

CP7430

Contenu

Fiche de travail 1 - Principes du LVDT	3
Fiche de travail 2 - Contrôler les capteurs capacitifs	5
Enquête facultative - Oscillateur de relaxation	7
Fiche de travail 3 - Contrôleur de moteur	8
Fiche de travail 4 - Système de contrôle par rétroaction	10
Questions sur la révision	12
Notes du tuteur	14
Réponses	20

Développé par Mike Tooley en collaboration avec Matrix Technology Solutions Ltd.

Fiche de travail 1

Principes du LVDT

Les transformateurs différentiels variables linéaires (LVDT) sont largement utilisés pour détecter la position, par exemple, des surfaces de contrôle des avions, telles que les ailerons, les gouvernes de profondeur ou les gouvernails.

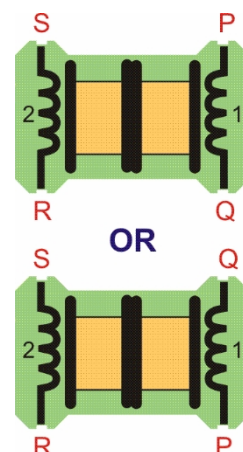
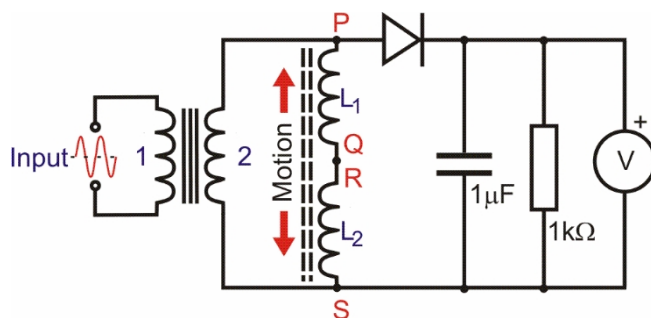
Ils produisent un signal de sortie contenant des informations sur la direction et la distance.

Dans cette feuille de travail, vous étudierez le principe d'un montage simple de LVDT basé sur deux bobines couplées par induction.



À vous de jouer :

- Construisez le circuit ci-contre.
- Veillez à ce que le noyau de ferrite soit exactement centré dans l'ensemble des deux bobines.
- Connectez les bobines de manière à ce que la tension de sortie augmente lorsque le noyau est déplacé dans un sens et diminue lorsqu'il est déplacé dans l'autre. Les deux façons possibles de les connecter sont illustrées dans le deuxième diagramme.
(Si elle est incorrecte, la tension est maximale lorsque le noyau est au centre et diminue quel que soit le sens dans lequel le noyau se déplace).
- Connectez l'entrée à un générateur de signaux, réglé pour donner une sortie entre 10V et 20V crête à crête à une fréquence de 2kHz.
- Réglez l'appareil de mesure sur la plage de 20 V CC.
- Déplacez lentement le noyau de ferrite d'abord dans une direction, puis dans l'autre. Observez l'évolution de la lecture du compteur.



Enquête complémentaire :

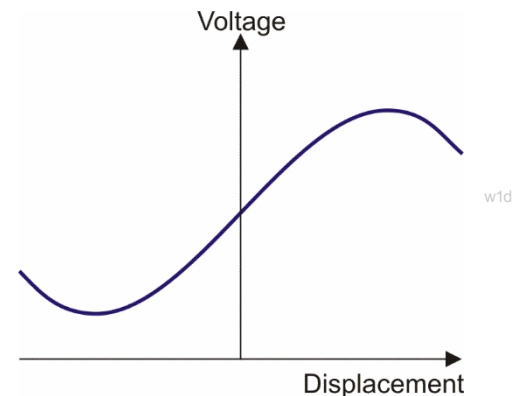
- Branchez un oscilloscope à double trace pour étudier les tensions induites dans les deux bobines lorsque le noyau est déplacé.
- Pour ce faire, connectez la borne commune de l'oscilloscope au point Q (ou R) et les deux voies aux points P et S respectivement.

Fiche de travail 1

Principes du LVDT

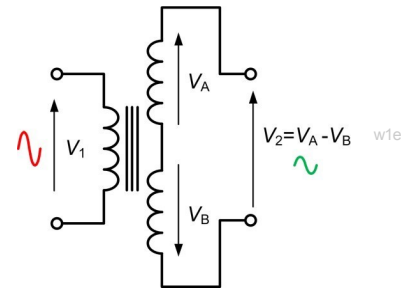
Et alors ?

- Le comportement du système devrait ressembler à celui indiqué dans le graphique ci-contre.



Le LVDT est un transformateur miniature avec un primaire et un secondaire. deux enroulements secondaires. Le primaire est centré entre des bobines secondaires identiques.

L'ensemble des bobines est généralement stationnaire. Un noyau en ferrite ou en fer doux, fixé au capteur/actionneur, se déplace à l'intérieur des bobines lorsque le capteur/actionneur se déplace. Idéalement, il n'y a pas de contact physique entre le noyau et la bobine, et il n'y a donc pas d'usure mécanique.



Le LVDT nécessite une entrée en courant alternatif, d'une amplitude de quelques volts et d'une valeur de

fréquence généralement de quelques kilohertz. Cela génère un champ magnétique alternatif qui s'intensifie dans le noyau. Celui-ci induit à son tour une tension alternative dans les bobines secondaires. Plus le chevauchement du noyau et de la bobine secondaire est important, plus la tension induite est élevée.

Les deux bobines secondaires sont connectées en série de telle sorte que les tensions induites

s'opposent l'une à l'autre. Ainsi, la tension de sortie, V_2 , est nulle lorsque $V_A = V_B$. La phase de la tension de sortie indique la direction dans laquelle le noyau s'est déplacé et l'amplitude indique la distance à laquelle il s'est déplacé. Cette tension de sortie alternative est convertie en tension continue par un circuit redresseur et un lissage. La sortie CC peut être détectée de différentes manières, la plus simple étant un compteur à zéro central CC.

Pour mémoire :

- Décrivez et expliquez le comportement du circuit avec vos propres mots.
- Le LVDT produit-il une sortie linéaire et, dans l'affirmative, sur quelle plage est-elle linéaire ?
- Comment le LVDT pourrait-il être amélioré ? Qu'est-ce qui le rendrait plus sensible ?
- Sugérez comment le LVDT pourrait être utilisé dans un système de contrôle de la position. Quels composants et dispositifs supplémentaires seraient nécessaires ?

Fiche de travail 2

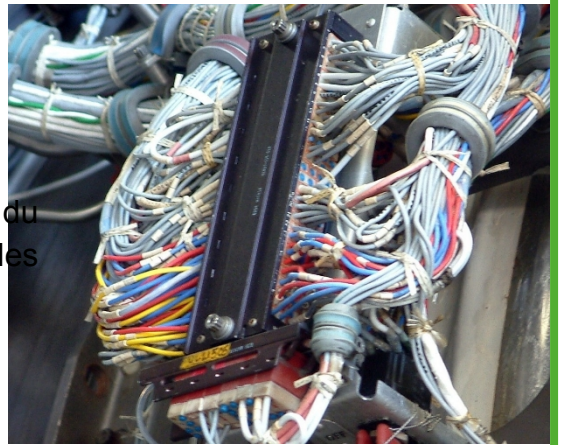
Contrôle des capteurs capacitifs

Une grande variété de transducteurs est utilisée pour fournir des signaux d'entrée aux systèmes de commande et d'asservissement utilisés sur un grand avion.

Certains capteurs sont inductifs (comme dans le cas du LVDT) tandis que d'autres sont résistifs ou utilisent des éléments de détection à semi-conducteur.

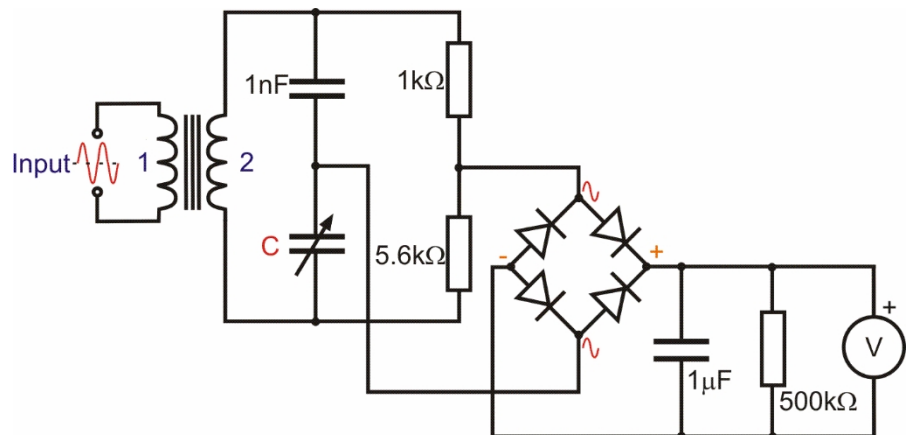
Les transducteurs capacitifs sont largement utilisés pour la détection du niveau de carburant, mais ils impliquent généralement de petites valeurs de capacité.

Dans cette feuille de travail, vous étudierez le principe de la fonctionnement d'un capteur capacitif connecté à un simple circuit en pont à courant alternatif.



À vous de jouer :

- Construisez le circuit ci-contre. Le condensateur variable représente un capteur capacitif, tel qu'un capteur de niveau de carburant.



- Il est connecté à un circuit de pont à courant alternatif. La sortie est redressée et utilisée pour maintenir une

tension dans un condensateur. La résistance de 500kΩ

La résistance de "purge" décharge lentement le condensateur de 1μF.

- Connectez l'entrée à un générateur de signaux, réglé pour donner une sortie de 20V crête à crête à une fréquence de 2kHz.
- Réglez l'appareil de mesure sur la plage de 2 V CC.
- Ajustez lentement le condensateur variable.
- Observez l'évolution de la lecture du voltmètre.

Enquête complémentaire :

- Branchez un oscilloscope pour étudier les tensions dans les deux "moitiés" du pont lorsque le condensateur variable est ajusté.
- Pour ce faire, connectez l'oscilloscope aux entrées CA du pont redresseur.

Une résistance de 10kΩ et commencez l'expérience

Fiche de travail 2

Contrôle des capteurs capacitifs

Et alors ?

Circuits de

pont :

sont des sous-systèmes de circuit courants, que l'on retrouve sous différentes formes.

Le schéma illustre le principe. Quatre appareils, **A**, **B**, **C** et **D**, sont disposés comme deux diviseurs de tension. L'un comprend **A** et **C**, l'autre **B** et **D**. Ils sont "pontés" par un dispositif de détection, souvent un galvanomètre **G** - un ampèremètre sensible.

De même, une sortie peut être effectuée à partir des points médians des

les diviseurs de tension.

Lorsque le pont est "équilibré", c'est-à-dire que le galvanomètre indique zéro :

$$A/C = B/D$$

L'entrée peut être une alimentation en courant continu ou alternatif. Les dispositifs **A** à **D** peuvent être des résistances, des condensateurs, des inducteurs ou des combinaisons de ceux-ci.

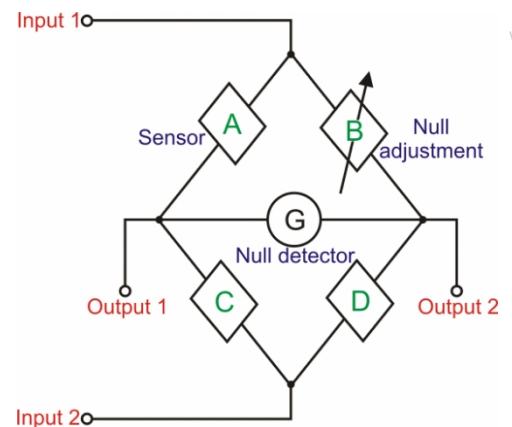
Lorsque l'entrée est en courant alternatif et que des inductances ou des condensateurs sont impliqués, la phase ainsi que la magnitude doivent être prises en compte. Lorsque les magnitudes seules s'équilibrent, il peut subsister une tension résiduelle dans le dispositif de détection de nullité.

Les avantages du circuit en pont sont les suivants

- la tension d'alimentation n'a pas d'importance, puisqu'elle est la même pour les deux "jambes" ;
- l'étalonnage du galvanomètre n'est pas pertinent. Tout ce qu'il doit faire, c'est détecter le courant, et non le mesurer.

Pour mémoire :

- Décrivez et expliquez le comportement du circuit avec vos propres mots.
- Le pont produit-il une sortie linéaire et, dans l'affirmative, sur quelle plage est-elle linéaire ?
- Comment pourrait-on améliorer la passerelle AC ? Qu'est-ce qui le rendrait plus sensible ?
- Suggérez comment le capteur capacitif pourrait être utilisé dans un système d'indication de carburant. Quels composants et dispositifs supplémentaires seraient nécessaires ?
- Interprétez les signaux observés sur l'oscilloscope lorsque le condensateur variable est ajusté.



Fiche de travail 2

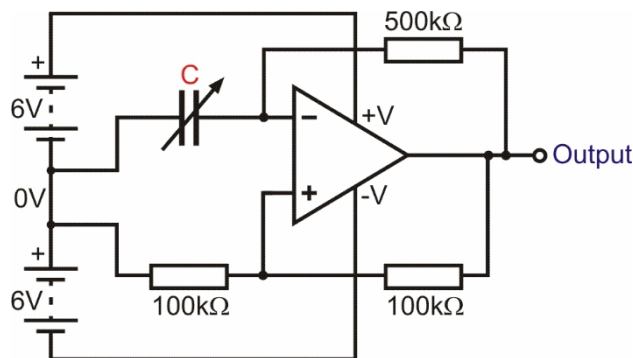
Contrôle des capteurs capacitifs

Enquête facultative :

Le circuit construit précédemment a transformé les variations de capacité en variation de tension. Une autre approche utilise un changement de capacité pour modifier la fréquence à laquelle un circuit oscille. C'est l'approche utilisée dans cette enquête facultative

À vous de jouer :

- Construisez un oscillateur de relaxation, basé sur un ampli-op. Le circuit est illustré ci-dessous.



- Utilisez deux alimentations DC, réglées sur 6V DC, pour alimenter le circuit.
- Connectez la sortie à un oscilloscope.
- Ajustez lentement le condensateur variable.
- Observez l'effet que cela a sur la fréquence d'oscillation, affichée sur l'oscilloscope.
- Vous pouvez utiliser un fréquencemètre pour contrôler l'effet.

Enquête complémentaire :

- La sortie peut être redressée à l'aide d'une pompe à diode demi-onde, comme celle illustrée à la page 3, ou d'un pont redresseur pleine onde, comme celui illustré à la page 5. La sortie peut alors être contrôlée sur un voltmètre à courant continu.

Fiche de travail 2

Contrôle des capteurs capacitifs

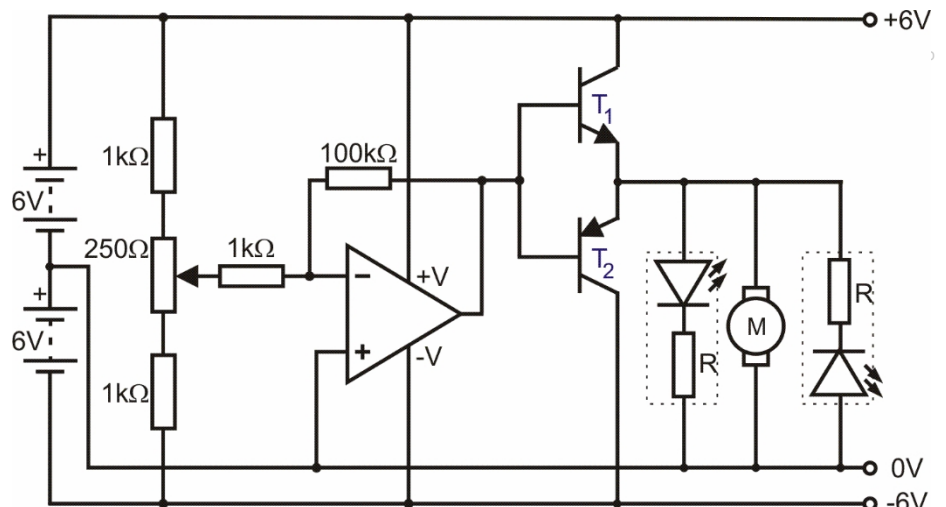
Les moteurs sont largement utilisés comme transducteurs de sortie dans les systèmes de contrôle des avions, tout comme les contrôleurs de moteur.

Ceux-ci contrôlent à la fois la vitesse et le sens de rotation. Pour ce faire, il suffit d'utiliser un contrôleur de moteur basé sur une paire de transistors et un amplificateur opérationnel. Dans cette feuille de travail, vous étudierez le fonctionnement d'un simple contrôleur de moteur en "boucle ouverte", ce qui signifie qu'il n'utilise pas de rétroaction.



À vous de jouer :

- Construisez le circuit ci-contre.
- Utilisez deux alimentations DC, réglées sur 6V, branchées sur le support d'alimentation à double rail, pour alimenter les rails d'alimentation +6V / 0V / -6V.
- Deux diodes électroluminescentes, connectées en "anti-", peuvent être utilisées dans le cadre d'un projet de recherche.



parallèle", indiquent la polarité de la tension de sortie fournie au moteur, et donc également le sens de rotation du moteur - soit dans le sens des aiguilles d'une montre, soit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

- Réglez le "pot" pour obtenir une sortie de 0V. (Le moteur ne doit pas tourner.)
- Faites varier le réglage du "pot", d'abord dans un sens, puis dans l'autre, et observez l'effet sur le moteur et les deux indicateurs LED.

Fiche de travail 3

Contrôleur de moteur

Et alors ?

- L'amplificateur op est configuré comme un amplificateur inverseur, avec un gain de tension de 100x. Son impédance d'entrée est d'environ $1k\Omega$ - c'est-à-dire relativement petite, et elle affecte donc la tension prélevée sur l'unité de détection, le "pot".
- Les transistors T_1 et T_2 forment un suiveur push-pull, étudié dans un module précédent. Ils copient la tension d'entrée vers la sortie et sont capables de fournir un courant suffisant pour entraîner le moteur.
- L'alimentation est configurée pour créer, ostensiblement, une alimentation divisée +6V / 0V / -6V. L'op
-L'amplificateur et l'étage de sortie sont référencés à 0V. La sortie des transistors peut osciller au-dessus et au-dessous de cette tension de référence du système.
- Il n'y a pas de boucle de rétroaction pour informer le système de la vitesse à laquelle le moteur tourne, ou s'il tourne du tout, ou même s'il y a un moteur attaché ! Cette limitation sera abordée dans la prochaine feuille de travail.
- Ce type de contrôleur n'est pas économe en énergie, pour deux raisons. Le "pot" et les résistances d'équilibrage de $1k\Omega$ sont parcourus en permanence par un courant et dissipent donc de l'énergie. Les transistors "suivent" la tension d'entrée. Lorsque la sortie du T_1 est à +2V, le reste de l'alimentation +6V, c'est-à-dire 4V, passe par le transistor. Le transistor peut fournir un courant important au moteur, et donc dissiper lui-même une énergie importante.

Pour mémoire :

- Expliquez, avec vos propres mots, comment le circuit fonctionne.
- Sur quelle plage approximative de réglage de la résistance variable le moteur reste-t-il immobile ?
- Le moteur se déplace-t-il dans les deux sens ? Comment le savez-vous ?
- La résistance variable permet-elle de contrôler efficacement la vitesse ? Est-il possible de régler la pour que le moteur tourne lentement et constamment à la même vitesse ?
- Comment le contrôleur de moteur pourrait-il être amélioré ? Qu'est-ce qui lui permettrait d'assurer un contrôle plus souple de la vitesse ?
- Suggérez comment le contrôleur de moteur pourrait être utilisé dans une application aéronautique pratique. Quels composants et dispositifs supplémentaires seraient nécessaires ?

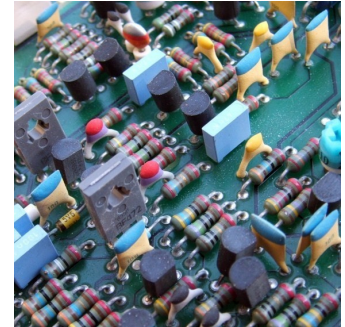
Fiche de travail 4

Système de contrôle par Vous avez vu rétroaction

Vous avez vu précédemment les limites de la commande de moteur en "boucle ouverte".

Il n'y a pas de comparaison automatique entre la valeur de sortie réelle et la valeur souhaitée, ni de compensation pour les différences éventuelles.

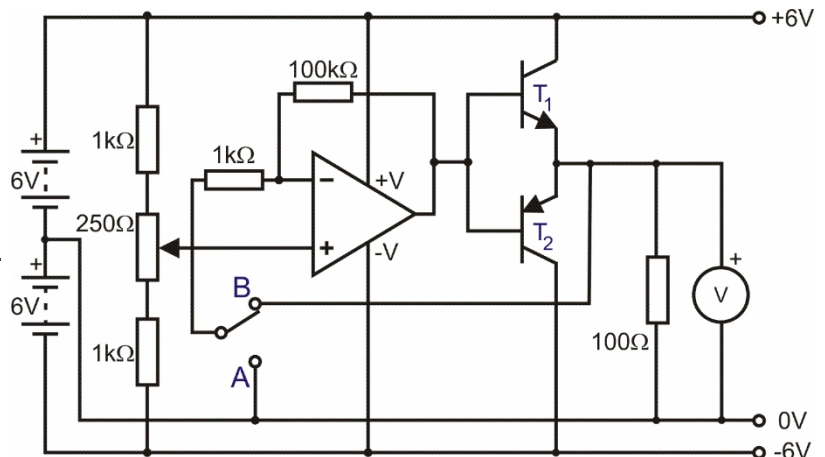
Les systèmes aéronautiques modernes utilisent des systèmes de contrôle en "boucle fermée", dans lesquels la rétroaction négative est utilisée pour réguler le système. Dans la plupart des cas, ce système est entièrement automatique. La seule intervention humaine consiste à définir la valeur de sortie souhaitée.



Dans cette feuille de travail, vous étudiez le comportement d'un système avec et sans ce retour d'information.

À vous de jouer :

- Construisez le circuit ci-contre.
- Là encore, utilisez deux blocs d'alimentation en courant continu, réglés sur 6V, branchés sur le support à double rail, pour alimenter l'unité d'alimentation en courant continu. Rails d'alimentation +6V / 0V / -6V.
- Une résistance de 100Ω sert de "charge". La tension développée à travers elle est mesurée à l'aide de l'appareil de mesure réglé sur la plage de 20 V CC.
- Le lien à l'entrée peut être réglé sur en position A ou B. En position A, il n'y a pas de retour d'information et le système de contrôle fonctionne donc en boucle ouverte. En position B, un retour d'information négatif est fourni et le système fonctionne en mode boucle fermée.
- Tournez le "pot", d'abord dans un sens, puis dans l'autre, et observez l'effet sur la tension de sortie en courant continu. Notez la plage de tension de sortie produite,
- Procédez de la même manière en plaçant le lien en position B.
- Enfin, répétez ces étapes en retirant la charge de 100Ω. Une fois de plus, enregistrez la plage de tension de sortie pour le fonctionnement en boucle ouverte et en boucle fermée.



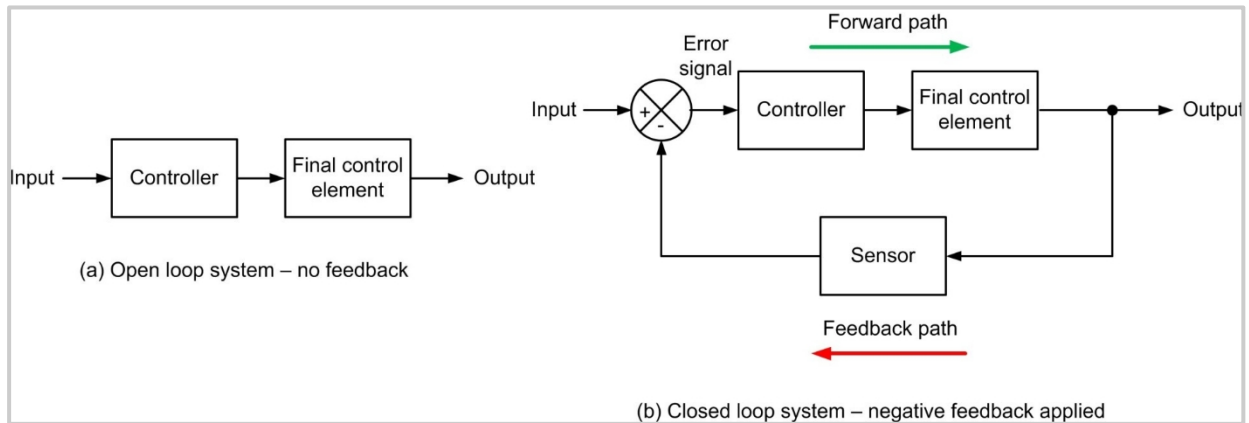
Fonctionnement en boucle ouvert	100Ω charge	Pas de charge	Fonctionnement en boucle fermée	100Ω charge	Pas de charge
Tension de sortie maximale			Tension de sortie maximale		
Tension de sortie minimale			Tension de sortie minimale		

Fiche de travail 4

Système de contrôle par Vous avez vu rétroaction

Et alors ?

Le diagramme montre la différence entre les systèmes de contrôle en boucle ouverte et en boucle fermée :



Cette différence peut être illustrée par le système de chauffage de l'habitacle d'une voiture.

Dans un système de contrôle en boucle ouverte, le conducteur règle la commande de température sur une position probable et attend. Si l'habitacle est trop chaud, le conducteur réduit la température. S'il fait trop froid, il l'augmente. La température réelle à l'intérieur de la voiture dépend de la température extérieure et de la température de l'eau circulant dans le chauffage. Il appartient au conducteur d'effectuer les réglages nécessaires pour en tenir compte.

Dans un système de contrôle en boucle fermée, le conducteur règle la température souhaitée. Un capteur de température situé dans l'habitacle renvoie au système de chauffage des informations sur la température actuelle. Lorsque la température réelle est inférieure à la température réglée, le système de chauffage réchauffe l'habitacle. Lorsque la température est supérieure à la valeur réglée, le système de chauffage s'arrête, voire refroidit l'habitacle. La seule intervention du conducteur consiste à régler la température souhaitée.

Pour mémoire :

- Expliquez, avec vos propres mots, comment le circuit fonctionne.
- Commentez les résultats obtenus pour le fonctionnement en boucle ouverte et en boucle fermée de l'appareil.
système. Quelle configuration permet le contrôle le plus régulier de la sortie ?
- Quelle configuration a produit la plus grande variation de production et quelle configuration a produit la plus petite ? Pourquoi ?
- Quelle configuration a maintenu une sortie plus constante avec et sans la charge connectée ? Pourquoi ?

Questions

A propos de ces questions

Ces questions sont typiques de celles auxquelles vous devrez répondre lors de l'examen EASA Part-66.

Vous devez disposer de 15 minutes pour répondre à ces questions et vérifier ensuite vos réponses avec celles données à la page 19.

N'oubliez pas que **TOUTES** ces questions doivent être traitées **sans l'aide** d'une calculatrice et que la note de passage pour tous les examens à choix multiples de la partie 66 est de 75 % !

1. Quel type d'excitation est utilisé avec un transformateur différentiel variable linéaire (LVDT) ?
 - (a) courant alternatif (CA)
 - (b) courant continu (DC)
 - (c) aucune excitation n'est nécessaire.
2. Quel type d'excitation est utilisé avec un transducteur à pont capacitif ?
 - (a) courant alternatif (CA)
 - (b) courant continu (DC)
 - (c) aucune excitation n'est nécessaire.
3. Lequel des éléments suivants est une application d'un LVDT ?
 - (a) détection du niveau de carburant
 - (b) détection de position
 - (c) détection de la vitesse.
4. Dans un système de contrôle, une augmentation de la rétroaction de la vitesse aura pour effet de..
 - (a) diminuer la vitesse de déplacement de la charge
 - (b) augmenter la vitesse de déplacement de la charge
 - (c) n'ont pas d'effet sur la vitesse.
5. Dans un système de contrôle de la vitesse, le retour d'information sur la vitesse peut être obtenu à partir d'un..
 - (a) tachogénérateur
 - (b) transformateur
 - (c) potentiomètre.
6. Dans un système de contrôle, une réduction du retour d'information sur la vitesse entraînera :
 - (a) diminuer la vitesse de déplacement de la charge
 - (b) augmenter la vitesse de déplacement de la charge
 - (c) n'ont pas d'effet sur la vitesse.
7. Dans un système de contrôle, le retour d'information sur la position peut être obtenu à partir d'un :
 - (a) tachogénérateur
 - (b) transformateur
 - (c) potentiomètre.
8. Le type de rétroaction utilisé dans un système d'asservissement est :
 - (a) rétroaction négative

Questions

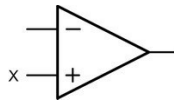
- (b) retour d'information positif
- (c) Les systèmes de contrôle n'utilisent pas de retour d'information.

9. Si les connexions électriques au générateur de retour d'un système de contrôle sont inversées, le.. :

- (a) le moteur tourne dans le mauvais sens
- (b) le signal d'entrée de l'amplificateur serait réduit
- (c) le système deviendrait instable.

10. La connexion marquée d'un "X" dans le symbole est la connexion :

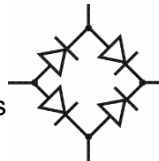
- (a) entrée inverseuse
- (b) entrée non inverseuse
- (c) rail d'alimentation positif.



rq1

11. Le composant présenté est le suivant :

- (a) un modulateur en anneau
- (b) une jonction de sommation
- (c) un pont redresseur.



rq2

12. Lorsqu'une rétroaction négative est appliquée dans

- (a) le gain global est augmenté
- (b) le gain global est réduit
- (c) il n'y a pas de changement dans le gain global.

13. Lequel des éléments suivants est une application d'un capteur à pont capacitif ?

- (a) détection du niveau de carburant
- (b) détection de position
- (c) détection de la vitesse.

14. La fonction d'un amplificateur opérationnel au sein d'un système de rétroaction est la suivante :

- (a) forment le signal d'erreur
- (b) alimenter le transducteur de sortie
- (c) convertir le signal de retour CA en un signal CC équivalent

15. Lorsqu'un pont est équilibré, la tension de sortie sera :

- (a) zéro
- (b) égale à l'offre positive
- (c) égale à l'offre négative.

Les réponses sont fournies à la page 19

Notes du tuteur

A propos de ce cours

Introduction

Ce cahier d'exercices est destiné à renforcer l'apprentissage qui a lieu en classe ou en salle de cours. Il fournit une série d'activités pratiques et d'investigations qui complètent la section 4.3 du module 4 de l'EASA Part-66, Principes fondamentaux de l'électronique.

L'équipement Locktronics permet de construire et d'étudier des circuits électriques de manière simple et rapide. Le résultat final peut ressembler exactement au schéma du circuit, grâce aux symboles imprimés sur chaque support de composant.

Objectif

Ce manuel a pour but d'initier les élèves aux principes et concepts de base des équipements électriques et électroniques des avions. Il fournit également une introduction utile aux mesures électriques et à l'utilisation d'ampèremètres, de voltmètres et d'oscilloscopes.

Connaissances préalables

Les étudiants doivent avoir déjà étudié (ou étudier en même temps) le module 3 de l'EASA (principes fondamentaux de l'électricité) ou doivent avoir des connaissances équivalentes au niveau 3.

Objectifs d'apprentissage

À l'issue de ce cours, l'étudiant aura appris :

- la structure et les principes de fonctionnement d'un transformateur de tension différentielle variable linéaire (LVDT) typique ;
- comment un LVDT peut être utilisé pour détecter une position linéaire ;
- comment les transducteurs capacitifs sont utilisés pour détecter les niveaux de carburant ;
- comment les capteurs et les transducteurs sont connectés dans une configuration de pont en courant alternatif ;
- les avantages de l'utilisation des réseaux en pont ;
- comment la linéarité d'un transducteur est affectée par des contraintes physiques ;
- le fonctionnement des systèmes d'asservissement en boucle ouverte et en boucle fermée et les différences essentielles entre eux ;
- comment la rétroaction négative peut être utilisée pour améliorer les performances d'un système d'asservissement ;
- comment les amplificateurs opérationnels peuvent être utilisés comme dispositif de formation d'erreurs ;
- comment les transistors push-pull peuvent être utilisés pour augmenter le courant de charge dans un système d'asservissement.

Notes du tuteur

Ce dont les étudiants auront besoin :

Cet ensemble est conçu pour fonctionner avec le kit de maintenance aéronautique Locktronics. Les pièces électriques/électroniques requises pour ce manuel sont énumérées à la page suivante. Les étudiants auront également besoin de :

- soit deux multimètres, tels que le LK1110, capables de mesurer des courants dans la gamme de 0 à 200mA, et des tensions dans la gamme de 0 à 200V ;
- ou des ampèremètres et voltmètres équivalents.

Pour les autres modules de la série, ils auront besoin :

- un générateur de fonctions, tel que le LK8990, ou équivalent ;
- et un oscilloscope capable de contrôler les signaux qu'il produit, tel que l'oscilloscope virtuel LK6730 Pico 4000.

S'il vous manque des éléments ou si vous avez besoin d'éléments supplémentaires, veuillez contacter Matrix ou votre revendeur local.

Sources d'énergie :

Les étudiants devront utiliser une alimentation en courant continu basse tension réglable. La tension de sortie de l'unité d'alimentation CC fournie peut être réglée pour fournir des sorties de 3 V, 4,5 V, 6 V, 7,5 V, 9 V ou 13,5 V, avec des courants allant généralement jusqu'à 1 A. La tension est modifiée en tournant la molette de sélection juste au-dessus de la broche de terre jusqu'à ce que la flèche pointe vers la tension requise.

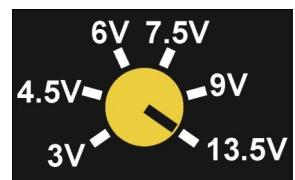
Les tuteurs peuvent décider d'effectuer tout ajustement nécessaire à la tension d'alimentation, ou permettre aux étudiants d'effectuer ces changements.

Chaque exercice comprend une tension recommandée pour le circuit en question.

Dans l'exemple ci-contre, l'alimentation en courant continu a été réglée pour fournir une sortie de 13,5 V CC.



p28a



p28b

Notes du tuteur

Le tableau de droite indique les pièces nécessaires pour les 4 cahiers d'exercices de la série "Elec- tronic fundamentals".

Qté	Code	Description
1	HP3728	Alimentation en courant alternatif, 12VAC, 1,5A, UK
1	LK2340	Porteuse d'une source de tension alternative
1	LK3982	Voltmètre, 0V à 15V
1	LK4002	Résistance, 100 ohms, 1W, 5% (DIN)
1	LK4003	Condensateur, 1 000 uF, électrolytique 30V
1	LK4123	Transformateur, rapport des tours 2:1
1	LK4663	Moteur solaire à faible puissance
3	LK5202	Résistance, 1k, 1/4W, 5% (DIN)
3	LK5203	Résistance, 10k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK5205	Résistance, 270 ohms, 1/2W, 5% (DIN)
2	LK5207	Résistance, 180 ohms, 1/2W, 5% (DIN)
1	LK5208	Potentiomètre, 250 ohms (DIN)
2	LK5214	Potentiomètre, 10k (DIN)
2	LK5218	Résistance, 100k, 1/4W, 5% (DIN)
2	LK5224	Condensateur, 47uF, électrolytique, 25V
1	LK5240	Transistor RHF, NPN
1	LK5241	Transistor LHF, NPN
1	LK5242	Diode au germanium
3	LK5243	Diode de puissance, 1A, 50V
1	LK5247	Diode Zener, 4,7V
1	LK5248	Thyristor
12	LK5250	Lien de connexion
1	LK5254	Diode Zener, 8,2V
1	LK5255	Transistor RHF, PNP
1	LK5256	Transistor LHF, PNP
1	LK5266	Pont redresseur
1	LK5402	Thermistance, 4,7k, NTC (DIN)
2	LK5603	Plomb, rouge, 500mm, 4mm à 4mm empilable
2	LK5604	Plomb, noir, 500mm, empilable de 4mm à 4mm
2	LK5607	Plomb, jaune, 500mm, empilable de 4mm à 4mm
2	LK5609	Plomb, bleu, 500mm, empilable de 4mm à 4mm
1	LK6202	Condensateur, 100uF, électrolytique, 25V
1	LK6205	Condensateur, 1 uF, polyester
4	LK6206	Condensateur. 4,7uF, électrolytique, 25V
2	LK6207	Interrupteur, pousser pour faire, bande métallique
1	LK6209	Interrupteur, marche/arrêt, bande métallique
1	LK6214	Condensateur, VARIABLE, 0-200pF
3	LK6216	Condensateur, 0,47 uF, polyester
1	LK6218	Résistance, 2.2k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6224	Interrupteur, inverseur, bascule
1	LK6232	Résistance, 500k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6234L	Support d'amplificateur d'op (TL081) avec fils de 2mm à 4mm
1	LK6238	Résistance, 200k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6239	Condensateur, 1nF, polyester
2	LK6635	LED, rouge, 5V (SB)
1	LK6706	Moteur 3 à 12V DC, 0,7A
1	LK6860	Porteuse de porte ET (ANSI)
1	LK6861	Support de porte OU (ANSI)
2	LK6862	PAS de porte de garage (ANSI)
1	LK7409	Porte-piles AA
1	LK7483	Transformateur 1:1 avec noyau de ferrite rétractable
2	LK8275	Support d'alimentation avec symbole de batterie
1	LK8492	Support d'alimentation à double rail
2	LK8900	Plinthe 7 x 5 métriques avec piliers de 4 mm
2	LK9381	Ampèremètre, 0mA à 100mA

Notes du tuteur

Utiliser ce cours :

Il est prévu que les fiches de travail soient imprimées / photocopiées, de préférence en couleur, pour l'usage des élèves. Les élèves doivent conserver leur propre exemplaire de l'ensemble du manuel.

Les fiches de travail contiennent généralement

- une introduction au sujet étudié et à son application aéronautique ;
- des instructions étape par étape pour l'enquête pratique qui suit ;
- une section intitulée "Et alors ?" qui vise à la fois à stimuler les apprenants en remettant en question leur compréhension d'un sujet et à fournir un résumé utile de ce qui a été appris. Elle peut être utilisée pour développer des idées et déclencher une discussion en classe.
- une section intitulée "Questions" qui propose des travaux complémentaires à réaliser par les élèves. Les réponses à ces questions sont fournies à la fin de ce manuel.

Ce format encourage l'auto-apprentissage, les étudiants travaillant à un rythme adapté à leurs capacités. C'est au tuteur de s'assurer que la compréhension des élèves suit le rythme de leur progression dans les feuilles de travail et de fournir des travaux supplémentaires qui stimuleront les apprenants les plus brillants. Une façon de le faire est de "signer" chaque fiche de travail, au fur et à mesure que l'élève la remplit, et de discuter brièvement avec lui pour évaluer sa compréhension des idées impliquées dans les exercices qu'elle contient.

Enfin, une série de "questions de révision" a été fournie pour conclure le travail sur chaque sujet. Ces questions sont de difficulté variable et sont typiques de celles auxquelles les étudiants seront confrontés lorsqu'ils passeront leurs examens du module 4 du CAA. Il est recommandé aux étudiants de répondre à ces questions dans des conditions d'examen et sans utiliser de notes ou de calculatrices.

Le temps :

Il faudra à la plupart des étudiants entre huit et dix heures pour compléter l'ensemble des feuilles de travail. On s'attend à ce qu'un temps similaire soit nécessaire pour soutenir l'apprentissage dans un environnement de classe, de tutorat ou d'auto-apprentissage.

Notes du tuteur

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
1	<p>Dans cette feuille de travail, les apprenants étudieront le principe d'un transformateur différentiel variable linéaire (LVDT) simple.</p> <p>Les LVDT sont largement utilisés pour détecter la position de la charge (telle qu'une surface de contrôle) entraînée par un actionneur. Le LVDT comprend généralement un transformateur miniature avec deux enroulements secondaires et un noyau mobile en ferrite ou en fer doux fixé à un plongeur. Dans cette étude, le LVDT comprend deux bobines à couplage inductif alimentées en série par une alimentation en courant alternatif. En raison de la fréquence d'excitation et de la valeur relativement faible de l'inductance des bobines individuelles, le noyau réglable devrait prendre la forme d'une tige de ferrite plutôt que d'un noyau de fer ou d'acier.</p> <p>Les étudiants auront besoin d'un générateur de forme d'onde produisant une sortie sinusoïdale d'au moins 10V crête à crête et ayant une impédance de sortie de 50Ω, ou moins. En outre, ils auront besoin d'un voltmètre capable de lire 20 V à pleine échelle.</p> <p>Les élèves devraient constater que la plage linéaire du LVDT étudié est assez réduite - environ 20 mm. Ils doivent être en mesure de faire le lien avec les dimensions physiques de l'assemblage de la bobine.</p> <p>Avant de s'attaquer à cette feuille de travail, les élèves bénéficieront d'une introduction au LVDT et à son application en tant que capteur de position linéaire. Les applications pratiques dans le domaine de l'aéronautique pourraient également être discutées.</p>	45 - 60 minutes
2	<p>Après le LVDT, cette feuille de travail présente aux élèves un autre type de transducteur, le transducteur à capacité variable. Les transducteurs capacitifs sont largement utilisés pour détecter le niveau de carburant et les signaux qu'ils fournissent sont essentiels au système de gestion du carburant de l'avion.</p> <p>Les élèves étudient le principe de fonctionnement d'un capteur capacitif connecté à un simple circuit en pont à courant alternatif.</p> <p>Les étudiants auront à nouveau besoin d'un générateur de forme d'onde produisant une sortie sinusoïdale d'environ 20V crête à crête et ayant une impédance de sortie de 50Ω, ou moins. En outre, ils auront besoin d'un voltmètre capable de lire 2V à pleine échelle.</p> <p>Les étudiants devraient constater que la plage linéaire du pont est assez réduite et que, pour des valeurs de capacité très faibles, elle peut également être affectée par la capacité parasite associée au câblage.</p> <p>Il convient toutefois de souligner qu'une linéarité absolue n'est pas essentielle, car le niveau de carburant est également influencé par les dimensions du réservoir et un étalonnage sera nécessaire pour corriger ce phénomène.</p> <p>À la fin de la feuille de travail, il y a une introduction aux circuits en pont. Ceux-ci sont normalement "équilibrés", de sorte que la sortie est initialement nulle. Le circuit étudié ici est différent, en ce sens qu'il est toujours déséquilibré. La section "Approfondissement" permet aux élèves d'examiner un pont équilibré. Il peut être nécessaire de déconnecter le pont redresseur pour "décharger" le pont de capacité.</p>	45 - 60 minutes

Notes du tuteur

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
2 cont...	<p>Une investigation facultative suit, au cours de laquelle les élèves construisent un oscillateur de relaxation basé sur un ampli-op. Lorsque le condensateur variable est ajusté, la fréquence d'oscillation change. Ce phénomène est observé directement sur un oscilloscope connecté à la sortie. Les élèves les plus doués peuvent étudier l'effet de la modification des valeurs de résistance, mais ils doivent être avertis que le gain de tension de l'ampli-op diminue de manière significative à des fréquences élevées.</p>	
3	<p>Les moteurs à courant continu sont largement utilisés comme transducteurs de sortie dans les systèmes de contrôle des avions. Dans cette feuille de travail, les élèves étudieront le fonctionnement d'un simple contrôleur de moteur à courant continu. Ce dispositif permet de contrôler à la fois la vitesse et la direction, mais il fonctionne sans rétroaction négative et fournit donc aux élèves un exemple de système en boucle ouverte. Avant cette recherche, il convient de rappeler aux élèves les travaux qu'ils ont effectués précédemment sur les amplificateurs opérationnels, les étages de sortie des transistors push-pull et les diodes électroluminescentes. Ils doivent également être initiés aux concepts de base des systèmes en "boucle ouverte" et en "boucle fermée". Afin de fournir les rails d'alimentation positif et négatif, les étudiants auront besoin de deux alimentations de 6V DC. Ils doivent s'assurer que la connexion commune est réalisée sur le rail d'alimentation 0V de l'amplificateur opérationnel.</p> <p>En raison de l'absence de rétroaction négative, les élèves devraient constater que le réglage précis de la vitesse du moteur est extrêmement difficile et peut nécessiter des ajustements répétés. Ils doivent également remarquer la zone morte dans laquelle le moteur reste immobile et l'augmentation rapide de la vitesse de part et d'autre de cette zone. Ce sont toutes des caractéristiques des systèmes à boucle ouverte et les élèves devraient être en mesure de les observer sans autre forme de procès.</p>	60 - 90 minutes
4	<p>Dans cette dernière feuille de travail, les élèves étudient le fonctionnement d'un système qui peut être configuré comme un système en boucle ouverte ou en boucle fermée. Ils seront également en mesure d'effectuer des mesures comparatives sur le système pour montrer comment il se comporte avec et sans rétroaction.</p> <p>Comme pour la feuille de travail précédente, les élèves auront besoin de deux alimentations distinctes de 6 V CC. Au lieu d'utiliser un moteur comme charge (comme dans la feuille de travail précédente), la sortie du système de contrôle est appliquée à une résistance de 100Ω.</p> <p>Afin de configurer le système de contrôle en mode boucle ouverte ou fermée, l'entrée inverseuse de IC1 peut être connectée soit directement à 0V (boucle ouverte), soit à la sortie (boucle fermée), à l'aide du commutateur. Ils sont marqués comme liens A et B respectivement dans le schéma de circuit.</p> <p>L'élève doit mesurer la plage de tension de sortie produite lorsqu'il alimente une charge de 100Ω avec et sans rétroaction. Ils doivent ensuite répéter cette opération sans appliquer de charge.</p> <p>A partir des mesures qu'ils effectuent, ils doivent pouvoir le déduire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le gain de tension global du système est considérablement réduit lorsque la rétroaction est appliquée (c'est-à-dire en boucle fermée) • la variation de la tension de sortie, avec et sans charge appliquée, est considérablement réduite lorsqu'une rétroaction est appliquée (c'est-à-dire en boucle fermée). 	60 - 90 minutes

Questionnaire de révision

1. (a)
2. (a)
3. (b)
4. (a)
5. (a)
6. (b)
7. (c)
8. (a)
9. (c)
10. (b)
11. (c)
12. (b)
13. (a)
14. (a)
15. (a)

31 07 23 Reformaté au nouveau style