ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ŘÍDICÍ TECHNIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Model realtime řídicího systému

2005 Pavel Dohnal

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne ……..

……..……..……

Pavel Dohnal

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Zdeňkovi Šebkovi za věcné připomínky a vedení při tvorbě této diplomové práce, Ing. Michalovi Sojkovi za konzultace k RTLinuxu, Ing. Pavlovi Píšovi za cenné rady a panu Vladimíru Čmelíkovi za pomoc a ochotu při zhotovení modelu. Dále bych rád poděkoval svým rodičům a blízkým za podporu ve studiu.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je sestavení realtimového modelu systému, který bude sloužit jako programovací učební pomůcka.

Hlavní částí modelu je rotující válec, na němž je řada svítivých diod, které v konečném efektu vytvářejí obrazec. K jejich řízení je použit počítač PC/104, který má za úkol přijmout aplikaci a umožnit její spuštění. Samotné řízení zobrazování je úkolem zaslané aplikace.

V práci jsou shrnuty základní způsoby bezdrátové komunikace a běžně používané realtimové operační systémy pro řízení a dále je popsán model, jeho konstrukce, programování a návrh potřebného hardwaru.

Abstract

The purpose of the diploma thesis is construction of the real-time model, which can be used as learning tool.

The main part of the model is whirl cylinder with column of superluminuos diodes, which forms a figure at final effect. The model is controlled by computer PC/104. Its task is to upload an application and to allow the program running. The directing of image effect is the task of the sent application.

The thesis contains model description, its construction and control software, basic ways of wireless communication and commonly used real-time operating control systems.

Obsah

1. ÚVOD 1

2. BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE 3

2.1. BLUETOOTH 5
2.1.1. Topologie a síťové prvky 5
2.1.2. Aplikace 6
2.2. WI-FI (IEE 802.11) 7
2.2.1. Topologie, síťové prvky 7
2.2.2. Aplikace 8
2.2.3. Zabezpečení 9
2.2.4. Přenosová rychlost IEEE 802.11b 9
2.2.5. Zvýšení přenosové rychlosti IEEE 802.11b 9
2.2.6. Dosah IEEE 802.11b 10
2.3. GSM-GPRS 10
2.4. GSM-HSCSD 11
2.5. UMTS 11
2.6. PROPRIETÁRNÍ ŘEŠENÍ 11

3. REALTIME OPERAČNÍ SYSTÉMY 12

3.1. WINDOWS NT/2000/XP + RTX 13
3.2. RTLINUX 14

4. NÁVRH MODELU 15

4.1. POČÍTAČ PC/104 16
4.2. PC/104 MODUL S PCMCIA SLOTY 16
4.3. SÍŤOVÁ KARTA WI-FI 17
4.4. STEJNOSMĚRNÉ MOTORY 17
4.5. TRANSFORMÁTOR 17

5. NÁVRH HARDWARU 19

5.1. NAPÁJENÍ (MODUL 1) 19
5.1.1. Schéma zapojení 19
5.1.2. Popis zapojení 19
5.1.3. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek 20
5.1.4. Seznam součástek 21
5.2. PWM ŘÍZENÍ (MODUL 2) 22
5.2.1. Schéma zapojení 22
5.2.2. Popis zapojení 22
5.2.3. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek 25
5.2.4. Seznam součástek 26

5.3. IMPULSNÍ ZDROJ 5V/5A (MODUL 3) 27
5.3.1. Schéma zapojení 27
5.3.2. Popis zapojení 27
5.3.3. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek 30
5.3.4. Seznam součástek 31
5.4. ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKA (MODUL 4) 32
5.4.1. Schéma zapojení 32
5.4.2. Popis zapojení 32
5.4.3. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek 33
5.4.4. Seznam součástek 34
5.5. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY 35

6. NÁVRH SOFTWARU 36

6.1. VOLBA REALTIMOVÉHO OPERAČNÍHO SYSTÉMU 36
6.2. INSTALACE LINUXU S PODPOROU RT 37
6.3. OVLÁDÁNÍ RT JÁDRA 41
6.4. OVLADAČ SÍŤOVÉ KARTY 41
6.5. OVLADAČ PARALELNÍHO PORTU 42
6.6. KOMUNIKACE S PARALELNÍM PORTEM 43
6.7. NAPROGRAMOVÁNÍ UKÁZKOVÉ APLIKACE 44
6.8. KOMPILOVÁNÍ APLIKACE 44
6.9. ZASLÁNÍ APLIKACE DO MODELU 45
6.10. SPUŠTĚNÍ APLIKACE V MODELU 45

7. ZÁVĚR 46

7.1. ŘEŠENÍ PRÁCE 46
7.2. DODATEČNÉ ÚPRAVY MODELU 47
7.3. SPOLEHLIVOST SYSTÉMU 47
7.4. FUNKČNOST SYSTÉMU 48
7.5. MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ 49

LITERATURA 50

POUŽITÉ ZKRATKY A POJMY 52

PŘÍLOHA A – SPECIFIKACE 55

PŘÍLOHA A1: PC/104 ADVANTECH PCM-3350 56
PŘÍLOHA A2: PC/104 PCMCIA MODUL PCM-3112 57
PŘÍLOHA A3: SÍŤOVÁ KARTA WIFI FULBOND XI-325H 58
PŘÍLOHA A4: MOTOR ATAS P2SZ447 59
PŘÍLOHA A5: TRANSFORMÁTOR TRONIC 230V/24V 60
PŘÍLOHA A6: LT1074CT 61
PŘÍLOHA A7: IRF3205 62

PŘÍLOHA B – GNU LICENCE 63

PŘÍLOHA C – OBSAH PŘILOŽENÉHO CD 73

1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá *realtimovými* operačními systémy, využitím bezdrátových komunikací v těchto systémech a dále je navržen a zkonstruován model, který umožňuje tyto technologie využívat.

Realtimové systémy, tj. systémy pracující v reálném čase, mají uplatnění všude, kde je potřeba okamžité odezvy na podněty. Využívá se jich v rozmanitých aplikacích, např. v dopravě, v průmyslu, v elektrárnách, ve vesmíru, ale třeba i v počítačové zábavě. V současné době jsou implementovány na rozmanitých platformách a úrovních hardwaru počínaje mikrokontroléry, průmyslovými automaty a konče osobními a specializovanými počítači pro různorodé využití.

Pojem reálného času je v automatizaci technologických procesů relativní. Při řízení rychlých pohybů může jít o doby odezvy v řádu mikrosekund, při běžném řízení strojů o milisekundy a např. při dispečerském řízení procesů běžně o jednotky sekund. To představuje rozmezí v rozsahu nejméně pěti řádů.

U volby vhodného realtimového komunikačního prostředku závisí nejen na požadované rychlosti odezvy a na komunikační vzdálenosti, ale i na přenosové rychlosti, která je závislá na objemu přenášených dat. *Bluetooth* lze použít v aplikacích, kde je postačující datový tok do cca 721 kb/s a vzdálenost zařízení do 100 m. Pokud je potřeba přenášet větší objemy dat nebo je nutné komunikovat na větší vzdálenosti, řádově v desítkách kilometrů, je vhodnější využít některý ze standardů *Wi-Fi*. Nejrozšířenější z nich, *IEEE 802.11b*, nabízí přenosové rychlosti do 11 Mb/s, upravená modifikace podle *IEEE 802.11g* dokonce až 54 Mb/s. Důležité je si uvědomit, že každá překážka v komunikační cestě (např. zdi budov) způsobuje útlum signálu a zkracuje maximální vzdálenosti mezi komunikujícími stranami. Podrobněji je tato tématika rozebrána v následující kapitole.

S možností využít *Ethernet* a jeho bezdrátové modifikace jako univerzální síť v současných průmyslových podnicích se stává diskuse o *Ethernetu* v reálném čase nevyhnutelnou. V porovnání s dosavadními firemními (proprietárními, tzn. nestandardními) sítěmi představuje *Ethernet* velký skok směrem dopředu. Jeho větší

šířka pásma umožňuje přenášet daleko více údajů z prostředí výroby do rozsáhlých podnikových informačních systémů, které je také stále častěji vyžadují.

V závislosti na použitém hardwaru je možno zvolit nejlépe vyhovující programové vybavení. Nejdostupnějším řešením je použití počítače kompatibilního s PC, a na tento počítač nainstalovat realtimový operační systém. V praxi se jedná zpravidla o modifikace Windows (např. CE, RTX), Linuxu (úprava pomocí RT knihovny) nebo operační systémy typu *QNX*, *VxWorks* apod. Existuje několik filosofií koncepce těchto *OS*, např. u Windows se sníží doba odezvy (*timelatency*) z 5 ms pod 5 µs a je k dispozici spuštění omezeného počtu realtimových úloh. U Linuxu se doinstaluje nové jádro (*RT kernel*), které se stane hlavním, a původní jádro běží jako proces s nižší prioritou. Opět je k dispozici omezený počet realtimových úloh, *timelatency* je typicky 10 µs. Zatímco v RTLinuxu se k běžným službám, jako je komunikace nebo zobrazování informací, využívá původního jádra, tak např. v systému *VxWorks* je pouze jedno jádro, které přímo tyto služby podporuje. Touto problematikou se zabývá třetí kapitola.

Stavebním kamenem navrženého modelu je průmyslový počítač PC/104, který je softwarově plně kompatibilní se standardem PC-AT. Co se týče hardwaru, umožňuje připojit CF a notebookový pevný disk a má integrované standardní porty (jeden paralelní, dva sériové a dva USB), grafickou VGA kartu a síťovou kartu *LAN*. Pomocí rozšiřujícího modulu *PCMCIA* je k němu připojena bezdrátová karta *Wi-Fi*.

Návrh modelu je popsán ve čtvrté kapitole, v páté kapitole jsou navrženy všechny potřebné obvody (*PWM*, impulsní zdroj, panel s LED diodami) a v šesté kapitole je zdůvodněna volba operačního systému RTLinux včetně popisu instalace, programování a přístupu k paralelnímu portu.

V přílohách jsou základní parametry použitých komponent a speciálních součástek, dále český překlad *GNU* licence (použité programové vybavení je šířeno pod touto licencí) a pro úplnost je připojen obsah přiloženého CD. Na tomto CD jsou uloženy internetové stránky, na které je v textu odkazováno, katalogové údaje součástek, dokumentace ke komponentám a zdrojové soubory potřebné ke správné instalaci RTLinuxu s podporou potřebných zařízení.

Práce je doplněna seznamem použitých pojmů ke snadnějšímu porozumění textu.

2. Bezdrátová komunikace

V této kapitole je popsána historie a způsoby bezdrátového přenosu dat, nejpoužívanější standardy pro bezdrátovou komunikaci, jejich použití, výhody a nevýhody. Jelikož standardy *Bluetooth* a *Wi-Fi* jsou pro návrh realtimového modelu nejzajímavější, jsou rozebrány podrobněji. Užitečné informace k problematice bezdrátového přenosu a bezdrátových sítí lze nalézt v [1] a [2].

V současné době existuje několik různých prostředků umožňujích bezdrátové přenášení dat.

Tyto prostředky lze rozdělit podle použitých fyzikálních principů na:

- **Rádiové přenosy -** pro přenos dat využívají elektromagnetické vlnění v rádiové části spektra, tj. rádiové vlny s nízkým kmitočtem, které do značné míry dokáží obejít překážku, a pokrýt tak velkou část potřebného prostoru.
- **Mikrovlnné přenosy -** rádiové vlny s frekvencí nad 100Mhz, které umožňují soustředit energii do úzkého svazku, a ten směrovat na konkrétní cíl. Nevýhoda je, že takovýto svazek prakticky nedokáže obejít terénní překážky, ani jimi projít.
- **Infračervené přenosy -** jedná se o přenosy pomocí vln v infračervené části spektra. Neprostupují skrz překážky a jsou omezeny na malý souvislý prostor, např. infraport u notebooků či mobilních telefonů.
- **Světelné přenosy -** varianta přenosu ve viditelné části spektra, kdy úzký světelný paprsek je šířen vzduchem. Při komunikaci se použije dvojice protisměrných paprsků. Nevýhodou je velká závislost na atmosférických podmínkách a vysoký požadavek na přesnost směrování.

Pro *realtimovou* bezdrátovou komunikaci je mikrovlnný přenos nejpraktičtější zejména díky dosahovaným přenosovým rychlostem a komunikačním vzdálenostem, a proto je zbytek kapitoly věnován hlavně těmto technologiím.

Dříve se bezdrátová komunikace využívala zejména pro přenos hlasu (především u námořnictva, protože na pevnině převládal telegraf a telefon). V pozdější době našel

tento způsob komunikace uplatnění pro digitální přenos dat. Významnými aplikacemi jsou bezdrátový přístup k lokálním počítačovým sítím a datová komunikace mezi autonomními zařízeními. Implementace existuje nejen pro osobní počítače, ale i pro různé průmyslové automaty typu *PLC* apod. S rostoucím využitím bezdrátových přenosů je nutné při jejich použití zvažovat i problematiku obsazení rádiových frekvencí, neboť pásem, ve kterých lze bez licence provozovat bezdrátové komunikace, není mnoho. Například v oblasti 2,4 GHz pracují nejen běžné kuchyňské mikrovlnné trouby, ale také navzájem nekompatibilní zařízení *Bluetooth* a *IEEE 802.11b*. Jelikož dané pásmo není licencované, nelze při použití těchto technologií zaručit, že v dané lokalitě bude v daném pásmu „prostor“ pro další zařízení. Ačkoliv moderní postupy pro omezení vlivu rušení používají rychlé skokové změny frekvence (*frequency hopping*), může další nárůst počtu zařízení pracujících v těchto nelicencovaných frekvenčních pásmech způsobit, že pásma nebudou rozumně použitelná pro aplikace, které vyžadují spolehlivý přenos dat.

Zařízení pro budování sítí *WLAN* obecně umožňují pracovat ve frekvenčních pásmech jak licencovaných, tak nelicencovaných, v zásadě v rozsahu od 900 MHz do 6 GHz. Původně byl vývoj bezdrátových sítí zaměřován především na oblast komerčního použití pro běžné spotřebitelské aplikace. Využití komerčně běžně dostupných bezdrátových komunikací v průmyslovém prostředí, které klade zvýšené nároky na spolehlivost i na práci v reálném čase, není úplně bezproblémové.

Hlavní výhodou bezdrátových komunikací je jejich mimořádná flexibilita, která vyplývá přímo z podstaty bezdrátové komunikace, tedy neexistence kabelových rozvodů. Mezi problematické oblasti při využití bezdrátových komunikací naopak patří napájení (omezená životnost akumulátorů, popř. nutnost instalovat napájecí kabel), spolehlivost (rádiové rušení) a dosah signálu.

Z hlediska dosahu signálu lze bezdrátové komunikace a sítě rozdělit na:

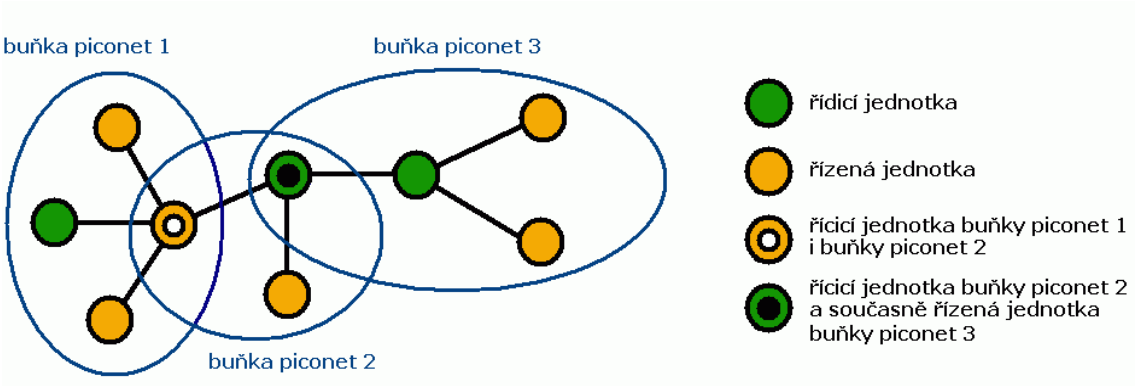
- ***PAN*** (*Personal Area Network*) - místní sítě, dosah jednotky až stovky metrů.
- ***LAN*** (*Local Area Network*) – lokální sítě, dosah stovky metrů až několik kilometrů.
- ***WAN*** (*Wide Area Network*) - globální sítě, pokrytí velkých území.

2.1. Bluetooth

Technologie primárně slouží pro domácí a kancelářské aplikace (např. propojení *PDA*, tiskáren, mobilních telefonů a sad hands-free). Existují řešení pro průmysl, především aplikace typu *cable-replacement*, kdy je pevné vedení nahrazeno bezdrátovým. Standard *Bluetooth* se stal prvním z řady standardů sítí *PAN* začleněných do specifikace *IEEE 802.15*. Využívá nelicencované frekvenční pásmo v oblasti 2,4 GHz s maximální komunikační rychlostí 721 kb/s. Standard podporuje přenosy typů *point-to-point* i *point-to-multi-point*, tzn. mezi dvěma body i mezi bodem a několika body. Dosah standardního komunikačního řešení je 10 až 100 m. Podrobné informace ohledně této technologie jsou v [2] a [3].

2.1.1. Topologie a síťové prvky

Struktura sítě je založena na buňkách *piconet* (Obr.2.1), což je základní komunikační buňka tvořená maximálně osmi jednotkami, kde se jediná jednotka chová jako řídicí jednotka (*master*) a ostatní jako podřízené jednotky (*slave*). Řídicí jednotkou se stává jednotka, která buňku *piconet* vytváří jako první. Tato jednotka je v každé buňce pouze jedna, ale může tuto funkci na základě specifických požadavků předat jiné jednotce. Organizační strukturou vyšší úrovně je buňka *scatternet*. Ta umožňuje koexistenci více buněk *piconet* ve stejné oblasti, aniž by omezovala jejich schopnosti týkající se přenosových rychlostí a kapacit.

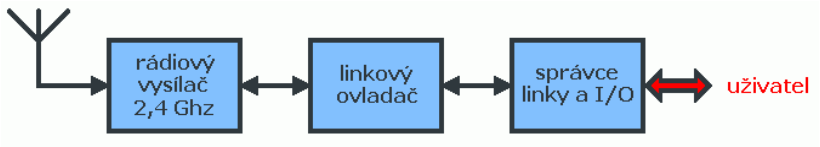


Obr.2.1: Topologie sítě Bluetooth

Komunikační jednotka standardu Bluetooth obsahuje (Obr.2.2):

- **Rádiový vysílač** (*2,4GHz Bluetooth radio*) - zajišťuje rádiový přenos.
- **Linkový ovladač** (*link controller*) - ovládá rádiový vysílač.

- **Správce linky a I/O obvodů spoje** (*link manager & I/O*) - zajišťuje komunikaci mezi I/O obvody spoje a poskytuje uživateli terminálové rozhraní.



Obr.2.2: Základní koncepce jednotky Bluetooth

2.1.2. Aplikace

Nabízí se využití standardu pro začlenění do průmyslových systémů, avšak realizací a implementací je zatím relativně málo. Existující implementace se postupně prosazují v oblasti telemetrie a sběru dat. Vývoj aplikací, včetně aplikací průmyslových, je však poměrně nákladný. Navíc specifikace Bluetooth, vzhledem ke svému původnímu zaměření, neobsahuje profily zařízení přímo použitelných v oblasti automatizace.

V průmyslu se využívají různé převodníky standardu *Bluetooth* na běžně používané průmyslové sběrnice (např. *CAN*) a na komunikační kanály RS-232 / RS-485 / RS-422. Tyto převodníky nacházejí uplatnění u aplikací typu *cable-replacement* s možností komunikace *point-to-multipoint*. Sériová rozhraní jsou nahrazována pomocí Bluetoothu s profilem K5 (*serial port profile*).

Do budoucna se očekává poměrně úspěšné proniknutí této technologie do aplikací, které vyžadují komunikaci se zařízeními umístěnými v obtížně dostupných místech (např. na jeřábech). Rovněž se předpokládá úspěšné proniknutí do oborů s vysokými nároky na čistotu (farmaceutický průmysl). Zde *Bluetooth* nahradí kabely a konektory, jež jsou z hlediska udržení vysoké čistoty problematické. Souběžně s využitím standardního profilu K5 lze očekávat výskyt proprietárních (nestandardních) řešení. Ty využijí *Bluetooth* pouze jako fyzickou vrstvu pro zajištění komunikace. Specifické potřeby jednotlivých zařízení budou řešeny mimo standardní profily.

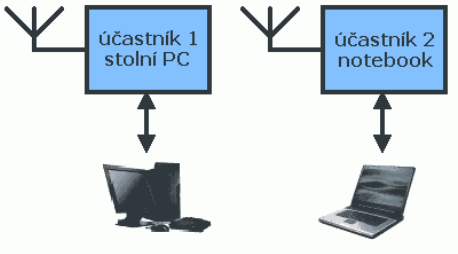
2.2. Wi-Fi (IEE 802.11)

Standard slouží primárně pro vytvoření bezdrátových sítí *WLAN* (*Wireless LAN*), které jsou většinou připojeny k sítím *LAN* na bázi *IEEE 802.3* (*Ethernet*). Používá se zejména v kancelářské oblasti pro stavbu bezdrátových infrastruktur a v průmyslu pro připojení bezdrátových terminálů, spojení dislokovaných sítí, propojení technologií a velínů, připojení mobilních skladových terminálů do podnikových sítí atd. *Wi-Fi* přenosem a problematikou s tím související se zabývá [2] a [4].

Původní norma *IEEE 802.11* specifikovala bezdrátovou síť pracující ve frekvenčním pásmu 2,4 GHz s rozprostřeným spektrem a podporující přenosové rychlosti 1 a 2 Mb/s. Současné sítě *WLAN* jsou postaveny na principech, které z původního standardu vycházejí, avšak v mnohém jej rozšiřují nebo upravují. V současnosti jsou sítě založené především na verzích standardu *IEEE 802.11a*, *802.11b* a *802.11g*, souhrnně označovaných jako *Wi-Fi* (*Wireless Fidelity*). Nejrozšířenější z nich je *IEEE 802.11b*, ale v posledních letech se začíná prosazovat rovněž *IEEE 802.11g*. Komunikační rychlosti dosahují až 54 Mb/s. V případě použití směrových antén s vysokým ziskem je dosah až desítky kilometrů.

2.2.1. Topologie, síťové prvky

Podobně jako u klasických sítí *LAN* je možné i zde propojit počítače pouze pomocí síťových karet, aniž by byly nutné další aktivní síťové prvky (Obr.2.3).



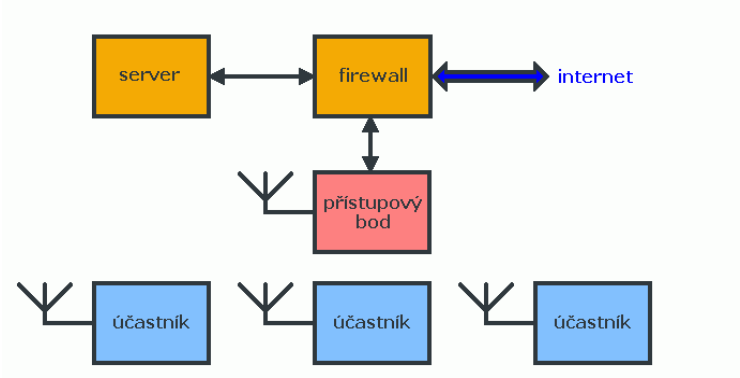
Obr.2.3: Propojení dvou počítačů

Základním prvkem *WLAN* je zpravidla přístupový bod (*access point*), který pracuje jako komunikační most (*bridge*) propojující bezdrátovou síť *WLAN* s pevnou sítí *LAN*. Tento přístupový bod je často schopen plnit funkci směrovače (*router*). Pro připojení k *WLAN* musí být počítače vybaveny síťovou kartou s rozhraním *IEEE 802.11*. Síťové

karty jsou dostupné v podobě karet PCI, *PCMCIA* nebo jako zařízení připojitelné prostřednictvím rozhraní USB. V současné době se rozhraní *IEEE 802.11* stává standardním doplňkem notebooků.

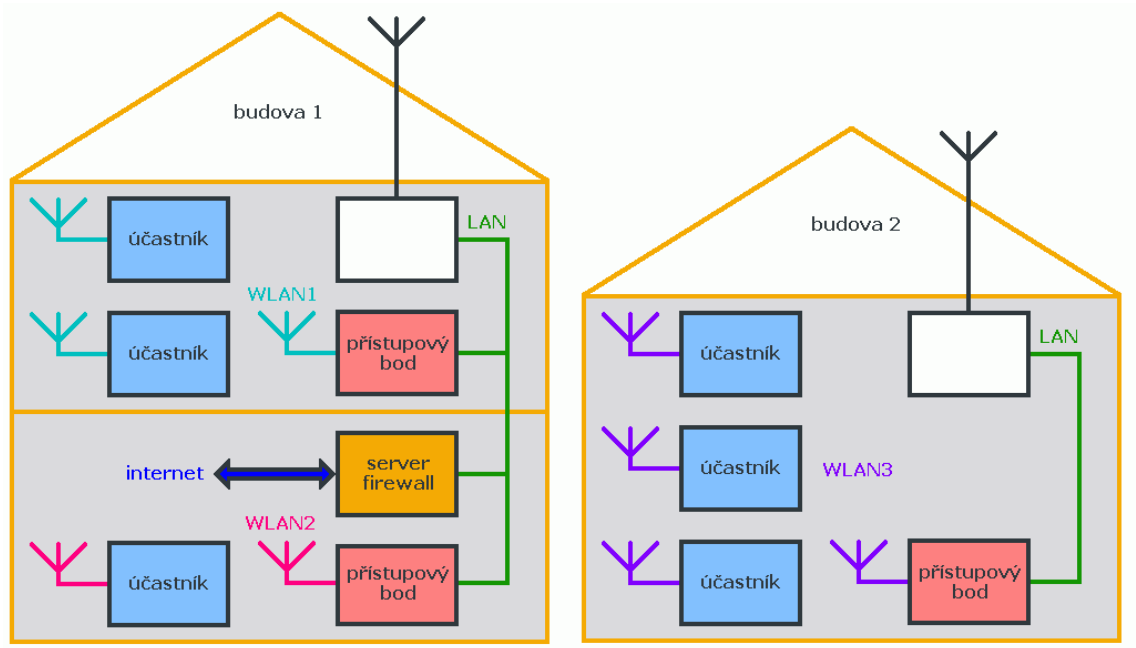
2.2.2. Aplikace

Standard *IEEE 802.11* lze využít nejen k vytvoření bezdrátové sítě *WLAN* (Obr.2.4), která je flexibilním ekvivalentem *LAN* a pokrývá určitou oblast, ale i pro bezdrátové propojení dvou *LAN* ve formě dvoubodového spoje.



Obr.2.4: Nahrazení LAN pomocí WLAN

Další typickou oblastí použití sítí *IEEE 802.11* je propojení oddělených sítí *LAN*, např. mezi budovami (viz. Obr.2.5).



Obr.2.5: Příklad využití kombinace LAN-WLAN

Podle standardu *IEEE 802.11* je možné definovat strukturu sítě s mobilními zařízeními, která se přesunují mezi oblastmi pokrytými jednotlivými přístupovými body. Připojeny mohou být nejen klasické PC či notebook, ale i proprietární zařízení s komunikačním rozhraním *Ethernet* nebo přenosné miniaturní počítače typu *PDA* (*Personal Digital Assistant*).

2.2.3. Zabezpečení

Zabezpečení bezdrátových sítí je jedno z kritických míst bezdrátových technologií, neboť při napadení hrozí nejen neautorizované využívání připojení k internetu a intranetu, ale i únik informací a neoprávněné zásahy do informačních systémů. Proto je na zabezpečení bezdrátových komunikací kladen velký důraz. Zabezpečovací standard sítí *IEEE 802.11* je označován zkratkou *WEP* (*Wired Equivalent Privacy*), což je technologie pracující na úrovni přístupové vrstvy *MAC* (*Media Access Control*), která má zaručit alespoň takovou úroveň „soukromí“, jakou nabízejí běžné sítě *LAN*.

2.2.4. Přenosová rychlost IEEE 802.11b

Maximální teoretická propustnost sítí podle standardu *IEEE 802.11b* je 11 Mb/s, avšak reálná propustnost je nejvýše 4 až 5 Mb/s. Reálně dosažitelná přenosová rychlost závisí na lokálních podmínkách a rovněž na vzdálenosti mezi stanicemi. Datová propustnost klesá skokově, neboť při slábnoucím signálu přejdou stanice na menší šířku pásma. Maximální teoretická propustnost 11 Mb/s je k dispozici pouze za velmi dobrých podmínek a v případě potřeby je spojení degradováno na 5,5 Mb/s, 2 Mb/s nebo až 1 Mb/s.

2.2.5. Zvýšení přenosové rychlosti IEEE 802.11b

Někteří výrobci zařízení *IEEE 802.11b* přidávají ke standardním režimům ještě další, nestandardní režimy, které umožní navázat spojení teoretickou přenosovou rychlostí 22 Mb/s. Ačkoliv je teoretická přenosová rychlost dvojnásobná, užitečná datová propustnost se navýší pouze o 50 %, tedy např. ze 4 Mb/s na 6 Mb/s. U tohoto nestandardního režimu je zvýšené riziko, že zařízení od různých výrobců nebudou

schopna touto rychlostí navázat spojení. Mnohem lepší variantou je využití zařízení s podporou *IEEE 802.11g*, ovšem těchto zařízení je zatím na trhu poměrně málo.

Od prvního zveřejnění standardu *IEEE 802.11* prošla oblast bezdrátových sítí značným vývojem. Do budoucna se očekává rozšíření sítí *IEEE 802.11g* a průnik *IEEE 802.11a* do Evropy. Vstup *IEEE 802.11a* na území Evropy je vázán souhlasem evropských telekomunikačních orgánů, které musejí schválit využití pásma 5 GHz pro potřeby sítí *WLAN* podle *IEEE 802.11*. V Evropě je v současné době schváleno použití sítí *HYPERLAN*, což je evropský standard konkurující *IEEE 802.11a*.

2.2.6. Dosah IEEE 802.11b

V budovách s běžnou anténou je dosah stanic cca 150 m, na volném prostranství přibližně 500 m. Při těchto vzdálenostech ale komunikační rychlost již klesne na 1 Mb/s, takže reálná propustnost je přibližně 500 kb/s. Maximální možnou vzdálenost lze zvětšit směrovými anténami s vysokým ziskem. Použití směrových antén rovněž zvětší vzdálenost, na kterou je možné úspěšně využívat režim provozu přenosovou rychlostí 11 Mb/s. V tomto režimu lze s běžnými anténami pracovat uvnitř budov na vzdálenost do 50 m, vně budov na vzdálenost až 250 m. Velikost reálné přenosové rychlosti ovlivňuje kromě vzdálenosti i chybovost kanálu. Ta je dána lokálními podmínkami a celkovým zatížením pásma 2,4 GHz, neboť v něm pracují i další zařízení (např. *Bluetooth* a běžné mikrovlnné trouby). Speciálními směrovými anténami lze navázat spojení na přímou viditelnost až na vzdálenost 20 km.

2.3. GSM-GPRS

Jedná se o komunikační technologii pro přenos dat pomocí sítě *GSM*. Datová propustnost je ovlivněna vlastnostmi sítě a mobilního terminálu a nepřesahuje 100 kb/s. Dostupnost služby závisí na službách podporovaných operátorem v dané lokalitě. Účtováno je množství přenesených dat, nikoliv doba spojení. V domácím a kancelářském prostředí se používá pro připojení mobilních počítačů k síti Internet, synchronizaci elektronické pošty atd. V průmyslové oblasti slouží pro stálé připojení mobilních nebo těžko přístupných serverů *WWW* a *FTP* do sítě Internet, k dálkovému ovládání zařízení, k připojení řídicích systémů (*PLC*, *IPC* atd.) do nadřízených sítí, k jejich dálkové správě a programování.

2.4. GSM-HSCSD

Komunikační technologie pro přenos dat využívající síť *GSM*. Datová propustnost závisí na vlastnostech sítě a mobilního terminálu a nepřesahuje 100 kb/s. Dostupnost služby závisí na službách podporovaných operátorem v dané lokalitě. Účtována je doba spojení, nikoliv objem přenesených dat. Standard slouží k propojení zařízení v oblasti celulárních sítí. V domácím a kancelářském prostředí se používá pro připojení mobilních počítačů k síti Internet, synchronizaci elektronické pošty atd.

2.5. UMTS

Tyto sítě tzv. třetí generace umožňují vysokorychlostní datové připojení, až 2 Mb/s. Jedná se o nové technologie orientované na přenos velkého objemu dat v oblasti mobilních sítí. Zatím v podstatě neexistují jednotlivá řešení, ani aplikace.

2.6. Proprietární řešení

Jde o čistě proprietární (nestandardní) řešení bezdrátových přenosových zařízení. Tato zařízení využívají licencovaná i nelicencovaná frekvenční pásma. Přenosové rychlosti se liší podle charakteristik výrobce. Je to časté řešení pro průmysl, ale zařízení jednotlivých výrobců bývají vzájemně nekompatibilní. Využívají se systémy typu *cable-replacement* k propojení senzorů a měřicích stanic, které tvoří telemetrické systémy.

3. Realtime operační systémy

V této kapitole jsou stručně popsány společné charakteristické znaky *realtime* operačních systémů (*RTOS*). Ve stručnosti je zmíněno rozšíření Windows NT/2000/XP pomocí *RTX* na *RTOS*, a dále RTLinux. Kapitola čerpá z informací uvedených v [5] a [6].

Operační systém pevného reálného času (*hard realtime*) je takový systém, jehož správný provoz závisí nejen na výsledcích jeho aktivity, ale i na tom, kdy jsou získány. Aktivita v pevném reálném čase neznamená nutně rychle, spíše ukazuje, jak deterministické jsou časové charakteristiky reakcí systému. To znamená, že důležitým výkonovým hlediskem není průměrný čas reakcí, ale čas reakce v tom nejhorším případě. Požadavek na stanovení času reakce je absolutní, bez výjimky. K jeho specifickým vlastnostem patří rychlost a schopnost předvídat čas ukončení úlohy. Rychlostí je myšlena doba zpoždění, určující, jak rychle je systém schopen reagovat na vnější asynchronní události. Z toho také vyplývá, že čím je zpoždění kratší, tím lépe systém dokáže obsloužit požadavky vyžadující bezprostřední obsluhu.

Každý proces má *deadline*, což je doba, dokdy musí něco udělat. Plánuje se vždy proces s nejbližší deadline. Tyto doby se zpravidla rozdělují na:

- ***Hard realtime deadlines*** - jsou krátké a nesmí se zmeškat.
- ***Soft realtime deadlines*** - jsou krátké a občas se mohou zmeškat, dokud bude možné zaručit nějaký statistický limit zpoždění.
- ***Timesharing deadlines*** - v podstatě nemají pevný časový limit, ale měly by do určité doby proběhnout.
- ***Batch deadlines*** - mají limity v hodinách a obvykle s nimi nebývají problémy.

Typické real-time úlohy mají kromě časových omezení další druhy požadavků:

- **Požadavky na prostředky** - realtimové úlohy mohou požadovat přístup k určitým prostředkům, jako jsou vstupně/výstupní zařízení, soubory, datové struktury a databáze.

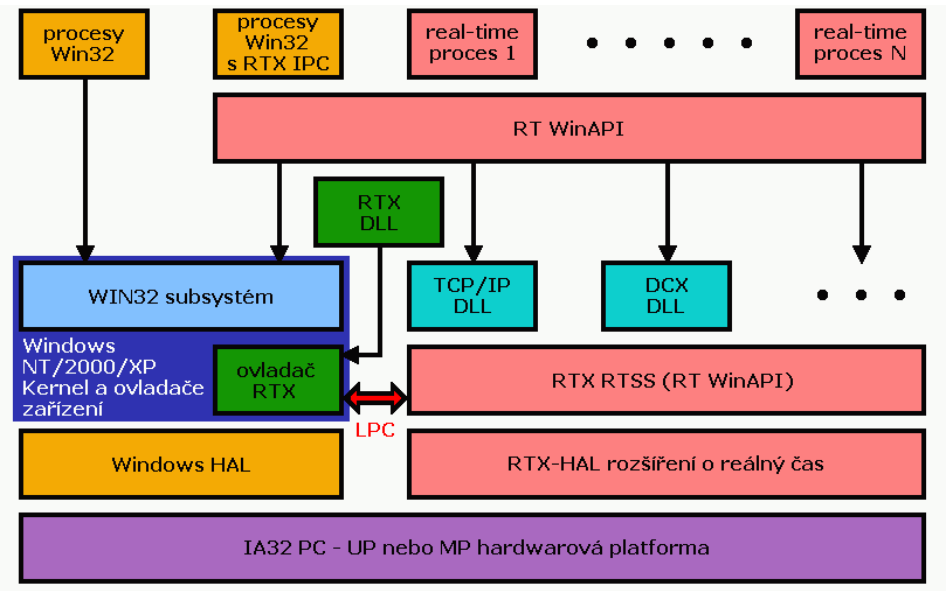
- **Komunikační požadavky** - umožnění komunikace mezi úlohami pomocí zpráv.

- **Požadavky souběhu** - umožnění úlohám souběžně přistupovat k většině prostředků, aniž by došlo k porušení konzistence daných prostředků.

3.1. Windows NT/2000/XP + RTX

Windows NT/2000/XP nejsou v základním provedení operační systémy reálného času. Byly vytvořeny jako operační systémy pro obecné účely, vhodné jak pro interaktivní systém na počítačích typu desktop, tak i jako serverové systémy v síti. Teprve po nainstalování doplňku *RTX (RealTime eXtension)* se Windows NT/2000/XP začnou chovat jako opravdový systém reálného času. Rozšíření *RTX* přidává plánování úloh v reálném čase a zkracuje rozlišitelnou jednotku času *(timelatency)* z 5 ms pod 1µs. Doplněk *RTX* je implementován jako kolekce knihoven, subsystém reálného času (*RTSS*). Knihovny poskytují funkce reálného času prostřednictvím funkcí *RTX API* (*Realtime API)*. Vývoj aplikací probíhá v prostředí Microsoft Visual Studio C^{++} nebo dot.NET.

Nezávislý plánovač vláken *RTX* může běžet v popředí i při obsluze vlákna přerušení ve Windows. Může být používán na jednoprocesorovém i na symetrickém víceprocesorovém stroji, aniž by byla nutná změna jádra Windows a ovladačů zařízení. Aplikace nemusí při startu či restartu počítače čekat, než se spustí operační systém.



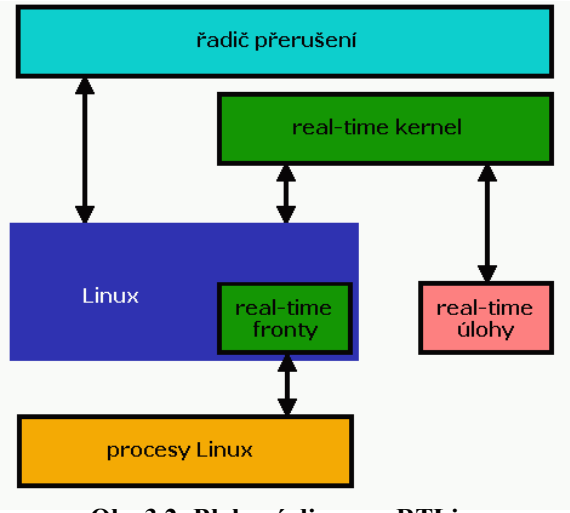
Obr.3.1: Spolupráce OS Windows a RTX

3.2. RTLinux

Jedná se o *hard realtime* operační systém, ve kterém současně běží malé realtimové jádro (*RT Kernel*) se standardním Linuxovým jádrem jako vláknem s nižší prioritou. Realtime úlohy jsou koncipovány jako vlákna a obsluhy přerušení jako signály obsluhy. Plánování úloh v reálném čase probíhá s *timelatency* 10 µs.

Všechna přerušení jsou nejprve zpracována *RT* jádrem, a poté, pokud neběží žádná realtime úloha, jsou podstoupena úloze běžící pod Linuxem. Tato činnost je zajišťována emulací řadiče přerušení z důvodů minimálních zásahů do struktury linuxového jádra. Pokud dojde v Linuxu k zákazu přerušení, emulační program zařadí jednotlivé požadavky o přerušení do fronty.

Realtime aplikace se sestávají z realtime úloh napsaných jako moduly připojitelné do jádra a z linuxových úloh, které zajišťují zobrazování, přístup na síť a další služby. Realtime úlohy komunikují se standardními linuxovými úlohami přes fronty *FIFO* a sdílenou paměť, a mohou tedy využívat stejných služeb.



Obr.3.2: Blokový diagram RTLinuxu

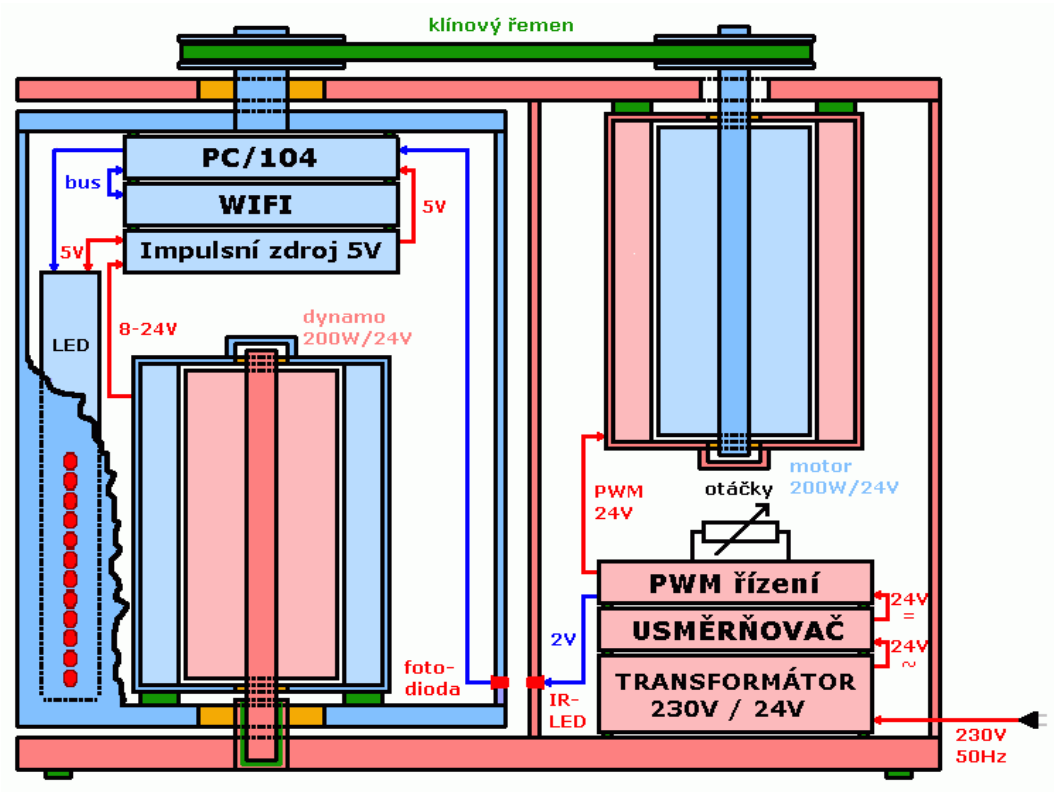
Fronty zprostředkovávají většinu funkcí potřebných pro zajištění synchronizace realtime úloh. Bohužel není v RTLinuxu zajištěna priorita dědičnosti, aby se zabránilo případu, kdy proces s vyšší prioritou čeká na uvolnění prostředků po procesu s nižší prioritou. Mimo to může také dojít k zablokování systému při operacích s frontami, kdy buď nejsou data k dispozici (při čtení), nebo není dostatek místa při zápisu. Proto je důležité věnovat těmto problémům pozornost již při návrhu dané aplikace, případně je možné doplnit systém o ochranné prvky, které tyto situace odstraní.

4. Návrh modelu

Hlavním cílem této diplomové práce je sestavení realtimového modelu systému, který bude sloužit jako programovací učební pomůcka.

Za typický *realtimový systém* (systém pracující v reálném čase) lze považovat počítačový řídicí systém, který obsluhuje a koordinuje události řízeného systému. Z tohoto pohledu může být řízený systém chápán jako jedno z periferních zařízení řídicího počítače. Komunikace probíhá obousměrně pomocí senzorů a akčních členů.

Aby byl už sám model přitažlivý pro studenty, byl z mnoha nápadů a vizí vybrán rotační válec, na jehož obvodu se zobrazuje libovolný nápis či obrazec (Obr.4.1).



Obr.4.1: Nákres modelu

Kovový válec má svislou osu rotace a zobrazování fyzicky zajišťuje rovněž svislá řada supersvítivých LED-diod, které se ve vhodném okamžiku, podle své aktuální polohy, rozsvěcují tak, aby ve výsledném efektu vytvářely na povrchu válce požadovaný obrazec. Tato skupina diod je přes paralelní port připojena k hlavní řídicí jednotce, kterou tvoří průmyslový počítač standardu PC/104 [7]. Jedná se o miniaturizovaný počítač kompatibilní s PC-AT.

Aby mohl být počítač za svého chodu (tj. když válec rotuje) neustále připojen do sítě Internet, je k němu připojen PC/104 modul *PCMCIA* s *Wi-Fi* bezdrátovou síťovou kartou.

Z důvodu nutnosti napájet obě desky a svítivé diody je ve válci umístěno dynamo (stejnosměrný motor) o výkonu 200 W. To při otáčkách 1000 ÷ 3000 ot./min dodává napětí v rozsahu 8 ÷ 24 V, které je následně upravováno navrženým impulsním zdrojem na 5 V s maximálním výstupním proudem 5 A.

Pohon válce pomocí klínového řemenu zajišťuje stejný typ motoru, který byl použit jako dynamo. Pomocí navrženého PWM buzení lze jeho otáčky plynule regulovat až do hodnoty cca 3000 ot./min. Nastavováním rychlosti otáčení válce se tedy zároveň nastavuje i obnovovací frekvence obrazce až do 50 Hz.

4.1. Počítač PC/104

Obr.4.2: Modul PCM-3350

Jádrem navrženého modelu je minimalizovaný počítač standardu PC/104 (rozměry 90x96mm) . Jedná se o stavebnicový koncept architekturou kompatibilní s PC-AT. Běžně má konektory na klávesnici a myš, IDE řadič pevných disků, řadič disket, porty LPT, COM a USB a někdy třeba ještě síťovou a grafickou kartu. Napájecí napětí záleží na provedení. Ve většině případů je třeba +5V a +12V. Z různých typů na trhu byl zvolen výrobek PCM-3350 (viz. Příloha A1) od firmy Advantech [8]. Jeho hlavní výhodou je, že požaduje napájení pouze +5V (cca 2A), a tudíž stačí jenom jeden impulsní zdroj (Modul 3, viz. Kapitola 5.3). Tím se minimalizuje váha rotující „hmoty“.

4.2. PC/104 modul s PCMCIA sloty

Obr.4.3: Modul PCMCIA

K předchozímu modulu je přes společnou sběrnici připojen další PC/104 modul. Ten systém rozšiřuje o dva *PCMCIA* sloty typu I / II / III, do kterých je možno zasunout běžně používané rozšiřující karty, obdobně jako u notebooků. Přesnější informace jsou v Příloze A2 nebo na odkazu [9].

4.3. Síťová karta Wi-Fi

Obr.4.4: Wifi karta

Jelikož je v prostorách, kde bude model umístěn, k dispozici bezdrátová *Wi-Fi* síť, je k připojení počítače PC/104 k síti Internet zvolena PCMCIA *Wifi* karta FulBond XI-325H (viz. Příloha A3 nebo [10]), která je zasunuta do předchozího modulu a mechanicky zajištěna proti uvolnění zapřičíněnému odstředivou silou při rotaci.

4.4. Stejnosměrné motory

Obr.4.5: P2SZ447

V modelu jsou použity dva shodné stejnosměrné motory s permanentními magnety. Pro aplikaci je zcela vyhovující typ P2SZ447 (viz. Příloha A4 nebo [11]) od výrobce Atas Náchod, který má parametry 200 W / 24 V / 10,5 A a 3000 ot/s.

Jeden motor je řízen *PWM* regulátorem (Kapitola 5.2.) s manuálním nastavením požadovaných otáček a slouží k pohonu rotačního válce, ve kterém jsou moduly PC/104, panel svítivých diod (Kapitola 5.4.), impulsní zdroj (Kapitola 5.3.) a druhý motor ve funkci dynama. Ten má za úkol generovat potřebné napětí pro zmíněný impulsní zdroj, který toto napětí následně mění na +5V potřebných pro obvody *TTL* logiky.

4.5. Transformátor

Obr.4.6: Transformátor

K napájení celého modelu slouží síťový transformátor s EI plechy od firmy Tronic s.r.o [12]. Primární vinutí je na 230 V / 50 Hz a sekundární vinutí 19,5 V / 16,5 A. Další parametry jsou uvedeny v Příloze A5.

Celý transformátor je dvojnásobně chráněn proti přetížení. Z výroby má v primárním vinutí zalitou tepelnou pojistku proti dlouhodobému přetížení. Proti zkratu ho zajišťuje tavná skleněná pojistka.

Jádro transformátoru je dimenzováno na výkon 400 VA, což je vzhledem k požadavkům modelu na napájení optimální. Napětí z něj je dvoucestně usměrněno můstkovým usměrňovačem a následně vyhlazeno kondenzátory na napětí 24 V (Kapitola 5.1). Výpočet velikosti sekundárního vinutí a vyhlazovacích kondenzátorů

provedla firma Tronic na základě požadavku na dvoucestně usměrněné a vyhlazené napětí 24 V / 11 A). Tímto napětím je napájen *PWM* regulátor, který řídí motor pohánějící válec, a dále ventilátory zajišťující cirkulaci vzduchu ve skříni a následné chlazení transformátoru, usměrňovače, *PWM* regulátoru a motoru.

5. Návrh hardwaru

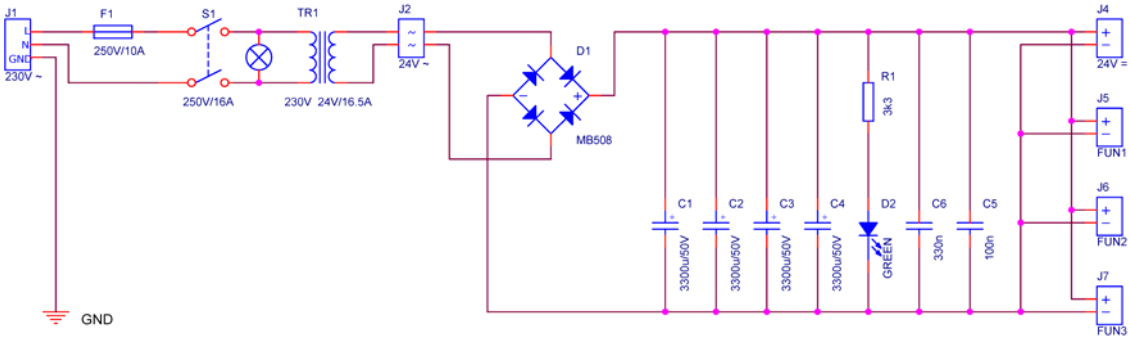
V této kapitole je popsán návrh jednotlivých hardwarových celků potřebných k funkčnosti modelu. V podkapitolách jsou k jednotlivým modulům uvedena schémata, tištěné spoje, plánky na osazení součástkami, seznam použitých součástek a konstrukčních prvků, a dále je popsána funkčnost daných obvodů. Správná konstrukce a realizace elektronických obvodů je popsána v literatuře [13] a [15]. Navržené tištěné spoje jsou vytvořeny v programu *OrCAD 9.1 for Windows* [14].

5.1. Napájení (Modul 1)

Úkolem tohoto modulu je poskytovat usměrněné a částečně vyhlazené napájecí napětí 24 V / 10 A pro *PWM* řízení stejnosměrného motoru (Modul 2) a pro dva ventilátory 24 V / 100 mA. Ty zajišťují cirkulaci vzduchu ve skříni s transformátorem, usměrňovačem, *PWM* regulátorem a motorem, a tudíž odvádění tepla vznikajícího jejich činností.

Obr.5.1.1: Modul napájení

5.1.1. Schéma zapojení



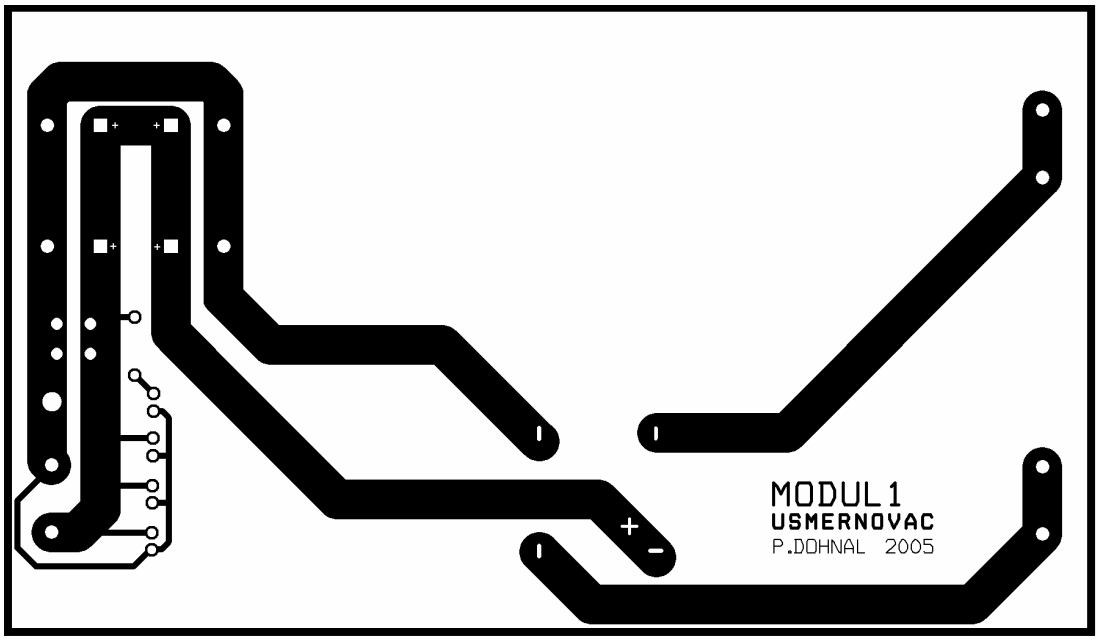
Obr.5.1.2: Schéma zapojení

5.1.2. Popis zapojení

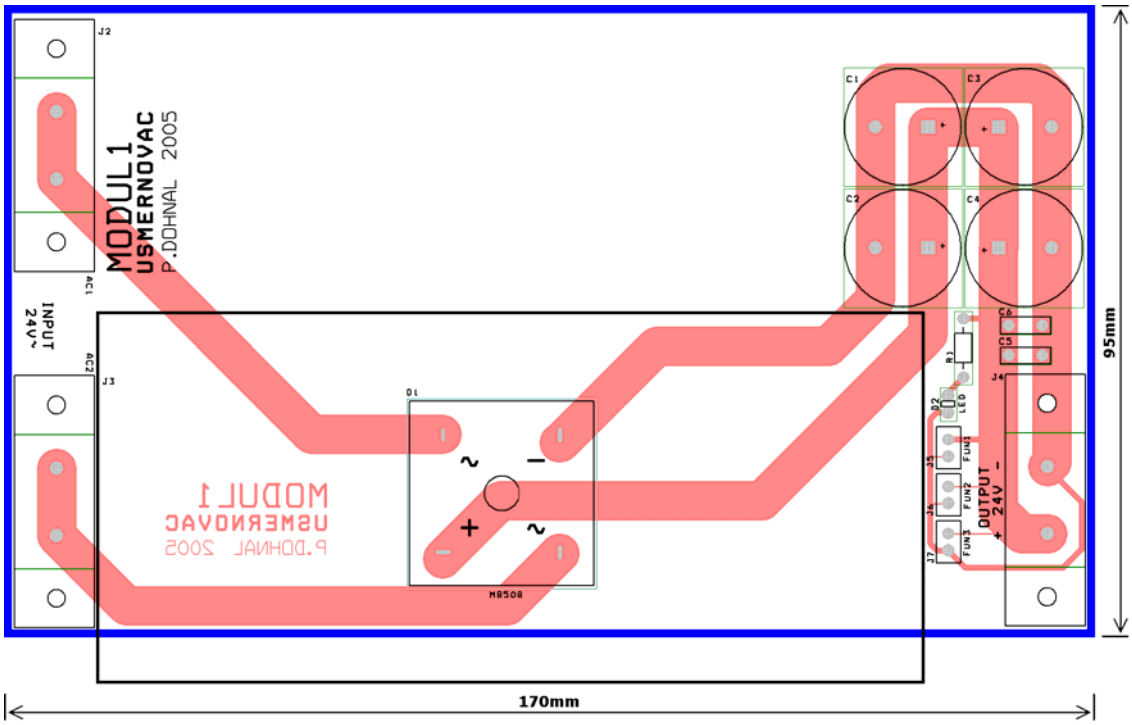
Přes ochrannou pojistku a dvojitý vypínač s vestavěnou kontrolkou je napájeno primární vinutí transformátoru síťovým napětím 230 V / 50 Hz, které je transformováno na 19,5 V s možným trvalým proudovým zatížením až 16,5 A. Zvolený transformátor má jádro z EI plechů. Napětí ze sekundárního vinutí je usměrněno diodovým můstkem D_1, který je opatřen pasivním chladičem, a následně částečně vyhlazeno kondenzátory

$C_1 \div C_4$. Výpočet velikosti vyhlazovacích kondenzátorů provedla firma Tronic na základě požadavku na dvoucestně usměrněné a vyhlazené napětí 24 V / 11 A.

5.1.3. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek



Obr.5.1.3: Strana mědi

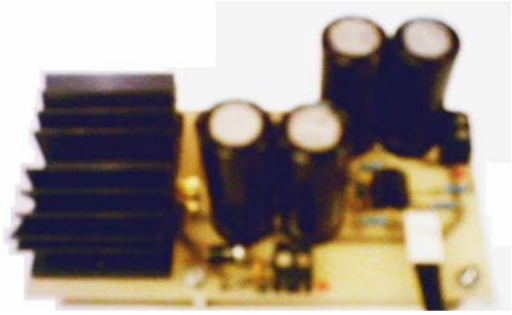


Obr.5.1.4: Strana součástek

5.1.4. Seznam součástek

TR_1	transformátor z 230 V na 24 V / 16 A
D_1	MB508, diodový můstek 50 A
D_2	LED zelená
C_1, C_2, C_3, C_4	3300 µF / 50 V ± 20 %, elektrolyt. radiál. (typ SKR)
C_5	100 nF ± 20 %, keramický
C_6	330 nF ± 20 %, keramický
R_1	2,2 kΩ
J_1	GSD3, vidlice přístrojová do PC
J_2, J_3, J_4	ARK 840I/2, svorkovnice
J_5, J_6, J_7	PSH02-02PG, konektor
S_1	dvojitý vypínač 250V / 16 A s kontrolkou
F_1	pojistka 250 V / 10 A
pojistkové pouzdro	K220, do 16 A
chladič	T46/25 s tepelným odporem 8,2 ºC/W

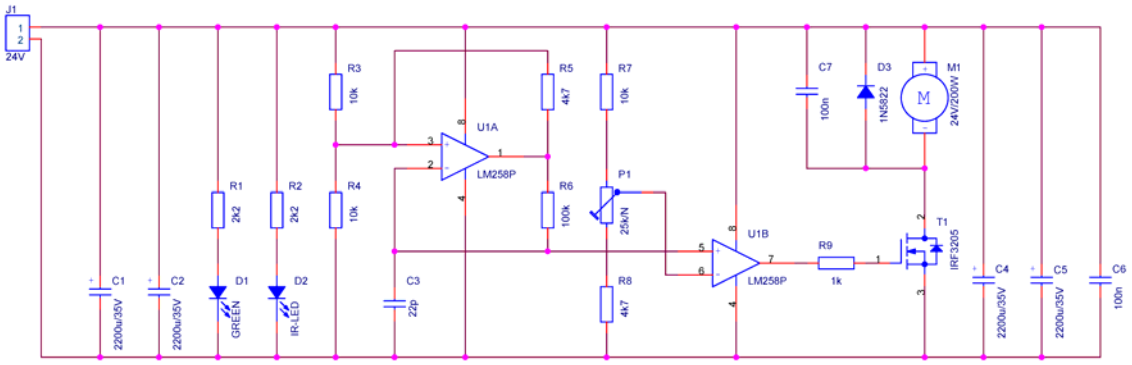
5.2. PWM řízení (Modul 2)



Obr.5.2.1: PWM řízení

Úkolem tohoto modulu je generovat *PWM* (pulsně-šířkově modulovaný) signál a pomocí následného výkonového stupně zajistit řízení otáček stejnosměrného motoru 24 V / 200 W, který pohání válec. Rozsah nastavovaných otáček je 0÷3000 ot/min. Z tohoto modulu je zároveň napájena infradioda vysílající paprsek, který je snímán infrafototranzistorem na válci. Získaný signál je určen k synchronizaci zobrazovaného obrazce. Vlastnosti a aplikace operačních zesilovačů a *PWM* řízení jsou rozebrány ve skriptech [15].

5.2.1. Schéma zapojení

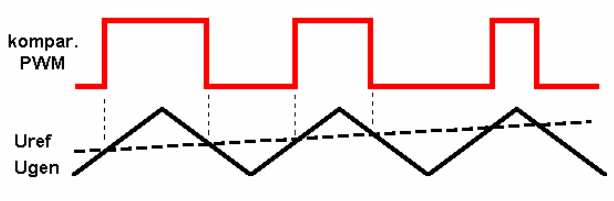


Obr.5.2.2: Schéma zapojení

5.2.2. Popis zapojení

Pulsní řízení motoru má oproti klasickému stejnosměrnému napájení výhodu v lepších momentových vlastnostech, zvláště při nízkých otáčkách. Princip tohoto *PWM* regulátoru je založen na pulsně šířkové modulaci s obdélníkovými pulsy proměnné střídy. Změnou střídy pulsů se mění i střední hodnota napětí, a tedy i rychlost otáčení.

Konstrukce *PWM* modulátoru je založena na generátoru exponenciálně trojúhelníkového napětí a komparaci s referenčním napětím (Obr.5.2.3). Na výstupu komparátoru je obdélníkové napětí, jehož střída je závislá na řídícím napětí.



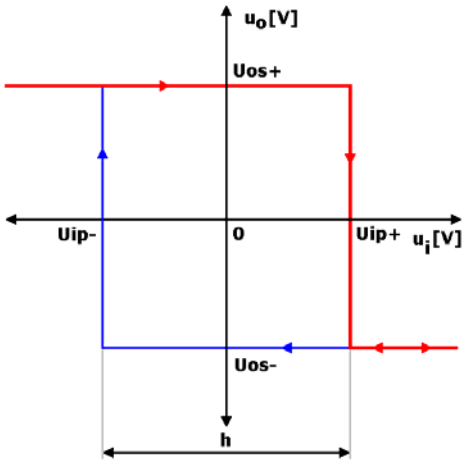
Obr.5.2.3: Princip PWM modulátoru

Zapojení *PWM* modulátoru je na Obr.5.2.2. Operační zesilovač U_{1A} je zapojen jako astabilní klopný obvod s kladnou zpětnou vazbou. Základem zapojení je invertující komparátor doplněný o RC obvod, zapojený do invertujícího vstupu. Rezistory R_4 a R_5 plní funkci kladné zpětné vazby a do obvodu zavádějí hysterezi.

Charakteristika obvodu je znázorněna na Obr 5.2.4, kde u_i je napětí na invertujícím vstupu, U_{ip+} a U_{ip-} jeho kladná a záporná prahová úroveň, u_o je výstupní napětí a U_{os+} a U_{os-} je jeho kladná a záporná saturovaná hodnota:

$$U_{os+} \doteq -U_{os-} \doteq 22{,}5V\ ,$$

$$U_{ip+} \doteq -U_{ip-} \doteq U_{os+} \cdot \frac{R_4}{R_4 + R_5} = 22{,}5V \cdot \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 4{,}7k\Omega} \doteq 15{,}3V\ .$$



Obr.5.2.4: Hystereze komparátoru

Modulační frekvence klopného obvodu je určena nejen RC článkem z kondenzátoru C_3 a rezistoru R_6, ale ovlivňuje ji i napěťový dělič z rezistorů R_4 a R_5. Frekvenci obvodu lze vypočítat ze vztahu:

$$f_{PWM} = \frac{1}{2 \cdot R_6 \cdot C_3 \cdot \ln\left(1 + \frac{2R_4}{R_5}\right)} = \frac{1}{2 \cdot 10^5 \Omega \cdot 22 \cdot 10^{-11} F \cdot 1{,}66} \doteq 22{,}3kHz\ .$$

V praxi se upřednostňuje modulace mimo pásmo slyšitelnosti (přibližně 20 Hz ÷ 20 kHz), a to je hlavním kritériem pro volbu kondenzátoru C_3.

Zatímco je na výstupu zesilovače i na jeho neinvertujícím vstupu obdélníkový signál se střídou 1:1, tak na invertujícím vstupu je díky nabíjení a vybíjení kondenzátoru C_3 exponencielní průběh napětí U_{gen}, který se však velmi blíží trojúhelníkovému.
Toto napětí spolu s referenčním napětím U_{ref}, které se nastavuje potenciometrem P_1, tvoří vstup pro komparátor U_{1B}. Rezistory R_7 a R_8 slouží k vymezení rozsahu volby otáček a jejich hodnoty jsou určeny experimentálně podle dynamiky modelu.

Kondenzátor C_6 je co nejblíže k obvodu LM258P a slouží k překlenování špiček vznikajících jeho činností.

Výstupním napětím komparátoru je spínán výkonový tranzistor MOSFET T_1, který vytváří výkonové pulsní napětí pro napájení stejnosměrného motoru. Jeho parametry jsou uvedeny v Příloze A7.

K motoru je antiparalelně zapojená Schotkyho dioda, která má chránit MOSFET proti záporným špičkám indukovaných v motoru, a paralelně zapojený kondenzátor C_7. Jeho úlohou je alespoň částečně eliminovat rušení vznikající činností mechanického komutátoru motoru.

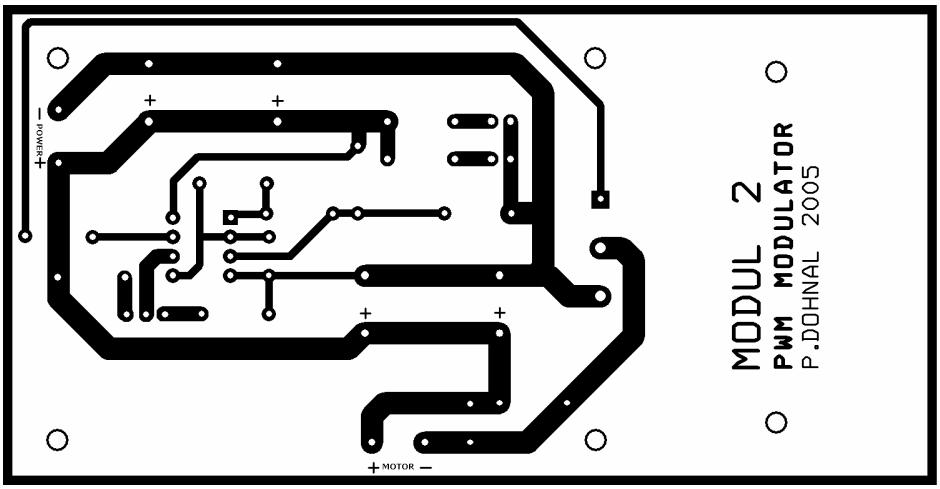
Dioda D_1 je přímo na desce a slouží pouze k indikaci správně zapojeného napájecího napětí. Funkce infradiody D_2 je zmíněna již v úvodu této kapitoly. Sériové rezistory R_1 a R_2 jsou vypočteny ze vztahu:

$$R_1 = R_2 = \frac{U_{cc} - U_D}{I_D} = \frac{(24 - 1{,}8)V}{10mA} \doteq 2{,}2k\Omega\,,$$

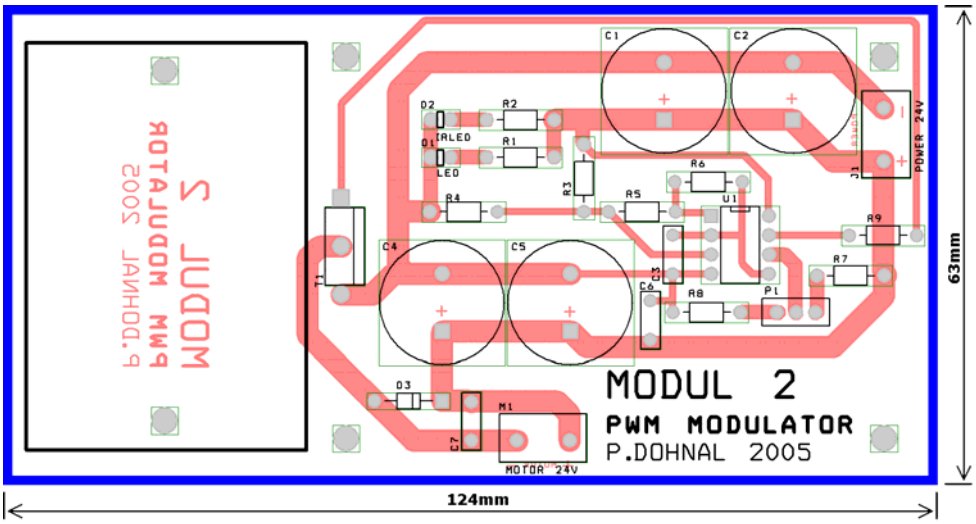
kde U_{CC} je maximální napájecí napětí, U_D je napájecí napětí diody a I_D je jmenovitý proud diody.

Navržené zapojení lze ještě doplnit přídavným kondenzátorem mezi GND a svorkou 6 obvodu U_1, a tím zpomalit odezvu modulátoru na změnu požadovaných otáček. Tato úprava by měla uplatnění, pokud by bylo třeba simulovat např. některé fyzikální vlastnosti systému (moment setrvačnosti apod.). Zapojení je odzkoušeno i pro motor 24 V / 600 W, kdy je jmenovitý proud 33,5 A. Jedinou nutnou úpravou je výměna obou svorkovnic za větší.

5.2.3. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek



Obr.5.2.5: Strana mědi



Obr.5.2.6: Strana součástek

5.2.4. Seznam součástek

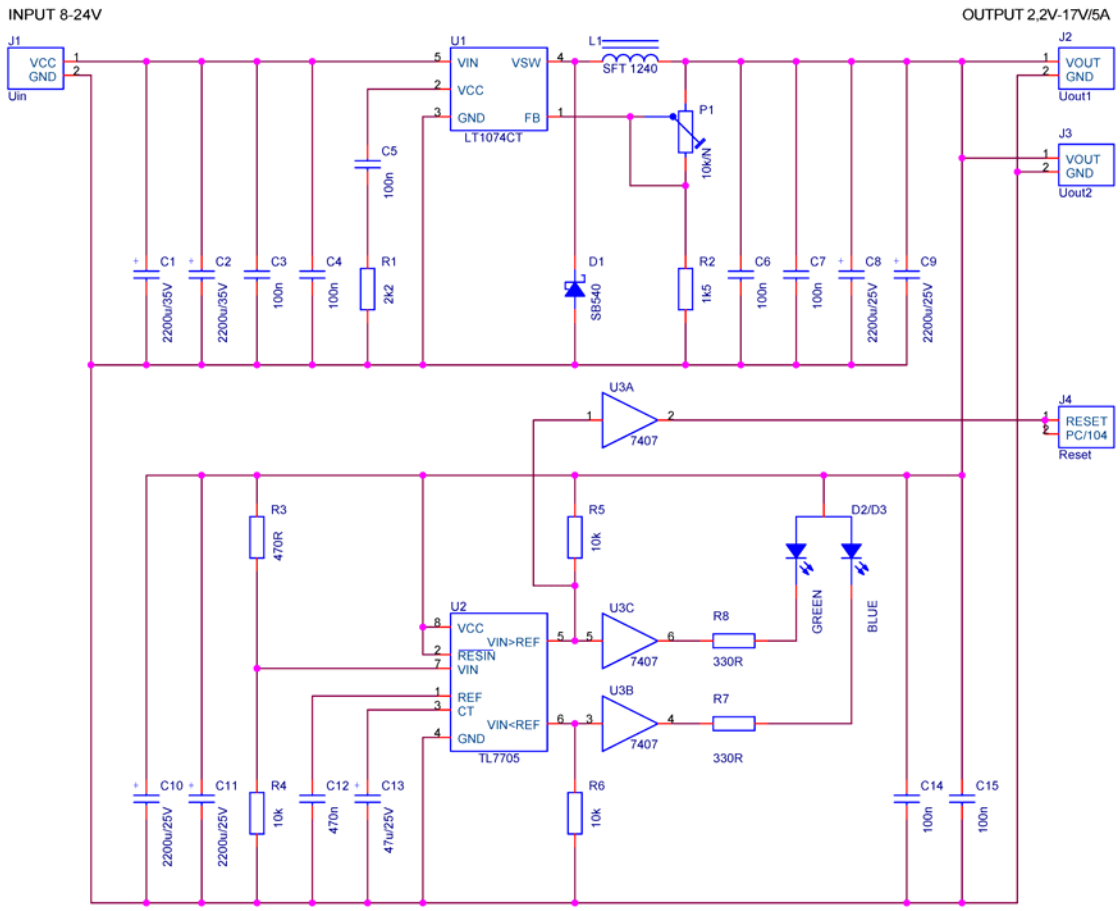
R_1, R_2	2,2 kΩ ± 5 % (typ RR)
R_3, R_4, R_7	10 kΩ ± 5 % (typ RR)
R_5, R_8	4,7 kΩ ± 5 % (typ RR)
R_6	100 kΩ ± 5 % (typ RR)
R_9	1 kΩ ± 5 % (typ RR)
C_1, C_2, C_4, C_5	3300 µF / 35V ± 20 %, elektrolyt. radiál. (typ SKR)
C_3	22 pF ± 20 %, keramický
C_6, C_7	100 nF ± 20 %, keramický
D_1	LED, zelená
D_2	LED, infračervená
D_3	Schotkyho dioda 3 A, KYW31-50
P_1	potenciometr 25 kΩ, lineární
T_1	IRF3205, TO-220, 55 V / 110 A
U_1	LM258P, DIP8, 32 V
J_1, M_1	svorkovnice ARK 120/2
patice	SOKL8 (pro LM258P)
chladič	T46/25 s tepelným odporem 8,2 ºC/W

5.3. Impulsní zdroj 5V/5A (Modul 3)

Úkolem tohoto zapojení je upravit napětí generované dynamem (stejnosměrným motorem ve funkci generátoru) na hodnotu 5 V pro napájení mikropočítače a panelu se svítivými diodami. Dále má generovat signál **RESET** pro mikropočítač v případě, že toto napětí bude nižší než minimální požadovaná hodnota zaručující jeho spolehlivou práci bez hazardních stavů.

Obr.5.3.1: Spínaný zdroj

5.3.1. Schéma zapojení



Obr.5.3.2: Schéma zapojení

5.3.2. Popis zapojení

Dynamo, připojené ke svorkovnici J_1, generuje při otáčkách cca 1000 ÷ 3000 ot/min napětí v rozsahu cca 8 ÷ 24 V. Toto napětí je třeba transformovat na hodnotu 5 V ± 5 %, která je vhodná pro napájení obvodů *TTL* logiky.

Jelikož je požadavek na výstupní proud měniče 5 A, jeví se jako nejvhodnější řešení spínaný (impulsní) zdroj, který má díky účinnosti cca 85 % nízké tepelné ztráty, a proto nejsou třeba velké chladiče. Další výhodou následujícího zapojení je odolnost proti zkratu a možnost přesně nastavit hodnotu výstupního napětí.

Kondenzátory C_1 a C_2 vyhlazují vstupní napětí, kterým je napájen spínaný stabilizátor U_1. Jedná se o speciální součástku firmy Linear Technologies, která obsahuje všechny potřebné obvody včetně výkonového tranzistoru, a tím je minimalizováno množství externích součástek, viz. Příloha A6. Keramické kondenzátory C_3 a C_4 pomáhají tlumit rušení vznikající při činnosti stabilizátoru U_1. Ke kmitočtové kompenzaci regulace slouží kondenzátor C_5 a rezistor R_1.

Pro vysvětlení principu zapojení si lze vnitřní výkonový tranzistor obvodu U_1 představit jako spínač. V případě, že je výstupní napětí menší než požadované, je tranzistor otevřen a cívkou L_1 teče proud do vyhlazovacích kondenzátorů C_8, C_9, C_{10} a C_{11}, do zátěže na výstupu a zpět do napájecího zdroje. Jakmile proud vzroste asi na 6,5 A nebo požadované napětí stoupne na příslušnou velikost, tranzistor se vypne. Protože se každá cívka snaží udržet velikost protékajícího proudu i nadále, je potřeba tento průtok umožnit. Tuto úlohu plní Schotkyho dioda D_1. Po vypnutí tranzistoru se tedy proud uzavírá přes cívku L_1, kondenzátory C_8, C_9, C_{10} a C_{11} a diodu D_1, až postupně zanikne. Jakmile napětí na výstupu klesne pod požadovanou hodnotu, tranzistor se opět otevře. Tento cyklus se periodicky opakuje s frekvencí 100 kHz.

Výstupní napětí stabilizátoru lze nastavit na požadovanou hodnotu pomocí děliče složeného z víceotáčkového trimru P_1 a rezistoru R_2 připojeného na vstup FB. Obvod U_1 řídí svoji činnost tak, aby bylo na vstupu FB napětí 2,21 V. Z toho vyplývající rovnice pro výpočet rozsahu hodnot výstupního napětí jsou:

$$U_{OUT\min} = 2{,}21V \cdot \frac{R_2}{R_2} = 2{,}21V\,, \qquad U_{OUT\max} = 2{,}21V \cdot \frac{R_2 + R_{P1\max}}{R_2} = 17V\,,$$

kde U_{OUTmin} je minimální a U_{OUTmax} maximální výstupní napětí obvodu a R_{P1max} je jmenovitý odpor potenciometru.

Kondenzátory C_6 a C_7 opět potlačují rušení vznikající při regulaci napětí.

K odstranění hazardních stavů při bootování PC/104 při napětí nižším než je požadované, slouží napěťový komparátor TL7705. Ve specifikacích mají oba moduly

PC/104 uvedeno napájecí napětí 5 V ± 5 %, tj. 4,75 V ÷ 5,25 V. Obvod TL7705 má komparační napětí 4,55 V, a tak je třeba na jeho vstup zařadit odporový dělič R_3 / R_4, který jeho vstupní napětí upraví tak, aby komparoval přibližně při 4,75 V. Hodnota rezistoru R_4 je na doporučení výrobce zvolena 10 kΩ. Dělič se vypočte dle vztahu:

$$R_3 = R_4 \cdot \left(\frac{U_{CC}}{U_{Comp}} - 1 \right) = 10^4 \Omega \cdot \left(\frac{4{,}75V}{4{,}55V} - 1 \right) \doteq 470\Omega ,$$

kde U_{cc} je napětí z impulsního zdroje a U_{comp} je minimální napětí pro napájení PC/104.

Pokud je výstupní napětí zdroje nižší než 4,8 V, je mikropočítač resetován. Tento stav je indikován modrou supersvítivou diodou D_2. Postačující úroveň indikuje zelená supersvítivá dioda D_3. Diody D_2 a D_3 jsou připojeny přes rezistory R_7 a R_8:

$$R_7 = R_8 = \frac{U_{cc\max} - U_D}{I_D} = \frac{(5{,}5 - 2)V}{10mA} \doteq 330\Omega ,$$

kde U_{CCmax} je maximální výstupní napětí obvodu, U_D je napájecí napětí diody a I_D je jmenovitý proud diody.

Při zkratu na výstupu stabilizátoru diody zhasnou, při tepelném přetížení blikají. V daném okamžiku svítí pouze jedna dioda, a to v závislosti na velikosti výstupního napětí.

Kondenzátor C_{12} slouží k odstranění krátkodobých špiček v napájecím napětí a kondenzátor C_{13} nastavuje časovou konstantu, po kterou musí být napětí zdroje vyšší než komparační, aby byla na výstupu komparátoru úroveň *High* (logická 1). Jeho hodnota je určena vztahem:

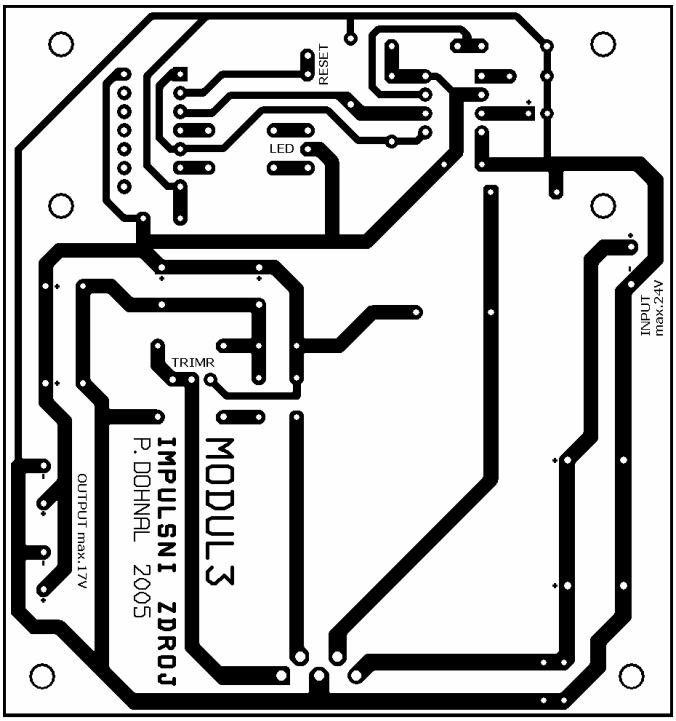
$$C_{13} = \frac{t_d}{1{,}3 \cdot 10^4} F = \frac{500 \cdot 10^{-3}}{1{,}3 \cdot 10^4} F \doteq 47\mu F ,$$

kde t_d je požadovaná časová konstanta.

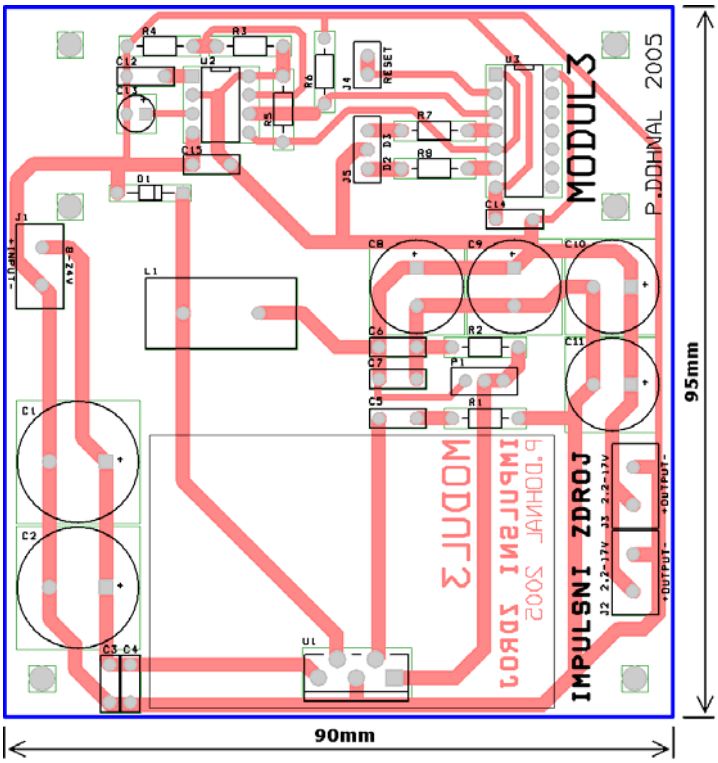
Kondenzátory C_{14} a C_{15} jsou co nejblíže obvodům 74LS07 a TL7705 a slouží k překlenování špiček vznikajících při jejich spínání.

Zapojení je realizované na plošném spoji se stejnými rozměry jako u modulů PC/104 (tj. 90 x 96 mm). To umožňuje tvořit s PC/104 kompaktní a ucelený systém.

5.3.3. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek



Obr.5.3.2: Strana mědi



Obr.5.3.3: Strana součástek

5.3.4. Seznam součástek

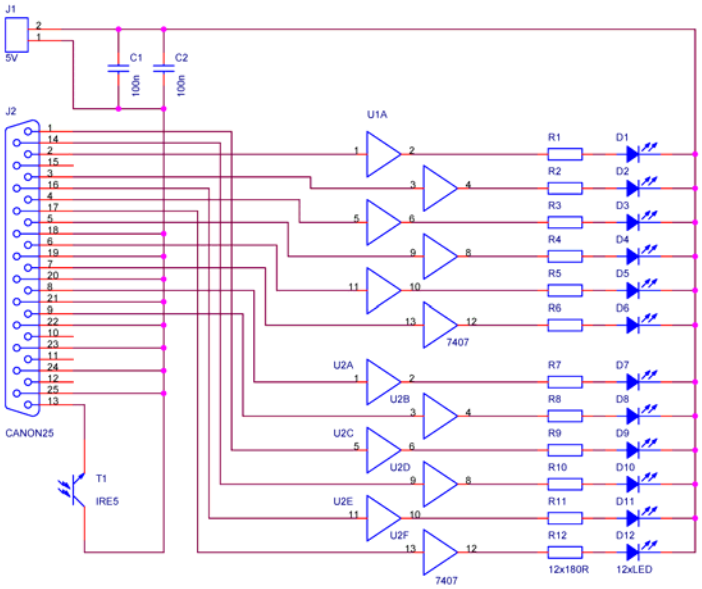
R_1	2,2 kΩ ± 5 % (typ RR)
R_2	1,5 kΩ ± 5 % (typ RR)
R_3	470 Ω ± 5 % (typ RR)
R_4, R_5, R_6	10 kΩ ± 5 % (typ RR)
R_7, R_8	330 Ω ± 5 % (typ RR)
C_1, C_2	2200 µF / 35 V ± 20 %, elektrolyt. radiál. (typ SKR)
C_3, C_4, C_5, C_6,	
C_7, C_{14}, C_{15}	100 nF ± 20 %, keramický
C_8, C_9, C_{10}, C_{11}	2200 µF / 25V ± 20 %, elektrolyt. radiál. (typ SKR)
C_{12}	470 nF ± 20 %, keramický
C_{13}	47 µF / 25V ± 20 %, elektrolyt. radiál. (typ SKR)
D_1	SB540
D_2	LED, supersvítivá, zelená
D_3	LED, supersvítivá, modrá
P_1	trimr 10 kΩ, 25 otáček (64Y 10K)
U_1	LT1074CT, TO-220
U_2	TL7705, DIP8
U_3	74LS07, DIP14
L_1	SFT 1240, 64 µH / 5 A
J_1, J_2, J_3	svorkovnice ARK 120/2
J_4	2x konektorový kolík S1G02 (pro RESET)
J_5	3x konektorový kolík S1G03 (pro LED)
patice	SOKL8 (pro TL7705)
patice	SOKL14 (pro 74LS07)
chladič	V4511D s tepelným odporem 1,5 ºC/W

5.4. Zobrazovací jednotka (Modul 4)

Úkolem tohoto modulu je zobrazovat data zaslaná na paralelní port, a při otáčení válce tak vytvářet požadovaný obrazec. Další jeho funkcí je snímání paprsku z infradiody sloužícího k měření aktuálních otáček válce.

Obr.5.4.1: Zobrazovací modul

5.4.1. Schéma zapojení



Obr.5.4.2: Schéma zapojení

5.4.2. Popis zapojení

Paralelní port nabízí až 12 výstupních bitů a všechny jsou použity ke spínání červených supersvítivých diod $D_1 \div D_{12}$. Tyto diody jsou přes rezistory $R_1 \div R_{12}$ buzeny invertory s otevřeným kolektorem, které mohou dodávat až 20 mA na jedno hradlo. Jejich hodnota je vypočtena ze vztahu:

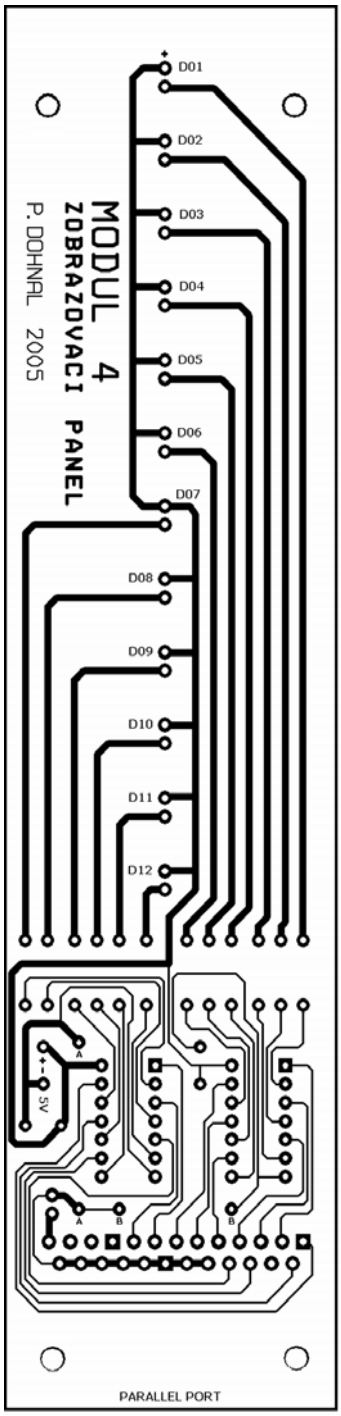
$$R_1 \div R_{12} = \frac{U_{cc\max} - U_D}{I_D} = \frac{(5{,}5 - 2{,}1)V}{20mA} \doteq 180\Omega\,,$$

kde U_{CCmax} je maximální napájecí napětí, U_D je napájecí napětí diody a I_D je jmenovitý proud diody.

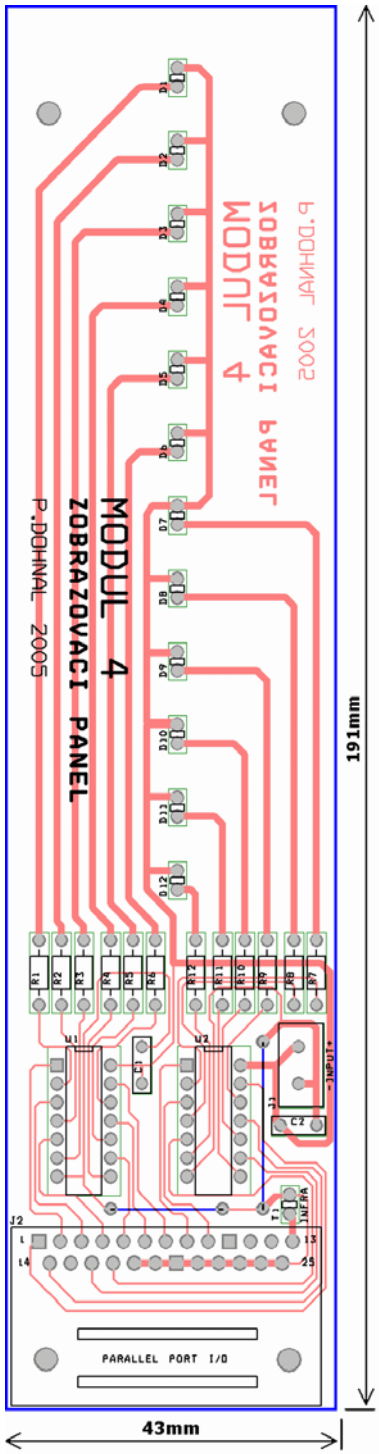
Kondenzátory C_1 a C_2 jsou co nejblíže oběma obvodům 74LS07 a slouží k překlenování špiček vznikajících při jejich spínání.

Ke snímání paprsku vysílaného infradiodou slouží infrafototranzistor T_1. Při dopadu paprsku na tento tranzistor dojde k jeho otevření a přivedení napájecího napětí na vstupní bit paralelního portu. Ten je možno softwarově číst a vypočítávat aktuální otáčky. Bližší popis paralelního portu je v Kapitole 6.3.

5.4.3. Deska s plošnými spoji a rozmístění součástek



Obr.5.4.3: Strana mědi



Obr.5.4.4: Strana součástek

5.4.4. Seznam součástek

$R_1 \div R_{12}$	180 Ω ± 5 % (typ RR)
C_1, C_2	100 nF ± 20 %, keramický
$D_1 \div D_{12}$	LED, supersvítivá červená
T_1	IRE5, infrafototranzistor
U_1, U_2	74LS07
J_1	svorkovnice ARK 120/2
J_2	konektor CANNON 25, vidlice
konektor	2x konektorový kolík S1G02 (pro fotoinfratranzistor)
2ks patice	SOKL14 (pro 74LS07)

5.5. Konstrukční zásady

Všechny použité součástky jsou volené z katalogu firmy GM ELECTRONIC. Rezistory jsou typu RR z řady E12 s maximálním ztrátovým výkonem 0,5 W. Elektrolytické kondenzátory jsou radiální, typu SKR s tolerancí 20 %. Pasivní chladiče byly vybrány na základě doporučení z katalogu.

Plošné spoje jsou navrženy jednostranně s třídou přesnosti 4. Kvůli velkým proudům a větší mechanické odolnosti (zejména u modulů 1, 2, 3) jsou všechny desky plošných spojů postříbřené, aby se zvětšil vodivý průřez. Vodivé cesty snesou proudové zatížení až 6,5 A / mm při teplotě desky 40 °C.

Všechny větší součástky (elektrolytické kondenzátory, svorkovnice apod.) jsou přilepeny pomocí Chemoprénu přímo k desce příslušného plošného spoje. Toto opatření je z důvodů vibrací a odstředivých sil vznikajících činností modelu.

Na všechny stykové plochy mezi součástkami a pasivními chladiči je pro lepší odvod tepla a menší ohřev desky nanesen tepelně vodivý silikon.

Kompenzační kondenzátory jsou umístněny co nejblíže kompenzovaným obvodům, aby plnily co nejlépe svůj účel.

Moduly 1 a 2 jsou umístěné do kovového podstavce modelu, v němž jsou zhotoveny větrací otvory. Podstavec je opatřen ventilátory, aby byl zajištěn dostačující odvod tepla. Na čelní straně je upevněn síťový vypínač s indikací zapnutí a také potenciometr, který slouží k nastavení požadovaných otáček. Na zadní stěně se nachází pouzdro s ochrannou pojistkou a napájecí konektor (kompatibilní se standardem PC-AT).

Moduly 3 a 4 jsou upevněny do rotačního válce, kde je umístěno též dynamo a napájený počítač PC/104. Indikační LED diody na modulu 3 jsou vyvedeny a upevněny přímo do stěny válce, aby lépe plnily svoji funkci.

6. Návrh softwaru

V této kapitole je vybrán vhodný *realtimový* operační systém (*RTOS*) pro řízení modelu, jeho instalace a naprogramování a spuštění ukázkové aplikace mající za úkol vhodně ovládat svítivé diody tak, aby bylo docíleno zobrazení požadovaného obrazce. Touto aplikací je tedy demonstrována funkčnost celého systému. Dále je popsán přístup k paralelnímu portu.

V kapitole není záměrně uveden kompletní zdrojový kód aplikace (ten je pouze na přiloženém CD), neboť tato diplomová práce je veřejně dostupná na stránkách katedry a programování modelu by mělo být náplní jednoho z vyučovaných předmětů. Případné zpřístupnění částí kódu je ponecháno na vyučujících předmětu.

6.1. Volba realtimového operačního systému

Při volbě vhodného *RTOS* lze vybírat podle několika kritérií. Například podle ceny licence, nejmenší rozlišitelné časové jednotky (*timelatency*), rozsáhlosti a otevřenosti systému atd. Systémy přicházející v úvahu byly zmíněny v Kapitole 2.

Nejprve je třeba vypočítat, jakou nejmenší časovou jednotku lze považovat za dostačující pro řízení tohoto modelu. Jelikož je vertikální vzdálenost středů svítivých diod 10mm, je vhodné stejnou vzdálenost určit i pro horizontální směr (alespoň virtuálně). Horizontální vzdálenost totiž spolu s obvodem válce a maximální rychlostí jeho otáčení určuje nejmenší potřebnou rozlišitelnou časovou jednotku $\boldsymbol{t_{min}}$, která je u tohoto modelu cca **294 µs** a vypočítá se:

$$o = \pi \cdot d = \pi \cdot 215mm = 675{,}5mm\,,$$

$$N = \frac{o}{h} = \frac{675{,}5mm}{10mm} \doteq 68\,,$$

$$f_{\max} = N \cdot n_{\max} = 68 \cdot 50Hz = 3{,}4kHz\,,$$

$$t_{\min} = \frac{1}{f_{\max}} = \frac{1}{3{,}4kHz} = 294\mu s\,,$$

kde

d….. průměr rotačního válce,

o….. obvod rotačního válce,

h….. požadovaná horizontální středová vzdálenost LED diod,

N….. počet „virtuálních“ svítivých diod na obvodu válce,

f_{max}….. maximální požadovaná „pracovní“ frekvence,

t_{min}….. minimální rozlišovací časová jednotka.

Z dostupných realtimových operačních systémů byl zvolen RTLinux, neboť je volně ke stažení pod *GNU* licencí (český překlad v Příloze B), je poskytován se zdrojovým kódem, což umožňuje přesné úpravy podle požadavků, a je vysoce stabilní. Přesný postup na úpravu linoxového jádra na *realtimové* je v následující kapitole.

6.2. Instalace Linuxu s podporou RT

Základní informace o instalaci a správě Linuxu jsou v [16]. Úpravou systému na RTLinux a jeho následným využitím se zabývá diplomová práce [19] . Programování ovladačů zařízení jsou věnovány publikace [17] a [18].

Zde je uveden postup úpravy zdrojových souborů linuxového jádra (*kernelu*) verze 2.4.29 na *realtimové* pomocí *patche* (nástroje, který změní a přidá některé soubory, aby bylo dosaženo požadovaných vlastností nového jádra) rt3.2-rc1:

1) Vytvoření prázdného diskového oddílu formátu EXT2

2) Založení adresáře /usr/src

   # mkdir /usr/src

3) Stažení linuxového jádra *linux-2.4.29.tar.bz2* (např. z ftp.linux.org) do */usr/src*

4) Stažení RTLinuxu *rtlinux-3.2-rc1.tar.bz2* (např. z ftp.rtlinux.at) do */usr/src*

5) Rozbalení zdrojových souborů linuxového jádra *linux-2.4.29* do adresáře */usr/src/linux-2.4.29*

   # cd /usr/src
   # tar xvfj linux-2.4.29.tar.bz2

6) Vytvoření symbolického odkazu linux na adresář *linux-2.4.29*, později na něj bude odkazováno

   # ln -s linux-2.4.29 linux

7) Rozbalení zdrojových souborů RTLinuxu *rtlinux-3.2-rc1* do adresáře */usr/src/rtlinux-3.2-rc1*

 # tar xvfj rtlinux-3.2-rc1.tar.bz2

8) Zkopírování */usr/src/rtlinux-3.2-rc1/patches/kernel_patch-2.4.29-rtl3.2-rc1* do adresáře */usr/src*

 # cp /usr/src/rtlinux-3.2-rc1/patches/kernel_patch-2.4.29-rtl3.2-rc1 /usr/src

9) Aplikace RT patche (tj. upravení zdrojových souborů linuxového jádra na RT)

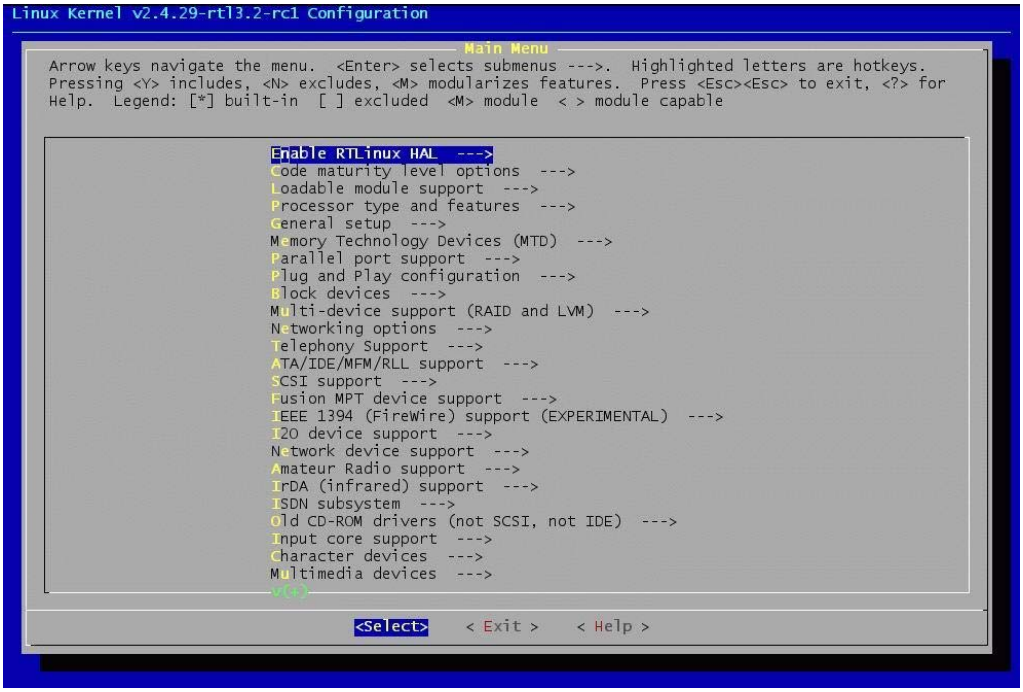
 # cd /usr/src/linux
 # patch -p1 < ../ kernel_patch-2.4.29-rtl3.2-rc1

10) Odstranění nepotřebných souborů ze starších instalací

 # make mrproper

11) Konfigurace jádra před kompilací, zejména správné nastavení typu procesoru, podpora diskových oddílů, *PCMCIA* slotu, *Wi-Fi* karty, atd. Náhled je na Obr.6.2.1.

 # make menuconfig



Obr.6.2.1: Konfigurace linuxového jádra pomocí menuconfigu

12) Zkopírování souboru s novou konfigurací */usr/src/linu/.config* do adresáře */boot* pro případnou pozdější kompilaci nového jádra

 # cp /usr/src/rtlinux-3.2-rc1/patches/kernel_patch-2.4.29-rtl3.2-rc1 /usr/src

13) Dohledání závislostí jednotlivých modulů

 # make dep

14) Kompilace jádra, v případě neúspěchu je třeba návrat k bodu (11)

 # make bzImage

15) Kompilace modulů, v případě neúspěchu je třeba návrat k bodu (11)

 # make modules

16) Instalace modulů do adresáře */lib/modules/2.4.29* (pozn. 2.4.29 je verze jádra)

 # make modules_install

17) Instalace nového jádra 2.4.29

 # make install

18) Zkopírování */usr/src/linux/arch/i386/boot/bzImage* do souboru */boot/rtlinuz*

 # cp /usr/src/linux/arch/i386/boot/bzImage /boot/rtlinuz

19) Přidání nového jádra do bootovacího zavaděče **LILO** (*Linux Loader*) úpravou souboru */etc/lilo.conf*, staré jádro zůstane přístupné, ale nové bude nastaveno jako výchozí

modifikace:

 # boot=/dev/hdc2
 # prompt
 # timeout=5
 # default=rtlinux

přidání:

 # image=/boot/rtlinuz
 # label=rtlinux
 # read-only

20) Aktualizace zavaděče

 # lilo

21) Restart

 # reboot

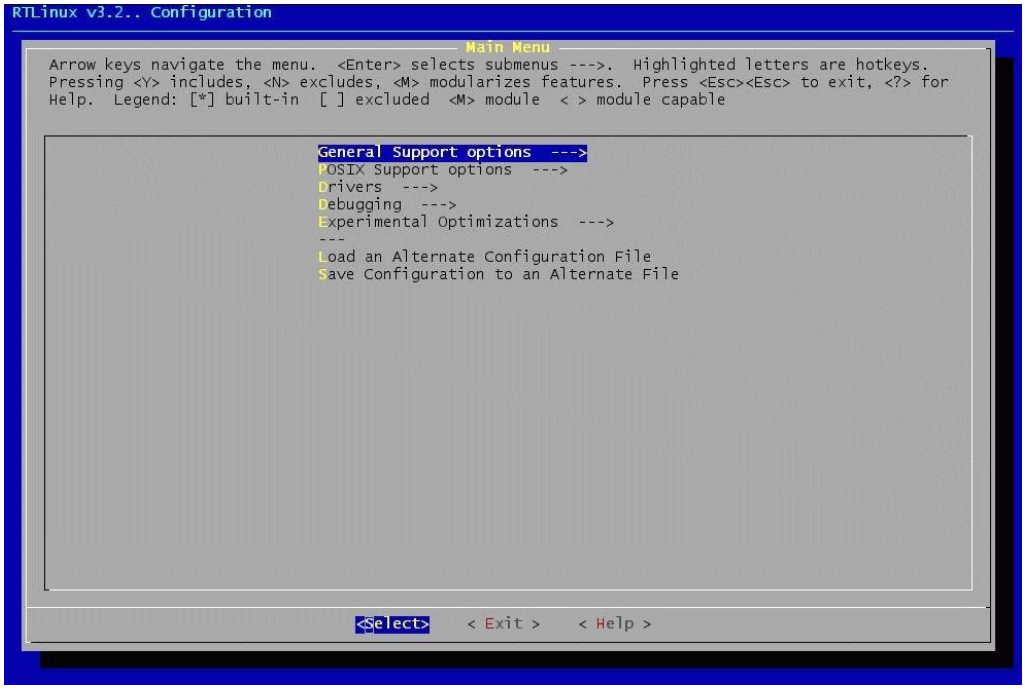
22) V zavaděči **LILO** je třeba zvolit **rtlinux**

23) Změna aktuálního adresáře na adresář se zdrojovými soubory RTLinuxu

 # cd /usr/src/rtlinux-3.2-rc1

24) Konfigurace RTLinuxu před kompilací s ponecháním přednastavených hodnot. Náhled je na Obr.6.2.2.

 # make menuconfig



Obr.6.2.2: Konfigurace RT jádra pomocí menuconfigu

25) Dohledání závislostí jednotlivých modulů

 # make dep

26) Kompilace *RT* jádra a modulů

 # make

27) Kompilace ovladačů zařízení

 # make devices

28) Instalace *RT* jádra

 # make install

29) Ověření funkčnosti RTLinuxu a jeho modulů

 # make regression

6.3. Ovládání RT jádra

Nainstalované *RT* jádro je možné pomocí následujících příkazů ovládat:

- **Start RTLinuxu** – spuštění podpory *RT*, je nutno provést vždy, když budou zaváděny *RT* programy (nesmí se zapomínat na to, že zapnutím *RT* se z původního linuxového jádra stane podproces s nižší prioritou, a tudíž mohou být i některé jeho funkce nedostupné, např. přerušení)

  # **rtlinux start**

- **Stop RTLinuxu** – ukončení podpory *RT*

  # **rtlinux stop**

- **Check Status RTLinuxu** – zobrazení zavedených a nezavedených moduly *RT*

  # **rtlinux status**

U spouštění a ukončování podpory a u zjišťování stavu *RT* jádra je oznámeno, které moduly jsou zavedeny (+) a které ukončeny (-), např.:

(+) rtl.o

(+) rtl_fifo.o

(+) mbuff.o

…

6.4. Ovladač síťové karty

Protože Linuxové jádro verze 2.4.29 v sobě nemá správný ovladač pro bezdrátovou síťovou *Wi-Fi* kartu FulBond XI-325H, která je postavena na čipsetu PRISM2.5, je třeba dodatečně nainstalovat příslušný ovladač.

Zdrojový kód ovladače je volně šířitelný podle licence *GNU* [Příloha B] a je uložen na přiloženém CD.

6.5. Ovladač paralelního portu

Při programování aplikace je potřeba přistupovat na paralelní port, odkud se čte jeden bit sloužící k synchronizaci obrazu (je to signál získaný z infrafototranzistoru) a kam se zapisuje 12 bitů, s jejichž pomocí se přímo řídí svit 12 supersvítivých LED (Kapitola 6.5). V Linuxu lze na tento port přistupovat několika způsoby.

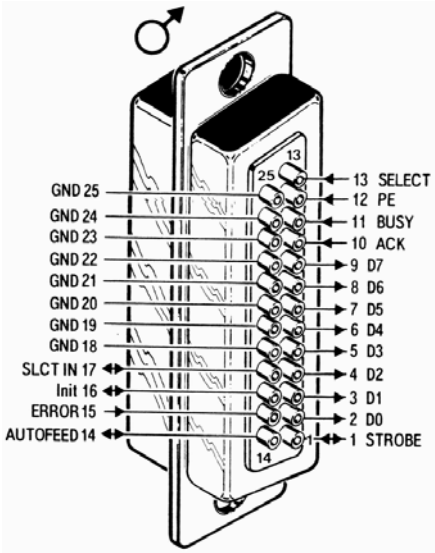
Jednou z možností je využití funkce **ioperm**, ta však vyžaduje přihlášeného uživatele *root* a nebo úpravu funkce **sys_ioperm()** v souboru **usr/src/linux/arch/i386/kernel/ioport.c** tak, aby nekontrolovala oprávnění (capability). Pak ji bude moci využít kdokoliv. Při volání **ioperm** jsou očekávány tři parametry. Prvním je bázová adresa portu, ke kterému se má přistupovat, druhým je určen počet portů a třetím lze buď zažádat o přístup, nebo se naopak tohoto práva vzdát.

Druhou možností je stáhnout a nainstalovat specializovanou knihovnu nebo ovladač. V modelu je aplikována právě tato možnost a je použito rozšíření **parapin**, které nabízí komfortnější přístup. Parapin je možno zavést přímo jako ovladač (v tomto případě do RT jádra) nebo ho použít jako knihovnu přímo v programu. Výhodou první možnosti je, že systém registruje případné přerušení vyvolané z příslušného portu. V modelu jsou programátorovi k dispozici obě varianty.

Zmíněný ovladač je včetně zdrojových kódů volně šířitelný podle licence *GNU* [Příloha B] a je uložen na přiloženém CD.

6.6. Komunikace s paralelním portem

Počítač PC/104 má několik vstupně-výstupních (*I/O – Input/Output*) rozhraní, jež lze využít pro komunikaci. K řízení spínání svíticích diod a ke snímání otáček je pro svoji jednoduchost využit paralelní port, který se dříve používal převážně k připojení tiskáren, scannerů a ostatních periferií, viz. [20].



Obr.6.6.1: Canon 25, samec

Paralelní port poskytuje celkem 17 digitálních linek, které je možno používat pro rychlý přenos dat mezi portem a obvody rozhraní. Jeho vstupy a výstupy jsou kompatibilní s technologií *TTL*, tj. vysoká úroveň je mezi 3,5 a 5 V a z výstupů je možno odebírat až 10 mA. Konektor je znázorněn na Obr.6.4.1.

K adresování slouží bázová adresa *BA* (datový registr, zápis) a dvě následující adresy *BA*+1 (stavový registr, čtení) a *BA*+2 (řídicí registr, čtení i zápis). Adresování jednotlivých bitů a zapojení svítivých diod a infrafototranzistoru je v Tab. 6.4.1.

vývod	adresování	dioda	označení	směr dat
1	BA+2, bit 0	D9	Strobe	vstup/výstup, invertovaný
2÷9	BA, bit 0÷7	D1÷D8	D0÷D7	Výstup
10	BA+1, bit 6		ACK	Vstup
11	BA+1, bit 7		Busy	vstup, invertovaný
12	BA+1, bit 5		PE	Vstup
13	BA+1, bit 4	infrafototranzistor	Select	Vstup
14	BA+2, bit 1	D10	Auto Feed	vstup/výstup, invertovaný
15	BA+1, bit 3		Error	Vstup
16	BA+2, bit 2	D11	Init	vstup/výstup
17	BA+2, bit 3	D12	SLCT IN	vstup/výstup, invertovaný
18÷25	-		GND	Zem

Tab. 6.6.1: Adresování paralelního portu pomocí bázové adresy BA

6.7. Naprogramování ukázkové aplikace

Jak je zmíněno v úvodu této kapitoly, není v této práci záměrně uveden kompletní zdrojový kód aplikace (ten je pouze na přiloženém CD). Je zde pouze stručný návod, jak tuto aplikaci naprogramovat s využitím knihovny parapin, která je v modelu k dispozici.

Při přístupu pomocí ovladače je třeba si daný port zpřístupnit a zarezervovat zavoláním **open()** a případně ho zase uvolnit funkcí **close()**, aby byl k dispozici ostatním programům. Ukázkový zdrojový kód je zde:

```
#include "parapin.h"

        #define SENZOR LP_PIN13 /* vstup z infrafototranzistoru */
        #define D01 LP_PIN03    /* LED dioda 01 */
        #define D02 LP_PIN04    /* LED dioda 02 */
        ...
        #define D12 LP_PIN17    /* LED dioda 12 */

        ...
        int pin_init_user(int lp_base);  /* parametr adresa portu */

        set_pin(int pins);               /* nastavení pinu pins */
        clear_pin(int pins);             /* vyčištění pinu pins */
        change_pin(int pins, int state); /* změna pinu pins     */
```

Bázová adresa je **0x378** pro port **LPT1** (použit v modelu) nebo 0x278 pro LPT2. Funkce **pin_init_user** vrací v případě úspěšného volání hodnotu **0**, v případě chyby **-1**.

6.8. Kompilování aplikace

1) Převedení zdrojového kódu programu *axelbot.c* do modulu *axelbot.o* vytvořením souboru *Makefile*

   axelbot.o: axelbot.c
   gcc $(CFGLAS) axelbot.c

2) Kompilace

   # make –f rtl.mk axelbot.o

6.9. Zaslání aplikace do modelu

Aplikace se do modelu zašle např. pomocí příkazu:

 # tar cp axelbot.o | ssh axelbot.felk.cvut.cz 'cd /mnt/ramdisk; tar xp; screen -S axelbot.o -d -m ./mnt/ramdisk/axelbot.o'

6.10. Spuštění aplikace v modelu

1) Zavedení a spuštění programu *axelbot.o RT* do jádra

   # rtlinux start axelbot.o

2) Ověření správného zavedení programu

   # rtlinux status axelbot.o

3) Ukončení programu a jeho odstranění z paměti

   # rtlinux status axelbot.o

7. Závěr

7.1. Řešení práce

V úvodu této diplomové práce jsou rozebrány možnosti bezdrátové komunikace, realtimových operačních systémů a společné aplikace těchto technologií. Nejprve jsou podrobněji popsány standardy *Bluetooth* a *Wi-Fi* a dále operační systémy *RTX* Windows a RTLinux.

V další části je navržen vhodný model, který umožňuje tyto technologie využít. Jelikož je k dispozici bezdrátová *Wi-Fi* síť, je ke komunikaci využito právě toto připojení k síti Internet. Z realtimových operačních systémů je vybrán RTLinux, neboť jeho distribuce jsou poskytovány zdarma včetně zdrojových kódů, a tím je programátorovi umožněna jeho libovolná úprava vyplývající z licenčních podmínek *GNU* (Příloha B).

Ke správné funkci modelu bylo třeba navrhnout a vyrobit všechny potřebné obvody (napájení, *PWM* řízení, impulsní zdroj a zobrazovač se supersvítivými diodami). Činnost všech zapojení a jejich praktická realizace jsou podrobněji popsány.

Ve zbytku práce je popsána instalace softwarového vybavení, návod pro práci s paralelním portem a pokyny, jak naprogramovat ukázkovou aplikaci. K instalaci RTLinuxu je využito jádro 2.4.29 rozšířené o *RT* jádro rt3.2-rc1, aby získalo požadované vlastnosti. V Linuxu jsou zprovozněny stažené ovladače na *Wi-Fi* kartu a paralelní port.

Jak je zmíněno v úvodu předchozí kapitoly, v této práci není záměrně uveden kompletní zdrojový kód aplikace (ten je pouze na přiloženém CD), neboť tato diplomová práce je veřejně dostupná na stránkách katedry a programování modelu by mělo být náplní jednoho z vyučovaných předmětů. Případné zpřístupnění částí kódu je ponecháno na vyučujících daného předmětu.

7.2. Dodatečné úpravy modelu

Použitý stejnosměrný motor spolu s převodem v poměru 1:1 a navrženým *PWM* řízením sice umožňuje dosahovat otáček válce až 3000 ot/min, ale ty bylo nutné omezit na cca 1800 ot/min (změřena střída impulsů pomocí osciloskopu). To bylo provedeno změnou hodnot součástek u modulu *PWM* řízení (R_7 na 12 kΩ, R_8 na 27 kΩ a P_1 na 10 kΩ). Tím došlo ke snížení obnovovací frekvence zobrazované informace z 50 Hz na 30 Hz, což má za následek větší „poblikávání“ obrazu, ale to nikterak nevadí, neboť nebylo cílem vytvořit profesionální zařízení, ale pouze model vhodný k programování a demonstraci zvolených technologií. Důvodem k omezení maximálních otáček jsou nepřesnosti při výrobě modelu (uložení hřídelí a konstrukce válce) dané dostupným vybavením školní dílny, a dále neúplné vyvážení válce, které by bylo velmi komplikované a proveditelné pouze u specializované firmy.

7.3. Spolehlivost systému

Všechny navržené moduly jsou proměřeny osciloskopem a multimetrem, aby byly odhaleny případné napěťové špičky a jiné poruchy signálu, které by mohly vést k pozdějšímu zničení obvodů. Zároveň bylo překontrolováno, že nedochází k přetěžování kondenzátorů vyšším napětím, než na které jsou určeny, a že nedochází k jejich občasnému přepólování, což by mělo v lepším případě za následek prudké snížení jejich životnosti, a tím i celého zařízení. Pro snadnou výměnu jsou všechny integrované obvody v zásuvných paticích.

Všechny součástky, u kterých by hrozilo jejich uvolnění vibracemi nebo odstředivou silou, jsou přilepeny Chemoprénem a případně přitáhnuty plastovým řemínkem k desce. Mezi chlazené součástky a pasivní chladiče je nanesena vrstva tepelně vodivého silikonu sloužící k lepšímu odvodu tepla a bránící nadměrnému přehřívání součástek. Toto vše, spolu s postříbřenými spoji plošných desek, rovněž zvyšuje spolehlivost systému.

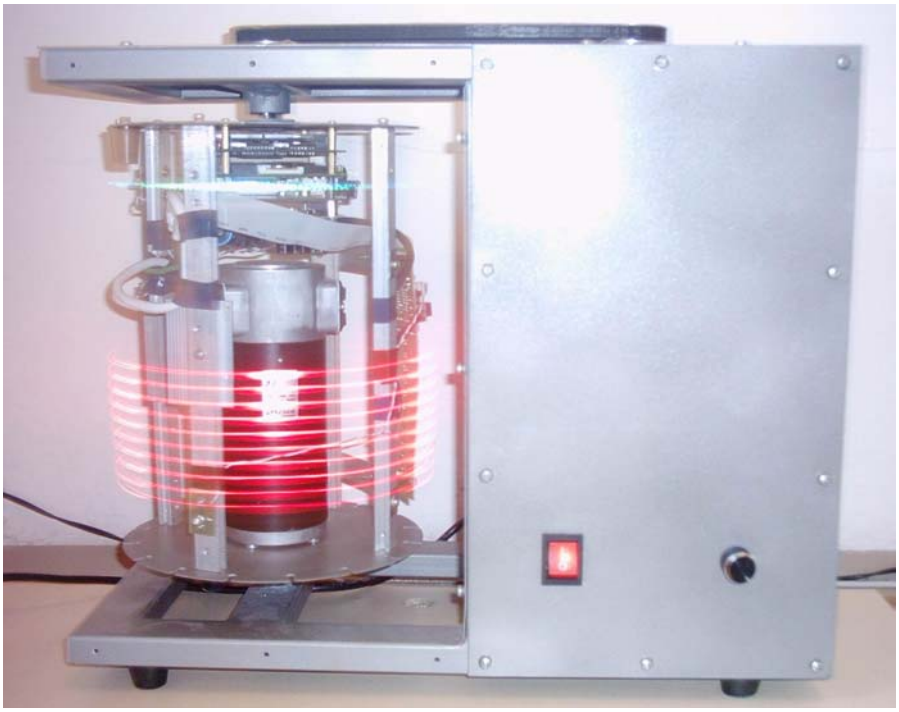
Celý model je průběžně zkoušen a zatěžován, a jsou kontrolovány všechny šrouby na rozebíratelných spojích. Jejich uvolňování zamezují pérové a vějířové podložky a nanesený průhledný lak.

7.4. Funkčnost systému

Navržený model je víceméně plně funkční, zbývá pouze ověřit, že se správně přihlásí do školní sítě. Toto je čistě záležitostí správného nastavení ovladače v Linuxu. Ke komunikaci s modelem a k jeho řízení bude možno využít služby *SSH*.

Pro model je napsána ukázková aplikace demonstrující funkčnost celého modelu, ale stále probíhá její zdokonalování a odlaďování, zejména správná synchronizace zobrazování.

Fotografie zapnutého modelu je na Obr.7.1.1. Zelený světelný proužek na fotografii signalizuje dostatečné otáčky válce, při kterých dynamo vyrobí potřebné napětí k napájení PC/104 a světelného panelu. Pokud jsou otáčky nízké, pruh svítí modře (případně se obě barvy prolínají), což ale nemusí nutně znamenat, že zařízení nepracuje správně. Tento proužek je pouze informativní a říká obsluhující osobě, že pokud je proužek zelený, zařízení zcela určitě běží tak, jak má. Samotnou kontrolu dostatečného napájecího napětí má PC/104 zabudovanou přímo v sobě a brání tak svému nekorektnímu fungování pomocí opakovaného resetování.



Obr.7.1.1: Fotografie modelu

Celý model zbývá zabezpečit připevněním chrániče nad řemenový převod a zakrytovat tři volné strany plexisklem.

7.5. Možnosti rozšíření

Navržený model nabízí hned několik možností rozšíření a vylepšení. To může být námětem na případnou bakalářskou nebo diplomovou práci.

Relativně nenáročná je úprava zobrazovacího modulu výměnou červených supersvítivých diod za tříbarevné s vhodnými vlnovými délkami červené, zelené a modré barvy. Kombinacemi jejich svitu lze vytvořit *RGB* obrazec s několika barvami (řádově 4, 8, 16, apod., v závislosti na naprogramování). Podle způsobu realizace je možné, že by došlo ke snížení počtu zobrazovaných řádků, např. na deset v případě, že se dva bity paralelního portu použijí pro řízení multiplexorového přepínače jednotlivých barev.

Podobnou inovací je záměna paralelního portu za jeden nebo dva dostupné sériové či *USB* porty. Tímto krokem je možné zvětšit počet diod a zároveň i počet zobrazovaných řádků. Samozřejmě lze poslední dvě možnosti kombinovat a vytvořit větší obrazec s více barvami.

Dalším vylepšením může být úprava na plně dálkově řízený model. Ovládání PC/104, a tedy kontrola nad vším, co má na starosti, funguje již dnes. Na tento počítač lze zaslat libovolný program a spustit ho, a tím zajistit např. zobrazování. V další fázi je třeba zajistit i dálkové řízení zapnutí a vypnutí modelu a nastavení požadovaných otáček válce. To lze provést např. s využitím osobního počítače nebo notebooku. Přes paralelní, sériový či jiný port by se přiváděl externí, softwarově generovaný, *PWM* signál pro řízení otáček. Rovněž by se tímto portem přepínalo mezi externím a interním *PWM* signálem a pomocí polovodičového relé by se zapínal či vypínal celý model. Navržené rozhraní by muselo obsahovat optické oddělení signálu, aby nehrozilo poškození počítače. K tomuto počítači by mohla být rovněž připojena webová kamera snímající celý pracovní prostor, aby bylo možné sledovat chování modelu. Současně se zapnutím modelu by bylo vhodné zapnout jeho osvětlení. Celá úprava na dálkové ovládání modelu by nebyla příliš hardwarově náročná, ale vyžadovala by dodatečný obslužný software na dálkové řízení modelu a přenos snímaného obrazu.

Jinou kategorii úprav představuje zlepšení dynamiky systému k dosažení vyšších otáček válce a přeneseně i vyšší obnovovací frekvence obrazu. Hlavním problémem je rotující válec, který by bylo třeba vyměnit za přesněji vyrobený a dobře vyvážený.

Literatura

[1] Pužmanová R.: *Moderní komunikační sítě od A do Z.*
Brno, Computer Press, 1998.

[2] Bradáč Z., Fiedler P., Kačmář M.: *Bezdrátové komunikace v automatizační praxi [online]*. Poslední aktualizace 2003-03-11 [cit. 2004-11-24], http://www.automa.cz/automa/2003/au050335.htm.

[3] Mikéska Z.: *Přenos dat v systému Bluetooth - diplomová práce.*
Brno, VUT Brno, 2003.

[4] Zandl P.: *Bezdrátové sítě WiFi - Praktický průvodce.*
Brno, Computer Press, 2003.

[5] Reisner L.: *Pevný realný čas s RTX ve Windows NT/2000/XP.*
České Budějovice, DataPartner s.r.o., 2002.

[6] FMLabs: *RTLinux Free [online]*.
Poslední aktualizace: 2005-05-05 [cit. 2005-04-03], http://www.rtlinuxfree.com/.

[7] PC104.com: *The PC/104 Supplier Link Page [online]*.
Poslední aktualizace: 2004-11-16, [cit. 2004-09-07], http://www.pc104.com/.

[8] Advantech: *PCM-3350 - GX1-300 - PC/104 [online]*.
Poslední aktualizace 2004-03-05 [cit. 2005-04-03], http://www.advantech.com.tw/epc/newsletter/v44-03-15_01/3350.htm.

[9] Advantech: *PCM-3112 - 2-slot PCMCIA Module [online]*.
Poslední aktualizace 2004-04-12 [cit. 2005-04-03], http://www.advantech.com.tw/products/Model_Detail.asp?model_id=1-TQM1K.

[10] Fulbond Systems: *Wireless LAN PCMCIA - XI-325H [online].*
Poslední aktualizace 2004-12-10 [cit. 2005-04-03],
http://www.fulbondsys.com/html/prods/xi325h.htm.

[11] ATAS elektromotory Náchod a.s.: *Komutátorové motory P2SZ447 [online].*
Poslední aktualizace 2005-04-12 [cit. 2005-04-20],
http://www.atas.cz/files/P2SZ447.PDF.

[12] Tronic spol. s r.o.: *Transformátory bezpečnostní, oddělovací, síťové [online].*
Poslední aktualizace 2005-03-07 [cit. 2005-03-18],
http://www.trafo.cz/pdf/cenywu.pdf.

[13] Cetl, T., Papež, V.: *Konstrukce a realizace elektronických obvodů.*
Praha, Vydavatelství ČVUT, 2002.

[14] Záhlava, V.: *OrCAD pro Windows – praktický průvodce návrháře.*
Praha, Grada Publishing, 1999.

[15] Vysoký O.: *Elektronické systémy 2.*
Praha, Vydavatelství ČVUT, 1999.

[16] Kolektiv autorů: *Linux – Dokumentační projekt.*
Brno, Computer Press, 2003.

[17] Rubini A., Corbet J.: *Linux device drivers.*
Sebastopol - USA, O'Reilly & Associates, 2001.

[18] Beck M., Böhme H., Dziadzka M., Kunitz U., Magnus R.: *Linux kernel internals.*
Edinburgh - Anglie, Addison Wesley Longman, 1996.

[19] Ostrovršnik, R.: *Uporaba RTLinux-a v sistemih avtomatizacije - diplomsko delo*
Maribor - Slovinsko, Univerza v Mariboru, 2002.

[20] Kainka, B: *PC-Schnittstellen angewandt.*
Aachen – Německo, Elektor-Verlag GmbH, 1993.

Pozn.: Většina internetových stránek je stažena na přiloženém CD.

Použité zkratky a pojmy

Access Point - přístupový bod v síti

AM *(Amplitude Modulation)* - amplitudová modulace signálu

API *(Application Programming Interface)* – aplikační rozhraní pro programátory

BA *(Base Address)* - bázová adresa

Batch Deadline - časové omezení ukončení procesu v řádů hodin

Bluetooth - standard pro bezdrátovou komunikaci

Bridge - komunikační most v síti

Cable-Replacement - náhrada pevného vedení bezdrátovým

CAN *(Controller Area Network)* - standard průmyslové sběrnice

Deadline - časový limit vykonání procesu

Ethernet - počítačová síť s pevným vedením

FH *(Frequency Hopping)* - rychlá skoková změna frekvence

FIFO *(First In, First Out)* - fronta, u které se odebírají nejdříve uložená data

FM *(Frequency Modulation)* - frekvenční modulace signálu

FTP *(File Transfer Protocol)* - protokol pro přenos souborů

GND *(GrouND)* – zem, zemnící vodič

GNU *(General Public License)* - licence pro volně šířitelný software

GPRS *(General Packet Radio Service)* - vysokorychlostní mobilní datový standard

High - vysoká úroveň, logická 1

Hard RealTime - pevný reálný čas

Hard RealTime Deadline - velmi krátké časové omezení

HCI *(Host Controller Interface)* - vrstva pro jednotný přístup k zařízením *Bluetooth*

HSCSD *(High Speed Circuit Switched Data)* - vysokorychlostní mobilní standard

IEEE *(Institute of Electrical and Electronics Engineers)* - standardizační orgán

IEEE 802.3 - komunikační standard pevných sítí zvaný *Enternet*

IEEE 802.11 - třída bezdrátových komunikačních standardů zvaných *Wi-Fi*

IEEE 802.15 - komunikační standard bezdrátových sítí zvaný *Bluetooth*

I/O *(Input-Output)* - vstupně-výstupní

IP *(Internet Protocol)* - komunikační protokol

Kernel - jádro operačního systému

LAN *(Local Area Network)* - lokální síť

Link Controller - linkový ovladač

Link Manager - správce linky

Low - nízká úroveň, logická 0

LPT *(Line Printer porT)* - paralelní port, dříve označovaný jako port tiskárny

MAC *(Media Access Control)* - přístupový bod

Master - nadřízená jednotka

MOSFET *(Metal-Oxide Semiconductor Field-EffectTransistor)* - unipolární tranzistor

OS *(Operating Systém)* – operační systém

Paket - balíček dat

PAN *(Personal Area Network)* - místní síť

Patch - nástroj na rozšíření možností softwaru

PC/104 - modulární průmyslový počítač kompatibilní s PC-AT

PCMCIA *(Personal Computer Memory Card International Association)* - periferie

PDA *(Personal Digital Assistant)* - kapesní počítač

Piconet - základní buňka sítě Bluetooth

Point-to-Multi-Point - přímé propojení mezi jedním a více body

Point-to-Point - přímé propojení mezi dvěma body

PLC *(Programable Logic Controller)* - programovatelný logický automat

PWM *(Pulse-Width Modulation)* - pulsně-šířková modulace

Router - Směrovač paketů

RealTime - pracující v reálném čase

RGB *(Red-Green-Blue)* - barevná paleta tvořená kombinací červené,zelené a modré

RT *(RealTime)* - pracující v reálném čase

RTOS *(RealTime Operating System)* - operační systém pracující v reálném čase

RTSS *(RealTime SubSystem)* – podsystém reálného času

RTX - rozšíření operačního systému Windows NT/2000/NT na *RTOS*

Scatternet - buňka umožňující koexistenci více buněk piconet v síti *Bluetooth*

Slave - podřízená jednotka

Soft RealTime Deadline - časové omezení na max. průměrnou dobu odezvy

SSH *(Secure SHell)* – zabezpečený komunikační protokol

Timelatency – doba odezvy systému

Timesharing RealTime Deadline - omezení na maximální dobu odezvy

TTL *(Transistor-Transistor Logic)* - logické obvody na bázi tranzistorů

UDP *(User Datagram Protocol)* - protokol pro přenos dat

USB *(Universal Serial Bus)* - vysokorychlostní sériové rozhranní

WAN *(Wide Area Network)* - globální síť

WAP*(Wireless Application Protocol)* - protokol pro přenos dat v sítích GSM

WEP *(Wired Equivalent Privacy)* - zabezpečovací standart bezdrátových Wi-Fi sítí

Wi-Fi *(Wireless Fidelity)* - standard pro bezdrátovou komunikaci

WLAN *(Wireless Local Area Network)* - bezdrátová lokální síť

WWW *(World Wide Web)* - Internetová služba

UHF Ultra High Frequency

UMTS *(Universal Mobile Telephone Systém)* - vysokorychlostní mobilní standard

Příloha A – Specifikace

Příloha A1: PC/104 Advantech PCM-3350

Geode GX1-300 based Module with Ethernet and On-board LCD controller

The PCM-3350, with its GX1-300 MHz onboard processor and low power, fanless performance, represents Advantech's next generation of high speed, low power PC/104 family of products. The stable Geode processor, onchip PCI VGA for VGA and TFT LCD support and rock solid Intel?82559 ER High performance Ethernet chip, provide amazing power and functionality. The ability to stack a full range of PC/104 modules such as sound, PCMCIA, GPS, additional LAN, plus many others, greatly expands the range of applications. The PCM-3350 has all the power and features indicative of larger CPU control boards, but checks in at the standard PC/104 size of 96 mm x 90 mm. It has 256 KB Flash memory, a 144-pin SODIMM socket which can accept up to 128 MB SDRAM, and support for up to two EIDE devices. It supports up to two FDDs plus one serial RS-232 port and one RS-232/ 422/485 port. There are two USB 1.0 compliant ports, one parallel port and a mini-DIN connector that supports a standard PS/2 keyboard and mouse. There is a CompactFlash TM socket that can act as an emulated hard drive as well. An 18-bit TFT LCD panel is supported with flat panel display resolution up to 1024 x 768 @ 18 bpp. Non-interlaced CRT monitor resolutions up to 1024 x 768 @ 24 bpp are also supported. Along with APM 1.1 power management, an infrared port and watchdog timer support, the PCM-3350 has all the features that make it a full-featured performer in any computer class.

Specifications:

CPU: Embedded Low power NS Geode GX1-300 MHz processor
BIOS: AWARD 256 KB Flash memory
DRAM: One 144-pin SODIMM socket accepts up to 128 MB SDRAM
IDE interface: Supports up to two EIDE devices. BIOS auto-detect, PIO 3 or 4 transfer, Ultra DMA33
FDD interface: Supports up to two FDDs/2.5" FDD
Serial ports: One serial RS-232 port, one serial RS-232/422/485 port
Parallel port: One parallel port, supports SPP/EPP/ECP mode
Infared port: Shared with COM 2. Transfer rate up to 115 kbps
Keyboard/mouse connector: Mini-DIN connector supports standard PS/2 keyboard and mouse
Watchdog timer: 1.6 sec. intervalsl/VGA Interface
Chipset Ethernet: Intel 82559 ER
Ethernet interface: PCI 10/100 Mbps Ethernet. IEEE 802.3 U protocol compatible
Connectors: On-board 2 x 5 2.0 mm connector
Built-in boot ROM: I/O address switchless setting:
Chipset VGA: NS CS5530
Display memory: 1~4 MB share memory, set in BIOS
Display type: Supports CRT and TFT LCDs. Able to display both CRT and flat panel simultaneously
Display resolution: Panel - 1024x768@18bpp; 18-bit TFT LCD; Non-interlaced CRT 1024x768@24bpp
Solid state disk: Supports CompactFlash TM cards
Weight: 11 kg (.24 lb)
Storage Temperature: -40°~85°C (-40°~ 185°F)
Power supply voltage: +5 V ±5 %
Dimensions (L x W): 96 mm x 90 mm (3.77" x 3.54")
Operating temperature: 0°~ 60°C (32° ~ 140°F)
Operating humidity: 0% to 95% relative humidity, noncondensing
Power requirements: 2.0 A + 5 V, Max w/ GX1-300 MHz CPU & 64 MB

Více informací viz. [8].
www.advantech.com

Příloha A2: PC/104 PCMCIA modul PCM-3112

2-slot PCMCIA Module

The PCM-3112 consists of a PC/104 (16-bit) interface module with two built-in PCMCIA card slots. The PCMCIA slots on the PCM-3112 provide full support for all Type I/II/III PCMCIA memory, I/O and ATA hard disk cards.

Specifications:

Standard: Complies with PCMCIA V2.10 and JEIDA 4.1 spec
PC Card Format: Accepts Type I/II/III PCMCIA cards
Data Bus: 16-bit
Secondary: Features 2 PCMCIA drives
BIOS: Programmable 32, KB SMD-type boot, EEPROM BIOS
Boot: Bootable from linear Flash card or ATA Flash, ATA HDD
Status: Busy status LED
Power consumption: +5 V @ 70 mA (typical)
Power requirements: +5 V, ± 5 % tolerance on power supply
Size: 96mm x 90mm (3.8" x 3.5")
Weight: 0.1 kg (0.22 lb)
Operating temperature: 0÷60°C (32÷140°F)
Storage temperature: -40÷85°C (-40÷185 F)
Operating Humidity: 0%÷90% relative humidity, non-condensing

Více informací viz. [9].
www.advantech.com

Příloha A3: Síťová karta Wifi FulBond XI-325H

XI-325H 100mW High Power Wireless LAN Card

XI-325 Wireless PCMCIA (Type II) LAN card is fully compliant to 2.4 GHz Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) 802.11b 11M and interoperable with Wi-Fi certified products. Different from other PCMCIA products, it's 100mW high power RF output and support hardware enabling 64/128-bit Wired Equivalent Privacy (WEP) data encryption. Detachable antenna version is specifically designed for SI solution.

Specifications:

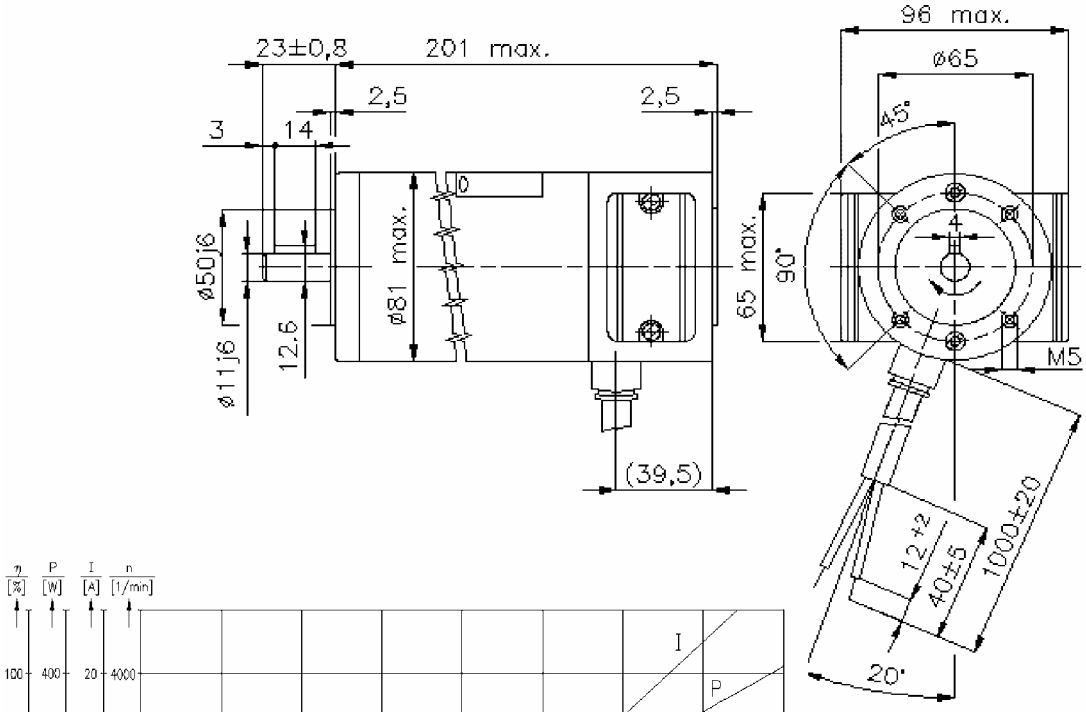
Interoperability: Certified by Wi-Fi (WECA), interoperable with Wi-Fi certified Access Points
Host interface: 16-bit PCMCIA V2.1 I/O interface, type II, 5V key
Chipset: PRISM2.5 chipset on-board
Memory Size: 128Kx16 SRAM, 128Kx8 flash ROM
Data Rate: 11, 5.5 , 2 and 1 Mbps per channel, Auto Fall-Back
Modulation: CCK (11Mbps, 5.5Mbps), DQPSK (2Mbps), DBPSK (1Mbps)
Support OS: Windows 95/98/2000/NT/CE, Linux, FreeBSD
Sensitivity: @PER<8%:
11Mbps : -85 dBm(max.)
5.5Mbps : -88 dBm(max.)
2 Mbps : -89 dBm(max.)
1 Mbps : -92 dBm(max.)
Range (open space): 1311 feet @ 1Mbps, 885 feet @ 2Mbps , 655 feet @ 5.5Mbps , 459 feet @ 11Mbps
Channels: 11 for N. America, 14 Japan, 13 Europe (ETSI), 2 Spain, 4 France
Antenna: two MMCX reverse connector, support receiving diversity, antenna is option
Operating Frequency:
2.412 - 2.462 GHz (N. America)
2.412 - 2.484 GHz (Japan)
2.412 - 2.472 GHz (Europe ETSI)
2.457 - 2.462 GHz (Spain)
2.457 - 2.472 GHz(France)
Power Consumption:
TX power consumption: <350 mA
RX power consumption <280 mA
Sleep Mode power consumption (TBD)
Voltage: 5.0 VDC±5%
RF Output Power: 100mW
Network Architecture Types:
Supports ad-hoc (peer-to-peer) and infrastructure (communications to wired networks via Access Points), roaming (standard IEEE 802.11b compliment)
LED Indicators: Link, Power
Temperature: 0÷55°C @ 5÷90% humidity (non-condensing)
Storage Temperature: -20÷80°C @ 5÷90% humidity (non-condensing)
Dimension: PCMCIA type II, 124mmx54mm*8.5mm(Antenna included), Compact Size Weight < 50g

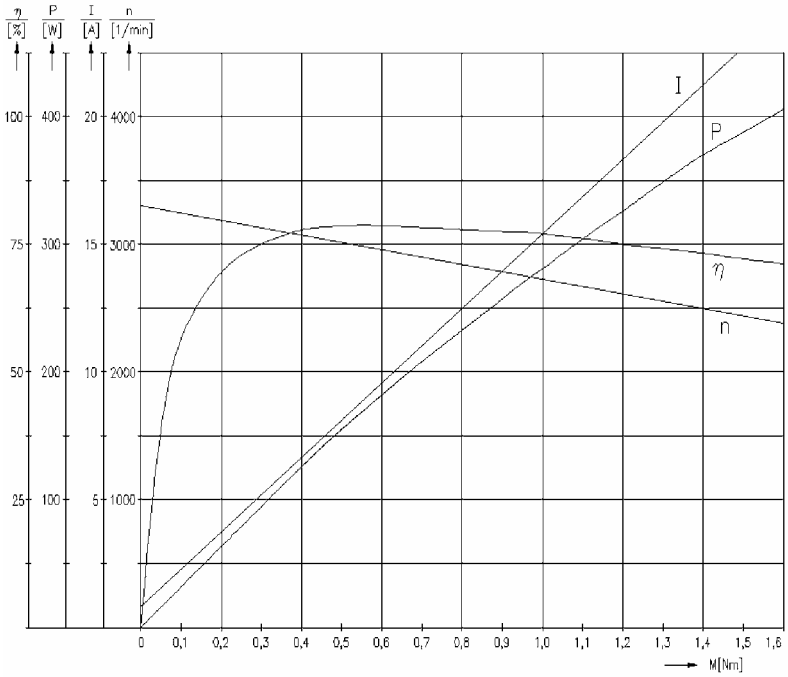
Více informací viz. [10].
www.fulbondsys.com

Příloha A4: Motor ATAS P2SZ447

Stejnosměrný motor s permanentními magnety

Výkon, Output, Leistung	**200 W**	**Smysl toč.,** Direction of rotation,Drehrichtung	**oba,both,beide**
Napětí,Voltage,Spannung	**24 V =**	**Provoz,** Duty, Betrieb	**S1**
Proud, Current, Strom	**10,5 A**	**Krytí,** Design, Schutzgrad	**IP 54**
Otáčky, Speed, Drehzahl	**3000 1/min**	**Hmotnost,** Weigh, Masse	**3,3 kg**





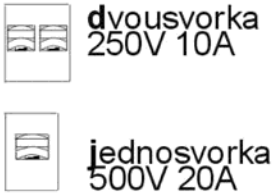
Více informací viz. [11].
www.atas.cz

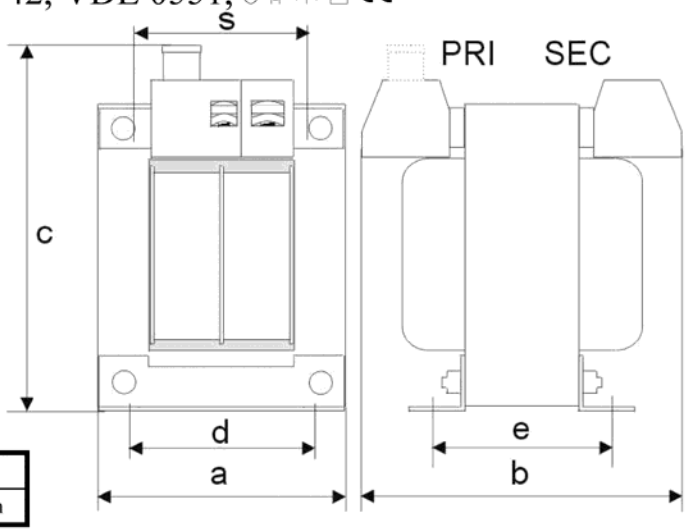
Příloha A5: Transformátor Tronic 230V/24V

Síťový transformátor s EI plechy, jádrem 400VA
a zalitou tepelnou pojistkou proti dlouhodobému přetížení

Jednofázové bezpečnostní a oddělovací transformátory do rozvaděčů

v provedení **WU** (WAGO - svorky (IP20), úhelníky, vakuová impregnace)
ČSN EN 61558, IEC 742, VDE 0551, CE





osazené svorky:

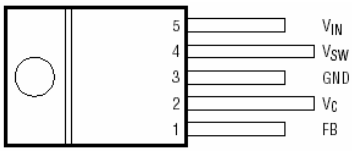
dvousvorka 10A		jednosvorka 20 A	
mont.šířka	16.2mm	mont.šířka	13.4mm

napětí dle objednávky			svorky : d/j		svorky : p		svorky : u		svorky : v		uchycení		pro	hmot
jádro DIN	trvalý výkon[VA] cos(φ) = 1	**a**	**b**	**c**	**b**	**c**	**b**	**c**	**b**	**c**	**d**	**e**	**s**	**kg**
EI120/53	400	101	110	130	110	140	115	140	135	145	85	78	68	5.1

výkony platí pro základní provedení (1xPRI/1xSEC ; U < 250V;ta=40°C;Usec +- 5%)

Více informací viz. [12].
www.trafo.cz

Příloha A6: LT1074CT



Step-down switching regulator

FEATURES

- **5A Onboard Switch (LT1074)**
- 100kHz Switching Frequency
- Greatly Improved Dynamic Behavior
- Available in Low Cost 5 and 7-Lead Packages
- Only 8.5mA Quiescent Current
- Programmable Current Limit
- **Operates Up to 60V Input**
- Micropower Shutdown Mode

APPLICATIONS

- Buck Converter with Output Voltage Range of 2.5V to 50V
- Tapped-Inductor Buck Converter with 10A Output at 5V
- Positive-to-Negative Converter
- Negative Boost Converter
- Multiple Output Buck Converter

DESCRIPTION

The LT®1074 is a 5A (LT1076 is rated at 2A) monolithic bipolar switching regulator which requires only a few external parts for normal operation. The power switch, all oscillator and control circuitry, and all current limit components, are included on the chip. The topology is a classic positive "buck" configuration but several design innovations allow this device to be used as a positive-to-negative converter, a negative boost converter, and as a flyback converter. The switch output is specified to swing 40V below ground, allowing the LT1074 to drive a tapped-inductor in the buck mode with output currents up to 10A.

The LT1074 uses a true analog multiplier in the feedback loop. This makes the device respond nearly instantaneously to input voltage fluctuations and makes loop gain independent of input voltage. As a result, dynamic behavior of the regulator is significantly improved over previous designs.

On-chip pulse by pulse current limiting makes the LT1074 nearly bust-proof for output overloads or shorts. The input voltage range as a buck converter is 8V to 60V, but a self-boot feature allows input voltages as low as 5V in the inverting and boost configurations.

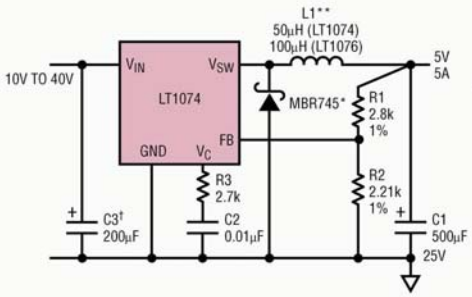
The LT1074 is available in low cost TO-220 or TO-3 packages with frequency pre-set at 100kHz and current limit at 6.5A (LT1076 = 2.6A). A 7-pin TO-220 package is also available which allows current limit to be adjusted down to zero. In addition, full micropower shutdown can be programmed. See Application Note 44 for design details.

A fixed 5V output, 2A version is also available. See LT1076-5.

LT, LTC and LT are registered trademarks of Linear Technology Corporation.

TYPICAL APPLICATION

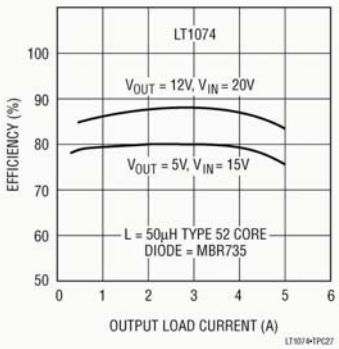
Basic Positive Buck Converter



* USE MBR340 FOR LT1076
** COILTRONICS #50-2-52 (LT1074)
#100-1-52 (LT1076)
PULSE ENGINEERING, INC.
#PE-92114 (LT1074)
#PE-92102 (LT1076)
HURRICANE #HL-AK147QQ (LT1074)
#HL-AG210LL (LT1076)
† RIPPLE CURRENT RATING ≥ $I_{OUT}/2$

LT1074•TA01

Buck Converter Efficiency



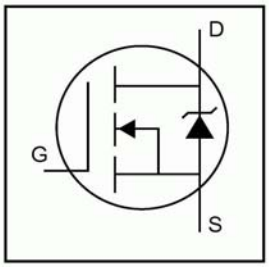
LT1074•TPC27

Více informací viz. Přiložené CD.
www.linear-tech.com

Příloha A7: IRF3205

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



V_{DSS} = 55V

$R_{DS(on)}$ = 8.0mΩ

I_D = 110A⑤

Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I_D @ T_C = 25°C	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10V	110 ⑤	A
I_D @ T_C = 100°C	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10V	80	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	390	
P_D @T_C = 25°C	Power Dissipation	200	W
	Linear Derating Factor	1.3	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
I_{AR}	Avalanche Current①	62	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy①	20	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.0	V/ns
T_J T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to + 175	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 srew	10 lbf•in (1.1N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.75	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

International
IOR Rectifier

Více informací viz. Přiložené CD.
www.irf.com

Příloha B – GNU licence

Tento text je neoficiálním překladem GNU Lesser General Public License (GNU LGPL). Nebyl vydán nadací Free Software Foundation a nevyjadřuje právní podstatu podmínek pro šíření softwaru používajícího GNU LGPL – tomuto účelu slouží výhradně původní anglická verze GNU LGPL. Přesto doufáme, že tento překlad pomůže českým čtenářům lépe porozumět licenci GNU LGPL.

This is an unofficial translation of the GNU Lesser General Public License into Czech. It was not published by the Free Software Foundation, and does not legally state the distribution terms for software that use the GNU LGPL – only the original English text of the GNU LGPL does that. However, we hope that this translation will help Czech speakers understand the GNU LPGL better.

GNU Lesser General Public License

Český překlad verze 2.1, únor 1999

Copyright (C) 1991, 1999 Free Software Foundation, Inc.
59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA
Každému je povoleno kopírovat a šířit doslovné kopie
tohoto licenčního dokumentu, ale není dovoleno jej měnit.

[Toto je první vydaná verze Lesser GPL. Také se počítá
jako následník GNU Library Public License, verze 2, odtud
číslo verze 2.1.]

ÚVOD

Licence pro většinu softwaru jsou navrženy tak, aby vám sebraly svobodu sdílet ho a měnit. Naproti tomu GNU General Public Licenses jsou určeny k tomu, aby vám svobodu sdílet a měnit svobodný software zaručovaly – s cílem zajistit, že software bude svobodný pro všechny jeho uživatele.

Tato licence, Lesser General Public License, se vztahuje na některé softwarové balíčky se zvláštním určením – typicky knihovny – od Free Software Foundation a dalších autorů, kteří se rozhodnou ji použít. Použít ji můžete i vy, ale doporučujeme vám, abyste si na základě dalšího výkladu nejprve důkladně rozmysleli, zda je v tom kterém případě lepší strategií použít tuto licenci, anebo běžnou General Public License.

Mluvíme-li o svobodném softwaru, máme na mysli svobodu používání, nikoli cenu. Naše General Public Licenses jsou navrženy tak, aby zajišťovaly, že budete mít svobodu šířit kopie svobodného softwaru (a tuto službu si zpoplatnit, budete-li chtít); že dostanete zdrojový kód nebo budete mít možnost si ho pořídit; že můžete daný software měnit a používat jeho části v nových svobodných programech; a že vám bude oznámeno, že tyto věci můžete dělat.

Abychom mohli ochránit vaše práva, musíme vytvořit omezení, která znemožní distributorům vám tato práva upírat nebo žádat po vás, abyste se těchto práv vzdali. Pokud šíříte kopie knihovny nebo ji upravujete, mění se pro vás tato omezení v určité závazky.

Například, jestliže šíříte kopie knihovny, ať už gratis nebo za peníze, musíte příjemcům poskytnout všechna práva, která my poskytujeme vám. Musíte zajistit, aby i oni dostali

nebo měli možnost pořídit si zdrojový kód. Pokud s knihovnou sestavujete další kód, musíte dát příjemcům k dispozici kompletní objektové soubory, aby poté, co provedou v knihovně změny a znovu ji zkompilují, mohli tyto objektové soubory s knihovnou opět sestavit. A musíte jim ukázat tyto podmínky, aby znali svá práva.

Vaše práva chráníme metodou sestávající ze dvou kroků: (1) Opatříme knihovnu copyrightem a (2) nabídneme vám tuto licenci, která vám poskytuje zákonné povolení knihovnu kopírovat, šířit a/nebo upravovat.

Abychom ochránili každého distributora, chceme zajistit, aby bylo velmi jasné, že na svobodné knihovny se nevztahuje žádná záruka. Také pokud knihovnu upraví někdo jiný a předá ji dál, měli by příjemci vědět, že to, co mají, není původní verze, aby problémy, které by mohli způsobit druzí, nekazily pověst původního autora.

Nakonec, neustálou hrozbu pro existenci jakéhokoli svobodného programu představují softwarové patenty. Přejeme si zajistit, aby žádná firma nemohla účinně omezovat uživatele svobodného programu tím, že od držitele patentu získá restriktivní licenci. A proto trváme na tom, že jakákoli patentová licence získaná pro určitou verzi knihovny musí být v souladu s úplnou svobodou používání, specifikovanou v této licenci.

Na většinu softwaru GNU, včetně některých knihoven, se vztahuje obyčejná GNU General Public License. Tato licence, GNU Lesser General Public License, se vztahuje na některé určené knihovny a je úplně jiná než obyčejná General Public License. Tuto licenci použijeme pro určité knihovny, abychom je povolili sestavovat s nesvobodnými programy.

Když se nějaký program sestaví s knihovnou, ať už staticky nebo za použití sdílené knihovny, je kombinace těchto dvou z právního hlediska kombinovaným dílem, odvozeninou původní knihovny. Obyčejná General Public License proto dovoluje takové sestavení pouze tehdy, vyhoví-li celá kombinace jejím měřítkům svobody. Lesser General Public License stanovuje pro sestavování jiného kódu s knihovnou volnější měřítka.

Této licenci říkáme "Lesser" (menší) General Public License proto, že pro ochranu svobody uživatele dělá méně (less) než obyčejná GNU General Public License. Také vývojářům dalšího svobodného softwaru poskytuje méně výhod oproti konkurenčním nesvobodným programům. Tyto nevýhody jsou důvodem, proč pro mnoho knihoven používáme obyčejnou GNU General Public License. Nicméně za určitých zvláštních okolností tato menší licence přináší výhody.

Například, ač zřídka, se může vyskytnout zvláštní potřeba podpořit co nejmasovější používání určité knihovny, aby se tato stala de facto standardem. K dosažení toho je nutné umožnit využití knihovny i pro nesvobodné programy. Častějším případem je, že určitá svobodná knihovna má stejnou funkci, jako běžněji používané nesvobodné knihovny. V tomto případě se omezením svobodné knihovny výhradně pro svobodné programy dá získat jen málo, proto použijeme Lesser General Public License.

V jiných případech povolení používat určitou knihovnu v nesvobodných programech umožní používat spoustu svobodného softwaru většímu počtu lidí. Například, povolení používat knihovnu GNU C v nesvobodných programech umožňuje mnohem více lidem používat celý operační systém GNU a rovněž tak jeho variantu, operační systém GNU/Linux.

Ačkoli Lesser General Public License chrání svobodu uživatelů méně, zajišťuje, že uživatel programu, který byl sestaven s danou knihovnou, bude mít svobodu a finanční prostředky potřebné pro provozování tohoto programu i při používání modifikované verze knihovny.

Dále uvádíme přesné podmínky pro kopírování, šíření a úpravy. Dávejte si dobrý pozor na rozdíl mezi "dílem založeným na knihovně" a "dílem, které používá knihovnu". První obsahuje kód odvozený z knihovny, druhé se musí použít s knihovnou, aby mohlo běžet.

PODMÍNKY PRO KOPÍROVÁNÍ, ŠÍŘENÍ A ÚPRAVY

0. Tato licenční smlouva se vztahuje na jakoukoli softwarovou knihovnu nebo jiný program obsahující vyrozumění vložené držitelem autorských práv nebo jinou oprávněnou stranou, kde stojí, že daný software smí být šířen v souladu s podmínkami této Lesser General Public License (jinými slovy "této licence"). Každý držitel licence je oslovován "vy".

"Knihovna" znamená sbírku softwarových funkcí a/nebo dat připravených tak, aby mohly být vhodně sestavovány s aplikačními programy (jež některé tyto funkce a data využívají) za účelem vytvoření spustitelných souborů.

Dále v textu se "Knihovna" týká jakékoli knihovny nebo díla, které jsou šířeny za těchto podmínek. "Dílo založené na Knihovně" znamená Knihovna, nebo jakékoli dílo odvozené pod ochranou autorského zákona: jinými slovy dílo obsahující Knihovnu nebo její část beze změn, nebo s úpravami a/nebo přímo přeloženou do jiného jazyka. (Odtud dál se překlad zahrnuje bez omezení do termínu "úprava".)

"Zdrojový kód" k dílu znamená podoba díla upřednostňovaná pro provádění úprav na něm. U knihovny úplný zdrojový kód znamená všechen zdrojový kód pro všechny moduly, které knihovna obsahuje, plus jakékoli přidružené soubory s definicemi rozhraní plus skripty používané pro řízení kompilace a instalace knihovny.

Na činnosti jiné než kopírování, šíření a upravování se tato licence nevztahuje; jsou mimo její rozsah platnosti. Na provozování programu využívajícího Knihovnu se nekladou žádná omezení a výstupu takového programu se licence týká jen v případě, že představuje dílo založené na Knihovně (nezávisle na použití Knihovny nástrojem pro jeho psaní). Zda je tomu tak, záleží na tom, co dělá Knihovna a co dělá program, který Knihovnu využívá.

1. Doslovné kopie zdrojového kódu knihovny smíte kopírovat a šířit tak, jak je dostanete, na jakékoli médiu za předpokladu, že na každé kopii viditelně a vhodně zveřejníte vyrozumění o autorských právech a popření záruky; necháte beze změny všechna vyrozumění související s touto licencí a absencí jakékoli záruky; a spolu s Knihovnou budete šířit kopii této licence.

Za kopírování jako fyzický úkon si smíte účtovat poplatek a dle svého uvážení smíte nabízet výměnou za poplatek záruční ochranu.

2. Svou kopii nebo kopie Knihovny nebo jakékoli její části smíte upravovat, tedy utvářet dílo založené na Knihovně, a tyto úpravy nebo dílo kopírovat a šířit v

souladu s podmínkami z oddílu 1 výše za předpokladu, že také vyhovíte všem těmto podmínkám:

a) Upravené dílo samo musí být softwarová knihovna.
b) Musíte zajistit, aby všechny upravené soubory obsahovaly dobře viditelná vyrozumění, ve kterých bude stát, že vy jste soubory změnili a kdy se tak stalo.
c) Musíte zajistit, aby všem třetím stranám byla bezplatně udělena licence na celé dílo v souladu s podmínkami této licence.
d) Pokud se prostředek v upravené knihovně odkazuje na funkci nebo datovou tabulku, kterou má dodat aplikační program, jenž prostředek využívá, jinou než argument předávaný při volání prostředku, pak musíte vyvinout dobře míněnou snahu zajistit, aby daný prostředek fungoval i v případě, že aplikace takovou funkci nebo tabulku neposkytuje, a prováděl kteroukoli část svého poslání, jež zůstane smysluplná.

(Kupříkladu posláním knihovní funkce pro výpočet druhé odmocniny je, aby byla naprosto jasně definovaná nezávisle na aplikaci. Pododdíl 2d tedy předepisuje, že jakákoli aplikací dodaná funkce nebo tabulka musí být volitelná: I když ji aplikace nedodá, funkce pro výpočet druhé odmocniny musí pořád počítat druhou odmocninu.)

Tyto požadavky se vztahují na upravené dílo jako celek. Pokud identifikovatelné oddíly tohoto díla nejsou odvozeny od Knihovny a lze je samy rozumně považovat za nezávislá a samostatná díla, pak když je šíříte jako samostatná díla, tato licence a její podmínky se na ně nevztahují. Ale pakliže stejné oddíly šíříte jako součást celku, kterým je dílo založené na Knihovně, musí šíření tohoto celku probíhat na základě podmínek této licence, a platnost toho, co povoluje jiným držitelům licence, se rozšiřuje na úplný celek, a tím na každou část bez ohledu na to, kdo ji napsal.

Účelem tohoto oddílu tedy není dovolávat se práv nebo zpochybňovat vaše práva na dílo, které jste napsali pouze vy; účelem je uplatňovat právo regulovat šíření odvozených nebo společných děl založených na Knihovně.

Mimoto, pouhé seskupení jiného díla nezaloženého na Knihovně spolu s Knihovnou (nebo dílem založeným na Knihovně) na jedno úložné či distribuční médium neznamená, že by se na ono jiné dílo pak vztahovala tato licence.

3. Můžete se rozhodnout použít pro danou kopii Knihovny místo této licence podmínky obyčejné GNU General Public License. Abyste to mohli udělat, musíte pozměnit všechna vyrozumění související s touto licencí tak, aby se odvolávala na obyčejnou GNU General Public License ve verzi 2, a ne na tuto licenci. (Pokud se objevila novější verze obyčejné GNU General Public License než 2, pak můžete namísto ní uvést tuto novější verzi, pokud chcete.) Žádné další změny v těchto vyrozuměních nedělejte.

Jakmile je tato změna v dané kopii provedena, je pro ni neodvolatelná, a tak pro všechny následné kopie a díla odvozená od této kopie platí obyčejná GNU General Public License.

Tato možnost je užitečná, jestliže si přejete zkopírovat část kódu Knihovny do programu, který není knihovnou.

4. Knihovnu (nebo její část či podle oddílu 2 dílo od ní odvozené) v objektovém kódu nebo ve spustitelné podobě smíte kopírovat a šířit v souladu s podmínkami z oddílů 1 a 2 výše za předpokladu, že k ní přiložíte úplný příslušný strojově čitelný zdrojový kód, který podle podmínek z oddílů 1 a 2 výše musí být šířen na médiu obvykle používaném pro výměnu softwaru.

Pokud se šíření objektového kódu provádí tak, že se nabídne přístup ke kopírování ze stanoveného místa, pak požadavku na šíření zdrojového kódu vyhovíte tím, že nabídnete obdobný přístup ke kopírování zdrojového kódu ze stejného místa, a to i přesto, že nenutíte třetí strany kopírovat zdrojový kód spolu s objektovým kódem.

5. Program, který neobsahuje žádnou odvozeninu od jakékoli části Knihovny, ale tím, že se s Knihovnou kompiluje nebo sestavuje, je určen k práci s ní, se nazývá "dílo, které používá Knihovnu". Takové dílo samo o sobě není dílem odvozeným od Knihovny, a proto nespadá do rozsahu platnosti této licence.

Avšak sestavením "díla, které používá Knihovnu" s Knihovnou vznikne spustitelný soubor, který je spíše odvozeninou od Knihovny (protože používá části Knihovny), než "dílem, které používá Knihovnu". Proto se tato licence tohoto spustitelného souboru týká. Podmínky pro šíření těchto spustitelných souborů stanovuje oddíl 6.

Pokud "dílo, které používá Knihovnu" používá obsah hlavičkového souboru, který je součástí knihovny, objektový kód pro toto dílo může být dílem odvozeným od knihovny, i když zdrojový kód jím není. Zda je tomu tak, je obzvláště významné, jestliže lze dílo sestavit i bez Knihovny nebo dílo samo je knihovna. Práh pro stanovení, zda tomu tak je, zákon přesně nedefinuje.

Používá-li takový objektový soubor jen numerické parametry, rozvržení a přístupové modifikátory datových struktur, a malá makra a malé inline funkce (o deseti a méně řádcích), pak se na použití tohoto objektového souboru nevztahuje žádné omezení bez ohledu na to, zda jde z právního hlediska o odvozené dílo. (Spustitelné soubory obsahující tento objektový kód plus části Knihovny budou stále spadat pod oddíl 6.)

Jinak, je-li dílo odvozeninou od Knihovny, smíte objektový kód šířit v souladu s podmínkami uvedenými v oddílu 6. Jakékoli spustitelné soubory obsahující toto dílo rovněž spadají pod oddíl 6, ať už jsou nebo nejsou sestaveny přímo s Knihovnou samou.

6. Výjimkou z výše uvedených oddílů je, že také smíte zkombinovat nebo sestavit "dílo, které používá Knihovnu" spolu s Knihovnou, čímž vznikne dílo obsahující části Knihovny, a šířit toto dílo za podmínek, které uznáte za vhodné, za předpokladu, že tyto podmínky zákazníkovi dovolují upravit si dílo pro vlastní použití a pro odlaďování takovýchto úprav provádět reverzní inženýrství.

Ke každé kopii výsledného díla musíte poskytnout dobře viditelné vyrozumění, že je v něm použita Knihovna a že na Knihovnu a na její používání se vztahuje tato licence. Musíte také přiložit kopii této licence. Jestliže dílo za běhu zobrazuje vyrozumění o autorských právech, musíte mezi ně zahrnout vyrozumění o autorských právech ke Knihovně a rovněž odkaz směrující uživatele ke kopii této licence. Musíte též udělat jednu z těchto věcí:

a) Přiložte k dílu úplný příslušný strojově čitelný zdrojový kód Knihovny včetně jakýchkoli změn, které byly v díle použity (musí být šířeny v souladu s oddíly 1 a 2 výše); a je-li dílo spustitelný soubor sestavený s knihovnou, úplné strojově čitelné "dílo, které používá knihovnu" jako objektový kód a/nebo zdrojový kód, tak aby uživatel mohl Knihovnu upravit a potom znovu sestavit za účelem vytvoření upraveného spustitelného souboru obsahujícího upravenou Knihovnu. (Je jasné, že uživatel, který změní obsah souborů s definicemi v Knihovně nemusí být nutně schopen znovu zkompilovat aplikaci tak, aby používala modifikované definice.)

b) Použijte pro sestavení s Knihovnou vhodný mechanizmus sdílení knihoven. Vhodný mechanizmus je ten, který (1) při běhu používá kopii knihovny, která v uživatelově počítačovém systému už je, místo toho, aby knihovní funkce kopíroval do spustitelného souboru, a (2) nainstaluje-li uživatel upravenou verzi knihovny, bude s ní fungovat správně, dokud tato upravená verze bude mít rozhraní kompatibilní s verzí, s níž bylo dílo vytvořeno.

c) Přiložte k dílu psanou objednávku s platností nejméně na tři roky na poskytnutí materiálů uvedených v podsekci 6a výše stejnému uživateli, a to buď bezplatně, nebo za cenu nepřevyšující náklady na uskutečnění této dodávky.

d) Šíříte-li dílo tak, že nabízíte přístup ke zkopírování ze stanoveného místa, nabídněte rovnocenný přístup ke zkopírování výše uvedených materiálů ze stejného místa.

e) Ověřte, že uživatel kopii těchto materiálů už přijal, nebo že jste takovou kopii tomuto uživateli už poslali.

7. Knihovní prostředky, které jsou dílem založeným na Knihovně, smíte umístit do jedné knihovny spolu s jinými knihovními prostředky, na které se tato licence nevztahuje, a takovouto kombinovanou knihovnu smíte šířit za předpokladu, že samostatné šíření původního díla založeného na Knihovně a stejně tak ostatních knihovních prostředků je umožněno jinak a že uděláte tyto dvě věci:

a) Přiložíte ke kombinované knihovně kopii stejného díla založeného na Knihovně nezkombinovaného s žádnými jinými knihovními prostředky. Tuto kopii musíte šířit v souladu s podmínkami z oddílů uvedených výše.

b) Poskytnete ke kombinované knihovně dobře viditelné vyrozumění o skutečnosti, že její část je dílem založeným na Knihovně, a vysvětlující, kde najít doplňující nezkombinovanou podobu stejného díla.

8. Knihovnu nesmíte kopírovat, upravovat, udělovat na ni licenci, sestavovat nebo šířit jinak, než je výslovně stanoveno touto licencí. Jakákoli snaha kopírovat, upravovat, udělovat licenci na, sestavovat nebo šířit Knihovnu jinak je neplatná a automaticky vás zbavuje práv daných touto licencí. Nicméně stranám, které od vás obdržely kopie nebo práva podle této licence, nebudou jejich licence vypovězeny, dokud se jimi tyto strany budou v plném rozsahu řídit.

9. Protože jste tuto licenci nepodepsali, nežádá se po vás, abyste ji přijali. Avšak povolení upravovat nebo šířit Knihovnu nebo díla od ní odvozená nikde jinde nedostanete. Pokud tuto licenci nepřijmete, jsou takové činnosti zákonem zapovězeny. Proto úpravou nebo šířením Knihovny (nebo jakéhokoli díla založeného na Knihovně) dáváte najevo, že tuto licenci se všemi jejími podmínkami pro kopírování, šíření či úpravy Knihovny nebo děl na ní založených přijímáte, abyste tak mohli činit.

10. Pokaždé, když budete Knihovnu (nebo jakékoli dílo založené na Knihovně) šířit dále, příjemce automaticky od původního poskytovatele obdrží licenci na kopírování, šíření, sestavování nebo upravování Knihovny podléhající těmto podmínkám. Na uplatňování zde zaručených práv příjemci nesmíte uvalit žádná další omezení. Nejste odpovědní za prosazování, aby třetí strany tuto licenci dodržovali.

11. Jestliže jsou vám v důsledku soudního rozsudku nebo obvinění z nerespektování patentu či z jakéhokoli jiného důvodu (bez omezení na otázku patentů) uloženy podmínky (ať už soudním příkazem, dohodou nebo jinak), které jsou v rozporu s podmínkami této licence, od podmínek této licence vás neosvobozují. Nemůžete-li provádět šíření tak, abyste dostáli svým povinnostem daným touto licencí a současně jakýmkoli dalším relevantním povinnostem, nesmíte Knihovnu šířit vůbec. Pokud by například všem, kdo od vás přímo nebo nepřímo dostali kopii, neumožňovala nějaká patentová licence další šíření knihovny, aniž by museli zaplatit licenční poplatek, pak by jediným způsobem, jak neporušit ani patentovou ani tuto licenci, bylo se šíření Knihovny úplně zdržet.

Je-li za jakýchkoli zvláštních okolností kterákoli část tohoto oddílu neplatná nebo nevynutitelná, bude platit zbytek tohoto oddílu, a za jiných okolností bude platit tento oddíl celý.

Účelem tohoto oddílu není navádět vás k nerespektování jakýchkoli patentů nebo jiných nároků na vlastnická práva ani ke zpochybňování oprávněnosti jakýchkoli takovýchto nároků; jediným účelem tohoto oddílu je ochraňovat celistvost systému šíření svobodného softwaru, realizovaného praktikováním veřejných licencí. Mnoho lidí štědře přispělo k pestrému výběru softwaru, který je šířen prostřednictvím tohoto systému, s důvěrou v důsledné používání tohoto systému; rozhodnutí, zda je ochoten šířit software prostřednictvím jakéhokoli jiného systému, je na autorovi/dárci, a držitel licence nemůže nikomu vnucovat své rozhodnutí.

V tomto oddílu chceme důkladně vyjasnit, co je, jak se předpokládá, důsledkem zbytku této licence.

12. Pokud šíření a/nebo používání Knihovny v určitých zemích omezují buďto patenty, nebo skutečnost, že na použitá rozhraní existují autorská práva, smí původní držitel autorských práv, který pro Knihovnu použije tuto licenci, přidat výslovné omezení vylučující šíření v takových zemích, aby bylo šíření dovoleno pouze v rámci zemí, jež jím nebyly vyloučeny. V takovém případě se omezení zahrne do této licence, jako by bylo uvedeno v jejím textu.

13. Nadace Free Software Foundation může čas od času publikovat zrevidované a/nebo nové verze Lesser General Public License. Takovéto nové verze budou svým duchem podobné současné verzi, ale mohou se lišit v detailech, které se budou zaměřovat na nové problémy nebo záležitosti.

Každé verzi licence je dáno rozlišovací číslo verze. Jestliže Knihovna stanoví, že se na ni vztahuje konkrétní číslo verze této licence "nebo jakákoli další verze", můžete se řídit buď podmínkami uvedené verze, anebo podmínkami jakékoli další verze, kterou vydala nadace Free Software Foundation. Pokud Knihovna číslo verze licence neuvádí, můžete si vybrat jakoukoli verzi, kterou nadace Free Software Foundation kdy vydala.

14. Přejete-li si zahrnout části Knihovny do jiných svobodných programů, jejichž distribuční podmínky jsou se zde uváděnými podmínkami neslučitelné, napište dotyčnému autorovi a požádejte ho o svolení. Co se týče softwaru, na který má autorská práva nadace Free Software Foundation, pište na Free Software Foundation; někdy v takovém případě udělujeme výjimky. Naše rozhodnutí se řídí dvěma cíli: Uchovat svobodný statut všech odvozenin našeho svobodného softwaru a prosazovat sdílení a znovuvyužívání softwaru všeobecně.

ZÁRUKA SE NEPOSKYTUJE

15. PROTOŽE SE NA KNIHOVNU UDĚLUJE BEZPLATNÁ LICENCE, NEVZTAHUJE SE NA NI V MÍŘE TOLEROVANÉ PŘÍSLUŠNÝMI ZÁKONY ŽÁDNÁ ZÁRUKA. POKUD NEBYLO PÍSEMNĚ STANOVENO JINAK, DRŽITELÉ AUTORSKÝCH PRÁV A/NEBO JINÉ STRANY POSKYTUJÍ KNIHOVNU "TAK, JAK JE" BEZ JAKÉHOKOLI DRUHU ZÁRUKY, AŤ VÝSLOVNÉ NEBO PŘEDPOKLÁDANÉ, VČETNĚ PŘEDPOKLÁDANÝCH ZÁRUK OBCHODOVATELNOSTI A VHODNOSTI PRO URČITÝ ÚČEL. VEŠKERÁ RIZIKA, CO SE KVALITY A FUNGOVÁNÍ KNIHOVNY TÝČE, NA SEBE BERETE VY. PAKLIŽE BY SE UKÁZALO, ŽE KNIHOVNA JE VADNÁ, UHRADÍTE NÁKLADY NA VEŠKEROU POTŘEBNOU ÚDRŽBU A OPRAVY.

16. ŽÁDNÝ DRŽITEL AUTORSKÝCH PRÁV ANI ŽÁDNÁ JINÁ STRANA, KTERÁ SMÍ KNIHOVNU UPRAVOVAT A/NEBO ŠÍŘIT DÁLE, JAK JE POVOLENO VÝŠE, SE VÁM V ŽÁDNÉM PŘÍPADĚ, NENÍ-LI TO VYŽADOVÁNO PŘÍSLUŠNÝMI ZÁKONY NEBO PÍSEMNĚ ODSOUHLASENO, NEBUDE ZODPOVÍDAT ZA ŠKODY, VČETNĚ JAKÝCHKOLI OBECNÝCH, MIMOŘÁDNÝCH, NÁHODNÝCH NEBO NÁSLEDNÝCH ŠKOD VYPLÝVAJÍCÍCH Z POUŽITÍ NEBO NEMOŽNOSTI POUŽITÍ KNIHOVNY (VČETNĚ ZTRÁTY ČI POKAŽENÍ DAT, ZTRÁT UTRPĚNÝCH VÁMI ČI TŘETÍMI STRANAMI NEBO NESCHOPNOSTI KNIHOVNY FUNGOVAT S JAKÝMKOLI JINÝM SOFTWAREM), A TO I V PŘÍPADĚ, ŽE TENTO DRŽITEL NEBO TŘETÍ STRANA BYLY NA MOŽNOST TAKOVÝCH ŠKOD UPOZORNĚNI.

KONEC PODMÍNEK

JAK UPLATNIT TYTO PODMÍNKY NA VAŠE NOVÉ KNIHOVNY

Pokud vyvinete novou knihovnu a chcete, aby byla veřejnosti k co největšímu užitku, doporučujeme z ní udělat svobodný software, který může každý šířit a měnit. Můžete tak učinit povolením jejího dalšího šíření za těchto podmínek (nebo popřípadě za podmínek obyčejné GNU General Public License).

<řádka se jménem programu a nástinem toho, co dělá>

Copyright (C)*<rok>* *<jméno autora>*

Tato knihovna je svobodný software; můžete ji šířit a upravovat v souladu s podmínkami GNU Lesser General Public License, tak jak ji vydala nadace Free Software Foundation; buď verze 2.1 této licence, anebo (dle svého uvážení) kterékoli pozdější verze.

Tato knihovna je šířena v naději, že bude užitečná, avšak BEZ JAKÉKOLI ZÁRUKY; dokonce i bez předpokládané záruky OBCHODOVATELNOSTI či VHODNOSTI PRO URČITÝ ÚČEL. Pro další podrobnosti viz GNU Lesser General Public License.

Spolu s touto knihovnou jste měli obdržet kopii GNU Lesser General Public License; pokud se tak nestalo, pište na Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Připojte rovněž informaci o tom, jak je možné se s vámi spojit elektronickou a papírovou poštou.

Pokud je program interaktivní, zařiďte, aby se při startu v interaktivním módu vypsalo hlášení podobné tomuto:

Packal verze 69, Copyright (C) 19xx jméno autora. Program Packal je ABSOLUTNĚ BEZ ZÁRUKY; podrobnosti se dozvíte zadáním 'show w'. Jde o svobodný software a jehošíření za jistých podmínek je vítáno; podrobnosti získáte zadáním `show c'.

Pokud je to nutné, měl byste také přimět svého zaměstnavatele (jestliže pracujete jako programátor) nebo představitele vaší školy, je-li někdo takový, k tomu, aby podepsal "zřeknutí se autorských práv". Zde je vzor; jména pozměňte:

Jojotechna, a.s., se tímto zříká veškerého zájmu o autorská práva k
programu 'Packal' (překladač s nakladačem) napsanému Jakubem Bastlem.

<*Tomáš Složitý--podpis*>, 1. dubna 1989

Tomáš Složitý, více než prezident

To je k této věci vše!

© 2004, Stránky o svobodném software (info@gnu.cz)

Tento překlad je dílem Víta Profanta.
V případě doplňujících informací nebo oprav kontaktujte maintainera: kysela@gnu.cz
Poslední úprava: 22. 12. 2004

Příloha C – Obsah přiloženého CD

Na tomto CD jsou uloženy internetové stránky, na které je v textu odkazováno, katalogové údaje součástek, dokumentace ke komponentám a zdrojové soubory potřebné ke správné instalaci RTLinuxu s podporou potřebných zařízení. V názvech podadresářů je většinou obsažen i zdroj informací.

Bezdrátové komunikace

\komunikace	články

Diplomová práce

\dp	tento dokument

Součástky

\soucastky	katalogové listy

Součásti

\soucasti\motory	specifikace motorů
\soucasti\pc104	manuál a ovladače k PC/104
\soucasti\pcmcia	manuál k modulu PCMCIA
\soucasti\wifi	specifikace Wi-Fi karty
\soucasti\transformator	specifikace transformátoru

Schémata

\schemata	schémata ve formátu OrCAD 9.2

RTX–Windows

\rtx-windows	informace o rozšíření RTX

RTLinux

\rtlinux\documentation	dokumentace
\rtlinux\dp	zajímavá diplomová práce
\rtlinux\sources	zdrojové kódy