

EGA13: postavte si minipočítač s Linuxem

Ing. Ivo Stražil

Před zhruba třiceti lety vycházely i na stránkách AR, návody na domácí stavbu počítačů z integrovaných obvodů a diskretních součástek. Postupem let se jako základní prvky v běžné průmyslové i amatérské elektronice etablovaly mikrokontroléry s výrazně omezeným výkonem, slučující celý mikroprocesor i paměťové subsystémy počítače do jednoho pouzdra. Naopak z počítačů typu PC vyrostly složité systémy, skládající se z desítek čipů vysoké integrace. Teprve nástup „chytrých“ mobilních zařízení přinesl výraznější rozvoj kategorie minipočítačů, tedy zařízení nižší výkonové kategorie, která jsou schopna provozovat plnohodnotný operační systém (typicky Linux nebo Android) s grafickým uživatelským rozhraním a pracovat jako malý domácí server či výkonná průmyslová řídicí nebo vizualizační jednotka.

V tomto článku si popíšeme konstrukci jednoduchého minipočítače, který se výkonem podobá známému Raspberry Pi. Minipočítač EGA13 je založen na mikroprocesoru Allwinner A13, používaném v levnějších tabletech, a vychází z open hardware minipočítače Olinuxino A13.

EGA13 je konstruován jako vestavný modul pro vložení do základní desky. K minipočítači je k dispozici instalace (image) OS Linux s možností provozu aplikací v grafickém rozhraní Qt.

Technické parametry

Napájení: 5 V.
Spotřeba: < 2,5 W.
Taktovací frekvence: 1 GHz (960 MHz).
Velikost RAM: 256 MB, DDR3.
Rozměry: 77,8 x 61,8 x 18,0 mm.
Hmotnost: 45 g.
Provozní teplota: 0 až 50 °C bez chladiče a ventilátoru.

Použitý mikroprocesor A13 je produktem čínského výrobce Allwinner Technology. Firma v roce 2011 za-

koupila licenci jader ARM a spustila výrobu jednojádrových mikroprocesorů řad A10 a A13, postavených na jádru ARM Cortex-A8. Procesory se používají - kromě tabletů - rovněž také v multimediálních přehrávačích a „PC-stick“ zařízeních.

Vývojovým následníkem mikroprocesorů A13 jsou dvoujádrové rodiny A2x s jádry Cortex-A7 a obdobné čtyřjádrové součástky řady A3x. V současné době vstupuje do distribuce osmijádrová rodina A80.

Allwinner A13

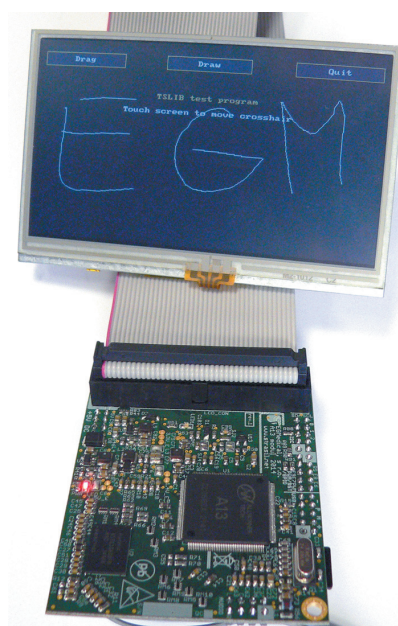
Podívejme se nyní podrobněji na použitý mikroprocesor (obr. 1). Na čipu najdeme jádro Cortex-A8 s 32/128 kB cache taktované až na 1 GHz, řadič paměti DDR3 do 512 MB, řadiče NAND Flash a SD karty, grafický akcelerátor Mali 400, hardwarovou podporu přehrávání a enkódování videa v rozlišení Full HD a řadu rozhraní, typických spíše pro mikrokontroléry (tři rozhraní I²C, dva sériové porty, jeden USB Host port a jeden port USB OTG). Zamrzí absence HDMI výstupu a rozhraní Ethernet, které je však možné připojit pomocí převodníku USB - Ethernet (např. obvod Microchip LAN9512) nebo nahradit na USB připojenou Wi-Fi klíčenkou.

Velmi zajímavým rysem pro kusovou výrobu je použité pouzdro LQFP176 s roztečí vývodů 0,4 mm: naprostá většina mikroprocesorů v této kategorii se vyrábí v pouzdech BGA.

Popis zapojení

Jak je z předchozího popisu zřejmé, mikroprocesor A13 v sobě integruje většinu prvků, potřebných pro

VYBRALI JSME NA
OBÁLKU

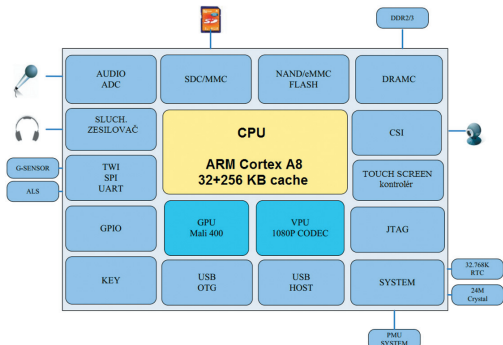


běh systému. Externě musíme připojit - kromě periférií - zejména operační paměť RAM a úložiště: slot pro microSD kartu. Paměťovou kartu o velikost 2 až 32 GB systém využije jako bootovací zařízení i pro ukládání dat; Flash paměť ve formě integrovaného obvodu nebudeme používat.

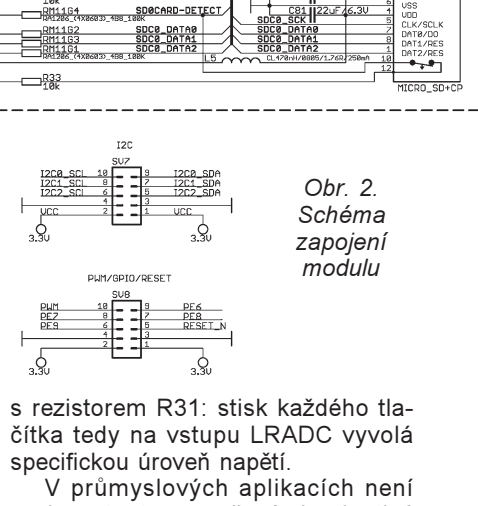
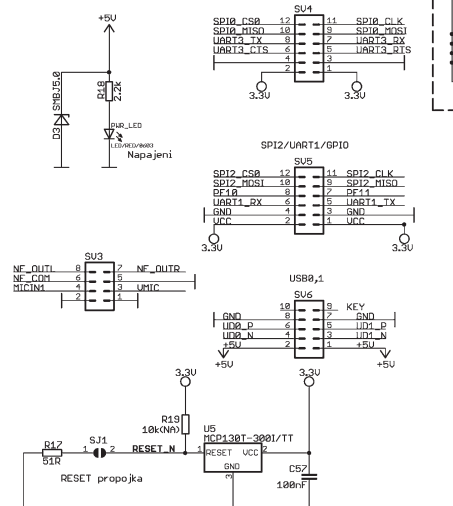
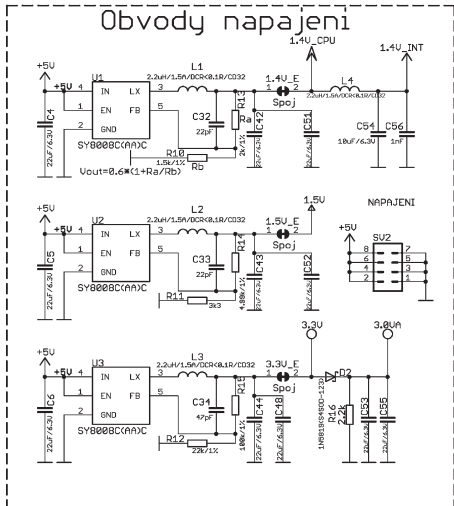
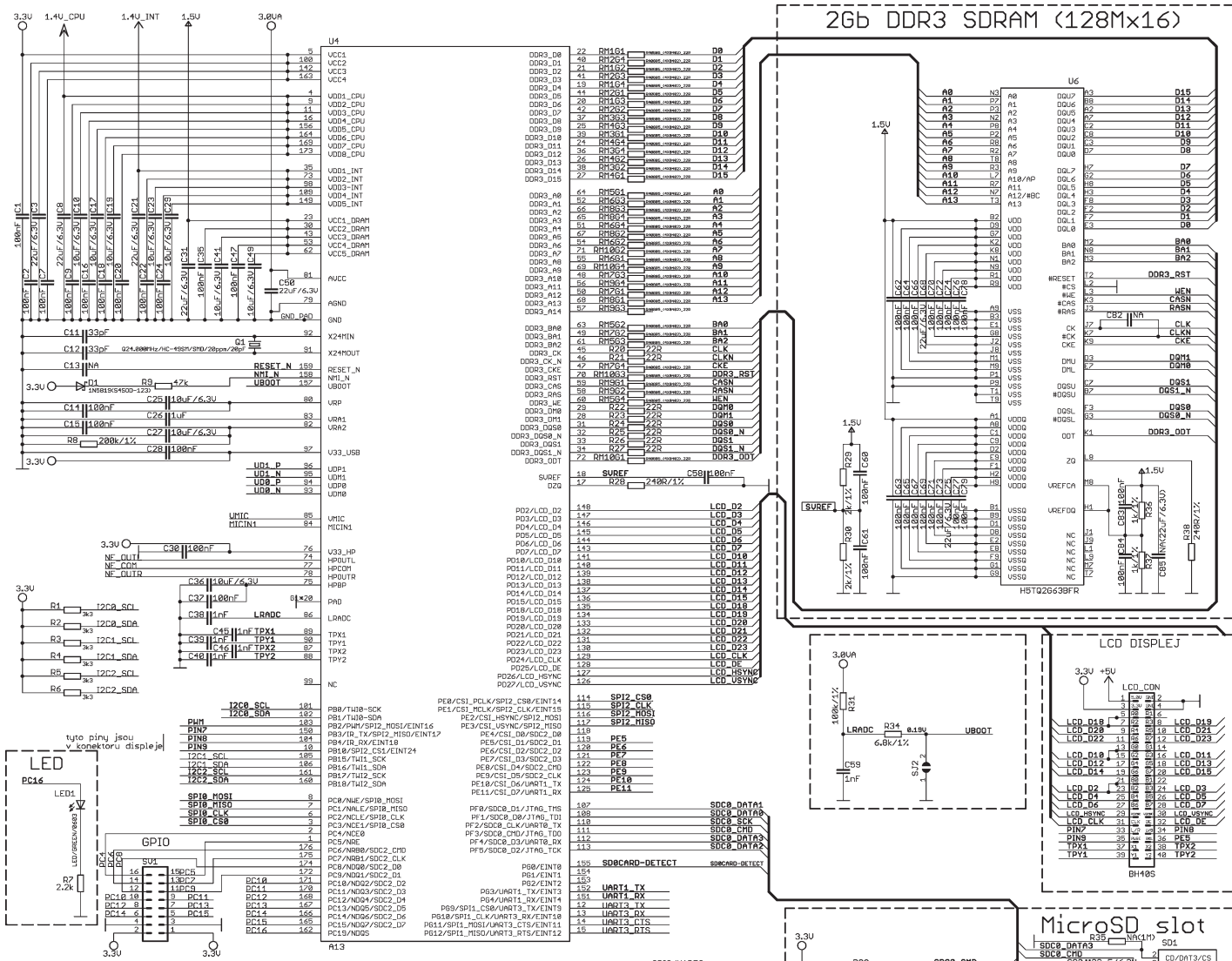
Podívejme se na schéma zapojení minipočítače na obr. 2. Napájecí napětí 5 V je přivedeno ze základní desky paralelně spojenými kolíky konektoru SV2. Synchronní „step-down“ měniče U1, U2 a U3 vytváří všechna potřebná napětí pro provoz zařízení: 1,4 V pro napájení jádra a řadičů A13 (U4; vodiči 1.4V_CPU a 1.4V_INT), 1,5 V pro napájení paměti RAM (U6) a jejího řadiče v U4 a 3,3 V pro napájení ostatních vstupů a výstupů U4. Z větve 3,3 V je pomocí diody D2 odvozeno napětí 3,0 V pro analogovou část U4.

Mikroprocesor U4 je taktován krystalem 24 MHz (Q1), jehož frekvence je vnitřním proměnlivým násobičem násobena podle zatížení systému až do max. provozní frekvence 960 MHz. Integrovaný obvod „brown-out reset“ U5 (MCP130) zajišťuje spolehlivý náběh mikroprocesoru po připojení napájecího napětí a případný korektní restart při podpětí ve větvi 3,3 V.

Logická úroveň na vývodu UBOOT po restartu či prvotním náběhu U4 rozhoduje o bootovacím režimu mikrokontroléru. Je-li na něm logická jednička, pevně předprogramovaný jednoduchý zavaděč v malé interní ROM U4 se snaží načíst další zavaděč z paměťové karty nebo paměti



Obr. 1. Hlavní funkční bloky mikroprocesoru A13



Obr. 2. Schéma zapojení modulu

NAND Flash (kterou nepoužíváme). Selže-li načítání, nebo je-li na vývodu UBOOT logická nula, je spuštěn tzv. FEL režim: mikroprocesor aktivuje svůj USB OTG port v režimu zařízení, očekává připojení k počítači a nahrání „image“ systému z počítače do Flash či na paměťovou kartu.

Za normálních okolností tedy ponecháme rozpojenou propojku U2, čímž uvedeme vývod UBOOT do log. 1. Spojením propojky při startu vyvoláme přechod do FEL režimu a můžeme pomocí programu PhoenixSuit [2]

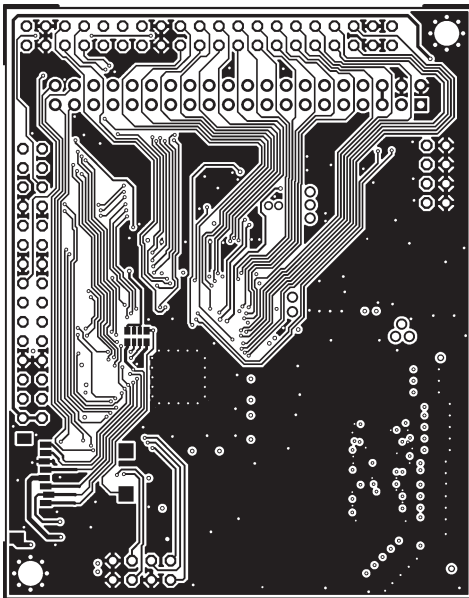
nahrát „image“ na kartu. V reálném nasazení je ovšem obvyklé „image“ na kartu nahrávat přes čtečku v PC, je to rychlejší a spolehlivější.

Druhou funkcí propojky U2 je funkce hardwarového tlačítka zejména při ladění aplikací pro OS Android. U4 podporuje připojení typicky čtyř až osmi tlačítek spínajících vůči mezi k analogovému vstupu LRADC (šestibitový „Low-resolution“ A/D Converter). Každé tlačítko je opatřeno sériovým rezistorem rozdílné hodnoty, který při stisku tlačítka vytváří dělič

s rezistorem R31: stisk každého tlačítka tedy na vstupu LRADC vyvolá specifickou úroveň napětí.

V průmyslových aplikacích není zvykem tento na rušení choulostivý způsob připojení ovládacích prvků používat, ale alespoň pro prvotní testy s OS Android je zapojením rezistoru R34 do děliče s R31 a nastavením v „image“ systému zajištěno, že spojení propojky U2 za běhu systému bude vyhodnoceno jako stisk hardwarového tlačítka napájení zařízení, tedy typicky pokyn pro probuzení nebo vypnutí systému.

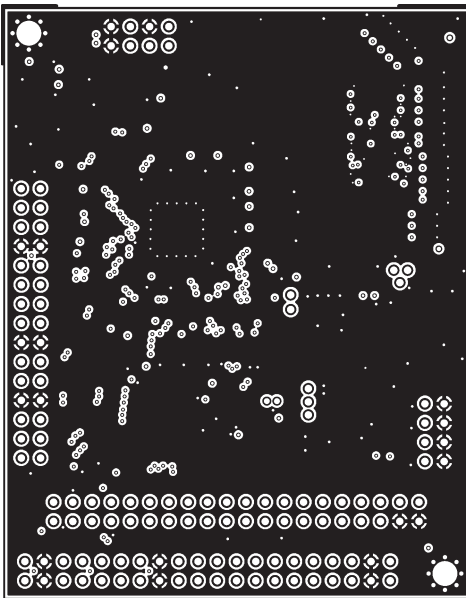
Mikroprocesor disponuje dvojicí USB portů. Port USB 1 je typu Host, tedy umožňuje připojení zařízení (USB Device), například klávesnice, myši,



Obr. 3. Deska s plošnými spoji, strana spojů (vrstva 1)

USB flash disku, USB GSM modemu atd. Port USB 0 je typu OTG („on-the-go“), umožňuje tedy práci jak v režimu Host, tak v režimu Device, kdy port připojujeme k počítači. V reálných podmínkách použijeme režim „Device“ pravděpodobně jen ve FEL režimu. USB porty jsou vyvedeny na konektoru SV6. Pokud budeme připojovat k USB portům externí zařízení, je vhodné na základní desku doplnit přepětovou ochranu USB portu (např. NXP PRTR5V0U2X) a pojistku ve výstupu napájení 5 V portu.

U4 je vybaven vnitřním 24bitovým audiokodekem, pracujícím se vzorkovací frekvencí až 192 kHz. Stereofonní sluchátkový výstup na vývodech HPOUTL a HPOUTR, vstup pro elektretový mikrofon MICIN1 a výstup pro napájení mikrofonu VMIC jsou vyvedeny na konektoru SV3. Mikroproce-

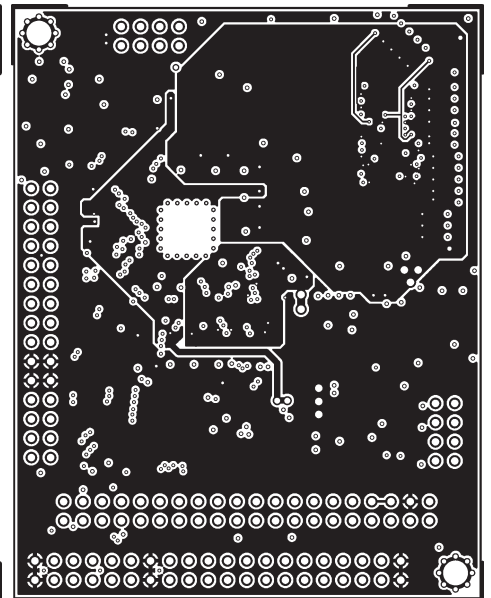


Obr. 4. Deska s plošnými spoji, vrstva 2

sor podporuje „capless“ zapojení sluchátek bez vazebních kondenzátorů, přímo mezi vývody HPOUTL/HPOUTR a společný vývod HPCOM.

Radič grafiky integrovaný v U4 je vybaven tzv. RGB výstupem, vhodným pro TFT LCD panely bez řadiče s vnitřní pamětí. Tyto panely přijímají logické signály vertikální a horizontální synchronizace (LCD_HSYNC a LCD_VSYNC, případně sdružený signál LCD_DE), paralelní data RGB barvy pro každý pixel modré, červené a zelené barvy v šestibitovém rozlišení (vodiče LCD_D2 až LCD_D23; číslování vodičů odpovídá osmi bitům na každou barvu s tím, že nejnižší dva bity každé barvy nejsou použity) a hodinový signál sběrnice LCD_CLK.

Signály pro LCD jsou vyvedeny na 40vývodový konektor (LCD_CON). Zapojení konektoru je kompatibilní



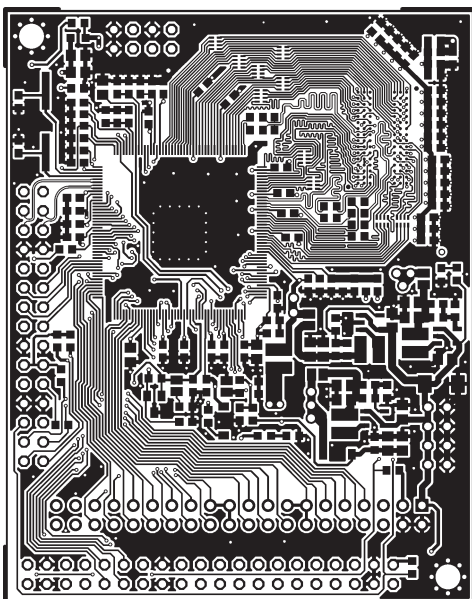
Obr. 5. Deska s plošnými spoji, vrstva 3

s LCD displeji Olimex A13-LCD7(-TS) a A13-LCD43TS.

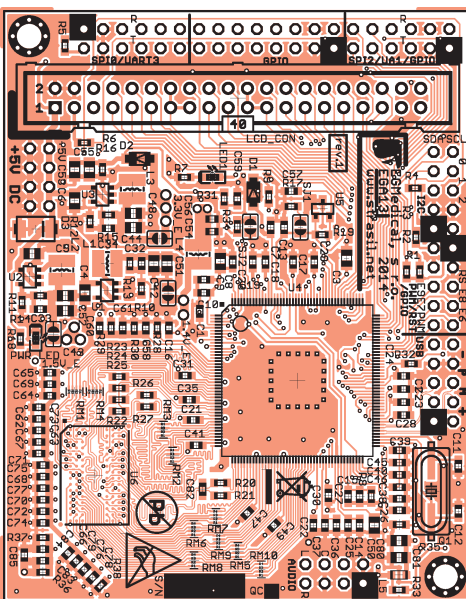
Na konektoru pro LCD je dále několik volně použitelných GPIO vývodů A13, typicky pro ovládání podsvícení displeje, a vstupní signály kontroléru rezistivního dotykového displeje (TPX1 až TPY2).

Kartu typu microSD vkládáme do slotu SD1. Napájení karty 3,3 V je odděleno a filtrováno členem L5 a C80/81. U4 komunikuje s kartou ve 4bitovém režimu, tedy nejrychlejším možným způsobem.

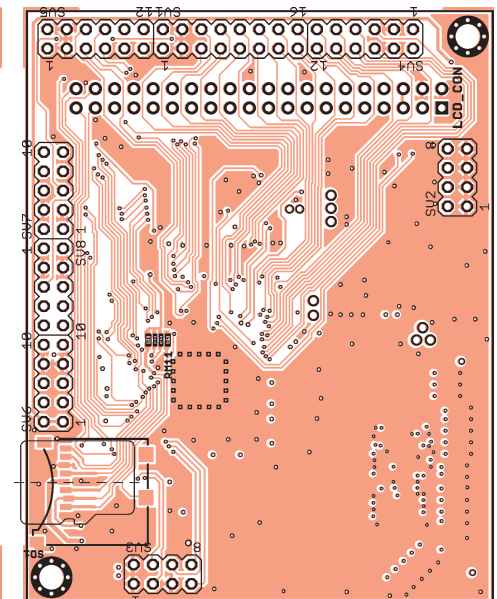
Paměť RAM typu H5TQ2G63BFR (U6) odpovídá standardu DDR3. Obvod je vybaven šestnáctibitovou datovou sběrnicí, diferenciálními vstupy pro hodiny (CK) a strobovaný dat (DQS). Součástí obvodu jsou rovněž zakončovací rezistory (ODT - On Die Termination), které ve spolupráci



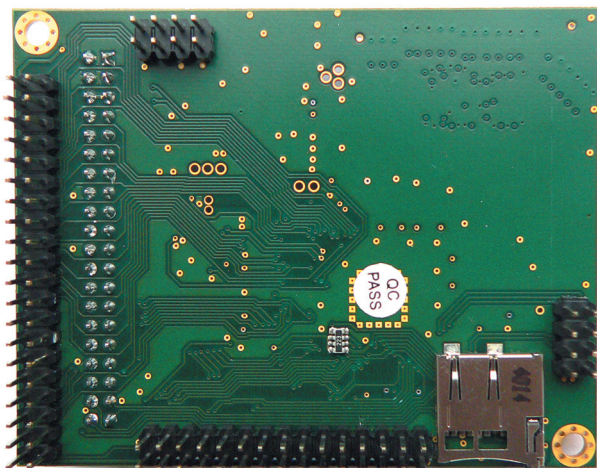
Obr. 6. Deska s plošnými spoji, strana součástek (vrstva 4)



Obr. 7. Rozmístění součástek (strana spojů)



Obr. 8. Rozmístění součástek (strana součástek)



Obr. 9. Strana spojů osazené desky

s interními zakončovacími rezistory v U4 a odporovými sítěmi RM1 až RM10 eliminují odrazy a zákmity na sběrnici a zaručují signálovou integritu na sběrnici, která pracuje s frekvencí hodin 380 MHz.

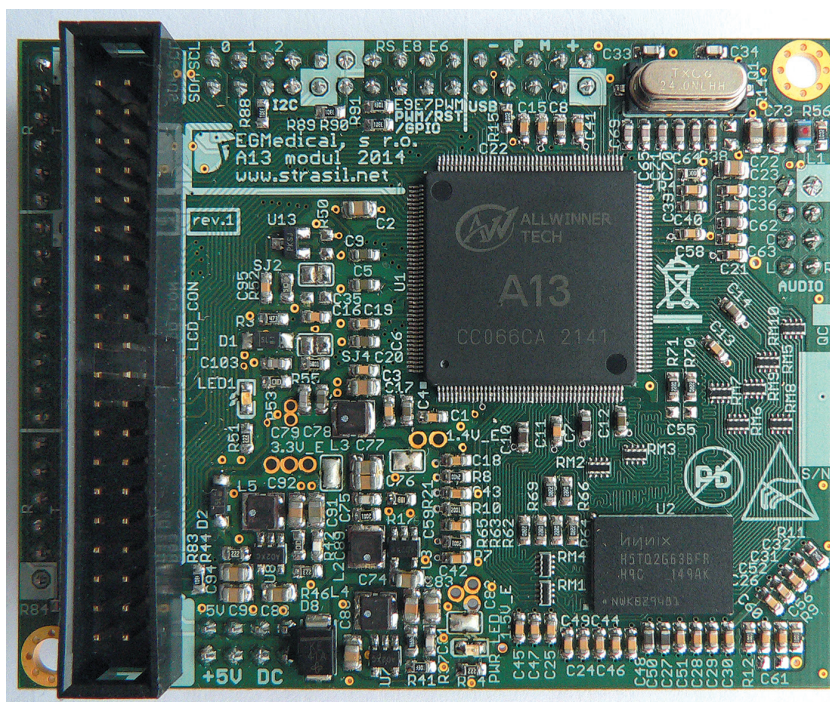
Zbýlé vývody mikroprocesoru A13 jsou vyvedeny na lišty SV1, SV4, SV5, SV7 a SV8. Základní desce jsou tak celkem k dispozici tři I²C rozhraní, dva sériové porty, výstup napájení 3,3 V, resetovací vstup, dvě rozhraní SPI, jeden PWM výstup a celkem 12 GPIO vstupně-výstupních vývodů.

Kompletní popis všech vývodů lišt je uveden na www stránce autora.

Konstrukce

Všechny součástky modulu jsou umístěny na jedné čtyřvrstvé, oboustranně osazené desce s plošnými spoji v konstrukční třídě 7 (šířka spoje 0,15 mm) s potiskem strany sou-

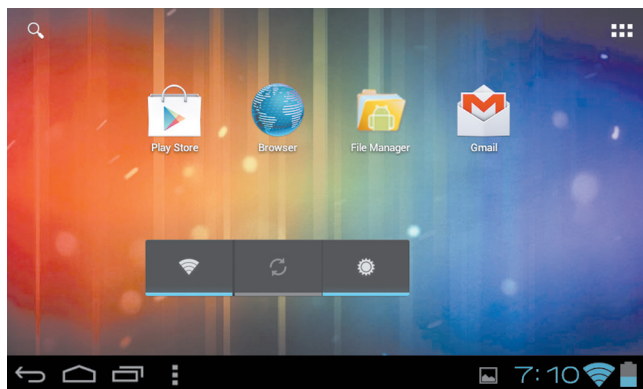
Obr. 11. Osazená deska



částek a nepájivou maskou (obr. 3 až 8). Na straně součástek desky jsou osazeny všechny součástky s výjimkou odporové sítě RM11, objímky microSD karty SD1 a kolíkových lišt SV1 až SV8, kterými modul připojujeme do základové desky. Deska je opatřena v rozích dvojicí otvorů pro dodatečné upevnění k základní desce plastovými samosvornými sloupky nebo šrouby M3, což je důležité zejména v aplikacích zatížených vibracemi.

Návrh desky je podřízen požadavkům použitých vysokorychlostních rozhraní: za zmínku stojí zejména kompenzace délek datových, adresových a řídicích vodičů mezi U4 a U6 meandry či vedení USB sběrnic diferenciálními páry.

Díky použití čtyřvrstvé desky bylo možné použít jednu z vnitřních vrstev pro celistvou zemní plochu a druhou vnitřní vrstvu pro rozvod napájení, rovněž ve formě téměř nedělených ploch mědi. Mezi plochami obou vrstev současně vznikají rozprostřené



Obr. 10. Snímek výchozí obrazovky v OS Android 4.0

kondenzátory sice o malé kapacitě, ale s vynikajícími vř vlastnostmi. Tyto kondenzátory společně s desítkami blokovacích kondenzátorů na všech napěťových úrovních zajišťují spolehlivý běh zařízení a minimalizaci vyzařovaného rušení.

Osazení a oživení

Osazení desky je při pečlivé práci bezproblémové strojně i ručně. Použitou paměť v pouzdře BGA je možné s použitím dostatku tavidla zapájet i domácími prostředky (horkovzdušnou páječkou nebo hůře pistolí), v lepším případě použijeme „reflow“ pec nebo automatizovanou pájecí stanici pro BGA, kterou jsou vybaveny i lepší servery mobilních telefonů.

Oživit můžeme nejprve samostatný napájecí zdroj: rozpojíme propojky 1.4V_E, 1.5V_E a 3.3V_E, připojíme napájecí napětí 5 V, ověříme výstupní napětí měničů a propojky spojíme. Poté můžeme vložit paměťovou kartu s „image“ OS Linux a na sériovém portu 1 sledujeme sériovým terminálem s nastavenou rychlostí 115200 b/s náběh systému (viz Obr. 12), končící výzvou pro přihlášení do OS Linux.

Pokud vše pracuje korektně, můžeme připojit převodník některý USB-Ethernet převodník postavený na IO USB9512 a dále pracovat s OS Linux nebo nakonfigurovat a připojit LCD displej, „touchscreen“ a spustit „image“ OS Android, kdy se dočkáme plně funkčního systému s grafickým uživatelským rozhraním (obr. 9).

Seznam součástek

R1 až R6, R11	3,3 kΩ, SMD 0603
R7, R16, R18	2,2 kΩ, SMD 0603
R8	200 kΩ/1 %, SMD 0603
R9	47 kΩ, SMD 0603
R10	1,5 kΩ/1 %, SMD 0603
R12	22 kΩ/1 %, SMD 0603
R13,	
R29, R30	2 kΩ/1 %, SMD 0603
R14	4,99 kΩ/1 %, SMD 0603
R15, R31	100 kΩ/1 %, SMD 0603
R17	51 Ω, SMD 0603
R20 až R27	22 Ω, SMD 0603
R28, R38	240 Ω/1 %, SMD 0603
R32, R33	10 kΩ, SMD 0603

R34 6,8 kΩ/1 %, SMD 0603
 R36, R37 1 kΩ/1 %, SMD 0603
 RM1 až RM10 R síť SMD
 4X0402 22 Ω, SMD 4x0402
 RM11 R síť SMD
 4X0603 100 kΩ, SMD 4x0603
 C1, C2, C7, C9,
 C14 až C16,
 C18, C20, C22,
 C24, C28, C30,
 C35, C37, C47,
 C57, C58,
 C60 až C67,
 C69 až C74,
 C83, C84 100 nF, X7R SMD 0603
 C3 až C6, C8,
 C21, C31,
 C42 až C44, C48,
 C50 až C53, C55,
 C68, C75, C80,
 C81 22 μF/6,3 V, X5R SMD 0805
 C10, C17, C19,
 C23, C25, C27,
 C29, C36, C41,
 C49,
 C54 10 μF/6,3 V X5R SMD 0603
 C11, C12 33 pF, X7R SMD 0603
 C26 10 μF/16 V, X5R SMD 0603
 C32, C33 22 pF, X7R SMD 0603
 C34 47 pF, X7R SMD 0603
 C38 až C40,
 C45, C46,
 C56, C59 1 nF, X7R SMD 0603
 U1 až U3 SY8008C
 U4 A13
 U6 H5TQ2G63BFR
 U5 MCP130T-300I/TT
 D1, D2 1N5819 (SOD-123)
 D3 SMBJ5.0 (DO214-AA)
 L1 až L4 2,2 μH, SMD DCR

L5 470 nH, SMD 0805
 LCD_CON MLW40
 LED1,
 PWR_LED SMD 0603, libovolná
 Q1 24 MHz, HC-49SM
 SV1 až SV8 kolíčkové lišty dvouřadé
 RM 2,54 mm
 SD1 MicroSD slot

Závěr

Popisovaný minipočítač je provozován v několika reálných aplikacích od jara roku 2014. Výkon minipočítače stačí bez problémů pro komunikační protokoly HTTP a HTTPS, obsluhu USB modemu, animace na 7palcovém LCD, přehrávání zvuků a další typické prvky moderních aplikací v řídicích a multimediálních systémech.

K systémům založeným na mikroprocesorech Allwinner je k dispozici poměrně bohatá komunitou vytvořená dokumentace a softwarová podpora - doporučuji projít webové stránky [2] a případně i návody pro rozšířené minipočítače Cubieboard (na webu nebo např. [3]), které mají s popisovaným zařízením většinu rysů společných.

Pokud máte jakékoliv náměty, dotazy nebo připomínky, kontaktujte autora: vyvojari@strasil.net.

Podklady pro výrobu DPS, „image“ OS Linux a další dokumenty jsou dostupné na stránkách <http://www.strasil.net/pe>.

Podklady pro DPS jsou také na www.aradio.cz.

```
U-Boot 2013.04 (Apr 29 2014 - 15:28:42) Allwinner Technology
CPU: SUNXI Family
Board: A13-OLinuXinoM
I2C: ready
DRAM: 256 MiB
MMC: In: serial
Out: serial
Err: serial
Hit any key to stop autoboot: 0
** No boot file defined **
(...)
## Booting kernel from Legacy Image at 48000000 ...
Image Name: Linux-3.4.79
Image Type: ARM Linux Kernel Image (uncompressed)
Data Size: 4399984 Bytes = 4.2 MiB
Load Address: 40008000
Entry Point: 40008000
Verifying Checksum ... OK
Loading Kernel Image ... OK
OK
Starting kernel ...
[ 0.000000] Booting Linux on physical CPU 0
[ 0.000000] Initializing cgroup subsys cpuset
```

Obr. 12. Výpis počátku náběhu systému

Literatura

[1] Allwinner Technology [online]. [cit. 2014-9-12]. Dostupné ze stránek: <http://www.allwinnertech.com>.

[2] Linux-Sunxi [online]. [cit. 2014-9-12]. Dostupné ze stránek: <https://linux-sunxi.org>.

[3] Schinagl, O.: Getting Started with Cubieboard. Packt Publishing, 2014. ISBN 978-1783281572.