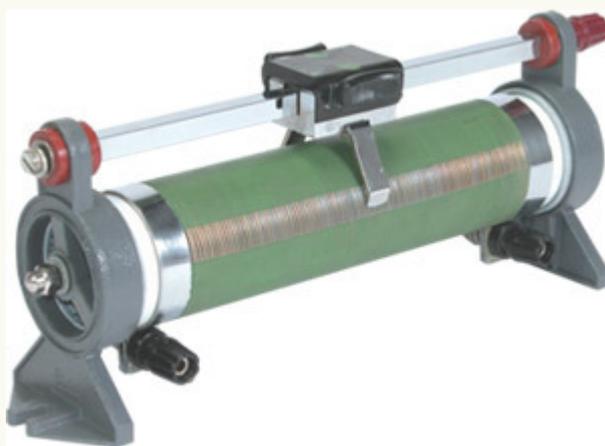


# *Modification Flash E-TTL pour réglage manuel de la puissance d'éclair*



*( Tout fait main )*

# Table des matières

<b><u>Avant propos</u></b>	<b>1</b>
<u>Rappel fonctionnement flash</u>	1
Gestion de l'énergie fournie	1
Variation de l'énergie fournie par tension de charge	2
Variation temporelle de l'énergie fournie	2
Equivalence énergie / Nombre guide	3
<u>Principe de fonctionnement modification</u>	3
<b><u>Modification Rudy's Rants</u></b>	<b>5</b>
<u>Analyse schéma</u>	5
Position repos du montage	6
Activation du montage sur impulsion unitaire	7
<u>Critiques et remarques</u>	7
Circuit d'entrée	7
Valeur Temporisation	7
Sorties Quench et Synchro-X	7
<u>Validité du système</u>	7
<u>Questions / Réponse</u>	8
<b><u>Validation et utilisation concept</u></b>	<b>10</b>
<u>Montage de test et de mesure Arduino</u>	10
Test flash Canon SpeedLite 380EX, 420EX et 90EX	11
Test Flash YongNuo YN565 EX	12
<b><u>Listings Arduino</u></b>	<b>13</b>
<u>01 - Programme de validation et mesure temps d'éclair</u>	13
<b><u>Révisions document</u></b>	<b>16</b>

## Avant propos

L'origine de ce document est une discussion sur un forum concernant la modification d'un ancien flash A-TTL ne disposant pas de commande de réglage de puissance manuelle. L'idée de départ trouvée sur le blog de Rudy's Rants d'utiliser une fonction peu documentée des commandes du protocole A ou E-TTL m'ayant rendu initialement un peu sceptique (je m'en excuse) a donc fait l'objet de recherches et essais complémentaires traités ici.

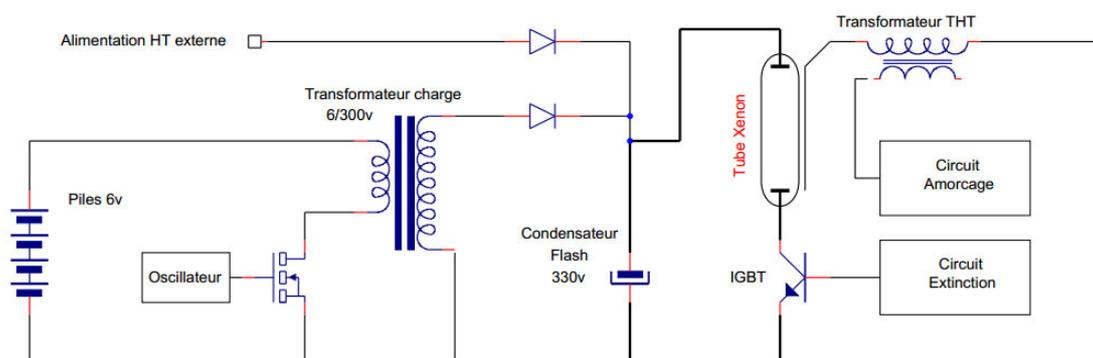
## Rappel fonctionnement flash

Tout les flashes de puissance qu'ils soient portatifs ou de studio fonctionnent sous le même principe en utilisant un tube a décharge.

Ce dernier est constitué d'une ampoule contenant du gaz Xenon et munie de deux électrodes. A l'état normal ce gaz est isolant aucun courant ne circule entre ces électrodes. Une très haute tension appliquée sur une électrode d'amorçage romps cette isolation, un courant circule entre les deux électrodes principales en ionisant le gaz, celui-ci devient alors conducteur et émet de la lumière. Au fur et à mesure de l'ionisation du gaz la résistance du tube diminue augmentant le courant qui à son tour augmente l'ionisation en un phénomène d'avalanche. Au final la résistance du tube est alors très faible et un fort courant peut circuler provoquant une lumière intense.

Le tube est alimenté sous haute tension par un condensateur permettant d'obtenir une impédance de source faible, de disposer d'une quantité d'énergie finie, et en répartissant sa charge sur une longue période d'avoir une source d'énergie primaire de faible puissance.

Sur le schéma simplifié d'un flash cobra ci dessous, le condensateur principal est chargé en haute tension par un transformateur alimenté par les piles. A l'allumage du tube l'IGBT est fermé et une impulsion THT est générée par le circuit d'amorçage, le tube devient alors conducteur, un fort courant fourni par le condensateur l'illumine jusqu'a consommation de l'énergie emmagasinée ou que l'IGBT interrompt le circuit.

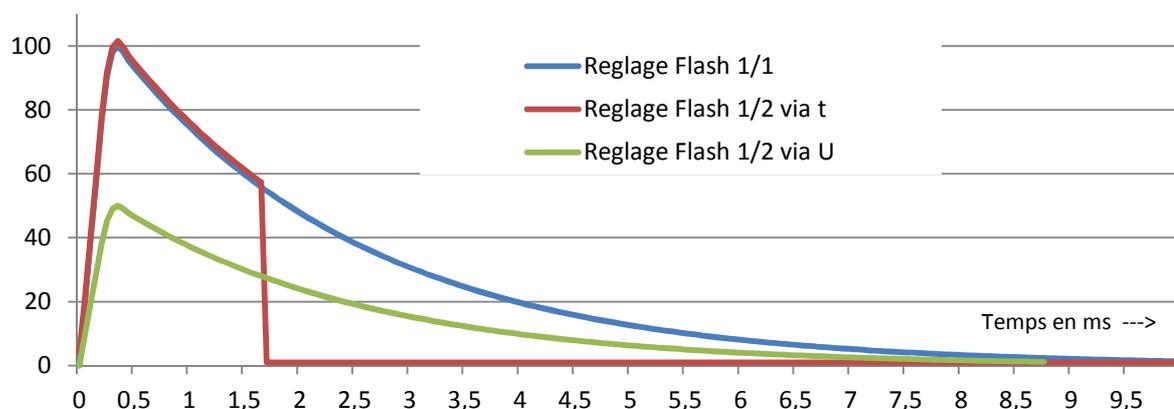


## Gestion de l'énergie fournie

Souvent à tort on parle de réglage de puissance des flashes, en réalité il s'agit d'un réglage de la quantité d'énergie fournie par ceux-ci à chaque éclair, cette valeur étant relative à la puissance émise par le tube pendant un temps t. Si dans le restant du document il sera souvent question de variation de "puissance" sous sa forme usuelle, le texte qui suit va respecter les termes adéquats.

Le principe des flashes étant basés sur la décharge d'un condensateur, l'énergie maximale que le tube pourra délivrer sera égale à celle que le condensateur aura accumulée. Cette quantité d'énergie en Joules est déterminée par la formule  $E = \frac{1}{2} C U^2$ , avec C la valeur du condensateur en Farads, et U la tension de charge du condensateur.

### Courbe de variation de la puissance émise par le tube en fonction du temps



Si l'on prend les courbes ci-dessus représentant la puissance lumineuse émise par un tube Xenon en fonction du temps, la courbe bleue représente une décharge libre du condensateur dans le tube : La puissance augmente rapidement au fur et à mesure de l'ionisation du tube, atteint un maximum et diminue de façon exponentielle le condensateur se déchargeant. L'énergie fournie équivalente à la surface délimitée par la courbe est alors égale à celle disponible dans le condensateur soit  $E = \frac{1}{2} C U^2$ .

La valeur de la puissance maximum n'a généralement que peu d'importance en photographie, elle dépendra de l'impédance du condensateur, de celle du tube et du câblage de liaison. Par contre sa variation impactera la durée de l'éclair. A énergie égale, une impédance de circuit plus forte diminuera la puissance maximum et augmentera ce temps. C'est une des raisons pour laquelle les flashes de studio de forte puissance ont généralement des temps d'éclair plus importants que ceux des flashes cobra.

### Variation de l'énergie fournie par tension de charge

La valeur du condensateur ne pouvant être changée (ceci n'est pas tout à fait exact d'anciens flashes de studio ayant utilisé des commutateurs mécaniques pour connecter des blocs plus ou moins importants de condensateurs) la variable restante est la tension de charge du condensateur. La tension variant l'énergie emmagasinée dans le condensateur ainsi que la puissance crête varient en proportion comme le représente la courbe verte.

Cette méthode la plus simple est encore utilisée sur les flashes studio bas de gamme, elle a pour inconvénients une plus grande variabilité de la température de couleur du tube, une moins grande précision dans les valeurs de réglage.

### Variation temporelle de l'énergie fournie

C'est la méthode utilisée majoritairement actuellement avec une extinction de tube forcée. La courbe de décharge libre (bleue) est utilisée partiellement avec pour conséquence une diminution de l'énergie finale fournie. La surface délimitée par la courbe rouge utilisant cette méthode est identique à celle délimitée par la courbe verte et est égale de moitié à la valeur maximale définie par la courbe bleue.

L'énergie fournie respecte la formule  $E=P.t$ , la puissance  $P$  étant continuellement variable en fonction du temps, le calcul de la durée de fonctionnement du tube peut être complexe. A cela s'ajoute une variabilité des paramètres en fonction de la température du tube, de l'exemplaire du flash, de l'état de charge du condensateur, c'est pourquoi certains flashes utilisent un système de mesure et contrôle de la puissance réellement délivrée par le tube pour calculer l'énergie fournie en temps réel et couper le tube au moment opportun.

Si cette méthode est plus complexe d'un point de vue technique ou électronique elle apporte des avantages sérieux avec une souplesse de variation de l'énergie fournie ne dépendant pas des temps de charge ou décharge du condensateur, la possibilité d'obtenir des temps d'éclair très court permettant de figer le sujet, a faible puissance d'optimiser les intervalles entre éclairs et d'utiliser le tube comme support d'une transmission de données sérielles.

Pour les puissances importantes ces systèmes n'ont pu se développer qu'avec la généralisation des IGBT, les anciens systèmes d'extinction basés sur des ensembles thyristors et circuits LC posaient quelques soucis de fiabilité comme avec les Pulso A de Broncolor dans les années 90.

## Equivalence énergie / Nombre guide

---

Il n'y a pas d'équivalence directe entre l'énergie fournie électriquement au tube et le nombre guide utilisé pour calculer l'exposition. Le nombre guide étant en rapport avec une énergie lumineuse surfacique, celle-ci dépendra donc du rendement du tube (direct ou avec la présence d'un filtre ou diffuseur) et de l'angle d'éclairage permis par les réflecteurs.

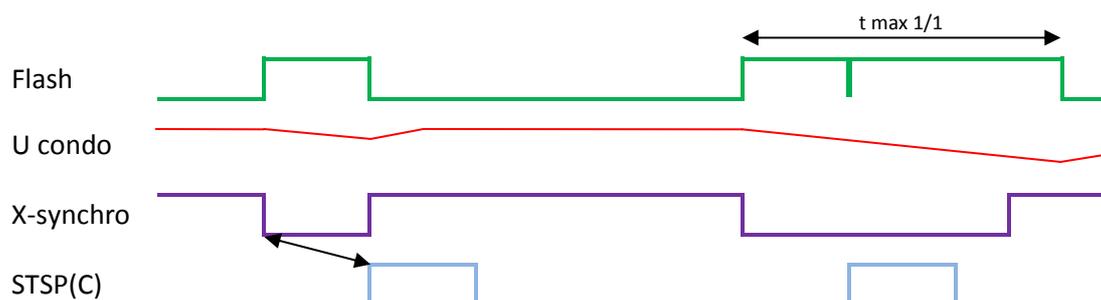
C'est pourquoi les flashes de studio sont toujours caractérisés par une "puissance" en Joules. En fonction du type de tube, de leur nombre dans le cas de générateurs indépendants, de la forme des têtes ou réflecteurs l'utilisation d'un NG n'aurai que peu de sens.

Les flashes cobra à énergie constante possèdent donc un NG variable en fonction de l'angle de couverture permis par le zoom de leur tête. Commercialement cette valeur est toujours donné a l'angle minimal (ou focale équivalente maximale) ou elle est alors la plus flatteuse.

## Principe de fonctionnement modification

---

Le principe consiste avec un usage du flash n'utilisant pas de dialogue A ou E-TTL de déclencher le flash en utilisant l'entrée X-synchro puis de commander un arrêt du tube par l'envoi d'un niveau haut sur l'entre STSP pour les flashes A-TTL ou STSPC pour les flashes E-TTL. A ce moment la commande de déclenchement X-synchro doit alors être désactivée, dans le cas contraire un nouveau départ du tube est réalisé. La variation du retard appliqué au signal STSP permet de moduler l'énergie fournie par l'éclair.



Outre les flashes ne disposant pas de commande manuelle comme le 380Ex ou le ML-3 cette modification peut être utile dans le cas d'un ensemble de flashes gérés par un système basé sur un ou plusieurs microcontrôleurs.

# Modification Rudy's Rants

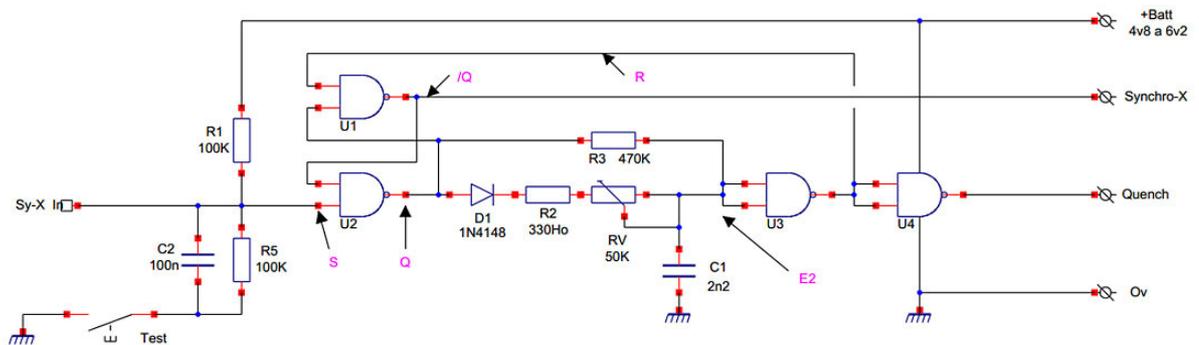
Ce chapitre a l'origine du document est constitué d'un échange avec un contributeur d'un forum, il a été laissé tel quel et est à replacer dans le contexte de cette discussion.

Hello,

Comme promis je me penche un peu sur ton problème, je fais cela de façon un peu formelle mais c'est la seule méthode pour que je puisse me souvenir de mes propos.

## Analyse schéma

Pour commencer je vais décortiquer le schéma tiré du blog de Rudy trouvé à cette adresse : <http://rudys-rants.blogspot.be/2010/06/glass-garden-mosaics.html>



Il est possible de séparer le montage en plusieurs blocs :

- Entrées Sy-X, R1, C2, R5 gérant le signal d'entrée et de test.
- U1, U2 formant une bascule RS
- D1, R2, RV, R3, C1 et U3 formant une temporisation asymétrique.
- U4 inversant le signal de sortie.

Cote E/S nous avons :

- Sy-X In : Entrée synchro, état repos : circuit ouvert, état actif : mise au Ov.
- Sy-X Out : Sortie fonctionnant comme Sy-In
- Quench : Sortie devant activer le circuit de cut-off du tube. Etat actif : Niveau 1

## Circuit d'entrée

L'entrée **S** est tirée au +Batt pour fixer son état repos au niveau 1. Cet état passe à 0 lors de l'activation de l'entrée Sy-X. Lors de l'action sur le bouton test la tension en ce point S va passer brièvement à une tension de 0V puis remonter progressivement à  $V_{Batt}/2$  (Considéré pour l'instant comme état 1)

## Rappel de fonctionnement de la bascule RS :

Une bascule RS dispose de deux entrées Set et Reset, une commande sur l'entrée Set fait passer la sortie Q à l'état 1 et cet état est mémorisé jusqu'à l'apparition d'une commande sur l'entrée Reset le remettant à zéro.

Pour une bascule RS constituée de deux bascules nand **les entrées sont actives au niveau zero**, les sorties Q ou /Q sont a forcement a l'état 1 si leur entrée respective est active et cela indépendamment de l'état de l'autre sortie.

## Temporisation

En considérant l'état initial suivant : Point **Q** a 0, condensateur déchargé. La tension E2 est égale à 0v, la sortie de U3 est à l'état 1.

Le passage de **Q** a l'état 1 va provoquer la charge de C1 a travers D1, R2, RV et R3 (On considère l'influence de R3 négligeable, sa valeur étant 10 fois supérieure aux autres). La tension au point **E2** va progressivement augmenter jusqu'au seuil de niveau haut de U3 ( $V_{cc} * 0.66$ ), la sortie U3 et le point **R** vont passer a l'état 0 et les sorties Quench et Sy-X passer a l'état 1.

Le retour de **Q** a l'état 0 va provoquer la décharge de C1 a travers R3 (D1 empêchant le retour par R2, RV), la tension au point **E2** va diminuer jusqu'au seuil bas de U3 ( $V_{cc} * 0.3$ ), la sortie U3 et le point **R** vont passer a l'état 1, la sortie Quench va passer a l'état 0, la sortie Sy-X va rester a l'état 1 du fait de la mémorisation par la bascule RS.

Les tensions de basculement étant environ égales a 0.63 fois la tension initiale les valeurs de temporisation seront en simplifiant  $t_1=(R_2+R_v)*C_1$  et  $t_0=R_3*C$ .

## Position repos du montage

---

- L'entrée Sy-X est ouverte, la tension est tirée a +Batt par R1, le point **S** est a l'état 1.

L'état de la bascule pouvant être considéré comme indéterminé les deux cas peuvent être envisagé :

- **Q** = 1 => Au bout de  $t=(R_2+R_v) C$  le point **R** va obligatoirement passer a l'état 0, **/Q** passer a l'état 1 et **Q** a l'état 0 => Etat instable.
- **Q** = 0 => Au bout de  $t=R_3*C$  le point **R** va obligatoirement passer a l'état 1 ce qui est compatible avec **/Q** a l'état 1 et **Q** a l'état 0. => Etat stable
- La sortie Sy-X vaut donc  $v_{Batt}$  et la sortie Quench est a 0v, C1 est déchargé.

## Activation du montage sur impulsion unitaire

---

- L'entrée Sy-X passe à 0v, l'entrée **S** de la bascule devient active, le point **Q** passe à 1, le point **R** étant à 1 le point **/Q** passe à 0, la sortie Sy-X est aussi à 0 et **déclenche le flash**.
- L'entrée Sy-X repasse à l'état 1, l'entrées **S** est inactive, l'état des sorties **Q** et **/Q** restent dans leur état.
- Le condensateur C1 se charge par l'intermédiaire de R2-RV, au bout du temps écoulé le point **R** passe à 0, le point **/Q** passe obligatoirement à 1, le point **S** étant revenu à 1 le point **Q** repasse à zero (si l'entrée Sy-X est toujours active il reste à 1), la sortie Quench passe à vBatt comme la sortie Sy-X, ce qui provoque **l'extinction du tube**.
- Le point **Q** étant passé à zero le condensateur se décharge via R3, le temps écoulé le point **R** passe à 1, et la sortie Quench retombe à 0v.

## Critiques et remarques

---

### Circuit d'entrée

---

Lors de l'action sur le poussoir de test après charge de C2 la tension remonte à vBatt/2, avec une logique cMOS cet état est vraiment indéterminé et peut poser problème. Une valeur de R1 de 33 à 47Ko serait plus adaptée, y compris vis-à-vis des périphériques connectés sur l'entrée.

### Valeur Temporisation

---

La tempo retard entre l'activation du flash et celle de quench est à peu près égale à  $t=RC$ . La valeur maximale permise est donc de  $50Ko * 2n2 = 0.11ms$ . La durée du flash à puissance de 1:1 étant de 1.5 ms la valeur de cette temporisation est inadaptée la durée maximale du flash ne pouvant être atteinte. Une valeur de C1 de 33nf permettra une temporisation de 1.6 ms.

### Sorties Quench et Synchro-X

---

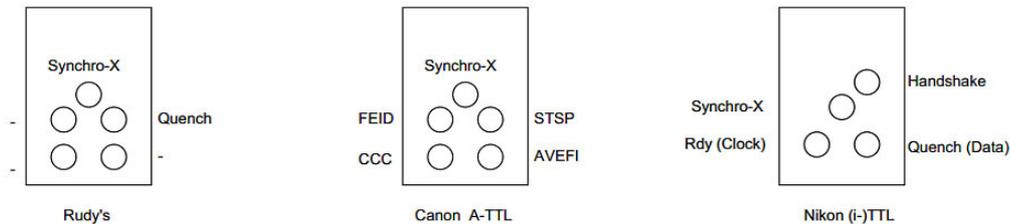
La tension de ces sortie vont évoluer entre 0V ce qui ne pose pas de soucis et vBatt ce qui peut provoquer des risques pour le flash. Suivant la conception du flash les entrées peuvent être reliées directement à l'entrée de la CPU, celle-ci est alimentée en 3v3 (peut être 5v pour les premières générations de A-TTL), comme ces entrées ne supportent pas les surtensions elles sont protégées par des transils en entrée. Le fait de leur envoyer directement Vbatt qui peut atteindre 6v2 n'est pas des plus adéquats, une résistance en série de 1Ko avec les sorties de l'adaptateur serait bienvenue.

## Validité du système

---

N'ayant pas de manuel de service sur les flashes de type A-TTL il ne m'est pas possible d'être affirmatif sur la validité du système, mais c'est la première fois dont j'entends parler de la fonction Quench sur les flashes Canon. Par contre c'est le système qui a été utilisé sur les flashes Nikon TTL et certainement gardés pour compatibilité sur les flashes i-TTL.

Si l'on prend le brochage indiqué dans le blog cela correspond d'ailleurs à la bonne broche sur les sabots Nikon.



Le problème est que les broches de commandes du système A et E-TTL sont a tiroir avec des fonctions pouvant évoluer en fonction du contexte, et que les docs technique de Canon sont peu explicites sur la chose. Normalement STSP correspond à l'horloge de synchronisation du dialogue sériel entre le flash et le boîtier.

**Bref à tester sérieusement pour voir l'effet.**

## Questions / Réponse

- *Sur le schéma le "quenched" est connecté à un pin du hotshoe (qu'il faut déconnecter du hotshoe) et qui, à mon sens, est un simple pulse donné au flash pour lui donner l'ordre de stopper l'éclair (cfr le schéma). Comme le ferait le boîtier TTL, normalement*

En TTL sur les flash Canon, c'est un peu plus compliqué que cela, le calcul de la durée d'éclair n'est pas réalisée par le boîtier mais par le flash, la durée est calculée en fonction de la puissance réellement émise par le tube et mesurée par le flash via une cellule interne, le boîtier donne juste une consigne d'énergie finale à émettre sous forme numérique.

- *Après j'ai vu qu'il fallait insérer une diode Schottky sur l'alimentation (si on la prend sur la batterie du flash) pour protéger le CI. Mais dans quel sens faut-il la monter (sens direct ou inverse ?)*

Pas forcément nécessaire les circuits logique cMos pouvant être alimentés jusqu'à 16v, par contre une petite capa de découplage de 100n le plus près du circuit est souhaitable. Si l'on monte une diode en série avec l'alimentation du montage elle devra bien évidemment être dans le sens passant, d'ailleurs mettre une ou deux 1N4148 (pas des schottky) en série fera baisser la tension des sortie Sy-x et Quench ce qui n'est pas un mal.

- *Mon manque de connaissances de certains composants qui ne me permet pas de vérifier si j'ai grillé quelque chose ou simplement monté à l'envers...*

Avant de brancher le montage sur un flash il est souhaitable de l'essayer au préalable, le problème est que les durées de temporisation ne permettent pas de voir sans matériel leur fonctionnement, remplacer RV par une résistance de 470K et C1 par un condensateur de 1 ou 2 µF devrais aider. Deux Leds sur les sorties avec une résistance série de 1Ko pour ne pas surcharger le cMos permettront de voir leur état.

Les 4 portes Nand du 4093 peuvent être vérifiées facilement en regardant l'état de leurs entrées et sorties. Pour les portes U3 et U4 c'est encore plus facile étant montées en inverseur.

- *I have taken the power supply directly on the PCB from the flash > +6v and ground. Is it right to take the ground there or is it better to take it on the hotshoe ?*

Au vu de la conso du circuit il n'y a pas de contraintes sur l'emplacement de la connexion de masse, la masse du sabot est commune avec celle générale du flash et de la batterie. Sur le flash il n'y a que la Analog Ground partie haute tension qui si elle est relié électriquement est un peu gerée différemment.

Si le +6v du flash est utilisé le circuit logique devra être de type cmos 4093.

- *My camera does not want to fire the flash once the circuit connected... :( If even tried with short-circuiting the ground and fire pins on the hotshoe > no flash firing*

Regarder au repos l'état de la sortie Sy-X qui doit être à une tension de 3.3 à 5v, et Quench/STSP qui doit être inférieure a 0,3v. Débrancher la ou les fautives pour vérifier. Remonter les portes pour voir d'où vient le problème.

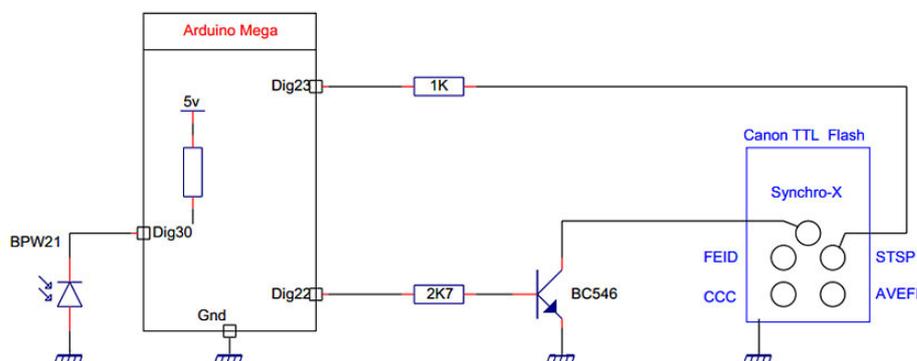
# Validation et utilisation concept

## Montage de test et de mesure Arduino

L'utilisation d'une platine dotée d'un microcontrôleur est une solution un peu plus lourde techniquement mais dont la mise en œuvre est nettement plus facile qu'une solution purement analogique, et qui permet en outre de réaliser des relevés temporels sans matériel de mesure externe.

Une platine Arduino méga dotée d'un shield LCD standard sera programmée avec le logiciel défini par le listing 01. Le câblage de l'ensemble se résume à la commande du flash et au retour d'information de durée d'éclair par l'intermédiaire d'une photodiode BPW34 ou BPW21 comme sur le schéma suivant.

### Schéma de câblage.



L'entrée de déclenchement Synchro-X du flash est commandée par la sortie digitale 22 via un transistor npn monté en collecteur ouvert. L'entrée de cut-off (Quench) est commandée directement par la sortie digitale 23, une résistance série permet de limiter le courant si le flash dispose de seuils de tension inférieurs à 5v. La détection de l'éclair est réalisée par une photodiode montée en inverse, sa polarisation au +5v est assurée par la résistance interne de pull-up du processeur, la présence d'une lumière intense amène le niveau de tension de l'entrée Dig30 à 0v.

Le logiciel prévoit deux modes de fonctionnements choisis par le niveau appliqué à l'entrée dig53. Le premier basique et obsolète correspondant aux premiers essais sans utilisation d'une cellule et ne permet que de constater visuellement la variation de durée d'éclair. Le second mode (par défaut, entrée 53 non connectée) mesure le temps de latence entre la commande sur l'entrée Synchro-X et le début d'illumination du tube ainsi que la durée de l'éclair. Les valeurs mesurées étant relativement faibles, l'échantillonnage des entrées est réalisée en mode port, une constante permet d'étalonner en  $\mu$ s la durée du cycle de mesure.

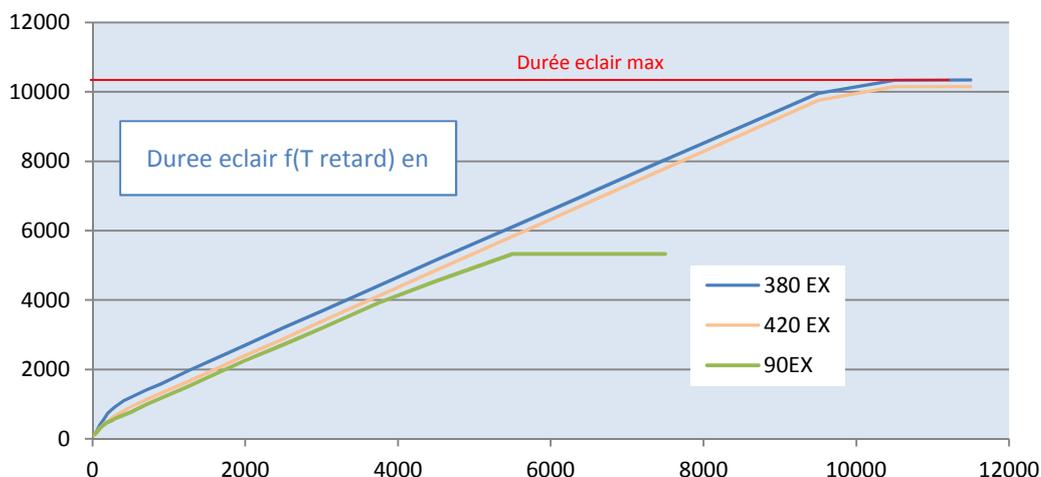
Dans les deux cas la séquence de fonctionnement est identique : Déclenchement du flash par mise à 1 de la sortie Dig22, attente du délai sélectionné, mise à 1 de la sortie Dig23 et arrêt de la commande de déclenchement provoquant la coupure de l'éclair. La commande déclenchement doit obligatoirement être désactivée, dans le cas contraire un nouvel éclair est initialisé et le tube n'est pas éteint. Les seules différences entre les deux modes sont pour le mode basique la non prise en compte du temps de latence d'allumage du tube et l'utilisation des temporisations du langage Arduino provoquant plus d'erreur aux faibles valeurs.

## Test flash Canon SpeedLite 380EX, 420EX et 90EX

Le système fonctionne sans trop de soucis apparents avec ces flash E-TTL, passé une valeur de retard de  $500\mu\text{s}$  la courbe de réponse de la durée d'éclair est relativement linéaire en fonction du retard appliqué au signal Stsp.

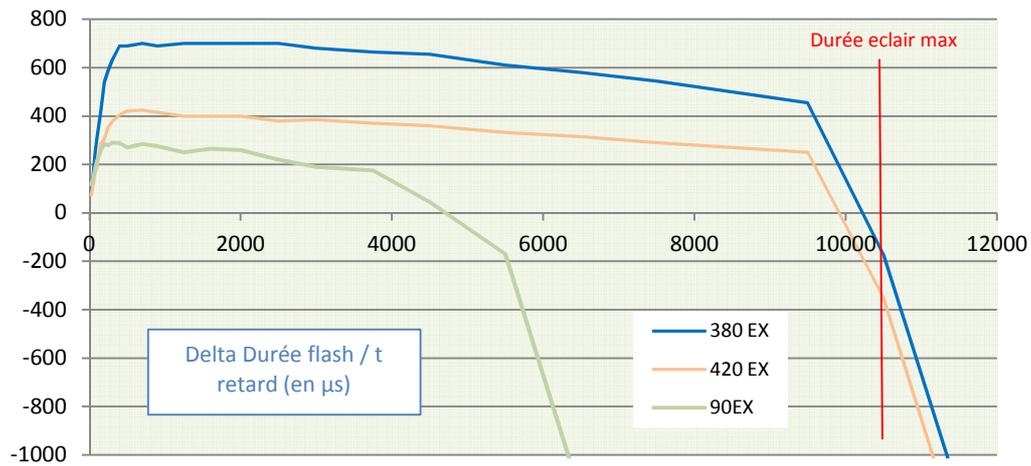
Un retard supérieur à la durée d'éclair maximum n'a bien sûr plus aucun effet le tube s'étant éteint naturellement en ayant vidé le condensateur principal. Cette valeur est globalement dépendante de la puissance maximale du flash, avec une valeur d'environ 10.2ms pour les flashes 380 et 420 et de 5.3ms pour le petit 90EX.

L'énergie émise par le tube n'étant pas proportionnelle à la valeur du temps d'éclair avec une montée rapide quasi linéaire et une descente exponentielle due au condensateur il n'y aura pas de relation directe simple entre la durée d'éclair et l'énergie lumineuse totale que le flash aura fournie. De plus la valeur de durée d'éclair mesurée n'est pas une valeur normalisée  $t_{0.5}$  ou  $t_{0.1}$  mais légèrement supérieure à cette dernière.



Le différentiel entre la durée d'éclair et celle théoriquement devant être égale au retard appliqué au signal Stsp est relativement constante pour les retards compris entre  $200\mu\text{s}$  et  $9\text{ms}$  pour les flashes 290 et 420 Ex avec des valeurs moyennes respectives de  $600$  et  $350\mu\text{s}$ , le flash 90EX a un comportement nettement plus aléatoire. Comme pour le relevé précédent toutes valeurs de temps retard supérieures à la valeur maximale du temps d'éclair du flash n'a plus aucun effet.

Proportionnellement l'erreur entre la valeur réelle et théorique est bien sûr beaucoup plus importante pour les faibles retards.



## Test Flash YongNuo YN565 EX

Ce flash ne permet pas l'utilisation de ce type de fonctionnement. En mode E-TTL et déclenché par son entrée synchro-x ou son bouton de test ce flash n'émet qu'une courte impulsion de test de 180 à 230µs (inférieure à celle du réglage 1/128), toute action sur l'entrée Stsp est alors sans effet.

# Listings Arduino

## 01 - Programme de validation et mesure temps d'éclair

```
//Programme de test fonction de cutoff de l'éclair pour flash TTL Canon  
//Utilisation sur Arduino Mega  
//Dig22 : Commande depart eclair via transistor npn en CO sur la broche Sy-X  
//Dig23 : Commande cutt off a relier sur la broche Stsp via résistance 1Ko  
//Dig30 : Cellule BPW branchée a la masse  
//Dig53 : Sélection mode, brancher a +5v pour mesure temps avec cellule
```

```
//Definition paramètres shield clavier - LCD  
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal Lcd(8,9,4,5,6,7);
```

```
const int PortAnKey = 0;  
int AnalogKey = 0;  
int ValKey = 0;  
int MemoKey = 20;  
const int KeyHaut =0x5;  
const int KeyBas =0xA;  
const int KeyDroit =0x1;  
const int KeyGauche =0xF;  
const int KeySel =0x17;
```

```
long ValTmp = 1000; //Valeur delay en µs  
word ValDelayC = 0; // Valeur delay en nombre de cycles  
word CptLat = 0; // Compteur temps latence eclair  
const word CtLat = 70 ; // Durée en 1/100µs cycle de mesure latence  
word CptFlash; // Compteur duree eclair en nb de cycles  
const word CtFlash = 75; // Durée en 1/100µs cycle de mesure flash  
long ValFlash; // Durée eclair en µs
```

```
// Divers  
word Cpt1;
```

```
//Initialisation =====  
void setup() {  
  Lcd.begin (16,2);  
  Lcd.clear();  
  Lcd.setCursor(4,0);  
  Lcd.print("Test LCD");  
  Lcd.setCursor(0,1);  
  Lcd.print ("Stop ");  
  AffTmp();
```

```
  DDRA = 0xFF;  
  PORTA = 0x00;  
  DDRC = 0x00;  
  PORTC = 0xFF;  
  pinMode (53, INPUT);
```

```
  Serial.begin(115200);  
}
```

```
//Boucle principale =====  
void loop() {
```

```
//Gestion des Touches -----  
  AnalogKey = analogRead(PortAnKey);  ValKey = (AnalogKey / 32) + 1;
```

```

if (MemoKey != ValKey){
  MemoKey = ValKey;

  if (ValKey == KeySel) {
    if (digitalRead(53)==LOW) {CycleB ();}
    else { CycleA ();}
  }

  if (ValKey == KeyDroit) {
    ValTmp=(ValTmp +25) & 0x7FFF;
    AffTmp();}

  if (ValKey == KeyGauche) {
    ValTmp=(ValTmp -25) & 0x7FFF;
    AffTmp(); }

  if (ValKey == KeyHaut) {
    ValTmp=(ValTmp +250) & 0x7FFF;
    AffTmp(); }

  if (ValKey == KeyBas) {
    ValTmp=(ValTmp -250) & 0x7FFF;
    AffTmp();}
}

delay (50);
}

```

//SP =====

```

void AffTmp () {

  Lcd.clear();
  Lcd.setCursor (0,0);
  Lcd.print ("Tempo= ");
  Lcd.print (ValTmp);
  Lcd.print (" ");
}

```

// Cycle simple sans cellule de mesure de temps -----

```

void CycleA () {

```

```

  Lcd.setCursor (0,1);
  Lcd.print ("Run ");
  PORTA=0x01;
  delayMicroseconds (ValTmp);
  PORTA=0x02;
  delay (500);
  Lcd.setCursor (0,1);
  Lcd.print ("Stop");
  PORTA=0x00;
}

```

// Cycle avec mesure du temps de latence et de la durée d'éclair -----

```

void CycleB () {

```

```

  CptLat=0;
  CptFlash=0;
  ValDelayC=(ValTmp *100) / CtFlash;
  noInterrupts();
  PORTA = 0x01;

```

```

do { //Attente début éclair
  CptLat ++;
  if (CptLat == 0xFFFF) {goto Erreur;}
}
while (PINC == 0xFF);

```

```

do { //Attente fin éclair et gestion signal Stsp

```

```

  CptFlash ++;
  if (CptFlash == 0) {goto Erreur;}
  if (CptFlash == ValDelayC)
    {PORTA=0x02;}
}
while (PINC != 0xFF);

```

```

interrupts();
Lcd.clear();
Lcd.setCursor (0,0);
Lcd.print ("Latence= ");
Lcd.print (CptLat * CtLat / 100);
Lcd.print (" ");

```

```
Lcd.setCursor (0,1);  
Lcd.print ("T flash= ");  
ValFlash=CptFlash;  
ValFlash = ValFlash * CtFlash /100;  
Lcd.print (ValFlash);  
Lcd.print (" ");
```

```
goto FinTest;
```

Erreur:

```
interrupts();  
Lcd.setCursor (0,1);  
Lcd.print ("Pas de detection eclair");
```

```
FinTest:                                     //Attente touche et LCD en attente  
PORTA=0x00;  
}
```

---

## *Révisions document*

---

v1.00	23/08/2014	Analyse fonctionnement modification Rudy's
v1.10	07/10/2014	Principe et vérification fonctionnement, listings .....
v1.11	12/11/2015	Ajout mesures 420EX et 90EX.