

avans
hogeschool

**Academie voor Industrie & Informatica
Major Embedded Systems – blok 4**

Thijs van Vliet

Projecthandleiding MP3-speler

Context

Het zal bij iedereen bekend zijn dat je op een computer MP3-bestanden kunt afspelen. Een MP3-bestand bevat audio-data die op een slimme manier is gecodeerd, zodat het bestand weinig ruimte inneemt op een harddisk. Als je op een computer een MP3-bestand afspeelt, zal de processor het bestand inlezen vanaf de disk, de audio-data decoderen, en vervolgens naar een audio-interface sturen.

Een processor is relatief veel tijd kwijt met het decoderen van de audio-data. In draagbare MP3-spelers wordt daarom vaak een MP3-decoder-chip gebruikt. De processor wordt dan alleen gebruikt om de user-interface te besturen, en om de rauwe MP3-data naar de decoder te sturen. De decoder-chip decodeert de data en stuurt deze naar de audio-interface. Een draagbare MP3-speler heeft hierdoor voldoende aan een eenvoudige, en dus goedkope, processor.

Het project

Bij dit project wordt een MP3-speler gemaakt. Een deel van de hardware is beschikbaar, in de vorm van een baseboard met daarop een klein computersysteem en een MP3-decoderchip. Het is de bedoeling om een user-interface (druknoppen, draaiknop, LCD-scherm, luidspreker, VU-meter, etc) te bouwen, die kan worden aangesloten op het baseboard. Daarnaast moet de software geschreven worden, zodat de user interface gebruikt kan worden, en MP3-bestanden afgespeeld kunnen worden. Verder is het de bedoeling dat MP3-data via een netwerkverbinding naar de MP3-speler verstuurd kan worden.

Wees voorzichtig met de apparatuur. Pak printplaten alleen bij de zijkanten vast.

Het is niet toegestaan om:

- **Op het MP3-baseboard te schrijven**
- **Op het MP3-baseboard te solderen**
- **Het MP3-baseboard te 'repareren'**
- **Het password van root te veranderen**
- **Onderdelen van het MP3-baseboard te verwisselen**
- **Apparatuur van school mee naar huis te nemen**
- **Kortsluiting te veroorzaken (via de I/O-connector of op een andere manier)**

Als er iets defect raakt, vraag dan hulp bij een docent.

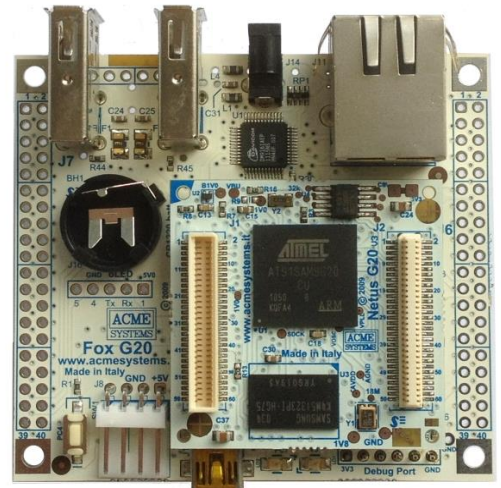
FoxG20-board

Het hart van de MP3-speler bestaat uit een *FoxG20-board*. Dit is een computersysteem waarop het operating system Linux draait. Het systeem is opgebouwd rond een Atmel ARM9-processor die op een klokfrequentie van 400MHz draait. De Linux-distro is Debian 6.0 (Squeeze).



Via een *Debug Port Interface* kan het board worden aangesloten op een PC of een laptop.

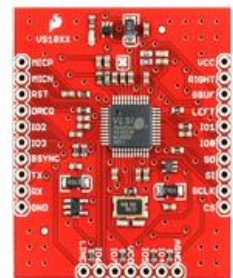
Zie: <http://www.acmesystems.it/FOXG20>



MP3-decoder

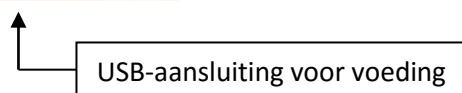
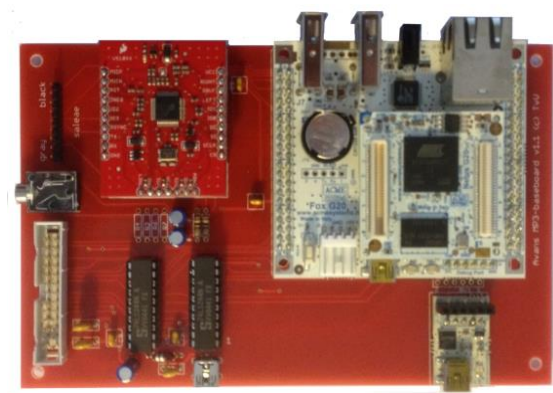
De MP3-decoder is een *VS1033*, en gemonteerd op een zogenaamd breakout-board. Via een seriële verbinding kan MP3-data naar de chip worden verstuurd, die deze zal decoderen en er een analogo signaal van zal maken, waarmee bijvoorbeeld een koptelefoon kan worden aangestuurd.

Zie: <http://www.sparkfun.com/products/10608>



MP3-baseboard

Het MP3-baseboard is een printplaat waarop het FoxG20-board en de MP3-decoder zijn gemonteerd. Er is een header beschikbaar waarop een aantal digitale I/O-lijnen van het Fox-board zijn uitgevoerd. Hier kan de user-interface op worden aangesloten. Ook is het analoge uitgangssignaal van de MP3-decoder hier op uitgevoerd. Hiermee kan een versterker en een VU-meter worden aangestuurd.



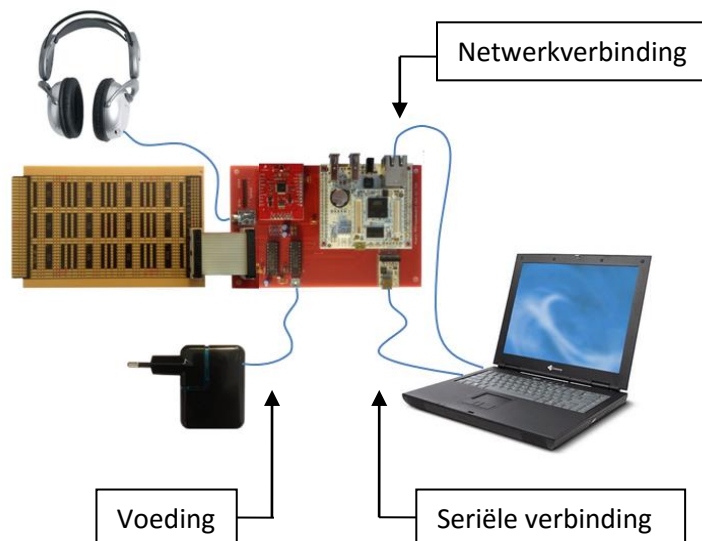
Overzicht

Om met het MP3-baseboard te kunnen werken, moet eerst de voeding worden aangesloten. Deze kan op een PC, laptop, of op de bijgeleverde adapter worden aangesloten.

Om met het FoxG20-board te kunnen werken moet een seriële verbinding worden gemaakt met PC of laptop.

Als je een laptop hebt, is het handiger om een netwerkverbinding te maken. Afhankelijk van de instellingen op je laptop moet je misschien eenmalig via de seriële verbinding contact maken om een en ander in te stellen. Daarna heb je alleen de netwerkverbinding nodig.

Om MP3's af te spelen heb je verder alleen een koptelefoon nodig. De hardware user-interface kan op gaatjesprint gemaakt worden, die op de I/O-connector van het baseboard wordt aangesloten.



IOCONN					
GND	1		2	GND	
OUTR	3		4	OUTL	
NC	5		6	NC	
PB31	7		8	PB30	
PB21	9		10	PB20	
PB17	11		12	PB16	
PA28	13		14	PA27	
PA26	15		16	PA25	
PA22	17		18	PA11	
PA10	19		20	PA9	
PA7	21		22	PA6	
3V3	23		24	3V3	
5V	25		26	5V	

I/O-connector

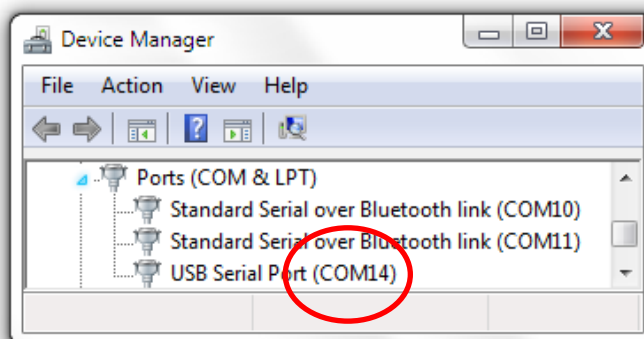
De I/O-connector is een 26-pins header op het MP3-baseboard. Er zijn ground- en voedingsaansluitingen (zowel 3V3 als 5V). De voedingen kunnen niet meer dan 200mA leveren. De digitale signalen (PAXx en PBxx, allemaal TTL) zijn via buffer-IC's op het FoxG20-board aangesloten. De OUTL en OUTR-lijnen zijn de analoge uitgangssignalen van de MP3-decoder.

Er is op het baseboard een USB-aansluiting voor voeding aanwezig. Verder zijn buffers gemonteerd (74LS244) voor de in- en uit-gangen van de I/O-connector. Deze buffers zijn bedoeld om het FoxG20-board te beschermen tegen kortsluitingen. Ook is er een aansluiting voor een Saleae logic analyser.

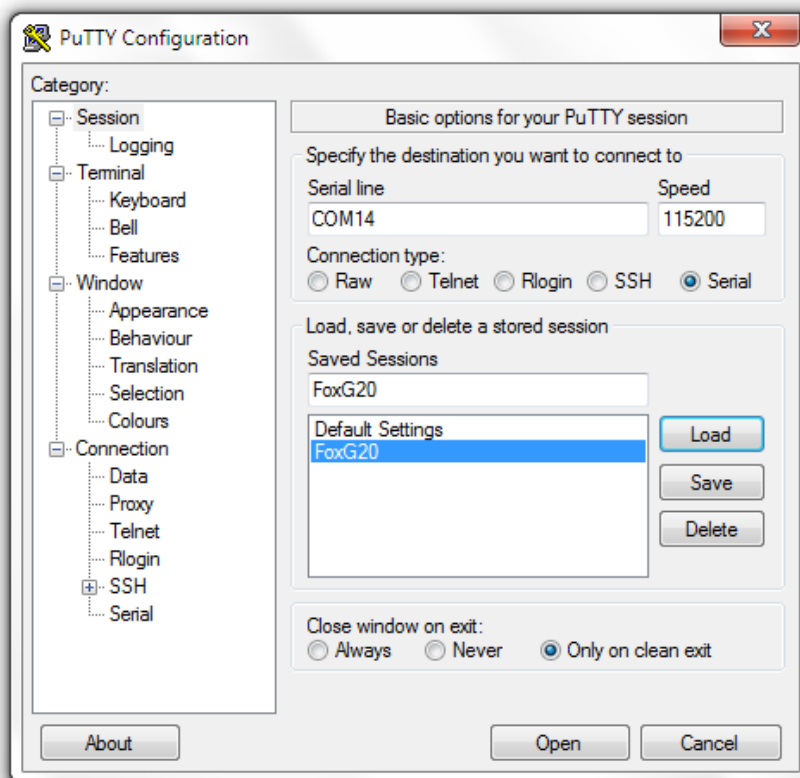
PuTTY

Het FoxG20-board heeft geen keyboard- of beeldscherm-aansluitingen. In plaats daarvan is er een zogenaamde debug port. Dit is een seriële verbinding, die via de Debug Port Interface aangesloten kan worden op een PC of laptop. Met het programma PuTTY krijg je toegang tot de shell van Linux. In de shell kun je via een command-line interface Linux-commando's geven. Zie: <http://www.putty.org/>

Windows ziet de Debug Port Interface als een USB Serial Port. Je kunt in de Device Manager (Apparaat-beheer) zien welke COM-poort voor deze verbinding wordt gebruikt. In dit voorbeeld is dat COM14.



In het programma PuTTY vul je bij *Serial line* de door jou gebruikte COM-poort in (in dit voorbeeld is dat COM14 maar dat kan bij jouw PC of laptop dus anders zijn). Vul bij *Speed* 115200 in, dat betekent dat er via de seriële verbinding 115200 bits/seconde verstuurd worden. Kies bij *Connection type* voor Serial. Het is handig om deze instellingen te bewaren, gebruik als naam bijvoorbeeld FoxG20.



Als je een netwerkverbinding hebt met het FoxG20-board (voor uitleg zie hieronder), dan kun je ook via het netwerk inloggen. In dat geval heb je de Debug Port Interface niet meer nodig. Kies in dat geval bij *Connection type* voor SSH, en type bij *Host Name* het IP-adres van het FoxG20-board in.

Netwerkverbinding

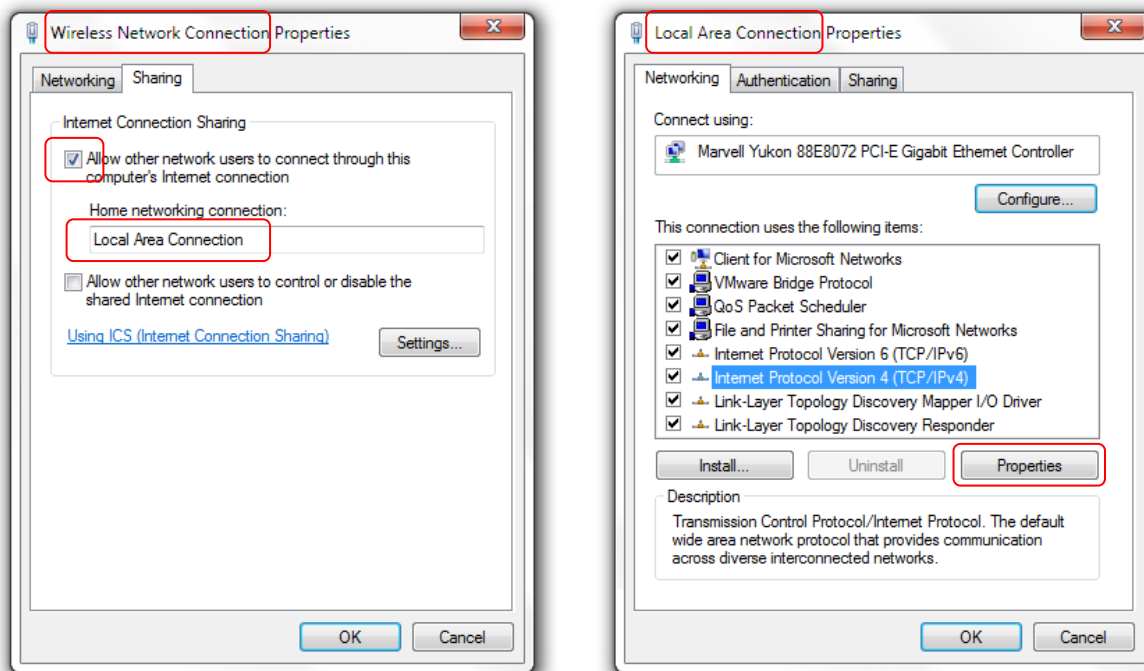
De makkelijkste manier om het FoxG20-board met een netwerk te verbinden is via een laptop. Sluit de ethernetkabel aan op je laptop en op het FoxG20-board. Je moet dan je draadloze netwerkverbinding 'sharen'. Bij Windows (Engelstalig) kun je dat als volgt instellen:

Control panel -> Network and Internet -> Network and Sharing Center -> Change Adapter Settings

Wireless network (of Wi-Fi) -> Properties -> Sharing -> Vink aan: 'Allow other network users to connect...'

Kies bij *Home networking connection: Local Area Connection* (of Ethernet) -> Klik OK

Als je deze instellingen doet, dan zeg je daarmee tegen Windows dat netwerkverkeer dat via je Local Area Connection (dat is de netwerkaansluiting waarop het Fox-board is aangesloten) binnenkomt, gebruik mag maken van de verbinding die je met het draadloze netwerk hebt.



Vervolgens moet je weten welk IP-adres door de Local Area Connection gebruikt wordt.

Control panel -> Network and Internet -> Network and Sharing Center -> Change Adapter Settings

Local Area Connection (of Ethernet) -> Properties -> Internet Protocol Version 4 -> Properties

Bij IP-adress zie je bijvoorbeeld staan 192.168.137.1, noteer dit adres.

Maak contact met het FoxG20-board via de seriële verbinding (gebruik PuTTY). Login als root, en ga naar de directory `/etc/network`. Open het bestand `interfaces` in een tekst-editor. Zorg dat het adres bij `gateway` hetzelfde is als het IP-adres dat je voor je Local Area Connection hebt gevonden. Zorg dat het adres bij `address` een ander adres is, maar wel in hetzelfde netwerk. Als je het adres van je Local Area

Connection 192.168.137.1 is, gebruik dan bijvoorbeeld 192.168.137.2. Sla het bestand op, en geef achtereenvolgens de commando's *ifdown eth0* en *ifup eth0*.

Als alles goed is heb je nu een internetverbinding. Je kunt het IP-adres controleren met het commando *ifconfig*. Je kunt de verbinding testen met het commando *ping google.com*. Breek het commando af met Ctrl-C. Het commando *ping* stuurt netwerk-pakketjes naar een server, die deze pakketjes weer terugstuurt. Als het goed is ontvang je dus evenveel pakketjes als dat je verstuurd hebt.

Je hoeft deze instellingen maar één keer te maken. Standaard staat het FoxG20-board ingesteld op 192.168.137.2 (met als gateway 192.168.137.1). Als je op je laptop je Local Area Connection op 192.168.137.1 instelt, dan werkt alles zonder dat je instellingen hoeft te veranderen.

WinSCP

Als je een netwerkverbinding met het FoxG20-board hebt, kun je met het programma WinSCP bestanden van je PC of laptop naar het Fox-board kopiëren. WinSCP biedt een Windows-interface naar het file system van het Fox-board. Zie: <http://winscp.net>

Als je de eerste keer WinSCP opstart, moet je een nieuwe Session aanmaken.

- Kies bij *File protocol* het protocol SFTP.
- Vul bij *Host name* het IP-adres van het FoxG20-board in.
- Laat bij *Port number* de default waarde staan.
- Vul bij *User name* root in.
- Vul bij *Password* netusg20 in.
- Save de session (gebruik bijvoorbeeld de naam FoxG20), en klik op Login.

De eerste keer dat je verbinding maakt met een systeem krijg je de melding "*The server's host key was not found in the cache*". Klik op Yes om door te gaan.

Met WinSCP kun je gemakkelijk bestanden van en naar het FoxG20-board kopiëren. Het is ook mogelijk om automatisch directories op het lokale systeem en het remote systeem te synchroniseren.

Java compileren op het FoxG20-board

Het is mogelijk om java-programma's te compileren op het FoxG20-board. Nadeel is dat het erg traag is. Het compileren van een HelloWorld-programma duurt ongeveer 22 seconden.

- Maak met PuTTY een verbinding met het FoxG20-board
- Type: *cd javaexamples* hiermee ga je naar de directory met voorbeeld-programmas
- Type: *javac Hello.java* hiermee wordt het Java-programma gecompileerd
- Type: *java Hello* hiermee wordt het programma gestart

Java met behulp van Eclipse en WinSCP

Het is mogelijk om Java-programma's in een Eclipse-IDE op PC of laptop te ontwikkelen en compileren. De Java Runtime Environment (JRE) op het FoxG20-board is versie 1.6 en Java-programma's voor het FoxG20-board moeten deze versie gebruiken. Je kunt JRE versie 6 naast de huidige versie van JRE op je PC of laptop installeren. Het is echter veel handiger om een bestaand Eclipse-project te gebruiken waar JRE versie 1.6 al in zit. Zo'n project is beschikbaar op Blackboard.

- Download FoxG20.zip van Blackboard (software)
- Start Eclipse
- Kies *File -> Import...*
- Kies *General -> Existing Projects in Workspace*
- Klik *Select archive file*
- Klik *Browse* en selecteer FoxG20.zip
- Klik *Finish*

Je kunt naar wens de naam van het project aanpassen en extra classes toevoegen. Zorg ervoor dat bij het aanmaken van een nieuwe class het packageveld leeg blijft. Je kunt de executables (in de bin directory van je project) met WinSCP naar het FoxG20-board slepen. Het is ook mogelijk om WinSCP zodanig in te stellen dat de lokale directory waar de executable (bijvoorbeeld Main.class) in staat, automatisch te synchroniseren met de remote directory op het FoxG20-systeem.

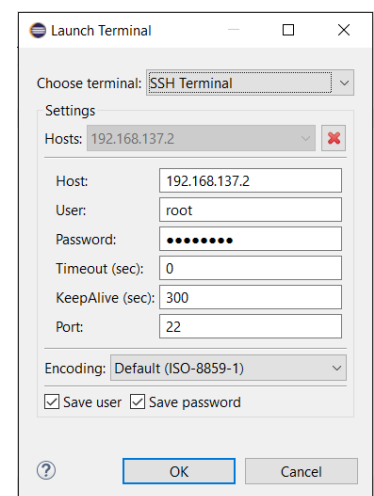
- Start WinSCP
- Kies *Commands > Keep Remote Directory up to Date*
- Vul bij *"Watch for changes..."* de bin directory van je project in (bv C:\workspace\FoxG20\bin)
- Vul bij *"...and automatically..."* bijvoorbeeld /home/root
- Klik *Start* (en eventueel *Minimize*)

Als je nu een wijziging aanbrengt in het Java-programma Main.java (van project FoxG20) en dat bestand opslaat, dan wordt het automatisch gecompileerd naar een Main.class bestand. WinSCP ziet dit bestand in de bin-directory van het FoxG20-project in je workspace verschijnen en zal dit direct kopiëren naar de /home/root directory op het FoxG20-board.

Om het programma op te starten kun je een SSH-terminal zoals PuTTY gebruiken. Als je echter TM Terminal binnen Eclipse hebt geïnstalleerd (via Help > Eclipse Marketplace...) dan kun je ook een terminal binnen Eclipse starten.

- Ga naar Eclipse
- Type *Ctrl-Alt-Shift-T* (alle toetsen gelijktijdig indrukken)
- Klik ergens in het terminal-window
- Type: *java Main*

Als je niet in de /home/root directory staat type *cd /home/root*.



Als je een wijziging in het programma wilt aanbrengen:

- Wijzig je Java-code
- Klik *Save*
- Klik ergens in het terminal-window
- Type: *java Main*

Als je een Eclipse-project met een andere naam maakt (bijvoorbeeld door het FoxG20-project te kopiëren), dan moet uiteraard ook de lokale directory in WinSCP gewijzigd worden.

Toegang tot gpio-lijnen via Java

In de Linux-kernel is een device met de naam `/dev/gpio` opgenomen. Dit device is een software interface om de gpio-lijnen (general purpose input/output) van het FoxG20-board aan te spreken. Elke lijn heeft een zogenaamd kernel ID. Dat is een nummer waarmee je in je programma aan kunt geven welke lijn je wilt aanspreken.

Stel dat je lijn PB16 op de I/O-connector wil gebruiken. In het schema van het MP3-baseboard kun je zien dat deze lijn een uitgang is. Als je naar de buffer-IC's kijkt, dan zie je dat PB16 is aangesloten op een uitgangspin van één van de 74LS244's.

Als je uitgang PB16 wil aansturen, moet je achterhalen welk kernel ID deze lijn heeft. Dat kun je doen via de website van het FoxG20-board: http://www.acmesystems.it/pinout_all (kijk bij Fox G20, in de kolom ID 2.6x). De I/O-lijnen van het FoxG20-board zijn aangesloten op connectoren J6 en J7. In de tabel van J7 zie je dat het kernel ID van pin PB16 gelijk is aan 80.

Het programma op de volgende pagina laat zien hoe je gpio-lijnen PB16 en PB30 kunt gebruiken.

Het programma maakt gebruik van een shared object. Dat is een library (`/opt/lib/libGpio.so`) waarin de methodes `ioinit()`, `iowrite()`, `ioread()` en `iodeinit()` zijn gedefinieerd. Voordat je een pin kunt gebruiken moet je eenmalig de methode `ioinit()` aanroepen om de GPIO-lijnen te initialiseren. Vervolgens kun je, als de lijn een uitgang is, de methode `iowrite()` gebruiken om de uitgang hoog of laag te maken. Als je een ingang wilt uitlezen, kun je de functie `ioread()` gebruiken.

Het programma zal uitgang PB16 een aantal keer achter elkaar hoog en laag maken, en vervolgens de toestand van ingang PB30 afdrukken (1 of 0). Het programma staat in de directory *javaexamples* op het FoxG20-board.

```

class Gpio {
    // Native methods declaration
    public native int ioinit();
    public native int iowrite(int a, int v);
    public native int ioread(int a);
    public native int iodeinit();

    // Use static initializer
    static {
        System.loadLibrary("Gpio");
    }

    // Main function calls native method
    public static void main(String[] args) {
        Gpio io = new Gpio();

        io.ioinit(); // Initialize GPIO lines
        for (int i = 0; i < 2000; i++) {
            io.iowrite(80, 1); // Make output PB16 high
            io.iowrite(80, 0); // Make output PB16 low
        }

        System.out.println("PB30: " + io.ioread(94)); // Status of pin PB30
        io.iodeinit();
    }
}

```

Linux shell

De shell van Linux is de command-line interface, waarmee je commando's kunt geven en programma's kunt opstarten. Linux is een multi-user operating system. Je moet inloggen om iets met het systeem te kunnen doen. Het account van de systeembeheerder heet root, en het password van root op het FoxG20-board is netusg20.

Een aantal veelgebruikte commando's zijn:

<i>pwd</i>	Laat zien in welke directory je zit.
<i>cd</i>	Ga naar een directory. Zonder parameter ga je naar je home directory.
<i>mkdir</i>	Maak een directory
<i>rmdir</i>	Verwijder een directory
<i>ls</i>	Laat zien welke bestanden er in de directory staan. Met <i>ls -l</i> krijg je gedetailleerde info.
<i>cp</i>	Kopieer een bestand.
<i>rm</i>	Verwijder een bestand.
<i>vi</i>	Een tekst editor. Als je deze editor niet kent, heb je een handleiding nodig.
<i>nano, joe</i>	Eenvoudige tekst editors.
<i>man</i>	Manual pages. Type bijvoorbeeld <i>man ls</i> om informatie over <i>ls</i> te krijgen.
<i>shutdown</i>	Het systeem uitzetten (<i>shutdown -h now</i>).

Als je het systeem uit wil zetten is het zinvol om eerst het commando *shutdown -h now* te geven. Als je het systeem uitzet zonder eerst een shutdown te doen kan het zijn dat het filesysteem corrupt raakt.

Andere veelgebruikte commando's zijn *find*, *grep*, *sudo* en *apt-get*. Het is zinvol om eens een tutorial door te werken. Zie bijvoorbeeld: <http://www.ee.surrey.ac.uk/Teaching/Unix/>.

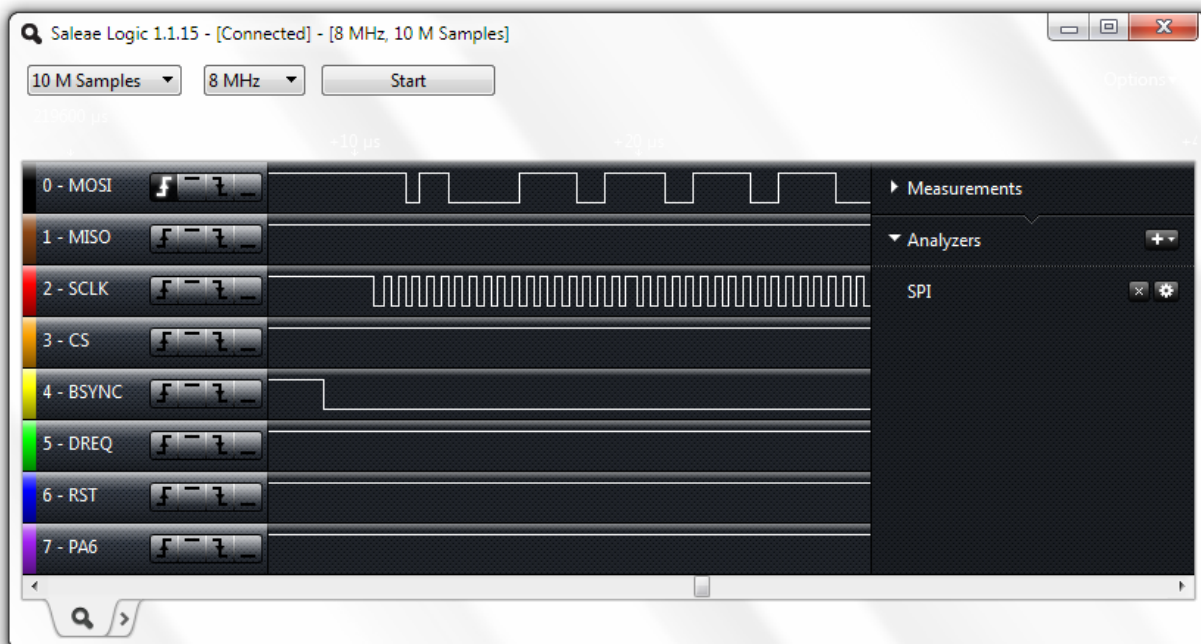
Er zijn veel verschillende soorten Linux. De versie op het Fox-board heet Debian (versie 6.0, codename squeeze, kernel 2.6.38). Deze versie is inmiddels een paar jaar oud. Er zijn nieuwere Debian-versies beschikbaar, maar het zou veel werk kosten om naar een nieuwere versie over te stappen. Om via SPI te kunnen communiceren zijn namelijk aanpassingen in de kernel gemaakt. In het bedrijfsleven worden heel vaak systemen gebruikt met oude software, onder het motto: "if it ain't broke, don't fix it". Wel worden er update gedaan als er beveiligingsrisico's zijn, maar dat is bij de MP3-speler niet het geval.

Saleae Logic Analyser

Om meerdere digitale signalen grafisch te kunnen bekijken wordt een logic analyser gebruikt. Dit is een soort oscilloscoop voor digitale signalen, met 8, 16, of meer kanalen. Op het MP3-baseboard is een aansluiting beschikbaar voor de logic analyser Saleae. Software is beschikbaar via www.saleae.com.

De logic analyser wordt via een USB-poort op PC of laptop aangesloten. Er is een kabel beschikbaar die direct op de header van het MP3-baseboard kan worden aangesloten. Let bij het aansluiten van de kabel op de juiste polariteit. Op de onderkant van de analyser staat een aanduiding voor ground. Aan deze kant moet de grijze draad worden aangesloten. Op het MP3-baseboard staat een markering gray (grijs).

De software is eenvoudig te gebruiken. In de figuur hieronder is te zien welke signalen van het MP3-baseboard op de 8 kanalen zijn aangesloten. Je kunt de namen van de kanalen zelf wijzigen. Gebruik bij voorkeur exact de onderstaande namen.



Door op Start te klikken wordt een meting gestart, waarbij standaard 10 miljoen metingen worden gedaan bij een frequentie van 8 MHz (dus iets langer dan één seconde). De meting begint pas als er een trigger wordt gezien. Je kunt met de vier knoppen bij elk kanaal instellen welke triggers gebruikt moeten worden. In bovenstaand voorbeeld wordt de meting pas gestart als er een opgaande flank wordt gezien bij kanaal 0. Je kunt ook triggeren bij een neergaande flank, of bij een hoog of een laag niveau.

In- en uitzoomen kan door met de linker- of rechter-muisknop te klikken in het scherm. Opties zijn in te stellen door rechtsboven te klikken op Options (moeilijk zichtbaar in bovenstaand figuur). Het is dan bijvoorbeeld mogelijk om de Aero-look uit te schakelen.

Project

Je krijgt binnen dit project met veel nieuwe informatie te maken. Zorg dat je netjes en gestructureerd werkt, en alles wat je doet documenteert. Maak goede afspraken binnen de projectgroep.

Stap 1: Vooronderzoek

- Oriënteer je op (de context van) de opdracht
- Lees artikelen en documentatie over de gebruikte apparatuur
- Stel drie onderzoeksvragen op
- Onderzoek
- Beschrijf je bevindingen (dit is hoofdstuk 1 van je verslag)
- Maak een inhoudsopgave van je verslag
- Lever inhoudsopgave en hoofdstuk 1 van het verslag in

Stap 2: Specificaties

- Leg vast wat je gaat maken (voor jezelf en voor de opdrachtgever)
- Ga bij de opdrachtgever na wat de exacte eisen en wensen zijn
- Beschrijf het eindresultaat zo duidelijk mogelijk
- Lever specificaties van hardware en software in

Stap 3: Ontwerp

- Eerst denken, dan pas doen
- Maak afspraken over gebruik van de pinnen van de I/O-connector
- Verdeel taken (degene die hardware maakt, maakt ook software om werking aan te tonen)
- Maak blokschema's, elektrische schema's en layout-schema's (vóóordat je gaat solderen!)
- Maak UML-diagrammen (vóóordat je gaat programmeren)
- Maak afspraken over bestandsbeheer (schema's en source-files)
- Laat schema's controleren (zowel hardware als software)

Stap 4: Realisatie

- Schrijf nette leesbare code (layout)
- Gebruik duidelijke namen voor objecten en variabelen
- Bewaar (kleine, nette) test-programma's
- Maak nette, compacte schakelingen
- Test kleine onderdelen van een schakeling
- Geen lange draden
- Wees duidelijk: rood = Vcc, zwart = Gnd

Stap 5: Afronden

- Verslag afronden

Hardware requirements

- REQ01 Met de play-knop (druktoets) wordt een track afgespeeld
- REQ02 Met de play-knop wordt de huidige track gepauzeerd/afgespeeld
- REQ03 Met de stop-knop (druktoets) wordt het afspelen van de huidige track gestopt
- REQ04 Met de next-knop (druktoets) wordt de volgende track geselecteerd
- REQ05 Met de prev-knop (druktoets) wordt de vorige track geselecteerd
- REQ06 Met de volumeknop (rotary dial) wordt het volume ingesteld
- REQ07 Als het programma (mp3player) draait, dan is de on-led aan
- REQ08 Als een track speelt, dan is de play-led aan
- REQ09 Als de volgende track wordt geselecteerd, dan gaat de next-led gedurende 0.5 s aan
- REQ10 Als de vorige track wordt geselecteerd, dan gaat de prev-led gedurende 0.5 s aan
- REQ11 Op de bovenste regel van het LCD wordt de naam van de huidige track weergegeven
- REQ12 Op de onderste regel van het LCD wordt status-informatie gegeven, zoals het volumeniveau (0-10)
- REQ13 Het geluid wordt weergegeven door een kleine luidspreker
- REQ14 Een digitale VU-meter (mono) met minimaal 8 leds geeft de geluidsterkte weer
- REQ15 Bij elk stuk hardware van bovenstaande eisen is een klein testprogramma beschikbaar
- REQ16 Software is object georiënteerd en geschreven in Java
- REQ17 Software maakt gebruik van multi-threading
- REQ18 Software kan MP3-bestanden van local file system afspelen
- REQ19 (bonus) Software kan MP3-bestanden via netwerkverbinding van externe bron afspelen