

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

OVĚŘENÍ MOŽNOSTÍ KOMUNIKAČNÍCH PERIFERIÍ JEDNODESKOVÉHO SYSTÉMU BEAGLEBOARD

EXPERIMENTAL TESTING OF BUS PERIPHERALS ON SINGLE-BOARD COMPUTER
BEAGLEBOARD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RENÉ HLADÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV VĚCHET, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): René Hladík

který/která studuje v bakalářském studijním programu

obor: Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)

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

Ověření možností komunikačních periférií jednodeskového systému BeagleBoard.

v anglickém jazyce:

Experimental testing of bus peripherals on single-board computer Beagleboard.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Hlavním cílem práce je ověření možností komunikačních rohraní jednodeskového počítače Beagleboard. Jednodeskové počítače disponují různými typy komunikačních periférií jejichž využitelnost se liší v závislosti na aplikaci. Důraz bude kladen především na prozkoumání všech periférií které nabízí jednodeskový počítač Beagleboard a jejich praktické využití.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Seznamte se s aktuálně používanými jednodeskovými počítači ve světě.
- 2) Podrobně prostudujte jednodeskový počítač Beagleboard.
- 3) Podrobně se seznamte s komunikačními rozhraními počítače Beagleboard.
- 4) Experimentálně ověřte vlastnosti jednotlivých periférií

Seznam odborné literatury:

[1] Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, and Dieter Fox. Probabilistic Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series). Intelligent robotics and autonomous agents. The MIT Press, August 2005.

[2] Howie Choset, Kevin M. Lynch, Seth Hutchinson, George Kantor, Wolfram Burgard, Lydia E. Kavraki, and Sebastian Thrun. Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations (Intelligent Robotics and Autonomous Agents). The MIT Press, June 2005.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Stanislav Věchet, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Obsah bakalářská práce zahrnuje druhy a možnosti komunikace, jenž nabízí rozhraní jednodeskového počítače. Ověření rozsahu komunikace při použití v mobilní robotice a následné shrnutí pro daný systém. Cílem této práce bylo poskytnout uživatelům konfiguraci jednotlivých periférií při následném využití systému BeagleBoard xM Rev C.

Úvodní část práce je zaměřena na definici a shrnutí jednodeskových počítačových systémů. Přehled hlavních rozdílů mezi jednodeskovými systémy. Dále konkurence a charakteristika jednodeskových počítačů od předních světových výrobců a hardwarové odlišnosti. V další části je proveden úplný rozbor a charakteristika použitého jednodeskového počítače Beagleboard xM Rev C.

Praktická realizace zahrnuje nejdůležitější komunikační rozhraní, které můžeme použít v případě prototypů mobilních systémů. Realizace USB kamery, GPIO multifunkčního rozhraní, sériovou komunikaci pomocí CMUcam3 kamerového modulu a v závěru I2C komunikace pomocí GPIO s SRF08 ultrazvukovým snímačem. Demonstrace rozmanitosti systému BeagleBoard, kterou mohou využívat všichni uživatelé vestavěných systémů v mobilní robotice. Moderní mobilní robotické systémy jsou komplexem analogových a digitálních zařízení jako jsou různé druhy senzorů, snímacích prvků, kamer a ostatních. Bakalářská práce popisuje základní konfiguraci jednotlivých možností komunikace na bázi kamer, snímačů a systémových prvků.

ABSTRACT

This bachelor's thesis obtains a kind and possibility of communication, which single board computer offers. Check range of communications using mobile robotics and summary for this system.

The result of this work provides a configuration all peripherals for Beagleboard system using. The introductory part of work is focuses on the definition and summary single board computer systems. Description main differences single board systems. Next point is competition and summary single board computers from the world's leading manufacturers and hardware differences. The next part is making complete description and summary of using single board computer Beagleboard xm Rev C.

Practical realization obtains the most important interface of communication, which we can use in case of prototypes mobile systems. Realization of USB camera, multifunctional interface GPIO, serial communication of CMUcam3 camera module and in conclusion I2C communication using GPIO SRF08 ultrasonic sensor. Demonstration of Beagleboard system diversity, what can use all users of embedding systems in mobile robotics. Modern mobile robotics systems are complex analog and digital devices like different kind of sensors, sensing elements, cams and else. Bachelor work describe basic configuration some possibility communication with using cameras, sensors and systems elements.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jednodeskový počítač, Linux, rozhraní, software, jednodeskový systém Beagleboard, firmware, zavádění systému, základní deska, GUI (grafické uživatelské rozhraní), GPIO, vestavěný systém, jádro systému, CMUcam3 kamerový modul

KEYWORDS

Single-board computer, Linux, interface, software, single board system Beagleboard, firmware, system booting, motherboard, GUI (graphical user interface), GPIO, embedded system, kernel, CMUcam3 camera module

PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Já René Hladík, prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Brně dne 11.10.2012

.....

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HLADÍK, R. *Ověření možností komunikačních periférií jednodeskového systému BeagleBoard..* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 60 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Stanislav Věchet, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Stanislavu Věchetovi Ph.D. za podporu a konzultace při daných řešeních, dále bych rád poděkoval řediteli ústavu informatiky a automatizace panu Ing. Janu Roupcovi Ph.D..

Obsah:

Zadání závěrečné práce	3
Abstrakt.....	5
Prohlášení o originalitě	6
Poděkování	7
1 Úvod.....	10
2 Jednodeskové systémy.....	11
2.1 Charakteristika jednodeskových systémů	11
2.1.1 SBC se sloty.....	12
2.1.2 SBC bez slotů	13
2.2 Nejpoužívanější SBC	14
2.2.1 Raspberry PI	14
2.2.2 CubieBoard	15
2.2.3 PandaBoard	16
2.2.4 Biscuit SBC.....	17
2.2.5 EBX SBC.....	21
2.2.6 EPIC.....	24
2.2.7 PC/104 SBC.....	26
2.2.8 Embedded ATX, LPX a Mini ITX.....	28
3 Beagleboard xM rev. C	32
3.1 Základní informace	32
3.2 Charakteristika systému	33
3.2.1 Hardware systému.	34
3.2.2 Software systému.	37
3.3 Popis multifunkčních rozhraní	38

4 Praktická realizace jednodeskového systému Beagleboard xM Rev.C	41
4.1 Návrh a implementace operačního systému	41
4.1.1 <i>Ubuntu software.</i>	41
4.1.2 <i>Implementace nového jádra.</i>	42
4.2 USB	45
4.3 GPIO	46
4.4 Sériová komunikace	48
4.5 I2C	50
5 Závěr.....	53
Seznam použité literatury.....	54

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá využitím jednodeskových počítačů v mobilní robotice jako řídicího vestavěného systému. Využití jednodeskových systémů ve světě se stává nejvíce optimálním řešením pro robotiku. Jako testovací zařízení byl použit jednodeskový počítač Beagleboard, jehož architektura pochází od americké firmy Texas Instruments (TI).



Obr. 1 - Logo firmy Texas Instruments. [1]

Více než 80 let Texas Instruments používá technologii komplexního signálového zpracování. TI, je americká společnost se sídlem ve městě Dallas ve státě Texas, která vyvíjí polovodičové součástky a výpočetní techniku. Kromě technologie ARM je TI třetím největším výrobcem polovodičových součástek na celém světě po společnosti Intel a Samsung. TI je druhý největší dodavatel čipů pro mobilní telefony od společnosti Qualcomm a největším výrobcem digitálních signálových procesorů (DSP) a analogových polovodičů, včetně mikroprocesorů. Patří mezi 20 největších společností vyrábějící polovodičové součástky. [2]

Cílem této bakalářské práce je se seznámit se všemi možnostmi využití jednodeskového počítače, otestovat jednotlivé vlastnosti periférií a následně poskytnou praktickou realizaci daného problému při komunikaci s robotem. Jednodeskový počítač obsahuje různá komunikačních rozhraní, která se využívají v této práci. Jedním z nich je otestování USB rozhraní, otestování multifunkčního rozhraní GPIO (general purpose input output), komunikaci přes sériový port a I2C komunikace. Podstata práce bylo použití systému Beagleboard jako vestavěného systému v robotice. Připojení kamer, snímačů, které jsou pro ovládání robota nezbytnou součástí. Jednodeskové počítače disponují nízkou spotřebou, výkonným procesorem, nenáročností na velikost a údržbu. Nejnovější jednodeskové počítače obsahují podporu hardwaru na velmi vysoké úrovni. Jedná se o množství periférií, které nám nabízí efektivnějšího využití jednodeskových počítačů v praxi. Mobilní robotika se spíše zaměřuje na kvalitní nízkospotřebové, výkonné jednodeskové počítače. Tato práce charakterizuje jejich vlastnosti a využití, popíše vlastnost celé desky, použití vhodného softwaru, v zkrácené verzi jako návod pro případnou implementaci tohoto systému.

2. Jednodeskové systémy

Jednodeskové počítače (SBC), jsou stále se rozšiřující oblastí hardwaru pro vestavěné a řídicí systémy. Používání těchto systémů je velmi mnohoúčelové a uživatelé mohou objevovat další nové možnosti využití. Jednodeskové počítače mají podporu operačních systémů pro ARM zařízení. Dříve nejvíce používaný klasický operační systém MS-DOS, nyní rozvoj OS pro vestavěné systémy především Unixové systémy a v poslední době Windows. [3]

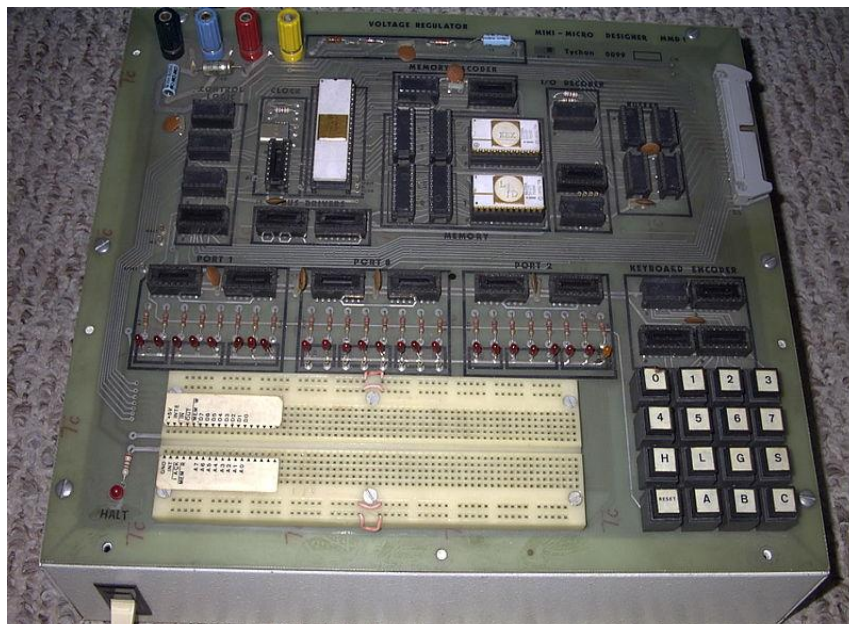
2.1 Charakteristika jednodeskových systémů

Jednodeskový počítač (SBC), je kompletní počítač integrovaný na jedné desce s mikroprocesorem, pamětí a vstupními a výstupními (I/O) funkcemi. Jednotlivé desky často používají statickou RAM paměť a nízkonákladové osmi nebo šestnácti bitové procesory. Jednodeskové počítače patří dnes mezi základní komponenty průmyslové automatizace. Vyrábí je mnoho firem po celém světě. Pro orientaci a zpětnou kompatibilitu v oblasti SBC existují zavedené typy a standardy do kterých se rozdělují a podle kterých se vyrábějí. SBC jsou vestavěné moduly určené k řízení výrobních systémů, robotů, automobilů, letecké techniky apod., zpracování signálů a řízení datové komunikace. Obvykle používají moderní procesory známých výrobců, jako jsou Intel, AMD a VIA. Často nabízejí širokou škálu komunikačních a datových rozhraní. Pro práci s daty nabízejí sloty pro DDR, SRAM paměti a Compact Flash (CF) nebo PCMCIA karty. Často se vyskytují IDE, EIDE nebo SATA konektory pro připojení harddisků a různých mechanik CD nebo DVD. Pro připojení klávesnic a myši jsou k dispozici USB porty a pro zobrazení informací pak VGA, DVI nebo LVDS, příp. TV výstup. [3]

Pro snadnou instalaci SBC je zavedeno několik pevných standardů, které definují rozměry desek a jejich připevnění respektive k propojení k řízenému systému. [4]

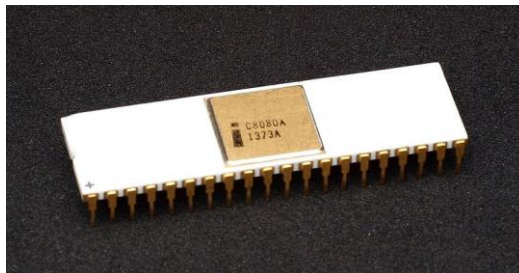
Použití SB: řídicí systémy, roboti, informační zařízení, zařízení pro zpracování informací dat ze senzorů, bezdrátová komunikace, ukládání a zálohování dat, průmyslová datová komunikace, třídění, zpracování a zobrazení dat, řízení robotů v automobilovém průmyslu, automatické měřicí zařízení a systémy, Přenosné bateriově napájené zařízení. [5]

První skutečný SBC byl počítač s názvem “Dyna-mikro”.



Obr. 2 - První jednodeskový počítač “Dyna-mikro”. [4]

Tento počítač byl založen na technologii C 8080, což byl jako druhý vyrobený osmi bitový mikroprocesor od firmy Intel. [4]



Obr. 3 - Intel C 8080 mikroprocesor. [4]

Byl to SBC od společnosti E & L Instruments, který vznikl v roce 1976. Dyna-mikro bylo původní označení, později MMD-1. MMD-1 měl všechna rozhraní na jedné desce včetně paměti, I/O funkcí a displej. Žádná externí zařízení, kromě zdroje nebylo potřeba. S rozvojem techniky došlo k výraznému posunu v hardwaru SBC. [4]

Jednodeskové počítače jsou dnes rozděleny do dvou následujících architektur:

- SBC s podporou slotů
- SBC bez podpory slotů

2.1.1 SBC se sloty

I když se velmi tyto jednodeskové systémy podobají základním deskám, vestavěné SBC se sloty jsou mnohem menší než dnešní používané základní desky.

Jednodeskové počítače se sloty nabízejí podporu *plug-in*. Tyto SBC mají všechny potřebné vstupní a výstupní rozhraní jako SBC bez slotů, rozdíl je možnost výměny podporovaných karet. Nejvíce tyto jednodeskové počítače nacházejí využití jako vestavěné systémy v hracích automatech a jako systémy pro ovládání kontroly zařízení. Rozdíl mezi základní deskou a těmito SBC je ve větší míře zaměření těchto systémů v oblasti průmyslových aplikací, digitální a analogové vstupní a výstupní operace. Díky vyšší úrovni integrace mají tyto systémy menší počet obvodových prvků, disponují menšími rozměry, čímž jsou lehčí, mají větší výkon, jsou efektivnější a spolehlivější. [4]



Obr. 4- Standardní základní deska dnešních PC. [6]



Obr. 5- Standardní SBC se sloty. [4]

2.1.2 SBC bez slotů

Jednodeskové systémy typu SBC bez podpory slotů, se nejvíce využívají na univerzitách po celém světě jako výukové zařízení pro rozvoj znalostí studentů a v oblasti vývoje různých prototypů. Tyto jednodeskové systémy jsou symbolem malých a výkonných počítačů s rozmanitostí rozhraní. Našli své uplatnění nejen jako studijní prvek, ale i jako řídicí systémy v mobilní robotice a automatizaci. Tento jednodeskový počítač se výrazně liší oproti SBC se sloty, menší velikostí, nižší spotřebou a menším výkonem. Je to plně integrovaný systém se všemi vstupními a výstupními rozhraními včetně integrace karet. Protože tyto systémy jsou součástí vývojových center, mají značnou rozsáhlou dostupnost databáze při využití různých operačních systémů. Největším uplatnění v těchto počítačích mají Unixové operační systémy.



Obr. 6- SBC bez podpory plug-in. [7]

2.2 Nejpoužívanější SBC

V oblasti použití dnešních SBC existuje značné množství předních světových firem, které vyrábějí jednodeskové počítače. V této kapitole jsou uvedeny nejpoužívanější jednodeskové systémy. Každá firma disponuje odlišnou metodou výroby, tedy jiné uspořádání hardwaru, použitou platformu a jinou charakteristiku systému.

2.2.1 Raspberry Pi

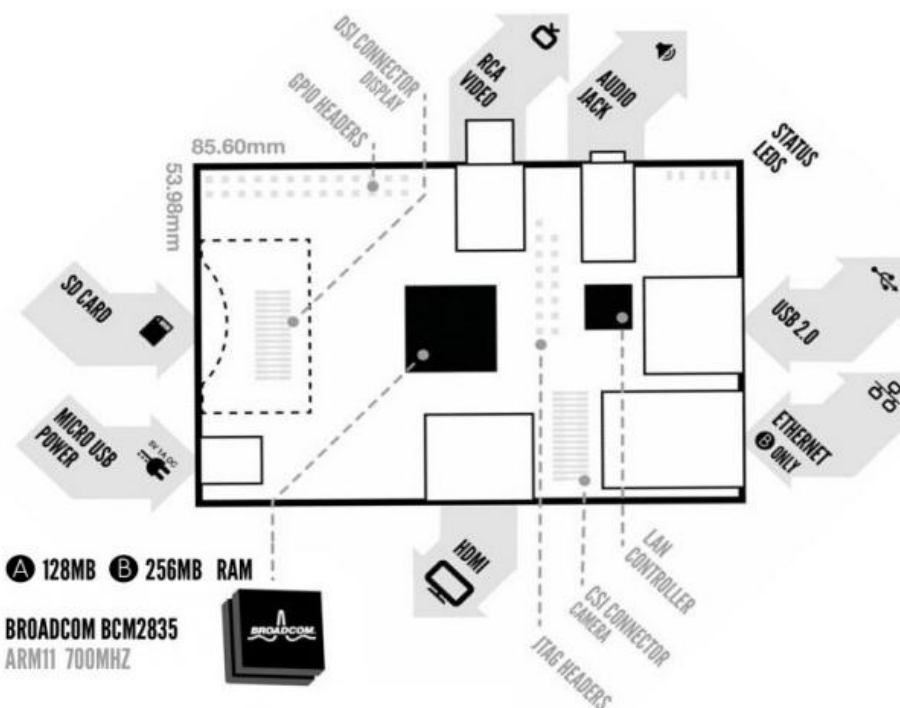
Raspberry Pi je SBC od britské firmy Raspberry PI Foundations. Tento systém jako většina jednodeskových systémů s plně integrovanými prvky byl vytvořen pro rozvoj znalostí studentů na britských univerzitách informatiky. Jednodeskový počítač Raspberry se vyrábí ve dvou provedeních, jako model A a nejnovější model B. Raspberry SBC je levný volně dostupný jednodeskový systém. Oproti ostatním SBC je tento systém na mnohem vyšším stupni integrace, tedy se vyznačuje značně malými rozměry, výrobce tento počítač přirovnává velikosti platební karty. Nevýhodou tohoto systému je, že nezahrnuje tolik multifunkčních rozhraní. Systém nabízí operační systémy jako Debian nebo Arch dodávány na SD kartě. [8]



Obr. 7- SBC Raspberry PI model B Rev 2.0. [8]

Hardware :

- Procesor: ARM-1176JZF-S, 700 Mhz
- Grafický procesor: VideoCore IV, podpora OpenGL ES 2.0, MPEG4
- RAM: 256 MB
- USB: 2x
- Obraz. výstup: Composite RCA, HDMI, DSI
- Zvuk. výstup: 3.5 mm konektor, HDMI
- Připojení SD karty nebo MMC
- ETHERNET 10/100, konektor RJ45
- GPIO: 8x, UART, I2C, SPI
- Resetovací obvod
- JTAG

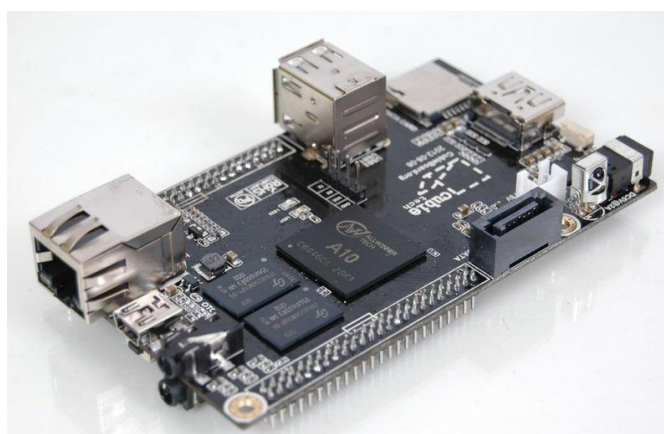


Obr. 8- Rozhraní jednodeskového systému Raspberry. [8]

Výroba systému je prováděna ve firmě Sony. Kromě standartních rozhraní, jednodeskový Systém Raspberry podporuje i možnost připojení rozšiřujících karet, které umožňují např. RS232 (sériovou komunikaci) a řízení DC motorů.

2.2.2 CubieBoard

Dalším moderním jednodeskovým počítačem je CubieBoard. CubieBoard je úplně nový prototyp jednodeskového systému britské firmy Raspberry PI Foundations, prodáváný jako jednodeskový počítač. Tento systém byl vytvořen v září roku 2012. Podporuje operační systémy Ubuntu-Desktop a Android. [9]



Obr. 9- Jednodeskový počítač CubieBoard. [9]

Hardware :

- Procesor: ARM Cortex A8, 1Ghz CPU
- Grafický procesor: VideoCore IV, podpora OpenGL ES 2.0, MPEG4
- RAM: (512 nebo 1GB) DDR3
- 4GB Flash
- USB: 2x, 1x OTG, 1x CIR, 1x SATA
- Obraz. výstup: HDMI
- Připojení SD karty nebo MMC
- ETHERNET 10/100
- GPIO: 96 rozšiřovacích pinů, I2C, SPI, LVDS
- JTAG

2.2.3 PandaBoard

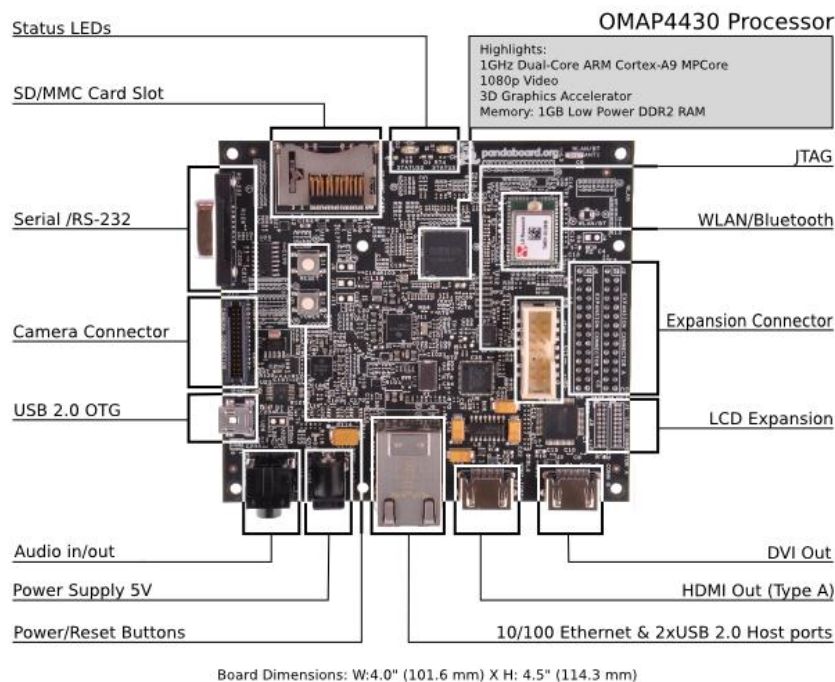
Jednodeskový počítač PandaBoard, je systém vyvíjený firmou Texas Instruments. Je to nízko napěťový a nízkonákladový SBC. Počítač PandaBoard využívá platformy OMAP4430, což je platforma vyvíjena firmou Texas Instruments. Tento systém je poměrně dražší ve srovnání se systémy firmy Raspberry PI Foundations. Nejnovějším přírůstkem tohoto systému je PandaBoard ES. [10]



Obr. 10- Jednodeskový počítač PandaBoard. [10]

Hardware :

- Procesor: ARM Cortex A9, 1Ghz CPU, 1.2 Ghz CPU (PandaBoard ES)
- Grafický procesor: SGX540, podpora OpenGL
- RAM: 1GB DDR2
- USB: 2x, podpora USB 2.0
- Obraz. výstup: HDMI, DVI-D
- Zvuk. výstup: 3.5 audio konektor
- Připojení SD karet, možnost SDHC karty o kapacitě až 32 GB.
- ETHERNET 10/100, Bluetooth

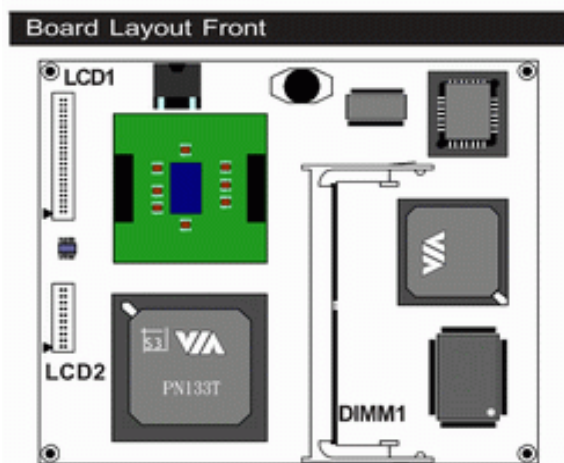


Obr. 11- Umístění multifunkčních rozhraní systému PandaBoard. [10]

Podpora unixových operačních systému jako jsou Ubuntu a Android. Tento systém podporuje pouze linuxová jádra. Možnost připojení rozšiřující desky BeadaFrame (7" LCD) dotykového displeje. [10]

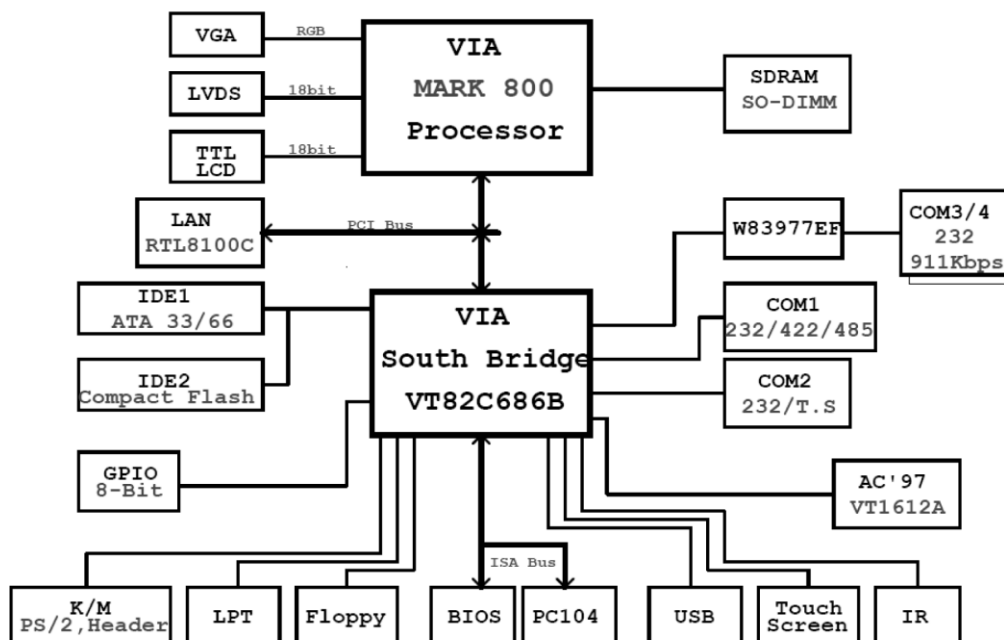
2.2.4 Biscuit SBC

3.5 Biscuit SBC je poměrně malý jednodeskový počítač s rozměry desky 145mm x 102mm. Velikostně odpovídá 3.5" disketě. Abychom mohli připojit respektive vložit do základní desky systému nebo k jiným zařízením, k tomu nám slouží rozšiřující konektory na SBC. Tento SBC systém má obvykle většinu obvodů a řídicích prvků umístěných na horní straně desky, přičemž na spodní straně se vyskytují rozšiřující připojovací sloty a konektory. Na 3.5 palcovém Biscuit SBC je obvykle procesor CPU i ostatní integrované obvody, jako je čipová sada, komunikační most (bridge), BIOS, řadiče sběrnic, pevně instalovány (zapájeny) a je tedy nutné vybírat SBC podle potřebné konfigurace, obvykle uvedené v popisu zařízení datasheet (kompletní informace a manuál systému). [5]

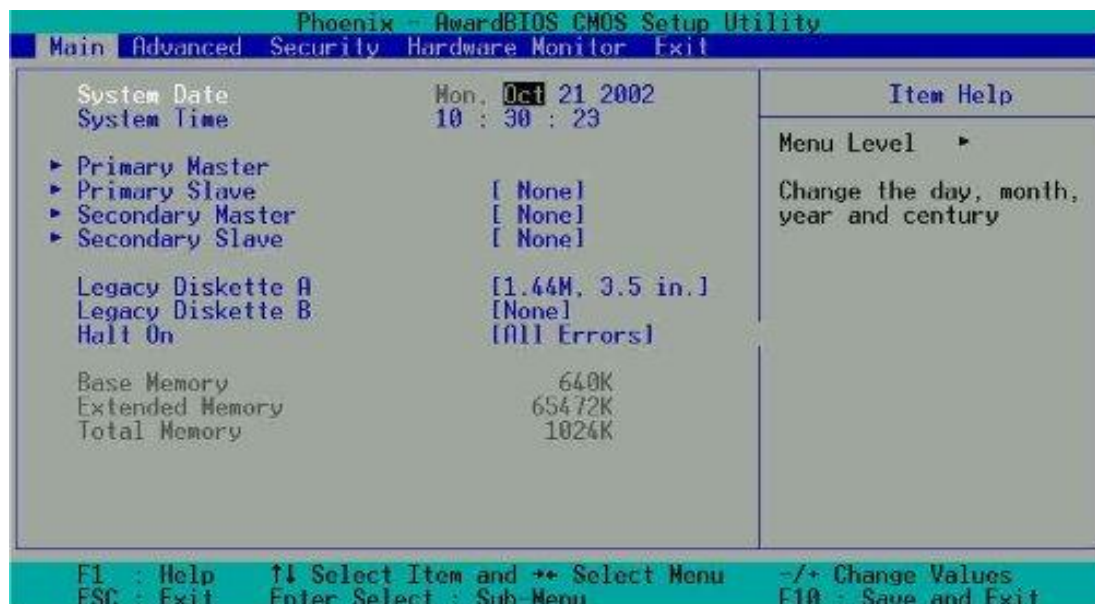


Obr. 12 - Pohled na svrchní stranu desky Biscuit SBC. [5]

Další možností rozšíření systému pro uživatele je důležitá vlastnost dalšího připojení externích desek nebo přímé připojení do složitějšího systému. K tomu nám slouží rozšiřující porty, obvykle v provedení ISA nebo PCI vyvedené na konektor či konektory nebo jen na piny na desce. Také se vyskytují i individuální porty ve formě GPIO a dalších, které obsahují souhrnně vyvedené I/O i řídicí signály. [5]



Obr. 13 - Blokové schéma 3.5 Biscuit SBC. [5]



Obr. 14 - Příklad často používaného BIOS Phoenix Award. [5]

Standardní provozní parametry :

- Pracovní teplotní rozsah : 0 – 60°C
- Pracovní vlhkost : 0% - 90%
- Napájení : +5V/ do 2.5A a +12V/ do 1A
- Zálohování : 3.0V Lithium baterií
- Integrovaný BIOS : Award nebo AMI

Standardní rozhraní pro 3.5 Biscuit SBC :

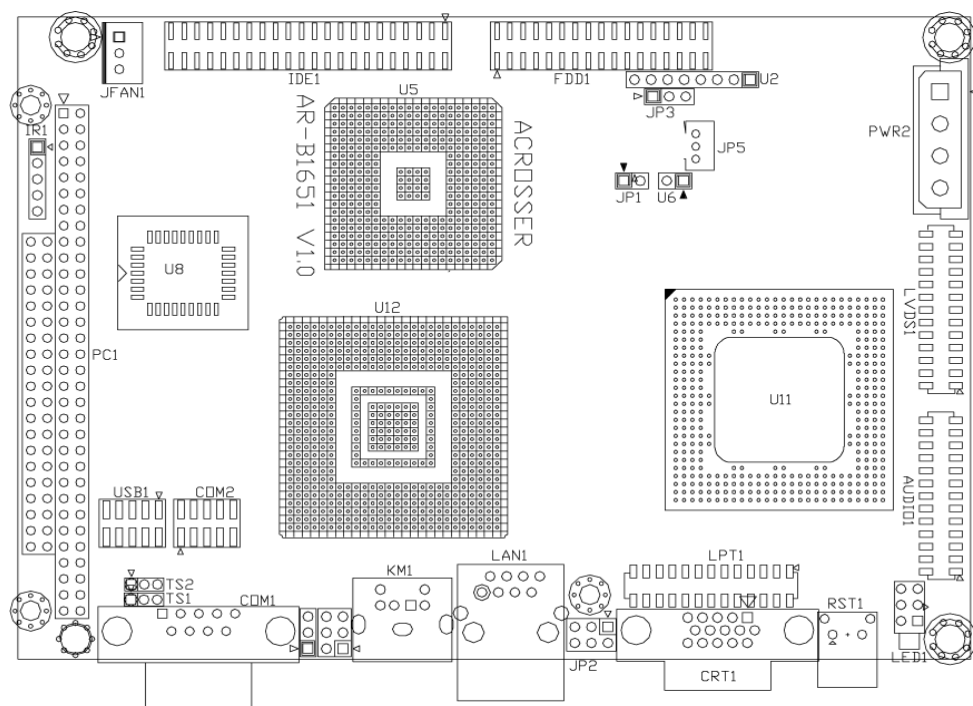
- E-IDE (Ultra DMA 33)
- FDD
- USB, příp. PS/2 (klávesnice, myš)
- RS232C, RS-232C/485, příp. LPT
- Víceúčelové digitální I/O (GPIO 8-bit digital I/O)
- Irda
- Ethernet 10/100Mbps Base-T (RJ45)
- Audio AC97 Codec
- LED indikace – obvykle Power, LAN, HDD, Watchdog

(3.5) Biscuit SBC AR-B1651

Obr. 15 - 3.5 Biscuit SBC AR-B1651. [5]

Hlavní parametry :

- CPU: VIA Samuel II 800MHz s větrákem nebo Via Eden 600MHz bez větráku
- Chipset: VIA PLE133T + VT82C686B
- Paměť: SO-DIMM slot pro až 512MB SDRAM
- Slot pro CF typ I (na spodní straně desky)
- Konektory: EIDE, FDD, RS-232C/485, LPT, Audio AC97, USB 1.1, Ethernet Realtek RTL8100
- Rozšiřující konektor: 16-bit PC/104 (104-pin)
- Watchdog



Obr. 16 - Schéma zapojení rozhraní 3.5 Biscuit AR-B1651. [5]

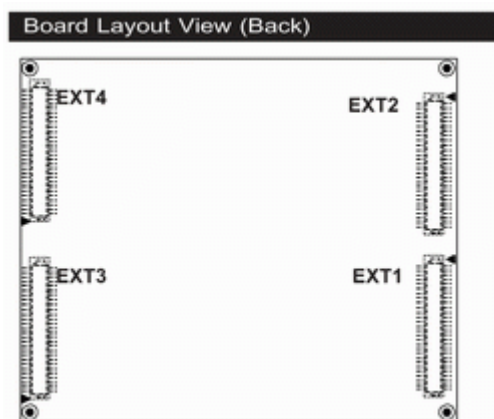
(3.5) Biscuit SBC AR-B1650



Obr. 17 - 3.5 Biscuit SBC AR-B1650. [5]

Hlavní parametry :

- CPU: Intel Ultra Low Voltage Celeron 400MHz
- Chipset: VIA Twister-T VT8606T + VIA VT 82686B
- Paměť: 144Pin SO-DIMM až pro 512MB SDRAM
- Slot pro CF typ II a PCMCIA (na svrchní straně desky - viz obrázek)
- Konektory: RS-232C/485, Irda, PS/2, Audio VIA VT1612A AC97 Codec, USB 1.1, VGA 1920 x 1440 (CRT/LVDS), TV-Out NTSC / PAL, Ethernet Realtek RTL8100
- Rozšiřující konektory: 16-bit PC/104 (104-pin) a konektory na zadní straně desky)
- Watchdog



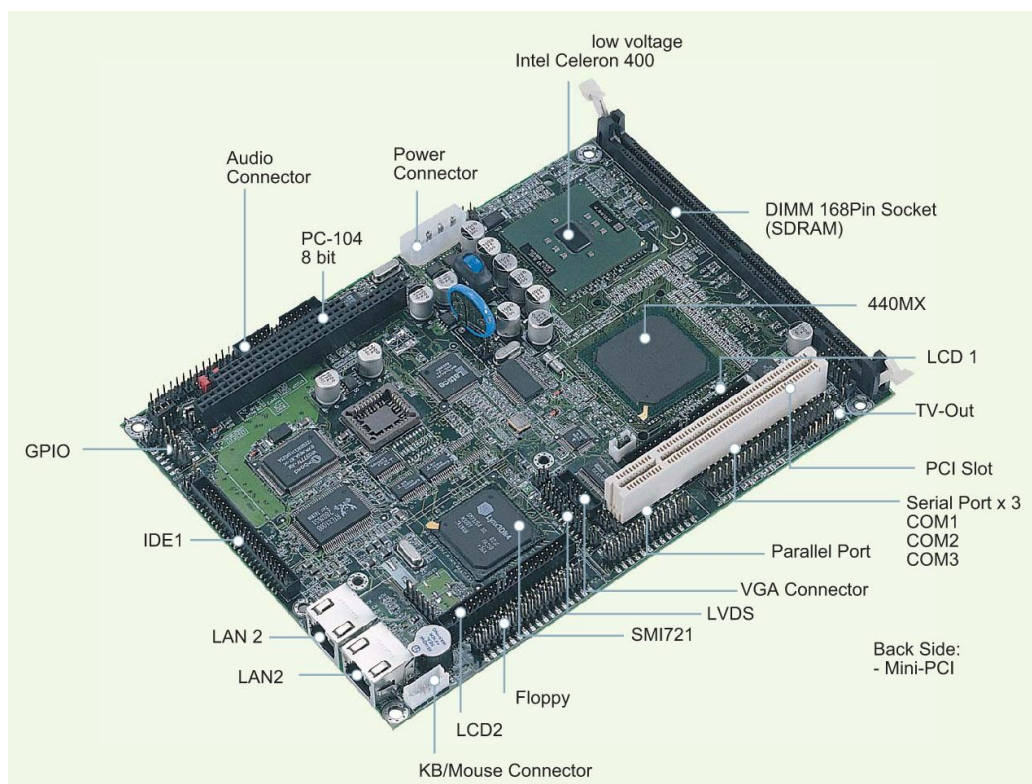
Obr. 18 - Rozšiřující konektory EXT1 – EXT4. [5]

2.2.5 (5.25) EBX SBC

Jednodeskové 5.25 palcové EBX SBC počítače jsou hardwarově někde na rozmezí mezi 3.5 Biscuit SBC a nejvyšším typem tohoto systému Mini ITX. Tyto SBC se vyznačují jednotným rozměrem 203mm x 146mm (8" x 5.75"), odpovídající velikosti 5.25 palcového harddisku, CD-ROM mechaniky nebo dnes již nepoužívaných 5.25 palcových disketových mechanik. Jednotná normou zavedená velikost usnadňuje návrh systému, do kterého má být SBC zabudován, případně lze bez problémů a úpravy vyměnit jeden počítač za jiný. Výbava je však téměř podobná jako u desky Embedded ATX a LPX, přičemž procesor a čipy s podporou mohou být jak integrované na desce, tak i vložené pomocí patič a je tedy umožněna jejich snadná výměna. Záleží zde konkrétně na desce a na výrobci. Jako hlavní jednotka systému (CPU) se využívají výrobky firem Intel a AMD, příp. VIA (např. Intel Celeron /Pentium III, VIA C3, Pentium/Celeron M, Intel Ultra Low Power Celeron, AMD Geode GX1 nebo Geode LX 800). Nízkopříkonové verze CPU Intel a hlavně CPU AMD Geode jsou výhodné pro velmi nízkou spotřebu (do 1 W) a umožňují nepřipojovat pasivní ani aktivní chlazení. Tyto SBC se tedy hodí pro náročnější aplikace vystavené větším teplotním rozmezím a prašnému prostředí. [5]

Standartní provozní parametry :

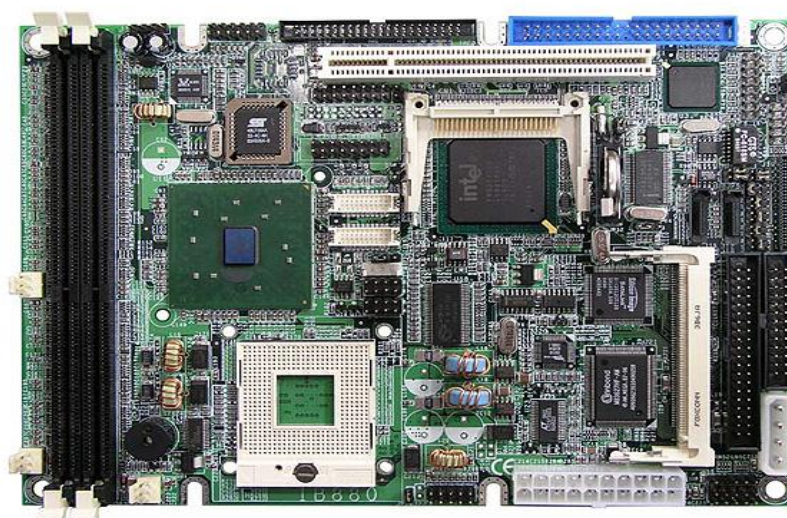
- Provozní teplotní rozsah: 0 – 60°C
- Provozní vlhkost: 0 – 90%
- Napájení: +5V, +12V, -12V, 5V nebo 5V/8A a 12V/0.8A
- Integrovaný BIOS: Award nebo AMI



Obr. 19 - Příklad obvyklých periférií, portů a komponent na desce 5.25 EBX SBC. [5]

Jako OS se obvykle využívá Embedded OS, např. Windows XP, Linux nebo RTOS QNX, které jsou vhodnější pro nepřetržitý dlouhodobý provoz. Jsou odolnější vůči zamrznutí (zacyklení systému) a poskytují prostředky pro spolehlivé zpracování potřebných dat v reálném čase. [5]

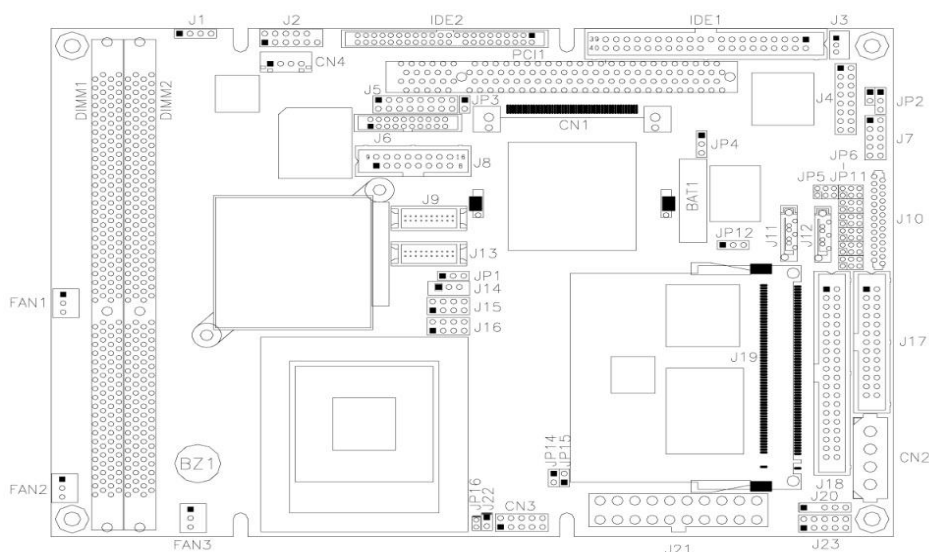
AR-B1760 SBC firmy Acrosser



Obr. 20 - AR-B1760 SBC. [5]

Hlavní parametry :

- CPU: Intel Pentium M/Celeron M (Socket 479, 400MHz Front-Side-Bus)
- Chipset: Intel (855GME) + Intel (ICH4-M)
- Paměť SDRAM: DDR 200/266/333 (PC1600/2100/2700), 2x 184-pin DIMM sloty, až 2.0 GB
- Konektory: viz blokové schéma níže
- Video/Grafika: dvoukanálové 24bit. LVDS rozhraní, VGA RGB výstup (DB15 konektor), DVI-D výstup
- Rozšiřující konektory: 1x 32-bit/33 MHz PCI slot, 1x Mini-PCI slot
- Watchdog, RTC



Obr. 21 - Obvodové schéma AR-B1760 SBC. [5]

Connectors on AR-B1760**Connector Locations on AR-B1760**

FAN1, FAN2: System Fan Power Connector

FAN3: CPU Fan Power Connector

IDE1, IDE2: EIDE Connectors

J1: CD-In Audio Connector

CN2: AT H2/+5V Power Connector

J2: External Audio Connector

CN3: Digital 4-in 4-out I/O Connector

J3: Wake On LAN Connector

CN4: Audio Amplifier Connector

J4: Gigabit LAN Connector (used with ID240)

J5: System Function Connector

J6: TMDS Connector

J7: 10/100Mbit Ethernet Connector

J8: VGA CRT Connector

J10: Floppy Drive Connector

J11, J12: Serial ATA Connectors

J13, J9: LVDS Connectors (1st channel, 2nd channel)

J14: Panel Inverter Power Connector

J15, J16: USB Connectors

J17: Parallel Port Connector

J18: Serial Ports

J20: IrDA Connector

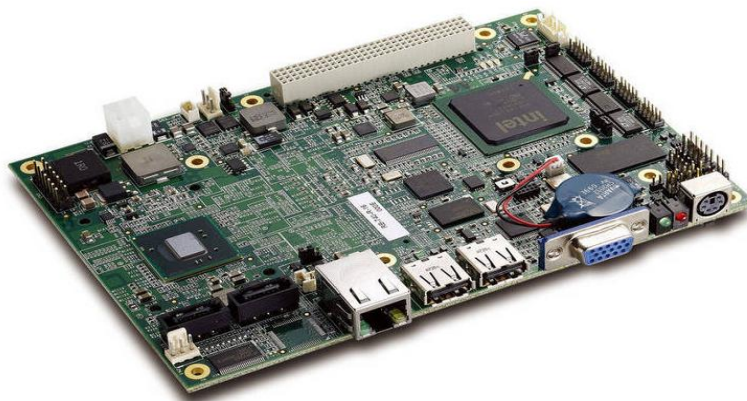
J21: ATX Power Supply Connector

J23: PS/2 Keyboard/Mouse Connector

Obr. 22 - Popis obvodového schéma AR-B1760 SBC. [5]

2.2.6 EPIC SBC

EPIC jednodeskový systém patří mezi nejmodernější počítače. Spojuje v sobě modularitu platformy karet PC/104 a univerzálnost, která je systémem daná pro platformu EBX. Jednodeskové počítače EPIC se obvykle vyznačují nízkopříkonovým a však výkonným procesorem a všemi dnes obvyklými periferiemi pro vzájemnou komunikaci s ostatními PC a snímači, k uživatelským aplikacím, i rozhraními pro zobrazování různých dat na displej a jejich uložení na zálohovací a přenosná média ve formě harddisků a jiných. Tento systém obsahuje Ethernet, EIDE, LPT, USB, floppy, video rozhraní. Odolnost zase dokládá schopnost pracovat v rozsahu teplot 0 až 60°C (někdy dokonce -40°C až 85°C), může i vydržet nárazový šok/vibrace až u hodnot 40g/5g. EPIC SBC má definované kompaktní rozměry 115 mm x 165 mm, které jsou mezi velikostmi standardů PC/104 a EBX. Pro zpětnou kompatibilitu i možnost dalšího rozšíření, EPIC podporuje jak celosvětově velmi rozšířenou platformu PC/104 a PC/104-Plus (PCI), tak i nové vysokorychlostní propojovací standardy typu PCI Express nebo ExpressCard. [5]



Obr. 23 - EPIC SBC. [5]

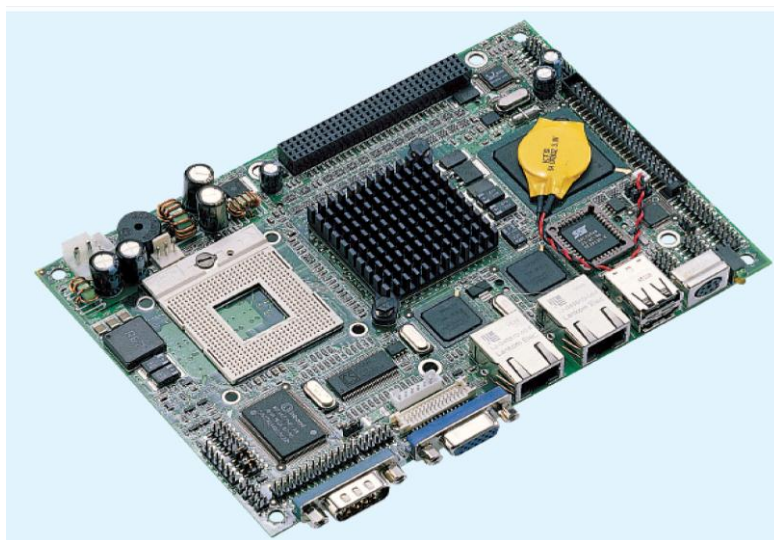
Standartní Rozhraní pro EPIC SBC:

- Rozhraní E-IDE (Ultra DMA 33), příp. SATA
- Sériové porty: několik RS-232 (DB9pin), RS-232/422/485, ser. rozhraní pro Touch Screen
- Paralelní porty: LPT s podporou SPP/EPP/ECP
- Víceúčelové vstupy/výstupy (GPIO): nezávislé TTL level I/O
- Několik USB
- Někdy i PS/2 (pro klávesnici a myš) nebo Irda
- Audio AC97
- Rozšiřující slot: PCI-104 nebo PC/104, u nejnovějších i PCI-Express
- Často slot pro Compact Flash kartu
- Grafika/Video: obvykle AGP rozhraní/VGA (DB15pin) nebo LVDS rozhraní

Jako CPU se dnes využívají nízkopříkonové verze Intel Pentium (Pentium M, Celeron M, ULV Celeron-M 600 MHz Zero Cache apod.) nebo nějaká verze AMD Geode. Některé systémy vůbec nepotřebují snižovat teplotu procesoru pomocí jiného přídavného chlazení (např. ULV Celeron M a AMD Geode LX), čímž se výrazně snižuje poruchovost systému. Také se vyskytují verze s patnicemi pro CPU (obvykle pro CPU s větráky - např. Pentium M) nebo již integrovanými CPU na desce (obvykle odolnější CPU - např. ULV Celeron-M 600 MHz Zero Cache nebo AMD Geode LX 800/0.9W). Jako operační systém lze využít téměř všechny dostupné verze OS Windows (XP, XP Embedded,

WinCE, WinCE.NET), Linux (Linux, Linux Embedded), QNX a další RTOS. Výběr daného operačního systému se obvykle provádí dle požadavku uživatele na řízený systém a spolehlivost. Například klasické Windows XP potřebují ke své funkci připojený harddisk (náchylný na otřesy, vibrace, teplotu a prach), Win XP Embedded lze provozovat z Compact Flash karty a WinCE přímo z RAM/ROM, čímž se systém stává odolnější. [5]

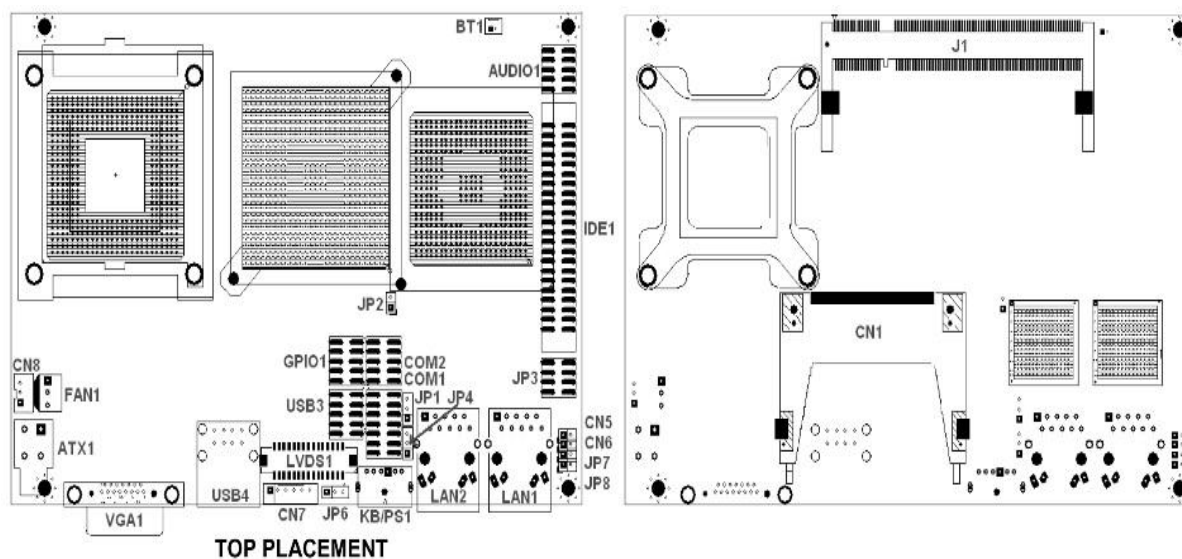
EPIC AR-B1831 SBC



Obr. 24 - EPIC AR-B1831 SBC. [5]

Hlavní parametry:

- CPU: Intel Pentium M/Celeron M (Socket 479, 400MHz Front-Side-Bus)
- Chipset: Intel (855GME) + Intel (ICH4-M)
- Paměť SDRAM: DDR 200/266/333 (PC1600/2100/2700), 2x 184-pin DIMM sloty, až 2.0 GB
- Konektory: viz blokové schéma níže
- Video/Grafika: dvoukanálové 24bit. LVDS rozhraní, VGA RGB výstup (DB15 konektor), DVI-D výstup
- Rozšiřující konektory: 1x 32-bit/33 MHz PCI slot, 1x Mini-PCI slot
- Watchdog, RTC



Obr. 25 - Uspořádání komponent a portů na horní a spodní straně desky SBC AR-B1831. [5]

2.2.7 PC/104 SBC



Obr. 26 – PC/104 SBC. [5]

Standartní provozní parametry:

- Provozní teplotní rozsah: 0-60°C
- Provozní vlhkost: 5-90%
- Napájení +5V / do 2 A a +12V/ do 1 A
- Integrovaný BIOS: Award nebo AMI

K provozu tohoto systému je zapotřebí použít podobně jako u klasických počítačů, nějaký operační systém. Je možnost využívat i klasické OS jakými jsou např. Windows 9X/ME, Windows 2000, Windows XP, Linux, UNIX, ale tyto systémy potřebují harddisk, čemuž se často chceme vyhnout. Proto se často v automatických řídicích systémech využívá OS, které lze spouštět a provozovat

jen z paměti nebo Compact Flash (CF) karty. Jsou to buď OS používané v kapesních počítačích, např. WinCE 5.0, nebo OS přímo vyvinuté pro Embedded PC (vestavěné počítače), např. WinCE.NET, Windows XP Embedded, Linux Embedded, QNX nebo jiné RTOS (Real-Time OS). U starších verzí SBC s procesory typu Intel 386 nebo 486 (viz níže příklad 2) se ještě užívají OS DOS nebo "textový" Linux. [5]

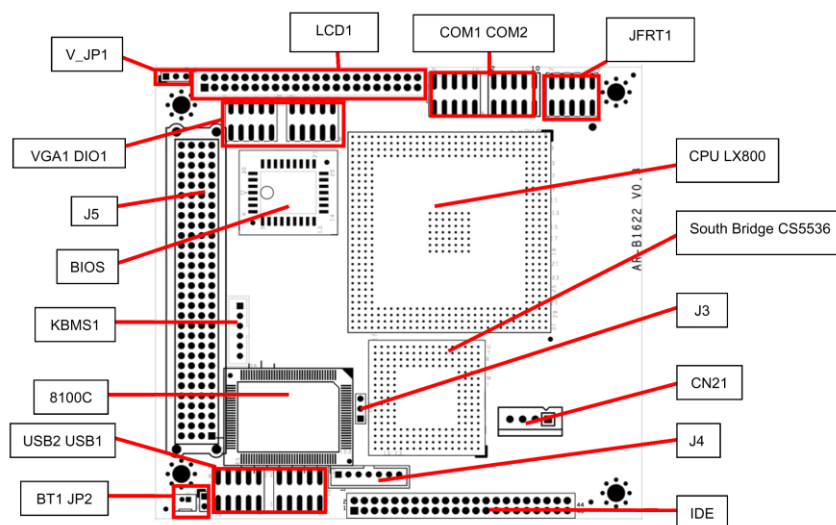
PC/104 SBC AR-B1622



Obr. 27 – PC/104 SBC AR-B1622. [5]

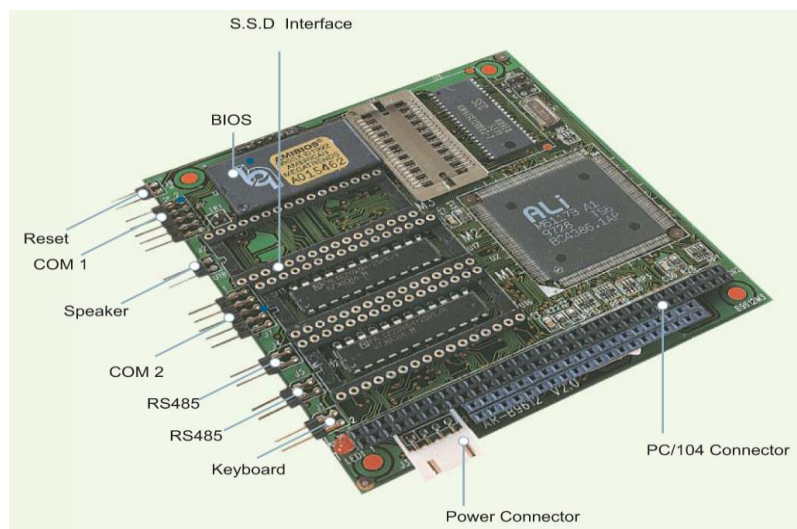
Hlavní parametry:

- CPU: AMD Geode LX 800, 500 MHz, 128 KB L2 cache
- Chipset: AMD LX800 + CS5536
- Paměť: 200-Pin SO-DIMM (na spodní straně desky) podporující DDR 200MHz SDRAM až 512MB
- Konektory: E-IDE (UltraDMA 33), RS-232C, Irda, Audio AC97, USB 1.1, PS/2, Ethernet Realtek RTL8100BL, GPIO, AGP-VGA 64MB CRT 1600X1200/LCD 24bit.
- Rozšiřující konektor: 32bit PCI/104 (104-pin)
- Watchdog



Obr. 28 – Rozmístění jednotlivých prvků na desce PC/104 SBC AR-B1622. [5]

PC/104 SBC AR-B9612



Obr. 29 – PC/104 SBC AR-B9612. [5]

Hlavní parametry:

- CPU: 386SX 33MHz
- Chipset: ALI M6117C AIF
- Paměť: 2 MB DRAM přímo integrovaná na desce (zasunuté IO)
- Konektory: PC/AT (Keyboard), RS232C/485
- SSD rozhraní: patice pro až 1.5MB Flash & SRAM, DOC
- Rozšiřující konektor: 16bit PC/104 (104-pin)
- Watchdog, RTC
- Spotřeba při 5V jen do 0.8 A

2.2.8 Embedded ATX, LPX a mini ITX

Jednodeskové počítače typu ATX, LPX a Mini ITX jsou nejvyšším typem SBC a již se prakticky nejvíce přibližují základním deskám standardních PC. Jsou to sice již velmi výkonné systémy, ale také svými rozměry dosti velké (220 mm x 235 mm). Obsahují všechny standardní komponenty a periferie jako domácí PC a využívají i obvykle stejných procesorů jakými jsou Intel a AMD. CPU, již není přímo integrován (zapájen) na desce, ale již se vkládá do patice, podobně jako u klasických PC, což umožňuje výměnu procesoru za výkonnější procesor. Dnes se ve většině případů využívají procesory Intel Pentium a AMD (např. Intel Core 2 Duo, Pentium/Celeron M, Pentium 4). Pro zvýšení odolnosti systému v průmyslovém prostředí jsou však často tyto procesory taktovány na nižší výkony, aby bylo možné použít i pasivní chladič místo větráku. Díky tomu mohou dlouhodobě a spolehlivě pracovat při teplotním rozsahu 0~60°C a vlhkosti 0%~90%. Složitější systémy již však vyžadují vyššího napájení. Obvykle se již požaduje zdroj, např. +5V/ 7A a +12V/ do 1A. U nejnovějších typů Mini ITX může spotřeba být až 50 W. Což je na jednodeskový systém velký výkon [5]



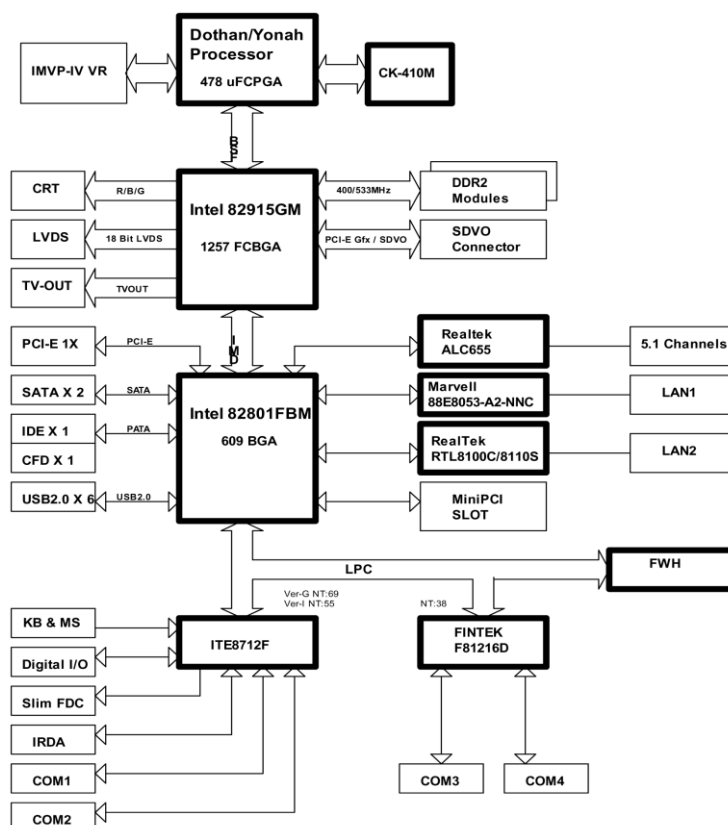
Obr. 30 – Embedded ATX. [5]

Hlavním rozdílem proti "klasickým" PC motherboardům je přítomnost vyvedených obecných vstupů/výstupů - GPIO, programovatelného watchdogu (1~63 sekund) a přímo na desce umístěné sloty pro možnost připojení rozšiřujících karet typu DiskOnChip (DOC), Compact Flash (CF) nebo PCMCIA. [5]

Standartní rozhraní pro Embedded ATX, LPX, Mini ITX :

- E-IDE (Ultra DMA 66/33), ATA, SATA
- PS/2 (KB/Mouse)
- RS232C/Touch Screen, RS-232C/IrDA, RS-232C/485, RS232C
- LPT
- IrDA
- Ethernet - 10/100Mbps Base-T, RJ45
- Audio AC97
- USB porty
- GPIO TTL vstupy/výstupy
- DiskOnChip (DOC) slot podporující až 288MB flash paměti
- Compact Flash nebo PCMCIA slot

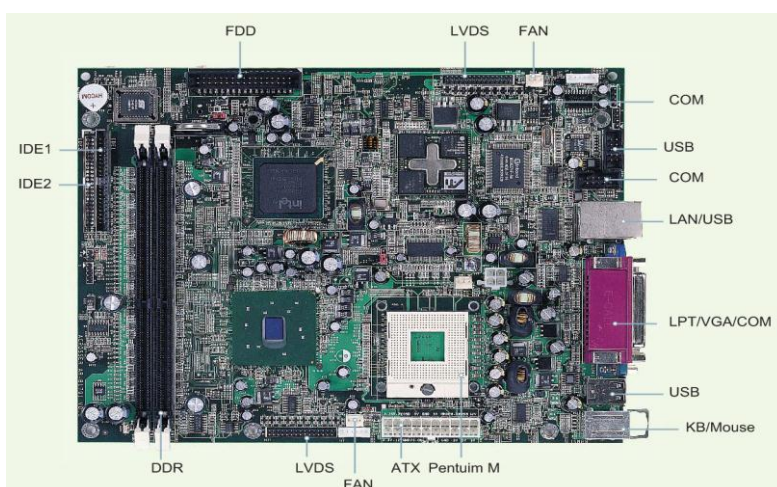
Intel Pentium-M ITX Board



Obr. 31 – Obvodové schéma Mini ITX. [5]

Jako operační systémy se již výhradně využívají ty klasické, jako jsou OS Windows XP/XP Embedded nebo Linux s (GUI). K tomu již je ale zapotřebí připojit k desce harddisk (EIDE nebo SATA rozhraní), který však již dost významně snižuje životnost a spolehlivost tohoto systému. [5]

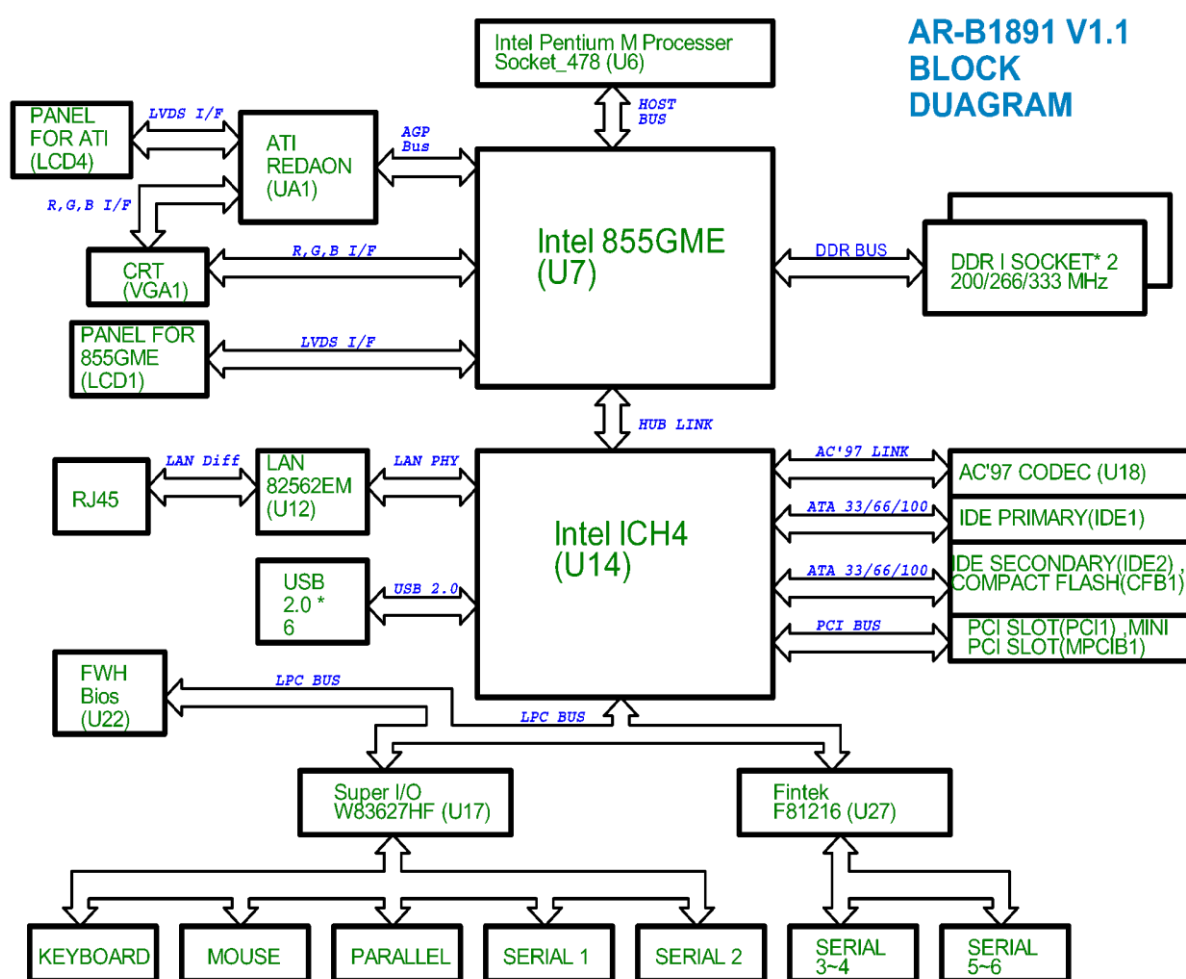
Embedded SBC AR-B1891



Obr. 32 – Embedded SBC AR-B1891. [5]

Hlavní parametry:

- CPU: Intel Pentium M/Celeron M (Socket 479, 400MHz Front-Side-Bus)
- Chipset: Intel (855GME) + Intel (ICH4-M)
- Paměť SDRAM: DDR 200/266/333 (PC1600/2100/2700), 2x 184-pin DIMM sloty, až 2.0 GB
- Konektory: viz blokové schéma níže
- Video/Grafika: dvoukanálové 24bit. LVDS rozhraní, VGA RGB výstup (DB15 konektor), DVI-D výstup
- Rozšiřující konektory: 1x 32-bit/33 MHz PCI slot, 1x Mini-PCI slot
- Watchdog, RTC



Obr. 33 – blokové schéma LPX počítače AR-B1891. [5]

3. BEAGLEBOARD XM REV. C

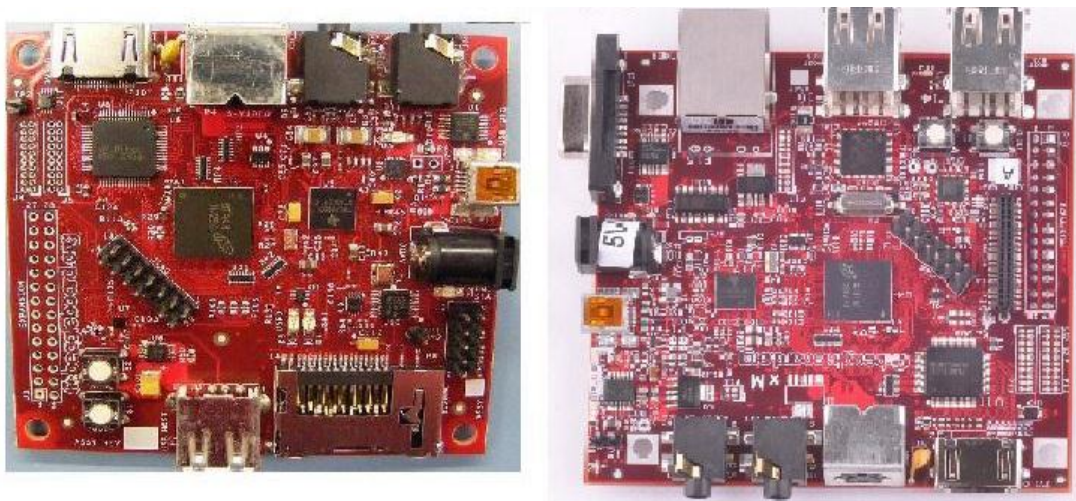
Jako jednodeskový systém této bakalářské práce byl použit SBC Beagleboard řady xM s označením C. Je to nejnovější SBC od firmy Texas Instruments. Tato kapitola se bude zabývat podrobným popisem tohoto systému s detailní charakteristikou, nýbrž tento systém byl v rámci práce navržen jako vestavěný systém při dalším využití v mobilní robotice. Nejdůležitějším bodem bude popis možnosti komunikace s ostatními zařízeními v podobě periférií. Tento SBC je velice rozsáhlý svou hardwarovou strukturou a počtem rozhraní pro připojení nejrůznějších zařízení.

3.1 Základní informace

Beagleboard je nízkospotřebový open-source jednodeskový počítačový systém, vytvořený firmou Texas Instruments a firmou Digi-Key. Tento jednodeskový počítač byl navržen s open-source softwarem v podobě technologie OMAP 3530 (Open Multimedia Applications Platform) systému, což je typ proprietárního softwaru pro přenositelná a mobilní multimediální aplikace od firmy Texas Instruments. Deska byla vytvořena malým týmem inženýrů jako vzdělávací systém pro využití na univerzitách po celém světě a jako typ open-source hardwaru a open-source softwaru volně dostupného, který by mohl pomoci se vzděláváním studentů a rozvíjením jejich schopností.

Prvním odvětvím těchto systémů bylo vytvoření systému Beagleboard Rev. C4, což byl první navržený systém typu Beagleboard firmou Texas Instruments. Postupem času byly vytvořeny novější verze Beagleboard jako jsou Beagleboard-xM, který obsahuje systémy typu Rev. A, Rev. B a Rev. C.

Každá z těchto verzí systému se liší. Mezi systémem Beagleboard a systémem Beagleboard-xM jsou výrazné softwarové a hardwarové odlišnosti. [12]



Obr. 34 – Vlevo systém Beagleboard, vpravo systém Beagleboard xM. [13]

Softwarové rozdíly:

- Obě verze mají rozdílné vstupy, tedy vyžadují jiné periferie
- Originální Beagleboard obsahuje paměť typu flash NAND, zatímco Beagleboard-xM ji nemá, takže ve verzi Beagleboard-xM je systém nahráván s SD karty a tato karta musí obsahovat tyto tři soubory *MLO*, *u-boot.bin* a *uImage*

Hardwarové rozdíly:

AREA	BeagleBoard-xM	BeagleBoard	Comments
Processor	DM3730	OMAP3530	
ARM Frequency	1GHZ	720MHz	
DSP Frequency	800Mhz	520MHz	
SGX Frequency	200Mhz	110MHz	
DDR	512MB	256MB	
DDR Speed	166MHz	166MHz	
NAND	0	256MB	
SD Connector	uSD	MMC/SD	
USB Host Ports	4	1	
Host Port Speed	FS/LS/HS	HS	
Serial Connector	DB9	Header	Direct connect to USB to Serial Cable
Camera Header	Yes	No	Leopard Imaging Camera module
Ships with 4G SD	Yes	No	Contains bootable desktop
Overvoltage Protection	Yes	No	
Power LED turnoff	Yes	No	
Serial Port Power Turnoff	Yes	No	
MMC3 Expansion Header	Yes	No	
McBSP2 Expansion Header	Yes	No	

Tab. 1 – Hardwarové rozdíly mezi Beagleboard a Beagleboard-xM. [13]

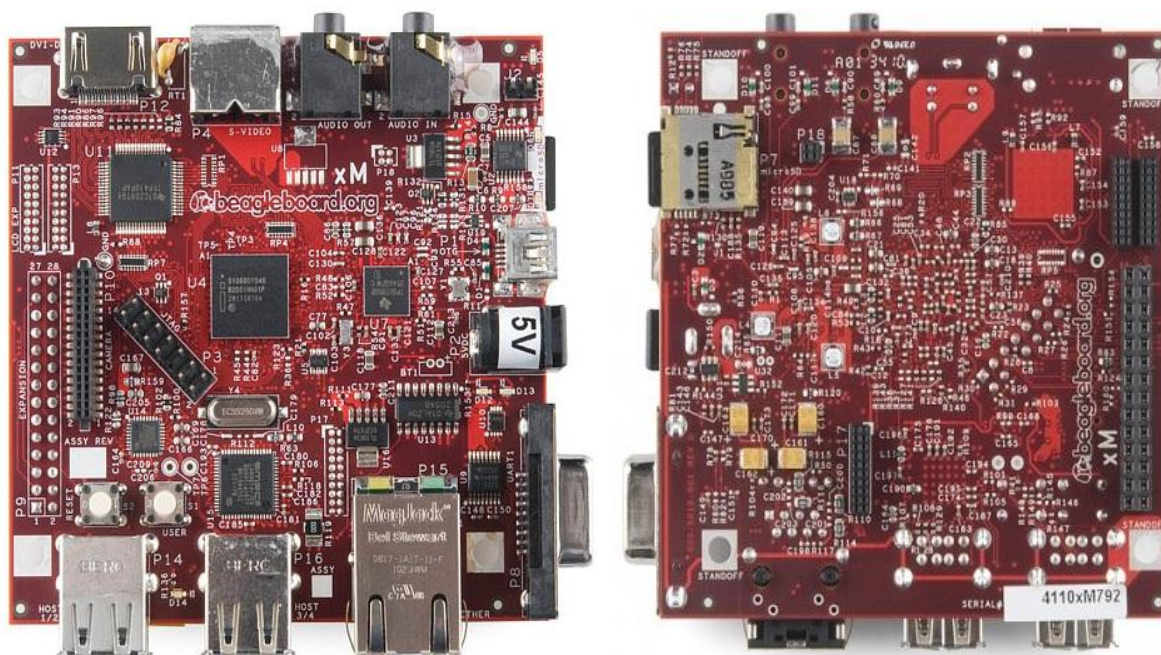
Toto jsou hlavní rozdíly mezi verzemi systému Beagleboard a Beagleboard-xM. Z popisu tabulky výše vidíme, že novější SBC typu Beagleboard-xM je výkonnější a mnohem rozmanitější v oblasti připojení různých systémových zařízení.

3.2 Charakteristika systému

V této části bude zcela popisován jednodeskový systém Beagleboard xM Rev.C. Protože tento systém je nejnovějším přírůstkem v řadě xM, je tedy třeba rozlišit malé, ale přesto viditelné rozdíly na jednotlivých systémech, které byly vytvořeny jako předchozí verze.

Rev	Changes	Date	By
A	Initial release.	6/4/2010	GC
A1	Updated to new power OVP scheme	6/21/2020	GC
A2	Updated with camera and Memory information	7/23/2010	GC
A3	Moved to Rev B PCB.	10/18/2010	GC
B	Moved to ES1.1 silicon revision.	10/26/2010	GC
C	Design changes and moved to revision ES1.2 silicon	4/4/2010	GC

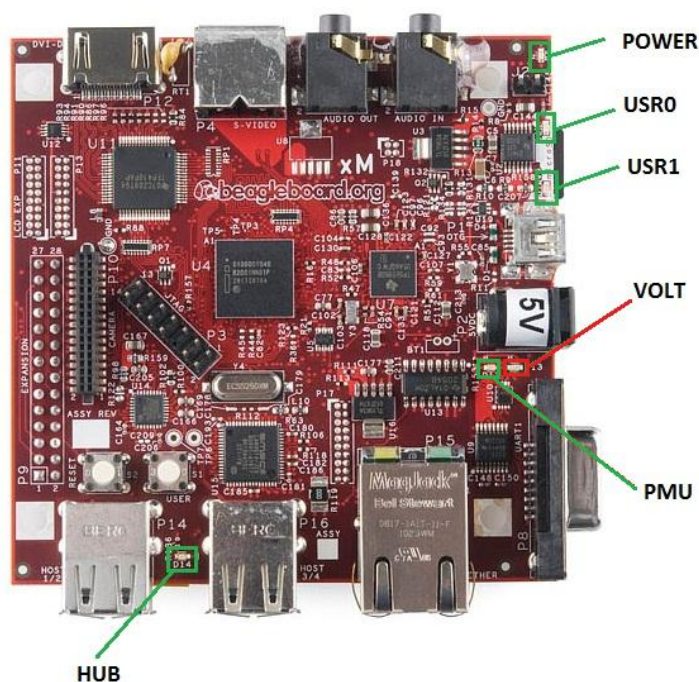
Tab. 2 – Změny u jednotlivých verzí systému Beagleboard-xM. [13]



Obr. 35 – Systém Beagleboard xM Rev.C. [13]

3.2.1 Hardware

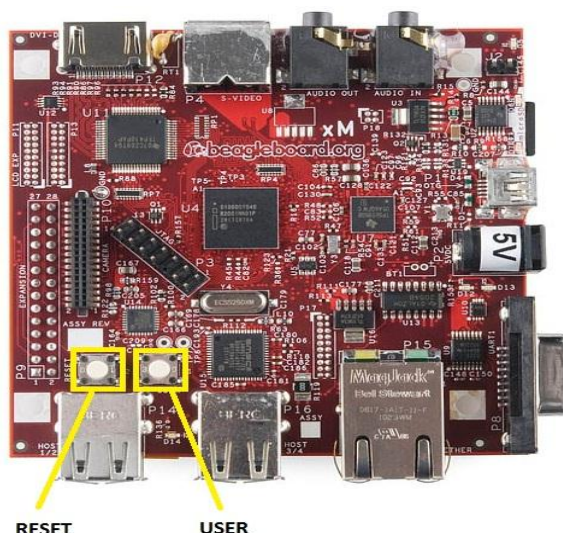
Dalším bodem charakteristiky jednodeskového systému bude podrobný popis architektury hardwaru. Přesto, že systém se zdá být jednoduchý obsahuje spoustu ovládacích prvků a identifikací aktivních zařízení pomocí LED. Systém Beagleboard xM obsahuje šest indikátorů přítomnosti funkčního zařízení. Pět LED diod je zelených a jedna červená.



Obr. 36 – Indikátory zařízení

- **Power:** Indikuje připojení zdroje k systému
- **USR0/1:** Je používán softwarem, detekuje přítomnost operačního systému
- **VOLT:** Dioda začne blikat, pokud dojde k překročení stejnosměrného napětí
- **PMU:** Kontroluje údržbu zdroje a diskrétní modulaci pro přenos analogového signálu (PWM)
- **HUB:** Dioda začne blikat, jakmile zjistí přítomnost USB zařízení

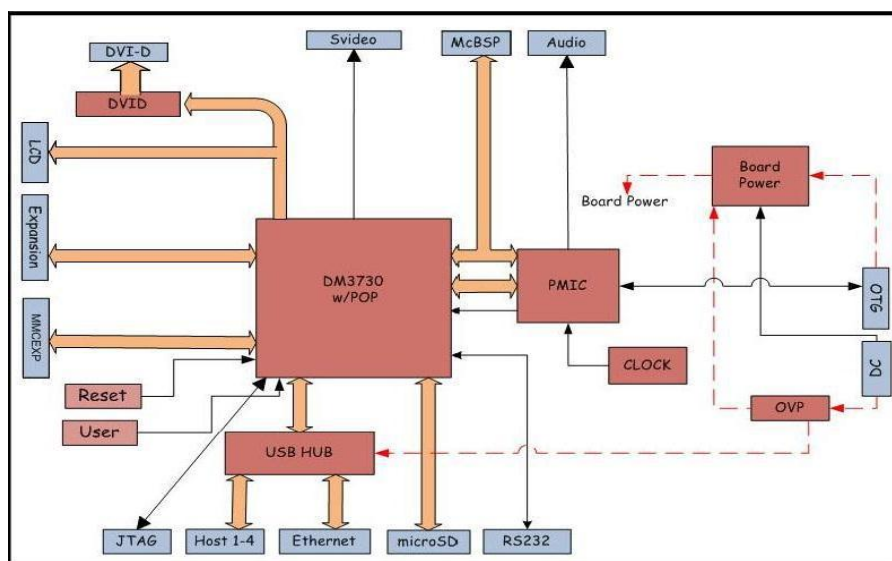
Manuální ovládání systému:



Obr. 37 – Manuální ovládání

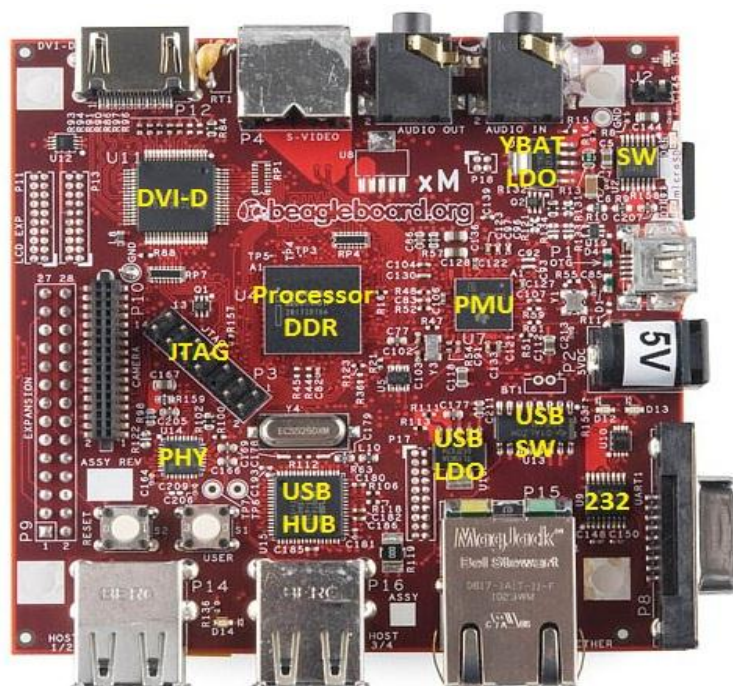
Tlačítko USER přímo neovlivňuje bootování systému. Pokud toto tlačítko stiskneme, systém nezačne se spouštěním. Pozastaví se proces spouštění systému. Tlačítko RESET slouží k běžnému přenastavení systému. Systém tedy začne se startem znovu. Tento blokový diagram ukazuje na umístění klíčových prvků na deskovém systému.

Architektura a design systému Beagleboard xM:



Obr. 38 – Blokové schéma systému. [13]

Rozmístění a popis jednotlivých řídicích prvků systému:



Obr. 39 – Řídící prvky systému. [13]

Toto schéma nám ukazuje jednotlivé důležité prvky a jejich propojení. Pro Jednoduché čtení z popisového schématu, mají jednotlivé piny zkrácený popis. [13]

PMU

PMU obvod zahrnuje ovladač a napájení dvou LED diod, které poskytují uživatelskou indikaci zařízení. PMU je plně programovatelný, tedy můžeme měnit např. jas LED diod nebo tuto funkci indikace zcela omezit podle potřeby. [13]

DVI-D

DVI-D je integrovaný obvod pro převod obrazového signálu z HDMI na DVI-D, tyto signály jsou kompatibilní, u architektury systému se předpokládalo z možnosti připojení LCD obrazu, který používá standartní DVI-D, tento prvek v systému je nezbytný. [13]

PHY

PHY je zkratka pro fyzickou vrstvu OSI modelu, tento obvod spojuje odkazovou vrstvu zařízení (MAC adresa) s fyzickým zařízením (optický kabel, měděné kabely). PHY zařízení typicky zahrnuje fyzickou kódovací podvrstvu PCS a vrstvu přenosového protokolu PMD. PCS kóduje a dekóduje data, která se přenáší a přijímají. Účelem kódování je usnadnit práci přijímači pro obnovení signálu. [13]

VBAT

VBAT je regulátor pro stabilizaci napětí. Tento obvod reguluje vstupní stejnosměrný proud do nominální hodnoty proudu 4.2V. VBAT obvod reguluje stejnosměrné napětí zdroje. Prvek TPS65950 poskytuje přípustná hodnota napětí na systému, které je 4.7V. Součástí integrovaného obvodu VBAT je

prvek TL1963A, což je lineární nízko-výpadekový regulátor napětí (LDO), tepelné vypnutí a ochranný proudový omezovač. [13]

USB-HUB, LDO

Novým rysem architektury xM řady systému Beagleboard je USB rozbočovač. Tento integrovaný obvod je řídicím prvkem USB zařízení, poskytuje jim potřebné napájení. Napětí pro USB poskytují dva zdroje. LDO regulátor poskytuje napětí 3.3V. [13]

(232)

Integrovaný obvod pro řízení sériové komunikace. Poskytované napájení 3.3V. [13]

Procesor

Texas Instruments Cortex A8 1GHz. Architektura procesoru systému je ARM. Tato technologie procesorů se nejvíce využívá pro vestavěná zařízení, jako jsou např. jednodeskové systémy. Architektonická verze systému Beagleboard je tedy ARM verze 7-A. Jádro je typu Cortex A8. Výkon systému je 2.0 DMIPS/ v rychlosti 1GHz. Tento procesor obsahuje metodu POP (package-on-package), což je technika, kdy je paměť namontována v horní části procesoru. [13]

Paměť

Micron 4Gb MDDR SDRAM (512MB) 166MHz. Operační paměť RAM má velikost 512 MB, při rychlosti 1GHz, je to synchronní dynamická operační paměť typu MDDR (mobile-double-data-rate) s propustností 4Gb. [13]

3.2.2 Software

Jednodeskový systém Beagleboard –xM neobsahuje paměť typu NAND jako jeho předchůdce, to znamená, že systém neobsahuje nainstalovaný operační systém. Jednodeskový systém obsahuje mikro SD kartu, který slouží k nastavování operačního systému. Karta obsahuje všechny SW požadavky pro systém a jako základní systém obsahuje operační systém Angstrom. Při nastavování systému je viditelné okno s přihlašovací obrazovkou, ale GUI (graphical-user-interface) viditelné není.

Vhodné operační systémy:

Unixové systémy – Debian, Ubuntu, Gentoo, Fedora Core, Android, Angstrom

Microsoft – Windows 8

Angstrom Linux

Angstrom linux je operační systém vyvinutý speciálně pro malé počítačové systémy, jako je jednodeskový systém Beagleboard –xM. Nejrychlejší cestou pro zavedení systému je s SD kartou připojenou na desku, která obsahuje Angstrom obraz, standardně se tedy dodává jednodeskový systém s kartou obsahující linux Angstrom. Může a nemusí obsahovat GUI.

SD karta je rozdělena na dvě části, dva oddíly. Jeden oddíl je systémový soubor typu FAT, se standardní velikostí 117MB. Tento oddíl obsahuje:

- Boot loaders X-loader (MLO) and U-boot (u-boot.bin)
- Linux kernel (uImage)
- Boot script (user.scr)

- RAM disk root file system (ramdisk.gz)
- md5sum file

Tyto soubory, které obsahuje SD karta, jsou obsaženy na každém ARM operačním systému pro jedno-deskové systémy Beagleboard.

MLO

Obstarává minimální konfiguraci systémové paměti i I/O operace, potom načítá zavaděč systému.

u-boot.bin

Zaváděcí binární soubor vykonává inicializaci hardwaru, speciálně paměťového řadiče, poskytuje parametry pro zavedení jádra linuxu a následně spustí linuxové jádro (kernel)

uImage

Jinak linuxové jádro systému (kernel). Tento soubor může každý uživatel vytvořit sám, jinak si může vytvořit vlastní jádro dle libosti, nebo se tento souboru dá stáhnout ve formě přednastaveného obrazu.

boot.src

Tento skript obsahuje data potřebná pro systémy bez NAND obvodů.

ramdisk.gz

Gzip soubor uživatelského souborového systému

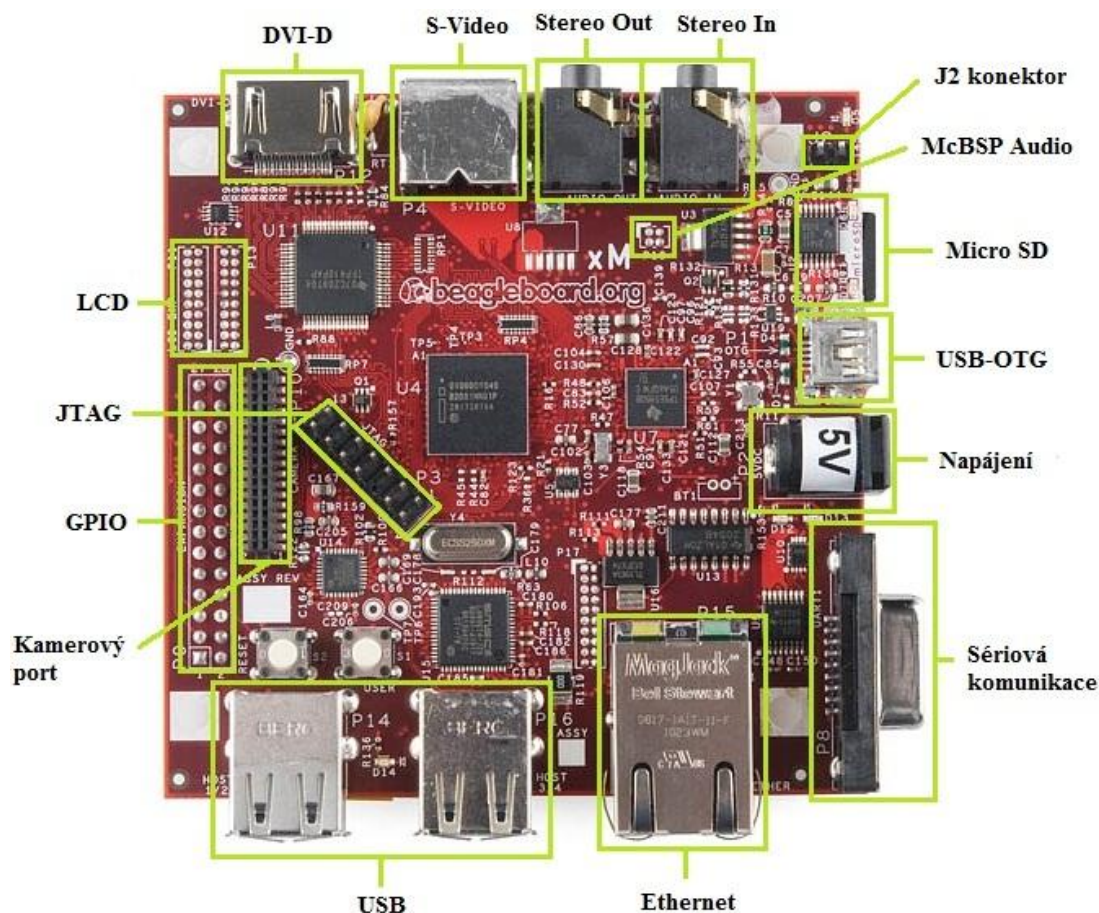
md5sum file

Kontrola velikosti souborů

Druhý oddíl Sd karty obsahuje uživatelský souborový systém, jeho velikost je podstatně větší než u prvního oddílu, první oddíl má statickou velikost, kdežto u druhého oddílu by měla velikost obsahovat maximální možnou. Druhý oddíl je souborový systém typu ext3, což je standartní souborový systém linuxu hierarchického souborového systému.

3.3 Popis multifunkčních komunikačních rozhraní

Jednodeskový systém Beagleboard obsahuje značnou řadu komunikačních multifunkčních rozhraní pro připojení externích zařízení. Zde jsou všechny rozhraní, které můžeme použít ke komunikaci.



Obr. 40 – Multifunkční rozhraní SBC Beagleboard Xm

▪ Napájení

Napájecí konektor pro desku 5V. Pokud, by nastalo připojení jiného zdroje napětí, začne blikat červená dioda. Napájení může být buď přímý konektor, nebo konektor s pravým úhlem. [13]

▪ USB-OTG

Slouží jako připojení k hostitelskému PC. Je možnost využití tohoto portu jako napájecího zdroje pro systém. [13]

▪ Micro SD

Slot pro microSD karty. Základní stavební část operačního systému, všechna data při spouštění a konfiguraci systému se ukládají na microSD kartu umístěnou v tomto slotu. [13]

▪ Sériová komunikace

Základní komunikační rozhraní se systémem, pomocí sériového kabelu můžeme připojit jednodeskový systém Beagleboard do PC a sledovat výstup dat při nastavování operačního systému procesu systému. [13]

▪ Ethernet

Připojení UTP kabelu k síťové komunikaci. Novinkou této desky jsou 4 USB porty

s integrovaným 10/100 Ethernetovým portem. [13]

- **USB**

Připojení externích zařízení. 4 integrované USB porty. [13]

- **HDMI**

Připojení kabelového adaptéru HDMI-DVI-D. Připojení k monitoru. Tento kabel se nesmí připojit při zapnutém systému, jinak bychom desku mohli zničit, kabel se zásadně připojuje před napájením desky. [13]

- **JTAG**

Emulátor JTAG může být použit pro pokročilé ladění připojením k portu. Tento JTAG je 14 pinová verze. Při potřebě připojení 20 pinového modulu, je třeba použít adaptér. Tento port není nijak chráněn přepětovou ochranou, což by způsobilo zničení desky. [13]

- **S-Video**

Kabel, který může být připojen k systému SBC a odtud k televizoru nebo monitoru podporuje S-Video vstup. Tento kabel není součástí systému. [13]

- **LCD**

Existují dvě poskytované záhlaví pro připojení LCD signálů s jednodeskovým systémem. Tyto hlavičky jsou 2x po 10 pinech, jak se tyto konektory mají používat je dáno konstrukcí desky. Adaptérové desky jsou stále dostupné pro LCD panely a VGA redukce. [13]

- **Kamerový port**

Novým přírůstkem v systému Beagleboard Xm je kamerový port. Konfigurace konektoru je navržena tak, aby byla kompatibilní s kamerovými moduly od firmy Leopard Imaging. [13]

- **GPIO**

Další novinkou v systému Beagleboard je integrovaný 20 pinový rozšiřující port. [13]

- **Stereo Out/In**

Zvukový výstup a vstup pro připojení externích zařízení jako jsou mikrofón a externí reproduktory, MP3 přehrávače atd. Připojení pomocí 3.5 mm kabelu. [13]

- **McBSB Audio**

4 pinový konektor poskytuje přístup k McBSP2 signálům pro audio aplikace. [13]

- **J2 konektor**

Tento výstupní konektor slouží pro měření spotřeby napětí a proudu systému Beagleboard xM.

4. PRAKTICKÁ REALIZACE JEDNODESKOVÉHO SYSTÉMU BEAGLEBOARD XM REV C

Náplní této práce bylo vytvořit popis a popsat činnost některých standardně používaných rozhraní jednodeskového systému s využitím v mobilní robotice. Tato část praktické realizace obsahuje systematický postup konfigurace jednotlivých vybraných multifunkčních rozhraní. Základním prvkem při dosažení požadovaných výsledků této práce byla implementace nového operačního systému, dále potom otestování jednotlivých rozhraní.

4.1 Návrh a implementace operačního systému

Standardně se systémem BeagleBoard je dodáván operační systém *Angstrom* implementovaný na microSD kartě. Je to základní systém pro komunikaci se systémem. Jelikož tento linuxový operační systém je novinkou a jeho používání je ostatním uživatelům cizí, bylo vhodnější implementovat jiný operační systém. Jedním z nejpoužívanějších a snadno ovladatelných operačních unixových systémů je OS *Ubuntu* vyvíjený společností *Debian*. Jednalo se zejména o systém, který má plnou podporu zařízení a je zcela volně dostupný.

4.1.1 Ubuntu

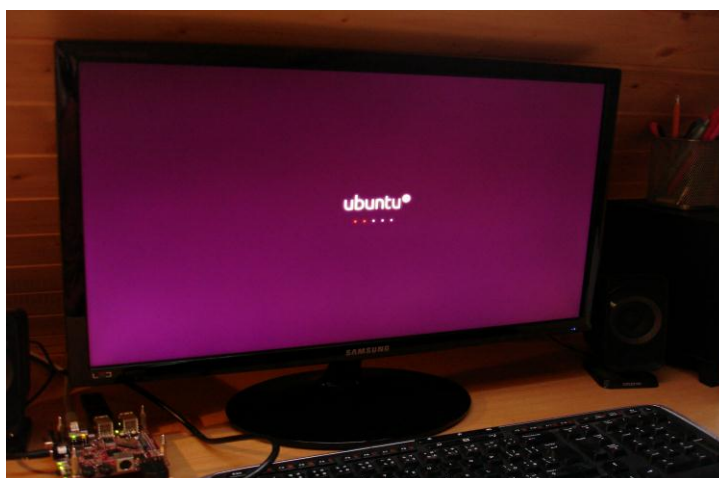
Ubuntu unixový operační systém se stává v poslední době uživateli velmi oblíbený a velmi rozmanitý. Je to *opensource* linuxová distribuce, která zahrnuje použití na procesorech arm. *Ubuntu* mělo svůj projekt pro arm technologii jako jedna z prvních linuxových distribucí. Cílem instalace tohoto systému bylo najít obraz pro technologii *arm* procesorů, předkompilovaný obraz pro jednodeskové systémy Beagleboard xM pro platformu od Texas Instruments OMAP3.

Následujícím příkazem pro přenos dat, tedy přenos souboru (.img) do našeho zařízení, vytvoříme dva oddíly, jeden bootovací oddíl se souborovým systémem FAT32 a druhý oddíl souborového systému ext3.

```
dd mb=4M if=Ubuntu-12.04-preinstalled-desktop-armhf+omap.img of=/dev/sdb
```

Obr. 41 – Příkaz přenosu dat na médium. [14]

Po následném přesunu tohoto souboru bychom měli vidět na kartě dva oddíly. Nyní je systém připraven ke spuštění.



Obr. 42 – Nastavování operačního systému

4.1.2 Implementace nového jádra

Ubuntu operační systém nabízí ke stažení demo obraz, který obsahuje základní funkce jádra, tedy tento systém neobsahuje plnou podporu periférií. Jádro pro tento systém je se základními moduly jádra a knihovnami. Proto, abychom mohli plně využívat operační systém s podporou pro všechny periferie, které budeme potřebovat pro praktickou realizaci, budeme muset stáhnout nejnovější verzi jádra systému a zkompileovat dané jádro s plnou podporou. Tento proces bude proveden na jiném systému, jak je tomu uvedeno v doporučeném nastavení [2]. Samozřejmě je možnost sestavení jádra přímo na jednodeskovém počítači, z hlediska sestavení jádra na jiném systému, kde jádro obsahuje shellové skripty, pro samovolnou bezstarostnou konfiguraci. Jediná věc je pouze správné nastavení hodnot proměnných.

Protože budeme stavět jádro pro *Ubuntu* verzi 12.04, je potřeba nainstalovat *Ubuntu* operační systém jako aplikaci ve *Windows*, z hlediska rychlosti kompilace není dobré tento proces provádět v programech jako *VirtualBox* nebo *VirtualPC*. Budeme tedy potřebovat stáhnout *Ubuntu 12.04* do našeho PC. Po instalaci je třeba nainstalovat nástroje potřebné pro kompilaci a správné sestavení. Jedním z nich je kompilátor pro *arm* procesory. Pro všechny tyto operace je nutné nebýt přihlášen jako *root* ! Pro instalaci nových systémových balíčků je nutné používat příkaz *sudo* (super user do). Během stavění jádra se pohybujeme ve svém domovském adresáři (~).

```
sudo apt-get install gcc-arm-linux-gnueabi-hf git
```

Obr. 43 – Instalace kompilátoru a utility git

Dalším potřebnými balíčky jsou knihovny a nástroje ke stavbě systému.

```
sudo apt-get install ccache libncurses5-dev u-boot-tools
```

Obr. 44 – Instalace balíčku

Dále si stáhneme stabilní verzi jádra.

```
git clone git://github.com/RobertCNelson/stable-kernel.git
```

Obr. 45 – Stažení jádra

K sestavení nového jádra budeme potřebovat všechny základní soubory linuxového jádra. Tyto soubory vytvoříme v naší domovské složce.

```
git clone git://git.kernel.org/pub/scm/linux/kernel/git/stable/linux-stable.git
```

Obr. 46 – Základní soubory linuxového jádra

Nyní, se přesuneme do vytvořené složky v našem domovském adresáři *stable-kernel*. Následně se přesuneme do větve pro verzi jádra 3.4.x.

```
git checkout origin/v3.4.x -b v.3.4.x
```

Obr. 47 – Přesun do větve

V další části musíme upravit shellový soubor *system.sh*. Protože se tento soubor opatřil názvem typu vzor, abychom nezačali kompilaci dřív, než soubor upravíme, musíme ho přejmenovat.

```
cp system.sh.sample system.sh
```

Obr. 48 – Přejmenování souboru

Tento skript obsahuje nastavení pro běh kompilace. Je tedy nutné tento soubor editovat. Můžeme použít `vi` nebo jiné standartní editovací nástroje. Editujeme tedy soubor `system.sh` a upravíme typ kompilátoru, který jsme instalovali do systému.

Upravíme proměnnou `CC`, která je nyní ve formě komentáře, znak `#` komentáře odstraníme a nastavíme proměnnou na `CC = arm-linux-gnueabihf`. Dále odstraníme znak `#` komentáře u `LINUX_GIT = ~/linux/stable/`, k připojení nové kopie místního zdroje jádra.

```
mc [rehl@ubuntu]:~/stable-kernel
/home/rehl/stable-kernel/system.sh [----] 0 L: [ 1+ 0 1/ 83] *(0 /2486b) 0035 0x023
#!/bin/bash
#copy as "system.sh" and tweak for your system

ARCH=$(uname -m)

##ADVANCED, OPTIONAL: gcc version override (useful for gcc/kernel regressions)
#GCC_OVERRIDE="gcc-4.4"

#ARM Native gcc compiler (running gcc on arm target)
if [ "${ARCH}" == "armv7l" ] ; then
<----->#Native arm gcc compiler
<----->CC=
fi

###REQUIRED:

#ARM GCC CROSS Compiler: (See hints in Readme, for different gcc cross compiler versions)
CC=arm-linux-gnueabihf-

##Linux Kernel Source location:
##
##This script will clone torvalds linux git tree from kernel.org. From this git tree
##this script can generate a pristine starting point before running the patch.sh script.
##
##For most users, the default will work fine, for other kernel developers who have
##already cloned torvalds tree, and would like to save file space, just define LINUX_GIT in this file.
##
##git clone git://git.kernel.org/pub/scm/linux/kernel/git/stable/linux-stable.git ${HOME}/
#
LINUX_GIT=${HOME}/linux-stable/

###OPTIONAL: (REQUIRED FOR RUNNING: ./tools/install_image.sh)
1 Pomoc 2 Uložit 3 Označ 4 Nahrad 5 Kopie 6 Přesun 7 Hledat 8 Smazat 9 i.Menu 10 Konec
```

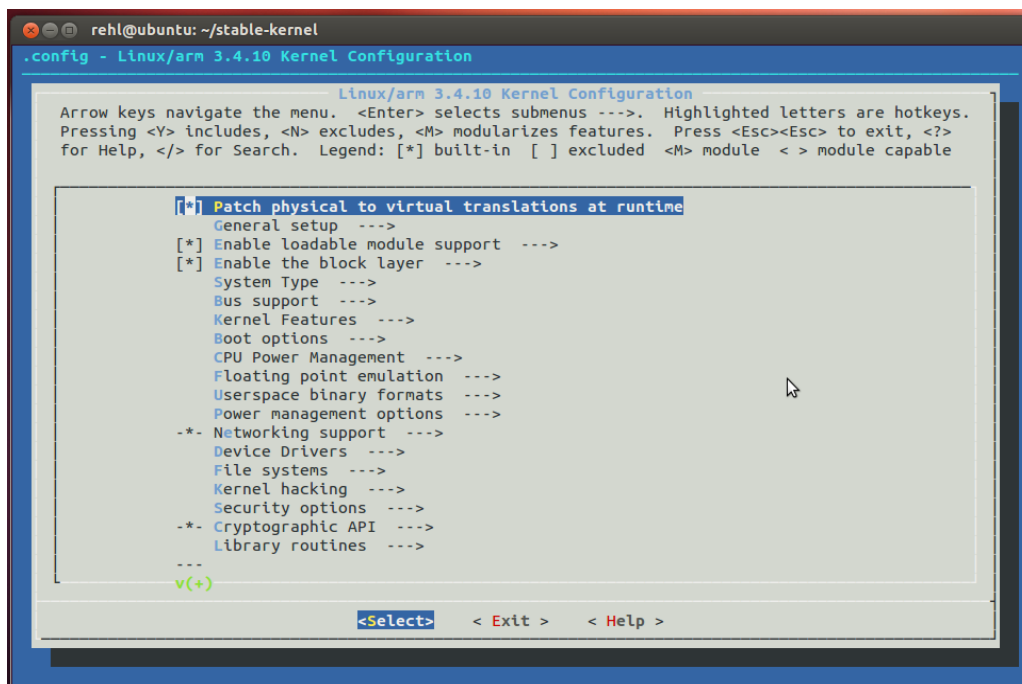
Obr. 49 – Editace kompilátoru a zdrojové složky jádra

Nyní máme nakonfigurovaný shellový soubor a můžeme spustit instalaci. Spustíme skriptový soubor pro sestavení jádra.

```
./build_kernel.sh
```

Obr. 50 – Editace kompilátoru a zdrojové složky jádra

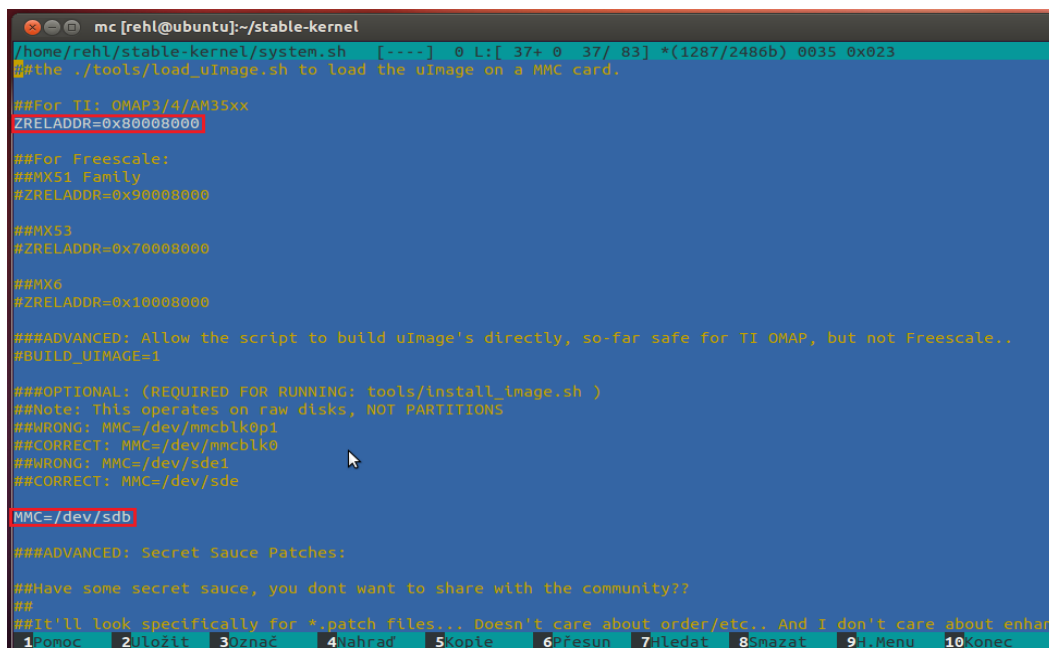
Dostaneme se k nastavení systému. Tedy do konfiguračního souboru `kernel.config`. Součástí instalace nového jádra byla i podpora GPIO.



Obr. 51 – Konfigurace jádra

Poslední částí implementace nového jádra je přesunout jádro systému do systému Beagleboard. Vezmeme tedy paměťovou kartu a umístíme ji do našeho PC. Z nástroje ze správy disků příkazem `fdisk -l` si zjistíme označení paměťové karty, vyměnitelná zařízení obvykle `/dev/sdb`.

Opět ale musíme editovat systémovou proměnou `system.sh` a odstranit znak `#` s pozice komentáře `MMC = /dev/sdb`, pro instalaci na správné médium a také odstranit komentář u `ZRELADDR = 0x80008000`, což je počáteční adresa pro platformy OMAP3. Stále jsme ve složce `stable-kernel`.



Obr. 52 – Editace cílového zařízení a počáteční adresy zápisu

Následně spustíme skript, který se nachází v adresáři `tools`.

```
./tools/install_image.sh
```

Obr. 53 – Skript pro zápis nového jádra na cílové zařízení

Příkazem `uname -r` zjistíme přítomnost nového jádra a systém je zcela kompletní.

```
rehl@rehl-beagleboard: ~
rehl@rehl-beagleboard:~$ uname -r
3.4.10-x2
rehl@rehl-beagleboard:~$
```

Obr. 54 – Nové jádro systému

4.2 USB

Tato část se bude zabývat připojením USB kamery k jednodeskovému systému. Jako použitý program pro realizaci byl použit program *GStreamer*, který vytváří tunelové připojení aplikací. Byl vybrán také pro svou možnost síťové komunikace [16]. Jedním z prvků, které budeme potřebovat je ovladač pro video zařízení. Tento ovladač nainstalujeme pomocí příkazu.

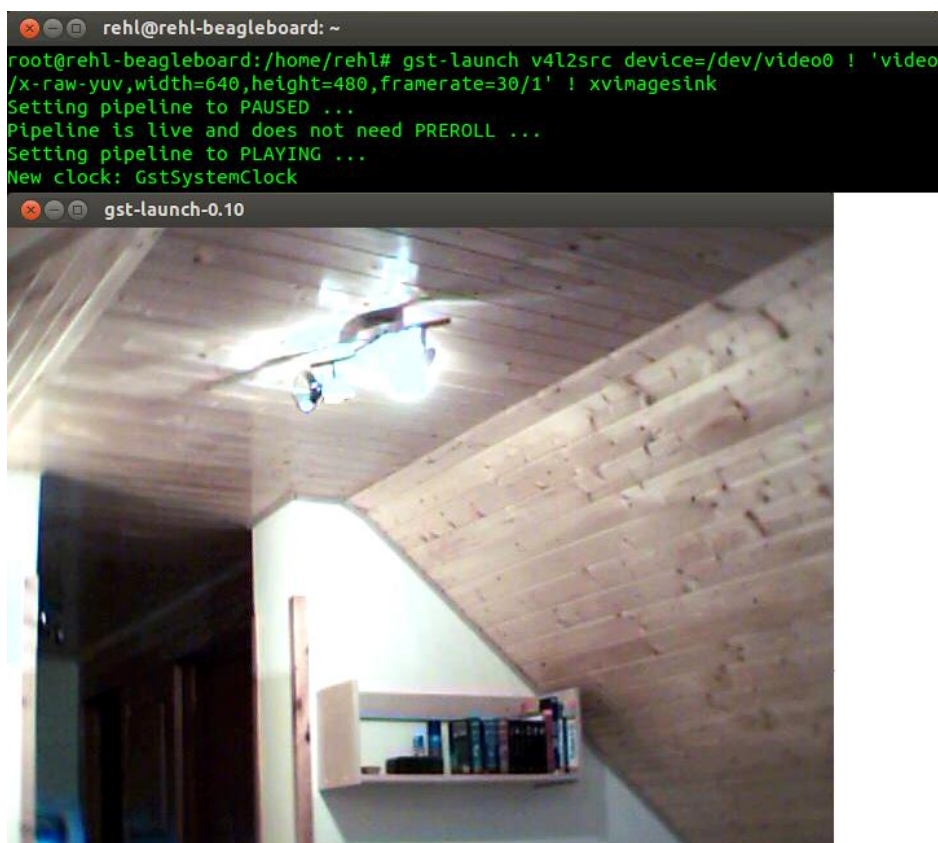
```
apt-get install xserver-xorg-video-omap3
```

Obr. 55 – Instalace video ovladače



Obr. 56 – Použitá web-kamera

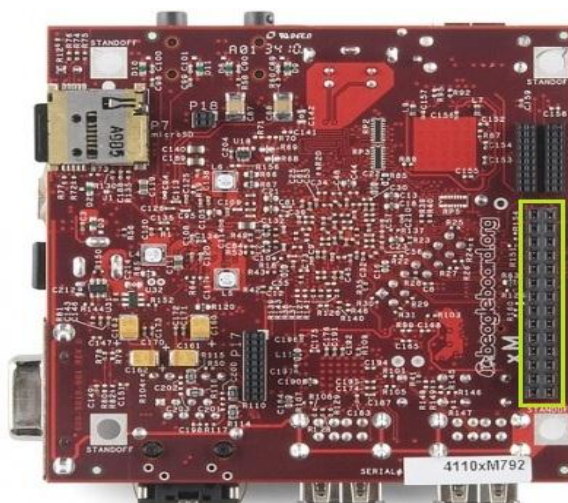
Nutností je nainstalovat *GStreamer* aplikaci jako `sudo apt-get install gstreamer-tools`. K další části budeme využívat utilitu `gst-launch`, která spustí video obraz zařízení. Aplikace *GStreamer* podporuje využití ovladače V4L2 (Video4Linux2), který poskytuje přístup k webkamerám, TV tunerům a výstupním TV zařízením. Tento ovladač nám slouží k naplnění paměťového bufferu snímky obrazu a přenést je mezi zařízením a uživatelským prostorem [15]. Znakem “!” se jednotlivé výstupy připojují. My následujícím příkazem spojíme utilitu `gst-launch` s nastavením velikosti obrazu a rychlosti přenosu, tento výstup bude směřovat do programu `xvimagesing`, který snímky vykresluje. Následujícím příkazem vytvoříme tunel pro přenos video signálu z webkamery na obrazovku.



Obr. 57 – Spouštěcí utilita a výsledný obraz

4.3 GPIO

Další část práce se bude zabývat komunikací s multifunkčním rozhraním *GPIO*. Pro standartní komunikaci byla použita LED dioda, na které si demonstrujeme uživatelskou změnou vstupní a výstupní operace. Jedná se o realizaci a konfiguraci *GPIO* portu.

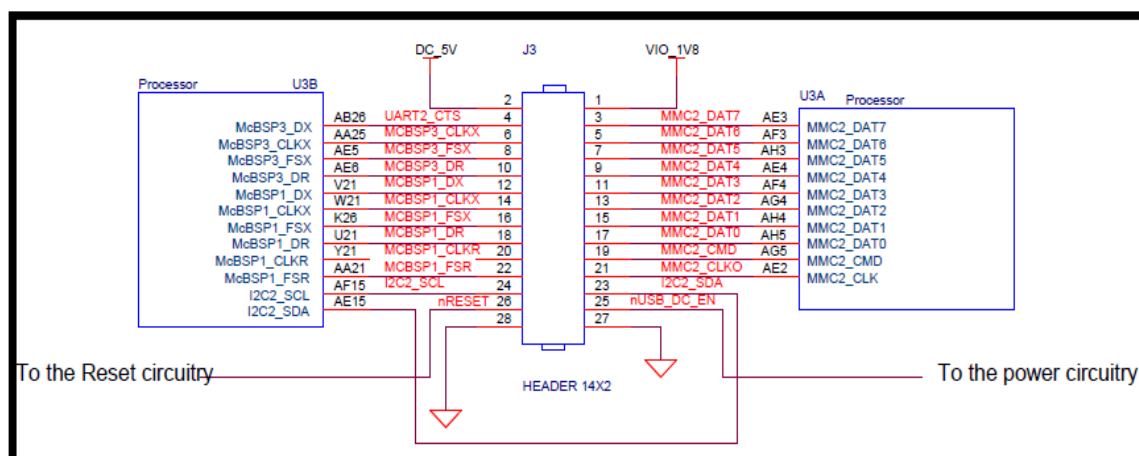


Obr. 58 – GPIO, spodní pohled. [13]

Abychom mohli uživatelsky měnit hodnotu jednotlivých pinů *GPIO*, bylo nutné zjistit umístění složky zařízení v systému, používání a označení jednotlivých pinů ke komunikaci. Z obrázku níže vidíme, které označení odpovídá danému pinu na desce. Hodnoty všech pinů nelze libovolně měnit, některé piny jsou systémově neměnné.

General Purpose I/O Pins				
GPIO_130	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	21	
GPIO_131	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	19	
GPIO_132	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	17	
GPIO_133	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	15	
GPIO_134	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	13	
GPIO_135	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	11	
GPIO_136	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	9	
GPIO_137	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	7	
GPIO_138	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	5	
GPIO_139	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	3	
GPIO_143	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	8	
GPIO_144	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	4	
GPIO_145	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	10	
GPIO_146	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	6	
GPIO_156	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	20	
GPIO_158	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	12	
GPIO_159	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	18	
GPIO_161	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	16	
GPIO_162	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	14	
GPIO_168	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	24	
GPIO_183	GP Input/Output pin. Can be used as an interrupt pin.	I/O	23	

Tab. 3 – Označení jednotlivých pinů. [13]



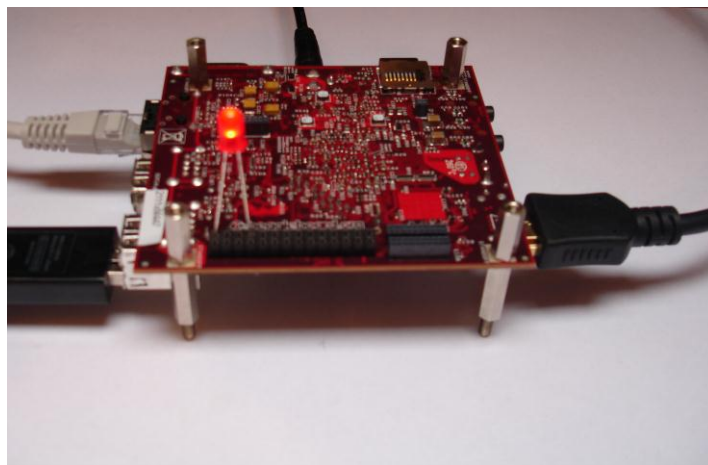
Obr. 59 – Umístění pinů. [13]

Pro umístění LED diody, byly zvoleny piny 28 a 20. Abychom složitě nemuseli ovládat dva piny zároveň, tak jako druhý pin se zvolil uzemňovací (28). Postup bude jednoduchý. Z ovládání *GPIO* [17] jsme zjistili, jakým způsobem otevřeme přístup k pinu 22. Složka konfigurace *GPIO* je v systému umístěná v kořenovém adresáři pod `/class/gpio`. Realizací je vytvoření shellového skriptu pro ovládání portu. Stačí nám k tomu tyto příkazy pro manipulaci s *GPIO*.

Příkaz	Funkce
<code>echo 156 > /class/gpio/export</code>	Uvolnění portu
<code>echo 156 > /class/gpio/unexport</code>	Ukončení portu
<code>echo „1“ > /class/gpio/gpio156/direction</code>	Zapnuto
<code>echo „0“ > /class/gpio/gpio156/direction</code>	Vypnuto

Tab. 4 – Příkazy ovládání portu

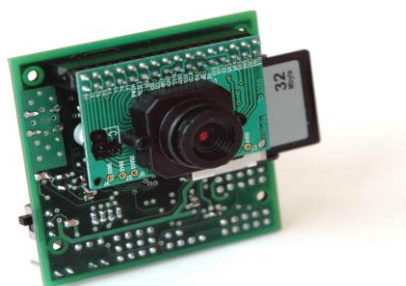
Princip je odeslání hodnoty pinu do exportní složky zařízení, která nám vytvoří komunikační složku *gpio156*. Dalším krokem je vytvoření skriptu, který bude cyklicky měnit hodnotu pinu, abychom zjistili přítomnost změny hodnoty pinu, tedy dioda bude cyklicky blikat. Po konci operace je potřeba odstranit vytvořenou složku *gpio*, kterou odstraníme přesun hodnoty do složky *unexport*.



Obr. 60 – Zapojení LED diody

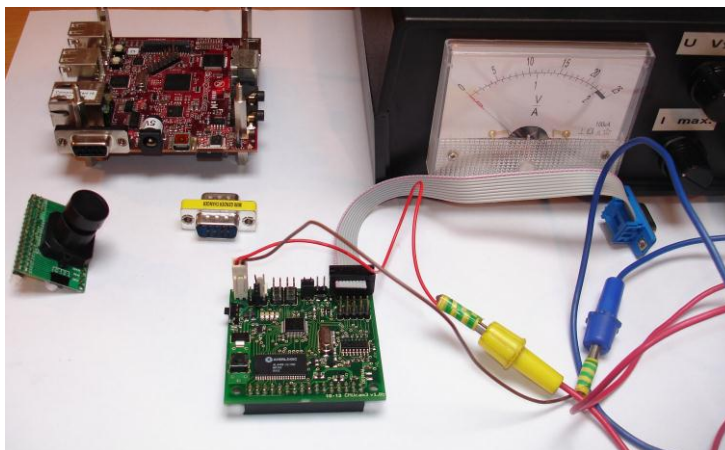
4.4 Sériová komunikace

Pro realizaci sériové komunikace bylo vybráno kamerové zařízení C3088 s paměťovým modulem CMUcam3.



Obr. 61 – Modul CMUcam3. [18]

Úkolem bylo dosáhnout přenosu dat mezi SBC a kamerovým modulem. V úvodní části realizace bylo nutností stažení vhodného kompilátoru pro modul a dostupnost unixových utilit systému pro přenos firmwaru s aplikačním programem do zařízení. Dále musel být zkompilován projekt a firmware, který chceme použít v modulu kamery. Systém Beagleboard umožňuje sériovou komunikaci přes RS232 port. Jako sestava byl použit Jednodeskový systém Beagleboard xM, sériová redukce typu male/male, CMUcam3 modul kamery a regulovatelný zdroj napětí nastavený na maximální hodnotu 10 V. Modul obsahuje regulátor napětí v rozmezí 5–10 V.



Obr. 62 – Sestava prvků pro realizaci

Abychom dosáhli komunikace modulu, potřebujeme správný kompilátor. Průvodce aplikací CMUcam3 modulů doporučuje kompilátor *arm-none-linux-eabi*. Zdrojový kód tohoto kompilátoru je kompatibilní s architekturami procesoru Intel a AMD. My jsme tedy museli najít jiný vhodný kompilátor, který je podporován na architektuře armhf (arm hard float). Vhodný kompilátor obsažený v databázi rozšíření systému Beagleboard xM je dostupný jako *gcc-arm-linux-gnueabi*. Což je implicitní kompilátor poskytovaný naším systémem. Instalace je tedy `sudo apt-get install gcc-arm-linux-gnueabi`. Další z utilit, které budeme potřebovat je flashovací utilita *lpc21isp* od firmy Philips. Jedná se o program pro přenos daného souboru do paměti procesoru. Protože utilita *lpc* je opět standartně dodávána ve formě balíčků nebo tarových souborů pro architektury Intel a AMD, bylo zapotřebí vyhledat utilitu *lpc* pro architekturu armhf. Dokumentace společnosti Debian, která je kompatibilní s Ubuntu, poskytuje značné množství podpory ve formě .deb balíčků pro architekturu armhf [19]. Po několika minutovém hledání byla získána utilita *lpc21isp* podporovaná pro daný systém. Po úspěšné instalaci potřebných nástrojů, jsme získaly i dostupnost kódu pro CMUcam3 moduly kamer. Jedná se o knihovny a c soubory. Abychom mohli používat modul je potřeba zkompilevat dané soubory a následně jej nahrát pomocí *lpc21isp* do modulu. Soubory jsme zkompilevali v cílové složce *cc3*, jež nám prezentuje adresář knihoven a souborů napsaných v jazyce C. kompilaci jsme zpustili pomocí příkazu *make*. Tento příkaz nám vytvoří zkompilevaný soubor, který nahrajeme do paměti procesoru kamerového modulu.

```

rehl@rehl-beagleboard: ~
root@rehl-beagleboard:/home/rehl# lpc21isp -control hello-world_lpc2106-cmucam3.
hex /dev/ttyO3 115200 14745
lpc21isp version 1.83
File hello-world_lpc2106-cmucam3.hex:
    loaded...
    converted to binary format...
    image size : 63664
Image size : 63664
Synchronizing (Esc to abort) : OK
Read bootcode version: 2.12.0
Read part ID: LPC2148, 512 kiB ROM / 40 kiB SRAM (67305253)
Sector
0:
.....
\
.....
Sector
1:
.....
\
.....
Sector
2:
.....

```

Obr. 63 – Přenos .hex souboru

Jako jednoduchá aplikace pro komunikaci byl použit základní projekt CMUcam2 obsahující funkce pro komunikaci se všemi dostupnými rozhraními na kamerovém modulu [20]. Program *lpc21isp* nejdříve soubor (.hex) sestaví pomocí linkeru a následně vytvoří binární podobu. V další části zbývá modul restartovat a spustit aplikaci *minicom*, která nám slouží jako zobrazovač dat sériové komunikace.

```

rehl@rehl-beagleboard: ~

Welcome to minicom 2.5

OPTIONS: I18n
Compiled on May 2 2011, 00:39:27.
Port /dev/ttyO3

Press CTRL-A Z for help on special keys

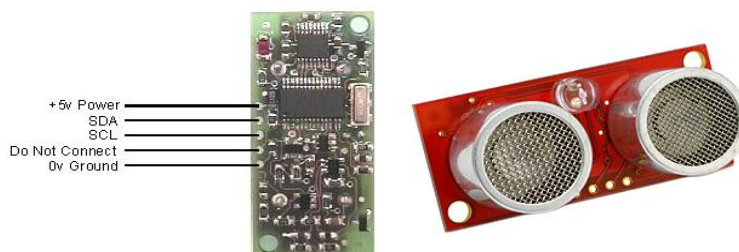
CMUcam2 v1.0 c6
*
*
*
*

```

Obr. 64 – Komunikace s modulem

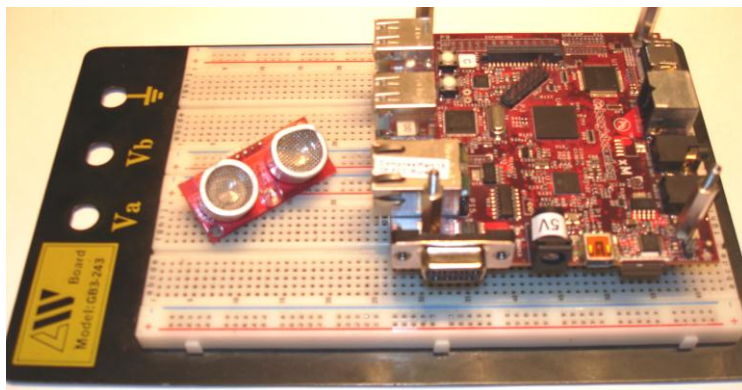
4.5 I2C Komunikace

V závěru této bakalářské práce, byla provedena I2C komunikace ultrazvukového senzoru SRF08 s jednodeskovým systémem Beagleboard xM. Jednalo se o nastavení I2C nástroje a následnou komunikaci.

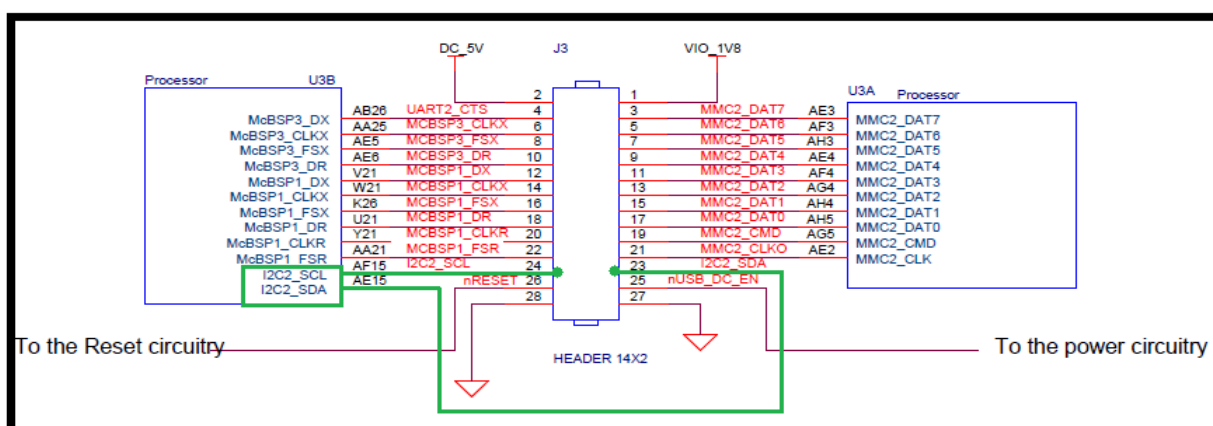


Obr. 65 – Ultrazvukový snímač SRF08. [21]

Praktická realizace byla provedena pomocí *GPIO* pinů umístěných na pracovní desce systému. *GPIO* obsahuje dva komunikační vstupní piny pro *I2C* komunikaci. Abychom mohli napájet ultrazvukový snímač, je zapotřebí použít napájecí desku. Ultrazvukový snímač musí být napájen 5V. Protože *I2C* piny nejsou jednosměrné, jsou obousměrné, každý pin vyžaduje jiné napětí, potřebujeme tedy do obvodu zahrnout dělič napětí. Napájecí desku budeme napájet přímo ze systému Beagleboard.



Obr. 66 – Sestava prvků



Obr. 67 – Umístění I2C vstupních pinů. [13]

Fyzicky tedy I2C piny odpovídají hodnotám 24 a 23. Propojíme tedy tyto dva piny s napájecí deskou. Po propojení všech prvků nainstalujeme aplikaci podpory I2C komunikace.

```
sudo apt-get install i2c-tools
```

Obr. 68 – Instalace ovladače I2C

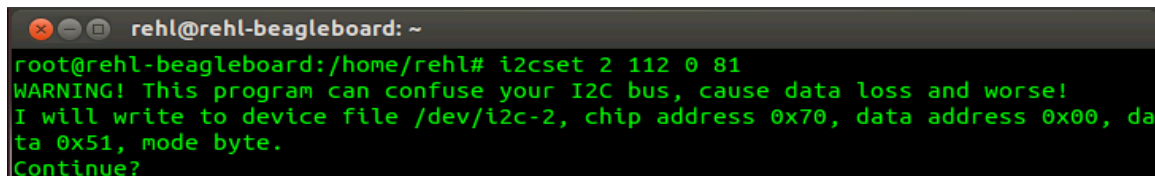
V další fázi můžeme využívat tento nástroj k nastavení a získání hodnot.

```
rehl@rehl-beagleboard: ~
root@rehl-beagleboard:/home/rehl# i2cdetect -r 2
WARNING! This program can confuse your I2C bus, cause data loss and worse!
I will probe file /dev/i2c-2 using read byte commands.
I will probe address range 0x03-0x77.
Continue? [Y/n]
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  UU  --  --  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
70: 70  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
```

Obr. 69 – Adresa SRF08

Hodnotu umístění SRF08 snímače nám zobrazí utilita *i2cdetect*. Vidíme, že snímač leží z hexadecimálního výpisu na adrese 70.

Nyní se pokusíme zaznamenat vzdálenost překážky od snímače pomocí nástroje *i2c-tools*. První nastavená hodnota je registr, na který budeme zapisovat, tedy registr 2, dále jsme nastavili měřicí rozsah, registr 0 zahajuje měření, hodnota 81 znamená start měření a následný výsledek v centimetrech.



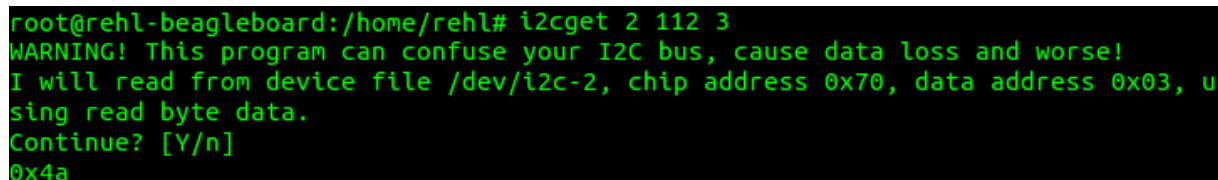
```

rehl@rehl-beagleboard: ~
root@rehl-beagleboard:/home/rehl# i2cset 2 112 0 81
WARNING! This program can confuse your I2C bus, cause data loss and worse!
I will write to device file /dev/i2c-2, chip address 0x70, data address 0x00, data 0x51, mode byte.
Continue?

```

Obr. 70 – Nastavení registrů a rozsahu měření

Nyní máme nastavenou hodnotu zápisu na registr 2 a rozsah měření. Spustíme měření. Dále získáme obsah hodnot z registrů. První zápis hodnot se provádí na registry 2 a 3, tedy budeme získávat hodnotu z těchto registrů. Necháme si zobrazit hodnotu mezi registry 2 a 3.



```

root@rehl-beagleboard:/home/rehl# i2cget 2 112 3
WARNING! This program can confuse your I2C bus, cause data loss and worse!
I will read from device file /dev/i2c-2, chip address 0x70, data address 0x03, using read byte data.
Continue? [Y/n]
0x4a

```

Obr. 71 – Výsledná hodnota

Nyní vidíme z hodnot uložených v registru 2 a 3, že výsledná hodnota nám ukazuje hexadecimálně *0x4a*. Při přepočtu na desítkovou soustavu dostaneme naši výslednou hodnotu 74 cm. Tato hodnota nám ukazuje vzdálenost nejbližšího předmětu od snímače.

5. Závěr

Jednodeskové systémy, jsou nejlepší možnou variantou k ovládání sestav různých robotických zařízení. Jsou malé, energeticky úsporné a poměrně výkonné. Jedná se o novou éru pokroku počítačových systémů. Rozvojem hardwaru těchto systémů, přichází i rozvoj softwaru a jádra operačního systému zejména linuxového jádra. Studenti přispívají k rozvoji pomocí chat a blogů na různých serverech, které umožňují komunikovat s vývojáři daného systému, umožňuje jim sdělit případné nevýhody, které mohou použít pro realizaci jednodeskového systému vyšší verze. Ohlas veřejnosti v tomto případě působí značnou pomoc vývoje těchto systémů.

V úvodu této práce bylo nutností podívat se na servery vývojáře pana Roberta Nelsona, který sestavuje skripty pro správné nahrání systémového jádra za použití binárních souborů vytvořených v jazyce C americkou firmou Texas Instruments. V úvodu praktické realizace nastaly problémy, které byly obsaženy neúplnou podporou linuxového jádra systému. Trvalo nějakou dobu zjistit, že jádro není zkompileováno s plnou podporou. Systém totiž hlásil podporu, ale přitom jádro systému ji neobsahovalo. Kernel linuxového systému Ubuntu je stále ve vývoji. Právě díky panu Nelsonovi, je tento systém funkční a kompletní z hlediska poskytnutí systémových adresářů, ke kterým máme přístup. Po zdoluhavé cestě úspěšně zkompileovat nejnovější jádro systému Ubuntu, byl systém plně podporován. Hlavní součástí této podpory byla správa GPIO vstupních a výstupních pinů, které zahrnovaly jak uživatelskou změnu hodnot pinu tak i I2C komunikaci s ultrazvukovým snímačem SRF08. Bez této podpory, bychom nebyli schopni komunikovat s multifunkčním rozhraním.

Při základní úrovni realizace ve formě USB kamery bylo nutností přítomnost SGX knihoven, které obsahují podporu grafické karty a dalších video zařízení. Jsou to standardní moduly a knihovny pro jádro systému. Dalším úkolem bylo vyhledat vhodný ovladač video zařízení. K tomuto účelu nám posloužil správce balíčků Aptitude.

V další fázi bakalářské práce bylo ovládání GPIO multifunkčního rozhraní. Tato realizace byla poměrně jednoduchá po následném sestavení jádra. V úvodu bylo nutné vyhledat způsob konfigurace a ovládání GPIO rozhraní a použití vhodného pinu, který má uživatel možnost měnit. Toto rozhraní můžeme použít i pro mnohem náročnější aplikace na bázi různých indikací zařízení mobilního robota. Jakákoli identifikace externích přídavných zařízení je možná pomocí GPIO.

Při realizaci komunikace kamery pomocí sériového rozhraní jsme se snažili pouze o komunikaci s modulem. Samozřejmě je i možnost vytvoření aplikačního programu pomocí vyšších programovacích jazyků jakými jsou Python, C++ a C#. Komunikace obsahovala řadu dalších problémů, jež bylo vyhledání kompilátoru a utility pro přenos zkompileovaného souboru do systému pro armhf architekturu. Sériová komunikace je nejvhodnější způsob komunikace zařízení. Sekvenční zpracování dat je mnohem vhodnější než paralelní zpracování, které sebou nese spoustu problémů v podobě přeslechů a dalších datových poruch.

V poslední části byl použit ultrazvukový snímač SRF08. Jediným problémem který vznikl, bylo napětí na GPIO vstupních I2C komunikačních pinech. Tyto piny mají rozdílné vstupní hodnoty napětí. Jelikož snímač musí být napájen 5V, bylo nutností rozdělit datový přenos na dvě odlišné hodnoty napětí, k tomuto účelu byl použit napěťový dělič. Dále pak stačilo jednotlivé obvody zapojit, nainstalovat ovladač I2C komunikace, který nám pomohl detekovat a následně ovládat ultrazvukový snímač.

Bakalářská práce byla úspěšně dokončena realizací daných zařízení. Zhodnocení tohoto systému je značná rozmanitost periférií, ale omezení rychlosti komunikace, které předchází nižší výkon systému BeagleBoard xM. Jelikož jsou tyto systémy stále ve vývoji, bude nějakou dobu trvat plné doladění v oblasti hardwaru a jádra systému. Jednodeskové počítače bez slotů se od jednodeskových počítačů se sloty liší hlavně ve výkonu systému a schopnost odolat horším podmínkám. Tato zařízení se opravdu hodí z velké části zejména pro výuku studentů. Pro náročnější aplikace, které vyžadují výkonný systém, jsou vhodnější jednodeskové počítače se sloty. Při využití grafických aplikací tedy využití X serveru, je vhodnější používat méně náročné GUI pro zvýšení výkonu a jednotlivé náročné grafické aplikace nebudou tolik systém brzdit. Grafické prostředí je nejlepší ve formě XFCE, což je prostředí pro základní grafickou činnost systému.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ARM. *TI ARM Technology Portfolio by Texas Instruments* [online].
Dostupné z: <http://www.arm.com/community/partners/display_product/rw/ProductId/2015/>
- [2] Texas Instruments. *In Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundations, last modified on 5.10.2012 [cit. 24.1.2007].
Dostupné z: <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Texas_Instruments>
- [3] FCC Public s.r.o.. Jednodesková PC Advantech v průmyslových aplikacích. *AUTOMA, časopis pro automatizační techniku* [online]. 2000, č. 10.
Dostupný na WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=27939.
ISSN 1210-9592.
- [4] Single-board computer. *In Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundations, last modified on 11.7.2012.
Dostupné z: <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer>.
- [5] VOJÁČEK, Antonín. *Základní typy jednodeskových počítačů – Embedded SBC* [online]. 21.1.2007. Dostupné z: <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2007012101>>.
- [6] Základní deska. *In Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundations, editováno 24.9.2012.
Dostupné z: <http://www.cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kladn%C3%AD_deska>.
- [7] SBC44UC. *Modtronix Engineering* [online]. 16.5.2007.
Dostupné z: <http://www.modtronix.com/product_info.php?products_id=286>.
- [8] Raspberry Pi. *In Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundations, last modified on 25.9.2012 [cit. 9.1.2011].
Dostupné z: <http://www.cs.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi>.
- [9] Cubieboard. *In Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundations, last modified on 26.9.2012.
Dostupné z: <<http://www.en.wikipedia.org/wiki/Cubieboard>>.
- [10] PandaBoard. *Omappedia* [online]. last modified on 24.4.2012.
Dostupné z: <<http://www.omappedia.com/wiki/PandaBoard>>.
- [11] PandaBoard. *In Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundations, last modified on 2.10.2012 [cit. 24.12.2011].
Dostupné z: <<http://www.en.wikipedia.org/wiki/PandaBoard>>.
- [12] BeagleBoard. *In Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundations, last modified on 2.10.2012.
Dostupné z: <<http://www.en.wikipedia.org/wiki/BeagleBoard>>.
- [13] BBxMSRM_latest.pdf. *Beagleboard* [online].
Dostupné z: <http://www.beagleboard.org/static/BBxMSRM_latest.pdf>.

- [14] OmapDesktopInstall. *Ubuntu wiki* [online]. 26.4.2012.
Dostupné z: <<http://www.wiki.ubuntu.com/ARM/OmapDesktopInstall>>.
- [15] BOUREK, Jirka. *Videobuf: Správa bufferů pro ovladače V4L2* [online]. 21.12.2009.
Dostupné z: <<http://www.abclinuxu.cz/clanky/programovani/videobuf-sprava-bufferu-pro-ovladace-v4l2>>.
- [16] GStreamer. In *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundations, last modified on 26.9.2012.
Dostupné z: <<http://www.cs.wikipedia.org/wiki/GStreamer>>.
- [17] Documentation:Linux/GPIO. *AVRfreaks Wiki* [online]. 6.7.2009.
Dostupné z: <http://www.avrfreaks.net/wiki/index.php/Documentation:Linux/GPIO#Getting_access_to_a_GPIO>.
- [18] ROVE, Anthony. *CMUcam3* [online]. 5.2.2012.
Dostupné z: <<http://www.cmucam.org/documents/1>>.
- [19] Package: lpc21isp (1.8.3-2). *Debian* [online].
Dostupné z: <<http://www.packages.debian.org/sid/armhf/lpc21isp/download>>.
- [20] CMUcam3. *CMUcam* [online]. 2.6.2012.
Dostupné z: <<http://www.cmucam.org/projects/cmucam3/wiki>>.
- [21] Ultrasonic Rangers. *Robot Electronics* [online].
Dostupné z: <http://www.robot-electronics.co.uk/acatalog/Ultrasonic_Rangers.html>.

Seznam obrázků

Obr. 1 - Logo firmy Texas Instruments. [1]	10
Obr. 2 - První jednodeskový počítač "Dyna-mikro". [4]	11
Obr. 3 - Intel C 8080 mikroprocesor. [4]	12
Obr. 4- Standardní základní deska dnešních PC. [6]	12
Obr. 5- Standardní SBC se sloty. [4]	13
Obr. 6- SBC bez podpory plug-in. [7]	13
Obr. 7- SBC Raspberry PI model B Rev 2.0. [8]	14
Obr. 8- Rozhraní jednodeskového systému Raspberry. [8]	15
Obr. 9- Jednodeskový počítač CubieBoard. [9]	15
Obr. 10- Jednodeskový počítač PandaBoard. [10]	16
Obr. 11- Umístění multifunkčních rozhraní systému PandaBoard. [10]	17
Obr. 12 - Pohled na svrchní stranu desky Biscuit SBC. [5]	17
Obr. 13 - Blokové schéma 3.5 Biscuit SBC firmy Acrosser. [5]	18
Obr. 14 - Příklad často používaného BIOS Phoenix Award [5]	18
Obr. 15 - 3.5 Biscuit SBC AR-B1651. [5]	19
Obr. 16 - Schéma zapojení rozhraní 3.5 Biscuit AR-B1651. [5]	20
Obr. 17 - 3.5 Biscuit SBC AR-B1650. [5]	20
Obr. 18 - Rozšiřující konektory EXT1 – EXT4. [5]	21
Obr. 19 - Příklad obvyklých periférií, portů a komponent na desce 5.25 EBX SBC. [5]	22
Obr. 20 - AR-B1760 SBC. [5]	22
Obr. 21 - Obvodové schéma AR-B1760 SBC. [5]	23
Obr. 22 - Popis obvodového schéma AR-B1760 SBC. [5]	23
Obr. 23 - EPIC SBC. [5]	24
Obr. 24 - EPIC AR-B1831 SBC. [5]	25
Obr. 25 - Uspořádání komponent a portů na horní a spodní straně desky SBC AR-B1831. [5]	26
Obr. 26 – PC/104 SBC. [5]	26
Obr. 27 – PC/104 SBC AR-B1622. [5]	27
Obr. 28 – Rozmístění jednotlivých prvků na desce PC/104 SBC AR-B1622. [5]	27
Obr. 29 – PC/104 SBC AR-B9612. [5]	28
Obr. 30 – Embedded ATX. [5]	29
Obr. 31 – Obvodové schéma Mini ITX. [5]	30
Obr. 32 – Embedded SBC AR-B1891. [5]	30
Obr. 33 – blokové schéma LPX počítače AR-B1891. [5]	31

Obr. 34 – Vlevo systém Beagleboard, vpravo systém Beagleboard xM. [13]	32
Obr. 35 – Systém Beagleboard xM Rev.C. [13]	34
Obr. 36 – Indikátory zařízení	34
Obr. 37 – Manuální ovládání	35
Obr. 38 – Blokové schéma systému. [13]	35
Obr. 39 – Řídící prvky systému. [13]	36
Obr. 40 – Multifunkční rozhraní SBC Beagleboard Xm...	39
Obr. 41 – Příkaz přenosu dat na médium. [14]	41
Obr. 42 – Nastavování operačního systému	41
Obr. 43 – Instalace kompilátoru a utility git	42
Obr. 44 – Instalace balíčku	42
Obr. 45 – Stažení jádra...	42
Obr. 46 – Základní soubory linuxového jádra	42
Obr. 47 – Přesun do větve	42
Obr. 48 – Přejmenování souboru	42
Obr. 49 – Editace kompilátoru a zdrojové složky jádra	43
Obr. 50 – Editace kompilátoru a zdrojové složky jádra	43
Obr. 51 – Konfigurace jádra	44
Obr. 52 – Editace cílového zařízení a počáteční adresy zápisu	44
Obr. 53 – Skript pro zápis nového jádra na cílové zařízení	44
Obr. 54 – Nové jádro systému	45
Obr. 55 – Instalace video ovladače	45
Obr. 56 – Použitá web-kamera	45
Obr. 57 – Spouštěcí utilita a výsledný obraz	46
Obr. 58 – GPIO, spodní pohled. [13]	46
Obr. 59 – Umístění pinů. [13]	47
Obr. 60 – Zapojení LED diody	48
Obr. 61 – Modul CMUcam3. [18]	48
Obr. 62 – Sestava prvků pro realizaci	49
Obr. 63 – Přenos .hex souboru	49
Obr. 64 – Komunikace s modulem	50
Obr. 65 – Ultrazvukový snímač SRF08. [21]	50
Obr. 66 – Sestava prvků	50
Obr. 67 – Umístění I2C vstupních pinů. [13]	51
Obr. 68 – Instalace ovladače I2C	51
Obr. 69 – Adresa SRF08	51

Obr. 70 – Nastavení registrů a rozsahu měření	51
Obr. 71 – Výsledná hodnota	52

Seznam tabulek

Tab. 1 – Hardwarové rozdíly mezi Beagleboard a Beagleboard-xM. [13].....	33
Tab. 2 – Změny u jednotlivých verzí systému Beagleboard-xM. [13].....	33
Tab. 3 – Označení jednotlivých pinů. [13].....	47
Tab. 4 – Příkazy ovládání portu.....	47

