

# Seminar E&A 2023

De essentiële rol van Embedded Software in het productontwikkelproces

Hardware ontwikkeling zonder rekening te houden met firmware:  
What could possibly go wrong?



**26 T/M 28**  
SEPTEMBER '23  
JAARBEURS UTRECHT

# Wie is Dekimo?

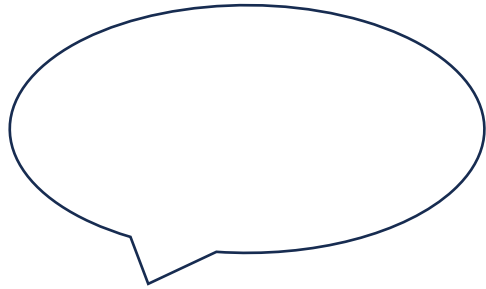
- Designhuis (+400 pp, bestaat >30j) regio Benelux+ voor
  - Embedded software & software development
  - FPGA code development
  - Electronic Design
  - PCB board design and prototyping
  - On site PCB design
  - Mechanical engineering
  
- Your Presenter: Arnout Diels uit Dekimo Leuven
  - Senior FW developer and design architect

# Dekimo en praktijkervaring

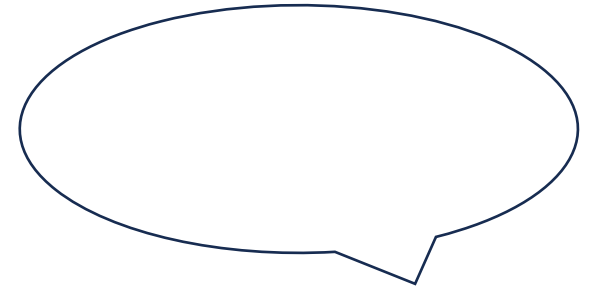
- Unieke positie gezien aantal iteraties / aantal designs per jaar
  - Geeft kans om design proces systematisch te optimaliseren
- In deze presentatie
  - Aanhalen praktijkvoorbeelden
    - En waar het mis durft lopen
  - Delen tips ivm. een typische HW+FW project flow

# Wat is het probleem?

- Risico van HW en FW eilanden

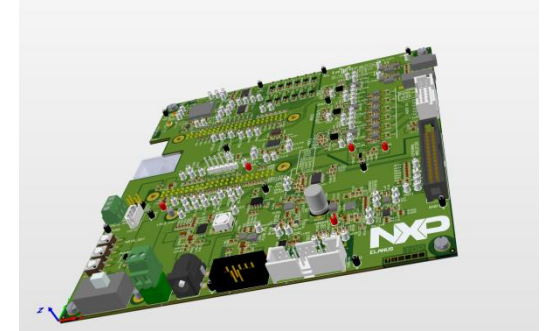


- De FW zal het wel kunnen aansturen
- Alle pinnen komen toch naar buiten



- Dit had zoveel makkelijker gekund met andere HW
- Ideale HW veronderstelling

# Praktijkvoorbeeld 1



- Project voor NXP DSP audio chip evalkit
  - Beaglebone black met I2S 6 MCASP simulatenous channels
  - Custom linux kernel driver development

- Wifi (wilink) did not work

```
wl1271_sdio: probe of mmc2:0001:1 failed with error -16
```

```
wl18xx_driver wl18xx.0.auto: Direct firmware load for ti-connectivity/wl18xx-conf.bin failed with error -2
```

Het zal wel de driver zijn

De wifi FW is misschien fout

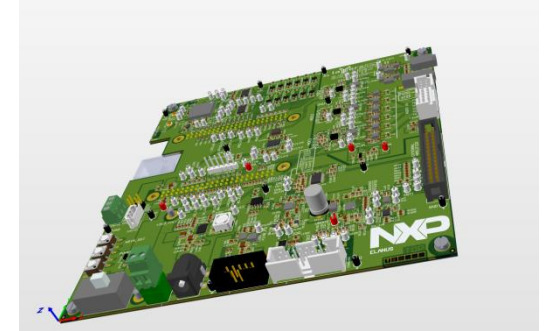
De boot sequence is mogelijks fout





**One  
Eternity  
Later**

# Praktijkvoorbeeld 1



- Project voor NXP DSP audio chip evalkit
  - Beaglebone black met I2S 6 MCASP simulatenous channels
  - Custom linux kernel driver development

- Wifi (wilink) did not work

```
wl1271_sdio: probe of mmc2:0001:1 failed with error -16
```

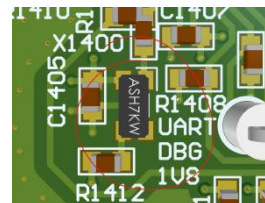
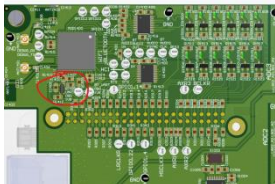
```
wl18xx_driver wl18xx.0.auto: Direct firmware load for ti-connectivity/wl18xx-conf.bin failed with error -2
```

~~Het zal wel de driver zijn~~

~~De wifi FW is misschien fout~~

~~De boot sequence is mogelijks fout~~

- Hardware issue
  - Flipped crystal footprint



**E&A**

ELECTRONICS'23  
APPLICATIONS  
26-28 SEPTEMBER 2023  
JAARBEURS UTRECHT



**dekiMo**

VISIT US AT THE E&A FAIR  
HALL 7 STAND NUMBER: **7E115**

# Praktijkvoorbeeld 1

- Besef mogelijke HW fouten
  - Impact HW fouten op FW gedrag
    - Bepaalt ervaring embedded SW engineer
- In dit geval bij *design* weinig fout gelopen



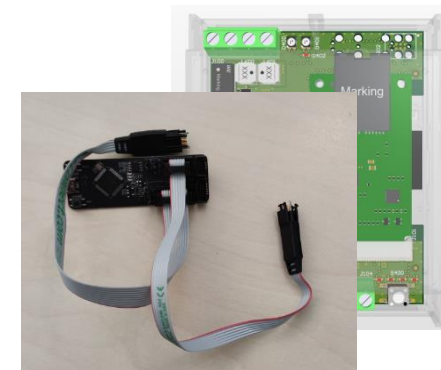
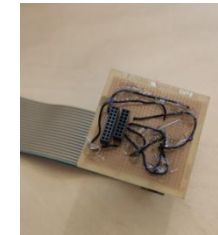
# Hoe kan het bij design al mislopen

- Typische eiland flow
  - Project opgestart
  - HW persoon toegewezen
    - Component keuze
    - Schema
    - Layout
    - PCB besteld
    - PCB bestukt
  - SW persoon toegewezen
    - "doe maar nu de FW"

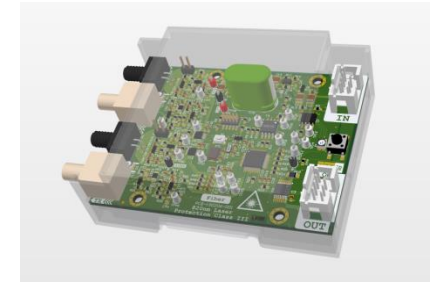


# Praktijkvoorbeeld 2

- Connector
  - JTAG/SWD
    - Zou moeten overeenkomen met gewenste debugger interface
      - Standardized ARM is niet –altijd- gewenst
  - UART
    - Wat is de FTDI pinout toch handig
      - Als de voltages kloppen en de CPU niet wordt gebackpowered
  - TAG-connect pinning
- Voorzieningen voor testpunten
  - Al zijn ze enkel bestukt tijdens prototyping
  - Niet enkel handig voor HW validatie, ook FW
- Kleine moeite tijdens design, kan wel wat tijd besparen

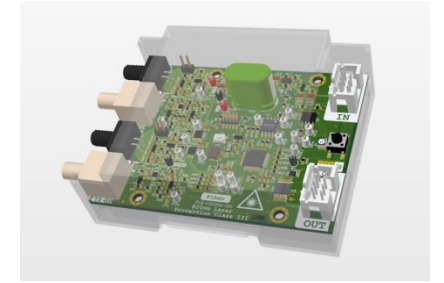


# Praktijkvoorbeeld 3

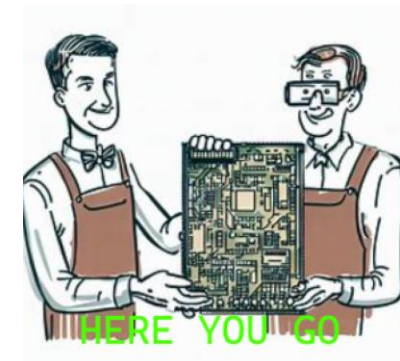


- Low-power modulaire verkeersmeter project
  - Dochterbord meet “pulsen” langs drukslangen
    - Dient zowel 'high-volume data naar SPI flash te schrijven
    - Als mogelijks over UART te streamen tegen +- 1Mbaud
    - Met stricte timing requirements voor precisie van metingen
- Hardware designer kiest MCU
  - Leest specs, en ziet
    - ADC – 32ksps
    - UART - Up to 5 Mbaud
    - SPI – Up to 20Mhz
    - GPIO – Plenty, and interrupt based
    - Lower-power modes
  - En designt low-power low-cost cortex M0 processor in

# Praktijkvoorbeeld 3



- Een paar weken later
- Van *firmware* perspectief zeer lastig om werkend te krijgen
  - Some oversights in MCU choice
    - Simultaan gebruik van peripherals tegen hoge snelheid
      - Enkel mogelijk gebleken met intensief gebruik van concurrent 3x DMA channels, 5 nauwgedefinieerde interrupt priorities en timed interrupt routines, ..
    - Entering/exiting low power states in combinatie hiermee geeft nog extra complexiteiten



- Dit kon simpeler..



# Hoe dit vermijden?

- Bij start project design architect(s) betrekken
  - Zowel HW als FW kant belichten
- Wisselwerking kan ook langs twee kanten in design
  - Bepaalde HW voorzieningen kunnen vereenvoudigd worden bij kennis FW implementatie
- Dergelijke projectmilestone vermijdt een koude douche achteraf

# Waarop concreet letten bij start?

- Kleine hulpvoorzieningen
  - (Debug) Connectoren, testpunten, ..
- Meest cruciaal echter:
  - **Weloverwogen MCU/MPU keuze**
    - Hier valt veel over te zeggen

# MCU/MPU keuze beter overwegen bij design

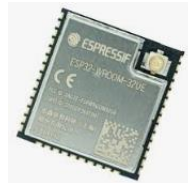
- De MCU/MPU keuze vaak een van de meest cruciale keuzes
  - Snelheid
    - Single core/multi-core/frequencies
  - Vormfactor
    - Module-based/discreet
  - Features
    - Onboard flash/ram/..
    - Peripherals (I2C/SPI/ADC/..)
    - Accelerators (video/crypto/..)
    - ..
  - Stroomverbruik
  - Prijs
  - Footprint/package grootte en schaalbaarheid/compatibiliteit
  - Vendor support
  - Beschikbaarheid & Longevity
  - ..
- **En SW support!**
  - Bepaalt mee totale cost van design

# MCU/MPU keuze : Baremetal, RTOS or Linux?

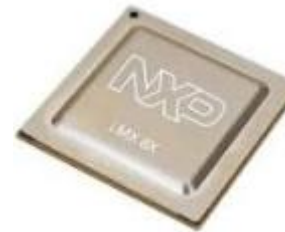
- Enorme keuze aan processoren
  - Met soms zeer lage prijs variaties met enorme performance impact
    - Een kleine linux SoC kan soms goedkoper zijn dan een dure MCU
    - => Vanuit HW perspectief soms niet eenduidig beste keuze te maken



32bit cortex M0  
20Mhz?  
64kB RAM  
128kB flash



ESP32  
140 Mhz  
8 MB PSRAM  
16 MB PSRAM



IMX\* series MPU  
1-2 Ghz



Nvidia tegra SoCs  
275 TOPS  
2048 AI cores





# MCU/MPU keuze : Baremetal, RTOS or Linux?



JAKE-CLARK.TUMBLR

# MCU/MPU keuze : Baremetal, RTOS or Linux?

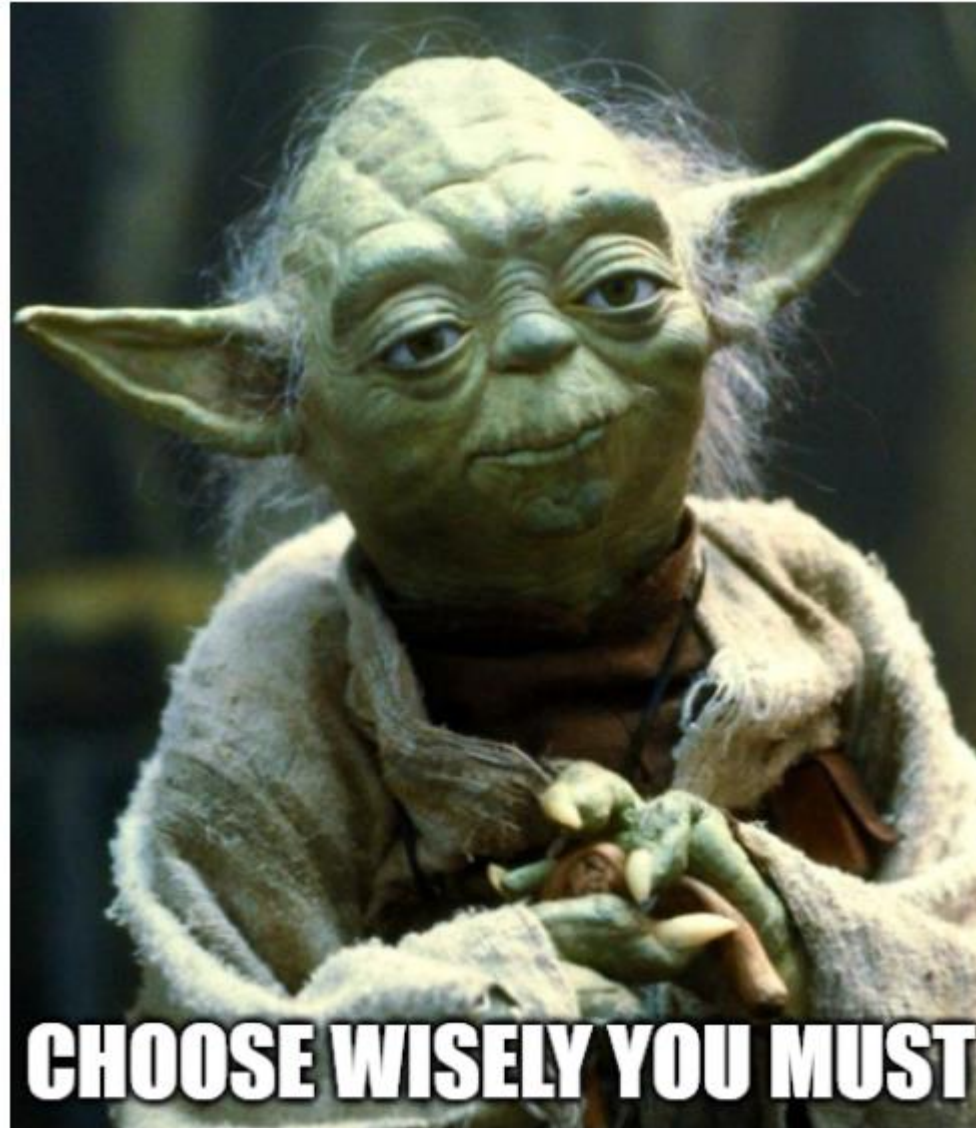
- Totale kost hangt af hoe moeilijk iets te implementeren valt in FW
  - Aan de ene kant
    - Linux biedt enorm veel drivers en functionaliteit aan
    - (je wil geen eigen filesystem, netwerkstack of videodriver gaan ontwikkelen)
  - Langs de andere kant,
    - Hebben we het wel nodig?
      - Kost van linux OS opzetten? (e.g. yocto build onderhouden)
      - Gaan we veel tijd verliezen aan **complexe** linux kernel drivers te schrijven wanneer dit baremetal veel sneller was?
    - Real-time gedrag soms aanzienlijk lastiger te garanderen dan eenvoudig baremetal!
- Case by case te bekijken

# MCU/MPU keuze : Baremetal, RTOS or Linux?

- Totale kost hangt af hoe moeilijk iets te implementeren valt in FW
  - Aan de ene kant
    - Linux biedt enorm veel drivers en functionaliteit aan
    - (je wil geen eigen filesystem, netwerkstack of videodriver gaan ontwikkelen)
  - Langs de andere kant,
    - Hebben we het wel nodig?
      - Kost van linux OS opzetten? (e.g. yocto build onderhouden)
      - Gaan we veel tijd verliezen aan **complexe** linux kernel drivers te schrijven wanneer dit baremetal veel sneller was?
    - Real-time gedrag soms aanzienlijk lastiger te garanderen dan eenvoudig baremetal!
- Case by case te bekijken

# MCU/MPU k

- Totale kost hangt
  - Aan de ene kant
    - Linux biedt eno
    - (je wil geen eigr
  - Langs de andere
    - Hebben we het
      - Kost van linu
      - Gaan we ver  
veel sneller
    - Real-time gedra
- Case by case te b



# OS or Linux?

eren valt in FW

n ontwikkelen)

schrijven wanneer dit baremetal

envoudig baremetal!

# MCU/MPU keuze : The more the merrier?

- Design opdelen met meerdere processoren?
  - Klinkt soms logisch uit HW perspectief
    - Gescheiden taken
    - “Co-processor design”
    - Kost is soms verwaarloosbaar
  - Maar impact heterogene op FW wordt vaak onderschat
    - Dubbele buildchain onderhouden
    - Communicatieprotocols opzetten en onderhouden (en in sync houden)
    - Programmatie-chain
    - Simultaneous debugging
    - Vaak enorme overhead voor wat soms toch op 1 processor zou kunnen
  - Als het echt moet
    - On-silicon coprocoessors (e.g. IMX7/8) vaak al veel beter startpunt
      - Al blijft de design overhead hoog



# MCU/MPU keuze: Peripheral support

- Keuze van processor op basis van aanwezige peripherals is niet altijd triviaal
  - Zelfs als op papier de peripheral specs aanwezig zijn..
    - .. Hoe moeilijk is het om ze aan te sturen?
      - Zijn er beschikbare drivers en voorbeeld code aanwezig?
        - Wordt de vereiste werkingsmode ondersteund?
        - Zoniet, zonder degelijke register documentatie soms FW moeilijk tot onmogelijk
      - Is de code makkelijk porteerbaar naar de gewenste omgeving?
        - In het bijzonder het geval van linux drivers
    - Zijn er al gekende HW errata?
    - Beware of BSP SW bugs
- Degelijke referentie code kan heel wat tijd besparen



# MCU/MPU keuze: hoe problemen vermijden

- FW Evaluatie fase
  - Bij onzekerheden bij keuze, is een evaluatie op een referentie platform (EVK) heel krachtig
    - Vertraagt wel HW design
    - Niet altijd mogelijk/praktisch
- Tried-and-tested usecases
  - Dit is het makkelijkst, maar voorkomen om met een hamer alle nagels te willen slagen
    - Veel verschillende families/vendors, elk met hun sweet-spot usecases
  - De luxe bij Dekimo is dat we erg veel designs zien, en dus al wel wat ervaring hebben in verschillende families

# Conclusie

- Bij start project, design architect(s) betrekken
  - Zowel HW als FW kant belichten
- Leren uit verleden, en mogelijke valkuilen bij nieuwe usecases vroegtijdig de-risken door FW prototyping
- .. Om hopelijk op die manier, door te leren van de fouten van het verleden, zo efficiënt mogelijk toekomstige klanten helpen met nieuwe designs



# Dank voor uw aandacht

## Nog vragen?

Visit us @ Hall 7 Stand nummer 7E115

[www.dekimo.com](http://www.dekimo.com)

[arnout.diels@dekimo.com](mailto:arnout.diels@dekimo.com)



**26 T/M 28**  
SEPTEMBER '23  
JAARBEURS UTRECHT