

Caractérisation d'une source lumineuse visible à l'aide d'une photodiode

L'objectif de ce document est d'expliquer étape par étape le cheminement à suivre pour obtenir un système de photodétection pour caractériser une source lumineuse et développer un système de transmission de données par la lumière. Pour illustrer notre propos, nous utiliserons entre autres des résultats obtenus lors d'essais avec une LED rouge et une photodiode SFH 206 K.

Caractérisation de la photodiode :

Afin de s'assurer du bon fonctionnement de votre photodiode, il est intéressant de réaliser d'abord quelques essais dans le but de caractériser expérimentalement votre système et de comparer les résultats obtenus à la documentation technique.

Pour cela, nous procédons à une caractérisation automatique de la photodiode. Il vous faudra réaliser le montage suivant :

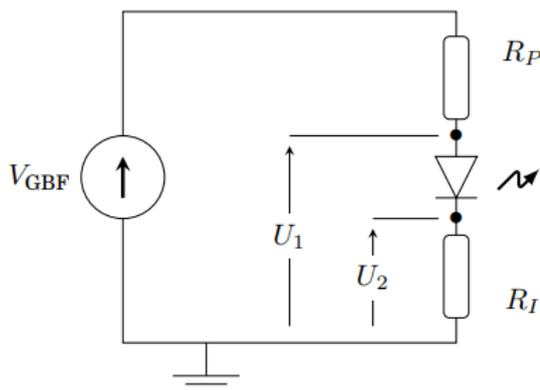


Fig.1 : Montage pour caractériser la LED
 $R_P = 390 \Omega$; $R_I = 10 \Omega$

La résistance R_P a pour but de protéger la photodiode en tension, sa valeur est déterminée par la datasheet de votre photodiode, alors que R_I donne à travers la tension U_2 l'image du courant (via

la relation $U_2 = R_I I$), sa valeur doit donc être de l'ordre de 1 ou 10 Ω pour représenter fidèlement le courant.

En choisissant en entrée (V_{GBF}) un signal triangle d'une dizaine de Hertz sans dépasser une amplitude d'une dizaine de volts, et en utilisant le mode X/Y de votre oscilloscope, vous obtenez la caractéristique $U_2 = f(U_1)$. Voici la caractéristique obtenue avec une photodiode SFH 206 K, qui est celle d'une diode habituelle :

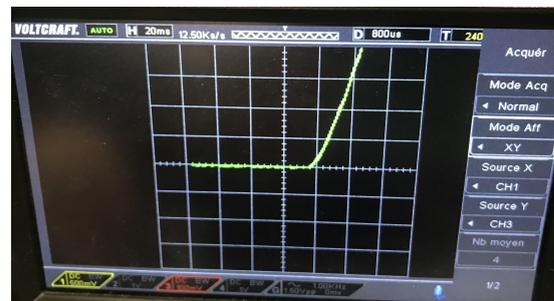


Fig.2 : Caractéristique d'une photodiode non éclairée

On observe que, lorsque la photodiode est éclairée, sa caractéristique se déplace verticalement vers le bas. Dans ce cas, la photodiode agit comme une source de courant proportionnelle au flux lumineux.

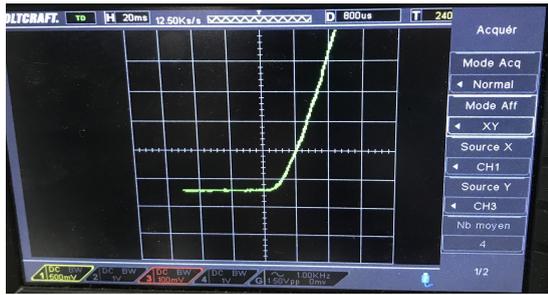


Fig.3 : Caractéristique d'une photodiode éclairée

Montage de photodétection :

Il existe deux montages possibles pour réaliser une photodétection, chacun avec des avantages et des inconvénients. Nous allons donc vous présenter les deux montages afin que vous puissiez vous-même choisir lequel correspond le mieux à vos attentes.

Montage "simple" :

Le montage "simple" ne nécessite pas beaucoup de matériel et à le mérite d'être simple à mettre en œuvre. Cependant, il présente quelques limites d'utilisations que nous détaillerons dans un second temps.

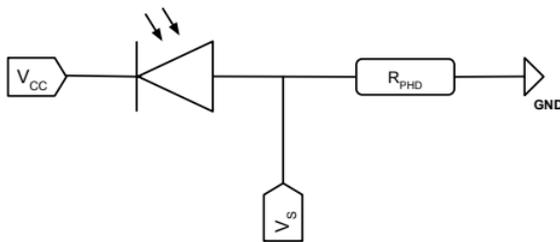


Fig.4 : Montage de photodétection "simple"

Ce montage nécessite en entrée une tension continue de 5 V, et la mesure de l'intensité lumineuse détectée par la photodiode se fait via la sortie V_S , qui mesure la tension aux bornes de R_{PHD} ($V_S = R_{PHD} * I$).

Ainsi, on utilisera la fonctionnalité diode-source de courant pour détecter des signaux lumineux, reste à savoir jusqu'à quelle fréquence la photodiode est capable de détecter ceux-ci.

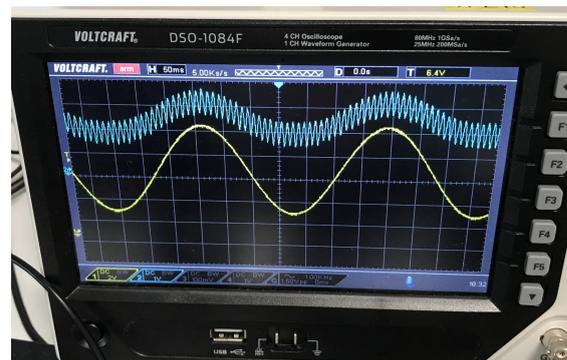


Fig.6 : Réponse d'un montage "simple" à une source sinusoïdale avec $R_{PHD} = 1 \text{ M}\Omega$

Comme ci-dessus, le signal observé en V_S peut être bruité à cause du bruit lumineux ambiant à 100 Hz.

Montage transimpédance :

Ce montage offre une bande passante plus large, mais nécessite l'utilisation d'un ALI (Amplificateur Linéaire Intégré).

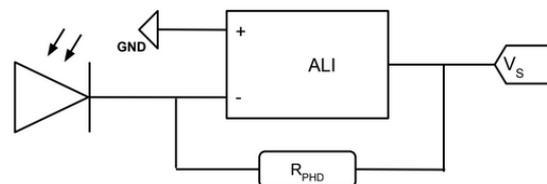


Fig.5 : Montage de photodétection transimpédance

Dans le cas du montage transimpédance, on peut aussi observer une résonance centrée à la fréquence f_c qui augmente lorsque R_{PHD} augmente.

Influence de la résistance R_{PHD} :

Dans les deux circuits proposés, la résistance R_{PHD} permet de faire varier la bande passante : plus la valeur de la résistance augmente, plus la fréquence de coupure diminue.

Résultats obtenus par nos expériences		
R	"simple"	transimpédance
1 M Ω	$f_c = 1$ kHz	$f_r = 73$ kHz
100 k Ω	$f_c = 10$ kHz	$f_r = 295$ kHz
10 k Ω	$f_c = 40$ kHz	$f_r = 950$ kHz

En effet, particulièrement pour le montage transimpédance, l'utilisation d'un ALI implique son comportement

de passe-bas, sachant que la résistance R_{PHD} intervient dans l'expression de ω_0 :

$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

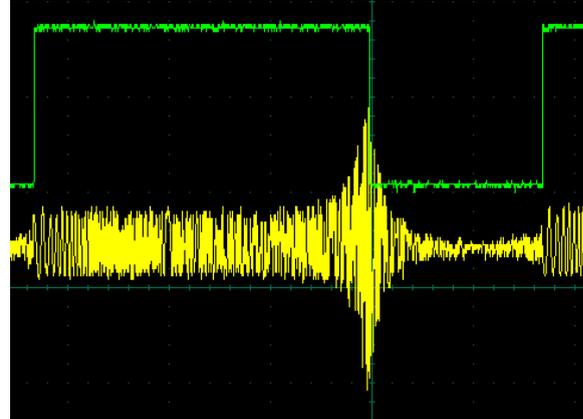


Fig.8 : Allure du diagramme de Bode pour un montage transimpédance avec $R_{PHD} = 100$ k Ω . ($f_r = 295$ kHz)

Caractérisation du circuit de photodétection :

Pour vous permettre de mieux choisir les caractéristiques de votre circuit en fonction du matériel à votre disposition, voici la procédure à suivre pour caractériser votre circuit de photodétection.

Matériel nécessaire
GBF avec fonction Sweep
Oscilloscope avec 3 entrées min.
Câbles pour relier le GBF, l'oscilloscope et le circuit

Branchements :

- Relier la sortie du GBF avec l'entrée du circuit et l'entrée 1 de l'oscilloscope,
- Relier la sortie du circuit avec l'entrée 2 de l'oscilloscope,
- Relier la sortie Sweep du GBF avec l'entrée 3 de l'oscilloscope.

Nos mesures ont été effectuées avec ces paramètres : sinus de 10 Vpp, offset 2V, log, start: 100 Hz, stop: 500 Hz, sweep time 500 ms.

Le mode Sweep de votre GBF permet de demander à ce dernier de balayer un domaine de fréquences que vous définirez (idéalement de quelques Hz à quelques MHz) afin de voir l'allure du diagramme de Bode du circuit directement sur l'écran de l'oscilloscope (signal jaune Fig.9).

Pour qu'il soit bien centré sur l'écran de votre oscilloscope, réglez le déclenchement sur les fronts descendants du signal de l'entrée 3 (signal vert Fig.9), et choisissez une fréquence marqueur (réglable sur le GBF) de telle sorte qu'elle corresponde avec la fréquence de coupure ou de résonance (selon le montage).

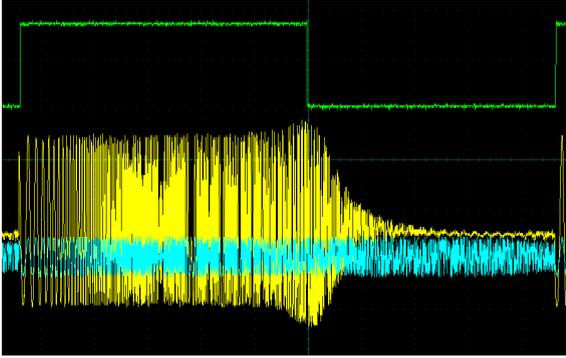


Fig.9 : Allure du diagramme de Bode pour un montage transimpédance avec une résistance $R_{PHD} = 1 \text{ M}\Omega$, obtenu en utilisant le mode Sweep.

Cette méthode présente l'avantage d'être plus rapide qu'un tracé manuel du diagramme qui nécessite plusieurs dizaines de mesures pour des fréquences différentes afin d'aboutir à un résultat convenable. Vous pouvez cependant affiner la mesure de la fréquence de coupure ou de résonance en réalisant quelques mesures manuelles autour de la fréquence estimée avec la méthode Sweep.

Compte tenu des informations présentées ci-dessus, ainsi que des caractéristiques du signal lumineux que vous cherchez à analyser (fréquence autour de 40 kHz), nous conseillons l'utilisation d'un montage transimpédance afin d'avoir une fréquence de coupure plus élevée, et de choisir une valeur de résistance telle que la fréquence de résonance du circuit ainsi constitué soit au moins supérieure d'un ordre de grandeur à 40 kHz, c'est-à-dire quelques centaines de kHz. Le signal reçu ne sera ainsi pas perturbé par le fonctionnement passe-bas et la résonance de ce type de circuit.

Nous attestons que ce travail est original, que nous citons en référence toutes les sources utilisées et qu'il ne comporte pas de plagiat