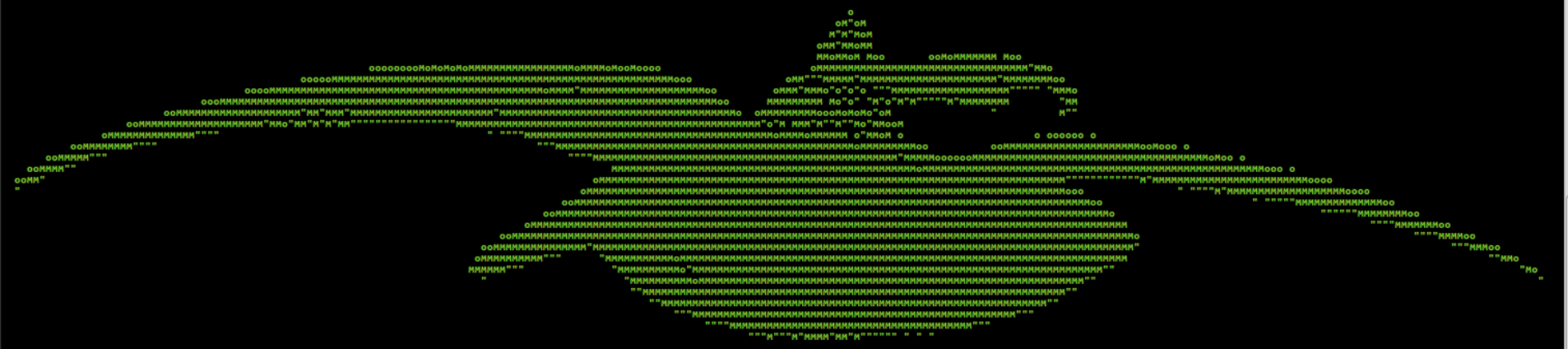
Les Universités du Tetal@b



Des Proto (pseudo) Threads pour l'Arduino

Un peu d'histoire

- Donald Ervin Knuth
  - 1973-1978 TAOCP : faire coopérer 2 unités de code plutôt que l'une contrôle l'autre par appel

- Thomas Douglas Selkirk Duff
  - 1983 Duff's device pour Lucasfilm :
    - rentrer dans une boucle et sauter sa condition avec les cases d'un switch ! (c'est possible en C)

- Simon Tatham
  - 2000 Coroutines in C

- Adam Dunkels & Oliver Schmid
  - 2005-2006 ProtoThreads

Quel est le problème ?

- Si le monde réel était séquentiel ce serait simple
- Mais, plus il y a de traitements simultanés,

  capteurs, actionneurs, écran, communications ...
- Plus le code devient compliqué

  à lire, corriger, maintenir ...
- Il faut abstraire et rendre modulaire pour :

  cacher la complexité, avoir une vue synthétique,
  ne pas se perdre dans les détails ...
- Trouver une représentation assez bonne !

Comment exprimer le problème ?

- Machine d'état complète pour tout le processus
  - Un automate à état est relativement complexe
- Parallélisme réel des tâches
  - Multiprocesseur ou virtuellement en parallèle
- Moniteur préemptif
  - Requiert des ressources, non déterministe, problèmes des priorités
- Véritable thread
  - Utilisation de routines d'interruption
  - Requiert une bonne quantité de mémoire
- Protothreads légers
  - Pseudo threads avec commutation simplifiée

Proto Threads, c'est quoi ?

- C'est simuler du parallélisme sur un seul processeur.
- On écrit les traitements sans les séquencer.
- Chaque traitement a des conditions d'exécution.
- Un traitement bloqué passe le CPU à d'autres.
- Très légers, avec juste un index qui mémorise où revenir dans le code entre chaque activation.
- Ce qui produit un code conduits par les évènements sans la complexité d'un automate à états ni le recours à un moniteur temps réel.

Proto Threads, pourquoi ?

- Le plus souvent le switch/case est utilisé pour réaliser une machine à états concurrents.
- Les macros des « proto thread » fournissent simplement un niveau d'abstraction au dessus.
- De ce fait le code est plus linéaire et la logique d'ensemble est mieux visible

Machines & applications cibles

- Systèmes enfouis
- Systèmes à faible mémoire
- Pile de protocoles dirigés par événements
- Réseau de capteurs
- Avec ou sans moniteur temps réel (RTOS)
- Problème à tâches coopératives

Variétés de Proto Threads (PT)

- Au départ Adam Dunkels
  - Inspiré par Duff, Knuth & Tatham
  - Langage C générique généré par le préprocesseur (cpp)
  - Permet de choisir le mécanisme de réactivation,
    - « switch / case » ou « goto / label »
- Adaptations sur Arduino
  - roboticsbackend.com/wp-content/uploads/2019/06/pt.zip
  - playground.arduino.cc/Code/TimedAction
  - http://code.google.com/p/arduinode/downloads/detail?name=pt.zip

Proto Threads, propriétés

- Multi tâche coopératif
  - Utilise 2 octets / threads
- Attentes sans multi-threading
- Pas de commutation de contexte
  - Les variables ne sont normalement pas maintenu entre appel.
- Portable, pur C, sans assembleur
- Utilisable avec ou sans système d'exploitation

Proto Threads, limitations

- Dans la fonction du PT déclarer « static » les variables à mémoriser entre les appels
- Ne pas utiliser l'instruction « switch » au sein du proto thread
- Pas d'imbrication de proto thread, utiliser les macros dédiées
- Pas d'agenceur (scheduler)

Proto Threads, « hacktuce »

- Utilise les macros du préprocesseur C
  - pour cacher le « truc », la complexité & l'illisibilité !
- Une macro mémorise où il faut revenir (reprise)
  - Par n° de ligne : directive __LINE__ et instruction « switch »
  - Ou, par pointeur de label et goto
  - D'autres techniques existent : longjump, ...
- Le PT exécute du code et « return » s'il faut attendre un délai ou qu'une condition se réalise
- Au prochain appel du thread, le paramètre «reprise» permet de reprendre le traitement au point voulu

Proto Threads, code de base

- Structure de données « pt », 1 pt / proto threads
  - unsigned short lc_t ; struct pt { lc_t lc; } ; // un entier
- Macros de base
  - PT_INIT(pt)
  - PT_BEGIN(pt)
  - PT_END(pt)
  - PT_WAIT_UNTIL(pt, condition)
  - PT_WAIT_WHILE(pt, condition)
  - PT_EXIT(pt)
  - PT_YIELD(pt)
- Usage
  - Init du thread
  - Début code du thread
  - Fin code du thread
  - Attente condition
  - Tant que condition
  - Terminaison du thread
  - Sortie du thread

Le problème à 2 LEDs sans threads

```
/*  Projet: UD4S atelier thread pour l'Arduino        08/08/20  */
const byte L1=10, L2=11; // 2 leds à gérer
long former[2]={0, 0};   // mémorise la dernière commutation

void setup() {
  pinMode(L1, OUTPUT); digitalWrite(L1,HIGH);
  pinMode(L2, OUTPUT); digitalWrite(L2,HIGH);
  former[0] = former[1] = millis();
}
void loop() {
  BlinkLed(L1, 1400, former[0]);
  BlinkLed(L2, 3000, former[1]);
}
void BlinkLed (int led, int period, long& former ) {
  if ((millis() - former) >= period) {
    digitalWrite(led, !digitalRead(led));
    former = millis();
  }
}
```

Même chose avec proto threads 1/2

```
/*  Projet: UD4S atelier thread pour l'Arduino        08/08/20  */
const byte L1=10, L2=11;       // 2 leds à gérer
#include "pt.h"                // inclusion proto thread

static struct pt ptL1, ptL2 ; // un par proto thread
void setup() {
  pinMode(L1, OUTPUT); digitalWrite(L1,HIGH); PT_INIT(&ptL1);
  pinMode(L2, OUTPUT); digitalWrite(L2,HIGH); PT_INIT(&ptL2);
}
static PT_THREAD(ptBlink1(struct pt *pt, int period)) {
  static long former=0;        // valeur conservée entre appels
  PT_BEGIN(pt); /*---------------------- Début de code du proto thread */
  While (1) {
  /* À chaque appel la condition est évaluée, si faux => return */
    PT_WAIT_UNTIL(pt, millis() - former >= period );
    digitalWrite(L1, !digitalRead(L1));
    former = millis(); }
  PT_END(pt);  /*------------------------ Fin de code du proto thread */
}
```

Même chose avec proto threads 2/2

```
static PT_THREAD(ptBlink2(struct pt *pt, int period)) {
  /*------ code analogue à ptBlink1 ------*/
}
/* Boucle traitement, on lance chaque proto thread avec ses paramètres
*/
void loop() {
  ptBlink1(&ptL1, 1400);
  ptBlink2(&ptL2, 3000);
}
```

- Chaque fil/thread est isolé dans une fonction
- Ici code plus verbeux, mais complexité cachée
- Code plus facile à faire évoluer :
  - L'ajout d'un thread c'est juste une fonction de plus

« #include "pt.h" » les inits

```
typedef unsigned short lc_t;
#define LC_INIT(s) s = 0; /* LC_INIT */
#define LC_RESUME(s) switch(s) { case 0:  /* LC_RESUME  */
#define LC_SET(s) s = __LINE__; case __LINE__: /* LC_SET line */
#define LC_END(s) }  /* LC_END */
struct pt {
  lc_t lc;
};
#define PT_WAITING 0
#define PT_YIELDED 1
#define PT_EXITED  2
#define PT_ENDED   3
#define PT_INIT(pt)   LC_INIT((pt)->lc) /* PT_INIT */
```

- « lc » (pour « local continuation ») contiendra la ligne de départ du thread, et c'est ce nombre qui permet ensuite de revenir dans le bon case du « switch » crée dans ce thread

« #include "pt.h" » le reste

```
#define PT_THREAD(name_args) char name_args  /* PT_THREAD */

#define PT_BEGIN(pt)                                    \
   { char PT_YIELD_FLAG = 1; LC_RESUME((pt)->lc)  /* PT_BEGIN */

#define PT_WAIT_UNTIL(pt, condition)                    \
  do {                                                  \
    LC_SET((pt)->lc);                                   \
    if(!(condition)) {                                  \
      return PT_WAITING;                                \
    }                                                   \
  } while(0)  /* PT_WAIT_UNTIL */

#define PT_END(pt) LC_END((pt)->lc); PT_YIELD_FLAG = 0; \
  PT_INIT(pt); return PT_ENDED; }  /* PT_END */
```

- Pour cet exemple on regroupe la lib dans un seul .h, agrémenté de commentaires, et on se limite au 3 macros de base avec PT_WAIT_UNTIL.

Que voit-on après l'inclusion ?

- Passons le préprocesseur :
  - avr-cpp -E -CC blink_pt.ino -o blink_pt.pp
  - Avec :
    - « -E » préprocesseur seul (sans compil ni link)
    - « -CC » garder les commentaires du pt.h
- Code obtenu après substitution de PT_INIT :

```
void setup() {
  pinMode(L1, OUTPUT); digitalWrite(L1,HIGH);
  pinMode(L2, OUTPUT); digitalWrite(L2,HIGH);
  (&ptL1)->lc = 0; /* LC_INIT */ /* PT_INIT */;
  (&ptL2)->lc = 0; /* LC_INIT */ /* PT_INIT */;
}
```

- PT_INIT « appelle » LC_INIT qui initialise lc à 0

Que voit-on après l'inclusion ?

```
static char ptBlink1(struct pt *pt, int period) /* PT_THREAD*/ {
 static long former=0;
 { char PT_YIELD_FLAG = 1; switch((pt)->lc) { case 0: /* LC_RESUME*/ /* PT_BEGIN*/;

 while (1) {
  do { (pt)->lc = 18; case 18: /* LC_SET line*/; if(!(millis() - former >= period))
{ return 0; } } while(0) /* PT_WAIT_UNTIL*/;
  digitalWrite(L1, !digitalRead(L1));
  former = millis();
 }
} /* LC_END*/; PT_YIELD_FLAG = 0; (pt)->lc = 0;/* LC_INIT*/ /* PT_INIT*/; return 3;} /*
PT_END*/;
}
```

- PT_BEGIN crée un « switch » avec le 1er « case 0 »
- PT_WAIT_UNTIL crée un « do while(0) » avec le « case 18 » de reprise, fait avec le n° de ligne, puis renvoie 0 si condition vraie
- PT_END ferme le « switch » et renvoie 3 (« PT_ENDED »)

«Do while» imbriqué dans le «Switch»

```
static char ptBlink1(struct pt *pt, int period) /* PT_THREAD*/ {
  static long former=0;
  { char PT_YIELD_FLAG = 1;
    switch((pt)->lc) /* ou va-t-on ? */                    SWITCH (lc)
      {
        case 0: /* LC_RESUME*/ /* PT_BEGIN 1er passage */;
        while (1) { /* while vrai */
            do {                                          DO WHILE (FAUX)
                (pt)->lc = 18; /* note le n° de line */
        case 18: /* LC_SET line*/ ; /* case de reprise */
                if(!(millis() - former >= period)) {
                  return 0 ; } /* condition fausse */
            } while(0) /* PT_WAIT_UNTIL */; /* do while faux */
            digitalWrite(L1, !digitalRead(L1)); /* condition vraie */
            former = millis();
        } /* while (1) */
      } /* LC_END ferme la "{" du switch */;
    PT_YIELD_FLAG = 0; (pt)->lc = 0; /* LC_INIT*/ /* PT_INIT*/;
    return 3;
  } /* PT_END  ferme la 1ère "{" du PT_BEGIN */ ;
}
```

Après le 1er appel et pour cet exemple on revient toujours ici

La suite au prochain épisode