

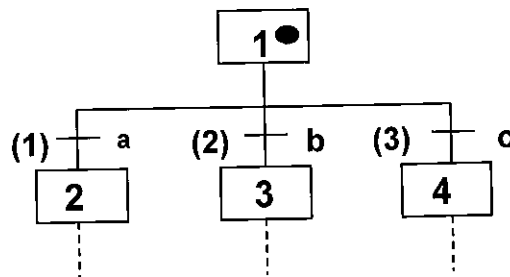
Examen « **automatisme** » (seconde session) - Durée : 2h00  
25 juin 2021  
Responsable : M. Pagès Olivier

**Sans documents, sans portable**

**Exercice 1 (6 points)**

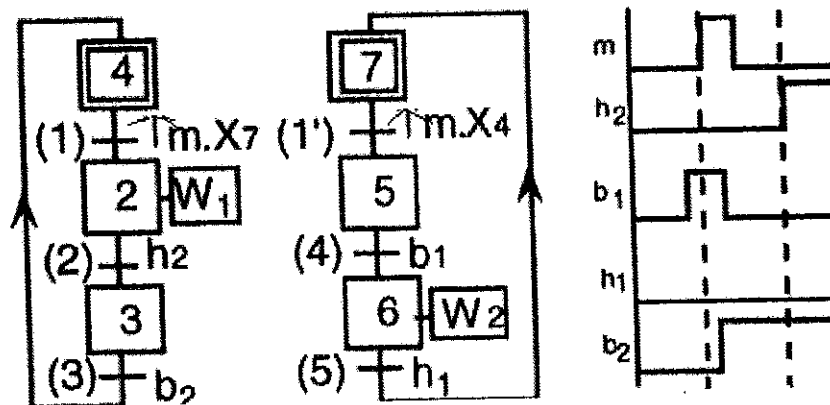
Le grafcet de la figure ci-dessous correspond-il à un conflit ?

1. Si oui, donner le schéma du comportement **équivalent** mais sans conflit ;
2. Donner la définition d'un conflit ;
3. Donner la définition d'une transition validée et d'une transition franchissable.



**Exercice 2 (7 points)**

1. Pour les chronogrammes des variables d'entrée  $m, b_1, b_2, h_1, h_2$  indiqués sur la figure ci-dessous donner : les situations stables successives ; le chronogramme des variables  $W_1$  et  $W_2$  (actions continues).



**Exercice 3 (7 points)**

A la sortie d'une chaîne de fabrication (voir figure ci-dessous), on désire installer un poste de contrôle par prélèvement d'échantillons, toutes les dix pièces.

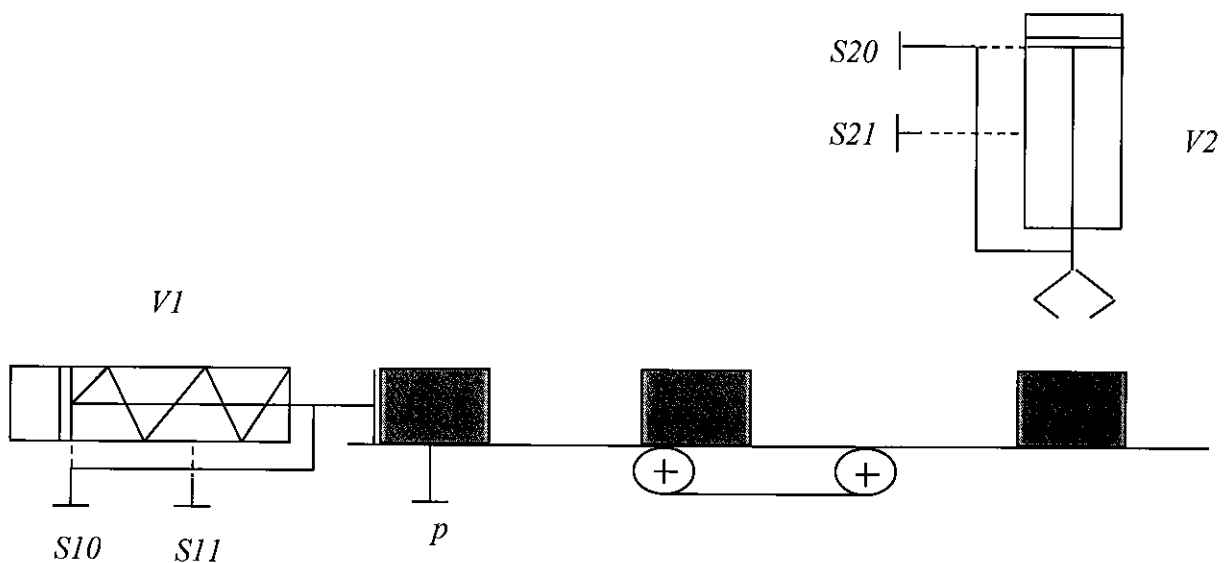
Le cahier des charges à respecter est défini par :

- Si une pièce est présente (capteur  $p$ ), une action sur la consigne  $Dcy$  provoque la sortie du vérin  $V1$ .
- La pièce étant évacuée, le vérin  $V1$  rentre.
- **Toutes les dix pièces**, un prélèvement d'une pièce est effectué à l'aide du vérin  $V2$  par un aller-retour.
- Une temporisation de quinze secondes en fin de descente de  $V2$  permet à la pince de saisir la pièce.

Remarques technologiques :

- Les fonctionnements du tapis roulant et celui de la pince ne sont pas à étudier.
- Le vérin *V1* simple effet est commandé par un distributeur monostable d'où une seule action pour *V1* est à considérer (*PSV1*) qui va consister à déplacer le vérin de la position *S10* à *S11* (positions déterminées par deux capteurs). L'action inverse (déplacement du vérin de *S11* à *S10*) est inutile car c'est un vérin simple effet.
- Le vérin *V2* double effet est commandé par un distributeur bistable d'où deux actions sont à considérer : *PSV2* (déplacement du vérin de *S20* à *S21*) et *PRV2* (déplacement du vérin de *S21* à *S20*).

1. Déterminer le fonctionnement par **un seul grafcet de commande** en précisant les **conditions initiales** et en justifiant les configurations et les variables booléennes utilisées.

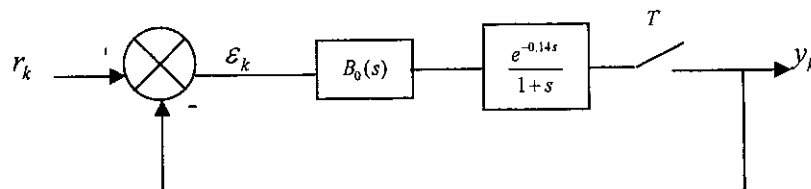


Examen « **commande numérique** » (seconde session) – Durée : 2h00  
25 Juin 2021  
Responsable : M. Pagès Olivier

Sans documents, sans portable, calculatrice autorisée.

**Exercice 1 (8 points)**

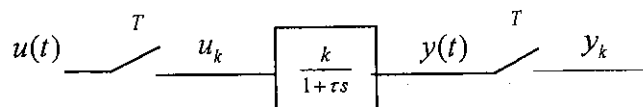
Soit le procédé échantillonné en boucle fermée représenté par le schéma-bloc suivant ;



1. Calculer la fonction de transfert échantillonnée de ce système en boucle fermée pour une période d'échantillonnage :  $T = 0.07s$ . Préciser les étapes intermédiaires et bien justifier les calculs.

**Exercice 2 (3 points)**

Soit le système à temps discret :

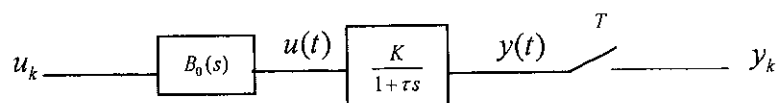


Le système est échantillonné avec une période  $T$ . On note :  $D = e^{-\frac{T}{\tau}}$ ,  $k > 0$  et  $y(0) = 0$  ;

1. Calculer  $y(t)$  (signal analogique) pour un signal d'entrée de type échelon :  $u(t) = u_0 \Gamma(t)$  ;
2. Donner l'allure de la courbe représentative de  $y(t)$ .

**Exercice 3 (3 points)**

Soit le procédé échantillonné suivant :



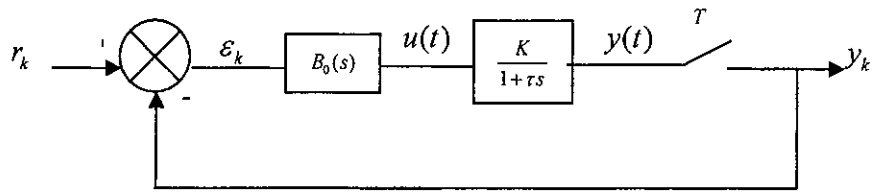
$B_0(s)$  est un bloqueur d'ordre zéro et le système est échantillonné avec la période  $T$ .

On note :  $D = e^{-\frac{T}{\tau}}$ ,  $K > 0$  et  $y(0) = 0$ .

1. Calculer  $y(t)$  (signal analogique) pour un signal d'entrée de type rampe :  $u_k = kT$ . Donner l'allure de la courbe représentative de  $y(t)$ .

**Exercice 4 (6 points)**

Soit le procédé échantillonné en boucle fermée suivant :



$B_0(s)$  est un bloqueur d'ordre zéro et le système est échantillonné avec la période  $T$ .

On note :  $D = e^{-\frac{T}{\tau}}$ ,  $K > 0$  et  $y(0) = 0$ .

1. Calculer  $y(t)$  (signal analogique) pour un signal d'entrée de type échelon :  $r_k = y_0^e \Gamma_k$  ; prendre un échelon unitaire ;

2. Dessiner l'allure de la courbe représentative de  $y(t)$  en fonction de la stabilité de la boucle fermée.

Annexe

Annexe

# Transformation de Laplace et transformation en z

## B.1 Transformation de Laplace

C'est une transformation qui associe à toute fonction localement intégrable de la variable réelle  $t$ , nulle pour  $t < 0$  et vérifiant des conditions restrictives convenables, la fonction de la variable complexe définie par :

$$F(p) = \mathcal{L}\{f(t)\} = \int_0^{+\infty} e^{-pt} f(t) dt$$

### Propriétés

#### 1. Linéarité

$$\mathcal{L}\{\alpha f(t) + \beta g(t)\} = \alpha \mathcal{L}\{f(t)\} + \beta \mathcal{L}\{g(t)\}$$

#### 2. Produit de convolution

La transformée de Laplace du produit de convolution  $(f * g)(t)$  défini par :

$$\int_0^t f(\tau) g(t - \tau) d\tau = \int_0^t f(t - \tau) g(\tau) d\tau$$

est donnée par :

$$\mathcal{L}\{(f * g)(t)\} = F(p) G(p)$$

#### 3. Théorème du retard

$$\mathcal{L}\{f(t - a)\} = e^{-ap} \mathcal{L}\{f(t)\} = e^{-ap} F(p)$$

#### 4. Théorème de la dérivation

$$\mathcal{L}\left[\frac{d^m f(t)}{dt^m}\right] = p^m F(p) - p^{m-1} f(0) - \dots - f^{(m-1)}(0)$$

#### 5. Théorème de l'intégration

$$\mathcal{L}\left[\int f(\tau) d\tau\right] = \frac{1}{p} F(p)$$

#### 6. Théorème de la valeur initiale

$$\lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{p \rightarrow \infty} p F(p)$$

#### 7. Théorème de la valeur finale

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p F(p)$$

## B.2 Transformation en z

On appelle transformée en z de la séquence  $\{f_k\}_{k \in \mathbb{N}}$  la série entière définie par :

$$F(z) = Z\{\{f_k\}\} = \sum_{k=0}^{+\infty} f_k z^{-k}$$

### Propriétés

#### 1. Linéarité

$$Z\{\alpha \{f_k\} + \beta \{g_k\}\} = \alpha Z\{\{f_k\}\} + \beta Z\{\{g_k\}\}$$

#### 2. Produit de convolution

La transformée de Laplace du produit de convolution  $\{f * g\}_k$  défini par :

$$\sum_t f_t g_{n-t} = \sum_t f_{n-t} g_t$$

est donnée par :

$$Z\{\{f * g\}_k\} = F(z) G(z)$$

#### 3. Théorème du retard

$$Z\{\{f_{k-1}\}\} = z^{-1} Z\{\{f_k\}\} = z^{-1} F(z)$$

#### 4. Théorème de l'avance

$$Z\{\{f_{k+l}\}\} = z^l \left[ Z\{\{f_k\}\} - \sum_{i=0}^{l-1} f_i z^{-i} \right]$$

#### 5. Théorème de la valeur initiale

$$f_0 = \lim_{z \rightarrow \infty} F(z)$$

#### 6. Théorème de la valeur finale

$$\lim_{k \rightarrow \infty} f_k = \lim_{z \rightarrow 1} (1 - z^{-1}) F(z)$$

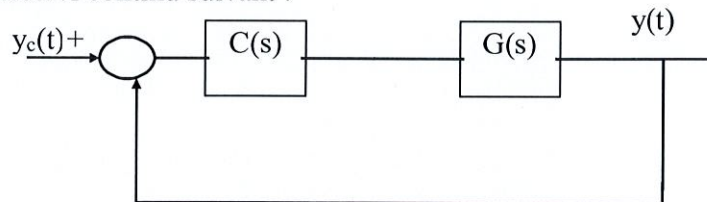
Transformée de Laplace $F(p) = \mathcal{L}[f(t)]$	Signal continu $f(t)$	Signal échantillonné $f_k$	Transformée en $z$ $F(z) = \mathcal{Z}[f_k]$
1	$\delta(t)$	$f_0 = 1, f_k = 0, \forall k \neq 0$	1
$e^{-ap}$	$\delta(t - a)$		
$e^{-kTp}$	$\delta(t - kT)$	$f_h = 1, f_k = 0, \forall k \neq h$	$z^{-h}$
$\frac{1}{p}$	$\Gamma(t)$	$f_k = 1, \forall k \geq 0$	$\frac{z}{z-1}$
$\frac{1}{p^2}$	$t$	$f_k = kT, \forall k \geq 0$	$T \frac{z}{(z-1)^2}$
$\frac{2}{p^3}$	$t^2$	$f_k = k^2 T^2, \forall k \geq 0$	$T^2 \frac{z(z+1)}{(z-1)^3}$
$\frac{1}{p+a}$	$e^{-at}$	$f_k = (e^{-aT})^k, \forall k \geq 0$	$\frac{z}{z - e^{-aT}}$
		$a^k, \forall k \geq 0$	$\frac{z}{z - a}$
		$(-a)^k, \forall k \geq 0$	$\frac{z}{z + a}$
$\frac{a}{p(p+a)}$	$1 - e^{-at}$		$\frac{z(1 - e^{-aT})}{(z-1)(z - e^{-aT})}$
$\frac{\omega}{p^2 + \omega^2}$	$\sin \omega t$		$\frac{z \sin \omega T}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1}$
$\frac{p}{p^2 + \omega^2}$	$\cos \omega t$		$\frac{z(z - \cos \omega T)}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1}$

15 Juin 2021

**Examen Automatique continue**  
**Documents restreints**  
**Durée 1h30**

**Exercice 1**

Soit le système asservi continu suivant :



Avec  $C(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$  et  $G(s) = \frac{8}{(2s+1)^2(1+8s)}$

- 1) En choisissant  $T_i = 8$ , calculer la fonction de transfert en boucle ouverte  $C(s)G(s)$ .
- 2) Tracer le diagramme asymptotique de Bode de  $C(s)G(s)$ . Préciser sur le diagramme les valeurs remarquables.
- 3) Calculer la fonction de transfert en boucle fermée  $F(s)$ .
- 4) A l'aide du critère de Routh, déterminer l'ensemble des valeurs de  $K_p$  pour lesquelles le système bouclé est stable.
- 5) Retrouver le résultat de la question 3 en utilisant le critère de revers.
- 6) Déterminer la valeur de  $K_p$  pour avoir une marge de gain de 6 dB.
- 7) Calculer l'erreur de position et l'erreur de traînage du système asservi.

**Exercice 2**

On considère le système en boucle fermée de fonction de transfert en boucle ouverte:

$$F(s) = \frac{K(s+12)}{(s+2)(s+3)(s+6)}$$

Le système est à retour unitaire.

- 1) Tracer le lieu d'Evans en précisant les branches, les asymptotes, le point de rupture et le point d'intersection des asymptotes .
- 2) Etudier la stabilité du système en boucle fermée.

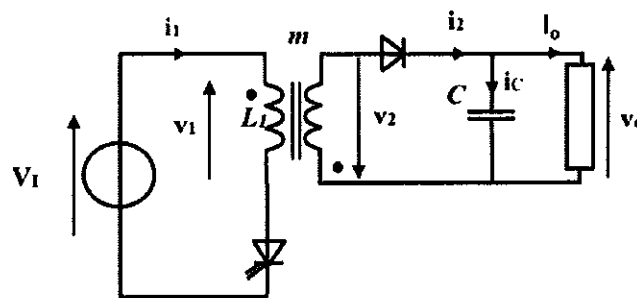




**Examen de conversion d'énergie du 22 juin 2020  
1h30 – Tous documents autorisés**

**Exercice 1 : Structure de conversion à découpage Flyback**

Structure étudiée :



Données :

- $V_1 = 320$  V et  $V_0 = 5$  V (supposée lissée et régulée), courant maximale de sortie :  $i_o = 0,4$  A
- Fréquence de découpage nominale (supposée fixe, sauf indication contraire) :  $f = 50$  kHz
- Rapport cyclique  $\alpha$ , valeur nominale : 0,5.

Hypothèses principales :

- Effets négligeables de toutes les pertes sur toutes les formes d'ondes.
- Fonctionnement à la limite des régimes continu et discontinu (donc équations du régime continu valables).

Notations :

- Celles indiquées sur la figure ci-dessus
- $L_1$  inductance propre vue du primaire (valeur non fournie dans l'énoncé)
- $m$  = rapport de transformation (valeur non fournie dans l'énoncé)

**1 - Prédimensionnement du composant magnétique**

1.1 - Formes d'onde à la limite des régimes continu et discontinu

Tracer, avec un rapport cyclique de 0,5 (qualitativement en amplitude, mais en indiquant les valeurs de temps) :

- Les tensions  $v_1$  et  $v_2$
- Les courants  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i_c$  (relativement à  $i_o$ ) Préciser les valeurs numériques (lorsque c'est possible), sinon les expressions des valeurs crêtes. Les expressions seront données en fonction de  $V_1$ ,  $L_1$ ,  $\alpha$ ,  $F$ ,  $V_0$ .

1.2 - Rapport de transformation

Déterminer le rapport de transformation pour obtenir une tension de sortie de 6 V (permettant de considérer des chutes de tension par rapport à la tension souhaitée de 5 V) dans les conditions précédemment précisées.

1.3 - Energie à stocker

En supposant que toute l'énergie stockée dans le composant magnétique est transférée à chaque cycle (fonctionnement à la limite des régimes continu et discontinu), déterminer la valeur de l'énergie inductive maximale  $E_{Max}$  à stocker pour obtenir une puissance convertie de 3 W. Calculer la valeur de l'inductance  $L_1$  correspondante.

1.4 - Courants primaire et secondaire

Déterminer les valeurs crêtes et efficaces des courants primaire et secondaire. Pour ne pas perdre de temps en calcul, on donne l'expression de la valeur efficace d'un signal triangulaire d'amplitude  $X_{Max}$  entre 0 et  $\alpha T$  et nul le reste du temps :

$$X_{rms} = X_{Max} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{3}}$$

2 - Contraintes sur les semi-conducteurs de puissance

2.1 - Transistor

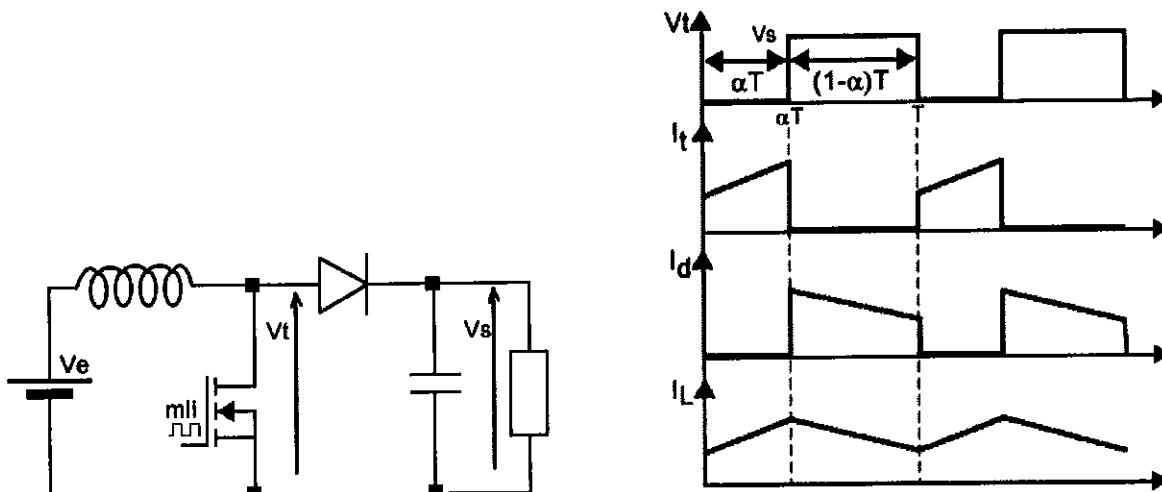
Sur la base des conditions précédemment énoncées (notamment, tension de sortie de 6 V), déterminer la valeur maximale de la tension appliquée aux bornes du transistor ainsi que la valeur efficace du courant qui le traverse.

2.2 - Diode

Déterminer la valeur maximale de la tension appliquée aux bornes de la diode ainsi que les valeurs moyenne et efficace du courant qui la traverse.

**Exercice 2 : Hacheur élévateur Boost**

Dans cet exercice, sauf indication contraire, la conduction sera supposée continue, le courant dans l'inductance ne s'annule jamais. La tension de sortie sera supposée constante.



- 1 - La tension  $V_e$  vaut 200V, on désire une tension de sortie  $V_s$  de 500V. Déterminez le rapport cyclique  $\alpha$  nécessaire.
- 2 - On conserve le rapport cyclique calculé au 1- . La fréquence de découpage est  $f = 100\text{kHz}$ , la valeur de l'inductance est  $L = 1\text{mH}$ . Calculez l'ondulation de courant  $\Delta I$  dans l'inductance  $L$ .
- 3 - Pour quelle valeur de courant moyen consommé par la charge le montage entre-t-il en conduction discontinue ? Donner alors les nouvelles formes d'ondes obtenues (sur le modèle de celles fournies ci-dessus)

### **Exercice 3 : Dissipateur pour transistor de puissance**

On prévoit de faire fonctionner à une température ambiante  $T_a$  de  $40^\circ\text{C}$ , un transistor de puissance de type BDY12 qui dissipe une puissance  $P = 8\text{W}$ .

Les caractéristiques du transistor BDY12 sont données en annexes et en particulier ses caractéristiques thermiques.

- 1 - Dessiner le schéma thermique du transistor utilisé seul et montrer que l'installation du transistor sur un refroidisseur est indispensable.
- 2 - Le boîtier du transistor est maintenant fixé sur un dissipateur de résistance thermique  $R_{th}(r)$  avec une rondelle de mica  $R_{th}(m)$  pour isoler électriquement le collecteur (relié au boîtier) de la masse (qui correspond au dissipateur). Dessiner le schéma thermique du montage.
- 3 - Calculer la valeur maximale que doit avoir la résistance thermique  $R_{th\ max}(r)$  du dissipateur pour qu'à la puissance prévue, la température de jonction ne dépasse pas  $T_j(\text{max})$
- 4 - Quelles seraient dans ces conditions limites la température du boîtier et celle du dissipateur ?

25C D ■ 8235605 0004433 T ■ SIEG T-33-09

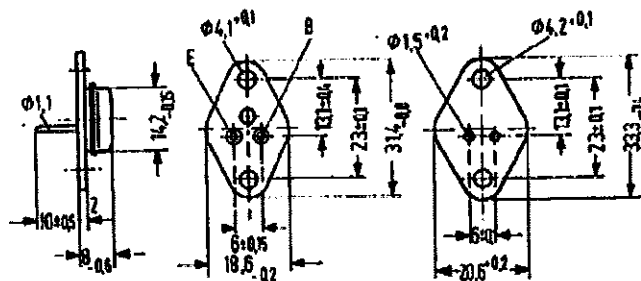
NPN Silicon Planar Transistors

BDW 25  
BDY 12  
BDY 13

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT 433

BDW 25, BDY 12, and BDY 13 are epitaxial NPN silicon planar power transistors in SOT 9 case (9 A 2 DIN 41875). The collector is electrically connected to the case. In order to ensure insulated fixing of the transistors on the chassis, a mica washer, each, and two insulating nipples are provided for. These have to be ordered separately. The transistors are particularly suitable for use in high Q AF output stages and as switches.

Type	Ordering code
BDW 25	Q62702-D378
BDW 25-4	Q62702-D378-V4
BDW 25-6	Q62702-D378-V2
BDW 25-10	Q62702-D378-V1
BDY 12	Q60204-Y12
BDY 12-6	Q60204-Y12-B
BDY 12-10	Q60204-Y12-C
BDY 12-16	Q60204-Y12-D
BDY 13	Q60204-Y13
BDY 13-6	Q60204-Y13-B
BDY 13-10	Q60204-Y13-C
BDY 13-16	Q60204-Y13-D
Mica washer	Q62901-B18-A
Insulating nipple	Q62901-B13-C



Approx. weight 8.3 g Dimensions in mm Mica washer dry:  $R_{th} = 2.6 \text{ K/W}$  greased:  $R_{th} = 1 \text{ K/W}$

Maximum ratings

Collector emitter voltage  
Collector-base voltage  
Emitter-base voltage  
Collector current  
Emitter current  
Emitter peak current<sup>1)</sup>  
Base current  
Base peak current<sup>1)</sup>  
Junction temperature  
Storage temperature range  
Total power dissipation  
( $T_{case} = 45 \text{ °C}$ ;  $V_{CE} < 13 \text{ V}$ )

	BDW 25	BDY 12	BDY 13	
$V_{CEO}$	125	40	60	V
$V_{CBO}$	130	60	80	V
$V_{EBO}$	5	5	5	V
$I_C$	5	5	5	A
$I_E$	3.5	-	-	A
$I_{EM}$	6	-	-	A
$I_B$	0.5	0.3	0.3	A
$I_{BM}$	1	-	-	A
$T_J$	175	175	175	°C
$T_{stg}$		-65 to +125		°C
$P_{tot}$	26	26	26	W
$R_{thJA}$	≤85	≤85	≤85	K/W
$R_{thJC}$	≤5	≤5	≤5	K/W

Thermal resistance

Junction to ambient air  
Junction to case

1)  $v \geq 10 \text{ t}_p$ ;  $t_p \leq 10 \text{ ns}$

# Introduction à la robotique

Epreuve écrite – Sans document – Durée : 1h30

## Exercice 1 (8 points) : Généralités

1. Quelle est la différence entre la perception proprioceptive et la perception extéroceptive ? Donner un exemple de capteur pour chaque type de perception.
2. Nous disposons d'un encodeur optique dont la résolution est de 7200 incréments par tour de roue. Quelle est sa résolution angulaire (en degrés par incrément) ?
3. Pour les deux affirmations suivantes, préciser si elles sont correctes et corriger celles qui sont fausses :
  - a. L'odométrie est une technique qui permet d'estimer les distances entre un robot mobile et un ou plusieurs obstacles.
  - b. Un encodeur optique se fixe à l'avant du robot, sur le châssis, afin d'estimer la vitesse de rotation des roues.

## Exercice 2 (12 points) : Robotique mobile

1. Comment un robot unicycle se déplace-t-il et quels mouvements élémentaires peut-il réaliser ?
2. Quel est le comportement d'un robot mobile unicycle lorsque les vitesses de roulement de ses roues sont identiques ? Que se passe-t-il lorsqu'elles sont opposées ? Préciser la direction du mouvement.
3. Montrez les deux affirmations en réponse à la question précédente, à l'aide des relations suivantes :

$$v = \frac{v_d + v_g}{2} = \frac{r(\dot{\phi}_g - \dot{\phi}_d)}{2}$$
$$\omega = \frac{-r(\dot{\phi}_d + \dot{\phi}_g)}{2L}$$

avec les notations suivantes :

- $v$  : vitesse longitudinale du robot
- $\omega$  : vitesse de rotation du robot autour de son centre instantané de rotation (CIR)
- $v_d$  et  $v_g$  : vitesses longitudinales des roues droite et gauche, respectivement
- $\dot{\phi}_d$  et  $\dot{\phi}_g$  : vitesse de roulement des roues droite et gauche, respectivement
- $r$  : rayon des roues
- $L$  : moitié de largeur de l'essieu

Remarque : les vitesses de roulement des roues sont signées et orientées par un repère local direct centré sur chaque roue, dont l'abscisse est pointée vers l'avant du robot pour la roue de droite, et vers l'arrière du robot pour la roue de gauche.

4. Un robot unicycle se déplace de deux manières différentes. Pouvons-nous calculer la pose finale pour chacune des deux situations suivantes ? Si oui, expliquer comment faire et calculer la pose finale. Si non, expliquer ce qu'il faudrait changer pour parvenir à calculer la pose finale.
  - a. Le robot avance en ligne droite sur 100mm, tourne sur lui-même de 90° à gauche, avance en ligne droite de 150mm, tourne sur lui-même de 45° à droite et finalement, recule en ligne droite de 200mm.
  - b. Les encodeurs optiques gauche et droit d'un robot indiquent respectivement les valeurs 100 et 150. Le robot a avancé et a tourné en même temps (pas de déplacement en ligne droite, pas de rotation autour du centre de gravité).



<b>PREPARATION A L'INSERTION PROFESSIONNELLE</b>
--

1- Quelles sont les principales règles à respecter pour rédiger une lettre de motivation ?

2- Au cours d'un entretien de recrutement :

- ↓ Quelles sont les erreurs à ne pas commettre ?
- ↓ Quelles sont les règles à respecter et la stratégie à adopter ?

3- Certaines entreprises proposent des parcours d'intégration au moment de l'embauche de jeunes diplômés.

Si vous disposez d'une expérience en la matière décrivez de manière critique les conditions de l'accueil qui vous a été réservé (sinon passez au point suivant) :

Formulez des suggestions / propositions concernant le contenu et ou l'organisation de ces parcours.

