

Etude dynamique d'une Photodiode : mesure du temps de réponse et de la capacité de jonction

Dihya Sadi

Session 2021

1 Introduction

La capacité représente la quantité de charges électriques qu'un conducteur peut accumuler ! Au niveau de la jonction pn d'un semi-conducteur on a apparition de petites charges et donc d'un champ électrique entre deux conducteurs portant des charges surfaciques, d'où l'effet capacitif. De plus cette capacité de jonction dépend de la tension appliquée aux bornes de la photodiode car plus la tension de polarisation sera grande plus le champ induit dans la zone de déplétion sera grand (et ensuite ?):

$$C_J = \frac{C_0}{\sqrt{1 + \frac{V_d'}{V_d}}}$$

Où V_d est le potentiel de la barrière (tq on a plus de flux de porteurs de charges, ie diffusion et champ électrique s'équilibrent)

Selon qu'on soit dans le montage photorécepteurs ou effets capacitifs on s'intéressera soit au temps de réponse soit à la capacité, mais c'est exactement la même manipulation.

2 Matériel

- GBF
- Câbles coax et câbles banane
- 2 BNC banane
- 1 multimètre
- 1 oscillo
- 1 sonde d'oscilloscope
- Plaquette LED/PD avec la LED et la PD, l'alimentation, le pont etc
- Sondes type pince pour récupérer les différentes tensions sur la plaquette
- Deux résistances $R_m = 14,7k\Omega$ et $R_0 = 220\Omega$

3 Principe

Principe général : On envoie un flux lumineux qui varie en créneau à l'aide d'une LED (dont on suppose le temps de réponse négligeable) sur une photodiode afin de déterminer le temps de réponse de cette dernière, et d'en déduire sa capacité de jonction. On étudieras la dépendance de ces grandeurs en fonction de la tension de polarisation inverse appliquée sur la photodiode.

3.1 Pilotage de la LED

Le circuit électronique réalisé sur la plaquette afin de générer le flux lumineux émis par la diode électroluminescente est :

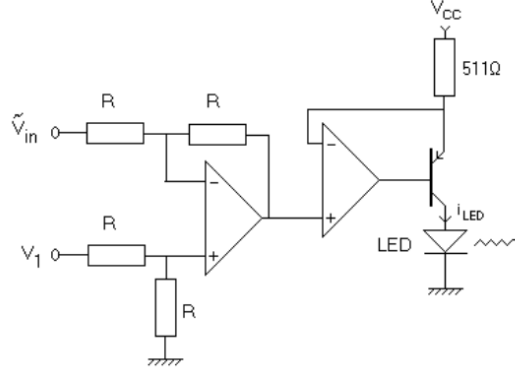


Figure 1: Circuit de pilotage de la LED

Qui permet de générer un courant $i_{LED} = \frac{V_{CC} - (V_1 - V_{in})}{R_0}$.

On choisit une résistance $R_0 = 220\Omega$ pour protéger la LED. On peut ensuite intervenir sur V_{in} , sur laquelle on branche un GBF, et sur V_0 que l'on contrôle avec le bouton bleu. La tension V_{CC} étant l'alimentation à $\pm 15V$. On veut alimenter la LED avec un courant en créneau dont la fluctuation/ondulation est très petite devant la valeur moyenne/l'offset. Pour cela :

- Sur V_{in} on envoie un créneau d'amplitude de l'ordre de 100mV
- Sur V_0 on joue juste sur le bouton... Normalement la tension est entre 5 et 10 V donc c'est bien grand devant l'ondulation du créneau

3.2 Pilotage de la Photodiode

Ici plutôt que réaliser le montage transimpédance utilisé lors de l'étude statique de la photodiode, on se contente de placer une résistance en série et de mesurer la tension à ses bornes pour récupérer une image du photocourant. Pour cela attention à bien abaisser l'interrupteur associé. Dans ce cas effectivement la tension aux bornes de la photodiode ne sera pas fixée à $-V_{pol}$ et dépendra du photocourant, mais le problème du circuit transimpédance c'est qu'il améliore grandement le temps de réponse de la PD donc pour l'étude dynamique c'est bof. De plus la fonction de transfert de l'ensemble n'est plus nécessairement un ordre 1 donc il est difficile de modéliser tout cela. (En vérité il n'y a pas vraiment de danger, le temps de réponse de la PD ne risque pas de devenir meilleur que celui de la LED car la PD a une très grosse section, or la capacité de jonction est directement proportionnelle à la section, et qui dit grosse capacité dit gros temps de réponse $\tau = C_J R_m$)

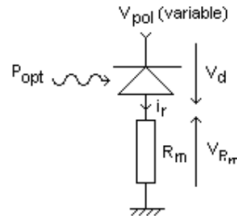


Figure 2: Circuit de pilotage de la Photodiode

Dans ce montage comme on veut mesurer des capacité assez faibles (de l'ordre de la nF) on aimerait bien s'affranchir de toutes les sources de capacité dans le circuit. Pour cela :

- Pour brancher la photodiode sur la plaquette plutôt qu'utiliser un câble coaxial on utilise deux BNC banane qu'on relie rouge sur rouge et noir sur noir
- Pour observer à l'oscilloscope la tension aux bornes de la résistance de mesure, image du photocourant, on utilise une sonde d'oscilloscope plutôt qu'un câble coaxial. On commence par accorder la sonde à l'oscilloscope : pour ce faire on branche la sortie type coax de la sonde sur l'oscillo et la partie pince sur les sorties de l'oscillo prévues à cet effet. Ensuite on va dans Voie1 → ProbeCheck des créneaux apparaissent puis avec un petit tournevis on tourne la vis jusqu'à ce que les créneaux soient parfaitement... des créneaux. Ce qu'on fait en réalité c'est qu'on adapte la capacité de la sonde à celle de l'oscillo de sorte à ce que leurs effets se compensent.

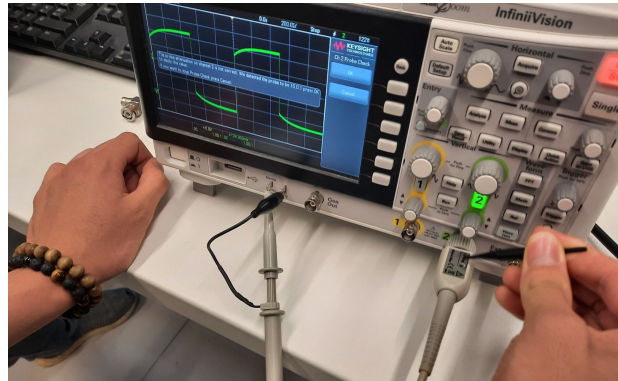


Figure 3: Yann manipulant la vis avec une adresse sans égale

- Pour déterminer la tension aux bornes de la photodiode on utilise des petites sondes de multimètre et on utilise un voltmètre

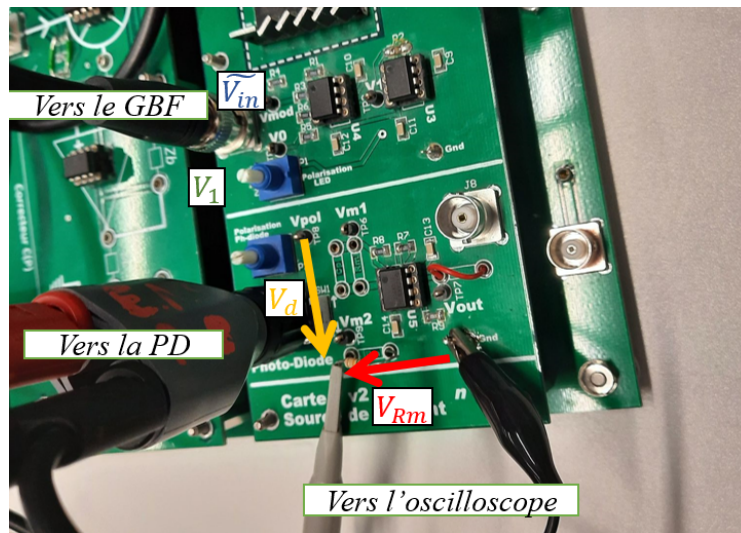


Figure 4: Quelques branchements pour visualiser ou récupérer les tensions des schémas ci-dessus...

4 Exploitation

A l'oscilloscope on visualise à la fois le signal de la LED et V_{R_m} aux bornes de la résistance et on mesure le temps de réponse à 63 pourcents. Comme on peut modéliser le circuit PD comme ceci, avec cependant $C_c = 0$ étant donné toutes les précautions qu'on vient de prendre :

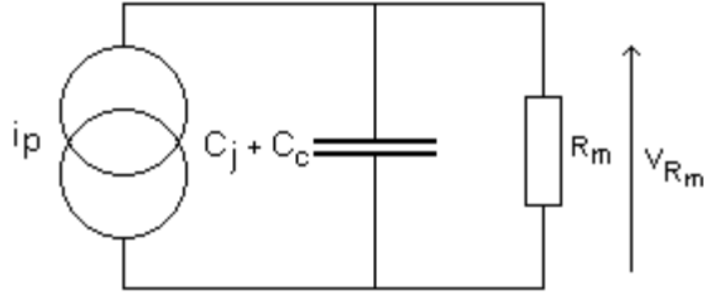


Figure 5: Circuit PD équivalent

On peut donc supposer que le temps de réponse vaut $\tau = C_J R_m$ et remonter à la capacité de jonction (cf compte rendu de Louis sur le MP18 et celui de Cass sur le MP12).