

Sujet d'épreuves de la 48^e Compétition Nationale des Métiers

MÉTIER N°16 ELECTRONIQUE

MODULE C1

PROGRAMMATION EMBARQUEE – BAS NIVEAU

Soumis par :

Louis LEFEBVRE, Expert National WorldSkills France

Dominique CHATEAU, Expert Adjoint WorldSkills France

Référence du sujet : WSFR48CNAT-16-C1

Révision du sujet : 01

Date de diffusion : C2 - 17/10/2025

EXPLICATION DU MODULE

DUREE TOTALE DE L'ÉPREUVE	3 heures
DIFFUSION DU SUJET	Découvert le jour de la compétition : C2 - 17/10/2025

DESCRIPTION DU PROJET

Qu'est-ce que le temps ? Au-delà de l'une des grandeurs dont vous serez sûrement à court au cours des épreuves, le temps est une notion difficilement définissable, sujette aux plus grands débats des communautés scientifique et philosophique depuis des milliers d'années. Ce temps rythme pourtant le quotidien de toute l'humanité, et les avancées technologiques se targuent de toujours le mesurer de façon plus fine. Depuis l'avènement des technologies numériques, la maîtrise précise de l'écoulement du temps est même devenue un enjeu stratégique, tant pour le bon fonctionnement des machines (cadencement et synchronisation) que pour la souveraineté des Hommes (géolocalisation et navigation, météorologie, précision atomique pour la recherche et l'industrie...).

L'importance de la mesure de l'écoulement du temps ne date évidemment pas de l'apparition des technologies numériques : on en retrouve notamment le besoin depuis des siècles dans l'agriculture ou les rites religieux. Ce qui a significativement changé, en revanche, est la façon de se placer dans le temps et de dater les événements : parfois fonctions de la hauteur du soleil dans le ciel, parfois des cycles de la lune, parfois seulement de la volonté politique ou, aujourd'hui, calculés très précisément grâce aux fréquences des rayonnements électromagnétiques des électrons transitant entre les niveaux d'énergie des atomes de césium 133 par rapport à un événement religieux de référence survenu il y a plus de deux mille ans dont la date est incertaine, divers calendriers et conventions se sont succédé au fil des civilisations. Si l'humain usuel a seulement besoin de regarder sa montre et son calendrier au quotidien, nous vous proposons par ce sujet de découvrir certaines propriétés invraisemblables des conventions de temps et d'entrevoir la difficulté pour les historiens de dater correctement les événements du passé au regard des évolutions de notations.

Ainsi, le projet que vous réaliserez tout au long de la compétition est une carte électronique de calcul et de transmission pour un serveur de temps, appelée « *SyncOrSink* ». La carte que vous développerez aura pour fonction de mesurer le temps et de transmettre à un utilisateur ou à un équipement distant un horodatage, c'est-à-dire la date et l'heure à un instant précis.

Note : tout au long du document, le terme <REGION> est à remplacer par le trigramme associé à la région du compétiteur. Exemple : pour le compétiteur Auvergne Rhône-Alpes, le nom « 48_CNAT_16_Electronique_<REGION> » doit être remplacé par « 48_CNAT_16_Electronique_ARA ».

Région	Trigramme
Auvergne Rhône-Alpes	ARA
Bretagne	BRE
Hauts-de-France	HDF
Normandie	NOR
Nouvelle-Aquitaine	NAQ
Occitanie	OCC
Sud – Provence-Alpes-Côte-d'Azur	SUD
Sud – Provence-Alpes-Côte-d'Azur Parcours +	WPL

DESCRIPTION DU MODULE

Dans le cadre du module C1 portant sur l'évaluation des compétences en lecture de schéma et programmation bas niveau de microcontrôleur, il est demandé au compétiteur de programmer les périphériques du microcontrôleur STM32L053R8 de la carte *SyncOrSink* afin de permettre au microcontrôleur de communiquer avec les fonctions électroniques de la carte.

Pour cela, il est, entre autres, mis à disposition du compétiteur :

- Une carte *SyncOrSink*, révision 1.8
- Le schéma électronique de la carte *SyncOrSink*
- Le manuel de la HAL STM32
- Un projet STM32CubeIDE de départ implémentant une partie des fonctionnalités nécessaires pour l'épreuve

Livrables attendus

- Projet STM32CubeIDE « 48_CNAT_16_Electronique_<REGION>-C1 » complété avec les fonctionnalités attendues par le sujet.

Note

Seul le fonctionnement des fonctionnalités demandées sera évalué. La notation s'appuiera sur des tests en conditions réelles (manipulations directement sur la carte programmée) ainsi que sur des tests unitaires automatiques de la configuration du microcontrôleur. Afin d'assurer le bon fonctionnement des tests automatiques, **il est demandé au compétiteur de nommer les périphériques du microcontrôleur avec les noms décrits par le schéma technique.**

Exemple : si le flux *COM_ADDR_BIT_03* est attaché à la broche PB3 du STM32, il est attendu que le port et le pin logiciels associés soient nommés de la même façon.

Hormis les conditions détaillées ci-dessus, les choix techniques, l'organisation et la qualité du code ne seront pas regardés par le jury. Le compétiteur est libre de modifier le projet fourni à sa guise.

Note : au sein de ce document, les composants physiques et les flux de données de la carte *SyncOrSink* présents sur le schéma électronique de la carte seront identifiés grâce à *ce style de mise en forme*.

TÂCHE 1 – CONFIGURATION DU TIMER, BOUTONS UTILISATEUR ET AFFICHAGE ECRAN

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de programmer le *timer* TIM22, la lecture des boutons *BTN_DISP* et *BTN_MODE* et leur liaison aux fonctions du programme, afin de permettre le fonctionnement suivant :

- La lecture de l'état des boutons *BTN_DISP* et *BTN_MODE* doit être réalisée toutes les 10 ms par interruption du *timer* TIM22.
- L'appui sur le bouton *BTN_DISP* doit faire avancer les pages de l'écran utilisateur. La page affichée sur l'écran doit changer sur front montant de l'appui sur le bouton, c'est-à-dire lorsque le bouton est pressé, et ne changer qu'une seule fois lors d'un appui sur le bouton. Le maintien appuyé et le relâchement du bouton ne doivent pas faire changer la page. Les pages doivent s'enchaîner cycliquement dans l'ordre suivant :
 - Page d'accueil
 - Page « fréquence *timer* »
 - Page « alimentation électrique »
 - Page « état porteuse »
- La page d'accueil doit afficher le texte ci-dessous, avec « **REG** » remplacé par le trigramme de la région du compétiteur.

Ligne	Caractères																	
1	W	o	r	l	d	S	k	i	l	l	s		F	r	a	n	c	e
2			C	N	A	T	4	8		-		2	0	2	5			
3					R	E	G	I	O	N		R	E	G				

- La page « fréquence *timer* » doit afficher le texte ci-dessous, avec « **xxxxxx.xx** » remplacé par la fréquence calculée, en Hz, de l'interruption du *timer* TIM22 :

Ligne	Caractères																	
1	T	i	m	e	r		f	r	e	q	u	e	n	c	y			
2																		
3	T	I	M	2	2	:		x	x	x	x	x	.	x	x		H	z

On rappelle l'expression de la fréquence de l'interruption d'un *timer* STM32, avec PSC et ARR les registres du STM32 : $F_{interruption}[Hz] = \frac{F_{timer}[Hz]}{(PSC+1)(ARR+1)}$

Livrables attendus

- L'appui sur le bouton *BTN_DISP* change la page affichée sur l'écran utilisateur en suivant l'ordre cyclique indiqué ci-dessus.
- La page d'accueil affiche le texte indiqué, avec le trigramme de la région du compétiteur.
- La fréquence affichée sur la page « fréquence *timer* » permet d'attester que le *timer* TIM22 est correctement configuré.

TÂCHE 2 – TENSIONS D’ALIMENTATION

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur d’afficher sur la page « alimentation électrique » de l’écran utilisateur la tension des alimentations électriques non régulées en provenance du connecteur `J_PS1`. Pour cela, il est demandé au compétiteur de configurer la lecture des flux `PS_EXT_P_Voltage` et `PS_EXT_N_Voltage` et d’afficher, sur la page « alimentation électrique », le texte ci-dessous, avec « **xx.xxx** » les tensions d’alimentation de la carte fournies sur le connecteur `J_PS1` :

Ligne	Caractères																
1	P	o	w	e	r		v	o	l	t	a	g	e	s			
2	P	S	_	E	X	T	_	P	:		x	x	.	x	x	x	V
3	P	S	_	E	X	T	_	N	:		x	x	.	x	x	x	V

Note

La carte *SyncOrSink* dispose de trois tensions d’alimentation régulées : +5V, -5V et +3.3V. Ces trois tensions régulées sont produites par le circuit de régulation de l’alimentation de la carte, à partir de deux tensions `PS_EXT_P` et `PS_EXT_N` externes non régulées fournies sur le connecteur `J_PS1`. Bien que la carte fonctionne nominale à partir de `PS_EXT_P` = +5V et `PS_EXT_N` = -5V, ces tensions peuvent respectivement monter jusqu’à +9V et descendre jusqu’à -9V sans endommager la carte.

Quoi qu’il en soit, le STM32 n’est capable de lire que des tensions positives jusqu’à +3.3V : les flux `PS_EXT_P_Voltage` et `PS_EXT_N_Voltage` sont ainsi respectivement des translations de [0;+9V] et [-9V;0] vers [0;+3.3V].

Livrables attendus

- Les tensions affichées sur la page « alimentation électrique » correspondent aux tensions d’alimentation `PS_EXT_P` et `PS_EXT_N` à ± 0.1 V.

TÂCHE 3 – TRANSMISSION DES DONNEES RF

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de configurer la transmission des données sur voie RF. Cette tâche se décompose en trois segments :

- L'activation de la génération de la porteuse
- La configuration de la liaison série permettant l'envoi des données
- La sélection du facteur de modulation

Activation de la génération de la porteuse

Lorsque la page affichée sur l'écran utilisateur est la page « état porteuse », et seulement dans ce cas-là, l'appui sur le bouton *BTN_MODE* doit basculer l'état d'activation de la porteuse entre « active » et « inactive ». L'état de la porteuse doit basculer sur front montant de l'appui sur le bouton, c'est-à-dire lorsque le bouton est pressé, et ne changer qu'une seule fois lors d'un appui sur le bouton. Le maintien appuyé et le relâchement du bouton ne doivent pas faire changer l'état d'activation. Par défaut, au démarrage de la carte, l'état doit être « porteuse désactivée ».

Lorsque l'état est « porteuse activée », la sortie physique *RF_CARRIER_ACTIVE* doit être positionnée et maintenue à l'état haut et le texte suivant affiché sur la page « état porteuse » :

Ligne	Caractères															
1	S	i	g	n	a	l			c	a	r	r	i	e	r	
2																
3	S	t	a	t	e	:			A	C	T	I	V	A	T	E

Lorsque l'état est « porteuse désactivée », la sortie physique *RF_CARRIER_ACTIVE* doit être positionnée et maintenue à l'état bas et le texte suivant affiché sur la page « état porteuse » :

Ligne	Caractères															
1	S	i	g	n	a	l			c	a	r	r	i	e	r	
2																
3	S	t	a	t	e	:			D	E	A	C	T	I	V	A

Configuration de la liaison série permettant l'envoi des données

Les données utiles transmises aux équipements externes doivent être produites sur une liaison série UART unidirectionnelle en transmission. Configurer la ligne *RS_DATA* avec les paramètres suivants :

- *Baud rate* : 9600 bauds
- 8 bits de données
- Bit de parité impaire
- 1 bit de stop

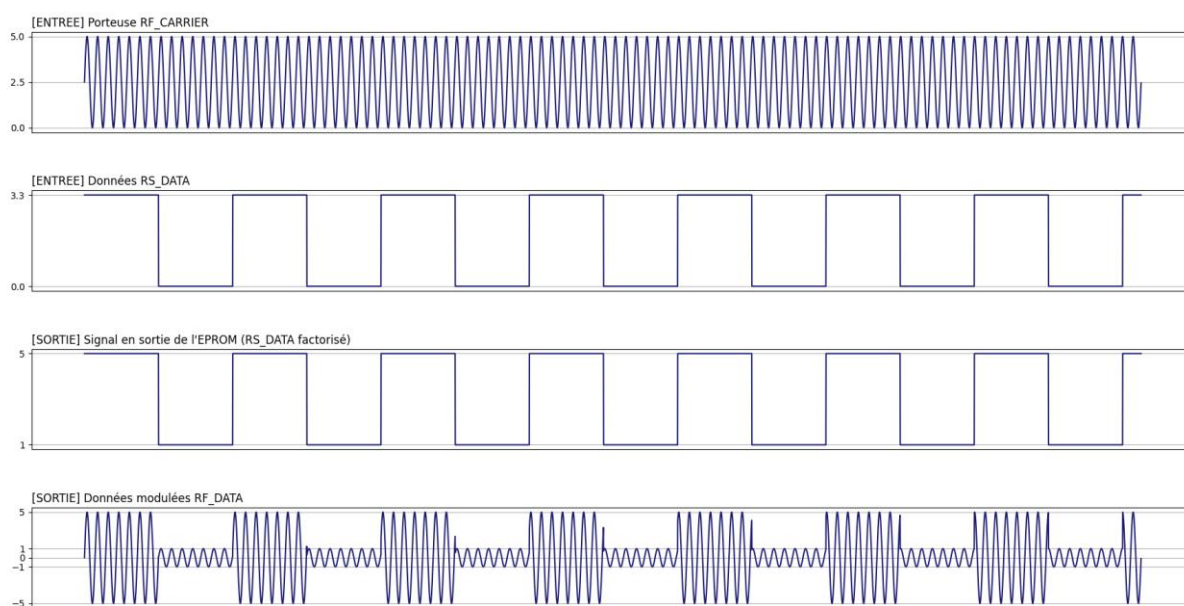
Note

Seule la configuration de la liaison série doit être effectuée. Une fois la liaison correctement configurée, la carte *SyncOrSink* transmet automatiquement la suite de caractères « pong » en boucle sur la liaison.

Sélection du facteur de modulation

Afin de convertir le signal généré sur la liaison série *RS_DATA* en un signal modulant utilisable, la carte *SyncOrSink* utilise une EPROM AT27C010 (U7) permettant d'enregistrer et restituer des valeurs prédéfinies en mémoire. Dans cette application, on souhaite que l'EPROM translate un signal bivalent {0V ; 3.3V} vers un signal bivalent {1V ; 5V}. Pour cela, l'EPROM a été pré-écrite avec la valeur 0x34 (1V) enregistrée à l'adresse 0x72, et 0xEF (5V) à l'adresse 0x73.

Il est demandé au compétiteur de configurer les ports *COM_ADDR_BIT_xx* et de positionner leur état de telle façon que le signal transmis sur la liaison série *RS_DATA* soit traduit de {0V ; 3.3V} à {1V ; 5V} en sortie du convertisseur numérique / analogique associé à l'EPROM.



Livrables attendus

- Lorsque la page affichée sur l'écran utilisateur est « état porteuse », l'appui sur le bouton *BTN_MODE* bascule l'état physique d'activation de la porteuse et affiche l'état d'activation sur l'écran utilisateur.
- La liaison série *RS_DATA* est correctement configurée.
- Pour un signal série *RS_DATA* {0 ; 3.3V}, l'EPROM AT27C010 produit un signal de sortie {1V ; 5V}.

LISTE DES ANNEXES

Annexes applicables à ce module :

Identifiant	Nom
Documents de compétition	
01	Liste des annexes de compétition
02	Planning CNAT 48 - Electronique
03	Liste du matériel autorisé
04	Barème global – Electronique
07	Barème résumé – Electronique – Module C1
Manuels d'utilisation	
13	Abréviations et unités
18	STM32CubeIDE – Manuels d'utilisation
Documentations techniques et normes	
28	Documentations techniques STM32 (HAL + registres)
34	Documentation technique ADA1655
35	Documentation technique AT27C010
Documents de conception carte <i>SyncOrSink</i>	
30	Schéma électrique complet de la carte
31	Plan d'implantation de la carte
32	Liste des composants de la carte (BOM)
33	Notice de programmation de la carte