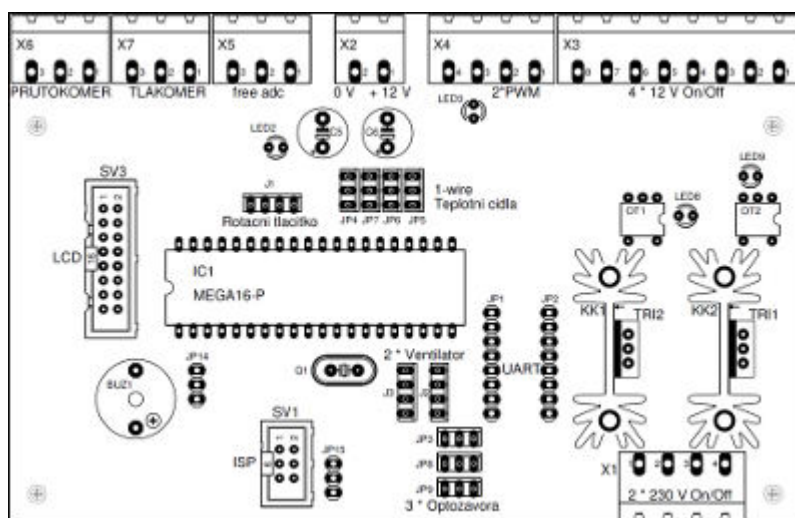


## A.2 Deska plošných spojů



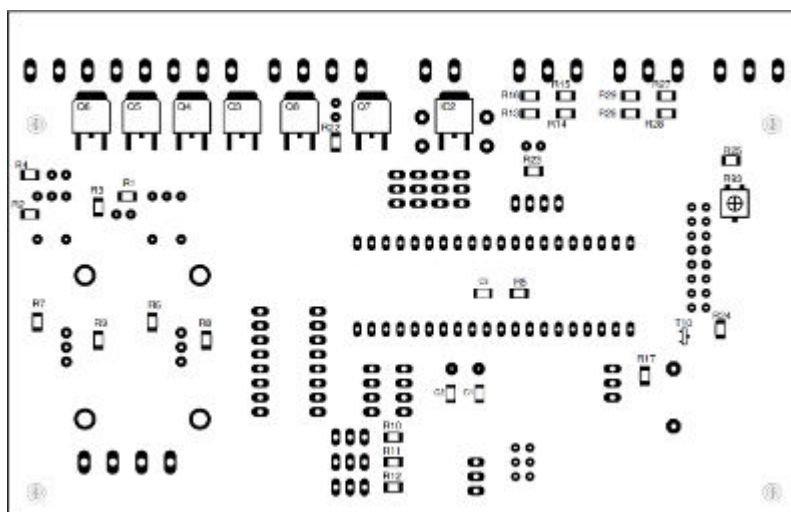
Rozměr desky 90 x 140 [mm], měřítko M 1:1

### A.3 Osazovací výkres – strana součástek



Rozměr desky 140 x 90 [mm], měřítko M 1:1

### A.4 Osazovací výkres – strana spojů



Rozměr desky 140 x 90 [mm], měřítko M 1:1

## A.5 Seznam součástek

Název	Hodnota	Pouzdro	Množství
BUZ1	Bzucak	DOMACI	1
C1,C2	22n	C1206K	2
C3	100n	C1206K	1
C5,C6	1u/16V	E5-8,5	2
IC1	MEGA16-P	DIL40	1
IC2	7805DT	TO252	1
J1	ROTACNI TLACITKO	10X04MTA	1
J2,J3	2 * Ventilator	10X04MTA	2
JP3,JP8,JP9	3 * Optozavora	10X03MTA	3
JP4,JP5,JP6,JP7	4 * Teplotni cidlo	10X03MTA	4
JP14	bzucak x pwm	1X03	1
JP15	reset	1X03	1
KK1,KK2	Chladič	SK104-PAD	1
LED2,LED3	Green LED	LED3MM	2
LED8,LED9	Red LED	LED3MM	2
OT1,OT2	MOC3083M	DIL6M	2
Q1	11.0592 MHz	HC49U70	1
Q3 – Q8	IRFZ44	DDPAK	6
R10 – R12	120R	R1206	3
R1–R4,R17,R22,R23	220R	R1206	7
R6 – R9	360R	R1206	4
R5	1k	R1206	1
R24,R25,R27,R28	10K	R1206	4
R93	10k	RTRIMTS53YL	1
SV1	ISP	ML6	1
SV3	LCD	ML16	1
T10	BSS138	SOT23	1
TRI1	BTA16	TO-220S	1
TRI2	BTA16	TO-220S	1
X1	2 * 230 V On/Off	MSTBA4	1
X2	Napájení 12 V	MSTBA2	1
X3	4 * 12 V On/Off	MSTBA8	1
X4	2 * PWM	MSTBA4	1
X5	Free adc	MSTBA3	1
X6	Průtokoměr	MSTBA3	1
X7	Hladinoměr	MSTBA3	1

## B HTML KÓD WEB SERVERU

```
<HTML>
<head>

<meta charset="windows-1250">
<TITLE>Řídicí jednotka pro aeroponický pěstební systém</TITLE>
</HEAD>
<meta http-equiv="refresh" content="10">
<BODY>

<CENTER>

<FORM METHOD="POST">
  Provoz   &nbsp;  <INPUT   type=text   pattern="[0-1]*"   size=1   name=gm100
value=~gm100~></INPUT><P></P>
  1 - ON | 0 - OFF
<INPUT type=submit value=Potvrdit>

</FORM>
<FORM METHOD="POST">

<P>Provoz SET = ~gm100~</P>
<P>Provoz ACTUAL = ~gm200~</P>
</CENTER>
<table border="1" align="center">
  <tr>
    <th>Parametr</th>
    <th>Hodnota</th>
  </tr>
  <tr>
    <td>Hladina nádrže</td>
    <td>~gm201~</td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Teplota okolí</td>
    <td>~gm202~</td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Teplota světla</td>
```

```

        <td>~gm203~</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Průběh světla</td>
        <td>~gm204~</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Aktuální intenzita světla</td>
        <td>~gm205~</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Otáčky ventilátoru prostředí</td>
        <td>~gm206~</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Otáčky ventilátoru světla</td>
        <td>~gm207~</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Průtokoměr</td>
        <td>~gm208~</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Řízení vstřikování</td>
        <td>~gm209~</td>
    </tr>
</table>

<table border="1" align="center">
    <tr>
        <th>Parametr</th>
        <th>Hodnota</th>
        <th>Parametr</th>
        <th>Hodnota</th>
    </tr>
    <tr>
        <td>Čas vstřikovacího ventilu</td>
        <td>~gm301~ &nbsp;&nbsp;&nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm301
value=10></INPUT><P></P></td>
        <td>Čas prodlevy</td>
        <td>~gm302~ &nbsp;&nbsp;&nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm302
value=30></INPUT><P></P></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Čas opakování cyklu</td>

```

```

        <td> ~gm303~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm303
value=95></INPUT><P></P></td>
        <td>Čas čerpadla</td>
        <td> ~gm300~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm300
value=10></INPUT><P></P></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Počet vstříků v jednom cyklu</td>
        <td> ~gm321~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm321
value=3></INPUT><P></P></td>
        <td>Čas ventilu dávkování</td>
        <td> ~gm320~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm320
value=11></INPUT><P></P></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Stav světla</td>
        <td> ~gm304~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm304
value=0></INPUT><P></P></td>
        <td>Doba zapnutí světla</td>
        <td> ~gm306~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm306
value=18></INPUT><P></P></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Teplota světla pro snížení intenzity</td>
        <td> ~gm308~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm308
value=45></INPUT><P></P></td>
        <td>Teplota světla pro vypnutí světla</td>
        <td> ~gm309~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm309
value=60></INPUT><P></P></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Nastavení ventilátoru světla</td>
        <td> ~gm311~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm311
value=2></INPUT><P></P></td>
        <td>Nastavení ventilátoru prostředí</td>
        <td> ~gm310~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm310
value=2></INPUT><P></P></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Maximální teplota světla</td>
        <td> ~gm316~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm316
value=45></INPUT><P></P></td>
        <td>Maximální teplota prostředí</td>
        <td> ~gm319~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm319
value=40></INPUT><P></P></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Optimální teplota světla</td>

```

```

        <td> ~gm315~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm315
value=35></INPUT><P></P></td>
        <td>Optimální teplota prostředí</td>
        <td> ~gm318~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm318
value=33></INPUT><P></P></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Minimální teplota světla</td>
        <td> ~gm314~ &nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm314
value=30></INPUT><P></P></td>
        <td>Minimální teplota prostředí</td>
        <td> ~gm317~&nbsp;<INPUT type=text size=1 name=gm317
value=25></INPUT><P></P></td>
    </tr>
</table>

<CENTER>

<INPUT type=submit value=Potvrdit>
</FORM>
<table border="0" cellpadding="6" cellspacing="0">
<tr>
<td align="left"><strong>IP adresa:</strong></td>
<td>~IPA~</td>
<td>&nbsp;</td>

</tr>
<tr>
<td align="left"><strong>Brána:</strong></td>
<td>~IPG~</td>
<td>&nbsp;</td>
<td>&nbsp;</td>
<td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
<td align="left"><strong>Maska síte:</strong></td>
<td>~SNET~</td>
<td>&nbsp;</td>

</tr>
<tr>
<td align="left"><strong>MACa adresa:</strong></td>
<td>~MACA~</td>
<td>&nbsp;</td>
<td>&nbsp;</td>

```

```
<td>&nbsp;</td>
```

```
</tr>
```

```
</table>
```

```
</CENTER>
```

```
</BODY>
```

```
</HTML>
```