

locktronics

Simplifying Electricity

EASA - Electronic Fundamentals 3



CP7426

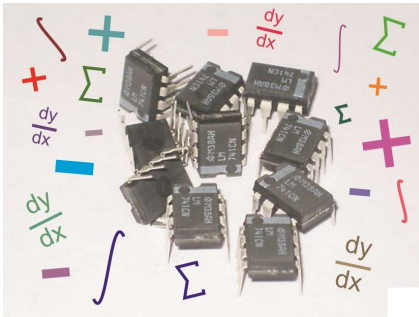
MATRIX
www.matrixmultimedia.com

Copyright © 2010 Matrix Multimedia Limited

Feuille de travail 1 - Principes des amplificateurs opérationnels	3
Feuille de travail 2 - Comparateur et déclencheur de Schmitt	5
Feuille de travail 3 - Amplificateur non inverseur	7
Fiche de travail 4 - Suiveur de tension	9
Fiche de travail 5 - Amplificateur inverseur	11
Feuille d'activité 6 - Amplificateur sommateur	13
Feuille de travail 7 - Amplificateur différentiel	15
Feuille de travail 8 - Différenciateur	17
Feuille de travail 9 - Intégrateur	19
Feuille de travail 10- Portes logiques	21
Feuille de travail 11 - Logique ET et OU	23
Fiche de travail 12 - Fibre optique	25
Questions sur la révision	26
Notes du tuteur	28
Réponses	37

Développé par Mike Tooley en collaboration avec Matrix Technology

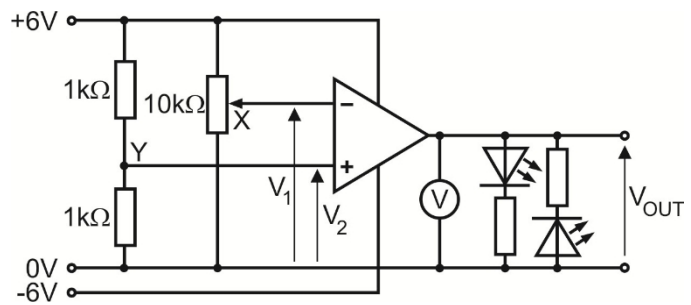
Solutions Ltd.



Les amplificateurs opérationnels (op-amps) sont utilisés dans un large éventail d'applications aéronautiques. En fait, il s'agit du circuit intégré analogique le plus couramment utilisé, dans les systèmes audio et les systèmes d'instrumentation, pour effectuer des opérations mathématiques (d'où leur nom) telles que l'addition, la soustraction et le calcul intégral et différentiel. Ils étaient au cœur de l'informatique analogique bien avant que les ordinateurs numériques ne prennent le relais.

À vous de jouer :

- Cette première enquête explore le circuit présenté dans le schéma ci-contre. Construisez-le.
- Tournez le bouton du "pot" d'un extrême à l'autre et observez ce qui se passe sur le voltmètre.
- Utilisez un multimètre numérique (DMM) réglé sur la plage 20V DC pour mesurer la tension V_2 . Enregistrez la valeur dans le tableau. Sa valeur sera la même sur toutes les lignes du tableau.
- Utilisez le multimètre pour contrôler la tension V_1 du "pot" et réglez-la à la première valeur, +4,0 V, indiquée dans le tableau.
- Mesurez la tension de sortie V_{OUT} et notez sa valeur dans la première ligne du tableau.
- Répéter ce processus pour toutes les autres valeurs de V_1 indiquées dans le tableau.
- Intervertissez maintenant les entrées de façon à ce que le "pot", sortie X, fournisse l'entrée V_2 , et que la sortie Y du diviseur de tension constitué des deux résistances de $1k\Omega$ fournisse l'entrée V_1 .
- Répétez le processus décrit ci-dessus et comparez les performances de l'ampli-op dans les deux situations.



V_1	V_2	V_{OUT}
+4.0V		
+3.6V		
+3.2V		
+2.8V		
+2.4V		
+2.0V		

V_1	V_2	V_{OUT}
	+4.0V	
	+3.6V	
	+3.2V	
	+2.8V	
	+2.4V	
	+2.0V	

Fiche de travail 1

Principes des amplificateurs opérationnels

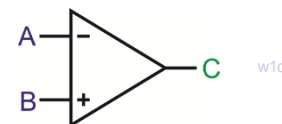
Et alors ?

L'ampli-op a deux entrées, **A** et **B**, avec un signe "+" et un signe "-", et une borne de sortie

C. Le symbole du circuit est représenté ci-contre.

(Les "+" et "-" n'ont rien à voir avec l'alimentation électrique !)

L'entrée **A**, avec le signe "-", est appelée entrée **inverseuse**. L'entrée **B**, avec le signe "+", est appelée entrée **non inverseuse**.



Les amplificateurs optiques sont des amplificateurs de **tension différentielle à haut gain**.

- **Le gain de** tension indique combien de **fois** la tension de sortie V_{OUT} est supérieure à la tension d'entrée V_{IN} . En général : **Gain de** tension $A = V_{OUT} / V_{IN}$
- Un amplificateur de **tension différentiel** amplifie la **différence** entre les tensions d'entrée.
- Par exemple, lorsqu'une tension, V_2 , de $10\mu V$ est appliquée à l'entrée B et une tension, V_1 , de $7\mu V$ à l'entrée A, l'amplificateur amplifie la **différence**, soit $3\mu V$.

L'équation de base de l'amplificateur optique est la suivante :

$$V_{OUT} = A_0 \times (V_2 - V_1)$$

Une adresse A_0 est appelée **gain de tension en boucle ouverte**, car il n'y a pas de "boucle" entre la sortie et l'entrée.

Les amplificateurs-op ont un **gain élevé**, avec A_0 typiquement $\sim 100\,000$, de sorte que la tension de sortie est typiquement $100\,000$ fois plus grande que la **différence de** tension d'entrée. Lorsque la différence est de $3\mu V$ la tension de sortie est de $300\,000\mu V (= 0,3V)$.

Les amplificateurs optiques ne peuvent pas résoudre la crise de l'énergie. Nous ne pouvons pas appliquer une différence de tension de $1\,V$ aux entrées et espérer obtenir $100\,000\,V$ à la sortie ! L'équation n'est vraie que si la sortie est comprise entre les tensions d'alimentation - dans ce cas $+6V$ et $-6V$. Lorsque V_{OUT} atteint ces limites, on dit qu'elle est **saturée**. Dans la feuille de travail 1, la sortie est toujours saturée.

Lorsque V_2 est plus grand que V_1 , la sortie est aussi proche que possible de la tension d'alimentation positive, une valeur connue sous le nom de tension de saturation positive. Lorsque V_1 est plus grand que V_2 , la sortie est proche de la tension d'alimentation négative, et est appelée tension de saturation négative.

Ce circuit est appelé **comparateur**. Il compare les tensions d'entrée et indique celle qui est la plus élevée. Lorsque V_2 est supérieur à V_1 (c'est-à-dire que la tension d'entrée "+" est supérieure), V_{OUT} est en saturation **positive**. **Lorsque** V_1 est plus grand que V_2 , (c'est-à-dire que la tension d'entrée "-" est plus grande), V_{OUT} est en saturation **négative**.

Pour mémoire :

Expliquer ce que l'on entend par :

- amplificateur de tension différentiel à haut gain
- saturation
- comparateur.

Les systèmes de contrôle de toutes sortes s'appuient sur des capteurs qui les informent de ce qui se passe.

Nombre d'entre eux offrent de simples sorties numériques - soit "on", soit "off". Certains capteurs sont des dispositifs analogiques, dont la sortie varie, par exemple, en fonction de la température.

Le circuit comparateur à amplificateur opérationnel convertit ces signaux analogiques en signaux numériques.

Dans certains cas, nous devons éviter les "bavardages" lorsque la sortie numérique passe rapidement d'une valeur à l'autre. Une solution consiste à utiliser un circuit à déclenchement de Schmitt.



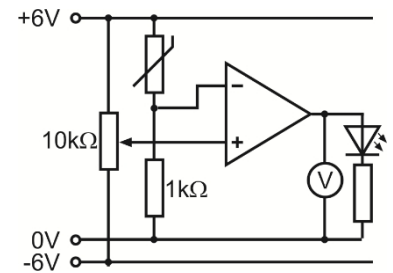
w2a

À vous de jouer :

1. Le comparateur :

Nous utiliserons une unité de détection de la température (analogique) pour avertir lorsque le capteur devient trop froid.

- Montez le circuit illustré.
- Tournez le bouton du "pot". Le voyant s'allume à un moment donné. Tournez le bouton du "pot" jusqu'à ce que la LED soit à peine allumée.
- Réchauffez maintenant la thermistance entre vos doigts. Le voyant doit s'éteindre.
- Laissez-le refroidir à nouveau. Lorsqu'il est suffisamment froid, le voyant s'allume pour signaler que la température a baissé.
- Vous devriez constater qu'il existe un point d'allumage bien défini, contrôlé par le signal du "pot". La DEL est soit allumée, soit éteinte - la sortie est numérique. Il n'y a qu'un seul seuil - la DEL s'allume et s'éteint pratiquement à la même tension.

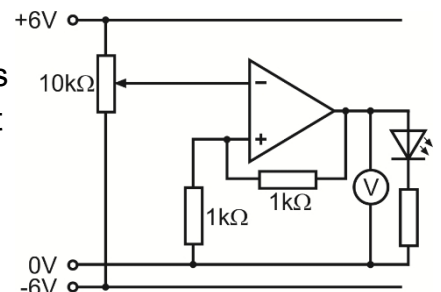


w2b

2. Le déclencheur de Schmitt :

Le comparateur n'a qu'un seul seuil. Si le signal du capteur est très proche de ce seuil et oscille légèrement vers le haut et vers le bas, la DEL peut s'allumer et s'éteindre inutilement. Le circuit suivant évite ce problème en introduisant une certaine "hystérésis".

- Montez le circuit illustré.
- Pour simplifier l'étude, l'unité de détection de la température a été remplacée par un "pot".
- Le "pot" fait maintenant office de capteur. Tournez-le jusqu'à ce que la LED s'allume.
- Tournez maintenant le "pot" vers l'arrière jusqu'à ce que la DEL s'éteigne.
- Vous devriez constater qu'il y a maintenant deux seuils. La DEL s'allume à une certaine tension et s'éteint à une autre. Cela résout le problème des commutations inutiles.



w2c

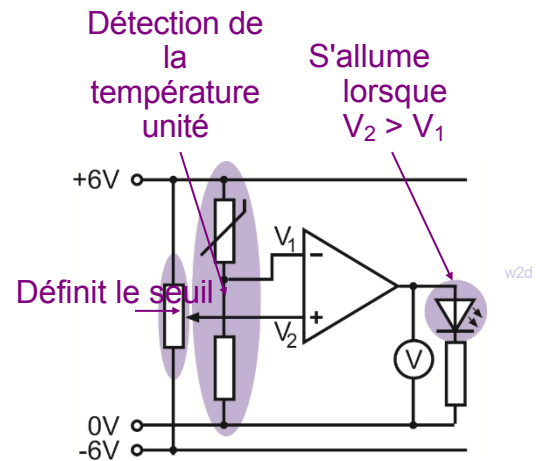
Fiche de travail 2

Comparateur et déclencheur de Schmitt

Et alors ?

Le comparateur est le circuit le plus facile à concevoir et à utiliser.

- La LED s'allume et s'éteint à la même tension de seuil, V_2 , fixée par le "pot".
- L'unité de détection de température (UDT) se compose d'une thermistance et d'une résistance fixe.
- Lorsque la température baisse, la résistance de la thermistance augmente et la tension de sortie de l'UH, V_1 , baisse.
- Lorsque V_1 descend en dessous de la valeur de V_2 , la LED s'allume. (Ce résultat a été obtenu dans la feuille de travail 1.)



À proximité du seuil de commutation, tout bruit électrique pourrait pousser le

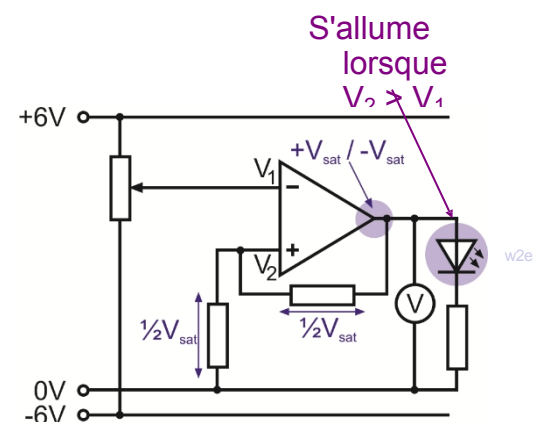
Le signal de sortie dépasse le seuil et provoque l'activation et la désactivation rapides de la sortie, à partir du bruit de fond.

seul. Dans ce cas, il peut être préférable d'utiliser un circuit

à déclenchement de Schmitt. Le comportement de

l'amplificateur est inchangé :

- Lorsque V_2 est supérieur à V_1 , la LED est allumée.
- Lorsque V_1 est supérieur à V_2 , la LED est éteinte.
- La sortie de l'ampli-op se situe soit à $+V_{sat}$ (saturation positive), soit à $-V_{sat}$ (saturation négative).
- Les deux résistances égales ($1k\Omega$) sont connectées en série entre la sortie et 0V et ont donc chacune une chute de tension de $\frac{1}{2}V_{sat}$ à travers elles. Par conséquent, $V_2 = \frac{1}{2}V_{sat}$.
- Par exemple, dans l'idéal, la sortie de l'ampli-op devrait être saturée à +6V et -6V. Cela signifie que V_2 est soit +3V, soit -3V.
 - Lorsque la DEL est éteinte, la sortie de l'amplificateur optique est de -6 V et $V_2 = -3$ V. Le signal d'entrée, V_1 , doit tomber en dessous de -3 V pour que la DEL s'allume. Le signal d'entrée, V_1 , doit tomber en dessous de -3V pour que la LED s'allume.
 - Lorsque la LED est allumée, la sortie de l'ampli-op est de +6V, et $V_2 = +3V$. Le signal d'entrée, V_1 , doit dépasser +3V pour que la LED s'éteigne.
 - Il existe désormais **deux** seuils de commutation.

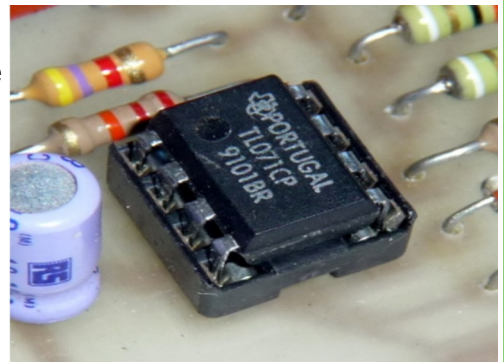


Pour mémoire :

- Dessinez le schéma du circuit pour montrer une unité de détection de la température connectée à
 - un circuit comparateur ;
 - un circuit de déclenchement de Schmitt. (Vous devrez modifier celui donné ci-dessus !)
- Expliquez clairement, en 50 mots maximum, la différence entre les comparateurs et les déclencheurs de Schmitt.
- Concevez un circuit à déclenchement de Schmitt comme celui ci-dessus, mais avec des seuils de commutation de +2V et -2V. Supposez que les tensions de saturation sont de +6V et -6V.

Les systèmes avioniques doivent être conçus avec soin. Il ne suffit pas de concevoir chaque étage comme un système séparé. Chaque étage doit "dialoguer" efficacement avec le suivant, c'est-à-dire qu'il doit transférer son signal sans perte ni distorsion.

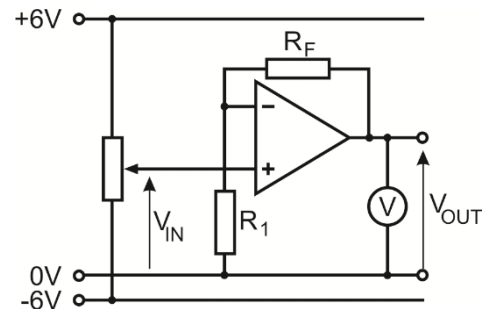
L'amplificateur opérationnel joue un certain nombre de rôles à cet égard. Conçu correctement, l'amplificateur non inverseur tire très peu de courant du sous-système d'entrée qui lui fournit un signal, un élément important de la conception.



Dans cette feuille de travail, vous étudiez le gain d'un étage d'amplificateur non inverseur.

À vous de jouer :

- Cette étude utilise le circuit ci-contre. Construisez ce circuit en utilisant une valeur de $10\text{k}\Omega$ pour R_F et $1\text{k}\Omega$ pour R_1 . Utilisez un "pot" de $10\text{k}\Omega$ comme dispositif d'entrée, comme précédemment. Veillez à brancher correctement l'alimentation électrique. Le rail d'alimentation +6V est connecté au "pot" et alimente également l'amplificateur optique, bien que cela n'apparaisse pas sur le schéma du circuit. De même, le rail d'alimentation -6V est connecté au "pot" et alimente également l'amplificateur optique.



- Utilisez un multimètre numérique (DMM) réglé sur la plage 20V DC pour contrôler la tension V_{IN} . Tournez le "pot" pour régler cette tension à +2.5V.
- Mesurer la tension de sortie V_{OUT} et enregistrer sa valeur dans l'instrument de mesure première ligne du tableau.
- Répétez ce processus pour toutes les autres valeurs de V_{IN} .
- Calculer le gain à l'aide de la formule :

$$\text{Gain de tension} = V_{OUT} / V_{IN}$$

Utilisez vos résultats pour compléter la troisième colonne.

$R_F = 1\text{k}\Omega, R_1 = 1\text{k}\Omega$		
V_{IN}	V_{OUT}	Gain
+2.5V		
+1.5V		
+0.5V		
-0.5V		
-1.5V		
-2.5V		

- Remplacez maintenant la résistance de rétroaction de $10\text{k}\Omega$ par une résistance de $1\text{k}\Omega$.
- Répéter le processus décrit ci-dessus, en utilisant les nouvelles valeurs de V_{IN} données dans le deuxième tableau.
- Complétez le deuxième tableau de la même manière que précédemment.

$R_F = 10\text{k}\Omega, R_1 = 1\text{k}\Omega$		
V_{IN}	V_{OUT}	Gain
+0.5V		
+0.3V		
+0.1V		
-0.1V		
-0.3V		
-0.5V		

Fiche de travail 3

Amplificateur non inverseur

Et alors ?

L'ampli-op standard de l'industrie est le "741", produit par Fairchild Semiconductors en 1968. Depuis lors, de nombreuses améliorations ont été apportées à ses performances.

Les caractéristiques idéales d'un amplificateur optique sont les suivantes :

- gain de tension infini en boucle ouverte ;
- largeur de bande infinie (gamme de fréquences amplifiées avec succès)
- impédance d'entrée infinie (ne tire aucun courant du dispositif créant son signal d'entrée)
- vitesse de balayage infinie (la tension de sortie peut passer instantanément à n'importe quelle valeur)
- impédance de sortie nulle, (délivre la tension de sortie totale à tout sous-système qui suit ;)
- un taux de réjection en mode commun (CMRR) infini (il n'amplifie que la différence de tension entre les entrées et ignore toute tension commune aux deux entrées, telle que les interférences).

Souvent, les sous-systèmes qui fournissent un signal à un amplificateur, comme un microphone, ne peuvent pas fournir beaucoup de courant. Si l'amplificateur tire un courant important, la tension du signal chute, ce qui annule l'intérêt de l'utilisation d'un amplificateur. L'amplificateur non inverseur, cependant, offre une impédance d'entrée très élevée, typiquement $1\text{M}\Omega$, de sorte qu'il tire très peu de courant de sa source de signal.

La valeur théorique du gain de tension est donnée par la formule :

$$\text{Gain de tension} = 1 + R_F / R_1$$

Pour la première partie de l'étude, où $R_F = 1\text{k}\Omega$ et $R_1 = 1\text{k}\Omega$, cela donne une valeur :

$$\text{Gain de tension} = 1 + 1 / 1 = 2$$

(L'utilisation de deux résistances de même valeur donnerait le même gain de tension. L'utilisation de valeurs élevées réduit la consommation de la batterie et la dissipation d'énergie).

Pour la deuxième partie, où $R_F = 10\text{k}\Omega$ et $R_1 = 1\text{k}\Omega$, cela donne une valeur :

$$\text{Gain de tension} = 1 + 10 / 1 = 11.$$

- Examinez vos mesures. Correspondent-elles à ces valeurs de gain de tension ?
- Remplacez le "pot" par un générateur de signaux, réglé pour émettre des ondes sinusoïdales d'une amplitude de 100mV à une fréquence de 1kHz. Utilisez un oscilloscope pour mesurer l'amplitude des signaux d'entrée et de sortie, et mesurer ainsi le gain en tension alternative.

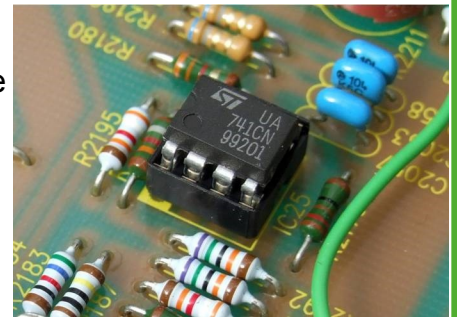
Pour mémoire :

Complétez le tableau suivant :

Tension d'entrée	Tension de sortie	Gain de tension	Résistance R_F	Résistance R_1
5mV			$22\text{k}\Omega$	$2\text{k}\Omega$
	300mV	15		$1\text{k}\Omega$
20mV	400mV		$38\text{k}\Omega$	
10mV		10		$10\text{k}\Omega$
3mV	18mV		$100\text{k}\Omega$	

Le suiveur de tension, ou tampon, ne fournit aucun gain de tension mais présente l'avantage significatif de tirer très peu de courant de la source du signal. En tant que tel, il s'agit d'une forme extrême d'un circuit non

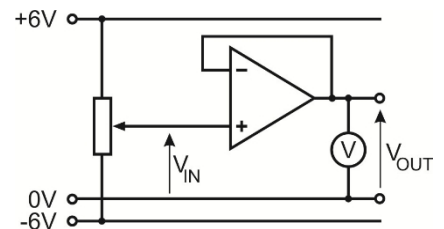
Il s'agit d'un amplificateur inverseur qui utilise zéro ohm comme résistance de rétroaction et des ohms infinis comme résistance R_1 . Cela produit un gain de tension d'unité (c.-à-d. 1). En d'autres termes, le circuit se comporte comme une connexion filaire directe, mais avec un courant pratiquement



À vous de jouer :

1. Se comporte comme un fil de fer :

- Mettre en place le premier circuit. Utilisez un "pot" de $10k\Omega$ comme dispositif d'entrée, comme précédemment. Attention aux connexions électriques !
- Remarquez le lien entre la sortie et l'inversion l'entrée. Cela permet d'obtenir un retour d'information de 100 %.
- Utilisez un multimètre numérique (DMM) pour contrôler la tension V_{IN} . Tournez le "pot" pour régler cette tension à +2,5V.
- Mesurer la tension de sortie V_{OUT} et l'inscrire dans le tableau.
- Répétez ce processus pour toutes les autres valeurs de V_{IN} .



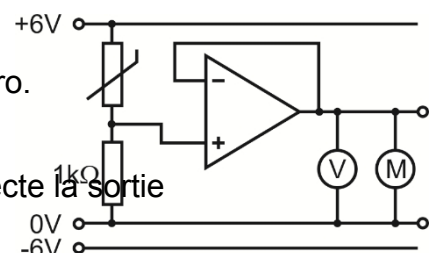
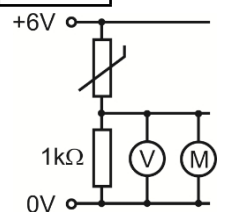
V_{IN}	V_{OUT}
+2.5V	
+1.5V	
+0.5V	
-0.5V	
-1.5V	
-2.5V	

2. La partie magique :

Il est prévu d'utiliser un capteur de température pour faire fonctionner un ventilateur.

Plus la pièce est chaude, plus le ventilateur est rapide.

- Mettre en place le deuxième circuit.
- Si vous testez cette méthode, vous constaterez qu'elle ne fonctionne pas !
- Débrancher le moteur. Le voltmètre affiche une valeur saine, qui augmente lorsque la température augmente.
- Si l'on rebranche le moteur, cette valeur tombe presque à zéro.
- Montez maintenant le troisième circuit et testez-le. (Remarquez le retour d'information à 100 % !) Le moteur affecte la sortie mais pas autant. Cette version fonctionne !



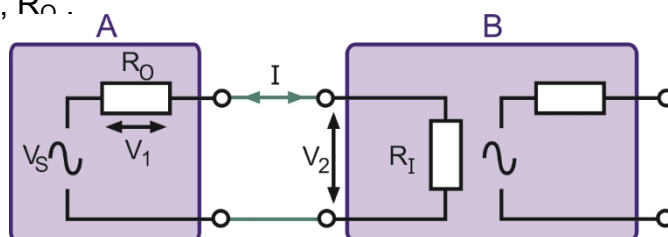
Fiche de travail 4

Suiveur de tension

Et alors ?

Adaptation pour le transfert de tension :

Quelle que soit la complexité de son fonctionnement interne, nous pouvons nous représenter un sous-système électronique comme une source de tension, V_S , en série avec une résistance de sortie, R_O .



Le diagramme montre deux sous-systèmes, **A** et **B**. Notre objectif est de transmettre la plus grande partie possible de la tension V_S . En d'autres termes, nous voulons que V , la tension "vue" par B, soit aussi proche que possible de la tension générée par A. En d'autres termes, nous voulons que V_2 , la tension "vue" par **B**, soit aussi proche que possible de V_S , la tension générée par **A**.

Or, $V_2 + V_1 = V_S$, nous voulons donc rendre V_1 aussi petit que possible, en rendant le courant I aussi petit que possible. Cela signifie que la résistance d'entrée de **B**, R_I , doit être beaucoup plus grande que R_O , la résistance de sortie de **A**.

L'amplificateur non inverseur a une résistance d'entrée d'au moins $1\ \text{M}\Omega$. (Les impédances d'entrée varient d'un amplificateur à l'autre. Le TL081 utilisé dans le porte-ampli Locktronics a une résistance d'entrée de 1 million de Ω). Par conséquent, le courant tiré de la source de signal d'entrée est très faible et la perte de signal (V_1 dans le diagramme) est faible.

Par conséquent, lorsqu'il est connecté à l'unité de détection de la température, dans la partie 2 de l'enquête, le suiveur de tension a très peu d'effet sur la sortie du capteur. La tension provenant de l'unité de détection est transmise avec peu de changement à la sortie du suiveur. Le moteur tire maintenant son courant de l'amplificateur optique et non de l'unité de détection.

Pour mémoire :

- Complétez les éléments suivants :
 - Dans un suiveur de tension, la tension de sortie est égale à la tension d'entrée. à la tension d'entrée. Cependant, la tension de sortie est égale à la tension d'entrée, l'impédance d'entrée (résistance) du suiveur de tension est si grande qu'elle tireLe courant est prélevé sur la source du signal d'entrée. Par conséquent, il n'a que peu ou pas de sur le signal d'entrée. Le dispositif de sortie tire le courant de l'amplificateur optique et non de la source du signal.
- Utilisez l'internet pour rechercher les termes suivants et expliquez chacun d'entre eux en moins de

25 mots :

- tampon ;
- 100 % de retour d'information ;
- circuit équivalent.

Feuille de travail 5

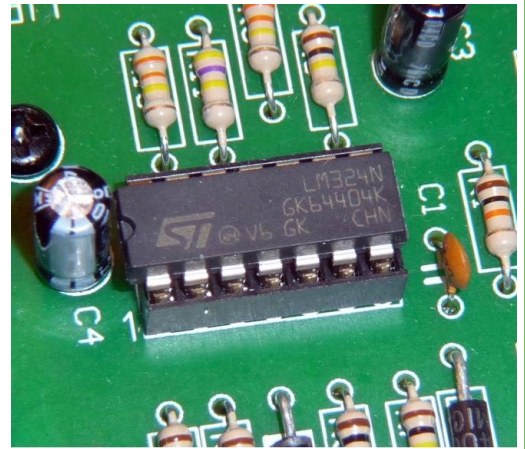
Amplificateur inverseur

L'amplificateur inverseur est quelque peu inférieur en tant qu'amplificateur de tension, mais il donne lieu à un certain nombre d'applications passionnantes basées sur ce circuit.

Le fait qu'il inverse le signal est rarement significatif - un signal audio sonne de la même manière, qu'il soit inversé ou non !

Plus important encore, l'amplificateur inverseur tire généralement plus de courant de sa source de signal que l'amplificateur non inverseur, et doit donc être conçu avec

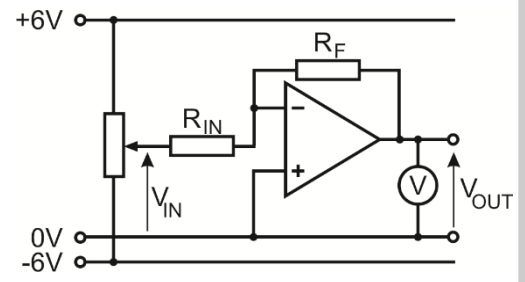
$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$



Choses à jouer :

- L'étude suivante utilise le circuit illustré ci-contre. Construisez-le en utilisant une valeur de $10k\Omega$ pour R_F et $10k\Omega$ pour R_{IN} . Utilisez un "pot" de $10k\Omega$ comme dispositif d'entrée, comme précédemment. Veillez à ce que l'alimentation soit correctement connectée ! Le rail d'alimentation +6V est connecté au 'pot' et alimente également l'amplificateur optique. De même, le rail d'alimentation -6V est connecté au 'pot' et à l'amplificateur optique.
- Utilisez un multimètre numérique (DMM) pour contrôler la tension d'entrée V_{IN} . Tournez le "pot" pour régler cette tension à +2,5V.
- Mesurez la tension de sortie V_{OUT} et inscrivez-la dans la première ligne du tableau.
- Répétez ce processus pour toutes les autres valeurs de V_{IN} .
- Calculer le gain de tension à l'aide de la formule :

$$\text{Gain de tension} = V_{OUT} / V_{IN}$$
 et donc compléter la troisième colonne.



$R_F = 10k\Omega, R_{IN} = 10k\Omega$		
V_{IN}	V_{OUT}	Gain
+2.5V		
+1.5V		
+0.5V		
-0.5V		
-1.5V		
-2.5V		

- Remplacez maintenant la résistance d'entrée de $10k\Omega$ par une résistance de $1k\Omega$.
- Répétez le même processus en utilisant les valeurs de V_{IN} données dans le deuxième tableau.
- Complétez le deuxième tableau de la même manière que précédemment.
- La formule pour le gain en tension est plus simple que pour l'amplificateur non inverseur. Comment pourriez-vous utiliser une résistance $10k$ et deux résistances $1k$ pour obtenir un gain en tension de 5 ?
- Testez votre idée en modifiant le circuit que vous avez utilisé ci-dessus.

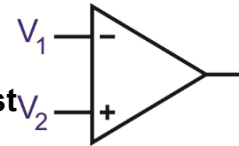
$R_F = 10k\Omega, R_{IN} = 1k\Omega$		
V_{IN}	V_{OUT}	Gain
+0.5V		
+0.3V		
+0.1V		
-0.1V		
-0.3V		
-0.5V		

Et alors ?

Un résultat significatif :

$$v_2 = v_1$$

dans tout circuit d'amplificateur optique dont la sortie n'est pas saturée



w5c

La raison :

- La tension de sortie n'est jamais très élevée, de l'ordre de 10V maximum.
- Si la sortie n'est pas saturée, $v_{OUT} = A_0 \times (v_2 - v_1)$.
- Le gain en boucle ouverte, A_0 , est d'environ 100 000.
- Par conséquent, $10 = 100\,000 \times (v_2 - v_1)$, donc $(v_2 - v_1) \sim 0,0001V$, ou, selon une bonne approximation : $v_2 = v_1$

Dans le cas de l'amplificateur inverseur, $v_2 = 0V$, car il lui est directement connecté.

Tant que la sortie n'est pas saturée, $v_1 = 0V$ également. Cela peut être un bon moyen de vérifier expérimentalement que l'amplificateur opératif fonctionne correctement.

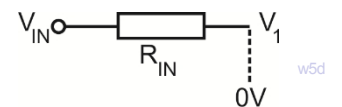
Pour l'amplificateur inverseur :

$$\text{Gain de tension} = - R_F / R_{IN}$$

En conséquence :

- lorsque $R_F = R_{IN}$, le gain en tension = -1 ;
- lorsque $R_F = 10 \times R_{IN}$, le gain en tension = -10, et ainsi de suite.

Cependant, comme $v_1 = 0V$ lorsque la sortie n'est pas saturée (et les amplificateurs ne doivent jamais être amenés à saturation), la source d'entrée voit l'amplificateur comme la résistance d'entrée connectée à 0V, comme le montre le diagramme.



w5d

La valeur de R_{IN} doit être élevée afin de limiter le courant que l'amplificateur tire de la source d'entrée. Elle doit être d'au moins $1k\Omega$, et de préférence supérieure à $10k\Omega$.

- Remplacez le "pot" par un générateur de signaux, réglé pour émettre des ondes sinusoïdales d'une amplitude de 100mV à une fréquence de 1kHz. Utilisez un oscilloscope pour mesurer l'amplitude des signaux d'entrée et de sortie, et mesurer ainsi le gain en tension alternative.

Pour mémoire :

Compléter le tableau suivant :

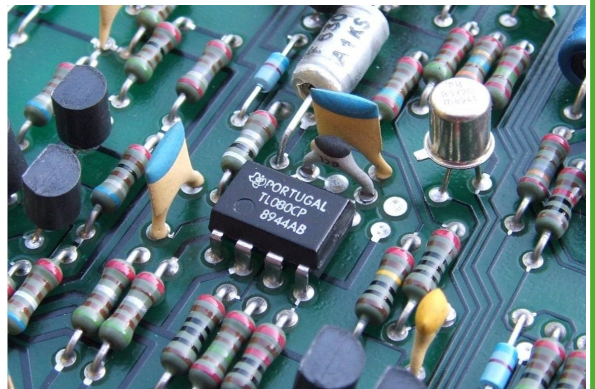
Tension d'entrée	Tension de sortie	Gain de tension	Résistance R_F	Résistance R_{IN}
5mV			$20k\Omega$	$2k\Omega$
	-300mV	12		$10k\Omega$
20mV	100mV		$100k\Omega$	
-10mV		3		$10k\Omega$
3mV	-24mV		$240k\Omega$	

Feuille de travail 6

Amplificateur sommateur

L'amplificateur inverseur n'a qu'une seule entrée. Cependant, nous pouvons ajouter d'autres entrées de manière à ce que chacune opère indépendamment, avec pour résultat que l'amplificateur inverseur est un amplificateur à deux entrées.

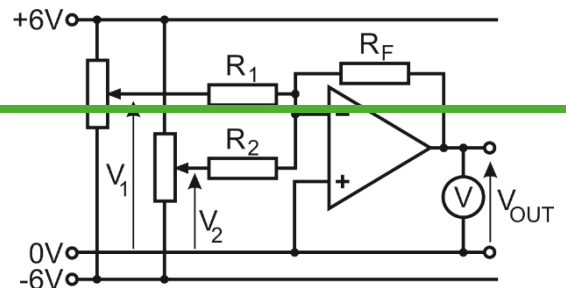
La tension de sortie est la somme des entrées individuelles. Cela nous permet de combiner des signaux provenant d'un certain nombre de transducteurs ou de sources de signaux différents.



À vous de jouer

Dans cette feuille de travail, vous étudiez un amplificateur sommateur simple avec seulement deux entrées. Le circuit suivant est une modification de celui utilisé dans la feuille de travail précédente. Il est

illustré ci-contre.



- Construisez-le en utilisant des résistances de $10\text{k}\Omega$ pour R_F , R_1 et R_2 . Faites attention aux connexions d'alimentation !
- A l'aide d'un multimètre, contrôler les tensions d'entrée V_1 et V_2 , réglées sur deux pots de $10\text{k}\Omega$. Réglez leurs valeurs sur celles indiquées dans la première ligne du tableau.
- Mesurer la tension de sortie V_{OUT} et l'inscrire dans la première ligne du tableau.
- Répétez ce processus pour toutes les autres valeurs de tension d'entrée.

$R_F = R_2 = R_1 = 10\text{k}\Omega$		
V_2	V_1	V_{OUT}
+2.0V	+1.0V	
+1.5V	+1.0V	
+0.5V	-0.5V	
-0.5V	-0.5V	
-1.5V	+2.0V	
-2.5V	+2.0V	

- Remplacez maintenant la résistance de rétroaction de $10\text{k}\Omega$ par une résistance de $1\text{k}\Omega$.
- Utilisez le même processus que précédemment pour étudier ce circuit.
- Inscrivez vos résultats dans le deuxième tableau.

$R_F = 1\text{k}\Omega$ = $R_1 = 10\text{k}\Omega$		
V_2	V_1	V_{OUT}
+2.0V	+1.0V	
+1.5V	+1.0V	
+0.5V	-0.5V	
-0.5V	-0.5V	
-1.5V	+2.0V	
-2.5V	+2.0V	

Feuille de travail 6

Amplificateur

Et alors ?

Un résultat significatif :

$$V_{OUT} = - \left[\left(\frac{R_F}{R_1} \times V_1 \right) + \left(\frac{R_F}{R_2} \times V_2 \right) \right]$$

et lorsque $R_F = R_1 = R_2$ nous avons :

$$V_{OUT} = - (V_1 + V_2)$$

Le signe moins résulte de l'amplificateur inverseur.

Rappelons que pour un amplificateur inverseur simple avec une seule entrée :

$$\text{Gain de tension} = - R_F / R_{IN}$$

Pour mémoire :

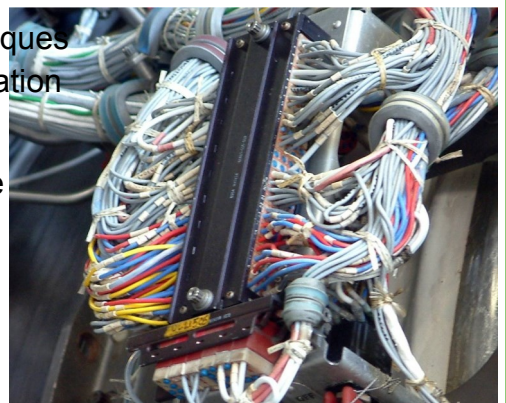
- Complétez le tableau suivant :

Tension d'entrée V_1	Résistance R_1	Tension d'entrée V_2	Résistance R_2	Résistance R_F	Tension de sortie V_{OUT}
150 mV	2 kΩ	350 mV	2 kΩ	10 kΩ	
	100 kΩ	1 V	50 kΩ	100 kΩ	-1 V
200 mV	50 kΩ	500 mV	100 kΩ	100 kΩ	
-10 mV	2,5 kΩ		2,5 kΩ	10 kΩ	0 V
300 mV	1 kΩ	-90 mV		1,2 kΩ	150 mV

Fiche de travail 7

Amplificateurs différentiels

Les applications d'amplificateurs optiques avioniques se trouvent dans des systèmes de contrôle et d'instrumentation d'un type ou d'un autre.



L'amplificateur différentiel s'applique à un grand nombre de ces systèmes et son nom donne une idée de son rôle.

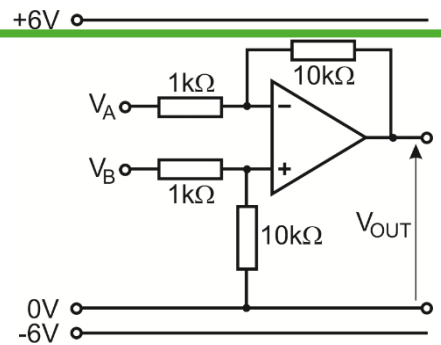
Son importance réside dans sa capacité à distinguer les composantes d'arrière-plan d'un signal, telles que la température et la tension d'alimentation, du véritable signal.

Il est souvent utilisé en conjonction avec des circuits de pont, pour surveiller, par exemple, les déformations dans

les structures d'avions, telles que les fuselages et les

ailes.

Le circuit suivant est une autre modification de l'amplificateur inverseur utilisé précédemment. Il est illustré ci-contre.



- Construisez ceci en utilisant deux résistances de $10k\Omega$ et deux résistances de $1k\Omega$. Utilisez deux "pots" de $10k\Omega$ pour fournir les signaux d'entrée, V_A et V_B . Remarquez la symétrie de l'arrangement. Les deux résistances d'entrée sont égales. L'entrée inverseuse est connectée à la sortie par une résistance de $10k\Omega$. L'entrée non inverseuse est connectée par une résistance de $10k\Omega$ à 0V.

- Utilisez un multimètre pour contrôler les tensions d'entrée V_A et V_B . Fixez leurs valeurs à celles indiquées dans la première ligne du tableau.

V_B	V_A	V_{OUT}
+2.0V	+1.8V	
+1.5V	+1.2V	
+0.4V	0V	
0V	-0.2V	
-1.5V	-1.3V	
-2.2V	-2.6V	

- Mesurez la tension de sortie V_{OUT} et inscrivez-la dans la première ligne du tableau.
- Répétez ce processus pour toutes les autres valeurs de tension d'entrée. Comme pour tous les circuits d'amplification, il est important d'éviter la saturation de la sortie. **Veillez à ce que vos résultats en tiennent compte !**

- Analysez vos résultats.

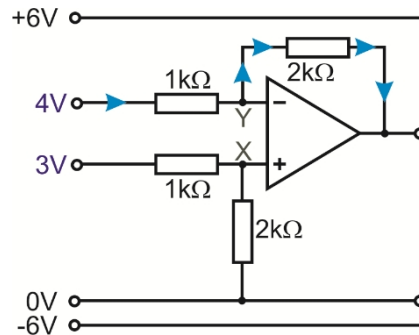
Voyez-vous le schéma qui relie V_{OUT} à V_A et V_B ?

Testez vos théories en essayant d'autres combinaisons de tensions d'entrée et en prédisant le résultat.

Fiche de travail 7

Amplificateurs différentiels

Voici une analyse des performances de l'amplificateur différentiel.
(Les valeurs des résistances ont été modifiées pour faciliter l'arithmétique).

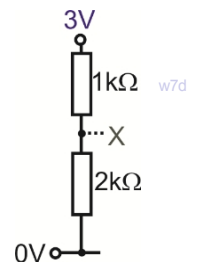


w7c

Nous avons souligné précédemment que l'impédance d'entrée de l'amplificateur optique idéal est infinie et qu'il ne tire donc aucun courant de sa source d'entrée. Nous supposons que l'ampli-op utilisé ici est idéal !

Observez le point X, l'entrée non inverseuse de l'amplificateur optique. Il est au centre d'un diviseur de tension. On peut le dessiner comme indiqué ci-contre :

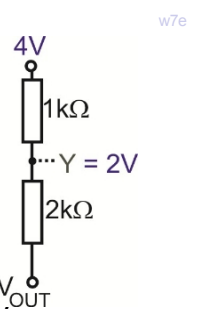
Il y a une chute de 3V aux bornes de deux résistances, dont l'une est deux fois plus grande que l'autre. Par conséquent, la résistance de 2kΩ absorbe deux fois plus de tension que la résistance de 1kΩ, ce qui donne 2V aux bornes de la résistance de 2kΩ et 1V aux bornes de la résistance de 1kΩ.



En d'autres termes, le point X se situe à 2V.

En supposant que la sortie de l'ampli-op n'est pas saturée, les deux entrées doivent être à la même tension (comme nous l'avons souligné précédemment). En d'autres termes, le point Y est également à 2V.

La sortie de l'ampli-op peut être considérée comme faisant partie d'un diviseur de tension. La résistance d'entrée de 1kΩ présente une chute de tension de 2V (de 4V à l'entrée à 2V au point Y.) La résistance de 2kΩ en série avec elle doit présenter une chute de tension deux fois plus importante, c'est-à-dire 4V.



Si l'on regarde les flèches de courant bleues sur le diagramme, le courant circule du point Y vers la sortie. Cela signifie que la sortie est à une tension inférieure à celle du point Y, dans ce cas 4V de moins. Comme Y est à 2V, la sortie doit être à $(2 - 4) = -2V$.

Pour mémoire :

Calculez la tension de sortie si les quatre résistances du circuit ont une résistance de 10kΩ et que les tensions d'entrée sont :

$$V_A = +6V, V_B = +4V$$

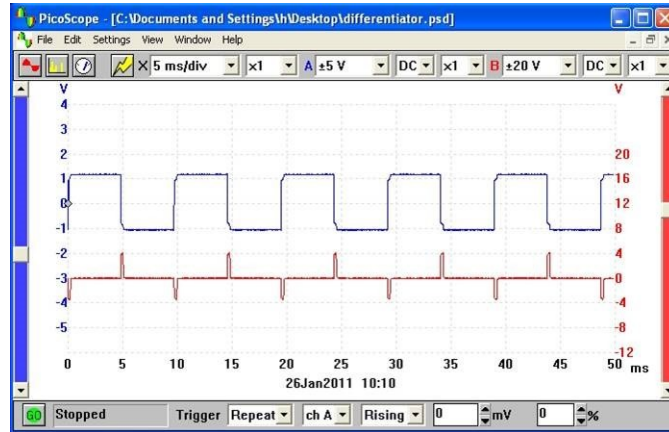
Montrez comment vous obtenez votre réponse.

Feuille de travail 8

Différenciateurs

Et alors ?

Un ensemble typique de formes d'ondes est présenté dans l'image.



Un point important !

Remarquez que les "pics" **négatifs** de la forme d'onde de sortie se produisent sur le bord **ascendant** rapide de la forme d'onde carrée, tandis que les "pics" positifs se produisent sur le bord **descendant** rapide de la forme d'onde carrée.

La sortie du différentiateur est donc l'inverse de la différentielle de sa fonction d'entrée. Exprimée en termes mathématiques, la tension de sortie est donnée par :

$$V_{OUT} \propto - \frac{d(V_{IN})}{dt}$$

En d'autres termes, la sortie est le

fonction dérivée de l'entrée.

La performance du différentiateur (et sa capacité à produire une fonction différentielle précise) est déterminée principalement par le rapport entre la constante de temps du réseau RC et le temps périodique de la fonction d'entrée.

Pour une différenciation précise, le temps périodique, t , doit être beaucoup plus grand que la constante de temps, RC (typiquement au moins dix fois plus grand).

Calculez le rapport entre t et RC utilisé dans ce circuit :

$$\text{Ratio, } \frac{t}{CR} =$$

Pour mémoire :

Étudiez ce qui se passe lorsque vous changez le type de signal d'entrée. Par exemple, entrez une onde sinusoïdale de 100 Hz et, si votre générateur de signaux le permet, une onde triangulaire de 100 Hz.

Feuille de travail 9

Intégrateur

Un intégrateur assure la fonction inverse de celle d'un différentiateur.

Sa sortie est équivalente à l'aire sous le graphique de la fonction d'entrée plutôt qu'à son taux de variation.

Si l'entrée reste constante (et est différente de 0V), la tension de sortie augmente ou diminue en fonction de la polarité de l'entrée.

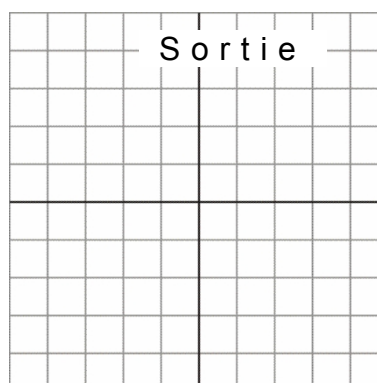
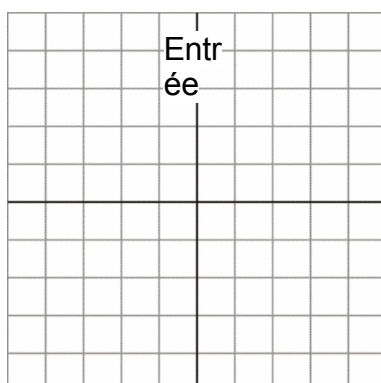
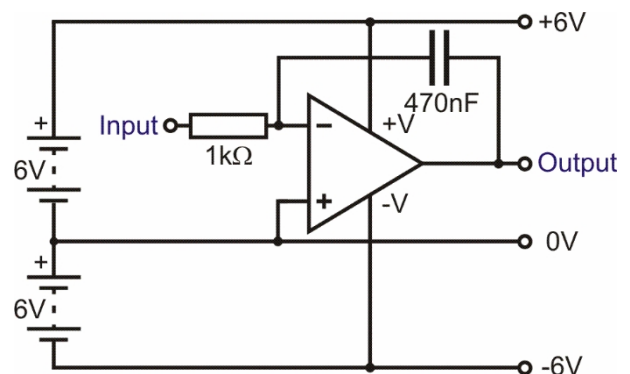
Plus la tension d'entrée reste longtemps à une valeur donnée, plus la tension de sortie est élevée.

Dans cette feuille de travail, vous étudiez l'intégrateur d'un amplificateur opérationnel, alimenté par une onde carrée.



À vous de jouer :

- Réalisez le circuit intégrateur ci-contre. Une fois de plus, vous devrez utiliser deux alimentations DC, réglées sur 6V, branchées sur le support d'alimentation double rail, pour alimenter les rails de puissance +6V / 0V / -6V.
- Connectez l'entrée à un générateur de signaux, réglé pour émettre 1V crête à crête à une fréquence de 100Hz.
- Connecter un oscilloscope à double trace de façon à ce que le canal A affiche les formes d'onde d'entrée et le canal B les formes d'onde de sortie de l'intégrateur. Connecter les bornes de masse au rail d'alimentation 0V.
- Ajustez les commandes de l'oscilloscope pour afficher deux cycles des formes d'onde d'entrée et de sortie.
- Esquissez-les sur les grilles fournies et indiquez les axes de tension et de temps.

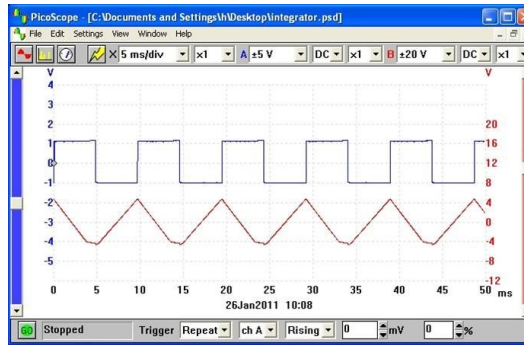


Feuille de travail 9

Intégrateurs

Et alors ?

Un ensemble typique de formes d'ondes est présenté dans l'image.



Encore un point important !

Remarquez que la forme d'onde de sortie **descend** lorsque la tension d'entrée est maintenue à un **niveau élevé** et qu'elle descend lorsque la tension d'entrée est maintenue à un **niveau élevé**.

lorsque la tension d'entrée est maintenue à un **niveau bas**.

La sortie de l'intégrateur est donc l'inverse de l'intégrale de sa fonction d'entrée.

Exprimée en termes mathématiques, la tension de sortie est donnée par :

$$V_{OUT} \propto \int V_{IN} dt$$

En d'autres termes, la sortie est le

fonction intégrale de l'entrée.

Comme pour le différentiateur, les performances de l'intégrateur (et sa capacité à produire une fonction intégrale précise) sont principalement déterminées par le rapport entre la constante de temps du réseau C-R et le temps périodique de la fonction d'entrée. (Dans l'autre sens cette fois-ci !)

Pour une intégration précise, la constante de temps, RC, doit être beaucoup plus grande que le temps périodique, t (typiquement au moins dix fois plus grande).

Calculez le rapport entre RC et t utilisé dans ce circuit.

$$\text{Ratio, } \frac{CR}{t} =$$

Pour mémoire :

- Une fois de plus, étudiez l'effet de la modification du type de signal d'entrée, en utilisant un signal sinusoïdal de 100 Hz.
et, si votre générateur de signaux le permet, une onde triangulaire de 100 Hz, par exemple.
- Étudier l'effet d'une modification de la fréquence du signal d'entrée sur la forme d'onde de sortie.

Fiche de travail 10

Portes logiques

Les portes logiques sont l'un des circuits intégrés numériques les plus courants. Elles exécutent des fonctions logiques, telles que NOT, AND et OR. Cette feuille de travail examine la plus simple d'entre elles, la fonction NOT. Cette fonction pourrait être utilisée pour avertir qu'une porte du train d'atterrissage n'est PAS fermée, par exemple.

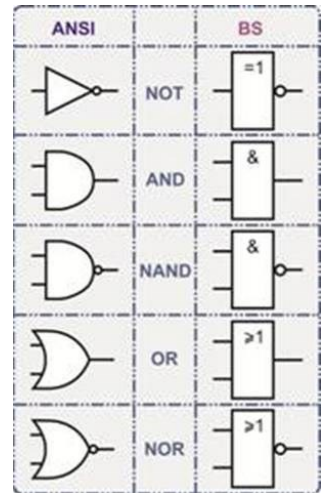
Les portes logiques peuvent être construites de différentes manières, ce qui donne lieu à un certain nombre de "familles" logiques, chacune ayant ses propres capacités et limites. L'une de ces familles est appelée **CMOS**.

La photographie montre une porte NOT CMOS, identifiée par "4049".



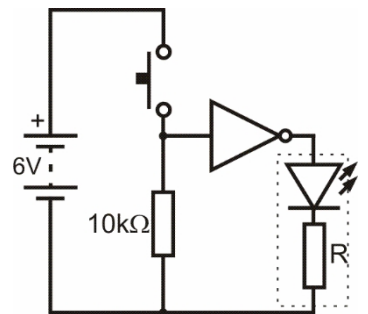
Elle est connue sous le nom de "tampon inverseur hexagonal" (Hex = 6, inverseur = NOT, tampon = capable de délivrer un courant de ~ milliampères). (Hex = 6, inverseur = NOT, tampon = capable de délivrer un courant de ~ milliampères), ce qui signifie que le circuit intégré possède six portes NOT, chacune ayant une certaine capacité de courant.

Comme tous les dispositifs électroniques, les portes logiques sont représentées par des symboles de circuit, mais il en existe plusieurs versions. Les plus courants sont les symboles "ANSI" (American National Standards Institute) et "BS" (British Standard), également appelés "SB" (System Block). Les deux sont indiqués dans le diagramme ci-contre, mais les schémas d'avion utilisent invariablement les symboles ANSI.



À vous de jouer :

- Construisez le circuit ci-contre. Remarquez la LED connectée entre la sortie de la porte NOT et le 0V. Elle s'ajoute à la DEL intégrée dans le support de la porte NOT lui-même.
- Régler l'alimentation en courant continu sur 6V.
- Avec le multimètre sur la plage 20V DC, mesurez les tensions à l'entrée puis à la sortie de la porte NOT lorsque l'interrupteur est éteint (ouvert).
- Inscrivez les deux relevés dans le premier tableau.



- Notez si la LED externe est allumée ou éteinte.
- Fermez maintenant l'interrupteur et répétez les mesures. Inscrivez-les dans le premier tableau.
- Inverser l'unité de commutation en intervertissant l'interrupteur et la résistance 10kΩ. Répétez les mesures et inscrivez-les dans le deuxième tableau.

Interrupteur unité	Entrée tension	Sortie tension	État de LED
Ouvert (éteint)			
Fermé (on)			

Unité de commutation inversé	Entrée tension	Sortie tension	État d
Ouvert (éteint)			

Et alors ?

Tout d'abord, un mot sur les niveaux logiques. Les tensions que vous avez mesurées sont soit très proches de +6V, soit de 0V. Pour les portes logiques CMOS, le niveau logique 1 correspond à toute tension supérieure à 70 % de la tension d'alimentation, et le niveau logique 0 à toute tension inférieure à 30 % de la tension d'alimentation. Dans ce cas, avec une alimentation de 6V, le niveau logique 1 est supérieur à 4,2V et le niveau logique 0 inférieur à 1,8V.

Bande de porte	
Entrée	Sortie
(logique) 0	
(logique) 1	

- Utilisez ces informations pour convertir vos lectures de tension d'entrée et de sortie en niveaux logiques. Complétez le tableau, connu sous le nom de **table de vérité**, pour la porte NOT, qui décrit le comportement de la porte.

La porte NOT produit le même effet, que l'unité de commutation soit inversée ou non. Elle transforme une entrée logique 0 en une sortie logique 1, et vice-versa.

Le comportement de l'unité de commutation a changé. Au départ, il produisait un signal logique 0 lorsque l'interrupteur était ouvert et un signal logique 1 lorsqu'il était fermé. Lorsqu'il est inversé, le comportement s'inverse : lorsque l'interrupteur est ouvert, il produit un signal logique 1 et, lorsqu'il est fermé, un signal logique 0.

Un défi - Pourquoi avons-nous besoin d'une résistance dans l'unité de commutation ? Pourquoi ne pas se contenter de l'interrupteur ?

- Voyez ce qui se passe lorsque vous retirez la résistance de l'unité de commutation. Avec l'interrupteur entre l'alimentation +6V et l'entrée, les choses semblent se passer comme avant, lorsque la résistance était en place. Cependant, lorsque l'interrupteur est connecté entre l'entrée et la connexion 0V, rien ne se passe. La sortie de la porte NOT reste toujours à la valeur logique 1, quel que soit l'état du commutateur. Les circuits CMOS sont merveilleux, mais ils présentent une faiblesse : les entrées ne doivent pas "flotter" (ne pas être connectées). Si c'est le cas, le résultat est imprévisible. La sortie peut même osciller si rapidement entre 0 et 1 logique que le circuit peut surchauffer et être détruit. Utilisez toujours une résistance pour "tirer" l'entrée vers le haut jusqu'à la logique 1, en la connectant entre l'alimentation positive et l'entrée, ou pour "tirer" l'entrée vers le bas jusqu'à la logique 0, en la connectant entre l'entrée et le 0V. La porte NOT de Locktronics est câblée de manière à ce que l'entrée soit à 0 logique, lorsque rien n'y est connecté.

Pour mémoire :

- **Une surprise** - nous avons dit qu'une porte NOT CMOS porte le numéro de série "4049". Retirez le support de la porte NOT, retournez-le et regardez le circuit intégré qu'il contient.

Le numéro de série qu'il porte est "4011". Trouvez ce qu'est la puce '4011'.

- **Autre défi** : que se passe-t-il si vous connectez la sortie d'une porte NOT à l'entrée d'une autre porte NOT ? Quelle est la relation entre la sortie de la deuxième porte NOT et l'entrée de la première porte NOT ? Est-ce que cela correspond à ce que vous attendez ?

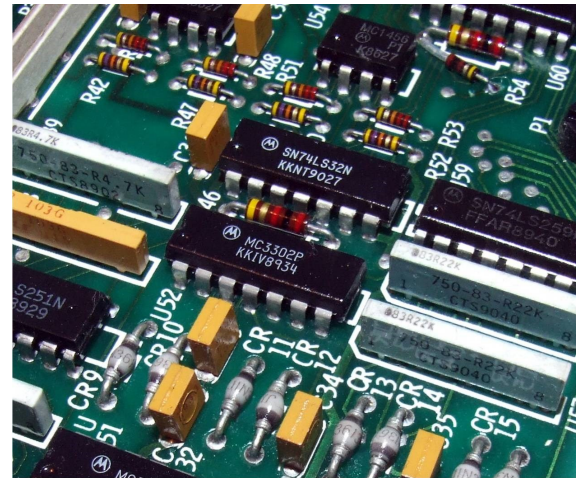
Fiche de travail 11

Logique ET et OU

Souvent, les systèmes de l'avion sont conçus pour ne fonctionner que lorsque certains critères sont remplis.

Par exemple, le pilote automatique ne fonctionne PAS lorsque l'avion est au sol. Nous pourrions facilement mettre en œuvre cette logique en utilisant la porte NOT que vous avez rencontrée dans la feuille de travail 10.

Parfois, cependant, plusieurs conditions doivent être remplies. Nous pouvons résoudre ces problèmes en utilisant des combinaisons de portes logiques ET et OU. Par exemple, l'alimentation des allumeurs d'un moteur à turbine à gaz ne doit fonctionner que lorsque l'interrupteur de démarrage du moteur est actionné ET que le régime de la turbine a atteint la vitesse minimale requise pour maintenir la combustion.

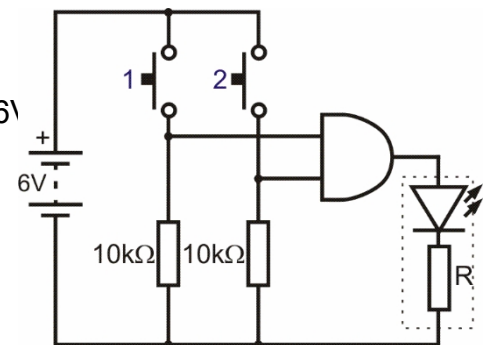


w11a

A vous de jouer :

La porte ET

- Réalise le circuit ci-contre. Attention à bien alimenter le support de la porte logique !
- Régler l'alimentation en courant continu sur une sortie de 6V
- Connecter une LED entre la sortie de la porte et le 0V. (La résistance de protection est déjà connectée à l'intérieur du support de la LED).
- Il y a quatre séries de mesures à effectuer : Premièrement, laissez les deux interrupteurs ouverts (off).
- Avec le multimètre sur la plage 20V DC, mesurez la tension à l'entrée A, puis à l'entrée B, et enfin à la sortie de la porte ET. Notez vos mesures dans la première ligne. Notez si la DEL externe est allumée ou éteinte.
- Deuxièmement, fermer l'interrupteur 1 en laissant l'interrupteur 2 ouvert.
- Répétez les mesures en les inscrivant sur la deuxième ligne du tableau.
- Continuer ainsi pour compléter le tableau pour les autres combinaisons de positions de l'interrupteur.



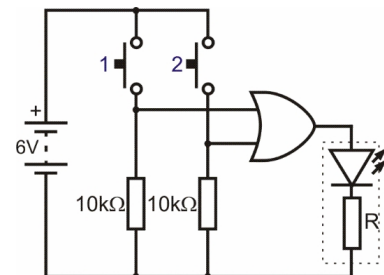
w11b

Interrupteur 1	Interrupteur 2	Tension à entrée A	Tension à entrée B	Sortie tension	État de LED
Ouvert (éteint)	Ouvert (éteint)				
Ouvert (éteint)	Fermé (on)				
Fermé (on)	Ouvert				
	(éteint)				
Fermé (on)	Fermé (on)				

À vous de jouer :

La porte OU

- Construisez le circuit ci-contre, en réglant l'alimentation en courant continu sur 6V.
- Connecter la porteuse LED entre la sortie de la porte OU et 0V.
- Suivez les mêmes étapes que pour la porte ET, en notant vos résultats dans le tableau.



w11c

Interrupteur 1	Interrupteur 2	Tension à entrée A	Tension à entrée B	Sortie tension	État de LED
Ouvert (éteint)	Ouvert (éteint)				
Ouvert (éteint)	Fermé (on)				
Fermé (on)	Ouvert (éteint)				
Fermé (on)	Fermé (on)				

Et alors ?

Comme précédemment, vous avez utilisé une alimentation de 6V et donc la logique 1 correspond à toute tension supérieure à 4,2V et la logique 0 à toute tension inférieure à 1,8V. Utilisez ceci et vos mesures pour compléter la table de vérité pour les deux types de portes.

Entrée A	Entrée B	ET
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

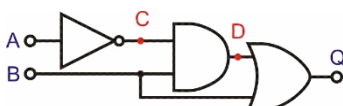
Entrée A	Entrée B	OU
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

La logique AND et OR sont faciles à comprendre. La sortie de la porte ET ne sera logique 1 que lorsque l'entrée A ET l'entrée B (ET l'entrée C etc. s'il y a plus d'entrées), sont toutes logiques 1. La sortie de la porte OU sera logique 1 lorsque l'entrée A OU l'entrée B (ou les deux !) sont logiques 1. Vos résultats devraient confirmer ce comportement.

Pour mémoire :

Déterminez ce qui se passe dans le circuit suivant et remplissez les cases.

table de vérité :



A	B	C	D	Q
0	0			
0	1			
1	0			Page
1	1			

Con
firm
ez
vos

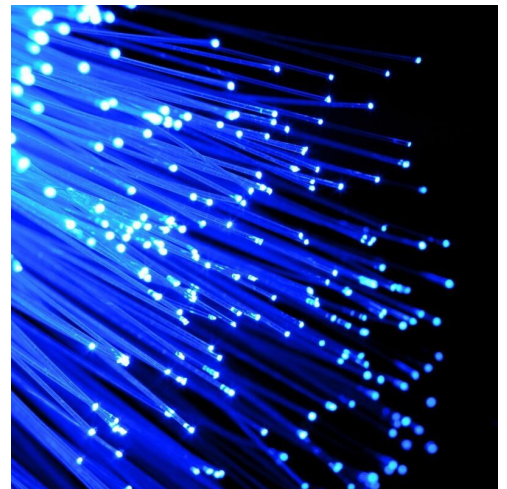
idées en construisant et en testant le système logique.

Feuille de travail 12

Fibres optiques

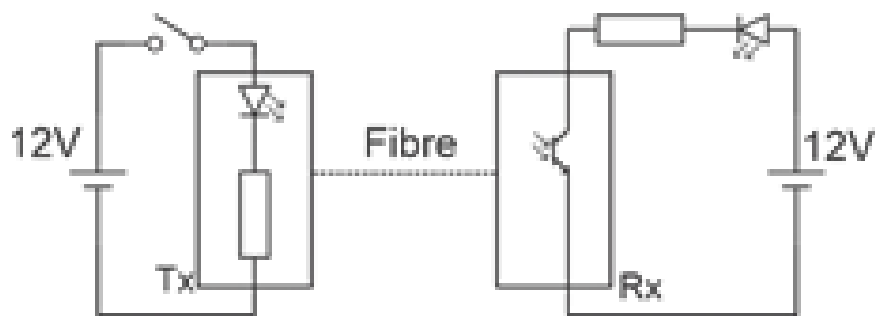
Les fibres optiques sont de plus en plus utilisées dans les systèmes aéronautiques modernes car elles offrent des avantages significatifs par rapport au cuivre en termes de taille, de poids, de largeur de bande et d'immunité aux interférences électromagnétiques. Cela signifie que les concepteurs de systèmes peuvent désormais intégrer toute une série de nouvelles fonctions aéronautiques pour les opérateurs et les consommateurs.

La photographie montre un certain nombre de câbles de fibres optiques avec de la lumière qui en sort.



w11a

À vous de jouer :



- Construisez le circuit illustré ci-dessus en utilisant les composants émetteur (Tx) et récepteur (Rx) de la fibre optique. Le circuit présente des connexions d'alimentation et de terre 12V séparées pour montrer comment les fibres optiques permettent d'isoler un circuit d'un autre - mais pour des raisons de commodité, vous pouvez utiliser la même alimentation.
- Assurez-vous que lorsque vous fermez l'interrupteur, la lumière passe de l'émetteur au récepteur et que la LED s'allume. De même, la LED s'éteint lorsque l'on ouvre l'interrupteur.
- Remplacez l'interrupteur par un bouton-poussoir et constatez que le temps de réponse est quasi instantané.
- Retirez lentement la fibre du récepteur - à quelle distance du récepteur le signal cesse-t-il de passer ?

Et alors ?

- Les fibres optiques offrent des moyens pratiques et peu coûteux de transmettre des signaux à large bande passante pour contrôler les émissions de gaz à effet de serre et pour la transmission de médias dans un avion.
- Les fibres optiques présentent de nombreux avantages par rapport aux fils de cuivre : poids, isolation, immunité aux interférences électromagnétiques et bande passante.

A propos de ces questions

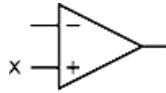
Ces questions sont typiques de celles auxquelles vous devrez répondre lors de l'examen EASA Part-66.

Vous devez disposer de 15 minutes pour répondre à ces questions et vérifier ensuite vos réponses avec celles de la page 36.

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

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



2. La valeur typique du gain de tension en boucle ouverte pour un amplificateur opérationnel est la suivante :

- (a) entre 10 et 100
- (b) entre 100 et 1000
- (c) plus de 100 000.

3. En fonctionnement normal, la tension de sortie d'un comparateur sera à une tension qui est.. :

- (a) proche de zéro
- (b) proche de la tension d'alimentation positive ou négative
- (c) la même que la tension d'entrée.

4. Les amplificateurs opérationnels ont :

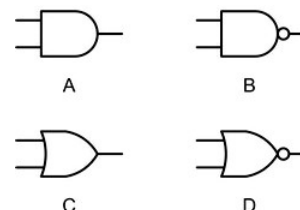
- (a) résistance d'entrée très élevée et gain de tension en boucle ouverte très élevé
- (b) résistance d'entrée très élevée et gain de tension en boucle ouverte très faible
- (c) une résistance d'entrée très faible et un gain de tension en boucle ouverte très élevé.

5. La résistance d'entrée d'un amplificateur opérationnel est typiquement :

- (a) moins de 100 Ω
- (b) entre 1 k Ω et 10 k Ω
- (c) plus de 1 M Ω .

6. Parmi les portes logiques représentées, lesquelles ont des sorties inversées ?

- (a) A et B
- (b) B et D
- (c) C et D



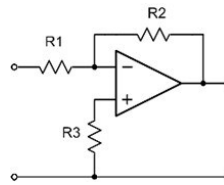
7. La résistance de sortie d'un amplificateur opérationnel est typiquement :

- (a) moins de 100 Ω
- (b) entre 1 k Ω et 10 k Ω
- (c) plus de 1 M Ω .

8. Lequel des éléments suivants donne le gain en tension du circuit de l'amplificateur opérationnel représenté ?

- (a) $(R1 / R2)$

- (b) $-(R2 / R1)$
- (c) $R1 - R2 + R3$.



rq3

9. Le circuit présenté est le suivant :

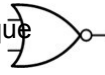
- (a) un amplificateur inverseur
- (b) un amplificateur non inverseur
- (c) un amplificateur différentiel.

10. Le symbole représente un :

- (a) porte OU à deux entrées
- (b) porte ET à deux entrées
- (c) porte NOR à deux entrées.

11. Afin de produire une sortie logique 1 à partir de Y :

- (a) L'entrée A et l'entrée B doivent toutes deux être à la valeur logique 0.
- (b) l'entrée A et l'entrée B doivent toutes deux être à la valeur logique 1
- (c) l'entrée A et l'entrée B doivent avoir le même état logique (0 ou 1).



rq4



rq5

12. Une entrée inutilisée sur une porte logique CMOS doit être :

- (a) laissé déconnecté
- (b) peut "flotter", soit à un niveau élevé, soit à un niveau bas
- (c) liée à la logique 1 ou à la logique 0.

13. Le petit cercle représenté à la sortie d'un symbole de porte logique indique :

- (a) inversion
- (b) la fonction OR
- (c) la fonction ET.

14. Pour la logique CMOS, l'état logique 1 est représenté par une tension qui est :

- (a) égale à la tension d'alimentation positive
- (b) supérieure à 50 % de la tension d'alimentation positive
- (c) supérieure à 70 % de la tension d'alimentation positive.

15. Une tension de +3,5 V apparaît à l'entrée d'une porte logique CMOS fonctionnant à partir d'une alimentation de +6 V. Le niveau logique correspondant est le suivant : +3,5 V, +6 V, +6 V, +6 V. Le niveau logique correspondant est :

- (a) logique 0
- (b) logique 1
- (c) indéterminée.

Les réponses sont fournies à la page 39

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 de recherches qui complètent la section 4.1.3 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 aéronefs. 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

A l'issue de ce cours, l'étudiant aura appris à.. :

- rappeler les propriétés et caractéristiques de base des amplificateurs opérationnels ;
- décrire la signification et l'importance de la saturation de sortie ;
- expliquer la signification du terme "amplificateur de tension différentiel à gain élevé" ;
- faire la distinction entre les performances d'un comparateur et celles d'un circuit à déclenchement de Schmitt ;
- Dessinez le schéma de circuit d'une unité de détection connectée à un comparateur ;
- Dessinez le schéma de circuit d'une unité de détection connectée à un déclencheur de Schmitt ;
- analyser le comportement d'un déclencheur de Schmitt inversé ;
- Identifier le circuit amplificateur non inverseur de l'amplificateur op-amp ;
- rappeler et utiliser la formule du gain en tension d'un amplificateur op-amp non inverseur ;
- mesurer le gain de tension des amplificateurs de tension à amplificateur optique ;
- décrire et expliquer l'utilisation des suiveurs de tension à amplificateur optique ;
- Identifier le circuit de l'amplificateur sommateur à amplificateur optique ;
- rappeler et utiliser la formule du gain en tension d'un amplificateur sommateur à amplificateur optique ;
- Identifier le circuit de l'amplificateur de différence de l'amplificateur op-amp ;
- calculer la tension de sortie d'un amplificateur de différence op-amp donné ;
- identifier le circuit différentiateur de l'amplificateur optique ;
- rappeler l'importance de la constante de temps pour les performances du circuit différentiateur ;
- esquisse de la forme d'onde de sortie attendue du différentiateur pour une forme d'onde d'entrée donnée ;
- identifier le circuit de l'amplificateur opératif intégrateur ;
- esquisse de la forme d'onde de sortie attendue de l'intégrateur pour une forme d'onde d'entrée donnée ;
- rappeler les propriétés et caractéristiques de base des portes logiques ET, OU et NON ;
- identifier les niveaux logiques en relation avec les tensions d'alimentation des circuits logiques CMOS ;
- expliquer le fonctionnement logique des portes logiques NOT, AND et OR.
- Circuits émetteurs-récepteurs à fibres optiques

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.

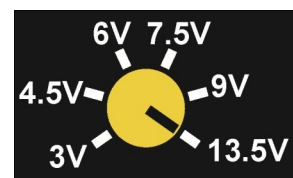
Les tuteurs peuvent décider d'effectuer tout ajustement nécessaire à la tension d'alimentation, ou permettre aux étudiants d'effectuer ces changements.

Chaque exercice comprend une tension recommandée pour l'exercice en question. circuit.

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 "Principes de base de l'électronique".

Qté	Code	Description
1	HP 3728	Alimentation en courant alternatif, 12VA C, 1,5A , UK
1	LK2340	Porteuse de tension AC
1	LK3548	Transmetteur à fibre optique
1	LK3982	Voltmètre, 0V à 15V
1	LK4002	Résisto r, 100 ohm, 1W, 5% (DIN)
1	LK4003	Capacito r, 1 000 uF, Electro lytic 30V
1	LK4123	Transfo r, ratio de rotation 2:1
1	LK4663	Low power solar motor
3	LK5202	Résisto r, 1k, 1/4W, 5% (DIN)
3	LK5203	Résisto r, 10k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK5205	Résisto n, 270 ohm, 1/2W, 5% (DIN)
2	LK5207	Résisto n, 180 ohm, 1/2W, 5% (DIN)
1	LK5208	Potentiomètre, 250 ohm (DIN)
2	LK5214	Potentiomètre, 10k (DIN)
2	LK5218	Résisto r, 100k, 1/4W, 5% (DIN)
2	LK5224	Capacito r, 47uF, Electro lytique, 25V
1	LK5240	Transisto r RHF, NPN
1	LK5241	Transisto r LHF, NPN
3	LK5243	Dio de, power, 1A , 50V
1	LK5247	Zener dio de, 4.7V
1	LK5248	Thyristo r
12	LK5250	Lien de connexion
1	LK5254	Zener dio de, 8.2V
1	LK5255	Transisto r RHF, PNP
1	LK5256	Transisto r LHF, PNP
1	LK5266	Redresseur de crête B
1	LK5402	Thermisto r, 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, 4mm à 4mm empilable
2	LK5609	Plomb, bleu, 500mm, empilable de 4mm à 4mm
1	LK6202	Capacito r, 100uF, Electro lytique, 25V
1	LK6205	Capacito r, 1uF, Polyster
4	LK6206	Capacito r, 4.7uF, électrolytique, 25V
2	LK6207	Interrupteur, pousser pour faire, bande métallique
1	LK6209	Interrupteur, marche/arrêt, bande métallique
1	LK6214	Capacito r, VARIABLE, 0-200pF
3	LK6216	Capacito r, 0,47 uF, Polyster
1	LK6218	Résisto r, 2.2k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6224	Changer, modifier, changer
1	LK6232	Résisto r, 500k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6234L	Support d'amplificateur d'op (TL081) avec fils de 2mm à 4mm
1	LK6238	Résisto r, 200k, 1/4W, 5% (DIN)
1	LK6239	Capacito r, 1nF, Polyster
2	LK6635	LED, rouge, 5V (SB)
1	LK6706	Moteur 3 à 12V DC, 0,7A
1	LK6774	Câble en fibre optique - 1m
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	Transfo rmer 1:1 avec câble en ferrite rétractable
1	LK8000	Schottky dio de
2	LK8275	Support d'alimentation avec symbole de batterie
1	LK8275	Récepteur à fibre optique
1	LK8492	Porte-alimentation à double rail
2	LK8900	7 x 5 plinthes métriques avec piliers de 4mm
2	LK9381	Ampèremètre, 0mA à 100mA

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.

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
1	<p>La première chose à faire est de familiariser les étudiants avec le brochage de l'ampli-op et d'expliquer la signification des entrées "inverseur" et "non-inverseur". À ce stade, aucune tentative n'est faite pour introduire les connexions nulles de décalage.</p> <p>L'ampli-op porteur utilise un ampli-op LM10, qui est basé sur le standard industriel "741", mais dont les caractéristiques, notamment l'impédance d'entrée, ont été grandement améliorées. Les étudiants rencontreront ce concept plus tard dans le cours. Pour l'instant, il peut être nécessaire de leur expliquer l'idée d'une alimentation à double rail. La réalité physique est que le 0V n'existe pas dans ce circuit. Bien que les rails d'alimentation soient étiquetés +6V / 0V / -6V, c'est simplement pour se conformer à la convention. Ils pourraient tout aussi bien être étiquetés 12V / 6V / 0V. Cependant, la convention veut que les tensions soient mesurées à partir de la tension centrale, appelée 0V.</p> <p>Le but de la première partie de l'étude est simplement de montrer que la sortie passe rapidement d'un extrême (tension de saturation) à l'autre lorsque la tension d'entrée change par rapport à la tension de référence fixée par les deux résistances égales. La deuxième étape consiste à mesurer les tensions d'entrée afin d'étudier de plus près ce changement. Les élèves doivent être capables d'utiliser un multimètre numérique pour mesurer la tension, mais l'instructeur devra peut-être leur rappeler comment procéder. Enfin, l'élève intervertit les entrées pour voir l'effet.</p> <p>La section "Et alors ?" explique la signification de la description "amplificateur de tension différentiel à haut gain" et donne les formules pour le gain de tension et le comportement de base de l'amplificateur optique. À ce stade, il n'est pas question de rétroaction. Le rôle de ce circuit en tant que comparateur de tension est décrit, mais il peut être nécessaire de l'expliquer à l'aide d'un certain nombre d'exemples.</p>	30 - 45 minutes
2	<p>Dans la feuille de travail 1, les élèves ont rencontré le comparateur. Dans cette feuille de travail, ils attachent une unité de détection de température à l'une des entrées et une tension de référence variable, fournie par un "pot", à l'autre.</p> <p>Bien que les étudiants doivent connaître la différence entre une résistance variable et un potentiomètre, ils peuvent avoir besoin de l'aide de l'instructeur pour configurer le "pot". En particulier, l'instructeur doit vérifier que la résistance de $10k\Omega$, et non la sortie "court-circuitée", est connectée entre les rails d'alimentation. Une règle simple veut que les résistances aient deux "pattes" et qu'il en soit de même pour les résistances variables.</p> <p>Le "pot" utilise les trois pattes. Le secret de la réussite consiste à régler le "pot" de manière à ce que la DEL soit sur le point de s'éteindre. La moindre modification de la température de la thermistance devrait alors provoquer ce changement.</p> <p>L'étude porte ensuite sur le circuit de déclenchement de Schmitt. L'objectif est que les élèves réalisent que le seuil de commutation unique du comparateur peut poser des problèmes lorsque la sortie du capteur est soumise à des niveaux élevés de bruit électrique ou à tout autre facteur qui fait "osciller" la tension de sortie. À proximité du seuil de commutation, cette variation peut suffire à faire passer rapidement la sortie d'une valeur de saturation à l'autre. Cette "chasse" peut avoir de graves conséquences pour le dispositif connecté à la sortie du comparateur, ou pour le comparateur lui-même, car la demande de courant augmente fortement lorsque la commutation a lieu.</p>	30 - 45 minutes

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
2	<p>suite...</p> <p>Le déclencheur de Schmitt surmonte ce problème en ayant deux seuils de commutation. La sortie passe de la saturation négative à la saturation positive à une tension faible, mais reste à ce niveau même si la tension augmente légèrement (c'est-à-dire pas de chasse). La sortie ne revient à ce niveau que si l'entrée atteint une tension relativement élevée (mais reste à ce niveau même si l'entrée fluctue). Il existe un trigger de Schmitt non inversé, mais son analyse est un peu plus compliquée. Les élèves les plus doués pourraient être chargés de rechercher ce circuit.</p>	
3	<p>Les élèves rencontrent maintenant le feedback. L'instructeur peut souhaiter développer les idées de rétroaction positive et négative, car elles sont toutes deux utilisées dans ce module. La rétroaction négative produit toujours un effet calmant sur le circuit. Elle rend la sortie moins susceptible de saturer. Elle réduit l'énorme gain de tension en boucle ouverte de l'amplificateur opératif à un niveau plus gérable. L'idée d'un amplificateur est que la sortie suit l'entrée, mais qu'elle en est une version plus grande. Si la sortie sature, elle ne peut plus suivre les variations de l'entrée. Les amplificateurs utilisent une contre-réaction négative, car leurs sorties ne doivent jamais saturer. La rétroaction positive, en revanche, conduit la sortie à la saturation plus facilement, ce qui rend improbable le fait que la sortie soit jamais sortie de la saturation. Elle est utilisée dans les oscillateurs et les déclencheurs de Schmitt, où la sortie doit être en permanence dans une valeur de saturation.</p> <p>Bien que les amplificateurs soient généralement associés aux systèmes audio, il est logique de commencer l'étude en utilisant des signaux à courant continu. Ceux-ci sont plus faciles à visualiser et, probablement, à mesurer. Comme les élèves le découvriront dans la fiche de travail n° 5, ces amplificateurs ont le même comportement pour les signaux continus et pour les signaux alternatifs à basse fréquence.</p> <p>Le gain en tension de l'amplificateur est déterminé uniquement par la valeur des deux résistances R_F et R_1, à condition d'éviter les valeurs extrêmes de gain ou de largeur de bande. Cette étude porte sur deux paires de valeurs de résistance, afin d'obtenir des gains de $2x$ et $11x$. L'instructeur peut souhaiter ajouter d'autres valeurs ou faire varier les valeurs entre les différents groupes, puis rassembler les résultats.</p> <p>Les étudiants confondent souvent la formule du gain en tension ($= V_{OUT} / V_{IN}$) et la formule du gain en tension montrant la dépendance des valeurs de résistance ($= 1 + R / R_{F1}$). Les instructeurs devraient fournir une série d'exemples pour renforcer la signification de ces formules.</p> <p>L'analyse de la section "Et alors ?" présente les caractéristiques idéales des amplificateurs optoélectroniques. Ces caractéristiques devront être renforcées par l'instructeur, car certains concepts sont assez ésotériques. L'idée importante est l'impédance d'entrée. Comme il s'agit de signaux à courant continu, on peut l'appeler ici résistance d'entrée. L'importance est que de nombreuses sources de signaux peuvent générer une tension raisonnable, mais sont incapables de fournir un courant appréciable. Si l'amplificateur tire beaucoup de courant de ces sources, la tension transférée à l'amplificateur sera très faible. La plus grande partie de la tension du signal sera perdue dans la résistance de sortie (mais interne) de la source de signal. Le grand avantage de l'amplificateur non inverseur par rapport à l'amplificateur inverseur est que le premier a une impédance d'entrée beaucoup plus élevée et tire donc un courant beaucoup plus faible de la source de signal.</p>	30 - 40 minutes

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
4	<p>La première partie de l'étude démontre l'effet d'un bout de fil - $V_{OUT} = V_{IN}$. La seconde partie montre l'effet plus subtil. Cela peut être fait d'autres manières, en fonction de l'équipement dont disposent les élèves. Ici, il est démontré que lorsque l'unité de détection de la température est connectée directement au moteur du ventilateur, ce dernier a une impédance (résistance) si faible que le signal de tension provenant de l'unité de détection s'effondre et que le moteur ne tourne pas. L'utilisation d'un suiveur de tension pour interfacier le moteur et l'unité de détection permet de remédier à ce problème. Le courant fourni au moteur est tiré de l'alimentation vers l'amplificateur optique. Ce courant est contrôlé par le signal de l'unité de détection de température. Les élèves peuvent avoir besoin de s'attarder un moment sur ce concept, et l'instructeur doit être prêt à expliquer ce qui se passe.</p> <p>La section "Et alors ?" aborde en détail le transfert de tension entre les sous-systèmes, mais les élèves peuvent avoir besoin d'aide pour comprendre cette idée.</p> <p>Les instructeurs devraient souligner que lorsque le signal est transmis au transducteur de sortie, un haut-parleur par exemple, le transfert de puissance est probablement plus important, c'est-à-dire que l'exigence est de transférer non seulement une tension élevée mais aussi un courant important. Cela change radicalement les règles !</p> <p>Un autre domaine où un renforcement peut s'avérer nécessaire est celui de la rétroaction négative à 100 %. La première réaction de l'élève peut être de penser que si le signal de sortie complet est soustrait du signal d'entrée, il ne reste plus rien !</p>	45 - 60 minutes
5	<p>Cette étude reflète celle de la fiche de travail 3, mais utilise un amplificateur inverseur. La formule du gain en tension est appliquée aux résultats. La formule reliant le gain en tension aux valeurs de résistance est donnée sans preuve, mais il faudra des exemples supplémentaires pour la graver dans l'esprit des élèves.</p> <p>La section "Et alors ?" comprend un détail pratique important, à savoir que pour tout circuit d'amplificateur opératif dont la sortie n'est pas saturée, les deux entrées se situent pratiquement à la même entrée. Certains étudiants pourraient s'interroger sur le rôle de l'amplificateur op -dans les deux circuits d'amplification de tension. Les formules de gain en tension n'en font pas mention ! La réponse est que l'ampli-op fait tout son possible pour maintenir les deux entrées à la même tension. Si la sortie sature, c'est qu'il a échoué.</p> <p>Voici un moyen très pratique de vérifier que l'amplificateur opératif fonctionne correctement. Si la sortie n'est pas saturée, un multimètre connecté à une entrée puis à l'autre devrait donner la même lecture.</p> <p>Il est également précisé que la résistance d'entrée, R_{IN}, doit être aussi grande que possible afin de maintenir une résistance d'entrée élevée pour l'amplificateur (qui est en réalité égale à la valeur de la résistance d'entrée).</p>	35 - 45 minutes

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
6	<p>Une fois de plus, le titre décrit ce que fait ce sous-système. Cependant, il ne le fait que si des résistances de même taille sont utilisées tout au long du processus ! Les étudiants devraient constater que la première partie de la partie 1, l'amplificateur sommateur, fonctionne comme prévu, mais que la deuxième partie, où la valeur de la résistance de contre-réaction est réduite à $1k\Omega$, produit un résultat qui donne davantage à réfléchir. En pratique, il s'agit d'un amplificateur, et nous devons donc éviter la saturation de la sortie. La sortie additionne les signaux d'entrée et peut ajouter un facteur de pondération. Par conséquent, il est facile de provoquer une saturation. Pour l'éviter, maintenez le gain de tension à une faible valeur en réduisant la taille de la résistance de contre-réaction.</p> <p>Les étudiants sont invités à déduire une relation entre la sortie et les tensions d'entrée, puis à tester leurs idées en prédisant la sortie pour un nouvel ensemble de conditions. De même, l'instructeur peut leur donner les tensions d'entrée et leur demander de déterminer la sortie résultante.</p> <p>La section "Et alors ?" introduit un résultat significatif pour ce circuit sous la forme de la relation de la tension de sortie en fonction des deux tensions d'entrée et des valeurs de résistance utilisées. Les instructeurs peuvent souhaiter examiner l'effet sur la tension de sortie de chaque entrée indépendamment, puis combiner les résultats afin de dériver une équation unique pour la tension de sortie. Les instructeurs peuvent également souhaiter montrer comment d'autres entrées peuvent être facilement ajoutées au circuit.</p>	45 - 60 minutes
7	<p>L'amplificateur de différence est similaire à l'amplificateur de sommation, mais il est différent ! La fonction est suggérée par le nom. Cependant, sa principale application est l'amplificateur d'instrumentation. Ceux-ci doivent amplifier la partie significative du signal qui leur est présenté par les capteurs, tout en rejetant les composantes indésirables causées par le bruit électrique, les variations de température, etc.</p> <p>Les élèves sont invités à remarquer la symétrie du schéma de circuit. Cela peut les aider à se rappeler comment le dessiner. L'instructeur peut souhaiter insister sur cette caractéristique auprès des élèves. Les instructions suggèrent des valeurs appropriées pour les tensions d'entrée, mais l'instructeur peut souhaiter les modifier ou attribuer des valeurs différentes à différents groupes. Comme d'habitude, le danger est que la sortie sature, et l'instructeur doit veiller à éviter cela lorsqu'il sélectionne les valeurs de tension ou de résistance.</p> <p>Les étudiants sont à nouveau invités à déduire une relation entre les tensions de sortie et d'entrée, puis à tester leurs idées en prédisant la sortie pour un nouvel ensemble de conditions. De même, l'instructeur peut leur donner les tensions d'entrée et leur demander de déterminer la sortie résultante.</p> <p>La section "Et alors ?" analyse le comportement du circuit en supposant qu'aucun courant ne circule dans les entrées de l'amplificateur optique, c'est-à-dire en supposant que l'amplificateur optique est idéal et que son impédance d'entrée est donc infinie. Cette analyse n'est pas facile et l'instructeur devrait passer du temps à l'étudier avec les étudiants et à les faire travailler sur des montages similaires utilisant des tensions et/ou des valeurs de résistance différentes.</p>	45 - 60 minutes

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
8	<p>Dans cette feuille de travail, les élèves étudieront un différentiateur basé sur un amplificateur opérationnel. Pour ce faire, ils appliqueront une onde carrée à l'entrée du circuit du différentiateur et observeront la forme d'onde de sortie qui en résulte. Étant donné que les élèves n'ont peut-être jamais rencontré de circuits de différenciation auparavant, il leur sera utile d'expliquer pourquoi une onde carrée constitue une forme d'onde appropriée pour tester ce circuit. Il convient d'expliquer que les bords abrupts ascendants et descendants d'une onde carrée présentent un taux de variation très rapide, tandis que les bords positifs et négatifs "plats" présentent un taux de variation de la tension nul en fonction du temps. Vous devez également souligner que l'amplificateur opérationnel est utilisé dans une configuration inversée - ils doivent donc s'attendre à ce que la sortie soit inversée et ait une polarité négative pour une entrée positive, et vice versa. L'objectif de cette explication est de fournir aux étudiants suffisamment d'informations pour qu'ils puissent justifier la forme de l'onde de sortie lorsqu'ils la comparent à l'entrée.</p> <p>Les élèves doivent monter le circuit du différentiateur en utilisant deux alimentations en courant continu pour produire les rails d'alimentation symétriques de $\pm 6V$.</p> <p>L'entrée du différentiateur doit être connectée à un générateur de fonctions (idéalement avec une impédance de sortie de 50Ω, ou moins) réglé pour produire une onde carrée de $1V$ pk-pk à une fréquence de 100 Hz.</p> <p>Les étudiants auront à nouveau besoin d'un oscilloscope à deux canaux (ou d'un instrument virtuel équivalent, tel que le Picoscope) pour afficher les formes d'onde d'entrée et de sortie. Le cas échéant, des instructions sur l'utilisation de cet instrument de test devraient être données avant que les étudiants ne commencent leurs propres mesures. Il est également important de rappeler aux étudiants que la connexion de masse commune à l'oscilloscope doit être reliée au rail $0V$.</p> <p>Les élèves doivent effectuer les réglages nécessaires pour afficher au moins deux cycles des formes d'onde d'entrée et de sortie en utilisant une échelle de temps commune.</p> <p>Ils doivent ensuite dessiner les formes d'onde qu'ils ont observées, en veillant à inclure les axes de tension et de temps étiquetés. Si un instrument virtuel est utilisé, il devrait être possible de capturer les données de l'écran et de les transférer sous forme de fichier image sur papier.</p> <p>Avec les élèves qui ont des bases en calcul, il peut être utile de présenter et d'expliquer la signification de l'expression de la tension de sortie du différentiateur. Les étudiants plus doués devraient être encouragés à comprendre le fonctionnement du circuit en relation avec la constante de temps, CR, du circuit ($470 \mu s$) et le temps périodique de l'onde carrée d'entrée (10 ms).</p>	45 - 60 minutes

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
9	<p>Cette feuille de travail est similaire à la précédente, mais cette fois-ci, les élèves étudieront un intégrateur basé sur un amplificateur opérationnel. Une fois de plus, ils appliqueront une onde carrée à l'entrée du circuit différentiateur et observeront la forme d'onde de sortie résultante. Étant donné que les élèves n'ont peut-être jamais rencontré de circuits intégrateurs auparavant, il leur sera utile d'expliquer pourquoi une onde carrée constitue une forme d'onde appropriée pour tester ce circuit. Il convient d'expliquer que la surface délimitée par les demi-cycles positif et négatif augmente de façon linéaire avec le temps.</p> <p>Une fois de plus, vous devez également souligner que l'amplificateur opérationnel est utilisé dans une configuration inversée - par conséquent, les étudiants doivent s'attendre à ce que la sortie soit inversée et ait une polarité négative pour une entrée positive, et vice versa. L'objectif de cette explication est de fournir aux élèves suffisamment d'informations pour qu'ils puissent justifier la forme de l'onde de sortie lorsqu'ils la comparent à l'entrée.</p> <p>Comme précédemment, les élèves doivent installer l'intégrateur en utilisant deux alimentations en courant continu pour produire les rails d'alimentation symétriques de +/-6V.</p> <p>L'entrée du différentiateur doit être connectée à un générateur de fonctions (idéalement avec une impédance de sortie de 50 Ω, ou moins) réglé pour produire une onde carrée de 1V pk-pk à une fréquence de 100 Hz.</p> <p>Les étudiants auront à nouveau besoin d'un oscilloscope à deux canaux (ou d'un instrument virtuel équivalent, tel que le Picoscope) pour afficher les formes d'ondes d'entrée et de sortie. Le cas échéant, des instructions sur l'utilisation de cet instrument de test devraient être données avant que les étudiants ne commencent leurs propres mesures. Il est également important de rappeler aux étudiants que la connexion de masse commune à l'oscilloscope doit être reliée au rail 0V.</p> <p>Les élèves doivent effectuer les réglages nécessaires pour afficher au moins deux cycles des formes d'onde d'entrée et de sortie en utilisant une échelle de temps commune.</p> <p>Ils doivent ensuite dessiner les formes d'onde qu'ils ont observées, en veillant à inclure les axes de tension et de temps étiquetés. Si un instrument virtuel est utilisé, il devrait être possible de capturer les données de l'écran et de les transférer sous forme de fichier image sur papier.</p> <p>Avec les étudiants qui ont des bases en calcul, il peut être utile d'introduire et d'expliquer la signification de l'expression de la tension de sortie de l'intégrateur. Une fois de plus, les étudiants plus compétents devraient être encouragés à comprendre le fonctionnement du circuit en relation avec la constante de temps, CR, du circuit (470 μs) et le temps périodique de l'onde carrée d'entrée (10 ms).</p>	45 - 60 minutes

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
10	<p>Cette feuille de travail présente la première et la plus simple des portes logiques, la porte NOT. Avant cela, l'introduction fait la distinction nécessaire entre les portes logiques et les fonctions logiques. C'est la fonction logique qui est la plus importante. Il existe plusieurs façons d'implémenter une fonction logique. En électronique numérique, on peut utiliser une porte logique discrète dédiée, une série de portes NAND ou NOR, ou encore un système programmable. Dans une perspective plus large, les portes logiques optiques produisent les mêmes fonctions logiques, mais en utilisant la lumière laser pour accélérer le processus de commutation. La technologie peut différer, mais toutes produisent les mêmes résultats en termes de fonctions logiques. L'introduction contient également un important tableau de symboles logiques, à la fois au format ANSI et au format BS (parfois appelé SB). Les étudiants peuvent rencontrer d'autres formats, tels que le système IEC (International Electrotechnical Commission). L'étude consiste à installer une unité de commutation et à l'utiliser pour générer un signal d'entrée numérique pour une porte NOT. Les élèves utilisent ce signal pour construire une table de vérité de tension pour la porte NOT. Ils inversent ensuite l'unité de commutation, mais observent que cela n'a aucun effet sur la fonction NOT elle-même.</p> <p>La section "Et alors ?" détaille les bandes de tension utilisées par les portes CMOS (comme celle utilisée sur le porte-porte NOT de Locktronics), et les élèves utilisent ces informations pour transformer leurs mesures de tension en niveaux logiques et reconstruire la table de vérité. Les élèves étudient ensuite ce qui se passe lorsque la résistance est retirée de l'unité de commutation. En général, il s'agit d'une décision peu judicieuse pour les portes CMOS. Les entrées fonctionnent sur des courants infimes et peuvent donc être affectées par des champs électromagnétiques parasites, tels que la radio, le radar et les aides à la navigation. Par conséquent, les entrées peuvent passer rapidement de la logique 0 à la logique 1. Ce faisant, elles consomment suffisamment de courant pour provoquer une surchauffe locale susceptible d'endommager le circuit intégré. La règle est donc que les entrées CMOS ne doivent pas être autorisées à "flotter", mais doivent être soit "tirées vers le bas" sur le rail 0V, soit "tirées vers le haut" sur le rail d'alimentation positif, au moyen d'une résistance. Le support Locktronics NOT a des entrées non connectées reliées en interne au 0V par une résistance de grande valeur.</p> <p>Enfin, pour donner un avant-goût de ce qui va suivre, les élèves vérifient le numéro de série de la puce utilisée dans la porte NOT. Les portes NOT CMOS portent le numéro de série 4049. Or, celle utilisée sur le support est une 4011 - une porte NAND. Ceci met en évidence le fait qu'il est souvent plus approprié de générer des fonctions logiques en utilisant d'autres portes logiques, en particulier des portes NAND.</p>	45 - 60 minutes

Feuille de travail	Notes pour le tuteur	Calendrier
11	<p>Cette feuille de travail étudie le comportement d'une porte ET. Elle présente une situation dans laquelle la fonction ET serait rencontrée dans un avion.</p> <p>Les instructeurs peuvent souhaiter utiliser d'autres exemples pour illustrer l'importance de la logique dans un aéronef.</p> <p>Le diagramme de la page 23 comprend une résistance d'excursion vers le bas, pour garantir que la sortie reste à la valeur logique 0 lorsque l'un ou l'autre des interrupteurs est ouvert. Une fois de plus, il convient de souligner l'importance de ce point. Les étudiants installent deux unités de commutation et les utilisent pour entrer quatre combinaisons de signaux logiques. En mesurant les tensions d'entrée et de sortie, ils remplissent un tableau de résultats qu'ils transforment ensuite en niveaux logiques et génèrent la table de vérité de la porte ET. Ils sont encouragés à considérer la fonction ET comme une fonction qui génère une sortie logique 1 uniquement lorsque les deux entrées sont à la valeur logique 1. Une approche similaire est maintenant utilisée pour étudier la porte OU. L'introduction indique une façon de considérer la fonction OU comme deux interrupteurs en parallèle. Une fois de plus, le diagramme inclut une résistance d'abaissement, pour s'assurer que la sortie se situe à la valeur logique 0 lorsque les deux interrupteurs sont ouverts. L'importance de ces deux points doit être soulignée par l'instructeur.</p> <p>Comme précédemment, la discussion dans la section "Et alors ?" conduit à la construction de la table de vérité de la porte OU.</p> <p>La section "Et alors ?" montre également les diagrammes de connexion des broches pour les circuits intégrés CMOS 4081 (quadruple AND à deux entrées) et 4071 (quadruple OR à deux entrées). Une partie de l'importance est de souligner à nouveau la nécessité d'éviter les entrées flottantes. Les étudiants zélés poussent souvent ce message trop loin et connectent les sorties inutilisées au rail d'alimentation le plus proche. C'est regrettable, car la nature de la fonction logique appliquée par la porte peut essayer de conduire la sortie à la logique 1, alors que l'étudiant l'a connectée au rail 0V, ou vice-versa. Le message est donc que les sorties se chargent d'elles-mêmes. Seules les entrées inutilisées requièrent notre attention.</p> <p>Enfin, il convient de rappeler aux étudiants qu'ils étudieront un grand nombre d'autres dispositifs logiques numériques et de systèmes logiques combinatoires (par exemple, les codeurs et les décodeurs) lorsqu'ils passeront au module 5.</p>	45 - 60 minutes
12	<p>Il s'agit d'une feuille de travail très simple : les élèves doivent simplement comprendre le fonctionnement des fibres optiques et comprendre que l'une des raisons possibles d'une défaillance est que les connexions ne sont pas faites correctement.</p>	10 minutes

Questionnaire de révision

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

31 07 23 Reformaté au nouveau style

Contrôle des versions



06 01 22 Emetteur et récepteur à fibre optique ajoutés au kit et aux fiches de travail.