TinyOS 2.0

Nowa era programowania mikrourządzeń

Przemysław Horban, Jacek Migdał

Uniwersytet Warszawski

Port TinyOS na chronos

Nasza praca magisterska to port TinyOS na zegarki ez430 (chronos)

- napisanie sterowników do obsługi sprzętu
- stworzenie wygodnego środowiska programistycznego

Połączyliśmy w sieć komputery, komórki... ale co z resztą urządzeń?

Potrzebujemy nowej klasy urządzeń

Potrzebujemy nowej klasy urządzeń:

- tanich
- "gadających" po radiu
- wytrzymujących lata na bateriach - ultra niski duty cycle

Przykłady

Przykłady:

- Smart Grid
- sterowanie ruchem ulicznym
- monitorowanie zasobów

Hardware

Zegarek Chronoz ez-430:

- flash: 32 KB flash
- ram: 4 KB
- cpu: 20 MHz msp430
- sensory: akcelerometr, temperatura, ciśnienie
- radio: 867 MHz (90 metrów, 12 KB realnego transferu)
- dodatowo: ekran LCD, przyciski

Software

Jak programować

- Producent dołącza system chronos...
- W języku C z dodatkowymi definicjami.
- Wszystko trzeba robić ręcznie, ustawiać wartości itp.
- Debugowanie i testowanie to koszmar.

Sterowniki w chronos

- Pliki .c .h, które udostępniają parę funkcji
- Niestety są singletonem, nie mają żadnej kontroli dostępu.
- Problem braku inicjalizacji, podwójnej inicjalizacji, konflikt w dostępie do zasobów...

TinyOS 1.0

Zalety:

- nadaje aplikacji strukturę
- daje za darmo zarządzanie zdaniami i tym samym sposób myślenia na którym można się oprzeć
- dzięki interfejsom architektury HAA zapewnia przenośność wielu aplikacji między platformami
- pozwala łączyć ze sobą protokoły i algorytmy wynalezione przez różne grupy (LPL, CTP, Tricle)
- pozostawia wielką elastyczność programiście (to wciąż C)

Wady:

- duże problemy z zarządzaniem pamięcią (crash gdy jej zabraknie)
- częste błędy przy współbieżności, ze względu na przeploty z przerwaniami
- błędy podwójnej lub zapomnianej inicjalizacji
- trudne do ogarnięcia zależności między komponentami
- oddzielna kompilacja utrudnia statyczną analizę

Wnioski:

- można by dużo skorzystać, gdyby poczynić pewnie silniejsze założenia o języku programowania i zarządzaniu zasobami
- potrzeba większej hermetyzacji modułów oraz łatwiejszego sposobu organizowania zależności między modułami
- przydatna była by statyczna analiza kodu aplikacji
- ogólnie, bardzo potrzebne było lepsze wsparcie narzędziowe

nesC nadzieją na rozwiązanie powyższych problemów.

TinyOS 2.0

Najważniejsze cechy:

- rozwiązuje problemy rozpoznane przy pracy z TinyOS 1.0
- pamięć alokowana całkowicie statycznie, w czasie kompilacji
- statyczna analiza przeplotów wykonania współbieżnego generowanie ostrzeżeń w czasie kompilacji
- automatyczna inicjalizacja wciąganych komponentów
- statyczna analiza inicjalizacji (@once)
- przejrzyste granice między komponentami, wyznaczone przez interfejsy
- możliwość dogłębnej analizy i optymalizacji kodu
- wykorzystanie dorobku w dziedzinie kompilatorów

Część funkcjonalności TinyOS realizuje kompilator nesC:

- nesC: rozszerzenie C, jest też kompilowane do C
- wielowątkowość bez wywłaszczeń
- statyczna ’obiektowość’ - na poziomie kompilacji

nesC - organizacja kodu

Organizacja kodu:

- dwukierunkowy zbiór sygnatur funkcji - interfejs
  - zdarzenie (event)
  - zadanie (task)
  - polecenie (command)
- kod C - moduły
  - wykorzystuję i dostarcza interfejsów
- łączenie wielu komponentów w jeden - konfiguracja

Pojęcie hermetycznego komponentu

- MainC
  - zawołam wszystkie metody init() interfejsów Init
  - zawołam potem zawołam metody boot() interfejsów Boot
  - wywołam pętlę zadań
- PlatformLCDC
  - podłączę wewnętrzną inicjalizację do MainC
  - daję interfejs LCDDriver
- SerialActiveMessageC
  - wezmę PlatformSerialC, który zapewni mi interfejs UartStream
  - włączę cały kod pakietowej obsługi portu szeregowego
  - dam Ci interfejs AMSend z metodą send()

Hermetyczne komponenty

- platforma dostarcza kilkanaście komponentów do obsługi urządzeń
- biblioteki TOS dostarczają swoje komponenty z usługami wyższego poziomu
- aplikacje (będące komponentami) dostarczają komponenty implementujące logikę

Bierzemy więc odpowiednie pudełka, łączymy je w konfiguracji i uzyskujemy działający program.

Wyświetlacz PC -> LCD

To jest aplikacja!

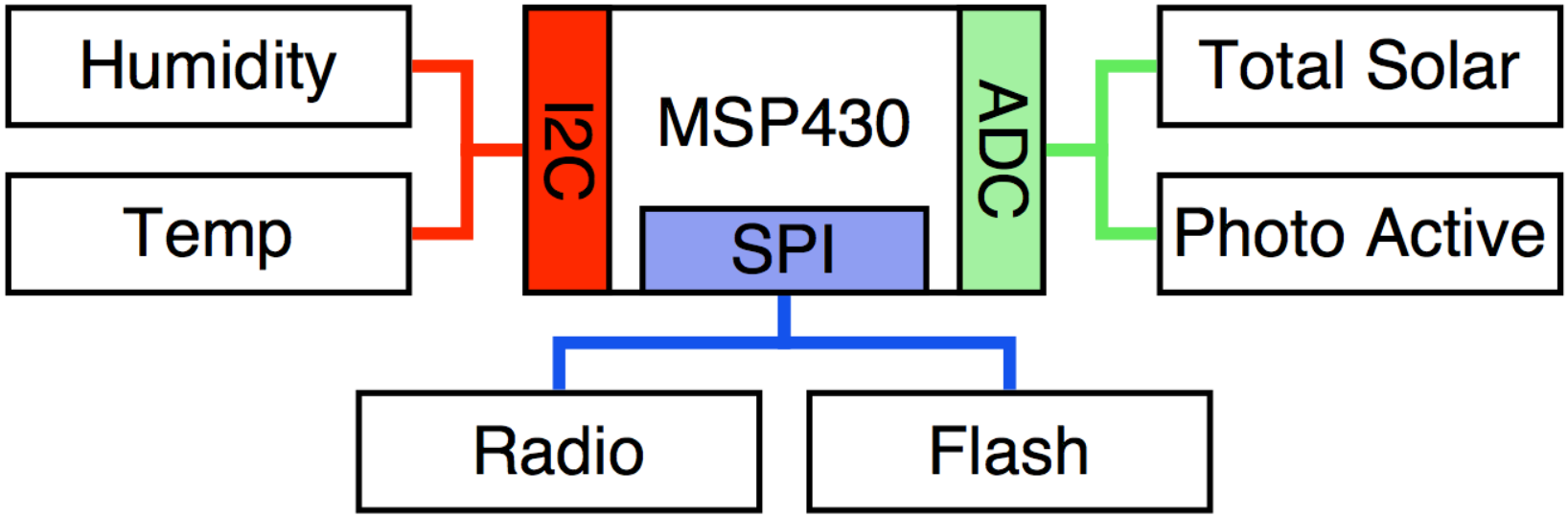
```
components MainC, SerialActiveMessageC;
components PlatformLCDC, PC2LCDAppP;
PC2LCDAppP.Boot -> MainC;
PC2LCDAppP.AMSend -> SerialActiveMessageC;
PC2LCDAppP.LCDDriver -> PlatformLCDC;
```

Case study: Virtualized timers

Pierwszy przykład - tyle zegarów ile tylko chcemy!

Case study: Integrated concurency and power management

Problem:



Case study: Integrated concurency and power management

- trzeba rozwiązać konflikty o zasoby
- ale również oszczędzać energię, gdy zasób nie jest używany

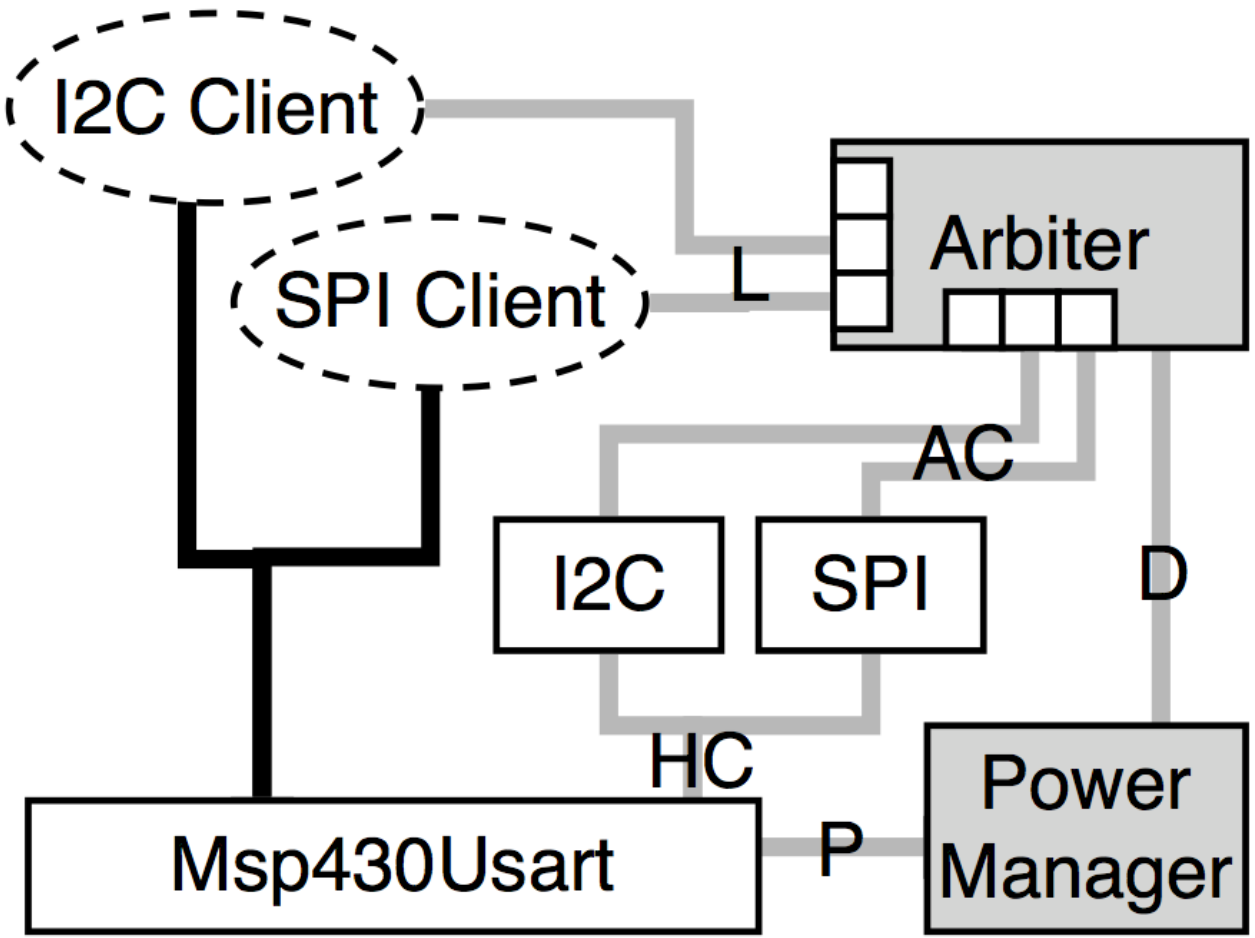
Okazuje się, że oba problemy są mają wspólne rozwiązanie.

Case study: Integrated concurency and power management

```
interface Resource {
    async command error_t request();
    event void granted();
    async command error_t release();
    async command bool isOwner();
}
```

Case study: Integrated concurency and power management

Rozwiązanie:



Case study: Zordon App

```
components MainC, ZordonP as App;
components PlatformLCDC;
components new AMSenderC(RANGER_CALL_MSG);
components new AMReceiverC(RANGER_CALL_MSG);
components ActiveMessageC;
App.Boot -> MainC;
App.LCDDriver -> PlatformLCDC;
App.AMSend -> AMSenderC;
App.Receive -> AMReceiverC;
App.AMControl -> ActiveMessageC;
```

Case study: Zordon App

```
components UpButtonC, DownButtonC;
components BacklightButtonC, StarButtonC;
App.NextNameButton -> UpButtonC;
App.PowerButton -> BacklightButtonC;
App.PrevNameButton -> DownButtonC;
App.SendButton -> StarButtonC;
components BeeperC;
App.Beeper -> BeeperC;
components TopLCDBlinkerC;
App.TopBlinkerControl -> TopLCDBlinkerC;
App.TopLCDBlinker -> TopLCDBlinkerC;
```