

Programmation du déplacement en zigzag de la tondeuse

Domaine d'application :
Traitement programmé de l'information

Type de document :
Travaux Pratiques

Classe :
Terminale

Date :

∞ Mise en situation et objectifs du TP ∞

Dans le cadre d'une seconde génération de tondeuse automatique, le constructeur décide de remplacer la Partie Commande du système par un automate programmable ayant pour rôle de piloter les actionneurs en fonction des informations délivrées par les capteurs. Cette nouvelle configuration permet d'agir facilement sur certains paramètres du système (vitesse, sensibilité, réactivité, temporisations, ajout de nouvelles fonctionnalités, etc.) par simple modification du programme enregistré dans l'automate. Dans ce TP, après avoir analysé la manière dont la tondeuse se déplace en zigzag, vous allez programmer dans un automate la tâche permettant justement d'effectuer ce déplacement en zigzag.

∞ Travail demandé ∞

I - Analyse du déplacement en zigzag de la tondeuse

I - 1 - Délimitation de la zone à tondre et stratégie de tonte :

Le périmètre de la pelouse est délimité par un fil conducteur semi-enterré, formant une boucle, et relié à un boîtier d'alimentation alimenté par piles. Le boîtier d'alimentation fournit un courant haute fréquence au conducteur périmétrique ce qui permet la détection du signal par un des quatre détecteurs périmétriques embarqués dans la tondeuse. Les zones à ne pas tondre (parterres de fleurs, allées, etc.) sont délimitées de la même manière par le conducteur périmétrique. Les obstacles "rigides" (arbres, bordures, murets, ...) sont détectés par un des trois capteurs de contact situés dans les "pare-chocs" avant et arrière de la tondeuse.

Une fois mise en marche, la tondeuse effectue 4 tâches distinctes dans l'ordre, comme indiqué ci-dessous :

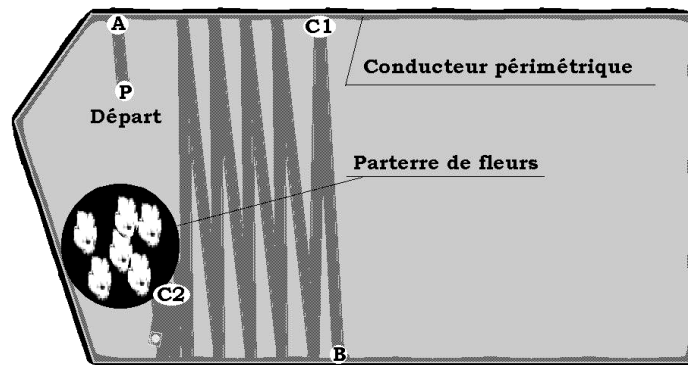


Figure 1 : Trajectoire suivie au début de la tonte

Tâche 1 : orientation de la tondeuse : l'opérateur ayant posé la tondeuse au sol en un point P quelconque de la parcelle, puis appuyé sur le bouton de démarrage, la tondeuse pivote autour d'un axe vertical dans le sens direct (noté Z+), et s'oriente vers le nord géographique à l'aide de la boussole électronique.

Tâche 2 : recherche et suivi du fil périmétrique : la tondeuse avance ensuite vers le nord jusqu'à ce qu'elle rencontre le conducteur périmétrique [point A]. Elle pivote dans le sens direct, et suit le conducteur périmétrique afin de tondre le pourtour de la parcelle. Lorsqu'elle a bouclé un tour et demi [point B], elle pivote vers l'intérieur de la parcelle et commence un cycle de tonte en « zigzag ».

Tâche 3 : tonte en zigzag : à chaque fois que la tondeuse rencontre le conducteur périmétrique [point C1] ou un obstacle [point C2], elle s'arrête, pivote autour d'un axe vertical d'environ 5 degrés, et repart en sens inverse.

Tâche 4 : pivotement de 60 degrés : si un pivotement de 5 degrés lors de la tâche T3 l'amène à sortir du périmètre, la tondeuse pivote sur elle-même de 60 degrés et repart pour un nouveau cycle de tonte en « zigzag ».

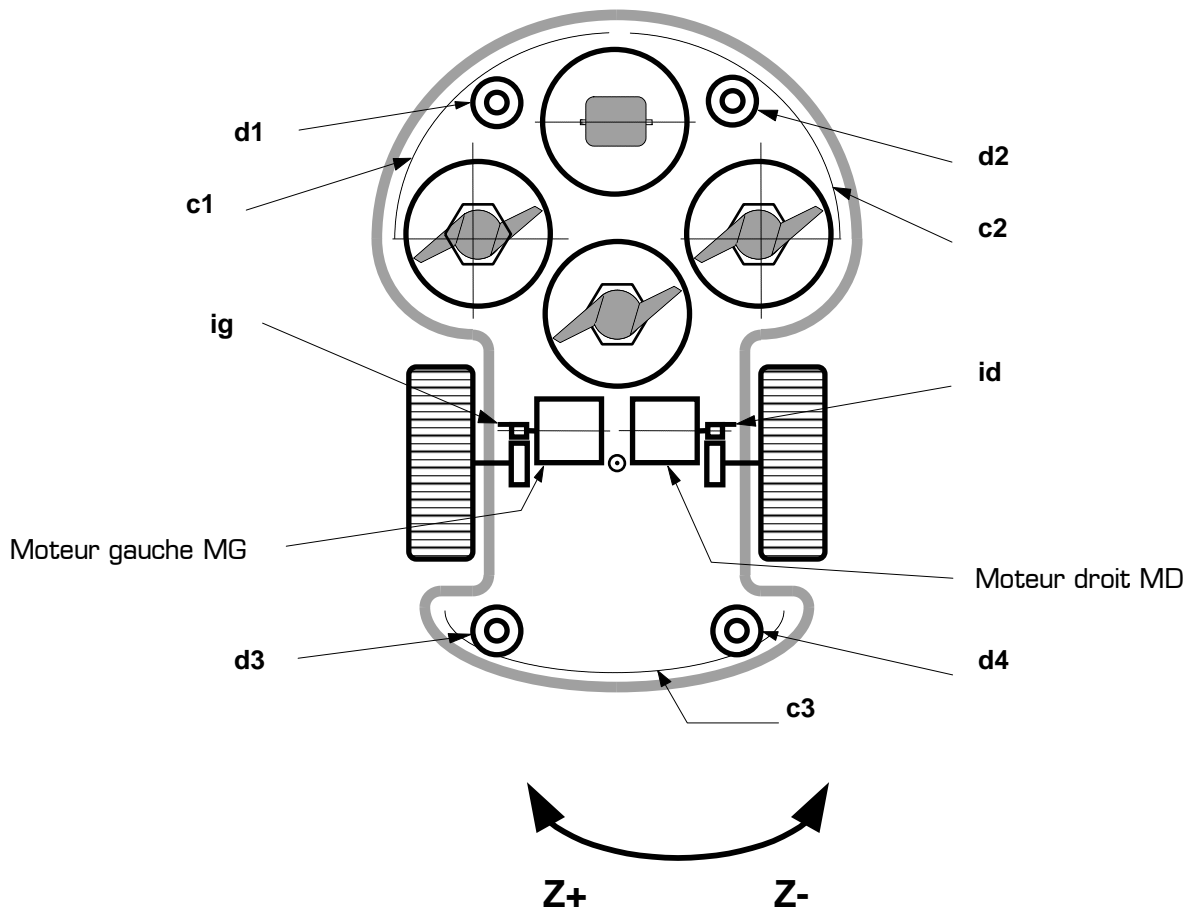


Figure 2 : Disposition des capteurs et des actionneurs sur la tondeuse vue de dessus

Remarque : pour tourner à droite la tondeuse pivote dans le sens Z+, et pour tourner à gauche elle pivote dans le sens Z-.

Capteur	Description
c1	Détecteur de choc avant gauche
c2	Détecteur de choc avant droit
c3	Détecteur de choc arrière
d1	Détecteur périmétrique avant gauche
d2	Détecteur périmétrique avant droit
d3	Détecteur périmétrique arrière gauche
d4	Détecteur périmétrique arrière droit
ig	Capteur odomètre fournissant deux impulsions par tour du moteur gauche
id	Capteur odomètre fournissant deux impulsions par tour du moteur droit

Actionneur	Description
MG	Moteur gauche
MD	Moteur droit

Inventaire des informations logiques associées aux capteurs et aux actionneurs

I - 2 - Motorisation et changement de direction de la tondeuse

Les deux roues motrices sont situées à l'arrière de la tondeuse. Elles sont montées sur un berceau réglable en hauteur. Chacune de ces deux roues est entraînée indépendamment de l'autre par un moteur à courant continu à travers un réducteur de vitesse à engrenages.

Le changement de direction est obtenu grâce à une différence de rotation des deux roues arrières. La position angulaire de chaque roue est connue grâce à un capteur. Chacun des deux capteurs est constitué d'un disque lié à l'arbre moteur, comportant deux aimants diamétralement opposés, tournant devant un détecteur magnétique.

Lorsque la tondeuse se déplace en ligne droite vers l'avant, ses deux moteurs tournent dans le « sens direct ». Lorsque la tondeuse se déplace en ligne droite vers l'arrière, ses deux moteurs tournent dans le « sens inverse ».

Durant la tâche 3 le changement de direction s'effectue après un pivotement de la tondeuse d'environ 5 degrés autour de l'axe vertical. Pour cela, chaque moteur effectue une rotation de 2.5 tours dans un sens particulier.

I - 2 - 1 - Indiquez l'état de chaque moteur de la tondeuse afin qu'elle pivote de 5 degrés dans le sens Z+ et dans le sens Z- :

Sens de rotation	Etat du moteur gauche MG	Etat du moteur droit MD
Z+ sur 5°	<input type="checkbox"/> MG reste à l'arrêt <input type="checkbox"/> rotation de 2.5 tours dans le sens direct <input type="checkbox"/> rotation de 2.5 tours dans le sens inverse	<input type="checkbox"/> MD reste à l'arrêt <input type="checkbox"/> rotation de 2.5 tours dans le sens direct <input type="checkbox"/> rotation de 2.5 tours dans le sens inverse
Z- sur 5°	<input type="checkbox"/> MG reste à l'arrêt <input type="checkbox"/> rotation de 2.5 tours dans le sens direct <input type="checkbox"/> rotation de 2.5 tours dans le sens inverse	<input type="checkbox"/> MD reste à l'arrêt <input type="checkbox"/> rotation de 2.5 tours dans le sens direct <input type="checkbox"/> rotation de 2.5 tours dans le sens inverse

I - 2 - 2 - La partie commande est informée du nombre de tours effectués par un moteur de traction grâce aux capteurs odomètres notés **id** et **ig** sur la *Figure 2*. On note N le nombre d'impulsions fourni par chaque odomètre lors d'un pivotement de 5 degrés de la tondeuse. Déterminez la valeur numérique de N, exprimée en décimal puis en binaire naturel :

.....

.....

II - Principe de la détection d'un pivotement de 5°

La *Figure 3* représente l'architecture matérielle de la carte de commande qui permet d'obtenir les pivotements de 5 degrés. Cette architecture est identique pour les deux moteurs, et contient un compteur 4 bits en binaire naturel [le circuit intégré CMOS **4520**] et un comparateur numérique 4 bits [le circuit intégré CMOS **4585**].

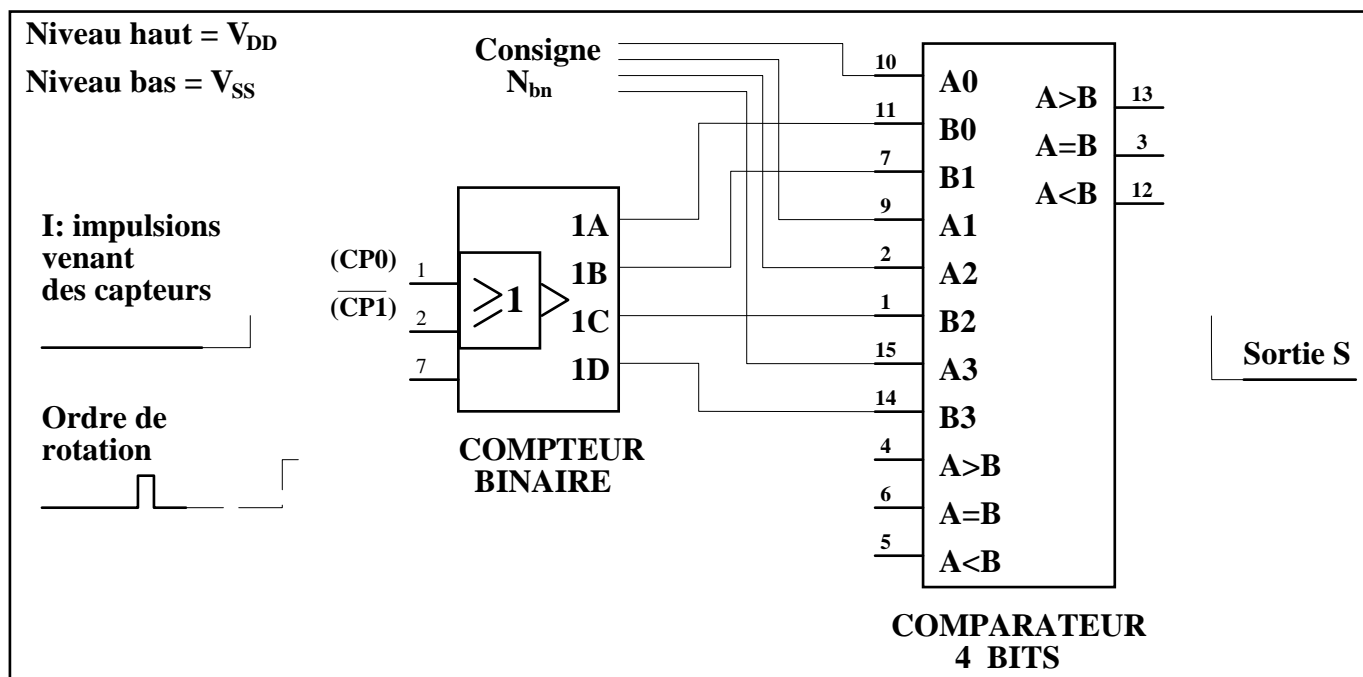


Figure 3 : carte de commande détectant une rotation de 5°

Consultez le Mémotech électronique pour obtenir les tables de fonctionnement complètes du compteur et du comparateur numérique. Concernant le nombre binaire disponible en sortie du compteur, on précise que le bit de poids fort est la sortie 1D et le bit de poids faible est la sortie 1A. Ce compteur dispose de 2 entrées d'horloge [CPO et /CP1] reliées par une porte OU et permettant de déclencher le compteur soit sur un front montant [sur CPO avec /CP1 = 1] soit sur un front descendant [sur /CP1 avec CPO = 0] comme indiqué dans sa table de fonctionnement. L'entrée n°7 du compteur réalise un Master Reset [remise à 0 des 4 sorties 1A à 1D du compteur]. Une remise à zéro du compteur est effectuée à chaque nouvel ordre de rotation, avant de compter les nouvelles impulsions.

II - 1 - Complétez le schéma de la *Figure 3* en reliant le signal venant des capteurs et l'ordre de rotation aux entrées du compteur, et en reliant la sortie S à une des sorties du comparateur. Vous fixerez également les 3 entrées de mise en cascade du comparateur à des niveaux logiques fixes en fonction du comportement désiré.

II - 2 - Validez votre solution dans le logiciel de simulation ISIS Proteus 7 en recherchant le compteur et le comparateur numérique soit dans la série **CMOS 4000** soit dans la série **TTL 74HC** de Proteus : ces 2 séries sont parfaitement compatibles. Il existe bien dans Proteus les deux circuits logiques (le compteur et le comparateur numérique) exactement identiques à ceux utilisés dans le schéma de la *Figure 3* (même fonction, même symbole, même brochage) et tous les deux en version **Schematic Model** : il vous appartient de les trouver rapidement de vous même dans Proteus en "fouillant" seulement les sous-catégories concernées. Vous effectuerez ensuite une simulation en temps réel (par opposition à une simulation dans un graphe) en connectant :

- * une roue codeuse hexadécimale **THUMBSWITCH-HEX** pour régler rapidement la valeur de la consigne **Nbn**
- * des générateurs **LOGICSTATE** sur les entrées nécessitant un niveau logique constant
- * un générateur **LOGICTOGGLE** sur l'entrée d'horloge du compteur active sur front (simulant l'odomètre)
- * des sondes **LOGICPROBE** sur les sorties logiques à visualiser

Remarques à surligner, à ajouter à la fiche mémo de Proteus, à retenir et à appliquer désormais :

- * **Avant d'utiliser un composant logique sous Proteus il faut vérifier s'il est bien Schematic Model**
- * **Si un circuit logique de la série CMOS 4000 n'est pas Schematic Model il faut rechercher l'équivalent dans la série TTL 74HC**
- * **Si un circuit logique de la série TTL 74HC n'est pas Schematic Model il faut rechercher l'équivalent dans la série CMOS 4000**

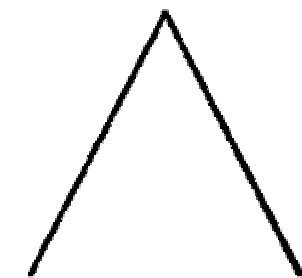
III - Remplacement de la partie commande par un automate

On désire maintenant remplacer la portion de la partie commande de la tondeuse réalisant la tâche 3 par un automate donnant au système le même comportement que le système d'origine. Chacune des tâches 1 à 4 du système est programmée dans un grafcet esclave distinct. Un grafcet maître principal est chargé de lancer chacune des tâches à tour de rôle. Seul le grafcet esclave de la tâche 3 sera abordé dans cette partie. L'automate reçoit sur ses entrées les informations des capteurs et réalise sur ses sorties les actions selon le tableau suivant :

ENTREES			SORTIES		
Rôle du capteur	Symbole des capteurs	Entrée de l'automate	Action réalisée par le système	Symbole des actions	Sortie de l'automate
Détecteur de choc avant gauche	cavg	i0	Déplacer en avant	avant	o0
Détecteur de choc avant droit	cavd	i1	Déplacer en arrière	arriere	o1
Détecteur de choc arrière	car	i2	Pivoter en Z+	pivoterzp	o2
Détecteur périmétrique avant gauche	pavg	i3	Pivoter en Z-	pivoterzm	o3
Détecteur périmétrique avant droit	pavd	i4	III - 1 - Donnez, sous la forme de deux équations logiques utilisant les différents capteurs, la condition qui provoque l'arrêt de la tondeuse lorsqu'elle est en marche avant, et lorsqu'elle est en marche arrière. Condition d'arrêt en marche avant : Condition d'arrêt en marche arrière :		
Détecteur périmétrique arrière gauche	parg	i5			
Détecteur périmétrique arrière droit	pard	i6			
Pivotement en Z+ de 5 degrés effectué	zp	i7			
Pivotement en Z- de 5 degrés effectué	zm	i8			
Commande autorisent le début un cycle de tonte en " zigzag "	zig	i9			

Table des symboles

III - 2 - Complétez ci-contre le croquis décrivant le déplacement de la tondeuse lors d'un cycle de la tâche 3. Ce croquis représente 1 zigzag (composé de 2 segments). Sur le premier segment la tondeuse roule en marche avant, et sur le second segment la tondeuse roule en marche arrière. A l'aide de flèches, indiquez le sens de déplacement de la tondeuse sur chaque segment (en marquant **AVANT** ou **ARRIERE**) ainsi que le sens de rotation aux extrémités de chaque segment (en marquant **Z+** ou **Z-**).



1 zigzag effectué par la tâche 3

III - 3 - En vous aidant du croquis et des conditions d'arrêt ci-dessus proposez dans le logiciel Automgen un grafcet du point de vue système réalisant la tâche 3 « tonte en "zigzag" », en utilisant dans les réceptivités les noms des capteurs, et dans les étapes le nom des actions donnés dans la table des symboles. Lancez la simulation de votre grafcet puis validez-le en testant la tâche 3 et en le modifiant si nécessaire. Le sens de rotation de la tondeuse [rotation en **Z+** ou rotation en **Z-**] dépend-il du côté par lequel l'obstacle est détecté [détecteur **gauche** ou **droit**] ?