TinyOS 2.0

Nowa era programowania mikrourządzeń

Przemysław Horban, Jacek Migdał

Uniwersytet Warszawski

Zegarki eZ430-Chronos

- architektura MSP430
- pracujemy nad przeniesieniem TinyOS na tą platformę
- są one już zakupione i mamy ich dużo
- nasza praca pozwoli następnym studentom w pełni wykorzystać ich możliwości (sterowniki, wygodne środowisko programistyczne)

Co potrafi taki zegarek i jaki jest stan prac

Demo

Hardware zegarka

- Procesor 20 MHz
- 4KB RAM
- 32KB flash (pamięć programu)
- Radio 868 MHz (transmisja 11 KB/s)
- Wyświetlacz LCD (4 + 5 cyfr oraz ikonki)
- Port szeregowy - UART (printf do PC itp.)
- Akcelerometr 3D
- Miernik ciśnienia
- 5 przycisków

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

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.

Przykład kodu Texas Instruments

```
24 #include "msp430x22x4.h"
25
26 void main(void)
27 {
28   WDTCTL = WDT_ADLY_250;
29   IE1 |= WDTIE;
30   P1DIR |= 0x01;
31
32   __bis_SR_register(LPM3_bits + GIE);
33 }
34
35 // Watchdog Timer interrupt service routine
36 #pragma vector = WDT_VECTOR
37 __interrupt void watchdog_timer(void)
```

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...

Rozwiązanie

- TinyOS jest systemem powstałym z myślą o tych problemach
- Aby im zaradzić potrzeba było nowych narzędzi - a w szczególności nowego języka: *nesC*

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

Jak to działa?

- Gdzieś w kodzie (komponent MainC) startuje funkcja main() - dla nas niewidoczna
- Wywołuje ona metody interfejsów Init i Boot
- W ten sposób inicjalizowane są urządzenia i dane aplikacji
- Dalej wykonują się już tylko przerwania i pętla schedulera
- Przerwania generuje np. zegar (*event Timer.fired()*)
- Task dla schedulera to funkcja *void f(void)*
- Kod, np. w trakcie obsługi przerwania, zleca wykonanie tasku wywołaniem *post zadanie()*
- Praca TinyOS to ciągła obsługa przerwań i wykonywanie task'ów

TinyOS 2.0

Najważniejsze zalety:

- Rozwiązuje problemy zarządzania pamięcią dzięki całkowicie statycznej alokacji
- Dba o poprawną inicjalizację użytych komponentów (@once i automatyzacja)
- Porządkuje wykonanie głównego (scheduler) i obsługę przerwań
- Zapewnia statyczną analizę przeplotów i ostrzega o wyścigach do zasobów
- Dostarcza spójnych i hermetycznych komponentów, które są łatwe w użyciu
- Bardzo upraszcza zarządzanie zależnościami między komponentami
- Umożliwia statyczną analizę kodu całej aplikacji
- Nie marnuje dorobku w zakresie kompilatorów

TinyOS 2.0

Zalety związane ze strukturą kodu:

- Ułatwia myślenie i projektowanie dostarczając gotowej struktury systemu
- Dostarcza i wspera wiele platform współdzielących jedną bazę kodu
- Umożliwia powstawanie interfejsów wysokiego poziomu (HAA)
- Sprawia, że implementacje algorytmów opracowywanych przez różne grupy mogą być użyte w jednej aplikacji
  - Low power listening
  - TRICLE
  - Collection tree protocol
- Dostarcza wielu bibliotek, łatwych i gotowych do użycia przy nowych platformach
- Ma bardzo przyjazną licencję

Pojęcie hermetycznego komponentu

Jest to coś co bardzo ułatwia pracę programisty.

- MainC
  - woła metody init() interfejsów Init
  - woła metody boot() interfejsów Boot
  - wchodzi pętlę task schedulera
- PlatformLCDC
  - podłącza wewnętrzną inicjalizację do MainC
  - inicjalizuje kontroler LCD
  - dostarcza interfejs LCDDriver
- SerialActiveMessageC
  - bierze z platformy PlatformSerialC, który dostarcza interfejs UartStream
  - podłącza kod pakietowej obsługi portu szeregowego
  - dostarcza m. in. interfejs AMSend z metodą send()

Obszary systemu TinyOS

- Platforma dostarcza kilkanaście komponentów do obsługi urządzeń (np. strumień bajtów)
- Biblioteki TOS dostarczają swoje komponenty z usługami wyższego poziomu (np. transmisja pakietowa)
- Aplikacje dostarczają moduły implementujące logikę aplikacji

Elementy te zbierane są razem i łączone za pomocą konfiguracji, w efekcie czego uzyskujemy działający program.

Przykład: 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

Problem:

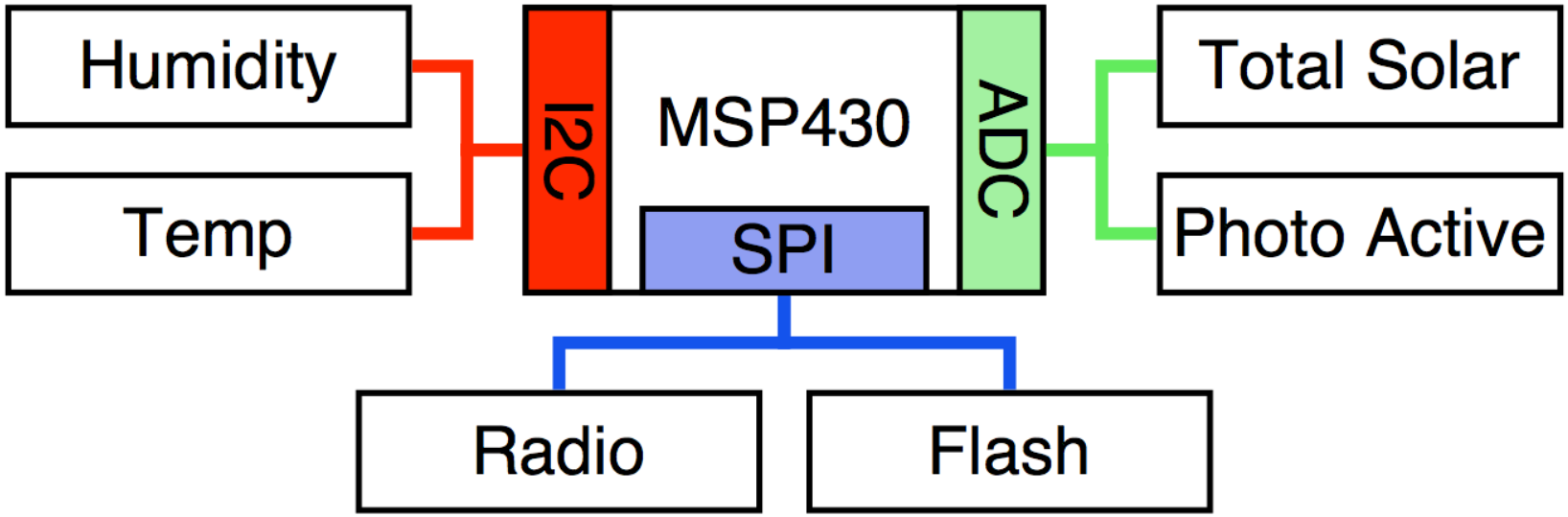
- Sterowanie urządzeniem wymaga zegarów. Potrzebujemy ich dużo.
- Jest tylko parę (zwykle 3) na jednym procesorze.

Rozwiązanie:

- Wirtualizacja zasobu:
  - TinyOS dostarcza generyczny komponent zegar: TimerMilliC
  - Możemy mieć wiele instacji jego i używać go jak zegara sprzętowego.
  - Jest Singleton, który kontroluję dostęp do sprzętu przez interfejs Alarm.
- Alokujemy dokładnie tyle zasobów ile potrzeba.
- Unikamy niepotrzebnych zależności pomiędzy komponentami.

Case study: Integrated concurency and power management

Problem:



Case study: Integrated concurency and power management

Problem:

- Kilka szyn komunikacyjnych
- Każda ma kilka urządzeń, ale obsługiwać może tylko jedno
- Wszystko trzeba jeszcze włączać i wyłączać

Case study: Integrated concurency and power management

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

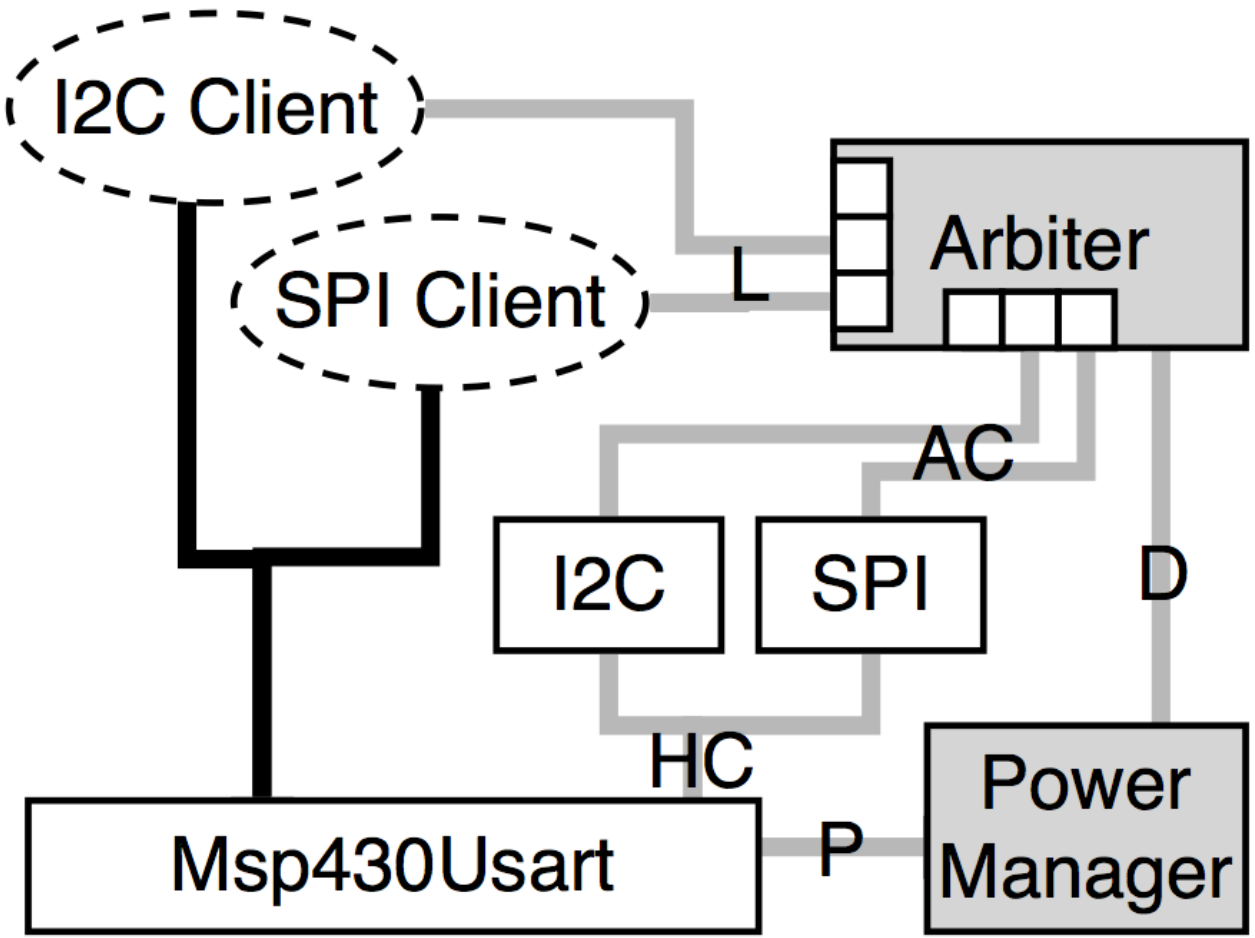
Okazuje się, że oba problemy są mają wspólne rozwiązanie.

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: Integrated concurency and power management

- Klient prosi o zasób
- Arbiter rozpatruje zapytania
- Jeśli urządzenie wyłączone, konfiguruje je
- Power manager dba by procesor nie przeszedł w zbyt głęboki stan uśpienia
- Klient dostaje urządzenie gotowe do działania
- Potem je zwalnia
- Gdy zabraknie już rządań urządzenie jest wyłączane

Case study: Integrated concurency and power management

- Osąga to efektywność bliską 99% ręcznie dostrojonym rozwiązaniom.
- Pamiętajmy, że chcemy możliwie skrócić czas gdy prądożerne urządzenia są włączone, więc ciągle coś włączamy i wyłączamy - a tu takiego kodu prawie nie ma

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;
```

Słowo o debugowaniu

- Ważnym probleme jest to, że aplikacje jest dość trudno debugować
- Mamy funkcję printf
- Dla Chronos'a działa nawet debugger w Eclipse!

Najczęstrzy przypadek jest i tak taki: Miała świecić dioda. Wgrywamy - nie świeci. I co?
Piotr opowie więcej jak temu zaradzić.