

Mise en œuvre du protocole MODBUS

Durée : 3 x 55'

Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter MODBUS dans un dialogue avec un périphérique. - Acquérir et transmettre une information provenant d'un capteur
Prérequis	<ul style="list-style-type: none"> - Le cours <i>Le protocole MODBUS.pptx</i>
Ressources à disposition	<ul style="list-style-type: none"> - Microcontrôleur ATmega328 programmé en esclave MODBUS - Environnement de développement ARDUINO - Utilitaire de calcul du crc <i>crc16.swf</i> - Kit de capteurs Grove - Projet github <i>sn.modbus</i> - Document Schneider Electric <i>Guide d'intégration du protocole modbus.pdf</i>
Savoirs / compétences visées	<ul style="list-style-type: none"> - S7 Réseaux, télécommunications et modes de transmission <ul style="list-style-type: none"> • S7.1 Transmission du signal en bande de base • S7.3 Protocoles de bas niveau : protocole MODBUS - S5 Solutions constructives des systèmes d'information <ul style="list-style-type: none"> • S5.1 Architecture matérielle du traitement de l'information • S5.2 Traitement logiciel des E/S

Mise en situation

Vous avez étudié différents capteurs et actionneurs (résistif, télémètre, etc.) en Sciences Physiques avec J.P. MAY, et vous les avez exploités en informatique en les connectant à une carte à microcontrôleur.

Vous avez étudié, sur le papier, la façon de construire une requête MODBUS puis de décoder la trame de réponse pour dialoguer avec un dispositif.

Dans ce TP vous allez communiquer, depuis votre PC, avec une carte programmée en esclave MODBUS (vous, serez donc le maître du bus), en utilisant le protocole MODBUS. En envoyant une trame conforme au protocole, vous lirez la valeur d'un capteur que vous aurez vous-même connecté et mis en œuvre. Pour effectuer la mesure, vous utiliserez le CAN intégré au microcontrôleur de l'esclave.

Travail à faire

Votre premier objectif est de **construire puis d'envoyer à l'esclave N°4 (carte Arduino) une trame MODBUS** qui permet de lire les registres de l'esclave (W001 à W030).

Votre second objectif est de **connecter un capteur à la carte Arduino** de façon à pouvoir ensuite lire sa valeur grâce au protocole MODBUS :

Vous devrez donc connecter un capteur (choisi dans le kit Grove) à la carte Arduino, programmer en C la lecture de sa valeur, puis placer le résultat dans un registre (W005), ceci dans l'IDE Arduino. Ensuite vous devrez **lire la valeur du capteur depuis le PC grâce au protocole MODBUS**.

L'objectif pédagogique du TP est de vous apprendre à construire et à décoder des requêtes MODBUS, et de savoir communiquer l'effet de cette requête.

1. Validation du montage de l'esclave MODBUS

L'objectif de cette partie est de valider le montage, le bon fonctionnement de l'esclave MODBUS, et le bon fonctionnement de la communication entre le PC et l'esclave (carte Arduino).

Vous devez suivre les étapes suivantes :

- **Connectez un Arduino** équipé d'une la barre de LED, à votre PC.
- **Clonez ou téléchargez le projet** <https://github.com/DaKprofSNir/sn> vers votre espace personnel sur Z:\
- **Lancez l'environnement Arduino** en appelant le programme *modbus.ino* situé dans le dossier que vous avez déplié depuis l'archive.
- **Lancez le programme crc16.swf** (il s'ouvre avec Firefox, IE, ou Chrome) qui vous servira pour calculer et pour vérifier un crc16.
- **Lancez la calculatrice en mode programmeur**, elle vous servira à effectuer les conversions décimal / hexadécimal.
- **Compilez** et téléverser le programme dans la carte Arduino.
- **Ouvrez le moniteur série**, placez-le en **9600 bauds** et en **mode "NL & CR"**
- Envoyez la trame **040300030001745F** par le moniteur série.

La réponse attendue de l'esclave doit être exactement **040302ABCDCAE1**

Vous pouvez minimiser l'environnement de développement Arduino pour ne laisser à l'écran que le moniteur série, le programme crc16.swf, et la calculatrice, dont vous allez avoir besoin pour la suite.

*Vous venez de valider le montage :
L'esclave MODBUS fonctionne, et la communication avec le PC fonctionne également.*

À présent vous allez décoder et comprendre les trames que vous venez d'observer.

2. Décodage de l'échange

Quelle question avons-nous posée à l'esclave pour valider notre montage ? Pour le savoir vous allez décoder ces trames, de la même manière que nous l'avons fait en TD.

Séparez les différents champs de la requête dans un tableau :

Requête du maître : 04 03 0003 0001 745F

N°escl. (1 octet)	N°fonc. (1 octet)	Paramètres		CRC (2 octets)
		N°registre (2 octets)	Nbre de registres (2 octets)	

Complétez le tableau ci-dessus.

Exprimez en français ce que signifie cette trame :

Complétez la phrase suivante :

Lire mot(s) à partir du registre W..... dans l'esclave

Réponse de l'esclave : 040302ABCDCAE1

N°escl. (1 octet)	N°fonc. (1 octet)	Paramètres		CRC (2 octets)
		Nbre d'octets (1 octet)	Valeur(s) (n mots de 16 bits)	

Complétez le tableau ci-dessus.

Exprimez en français ce que signifie cette trame :

Complétez la phrase suivante :

L'esclave exécute la fonction et renvoie en ... octets la valeur

***Vous savez décoder et interpréter une communication effectuée avec le protocole MODBUS.
À présent vous allez construire votre propre trame pour lire une information dans l'esclave.***

3. Lire la température interne du microcontrôleur.

Le microcontrôleur ATmega 328 de la carte Arduino comporte un capteur de température interne. Sa valeur est placée dans les registres W001 et W002 de la mémoire de l'esclave MODBUS de la façon suivante :

W001 : partie entière de la température (environ 25° au début du TP)

W002 : partie décimale de la température (nombre de centièmes de degrés Celsius après la virgule)

Une température de 10,01° serait donc encodée ainsi : W001=0x000A et W002=0x0001

Dans cette partie vous allez construire la requête permettant de connaître la température interne du microcontrôleur, puis vous allez communiquer avec l'esclave afin d'avoir la réponse.

C'est une **lecture** donc nous utiliserons la **fonction MODBUS 0x03**.

Requête du maître :

Lire 2 mots à partir du registre W0001 dans l'esclave n° 4.

N°escl. (1 octet)	N°fonc. (1 octet)	N°registre (2 octets)	Nbre de registres (2 octets)	CRC (2 octets)
04	03	0001	0002

Complétez le tableau ci-dessus en y ajoutant le CRC.

*Pour trouver le CRC servez-vous du programme **crc16.swf** en saisissant **040300010002** dans la fenêtre puis cliquez sur "Calculer".*

Note : L'esclave vérifie le CRC afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'erreur de communication, et il ne répondra pas si le CRC est faux ou s'il est manquant. Il faut donc le calculer.

Interrogez l'esclave avec la trame que vous venez de compléter en utilisant le moniteur série.

Réponse de l'esclave :

Complétez le tableau à partir de la réponse de l'esclave que vous avez relevée :

N°escl. (1 octet)	N°fonc. (1 octet)	Nbre d'octets (1 octet)	Valeurs (2 mots de 16 bits)		CRC (2 octets)

Convertissez en décimal les valeurs renvoyées par la carte Arduino afin de connaître sa température. Vous pouvez à présent donner en français la signification de cette trame :

L'esclave est a une température interne de ° Celsius.

Vous venez d'interroger à distance un dispositif MODBUS sur la valeur d'un capteur qui lui est connecté. Vous allez par la suite choisir votre propre capteur, le connecter, et l'interroger.

4. Choix d'un capteur étudié en Sciences Physique

Vous devrez connecter un capteur Grove **sur l'entrée analogique A0 de l'Arduino**, lire la valeur rapportée par le CAN, puis placer cette valeur dans le **registre W004**.

Le choix du capteur vous appartient pourvu qu'il délivre une valeur analogique. Choisissez à votre convenance celui que vous préférez.

Choisissez un capteur parmi la liste ci-dessous:



Un capteur de température



Une photorésistance



Un potentiomètre



Un microphone

Vous pouvez trouver des informations complémentaires sur internet.

http://www.seeedstudio.com/wiki/Grove_-_Starter_Kit_Plus

Je choisis d'utiliser le capteur

Vous venez de faire le lien entre les technologies de capteurs que vous avez étudié, et leur mise en œuvre en informatique.

5. Acquisition de la valeur du capteur étudié en Sciences Physiques

Dans cette partie vous devez réutiliser l'exemple de mise en œuvre que vous avez proposé en cours de Sciences Physiques, pour acquérir la valeur du capteur.

Vous allez placer cette valeur dans un registre mémoire de l'esclave MODBUS, afin de pouvoir, au chapitre suivant, interroger l'esclave et lire la valeur.

Ajoutez le programme de lecture de la valeur du capteur par le C.A.N. à l'intérieur de la fonction prévue à cet effet :

Le fichier modbus_CAPTEUR.ino contient la fonction suivante qu'il vous faut compléter.

```
void getEtatDuCapteur( void ){
    word Valeur=0;

    //completez cette fonction en vous appuyant sur votre cours de physique

    memoire[ 0004 ] = Valeur;
    // la valeur deviendra automatiquement accessible par la fonction 3 MODBUS
}
```

Quelques éléments de programmation qui peuvent vous aider dans la réalisation du programme :

Une façon générale de programmer une lecture analogique est :

```
| Valeur = analogRead(0);
```

Si vous utilisez la fonction de transfert que vous avez mises au point pour ce capteur en cours de Sciences Physiques, vous devez convertir la valeur réelle (float en langage C) en valeur entière car la fonction MODBUS LECTURE permet seulement de lire des valeurs entières.

La façon la plus simple de convertir un float en word en gardant quelques chiffres après la virgule est de multiplier par 100 ou par 1000. Par exemple on transformera des Volts en millivolts avant d'enregistrer la valeur dans le registre :

```
| Valeur = (word)(1000.0 * analogRead(0) * 5.0 / 1024.0 );
```

Si vous n'utilisez pas de fonction de transfert :

Dans ce cas il suffit de renvoyer directement la valeur lue par le C.A.N. :

```
| Valeur = analogRead(0);
```

Vous venez d'effectuer une mesure d'un capteur, et vous avez placé sa valeur dans un registre de l'esclave MODBUS.

***Cela suffit à rendre cette information accessible et lisible via le protocole MODBUS !
C'est ce que vous allez démontrer au paragraphe suivant.***

6. Lire à distance la valeur du capteur en utilisant le protocole MODBUS.

Requête du maître : Lire 1 mot à partir du registre W004 dans l'esclave 4

Complétez le tableau :

N° escl. (1 octet)	N° fonc. (1 octet)	Paramètres		CRC (2 octets)
		N° registre (2 octets)	Nbre de registres (2 octets)	

Interrogez l'esclave avec la trame que vous venez de constituer, en utilisant le moniteur série.

Rappel : vous avez besoin de calculer le CRC, servez-vous du programme crc16.swf

Notez la réponse de l'esclave :

Complétez le tableau pour décoder la réponse :

N° escl. (1 octet)	N° fonc. (1 octet)	Paramètres			CRC (2 octets)

Convertissez en décimal les valeurs renvoyées.

.....

.....

Interprétation de la réponse (exercice de communication technique)

Traduisez cette réponse en français.

Par exemple : "La valeur relevée au potentiomètre est de 3,21 Volts."

.....

Vous venez de construire entièrement une requête conforme au protocole MODBUS, vous avez communiqué cette requête à l'esclave via la liaison série, et vous avez décodé sa réponse.

Le TP est terminé. S'il vous reste du temps je vous propose au paragraphe suivant un petit exercice d'entraînement.

7. Exercices facultatifs : fonctions lecture et écriture

L'esclave comporte deux ports permettant de lire des entrées TOR, et d'écrire des sorties TOR.

Écriture sur une sortie

Dans l'esclave, le mot W0005 est le port de sortie. Les bits zéro à 6 commandent les broches 8 à 13 de l'Arduino. Le bandeau de LED est lui aussi connecté sur les broches 8 à 13 et GND de l'Arduino.

a. Test du bandeau de LED

La requête 04060005FFFF982E met à 1 tous les bits de W0005, provoquant l'allumage complet.

b. Déterminez la requête qui allumera une LED sur deux.

N°escl.	N°fonc.	Paramètres	CRC

Lecture d'une entrée

Dans l'esclave, le mot W0006 est le port d'entrée. Les bits zéro à 6 reflètent l'état des broches 2 à 7 de l'Arduino (on ne pouvait pas se servir des broches 0 et 1 puisqu'elles servent déjà à la liaison série).

Demandez à votre voisin de connecter sans vous dire où, un dupont mâle/mâle entre GND et l'une des broches 2 à 7 (surtout pas en 0 ou 1).

c. Déterminez la requête de lecture qui permet de lire le port d'entrée W0006

N°escl.	N°fonc.	Paramètres	CRC

d. Décodez la réponse de l'esclave pour retrouver le bit

N°escl.	N°fonc.	Paramètres	CRC

Déterminez, en décodant cette réponse, quelle broche est passée à zéro (entre 2 et 7) :

8. Bilan du TP

Dans ce TP vous avez appris à dialoguer avec un dispositif en utilisant le protocole MODBUS (S7.3 protocoles de bas niveaux).

Vous avez effectué cette communication en utilisant une liaison série (S7.1 transmission en bande de base).

Vous avez également consolidé votre connaissance des capteurs en les mettant en œuvre par programmation (S5.2 traitement logiciel des E/S).

Vous avez effectué cette mesure en utilisant un C.A.N. (on dit aussi ADC). (S5.1 Architecture matérielle du traitement de l'information)

Vous avez donc compris comment les informations provenant des capteurs sont traitées, puis transportées d'un dispositif à un autre, afin d'être utilisées par un automate programmable de type MODBUS.