

Étude et réalisation d'une barrière infrarouge

(Disponible sur <http://nalhossri.free.fr>)

Introduction

Une barrière infrarouge est constituée d'un émetteur permettant d'obtenir un faisceau infrarouge et d'un récepteur permettant de contrôler la présence ou l'absence de ce faisceau. Lorsqu'il est interrompu, l'émetteur envoie un signal à un système (motorisation de portail, système d'alarme, carillon, éclairage automatique, ...).

Ces barrages photoélectriques sont utilisés de préférence pour la protection de biens, donc dans des installations d'alarme. C'est pourquoi on utilise la lumière infrarouge dans ce contexte, car elle est invisible à l'œil humain. De plus, il est naturellement préférable que le système soit insensible à la lumière visible.

Pour rendre le système encore plus fiable, il n'est guère recommandé de diffuser la lumière en mode continu, mais en la diffusant à une fréquence donnée. Cela rend le récepteur sensible uniquement aux fréquences modulantes.

Votre tâche sera donc de réaliser deux cartes électroniques distinctes (une pour émettre et l'autre pour réceptionner) en suivant le cahier des charges donné. Les critères de notation vous sont donnés pour information en annexe.

Définition du cahier des charges

La carte émettrice

- La carte devra être alimentée par une source allant de 9 à 15 V (batterie ou bloc secteur). Les essais se feront avec une alimentation stabilisée de 12 V.
- La carte devra posséder au moins un condensateur de découplage proche de l'alimentation d'entrée.
- Les deux fils d'alimentation devront être sur la gauche de la carte et proche l'un de l'autre.
- La carte devra comporter un plan de masse avec les noms du binôme ayant réalisé la carte.
- La carte devra présenter un point de mesure de tension au niveau de l'anode de la diode émettrice.
- Le faisceau infrarouge devra être émis par une diode électroluminescente (DEL) située en bord de carte. La longueur d'onde devra être de 950 nm.
- Le courant traversant la DEL devra être de 200 mA.
- Le faisceau infrarouge émis devra être modulé en tout ou rien à une fréquence défini par les enseignants (compris entre 1 et 10kHz en fonction des binômes).
- Le système doit correctement fonctionner jusqu'à une portée de 3 m.
- La dimension de la carte sera imposée à 5 cm de largeur et 7 cm de longueur en simple face.

La carte réceptrice

- La carte devra être alimentée par une source allant de 9 à 15 V (batterie ou bloc secteur). Les essais se feront avec une alimentation stabilisée de 12 V.
- La carte devra posséder au moins un condensateur de découplage proche de l'alimentation d'entrée.
- Les deux fils d'alimentation devront être sur la gauche de la carte et proche l'un de l'autre.
- La carte devra comporter un plan de masse avec les noms du binôme ayant réalisé la carte.
- La carte devra réceptionner le signal avec une photodiode.
- La carte devra comporter une diode électroluminescente rouge qui déterminera si le capteur reçoit le signal infrarouge. La diode devra être allumée lorsque la carte reçoit le signal et éteinte si un obstacle coupe le signal.
- La carte devra comporter une fonction de détection qui permettra de garder une tension constante en sortie.
- La carte devra comporter un filtre « passe bande » centré autour de la fréquence du signal infrarouge afin de ne pas prendre en compte les rayonnements infrarouges environnant.
- La dimension de la carte sera imposée à 5 cm de largeur et 7 cm de longueur en double face.

Le compte rendu écrit

- Un compte rendu pour chaque carte devra être remis aux enseignants la semaine suivante du dernier TP soit sous forme papier soit en format PDF en fonction du bon vouloir des enseignants.
- Chaque compte rendu devra comporter au MINIMUM les parties suivantes :
 - introduction,
 - compte rendu de l'étude théorique,
 - compte rendu de fabrication,
 - compte rendu des essais et validation du fonctionnement,
 - conclusion.

Le détail de chaque partie a été développé en première année d'IUT GEII, reportez-vous y !

Planning des séances de TR

Le planning suivant est une proposition pour vous éviter d'être en retard et de ne pas finir le projet.

Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4	Séance 5	Séance 6	Séance 7
Carte émettrice			Carte réceptrice			
Découverte du sujet et début de l'étude théorique	Fin de l'étude théorique et début des simulations	Fin des simulations et réalisation de la carte émettrice	Validation de la carte émettrice et début de l'étude théorique	Fin de l'étude théorique et début des simulations	Fin des simulations et réalisation de la carte émettrice	Fin de la réalisation de la carte émettrice et validation avec les enseignants

Études théoriques

Les études théoriques vous permettent de comprendre le fonctionnement des cartes et de justifier la présence de chaque composant. Vous devrez vous aider de cette partie pour rédiger la partie « compte rendu de l'étude théorique ».

La carte émettrice

Les fonctions de la carte émettrice peuvent être représentées comme le montre la Figure 1.



Figure 1 : Schéma bloc du montage émetteur.

Nous étudierons donc séparément chaque bloc.

Étude de la diode électroluminescente (DEL)

La diode proposée dans ce projet est de type [SFH4550](#) qui produit de la lumière infrarouge d'une longueur d'onde λ de 950 nm typique. Le rayon émis est très directif, ce qui minimisera les pertes du signal sur une longue distance.

- Déterminez d'après la documentation technique les éléments suivants :
 - L'angle d'ouverture φ en degrés,
 - le courant direct nominal (I_F) et maximum (I_{FSM}) admis par la diode,
 - la tension de seuil à l'état passant de la diode (V_F),
 - la puissance maximale dissipée par la puce (P_{tot}).
- En respectant le cahier des charges, déterminez le rapport cyclique max de conduction de la diode.
- Déterminez la résistance (puissance et résistance en Ohm) qui limitera le courant dans la diode en sachant que la chute de tension de l'interrupteur à l'état passant est négligeable.
- Déterminez la puissance émise dans l'axe d'émission (I_e en mW/Sr). Vous trouverez une définition du stéradian et de l'angle solide sur Wikipédia.

Étude de l'oscillateur

L'oscillateur doit fournir un signal tout ou rien à fréquence variable.

- Citez 2 montages, simple ou complexe, permettant de réaliser cette fonction.

Pour des raisons de coût, nous utiliserons le NE555. Après l'obtention de la fréquence de fonctionnement auprès des enseignants, déterminer le montage permettant de répondre au cahier des charges (identification des valeurs nécessaire).

Étude de l'interrupteur

L'interrupteur doit laisser passer le courant pour alimenter la diode, à partir de la commande de l'oscillateur.

- Quels sont les 4 principales caractéristiques d'un transistor bipolaire qu'il faut regarder pour bien le choisir.

À l'IUT GEII vous avez soit un 2N2222, soit un NTE316 ou un BD241C. Lequel utiliserez-vous ?

Schéma complet

Proposez un circuit complet, à partir des éléments précédent, qui répondent au cahier des charges.

La carte réceptrice

Les fonctions de la carte réceptrice peuvent être représentées comme le montre la Figure 2.

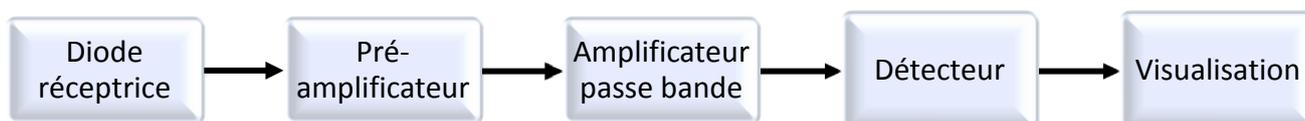


Figure 2 : Schéma bloc du montage récepteur.

Étude de la diode réceptrice

Il fait appel à une photodiode réceptrice type [BP104FS-Z](#) qui doit évidemment être montée en inverse (alimentée dans le sens inverse) car la lumière va amplifier le courant de fuite. Ce choix est justifié du fait que ce photorécepteur reçoit les rayons infrarouges dans un angle large et est bien adapté à la gamme des [SFH4550](#) grâce à sa large sensibilité spectrale. Le signal infrarouge rencontre la surface de la jonction de la photodiode sensible à la lumière. Les photons arrivant provoquent la libération d'électrons qui permettent alors la circulation de courant de la cathode à l'anode : c'est l'effet photoélectrique.

Dans l'axe de l'émetteur, la diode réceptrice est caractérisée par sa sensibilité S_λ (A/W), par sa sensibilité spectrale (S_{rel}) et par sa surface active A . Le courant inverse I_d qui traverse la diode réceptrice est définie par :

$$I_d = S_\lambda \times I_e \times S_{rel} \times \left(\frac{A}{d^2}\right) \quad (1)$$

- Déterminez I_d sachant que $I_e = 700$ mW/Sr et d est donnée dans le cahier des charges.

Cette relation montre que la diode réceptrice se comporte comme un générateur de courant commandé à distance par le faisceau infrarouge. Malheureusement, pour la distance demandée, ce courant I_d est très faible (quelques dizaines de nano ampères).

Étude du préamplificateur

Le préamplificateur permet de convertir quelques nano ampères en millivolts.

- Déterminez le circuit réalisant cette fonction (identifier les caractéristiques de chaque composant).

Étude de l'amplificateur passe-bande

L'amplificateur doit fournir en sortie une tension proche de la tension d'alimentation. À cause du paramètre « gain / bande-passante », nous utiliserons deux AOPs en cascade. Le premier montage sera un amplificateur passe-bas, le second un amplificateur passe-haut. Le gain des montages devra être réparti équitablement sur les deux AOPs.

- Proposez un circuit réalisant les fonctions citées ci-dessus, en détaillant à chaque fois vos calculs et en justifiant chaque caractéristique des composants choisis.

Étude du détecteur

La détection est réalisée à l'aide d'un circuit passif dit « pompe à diodes » dont le schéma fonctionnel est donné sur la Figure 3.

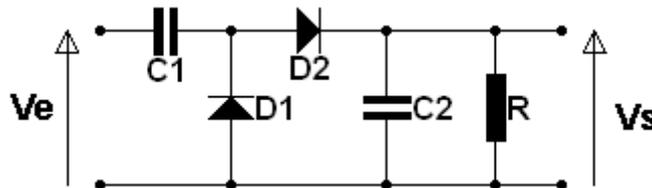


Figure 3 : Schéma fonctionnel du montage pompe à diodes.

- Expliquez le fonctionnement du circuit en cherchant dans vos cours, TD ou autre. Dimensionnez par le calcul les éléments du circuit.

Étude de la visualisation

En sortie du montage détecteur, on placera un comparateur à seuil qui commandera un transistor bipolaire en fonctionnement interrupteur. Celui-ci laissera passer le courant à travers une diode rouge pour la visualisation de la réception du signal infra-rouge.

- Expliquez pourquoi il est nécessaire de placer ce comparateur entre le détecteur et le transistor.
- Déterminez un transistor bipolaire pour réaliser la fonction interrupteur.
- Déterminez la résistance à mettre en série de la diode.

Schéma complet

Proposez un circuit complet, à partir des éléments précédent, qui répondent au cahier des charges.

RÉALISATION

La simulation

Vous avez la possibilité de valider votre solution technologique par la simulation. Pour cela, vous utiliserez le logiciel ISIS vu en première année.

La fabrication de la carte

Le routage de la carte se fera avec ARES. La carte doit répondre au cahier des charges. Avant de réaliser la carte, imprimez votre circuit sur du papier blanc et placez chaque composant sur le papier afin de vérifier que les composants ne se chevauchent pas (notamment les radiateurs de transistors).

Une fois la carte réalisée, vous devrez la valider, en présence de l'enseignant, le plus tard la dernière séance du projet.

Attention !!! Vous serez nombreux à valider votre carte la dernière séance alors ne vous présentez pas à l'enseignant 10 minutes avant la fin du dernier TR.

Noms des étudiants :

Groupe :

Fiche de barème pour la barrière infrarouge

La carte émettrice		
Critères	Notes attribuées	Max
Réponse au cahier des charges		10 points
Qualité des soudures		2 points
Qualité des pistes (rugosité, angles, largeur)		2 points
Choix des pastilles (taille et forme)		2 points
Fonctionnement de la carte		4 points
Total		20 points

Le rapport écrit		
Critères	Notes attribuées	Max
Qualité de l'introduction		2 points
Qualité du CR de l'étude théorique (justification de chaque composant)		7 points
Qualité du compte rendu de fabrication		5 points
Qualité du compte rendu des essais et validation des montages		3 points
Qualité de la conclusion		3 points
Total		20 points

La carte réceptrice		
Critères	Notes attribuées	Max
Réponse au cahier des charges		10 points
Qualité des soudures		2 points
Qualité des pistes (rugosité, angles, largeur)		2 points
Choix des pastilles (taille et forme)		2 points
Fonctionnement de la carte		4 points
Total		20 points

Bonus		
Critères	Notes attribuées	Max
Dynamisme en projet		3 points
Finir le projet en avance		1 point
Malus		
Malus par carte refaite		-2 points
Retard ou absence		-1 point
Différentiel		X points

**Télécharger les composants additionnels utiles pour la
simulation et le routage sous ISIS**

