



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL REGULADO DE UN FLASH FOTOGRAFICO ESCLAVO PARA SU DISPARO SINCRONIZADO

AUTORA: SARA COSTA MARTÍNEZ

TUTOR: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTÍNEZ

Curso Académico: 2013-14

Índice de documentos

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEXO I: CONCEPTOS DE FOTOGRAFÍA

PRESUPUESTO

PLANOS

Índices detallados

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETIVO

2. ANTECEDENTES

2.1 Introducción

2.2 Modos de disparo

2.2.1 Manual

2.2.2 Automático

2.2.3 TTL-BL

2.2.4 Ojos rojos

2.2.5 Modo de comunicación

2.3 Métodos de disparo remoto del flash

2.3.1 Cable

2.3.2 Infrarrojo

2.3.3 Inalámbrico (Radiofrecuencia)

2.3.4 Disparador óptico

3. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

4. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL DISEÑO

5. OBJETO DEL PROYECTO

5.1 FPGAs

5.2 Parte analógica (I)

5.2.1 Amplificación

5.2.2 Filtrado

5.2.3 Comparador

5.2.4 Adaptación de niveles lógicos a los compatibles con la FPGA de la firma Altera

5.3 Parte digital

5.3.1 Inputs

5.3.2 Divisor de frecuencia

5.3.3 Modo reconocimiento

5.3.3.1 Máquina de estados

5.3.4 Top

5.3.4.1 Máquina de estados

5.3.5 Contador de tiempo entre el primer y último destello

5.3.6 Modo disparo

5.3.6.1 Máquina de estados

5.3.7 Selección de la potencia del destello

5.4 Parte analógica (II)

6. MONTAJE Y RESULTADOS

7. ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

ANEXO I: CONCEPTOS DE FOTOGRAFÍA

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. CÓMO ACTÚA UNA CÁMARA**
 - 2.1 El disparo
 - 2.2 El diafragma
 - 2.3 El obturador
 - 2.4 El sensor
 - 2.5 El microprocesador
- 3. LA EXPOSICIÓN**
- 4. LA APERTURA DEL DIAFRAGMA**
- 5. LA VELOCIDAD DE OBTURACIÓN O TIEMPO DE EXPOSICIÓN**
- 6. SENSIBILIDAD ISO**
- 7. NÚMERO DE GUÍA**

PRESUPUESTO

- 1. MANO DE OBRA**
- 2. INVENTARIO**
- 3. COMPONENTES**
- 4. PRESUPUESTO TOTAL**

PLANOS

PLANO I: ETAPA ANALÓGICA I

PLANO II: ETAPA DIGITAL

PLANO III: ETAPA ANALÓGICA II



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL REGULADO DE UN FLASH FOTOGRAFICO ESCLAVO PARA SU DISPARO SINCRONIZADO

MEMORIA DESCRIPTIVA

AUTORA: SARA COSTA MARTÍNEZ

TUTOR: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTÍNEZ

Curso Académico: 2013-14

ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETIVO	7
2. ANTECEDENTES	8
2.1 Introducción.....	8
2.2 Funcionamiento del flash.....	13
2.3 Modos de disparo.....	15
2.3.1 Manual.....	15
2.3.2 Automático.....	16
2.3.3 TTL.....	16
2.3.4 TTL-BL.....	16
2.3.5 Ojos rojos.....	19
2.3.6 Modo de comunicación.....	19
2.4 Métodos de disparo remoto del flash.....	21
2.4.1 Cable.....	21
2.4.2 Infrarrojo.....	22
2.4.3 Inalámbrico (Radiofrecuencia).....	22
2.4.4 Disparador óptico.....	23
3. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	25
3.1 Motivación.....	25
3.2 Objetivos.....	26
4. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL DISEÑO	27
5. DESARROLLO DEL DISEÑO	34
5.1 FPGAs.....	34
5.2 Etapa analógica (I).....	36
5.2.1 Amplificación.....	36
5.2.2 Filtrado.....	39
5.2.3 Comparador.....	42
5.2.4 Adaptación de niveles lógicos a los compatibles con la FPGA de la firma Altera.....	43
5.3 Etapa digital.....	44
5.3.1 Inputs.....	44
5.3.2 Divisor de frecuencia.....	45
5.3.3 Modo reconocimiento.....	46
5.3.3.1 Máquina de estados.....	46
5.3.4 Top.....	48
5.3.4.1 Máquina de estados.....	48
5.3.5 Contador de tiempo entre el primer y último destello.....	49
5.3.6 Modo disparo.....	49
5.3.6.1 Máquina de estados.....	51
5.3.7 Selección de la potencia del destello.....	52
5.4 Etapa analógica (II).....	53
6. MONTAJE Y RESULTADOS	55
7. ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS	58

1. OBJETIVO

El empleo de cámaras fotográficas réflex y sus accesorios estaba limitado al sector profesional hasta no hace muchos años. La mayor parte de los usuarios se conformaba con una cámara capaz de tomar recuerdos de las vacaciones de verano o de algún acto, por lo que una cámara de un solo uso era suficiente para satisfacer esas necesidades. Una de las principales causas de ello era el hecho de que la imagen quedaba grabada en negativos que, al ser un soporte de un solo uso, ocasionaba un precio mínimo por cada disparo que se hiciera a la cámara. Las cámaras réflex, flashes, objetivos y demás accesorios quedaban reservados para los fotógrafos profesionales, por ejemplo, los que se dedicaban a tomar instantáneas, cuidadas en todo detalle, para revistas especializadas.

Sin embargo, hoy en día la fotografía es uno de los recursos más utilizados a la hora de exponer información en prácticamente cualquier ámbito. Un profesional que quiera documentar adecuadamente su trabajo dispondrá de muestras fotográficas del procedimiento y los resultados. Aunque no sea necesario, cuánto mayor sea la calidad de las imágenes, mejor será la impresión que dé. Para ello es necesario el uso de equipos de fotografía más avanzados y no una simple cámara desechable. A diferencia de hace unos años, el uso de esos equipos ya no requiere de la ayuda de un fotógrafo profesional. También puede verse que a nivel de *hobby* se ha dado un gran paso y cada vez son más los aficionados que obtienen cámaras profesionales y sus componentes extra.

Un accesorio bien conocido es el flash y, posiblemente, sea el más necesario. No es común tener siempre la luz deseada en la dirección conveniente. El flash es el encargado de conseguir la iluminación adecuada para cada instantánea. Los hay de diferentes tipos, distintos modos de disparo, distintas características en la cámara que varían cómo va a ser el destello... Todo ello se verá a lo largo de este documento.

El objetivo final del trabajo es el diseño del sistema de activación de un tipo específico de flash llamado esclavo, esto es, un flash que se activa sincronamente con otro flash. Esto da la posibilidad de tomar la foto desde un punto e iluminarla desde otro distinto.

2. ANTECEDENTES

2.1 INTRODUCCIÓN

Una vez expuesto el objetivo del trabajo fin de grado, se introducirán brevemente ciertas nociones necesarias para la comprensión del documento como son la necesidad del uso de un flash y las mejoras que presenta uno externo. También se verán los distintos sistemas que existen para disparar esos flashes. Se explicará brevemente el funcionamiento del flash y se hablará de los distintos modos de disparo.

Se empezará hablando sobre el flash interno y a partir de ahí se desarrollará.

Hoy en día las cámaras fotográficas llevan un flash incorporado para poder iluminar una escena en caso de que ésta no tenga la luz adecuada. Este flash resulta muy útil a la hora de tomar fotos “cotidianas”, como pueden ser para los estudiantes las fotos de los apuntes. Incluso los móviles presentan flashes internos y su utilidad puede verse en las figuras 2.1 y 2.2. Además, tanto en cámaras como en móviles es común encontrar una función que nos permita establecer el flash en modo “automático” lo que implica que será el propio dispositivo el que establezca si es necesario el uso del flash. Así el usuario puede permitirse olvidar si el flash lo tiene activo o no y centrarse en tomar la foto. Sin duda el flash interno es indispensable pero, cuando el objetivo es tomar imágenes de objetos lejanos o simplemente se quiere una fotografía de calidad con una iluminación acorde éste no es suficiente ya que presenta una serie de limitaciones. La principal es la baja potencia de estos flashes que los hace inservibles a la hora de fotografiar objetos lejanos o espacios amplios. A esto se le suma que la luz siempre incidirá de forma directa, ya que no suele ser posible inclinarlos. También hay que destacar el hecho de que, por norma general, no es posible la regulación de su potencia.

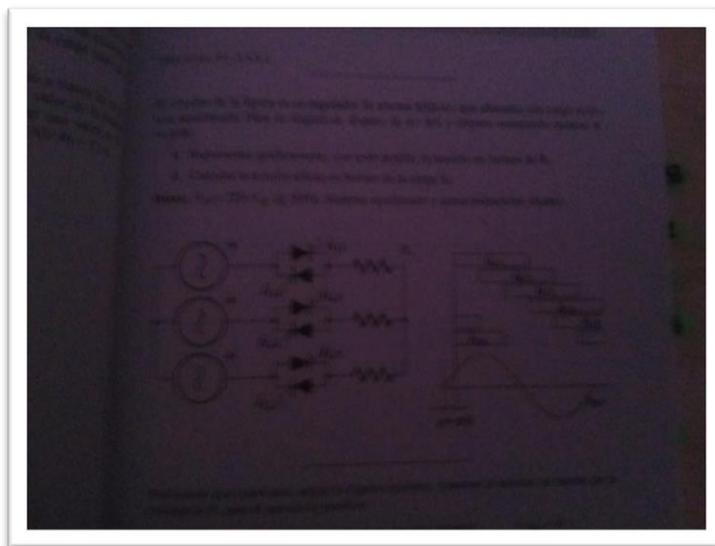


Figura 2.1. Sin flash

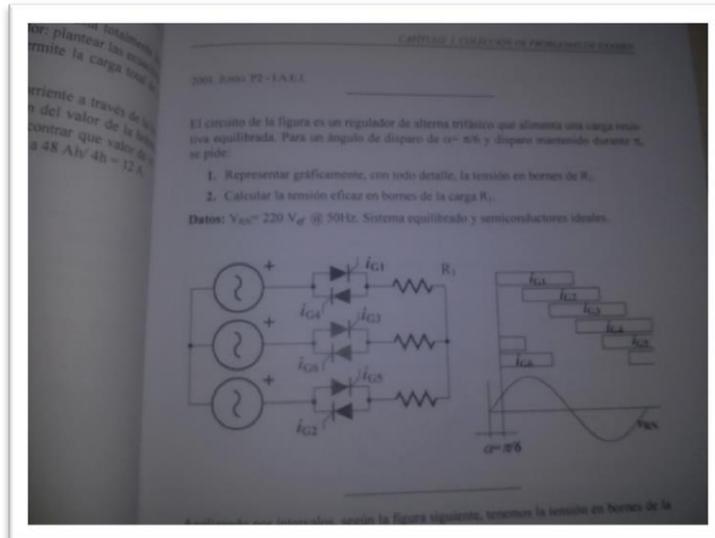


Figura 2.1. Con flash

Si las limitaciones del flash interno impiden realizar la toma deseada se hace necesaria la utilización de flashes externos. Estos componentes, como se puede deducir, se añaden a la cámara. Se acoplan mediante una zapata, esto es, una estructura que suele presentarse en la parte superior de la cámara y es la encargada de sincronizar electrónicamente el flash y la cámara (concretamente su obturador). Las unidades de flash que se pueden adquirir por separado están diseñadas para cámaras de tipo réflex, no existiendo dispositivos de este tipo diseñados para cámaras compactas o, ni mucho menos, para teléfonos móviles. Por ello, a lo largo de este documento se hará referencia al término “cámara”, con el que se estará refiriendo a cámaras de tipo réflex con zapata de conexión para la inserción de una unidad de flash.

La primera y fundamental mejora que presenta el flash externo respecto del integrado es una mayor potencia. Como puede apreciarse en la figura 2.3, suelen ir mecanizados para poder variar el ángulo de incidencia de la luz. Puede afirmarse que una de las principales características de estos flashes, es la regulación de potencia. Los fabricantes, dan un rango de potencias (figura 2.4), para que, en caso de que se seleccione el modo manual, el usuario sea capaz de seleccionar la que mejor le convenga.



Figura 2.3. Flash

1/900 seg. a intensidad M 1/1 (total)
1/1600 seg. a intensidad M 1/2
1/3400 seg. a intensidad M 1/4
1/6600 seg. a intensidad M 1/8
1/11100 seg. a intensidad M 1/16
1/20000 seg. a intensidad M 1/32
1/25000 seg. a intensidad M 1/64

Figura 2.4. Listado de potencias del flash (Manual del Flash Nikon SB-600)

El principal inconveniente es que, aun siendo capaces de variar el ángulo de incidencia del flash, su luz siempre vendrá desde el mismo punto. Es aquí donde entra en juego el flash esclavo.

Un flash esclavo no es más que un flash externo que podemos colocar a cierta distancia de la cámara y se dispara mediante el sincronismo entre éste y otro flash (el flash que da la orden de disparo se le denomina flash maestro y puede ser tanto el flash interno de la propia cámara como un flash externo). Esto permite tomar la foto desde un punto y tener el foco de luz en otro distinto. La conexión de un flash esclavo a la cámara es inalámbrica. Hay otras formas, tanto inalámbricas como por cable, de disparar un flash de forma remota. Sin embargo, solo se considera flash esclavo si este depende de un maestro. De todas formas, se comentaran todas las formas de disparar un flash a distancia en el correspondiente apartado. El flash esclavo da una serie de libertades a la hora de iluminar la foto y esto se traduce en ventajas:

- Evitar reflejos: Si se hace una foto directa a una superficie pulida, el reflejo del destello perjudicará la foto, tal como se ve en la figura 2.5. La solución es situar un flash esclavo de modo que el ángulo con el que incide la luz sea tal que la cámara no lo capte.

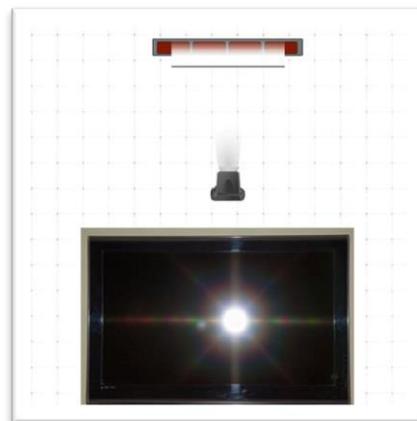


Figura 2.5. Reflejo (www.dzoom.org.es)

- Efecto artístico: el poder tomar una foto desde un punto y poder iluminarla desde otro puede aprovecharse a la hora de tomar fotografías de índole más “artística”, como se ve en la figura 2.6 (montaje en la figura 2.7).



Figura 2.6. Ejemplo de iluminación remota (www.dzoom.org.es)

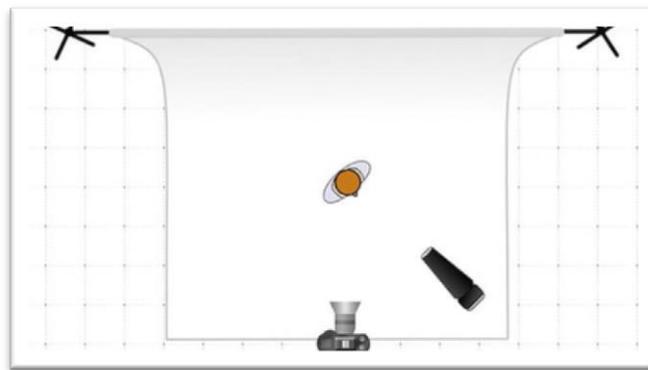


Figura 2.7. Posicionamiento de los elementos (www.dzoom.org.es)

- Obtener una fotografía con volumen: Se trata de la principal finalidad del uso de un flash esclavo. Un solo flash hace ver los objetos fotografiados planos debido a que la luz que incide de forma directa. Por otra parte, si introducimos un foco de luz a un lado del objeto, el juego de sombras dará volumen a la imagen. En la Figura 2.8 pueden verse ilustrados algunos ejemplos. La imagen a esta tomada solo con un flash situado sobre la cámara. La luz incide de tal forma que apenas se aprecian los rasgos del rostro. La b combina el flash de la cámara con un esclavo situado en el lado derecho lo que da ya un mayor volumen al maniquí. Las figuras c y d están iluminadas tan solo por un flash esclavo situado en distintos puntos. En la Figura 2.9 se ve la situación cámara-objeto-flash/es para cada situación comentada.

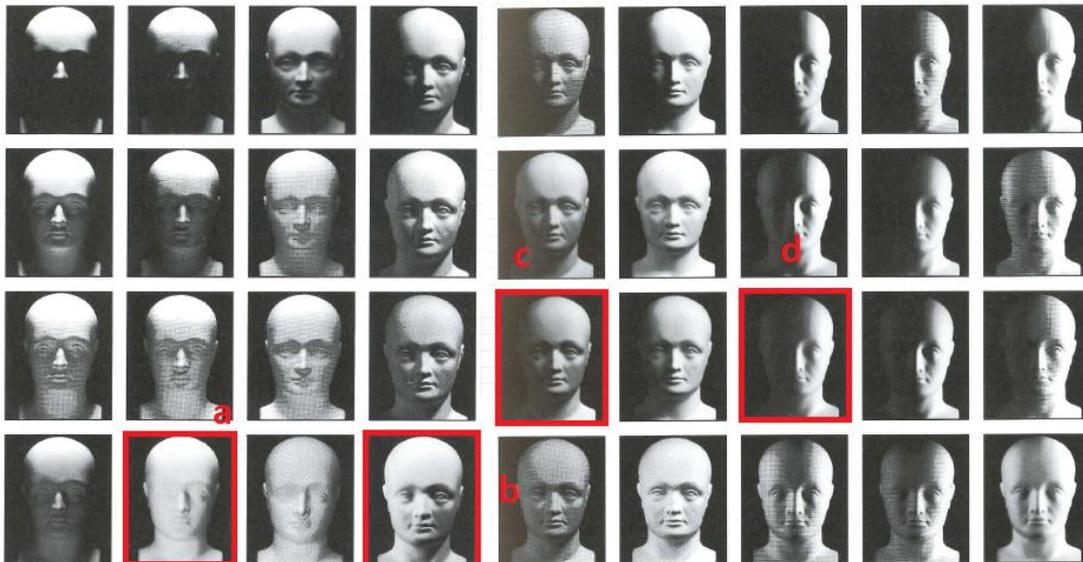


Figura 2.8. Distintos ejemplos de iluminación en fotografía. (Guía completa de fotografía. Michael Freeman)

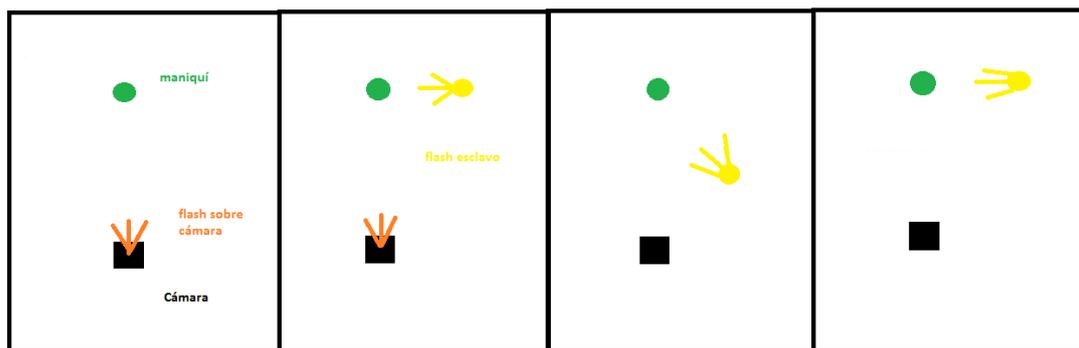


Figura 2.9. Posición cámara-objeto-flash de las imágenes a, b, c y d

El resto de imágenes combinan distintas potencias de flashes y complementos tales como difusores y paraguas que no son de interés para el objetivo el proyecto.

Un flash esclavo ofrece una buena cantidad de posibilidades, limitadas tan solo por la creatividad. Se pueden encontrar libros especializados sobre ello y una infinidad de páginas web con información y consejos.

El TFG se centrará en el funcionamiento de este flash y en un sistema inalámbrico que lo dispare sincronamente con otro flash.

2.2 FUNCIONAMIENTO DEL FLASH

Antes de entrar en detalle, se debe entender de qué está compuesto un flash y cómo funciona.

Un flash está compuesto fundamentalmente de tres partes:

- La antorcha. Es la parte donde tiene lugar el destello. Generalmente está situada en la parte superior del flash (Figura 2.10). En ella se encuentra el llamado **tubo de destello**. Tiene una apariencia similar a lo que podría ser un tubo fluorescente a reducida escala. Se encuentra relleno de xenón, tiene un electrodo a cada lado y un plato de *trigger* (Figuras 2.11 y 2.12).



Figura 2.10. Flash Nikon SB600

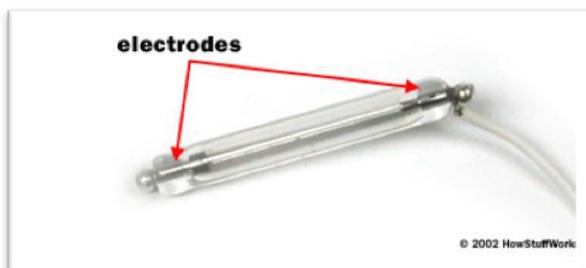


Figura 2.11 Tubo de destello
(www.howstuffworks.com)

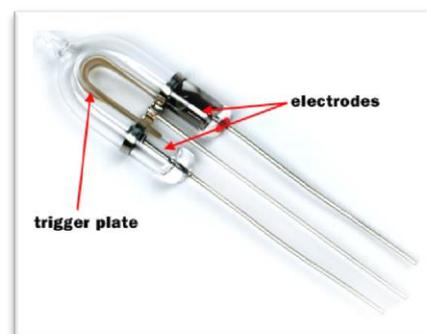


Figura 2.12. Tubo de destello curvo
(www.howstuffworks.com)

- El generador. Es la parte encargada de almacenar, mediante un condensador, la energía necesaria para producir el destello. Tras cada disparo, este condensador debe recargarse.

- La zapata. Es la placa encargada de conectar electrónicamente el flash y la cámara. Gracias a ella es posible la comunicación de ambas partes. Como puede verse en la figura 2.13, está compuesta por varios terminales, cada uno con su función.

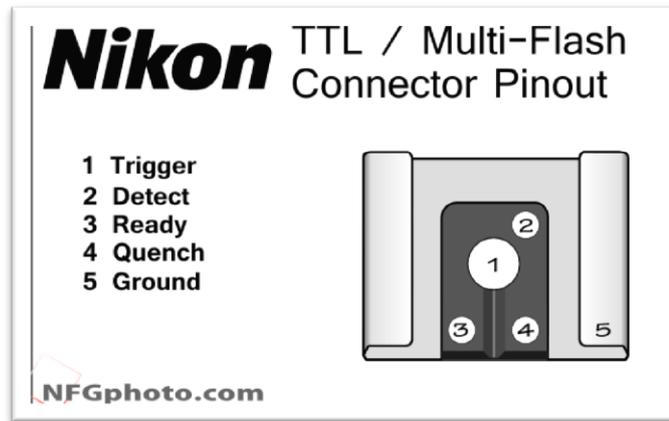


Figura 2.13. Zapata Nikon

De estos terminales, deben destacarse:

- *Trigger*: Es el encargado de encender el flash.
- *Quench*: Se encarga de apagar el flash.

Serán de utilidad en el diseño del proyecto.

El funcionamiento básico del flash es introducir una diferencia de potencial entre ambos electrodos del tubo de destello para conducir electrones de un electrodo a otro. El movimiento de electrones ioniza los átomos de xenón, produciendo así fotones de luz visible.

Debido a que esto no ocurre con el gas en su estado normal (por la escasez de electrones libres), es necesario introducir electrones libres que consigan que el gas sea conductor. La parte responsable de lograrlo es el plato de *trigger*. Se le aplica un alto voltaje positivo a éste, lo que produce una fuerte atracción en los electrones de los átomos. Si esta atracción es lo suficientemente elevada, los electrones se librarán de sus átomos (se produce una ionización). Una vez libres, los electrones se desplazarán hacia la carga positiva. Hay que tener en cuenta que estos electrones colisionarán contra otros átomos, ionizándolos. Es esta colisión la que produce el destello del flash.

Cómo se ha comentado en la introducción, en los flashes existe la posibilidad de regular la potencia del flash. Sin embargo, en ningún momento el fotógrafo cambia el voltaje de la batería. Esta regulación de potencia se hace mediante la variación de la duración del destello. Por norma general, el destello suele durar entre decenas de micro segundos hasta casi 10ms. Así pues, cuanto más corto sea el destello menos expuesta estará la imagen y cuanto más largo sea, más expuesta estará.

2.3 MODOS DE DISPARO

Según la habilidad del usuario en lo que respecta al uso de la cámara y el flash, los fabricantes ofrecen distintos modos de disparo. Cualquier cámara moderna dispone fundamentalmente

de 4 tipos de disparo del flash: manual, automático, ojos rojos y TTL. Algunas más avanzadas cuentan con un modo de comunicación remota para disparar flashes esclavos. Según el modo elegido de entre los anteriormente referidos, el fotógrafo tendrá más o menos libertad en la configuración del disparo.

A continuación se explica detalladamente el funcionamiento de cada modo.

2.3.1 Manual

Se trata del modo más sencillo en lo que a destellos se supone pero también es el más complejo para el usuario ya que éste es el encargado de indicar a la cámara cuál quiere que sea la potencia concreta a emplear en el flash. El fotógrafo debe seleccionar la sensibilidad ISO⁽¹⁾, el número de guía⁽¹⁾ y decidir si se va a fijar o no la apertura⁽¹⁾.

Con este método, el flash solo dispara el destello que se ha programado y depende exclusivamente del fotógrafo que la imagen captada esté expuesta correctamente.

Debe tenerse en cuenta que con este modo el destello está configurado para iluminar una escena en unas condiciones de iluminación particulares. Debido a esto, si por ejemplo la escena a fotografiar se realiza al aire libre y el cielo se nubla o se despeja, el fotógrafo debe volver a cambiar la configuración de la potencia del flash. Dicha configuración también está programada para hacer fotografías a una distancia concreta. Esto quiere decir que si se desea tomar varias instantáneas desde distintos puntos también se debe volver a configurar la potencia del flash.

En conclusión, la principal desventaja de este modo es que se configura para una situación concreta, si bien la totalidad del proceso es elección del fotógrafo, por lo que suele ser el método preferido por los profesionales. Sin embargo, como se ha comentado, a causa de esto, a la mínima variación que haya en la escena se debe reconfigurar el flash. Habrá ocasiones en que por meros motivos de tiempo este modo no será una buena opción.

Hay que tener en cuenta que no es un método completamente rígido y que en alguna ocasión con cambiar la potencia del flash será suficiente.

(1) Estas características están explicadas en el Anexo I

2.3.2 Automático

Este modo tiene como objetivo hacer más sencillo el trabajo del fotógrafo. Mediante un sensor, la cámara reconoce cuando debe cortar el destello para lograr una correcta exposición.

De esta forma, se pueden hacer fotografías desde distintas distancias sin tener que cambiar de continuo la sensibilidad ISO o el número guía.

En este modo, la medición del destello (“decidir” cuanta duración de éste es necesaria para una exposición correcta) se hace a través del flash mismo.

2.3.3 TTL

TTL son las siglas en inglés de *Through The Lens* (a través del objetivo). Esto quiere decir que, a diferencia del modo automático, la medición del destello se hace a través del objetivo de la cámara. Un sensor insertado en ésta es el encargado de recibir las características de iluminación de la escena.

En primer lugar, el flash dispara unos pre-flashes (dependiendo del modelo de cámara variará el número), que sirven para dar información a la cámara sobre la iluminación que será necesaria. Con esto la cámara fija todas las características de las que se ha hablado en el modo manual.

El modo TTL realiza los siguientes pasos para configurar el destello:

1. Al disparar la cámara, el flash se dispara con ella.
2. El destello permanece hasta que el sensor situado en la lente detecte que la escena está expuesta adecuadamente
3. La información es recibida a través del mismo objetivo, por lo que se tendrá en cuenta las diferentes propiedades de la cámara (filtros, sensibilidad ISO, apertura...). Es aquí donde se muestra la ventaja del modo TTL respecto del automático. El modo automático, como se ha dicho, recibe la información a través del propio flash (exactamente la antorcha) ignorando por completo la configuración de la cámara.
4. Finalmente, el destello será cortado cuando el sensor de la cámara detecte que la escena está suficientemente iluminada, enviando una señal al flash a través de la zapata.

Como se puede observar este modo se encarga de todo el trabajo que debería de hacer el usuario en modo manual, dejando al fotógrafo como únicas tareas apuntar y disparar. No hay que olvidar que el flash tiene una potencia limitada. Si se quiere fotografiar un objeto muy lejano, por más ajustes que haga la cámara, resultará imposible una correcta exposición. Por ello, es aconsejable que el fotógrafo conozca el número de guía de su flash.

3.3.1 TTL-BL

Se trata de un modo TTL que permite compensar la exposición. En determinadas escenas, será necesaria una sobreexposición o una subexposición, por ejemplo, si se quiere realizar una foto al contraluz.

En el caso del contra luz, si se hiciera la foto con el modo TTL, el objeto o persona retratado saldría oscuro y prácticamente irreconocible. Así pues, el modo TTL-BL es un modo TTL al que se le han modificado los valores de exposición para conseguir una iluminación correcta en determinadas situaciones.

3.3.4 Ojos rojos

Bien es conocido el efecto de ojos rojos en una fotografía, es decir, el hecho de que a veces al fotografiar a una persona sus ojos se ven rojos en la imagen (Figura 2.14). Este efecto tiene su explicación. Es sabido que la pupila se dilata o se contrae dependiendo de la luz del ambiente (Figura 2.15).



Figura 2.14. Efecto de ojos rojos
(www.wikipedia.com)



Figura 2.15. Dilatación de la pupila
(www.wikipedia.com)

Al disparar el flash, la luz pasa por la pupila dilatada y se refleja en los vasos sanguíneos y por ello, la cámara capta ese color rojo en los ojos.

En animales este reflejo suele ser azul, verde o amarillo. Esto es debido a que la mayoría presenta una capa reflectante en el ojo llamada tapete encargada de darles cierta visión nocturna.

Las cámaras tratan de evitar este efecto mediante una serie de destellos cortos previos a la toma de la fotografía que se encargan de contraer la pupila. Así, al dispararse el destello encargado de iluminar la fotografía, no puede pasar gran cantidad de luz a través de las pupilas y por lo tanto es menor el destello reflejado por los vasos sanguíneos.

Cabe destacar que este modo no es 100% fiable y, excepto en cámaras avanzadas, suele fallar.

3.3.5 Modo de comunicación

Las cámaras integran transmisores y una función de comunicación desde la que se puede configurar cuántos flashes se quieren disparar y en qué modo de disparo de forma que no es necesario ningún accesorio extra (a diferencia de otros métodos de disparo a distancia los cuales se verán en el próximo apartado). A pesar de que el usuario debe configurar muy pocas opciones por lo que suele resultar bastante sencillo, este método es el más complicado en lo que a electrónica se refiere. Se utiliza un elevado número de pre-destellos para enviar la información sobre el disparo. Se trata de una comunicación digital, es decir, el destello es interpretado como un 1 y el no destello como un 0.

Cada fabricante configura de una forma propia este modo para sus cámaras y resulta casi imposible generalizar. Esto deja entrever la desventaja de este método: la compatibilidad. Éste método solo funcionara en flashes y cámaras que presenten esta opción y que además sean del mismo fabricante.

Durante todo el trabajo se ha utilizado una cámara de la marca Nikon. El modo de comunicación de Nikon se conoce como CLS (Creative Lighting System).

2.4 MÉTODOS DE DISPARO REMOTO DEL FLASH

Se ha analizado ya el funcionamiento de un flash y sus distintos modos de disparo. Dado el objetivo del trabajo, deben conocerse los distintos métodos que existen a día de hoy en el mercado para activar un flash a distancia. Deberán también verse las ventajas que representan y sus desventajas.

Hay fundamentalmente 4 formas de disparar un flash a distancia: por cable, infrarrojos, disparadores ópticos e inalámbricos (radio frecuencia).

El modo de comunicación explicado anteriormente es un método de disparo remoto, además es el único en el que tan solo se necesita una cámara y el flash. No es necesario ningún adaptador físico pero, debido a que ya ha sido comentado, este capítulo se centrará en la explicación de los métodos de disparo remotos “físicos” de un flash.

2.4.1 Cable

La forma más sencilla, barata y efectiva es la conexión mediante un cable. Se trata de un cable que une la cámara y el flash esclavo. Gracias a este contacto permanente, el flash siempre será disparado en el momento exacto que el fotógrafo necesite. También resulta más duradero al tiempo que otros métodos. Una ventaja importante es que permite utilizar los distintos modos de los que disponga la cámara: manual, automático, TTL...

La clara desventaja reside en el hecho de necesitar una conexión física. Tal vez el usuario quiera fotografiar un elemento a cierta distancia y el cable puede ser no lo suficientemente largo. También, dependiendo de en qué punto quiera situar el flash, el cable puede estar colocado de forma que sea visible en la foto.

Algunos ejemplos de cables son los que se muestran a continuación.



Figura 2.16. Nikon 4765 SC-28 TTL 9-ft. (\$61.69) (www.amazon.com)



Figura 2.17. Nikon Sc-11 Sync Cord For Sb-11 (\$19.95) (www.amazon.com)

2.4.2 Infrarrojo

Éste método consiste en colocar un emisor en la zapata de la cámara y un receptor en la del flash. Se comunicarán entre sí mediante señales infrarrojas para disparar cuando corresponda.

Se presenta como principal desventaja la necesidad de que haya contacto visual directo entre ambos emisores. Es decir, en caso de que necesitemos tener el flash remoto detrás de la cámara éste método resulta incapaz de llevar a cabo el disparo de éste. Otro inconveniente es que en días soleados puede haber interferencias por los propios infrarrojos del sol. Además, solo es capaz de funcionar con el modo de disparo manual. El resto, por necesitar más de un destello, no son compatibles.



Figura 2.18. Interruptor de flash remoto Seagull por infrarrojos para cámara digital SYK-3 (www.dx.com)

2.4.3 Inalámbrico (radiofrecuencia)

Su funcionamiento es prácticamente idéntico al de los infrarrojos ya que se hace uso de un transmisor y un receptor pero en este caso lo que se usa son señales de radio, lo que le da una mayor efectividad y, aunque no haya visión directa entre el flash y la cámara, la señal de disparo puede ser recibida.

Pueden encontrarse transmisores capaces de funcionar con cualquier marca de cámara pero no son fiables al 100%. Ejemplos de este tipo de disparadores remotos pueden verse en la Figura 2.19.



Figura 2.19. G430C Wireless Grouping Flash Trigger 7 Channels With TTL (34.76€) (www.amazon.com)

Por otra parte, el fabricante *PocketWizard* ofrece estos dispositivos a nivel profesional. Disponen de varias frecuencias e intensidades para lograr un mayor o menor alcance y además evitar interferencias en caso de que un dispositivo similar se halle cerca. Su principal característica es la fiabilidad y su mayor inconveniente es su precio ya que unos transmisores de esta marca pueden llegar a ser casi tan costosos como el flash mismo. Como ejemplo de este tipo de elementos se muestra la Figura 2.20.



Figura 2.20. PocketWizard FlexTT5 Transceiver For Canon (\$229.00) (www.amazon.com)

2.4.4 Disparador óptico

Se trata de otro método inalámbrico. Éste consiste en unas células que detectan el cambio de luminosidad. Por lo tanto, inmediatamente después de detectar el flash maestro, el esclavo se disparará. Esto presenta el mismo inconveniente que los infrarrojos: la imposibilidad de hacerlo funcionar en un modo que requiera más de un destello de flash. Tampoco se podrá utilizar sin que el flash maestro sea disparado. Otro punto en contra es la efectividad, ya que no se asegura que la célula sea capaz de detectar al maestro en cualquier situación.

Un ejemplo de estos disparadores puede verse en la Figura 2.21



Figura 2.21. Dot Line Hot Shoe Photographic Slave Flash Unit (www.bhphotovideo.com)

3. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

3.1 MOTIVACIÓN

Se han comentado distintas formas de disparo de un flash a distancia, puntualizándose las ventajas y los inconvenientes. Debido a que el objetivo del trabajo es la sincronización de un flash esclavo con un flash maestro, el modo de disparo estará basado en los disparadores ópticos. Sin embargo, se puede justificar que cualquier otro método hubiera sido descartado, bien por limitaciones de desarrollo o bien por limitaciones de presupuesto.

Así pues, el disparador óptico, como se ha comentado, dispara el flash esclavo cuando se detecta luz en el maestro. Por lo tanto, este método obliga al fotógrafo a trabajar en modo manual. En el correspondiente capítulo, se ha definido el funcionamiento de este modo y se ha visto que resulta ser el más complejo para el usuario por el número de variables a programar y la necesidad de modificarlas al mínimo cambio de escena. Aun siendo el modo más usado por profesionales, los fotógrafos amateur, sin ningún tipo de formación fotográfica, están limitados al uso de los modos TTL, automático o, en el caso de tener una cámara suficientemente avanzada, el modo de comunicación. Cuando lo que se desea fotografiar es un evento social en el que el “objeto” a retratar es una persona o un grupo de ellas, el uso del modo ojos rojos es bastante común, sobre todo si el fotógrafo no está familiarizado con ningún *software* de retoque de imágenes (por ejemplo, Photoshop) en el que posteriormente pueda eliminar los ojos rojos.

Todos estos modos presentan un problema común que hace inservible el uso de un disparador óptico: los pre-flashes o pre-destellos. El disparador óptico detectará el primer pre-flash, haciendo disparar el esclavo, de modo que la escena fotografiada no estará expuesta como se habría deseado.

La tecnología avanza de forma continua y su principal objetivo es el de facilitar la vida de las personas. Un ejemplo de esto puede verse en los ordenadores. En los primeros ordenadores, el usuario debía insertar comandos para cada función que quería realizar. Se podría decir que eran poco más que calculadoras de gran tamaño. Hoy en día, solo con un doble *click*, los usuarios tienen disponibles millones de funciones sin tener que memorizar ningún tipo de instrucción.

Estos avances pueden verse en cualquier ámbito tecnológico, y en las cámaras (concretamente los flashes), también ocurre. Un propietario de una cámara réflex puede necesitar el uso de un flash esclavo para realizar las instantáneas que desea. Con los productos que hay hoy en día en el mercado, un usuario cualquiera tiene dos opciones: o bien dedica horas a aprender a programar todas las características de la cámara, o bien debe gastarse una gran cantidad de dinero en una cámara con modo de comunicación y un flash compatible.

Se presenta así la necesidad de un sistema de disparo de flash esclavo económico capaz de satisfacer las necesidades de cualquier usuario de cámara, independientemente de su formación.

3.2 OBJETIVOS

Vistas las limitaciones del mercado, se presentan una serie de objetivos propuestos a cumplir en el trabajo:

1. El objetivo fundamental de este trabajo es el diseño de un sistema que dispare síncronamente un flash esclavo con un flash maestro. Por lo que estará basado en el método de los disparadores ópticos, como ya se ha puntualizado.
2. El diseño se realizará de tal forma que haya sincronismo independientemente del modo de disparo que se seleccione y por tanto independiente del número de pre-flashes que haga el flash maestro.
3. El sistema debe permitir que cualquier flash pueda dispararse con cualquier cámara/flash. Esto es, se diseñará de tal forma que los componentes no deban ser del mismo fabricante para funcionar correctamente.
4. El modo de empleo debe ser lo más sencillo posible ya que la idea principal es que su manejo esté al alcance de cualquier usuario.
5. El coste debe ser ajustado, atendiendo a limitaciones. Así pues se buscarán componentes de bajo coste. Para el diseño se emplea la FPGA de Altera como medio para el testeo de un prototipo, con lo que en producción final se emplearía una FPGA sin necesidad de placa de evaluación, esto es, sola.

4.DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL DISEÑO

En las páginas anteriores, se han explicado los distintos modos de disparo que incorporan la mayoría de flashes y se ha señalado que, a excepción del modo manual, disparan más de un destello a la hora de tomar la fotografía.

Se ha comentado también que el principal problema de los disparadores ópticos es que disparan el flash esclavo al detectar el primer destello del maestro. Esto mismo es lo que hace ese tipo de disparador incompatible con todos los modos descritos que hacen uso de más de un destello.

La solución propuesta para el sistema de disparo de flash esclavo que se diseña en este proyecto requiere dos fases. Una primera fase, aquí denominada **modo reconocimiento**, parte del sistema reinicializado y espera a que se realice el disparo del flash maestro. En ese momento, el sistema registra el tiempo que transcurre desde el primer destello emitido desde el flash maestro, hasta el último de los destellos. Tras esta primera fase de autoconfiguración, y con independencia del modo de disparo que se haya usado en el flash maestro, se obtiene el tiempo de retraso con el que se debe disparar el flash esclavo. Así, en la siguiente fase, aquí denominada **modo disparo**, cuando se detecta el primer destello del flash maestro se inicia una temporización con el tiempo hallado en la fase de configuración y, cuando esta temporización concluye, se da la orden de disparar el flash esclavo. Así se resuelve el principal problema que presentan los disparadores ópticos

Sabiendo qué va a hacer el diseño, deben conocerse los detalles de los distintos modos de disparo para saber cuál será la configuración más adecuada. Esto es, tiempos de destello, número de destellos...

Para el análisis en el laboratorio de estas condiciones iniciales de diseño, se preparó un circuito sencillo compuesto por un fotodiodo y una resistencia de 100k Ω alimentados a 15V tal y como se puede observar en la Figura 4.1. En ausencia de destellos, la corriente inversa que circula por el fotodiodo es prácticamente nula, por lo que la tensión en la salida será cero. Sin embargo, en el momento en que el fotodiodo reciba una cantidad de luz abundante, como la que proporciona el destello de un flash, la corriente inversa que circula por el diodo hará que la tensión en V_s aumente hasta incluso llegar a alcanzar la tensión de alimentación de 15V.

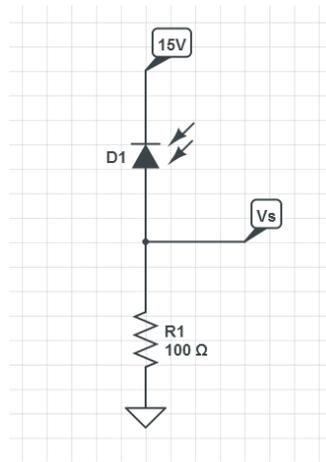


Figura 4.1. Circuito de testeo

Para las pruebas se ha empleado una cámara Nikon D700 y se han empleado tanto el flash interno de la propia cámara como un flash Nikon SB-600 y un flash Sunpack. También se ha recurrido a una cámara compacta Olympus TG-620 para analizar el modo ojos rojos. Debido a esto, hay que tener en mente que los valores pueden variar si se prueban artículos de otros fabricantes y con otras especificaciones.

La primera prueba fue haciendo uso del modo manual del flash Nikon SB-600. Puede observarse que, efectivamente, tan solo se dispara un destello (Figura 4.2).

Este destello varía su duración dependiendo de la potencia que se seleccione cumpliendo lo explicado en el capítulo correspondiente. Se captó mediante un osciloscopio la radiación emitida en función del tiempo para distintas potencias de flash (Figuras 4.3 y 4.4).

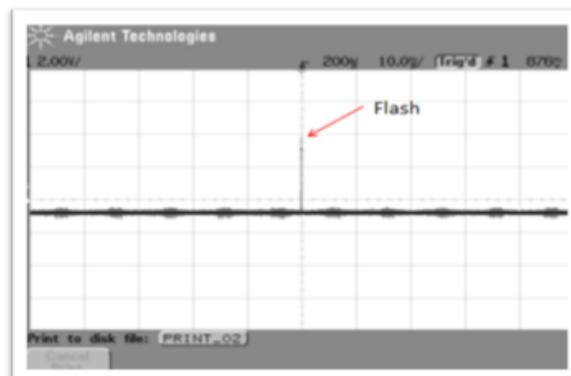


Figura 4.2. Modo manual.

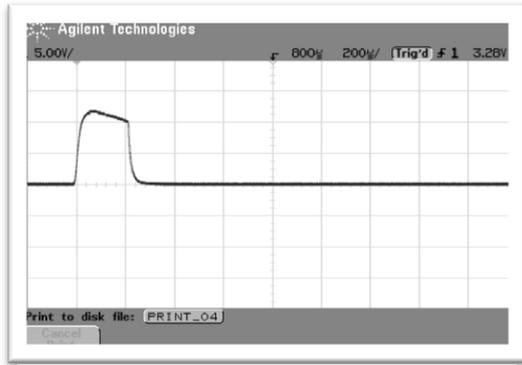


Figura 4.3. Destello de 200µs

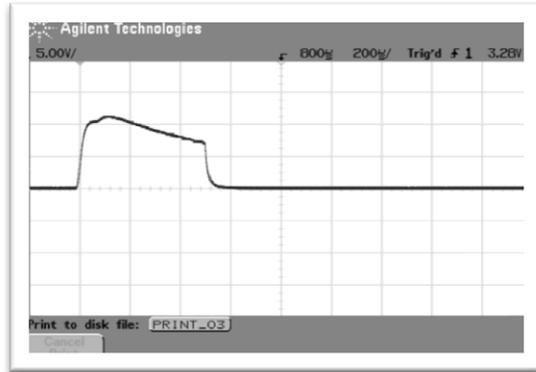


Figura 4.4. Destello de 500µs

Es interesante fijarse que en ambos casos se alcanza un máximo, idéntico para los dos destellos, y la intensidad del flash empieza a disminuir. Esto es debido a que el flash es excitado por la energía contenida en un condensador precargado a cientos de voltios el cual, conforme pasa el tiempo, pierde energía, por lo que la intensidad lumínica del flash disminuye. También se ve que llegado un punto, la luz cae bruscamente. Este hecho se debe a la actuación del pin *quench*, el encargado de apagar el flash.

Cabe destacar que, cuando se dispara el flash a máxima potencia, el destello no se detiene, es decir, no se hace uso del pin *quench* de la zapata sino que se apaga a medida que el condensador va descargándose, tal y como se comentó cuando se describió el funcionamiento del flash y sus partes. Este fenómeno puede verse en la Figura 4.5.

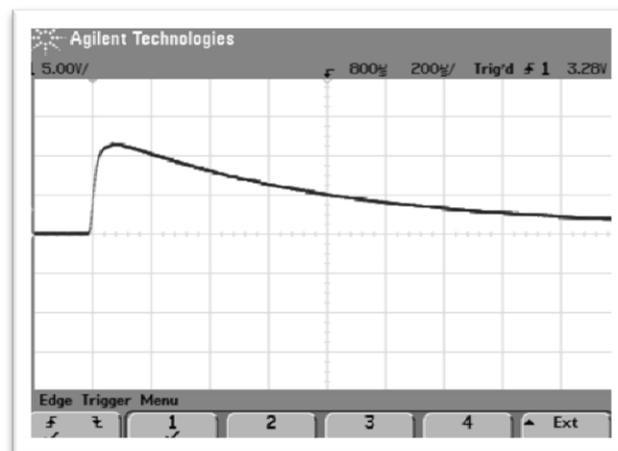


Figura 4.5. Flash a máxima potencia

Tras estas pruebas, se capturó con la ayuda del osciloscopio la forma de onda del modo TTL. Se usó el flash interno de la cámara para ello.

Tal y como puede apreciarse en la Figura 4.6, se observan 2 pre-destellos y más adelante el destello encargado de iluminar la escena.

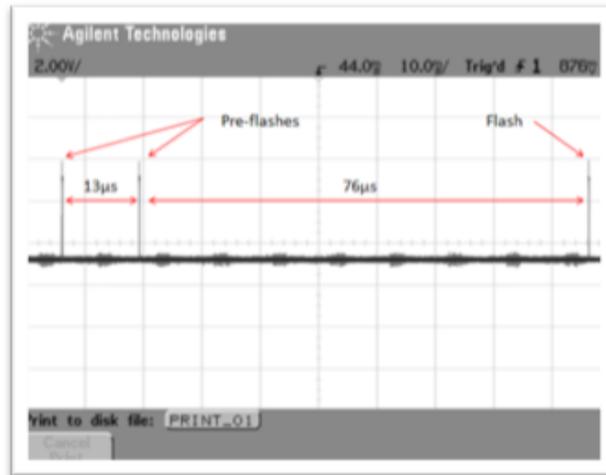


Figura 4.6. TTL

Entre ambos pre-destellos se miden 13ms. Se hicieron diversas pruebas para ver si este valor cambiaba y se vio que era constante. También se probaron los modelos de flash externo disponibles y este tiempo siempre se encontraba entre 13ms y 14ms. Estos pre-destellos eran siempre de 500µs. No obstante, dado que las medidas se hicieron en el laboratorio donde no pueden variarse las condiciones lumínicas, se puede suponer que, siguiendo el funcionamiento descrito en el capítulo de los modos de disparo, en caso de haberse hecho las pruebas en una estancia más oscura estos pre-destellos serían más largos. Debe recordarse que se comentó que el pre-destello no se apaga hasta que el objetivo de la cámara detecta que la escena está correctamente expuesta. El segundo pre-destello puede suponerse que se realiza meramente para asegurar que la medida tomada por el primero es correcta.

Se midió también la distancia entre el segundo pre-destello y el destello y resultó ser de 76ms. Esta distancia se encontró siempre entre 70ms y 80ms para los distintos flashes. La duración del destello depende únicamente de la información recogida por los pre-destellos, por lo que su longitud varía dependiendo de la exposición requerida para la fotografía tomada.

Posteriormente, se observó el comportamiento del modo ojos rojos. En este caso se empleó el flash Olympus TG-600 por ser el que disponía de este modo. Como se comentó, pueden observarse múltiples pre-destellos antes del destello encargado de iluminar. Se observó un pre-destello poco tiempo antes del destello y se concluyó que su función era la de asegurar la dilatación de la pupila.

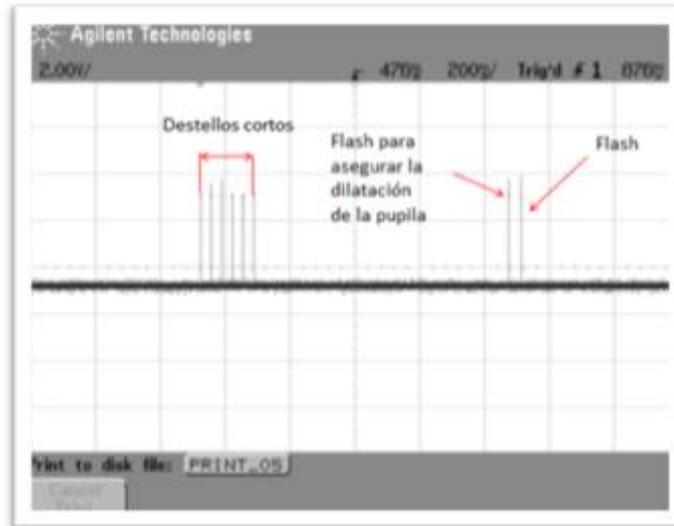


Figura 4.7. Ojos rojos

A continuación, se prosiguió a medir la longitud de los flashes según su potencia para intentar comprender la relación a la que están configuradas. Para ello se midieron la mayor y menor potencia y una intermedia. Estas medidas se tomaron para el flash interno y el Nikon SB-600. Para el Sunpack solo se tuvo en cuenta el de mayor potencia. Los resultados fueron los que se muestran en las siguientes tablas:

	Potencia	Duración
Mínimo	1/128	250 μ s
Intermedio	1/16	500 μ s
Máximo	1/1.3	6.3ms

Tabla 4.1. Flash interno

	Potencia	Duración
Mínimo	1/64	500 μ s
Intermedio	1/16	600 μ s
Máximo	1/1	8.5ms

Tabla 4.2. Flash Nikon SB-600

	Potencia	Duración
Máximo	1/1	7.5ms

Tabla 4.3. Flash Sunpack

Puede verse que la duración del destello no es lineal al número que dan los fabricantes para designar la potencia. Es posible suponer que se trata de una relación exponencial. Se ve además la diferencia de potencia entre flashes siendo de ellos el Nikon SB-600 el más potente. Su destello de 8.5ms es el que se tomará como mayor.

Se midió también la duración del destello de una cámara compacta para tener una referencia de cuánto sería el destello más corto con el que el sistema se puede encontrar. Se observó que, de entre varias pruebas que se realizaron, el más corto fue de 50 μ s.

Teniendo analizados ya los modos más sencillos, se comentará ahora los resultados obtenidos al observar el modo de comunicación.

Como ya se ha dicho, este modo es el más complejo electrónicamente y cada fabricante diseña el suyo propio. En el laboratorio, al trabajar con artículos Nikon, se ha analizado el modo de comunicación conocido como CLS (Creative Lighting System).

En el osciloscopio se observó lo siguiente:

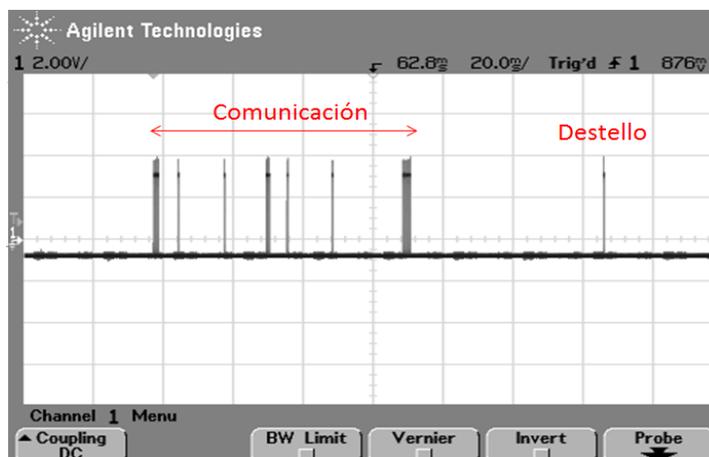


Figura 4.8. CLS

Se observan un gran número de destellos agrupados y, a 51ms, el destello que emite el flash maestro para activar el esclavo.

El cómo funciona este modo y qué representa cada pulso escapa de los objetivos del proyecto. Sin embargo, es importante señalar ciertos aspectos:

1. Se trata de una comunicación digital (un destello significa 1 y la ausencia de destello 0). Gracias a esto, el flash maestro manda información sobre el canal, el grupo de flashes, el modo de disparo y la potencia.
2. Según puede leerse en [1], la comunicación puede dividirse en tres grupos de pulsos:
 - *Remote setting command*: Aquí se fija la información acerca del canal (esta información se da en los tres grupos de pulsos) y el modo de disparo.
 - *Preflash command*: Da información sobre qué grupo de flashes deben activarse. También se emiten una serie de destellos. Si los flashes remotos no detectan suficiente luz reflejada pedirán un segundo destello. En el modelo de flash utilizado, cuando no se detectaba el destello del maestro, el esclavo emitía un pitido.
 - *Final flash amount command*: Finalmente, aquí se fija cuánta luz deben emitir.
3. Cada información tiene un código binario de 4 bits (a excepción de la potencia que son 8 bits). En la tabla 6.4 se observa el código correspondiente a los modos de disparo.

Modo	Código
TTL	1000
Automático	1010
Manual	1011

Tabla 4.4. Código binario de los modos de disparo

A modo ilustrativo de cómo se ve esta información binaria en forma de destellos, en la figura 4.9 se ve como se codifican los distintos canales.

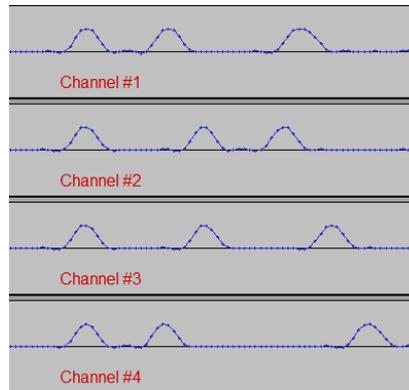


Figura 4.9. Canales. (Nikon CLS Advanced wireless lighting)

4. La comunicación es unidireccional, esto es, solo emite destellos de comunicación el flash maestro. No hay que olvidar que esto es basándose en el modo CLS de Nikon y que cabe la posibilidad de que en el modo de comunicación de otro fabricante la comunicación sea bidireccional.
5. Existe una opción por la cual se puede indicar que el flash maestro este en “off”, esto es, que solo los esclavos sean los encargados de iluminar la escena. Al finalizar las secuencias, hay un retraso tras el cual el maestro lanza el destello para disparar los esclavos. Esto significa que el flash maestro siempre se dispara, aunque se haya seleccionado la opción de “off”. Esto no causa problemas siempre y cuando la cámara no esté cerca del objeto o éste sea muy reflectante.
6. El último destello es el que da la señal para que el/los esclavo/s se dispare/n. Como se ha señalado, esto no tiene por qué cumplirse para otros fabricantes. El hecho de que el último destello sea en el que se toma la fotografía es crucial. Debido al diseño del proyecto, éste solo funciona si el último destello es en el que la cámara toma la fotografía. Esto significa que, si algún modo no realiza la foto al dispararse el último destello de la secuencia, el sistema no funcionará sincronamente y la cámara no captará el destello del flash esclavo.

5. DESARROLLO DEL DISEÑO

Como bien se ha dicho, el objetivo del TFG es la realización del sistema de activación de un flash esclavo que se pueda disparar usando cualquier modo disparo y cualquier tipo de cámara.

El proyecto constará fundamentalmente de tres partes: dos analógicas y una digital.

La primera parte es el circuito encargado de detectar los destellos del flash maestro. Esto se puede realizar gracias a un fotodiodo. Dado que un destello es una señal analógica y todo el proceso de reconocimiento va a realizarse en la parte digital, se añadirán etapas de amplificación y filtrado para adecuar la señal detectada a la entrada de la placa FPGA.

La segunda parte es la digital. Para conseguir que el flash esclavo sea disparado cuando el maestro haga el destello encargado de iluminar la escena (y no en los pre-flashes), lo que se realizará es un circuito que detecte cuál es **el último destello emitido por el flash**. Se realizaron algunas pruebas en el laboratorio con la finalidad de medir tiempos de destello y de oscuridad (entre destello y destello). Se observó que ningún tiempo de oscuridad alcanzaba los 100ms.

Mediante el software Quartus II, se programará un circuito compuesto fundamentalmente por contadores y máquinas de estados. Su función es, a modo general, contar el tiempo entre que se extingue un destello y se inicia el siguiente, lo que se denominará en adelante “tiempo de oscuridad”. Si alguno de estos tiempos supera los 100 ms, se concluirá que el flash ya ha sido disparado y la placa quedará programada en el modo seleccionado para los siguientes disparos.

Será necesario que el fotógrafo dispare su cámara al menos 2 veces. Una primera para que el circuito detecte cuando debe disparar el esclavo y las sucesivas para que el fotógrafo tome todas las instantáneas que desee. Si se cambia el modo de disparo, se deberá resetear el circuito para que este vuelva a detectar el modo. Si bien este aspecto puede parecer un inconveniente, debe entenderse que actualmente en el mercado no existe ningún controlador de flash esclavo que permita, con independencia del modo de configuración del flash maestro, una sincronización como la que aquí se propone.

Por último, se implementará un circuito analógico que recibirá señales de la placa y según estas encenderá o apagará el flash.

Todo el sistema está alimentado a +/- 15V.

5.1 FPGAs

Una FPGA (field-programmable gate array) es un chip de silicio reprogramable. Según puede verse en la página web de la firma Altera, es un dispositivo semiconductor que puede ser programado después de su fabricación. Esto es, a diferencia de otros dispositivos como por ejemplo los ASICs (circuitos integrados de aplicación específica) que son circuitos integrados

programados para una función específica, una FPGA puede ser programada *in situ* tantas veces como se desee. De esta forma, un usuario puede implementar cualquier función lógica que necesite.

Se hará uso de una placa de evaluación de FPGAs de la firma Altera. A continuación, en la Figura 5.1 se muestra la placa:

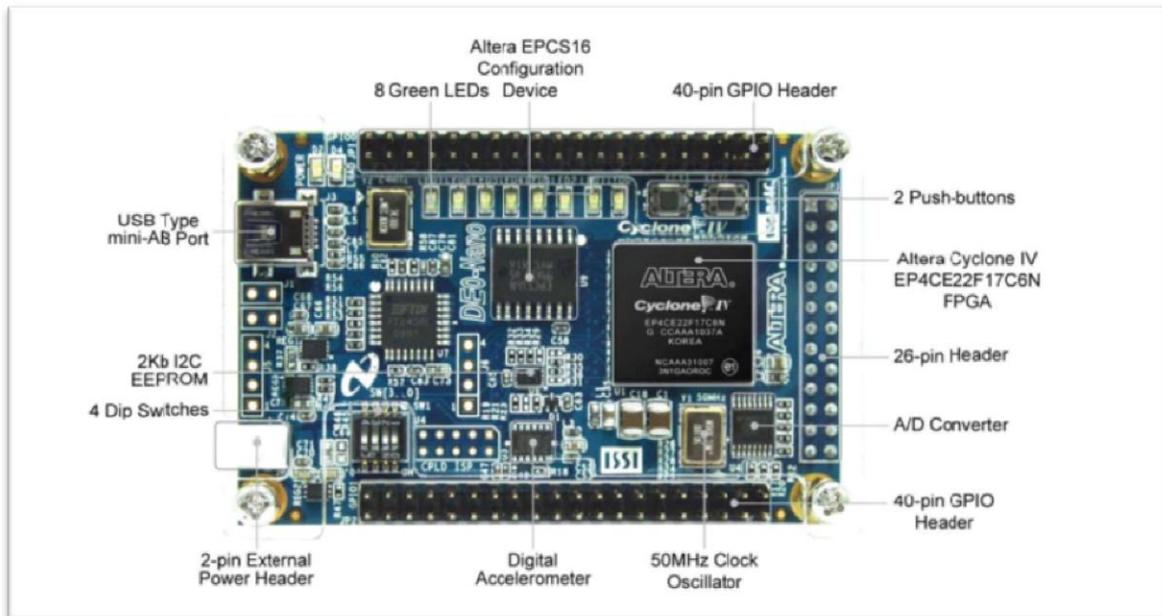


Figura 5.1. De0-NANO (Catálogo de Altera DE0-NANO)

Como puede observarse, la placa contiene:

- FPGA Cyclone IV
- Una memoria SDRAM de 32bits
- Una memoria EEPROM de 2Kbit
- Un convertidor ADC de 12 bits y 8 canales.
- Un reloj de 50MHz

Como parte analógica puede verse que contiene un gran número de pines para la configuración de sus entradas y salidas. También pueden observarse 8 leds, 2 pulsadores y 4 interruptores. Cabe señalar que éstos están conectados directamente a algunos de los pines de la FPGA.

Otra característica significativa es que todas las entradas y salidas funcionan con niveles lógicos de CMOS a 3.3V. Esto es importante tenerlo en cuenta ya que condiciona el diseño del interface entre la parte analógica y la digital, puesto que la parte conectada a la placa de los circuitos analógicos deberá funcionar a ese voltaje.

La figura 5.2 muestra el diagrama de bloques del diseño.



Figura 5.2. Diagrama de bloques del diseño

A continuación se explica detalladamente cada una de las partes del diseño.

5.2 ETAPA ANALÓGICA (I)

Esta primera parte del proyecto será la encargada de detectar la señal del flash maestro, amplificarla y filtrarla para hacerla llegar, con niveles de tensión compatibles, a la placa de evaluación DE0-NANO y, más concretamente, directamente a los pines de la FPGA Cyclone IV de la firma ALTERA.

Está compuesta de 4 partes:

- Amplificación
- Filtrado
- Comparador
- Adaptación de niveles lógicos a los compatibles con la FPGA de la firma Altera

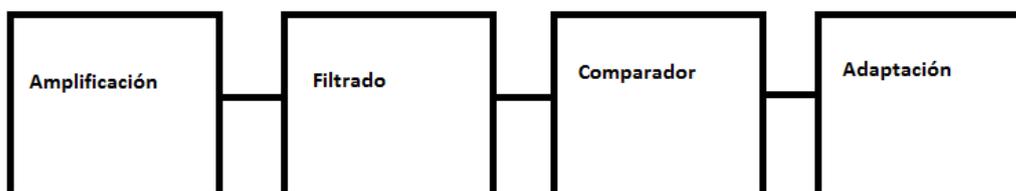


Figura 5.3. Diagrama de bloques de la etapa analógica (I)

5.2.1 Amplificación

En esta primera etapa se tiene como objetivo la amplificación de la señal que recibe el fotodiodo del destello.

En primer lugar se polariza el fotodiodo en inverso. El fotodiodo seleccionado es el BP 104 S. Se toma una resistencia de 100KΩ debido a que para el fotodiodo empleado, la corriente de *dark* genera una caída de tensión en la resistencia prácticamente nula. Sin embargo, con una

radiación baja, se ve en las gráficas de las hojas de características del diodo (Figura 5.4) que hay una corriente que causa una caída de tensión. Es esta caída de tensión la que es visualizada en el osciloscopio.

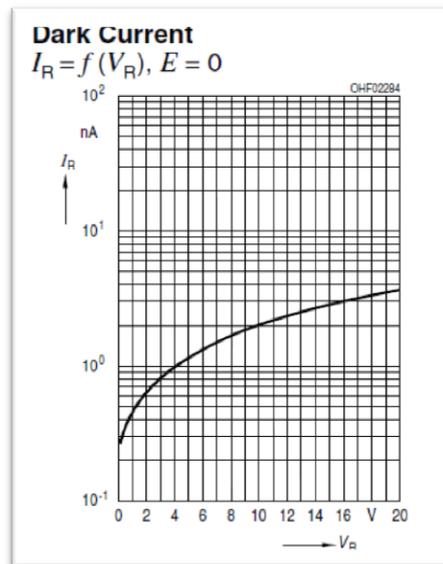


Figura 5.4. Curva I_R - V_R (Catálogo del fotodiodo BP 104S)

Se buscará la saturación del operacional cuando el flash maestro sea disparado, en el peor de los casos, a una distancia más o menos lejana (10 metros aproximadamente). El objetivo de esta saturación es el de conseguir una forma de onda lo más cuadrada posible. El destello se registra mediante el osciloscopio con una forma como la vista en la Figura 5.5. Debido a que esa onda es la que debe leer la placa de Altera, debe tomar una forma digital, es decir, de señal cuadrada y adaptada a los niveles lógicos de 3.3 V descritos anteriormente.

En esta etapa se dispone, tal y como se ha señalado, del fotodiodo, una resistencia de 100KΩ y el operacional TL081. En primer lugar se consideró el siguiente diseño:

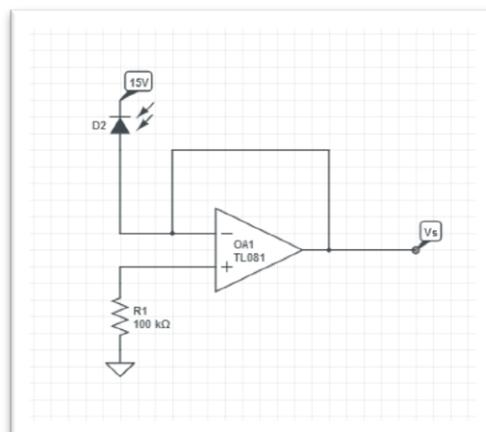


Figura 5.5. Primera versión de la etapa de amplificación

A corta distancia, el operacional satura y obtenemos una señal cuadrada, sin embargo al hacer la prueba a una distancia de unos 10 metros aparecía la siguiente forma:

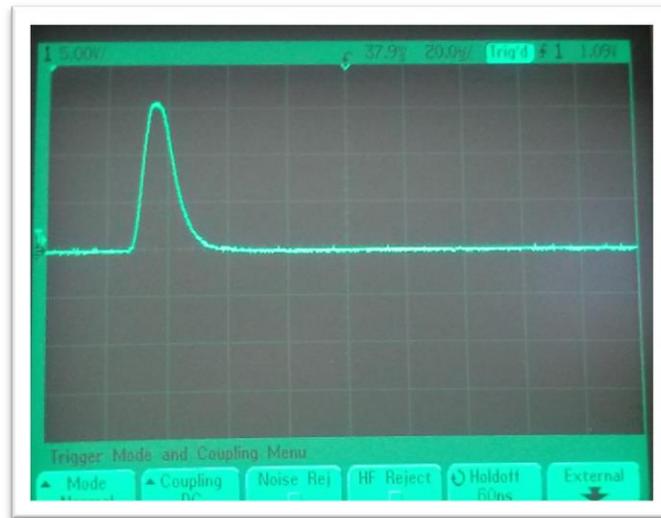


Figura 5.6. Señal a 10 metros de distancia

Puede apreciarse la forma del flash sin saturar, que no es lo que interesa en el trabajo. Por este motivo se cambió el circuito para obtener una amplificación mayor (Figura 5.7). La diferencia respecto del otro circuito reside en que este nuevo circuito realiza una amplificación directa, haciendo más fácil la saturación del flash. Además, se trata de un circuito de un amplificador de transresistencia. Esto es, convierte corriente en tensión. Además, se obtendrá una señal negativa (Figura 5.8).

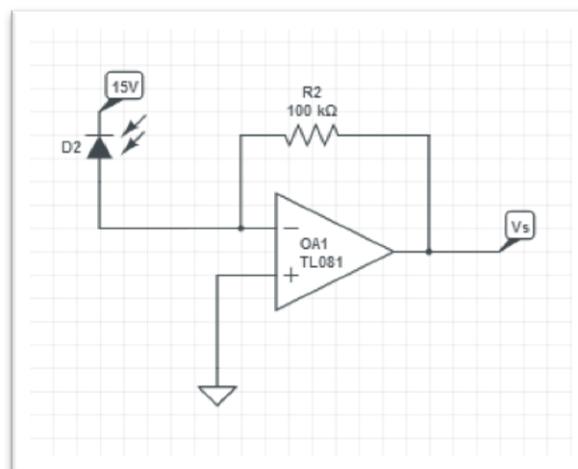


Figura 5.7. Versión final de la etapa de amplificación

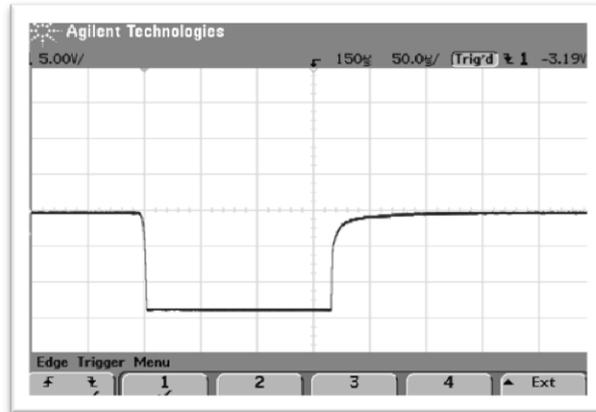


Figura 5.8. Señal de la etapa de amplificación

5.2.2 Filtrado

Para el filtrado se ha utilizado el siguiente esquema:

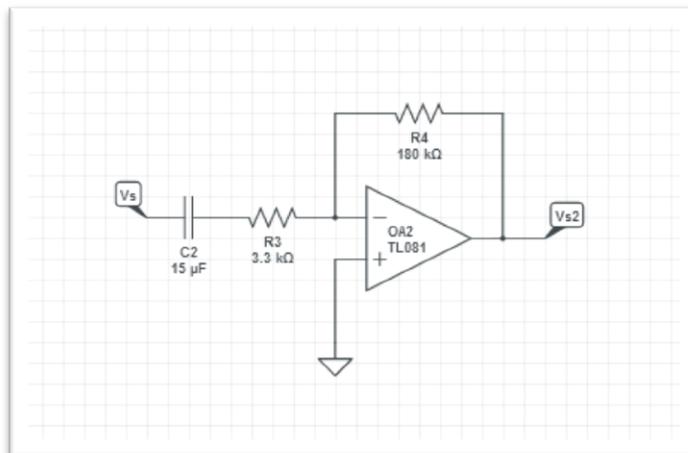


Figura 5.9. Esquema de la etapa de filtrado

Con esta etapa de filtrado se pretende eliminar la tensión recogida de la etapa anterior que sea como consecuencia exclusiva de la iluminación de fondo. Así, de haber una tensión continua a la salida de la etapa anterior que fuera como consecuencia de una radiación constante que no proviniera de un flash, esta etapa de filtrado se encargaría de eliminarla. Para la determinación de la frecuencia de corte de esta etapa, se observó que el destello más extenso en el tiempo correspondía con el del momento en que el flash emite un destello para iluminar la escena, llegando a alcanzar, para los modelos estudiados, los 8.5 ms.

En esta etapa se desea una amplificación de 50. Viendo el esquema que se utilizará (Figura 7.7), se limita R4 a 200kΩ. Esta limitación es debida a que una resistencia mayor puede dar problemas de ruido, puesto que el ruido eléctrico en una resistencia es proporcional a su valor, o de corrientes de polarización, que podrían dar a la salida del operacional una tensión de *offset* no deseada. Teniendo en cuenta ese límite y mirando las tablas de las resistencias

normalizadas se selecciona una de 180kΩ para asegurar cierto margen. A raíz de esta resistencia y conociendo la amplificación deseada, se procede a calcular R3.

$$\frac{180}{R3} = 50 \rightarrow R3=3.6k\Omega$$

Se selecciona el valor normalizado de resistencia 3.3kΩ. La resistencia R3, además de formar parte de la etapa de filtrado, es la encargada de limitar la intensidad de salida del primer operacional. Por ello, se comprueba a través de las curvas del operacional si la resistencia elegida cumple con las exigencias del operacional utilizado en la etapa de amplificación.

Se mide que la tensión de salida del operacional es Vs=12V, viendo la siguiente gráfica del operacional TL081 se busca el limite de la intensidad de salida.

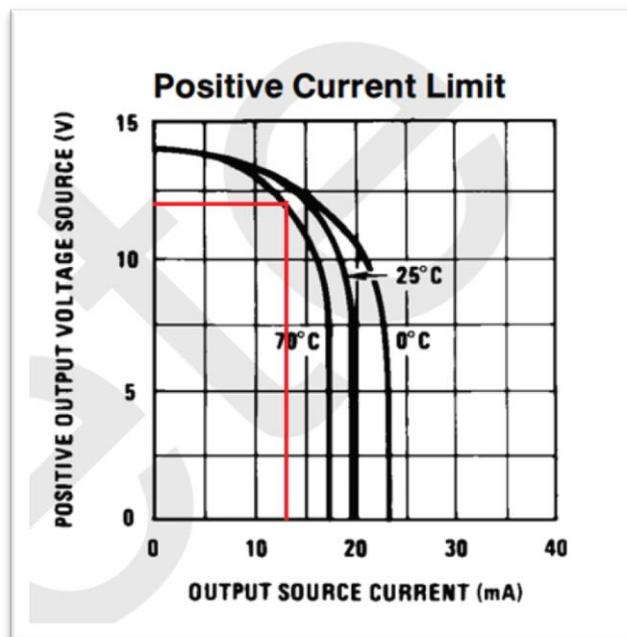


Figura 5.10. Curva V-I (Catálogo del operacional TL081)

Viendo la Figura 5.10 y estando del lado de la seguridad, se establece el límite de la corriente de salida en 12mA. Tomando la resistencia de 3k3Ω se obtiene una intensidad a la salida del operacional de 3.63mA que se encuentra dentro del límite establecido

Lo siguiente es seleccionar el condensador. Se desea un filtro pasa alto con corte en frecuencia en 20Hz. El destello más duradero que se ha medido en laboratorio, tal y como se ha nombrado anteriormente, es de 8.5ms, y con 50ms se garantiza que esa frecuencia entra en el filtro. Tanta diferencia entre el valor medido y el valor para el que se va a filtrar es debido a que el corte en frecuencia no es exacto.

$$\frac{1}{3300 \cdot C} = \frac{1}{50 \cdot 10^{-3}}$$

Se obtiene una capacidad de $15\mu\text{F}$.

Con la Figura 5.11 se comprueba si la amplitud seleccionada puede darse con el corte en frecuencia seleccionado. Teniendo cierto margen de seguridad, se observa que la ganancia podría ser de hasta 100dB. En este caso tenemos 34dB ($20 \cdot \log(\frac{180}{3.3})$) por lo que se encuentra dentro del límite. Además se puede observar que el operacional tendrá esta ganancia en un amplio margen de frecuencias, hasta aproximadamente 100kHz, contemplando que el flash más corto que se ha medido es de $250\mu\text{s}$ (4kHz), esta ganancia es más que suficiente.

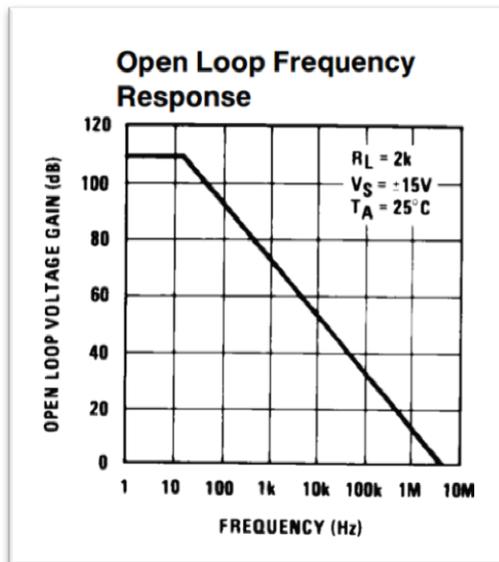


Figura 5.11. Curva ganancia-frecuencia (Catálogo del operacional TL081)

El diagrama de Bode del filtro queda de la siguiente forma:

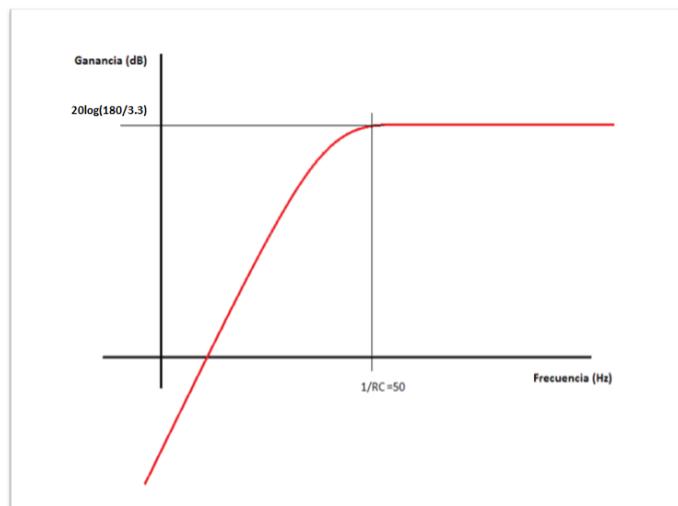


Figura 5.12. Diagrama de Bode

5.2.3 Comparador

Disparando el flash a su máxima potencia y conectando la onda a la salida del filtro se observa la siguiente forma:

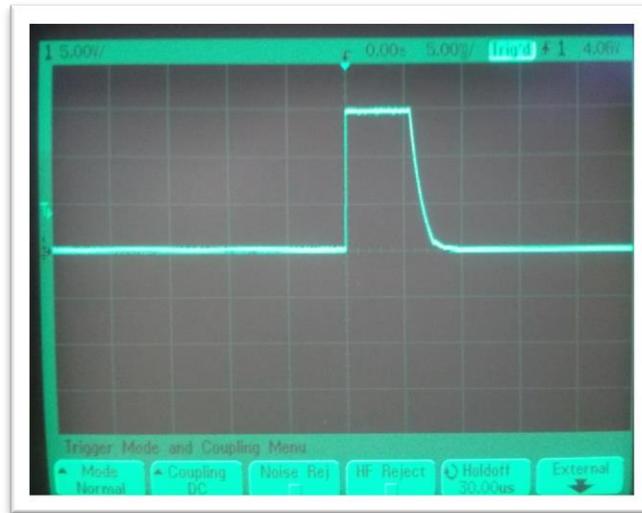


Figura 5.13. Forma de onda a la salida del filtro

El flash contiene, tal y como se explicó en el correspondiente capítulo, un condensador. Como se explicó también, al disparar el flash a su máxima potencia el destello no es cortado, sino que se apaga a medida que el condensador se descarga. Es por ello que se registra tal forma.

Esto es solucionado mediante un comparador cuyo esquema se muestra en la Figura 5.14.

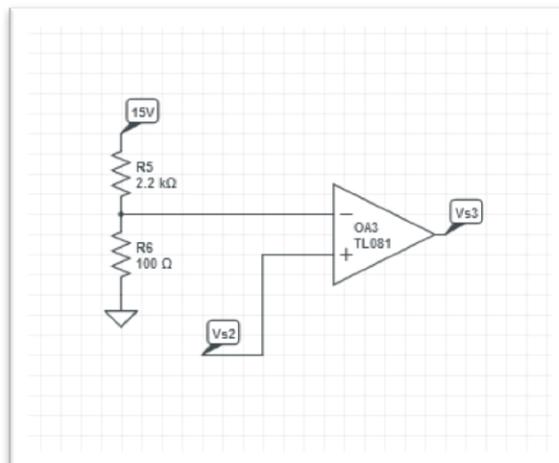


Figura 5.14. Esquema del comparador

Es sabido estos comparadores tienen el problema de que, cuando se trabaja con ondas imperfectas, la tensión de salida conmuta intermitentemente. Esto queda ilustrado en la Figura 5.15.

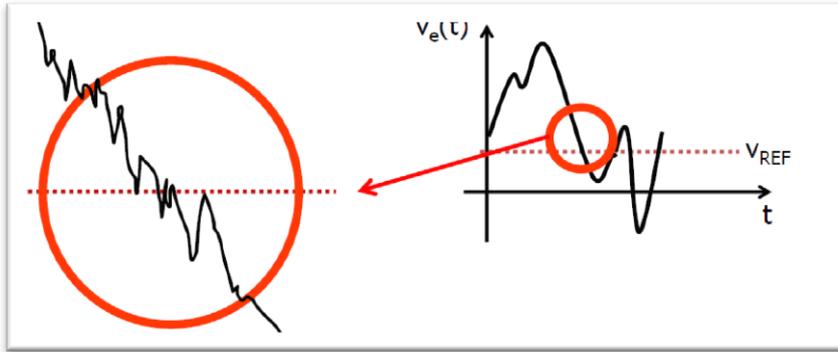


Figura 5.15. Conmutación de la tensión de salida (Apuntes de sistemas electrónicos 2012-2013)

La solución a este problema es el uso de un comparador con histéresis, que presenta una curva de la siguiente forma:

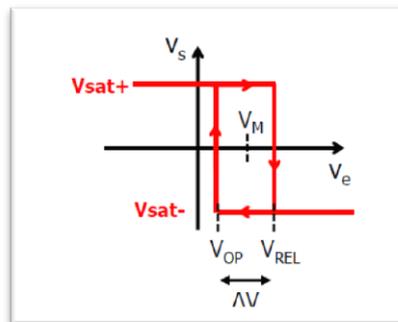


Figura 5.16. Curva V_e - V_s de un comparador de histéresis (Apuntes de sistemas electrónicos 2012-2013)

El comparador de histéresis evita la conmutación que daba el comparador anterior. Si bien se reconoce que el agregar una etapa de comparación con histéresis es conveniente en la mayoría de las ocasiones, en lo que respecta al presente diseño se ha observado que es suficiente con una comparación simple, lo que facilita el montaje final a la vez que abarata costes.

5.2.4 Adaptación de niveles lógicos a los compatibles con la FPGA de la firma Altera

Tal y como se ha comentado anteriormente, todas las entradas de la DE0-NANO tienen como nivel lógico correspondiente a nivel alto 3.3V. Por ello, se inserta el siguiente circuito entre la etapa anterior y la FPGA. La salida a través del zéner tiene una impedancia de salida distinta de cero por lo que, para atacar a la entrada digital, resulta conveniente intercalar una etapa de adaptación de impedancias compuesta, básicamente, de un operacional en configuración de emisor.

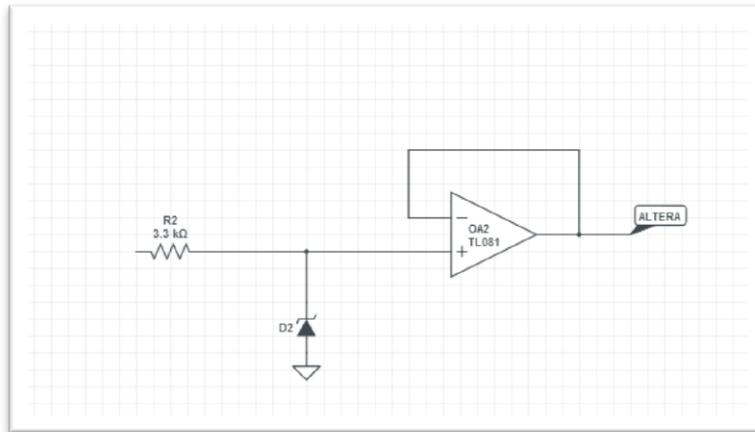


Figura 5.17. Esquema del circuito a la entrada de la DE0-NANO

5.3 ETAPA DIGITAL

Esta parte, compuesta fundamentalmente por máquinas de estados y contadores, es la encargada de registrar cuanto tiempo hay entre el primer pre-destello y el destello (**modo reconocimiento**) para, en los siguientes disparos, encender el flash esclavo tantas veces como fotos quieran tomarse en un mismo modo de disparo (**modo disparo**).

5.3.1 Inputs

El sistema contiene 3 inputs (Figura 5.18):

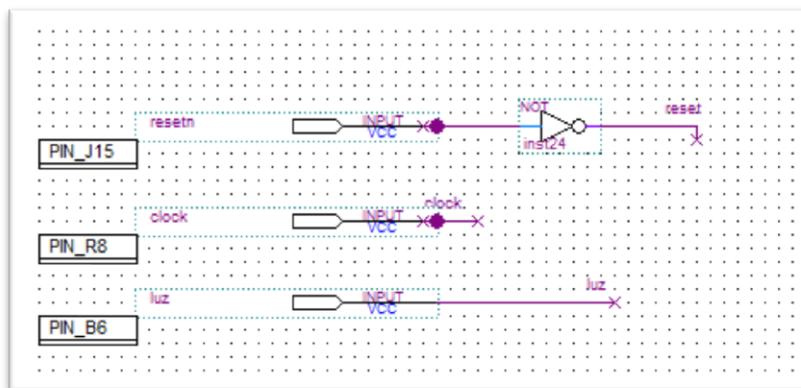


Figura 5.18. Inputs

- **Luz:** Se trata del input que recibe la señal procedente del circuito analógico presentado en el anterior apartado. Se halla conectado al pin B6.
- **Clock:** Es el reloj de la placa y el encargado de sincronizar las señales. Tal y como puede leerse en las instrucciones de la placa tiene un pin asignado por defecto, el R8.
- **Resetn:** Input necesaria para devolver todo el sistema a su punto de partida (todos los contadores a 0, ningún dato almacenado...). Se le ha asignado uno de los pulsadores de la placa, el J15. Estos pulsadores tienen la característica de tener un nivel alto (1)

cuando no están pulsados y un nivel bajo (0) cuando se pulsan. Debido a esto, se le implementa una puerta lógica NOT que tiene como salida “reset”. Será esta salida la que vaya a la entrada “reset” de las máquinas de estados y a la “aclr” de los contadores y comparador.

5.3.2 Divisor de frecuencia

Todos los componentes cuentan con un *enable* de reloj. El reloj de la placa de evaluación DE0-NANO tiene una frecuencia de 50MHz. Para la aplicación que se le da en este caso resulta ser una frecuencia muy alta. Es por eso que se ha insertado un divisor de frecuencia para reducir ésta a 1MHz. Este divisor consiste en un contador, encargado de contar 50 ciclos de reloj, al que se le ha añadido un *carry out* (en los elementos de Quartus II se le nombra como *cout*), por lo que cada 50 ciclos emitirá un pulso, el cual irá a las entradas de *clock enable* de los componentes (*enable* en el caso de las máquinas de estados).

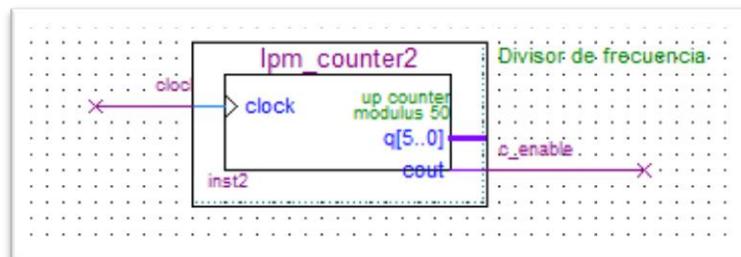


Figura 5.19. Divisor de frecuencia

5.3.3 Modo reconocimiento

En este punto, se cuenta el tiempo entre destellos hasta que encuentra un tiempo de oscuridad de más de 100 ms. El encargado de contar hasta ese tiempo es el lpm_counter0 que puede verse a la izquierda en la Figura 5.20. Pasados 100 ms sin detectar ningún destello, este contador envía una señal (*cout*) a la máquina de estados. El tiempo total entre el primer destello y 100 ms después del último se almacena en un contador general, el lpm_counter1.

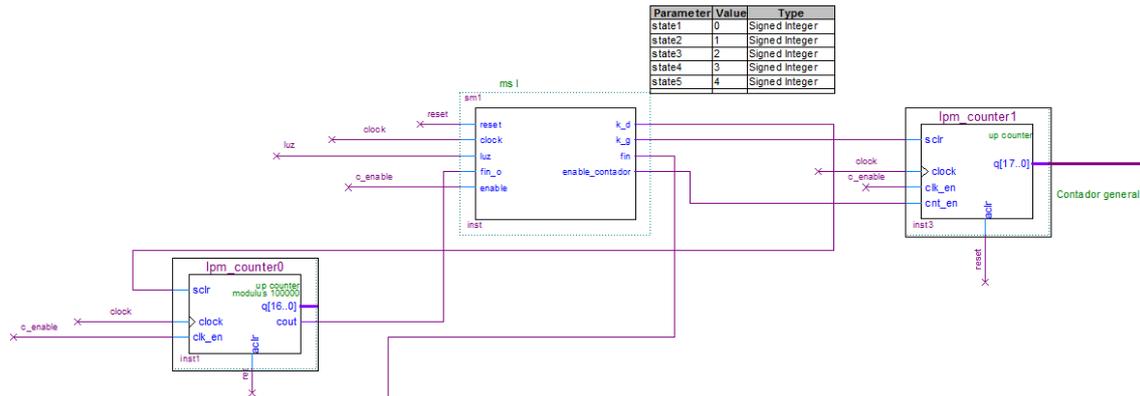


Figura 5.20. Modo reconocimiento

5.3.3.1 Máquina de estados

INPUTS:

- Luz
- Fin_o
- Enable

OUTPUTS:

- K_d (clear contador de oscuridad)
- K_g (clear contador general)
- Fin
- Enable_contador

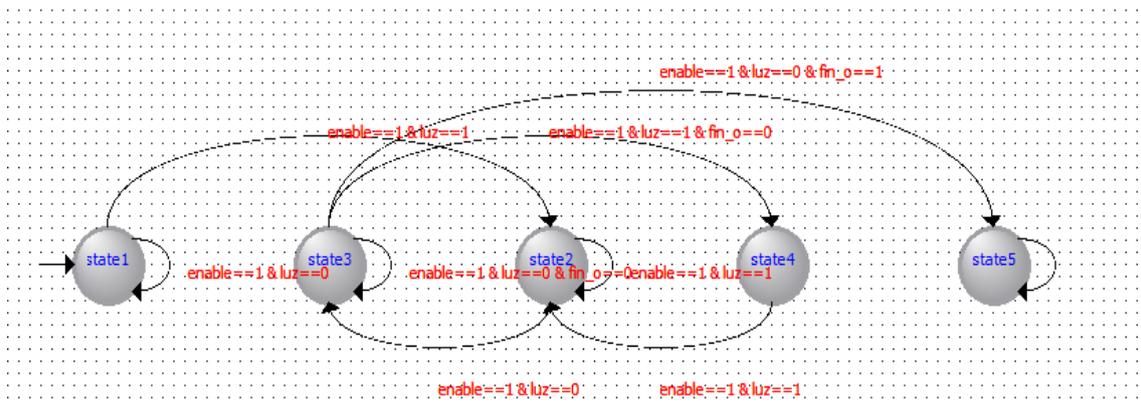


Figura 5.21. Máquina de estados del modo reconocimiento

Cuando se detecte el primer pre-flash, empezaran a contar un contador general, encargado de contar cuantos ciclos de reloj transcurren entre el primer pre-flash y el flash de la cámara, y un contador de oscuridad, que se activará cuando se detecte un flash y se reiniciará cuando detecte otro pre-flash. Este contador tiene un límite de 100000 ciclos (100 ms) ya que el tiempo entre pre-flashes siempre es menor. Si transcurre este tiempo, significa que el flash ya ha sido disparado, por lo que el contador general se detendrá

En el *State 1*, la máquina de estados se encuentra a la espera del primer pre-flash ($luz=1$), una vez lo recibe se pasa al *State 2*, donde se activan ambos contadores, una vez pasado el pulso (en oscuridad), se entra en *State 3* donde hay dos posibilidades:

1. Se detecta luz antes de que transcurran 100000 ciclos de oscuridad, con lo que se pasa a *State 4* donde se reinicia el contador de oscuridad y se vuelve a *State 2*.
2. El contador de oscuridad llega a 100000 ciclos y se salta a *State 5*, donde se paraliza el contador general ($enable_contador=0$) y se da la señal "Fin", encargada de que la máquina de estados Top inicie modo de disparo.

El funcionamiento de esta máquina de estados se recoge en este diagrama:

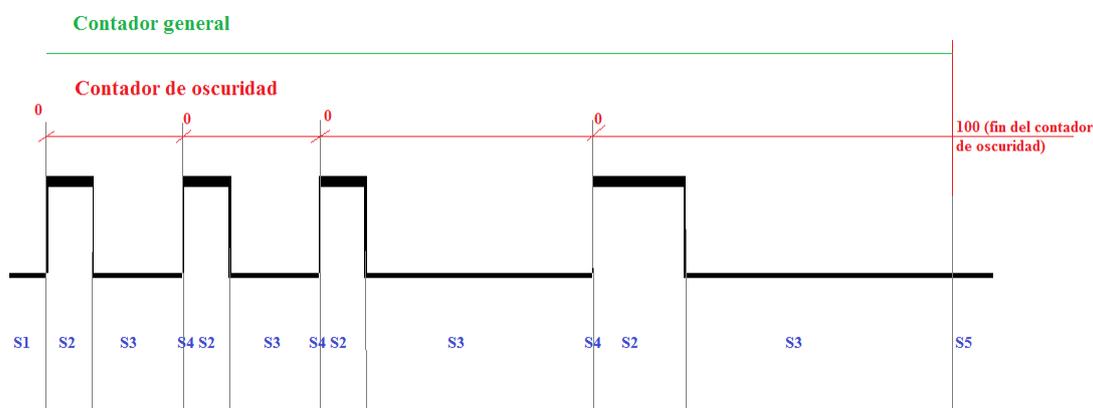


Figura 5.22. Diagrama del modo reconocimiento

5.3.4 Top

Fundamentalmente, esta parte es la encargada de indicar en qué modo se encuentra el proceso. Estará en su primer estado cuando el dispositivo este en el modo reconocimiento. Tras recibir la señal "fin" de la máquina de estados descrita en el anterior apartado, la máquina de estados principal dará la señal para empezar con el modo de disparo.

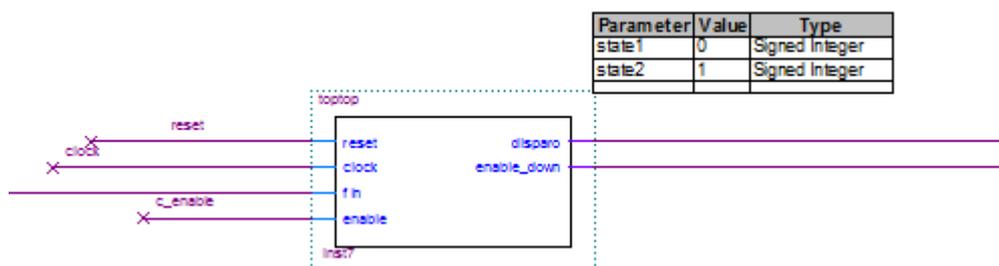


Figura 5.23. Top

5.3.4.1 Máquina de estados

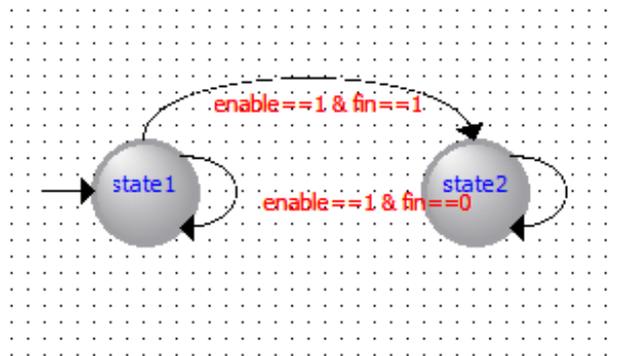


Figura 5.24. Máquina de estados top

INPUTS:

- Fin
- Enable

OUTPUTS:

- Disparo
- Enable_down

El funcionamiento de esta máquina de estados es sencillo: en *State 1*, el integrado se encontrará en modo de reconocimiento, al finalizar, la máquina de estados de modo de reconocimiento emitirá la señal “fin” que, junto con “enable”, introducirá el *State 2* y el integrado pasará a modo de disparo. Se volverá a *State 1* cuando se pulse el botón de reset.

“Disparo” será 1 cuando la máquina se encuentre en *State 2* y señalara a la máquina de estados encargada del modo de disparo cuando debe empezar a operar.

5.3.5 Contador de tiempo entre el primer y último destello

Esta parte es la encargada de llevar la cuenta del tiempo transcurrido entre el primer destello y el último. Debido a la condiciones de diseño de la máquina de estados del modo de reconocimiento, el dato que se tiene almacenado en el contador general es el tiempo transcurrido entre el primer flash y el último más 100 ms del contador de oscuridad. Debido a esto, hay que implementar un sistema que “reste” esos 100 ms sobrantes.

Lo que se propone es llevar el dato almacenado en el contador general a un contador de *down*. Este contador se conectará a un comparador cuyo valor a comparar será 100 ms (o más bien 100000 ciclos de reloj). Solo empezará a contar cuando su señal de *cnt_en* sea 1. A esta entrada está conectada una puerta lógica OR que proviene de la máquina de estados top y de la de modo disparo. Por tanto, solo se activará cuando una de las salidas correspondiente de ambas sea 1.

Cuando *cnt_en* reciba un 1, el contador empezará a descender desde el número de ciclos que se haya cargado desde el contador general. Una vez llegue a 100000, el comparador emitirá un pulso a la máquina de estados del modo disparo. Este pulso será el encargado de dar la señal a la máquina de estados para que emita la orden de encender el flash.

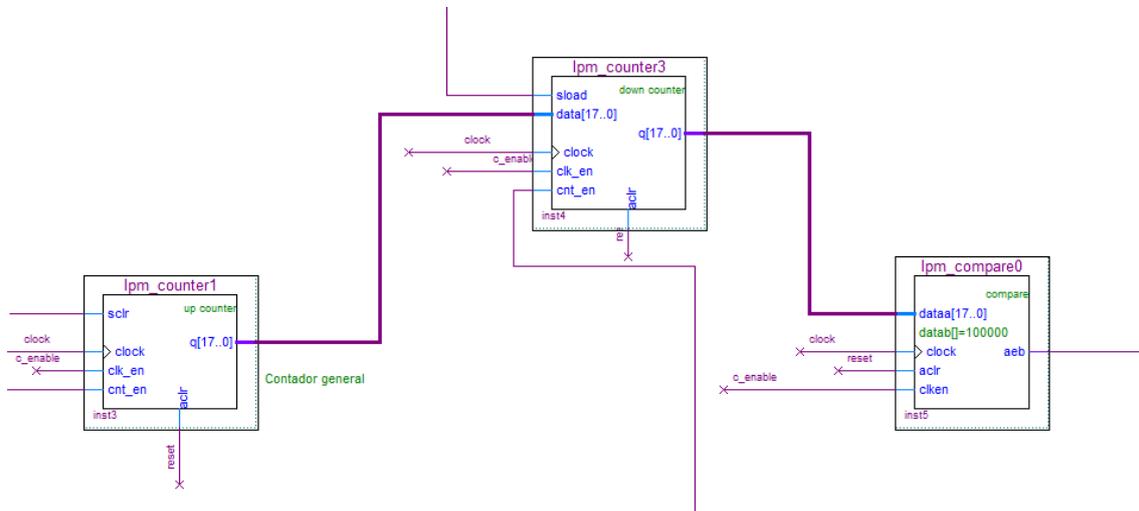


Figura 5.25. Sistema de contadores

5.3.6 Modo disparo

Tras recibir la señal correspondiente de la máquina de estados top, se entrará en el modo disparo. El usuario sabrá que el dispositivo ha entrado en esta fase porque el led 7 (señalado en la Figura 5.26), correspondiente al pin A15, se encenderá.

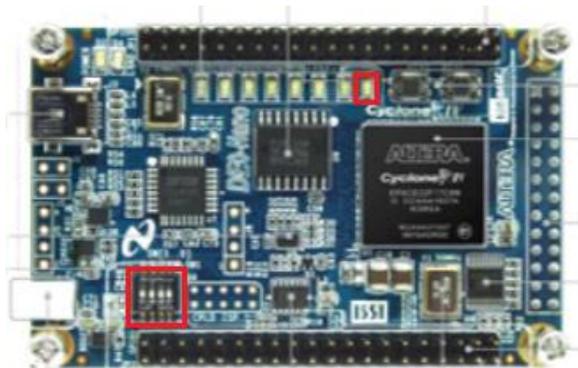


Figura 5.26. DE0-NANO. Led del modo disparo e interruptores.

Con ese led encendido, el usuario puede proceder a tomar la foto. Para seleccionar la potencia del flash se disponen los interruptores de la placa.

Para realizar sucesivas fotografías, deberá esperar a que el led vuelva a encenderse. No obstante, para asegurar, deberá comprobar que el flash está listo ya que dependiendo de la potencia a la que se dispare el flash y la batería de este puede tardar más en estar listo para encenderse.

En las fotos que vayan a hacerse puede cambiarse la potencia tanto como se quiera. Sin embargo, si se cambia el modo de disparo del flash (TTL, manual, ojos rojos...) deberá pulsarse el botón de reset y realizar un pre-disparo para que el dispositivo vuelva a auto-configurarse.

En esta parte, es donde se encuentran las salidas del diseño encargadas de encender y apagar el flash.



Figura 5.27. Outputs

Flashon se encarga de emitir la señal a través del pin D3 para que el flash se encienda y flashoff es el encargado de emitir la señal que lo apaga. Estos pines están conectados a la zapata como se describirá cuando se comente la parte final del diseño.

En la Figura 5.28 se marcan los pines que han sido conectados:

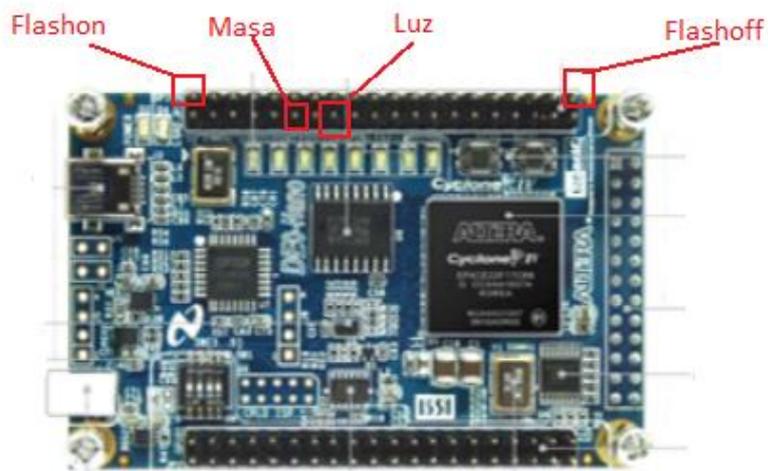


Figura 5.28. Distribución de los pines

5.3.6.1 Máquina de estados

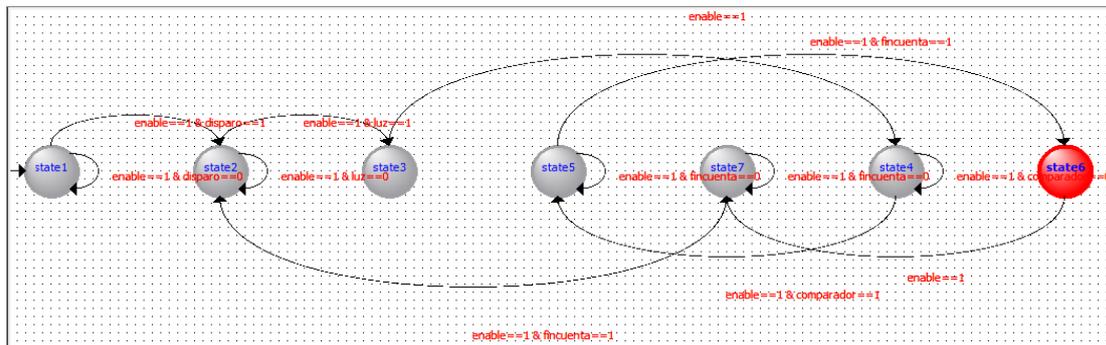


Figura 5.29. Máquina de estados del modo disparo

INPUTS:

- Enable
- Disparo
- Luz
- Fincuenta
- Comparador

OUTPUTS

- Carga
- Enable_Down
- Led
- Flash_on
- Flash_off

Con el tiempo registrado del modo anterior, esta máquina de estados es la encargada de que, cuando vuelva a dispararse la cámara, el flash esclavo se encienda en el momento exacto y con la potencia que se le indique mediante los interruptores disponibles en la placa de Altera.

Esta máquina de estados permanecerá en *State 1* durante todo el modo de reconocimiento y cambiará a *State 2* al recibir la señal de disparo de la máquina de estados Top donde se encenderá un led de la placa que indica que ya se puede hacer la foto. Al recibir un pulso de luz, se cambia a *State 3*, donde se activará un contador *down*, que contará a partir del dato del contador general. Solo se mantendrá en *State 3* un ciclo de reloj (el necesario para cargar del dato del contador general) y será en *State 4* donde se esperará la señal "Comparador". Será entonces cuando la máquina de estados pase a *State 5* donde el flash esclavo se encenderá mediante la señal "Flash_on" y así permanecerá el tiempo correspondiente a la potencia que se haya señalado. Este tiempo se selecciona mediante los interruptores (el procedimiento se explica en el apartado siguiente). Al acabar este tiempo, se recibe la señal "Fincuenta" (proveniente de *cout* del *lpm_counter4*), entonces permanecerá un ciclo de reloj en *State 6*, donde se volverá a cargar el tiempo que ha estado encendido el flash. En *State 7* el destello se cortará mediante la señal "Flash_off" y permanecerá así hasta recibir "Fincuenta" (se toma

este tiempo para que el flash pueda recargarse antes de volver a disparar, de todos modos, para asegurar se debe ver en el mismo flash si está en *ready*). Se volverá al *State 2*.

5.3.7 Selección de la potencia del destello

La DE0-NANO dispone de 4 interruptores de los cuales se hará uso de 3 (0, 1 y 2) de ellos para hacer posible la selección de la potencia del destello. Estos interruptores se encuentran en un nivel lógico alto (1) cuando se accionan hacia arriba (viendo la placa con la misma orientación de la Figura 5.28) y en un nivel lógico bajo (0) cuando no. Las correspondencias de potencia son las siguientes:

Interruptores			Potencia (μ s)
2	1	0	
0	0	0	40
0	0	1	50
0	1	0	90
0	1	1	150
1	0	0	300
1	0	1	600
1	1	0	1110
1	1	1	2000

Tabla 5.1. Selección de la potencia del destello

A pesar de que el flash Sunpack (que es el que se utiliza en el montaje), puede mantener el destello durante 7.5ms, se fija la máxima en 2ms para ahorrar energía.

En Quartus II esto se ha implementado mediante un multiplexor y un contador de *down* (lpm_counter4). Según la selección de la potencia siguiendo lo indicado en la tabla 5.1, el multiplexor señalará la duración correspondiente. Se transferirá al contador. Dado que esta cuenta solo ha de llevarse a cabo cuando el flash se enciende (para contar el tiempo que debe estar encendido) o cuando se apaga (para tener un tiempo de espera para la siguiente foto que se quiera tomar) el cnt_en solo estará en un nivel lógico alto cuando flashon o flashoff estén activos. Esto se consigue mediante una puerta lógica OR.

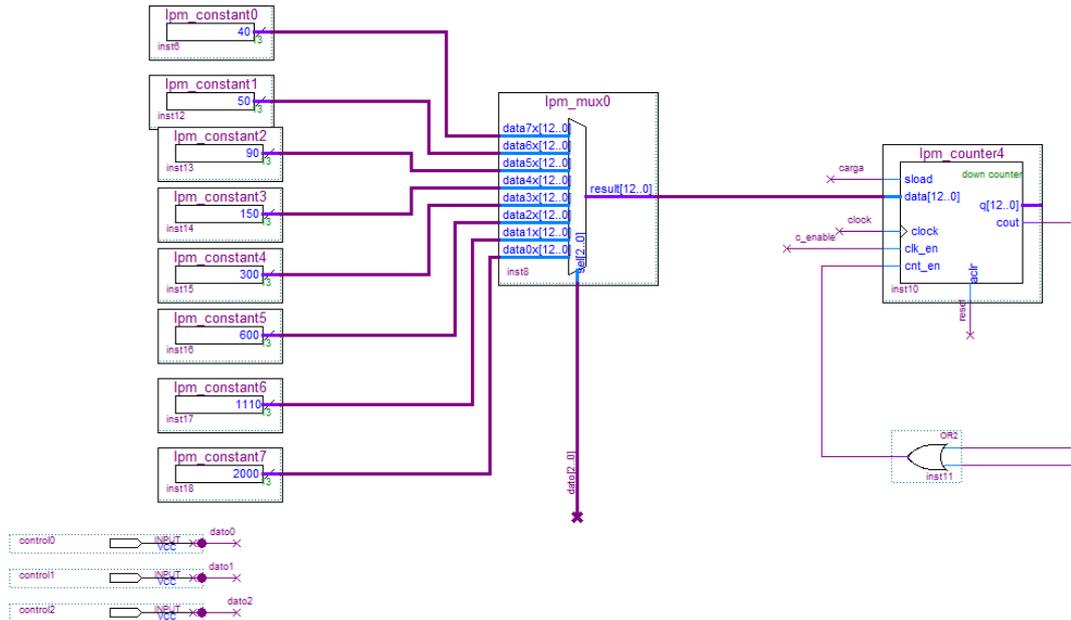


Figura 5.30. Sistema de selección de potencia

5.4 ETAPA ANALÓGICA (II)

Se explica ahora la última parte del diseño que es la encargada de enviar las señales emitidas desde la FPGA al flash para que se encienda o apague.

La zapata del flash tiene varios conectores, de los cuales se utilizarán el *trigger*, que es el encargado de encender el flash, y el *quench*, encargado de cortar el destello. Se han cableado ambos y masa y se han llevado al circuito que puede verse en la figura 5.32.

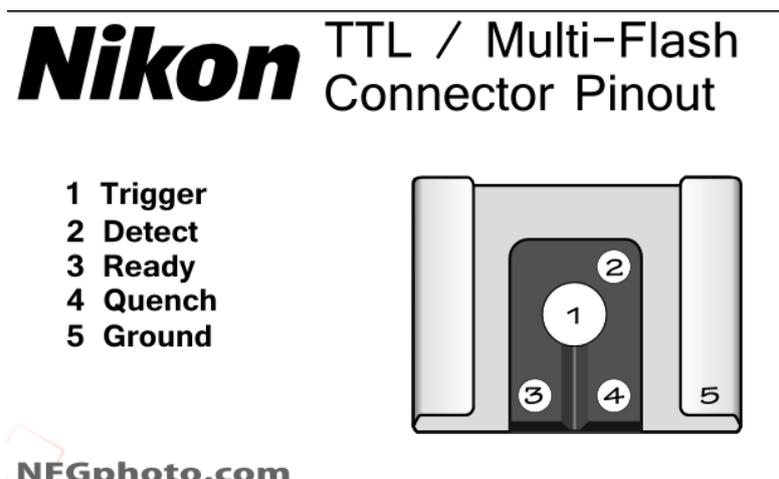


Figura 5.31. Zapata

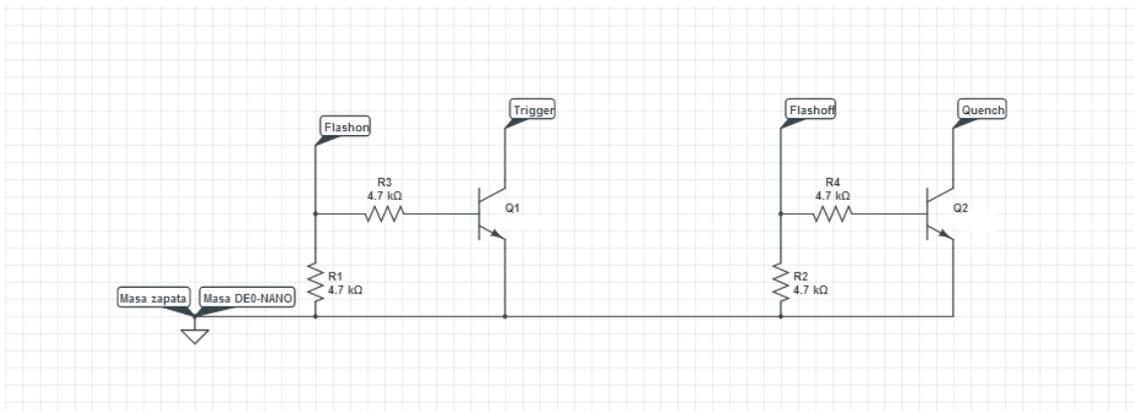


Figura 5.32. Etapa analógica II

Pueden verse en el circuito dos zonas diferenciadas.

La parte conectada al transistor Q1 es la encargada de recibir la señal flashon proveniente de la placa y mediante la corriente circundante por el transistor cuyo colector está conectado al *trigger* de la zapata provocar el destello. El transistor asegura que *trigger* solo recibirá señal en caso de que llegue señal de flashon. Esto es, actúa como un interruptor controlado por tensión. Se deseaba un transistor de señal de baja potencia, económico y en stock. El transistor seleccionado es un BC-547 cuya tensión en vacío y corriente en cortocircuito son de 5V y 100mA. La corriente medida resultó ser de 50mA, por lo que el BC-547 es adecuado para la función que debe realizar. Las resistencias están calculadas para obtener una tensión de 3.3V, necesaria para la conexión con la DE0-NANO.

La parte conectada con el transistor Q2 funciona exactamente de la misma manera, solo que en lugar de provocar el destello lo corta.

La función de las resistencias R1 y R2 es la de asegurar un 0 lógico cuando el *trigger* o el *quench* no están conectados.

6. Montaje final y resultados

Una vez explicado todo el funcionamiento del sistema de accionamiento del flash esclavo se muestra que el montaje queda de la siguiente forma:

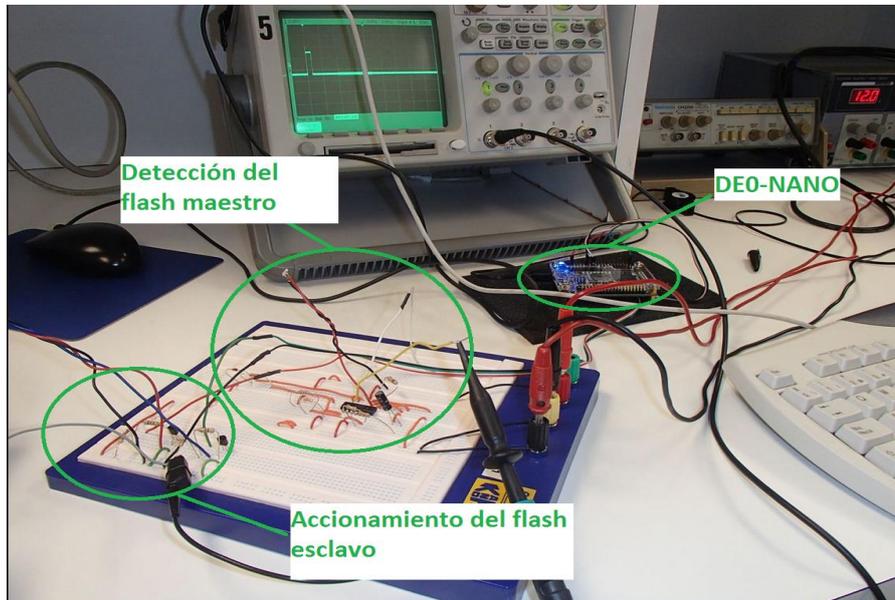


Figura 6.1. Montaje del proyecto

Para comprobar la efectividad del montaje, se procedió a tomar una serie de fotos a un objeto modificando la potencia del flash. El montaje de la escena es el que puede verse en la Figura 6.2:

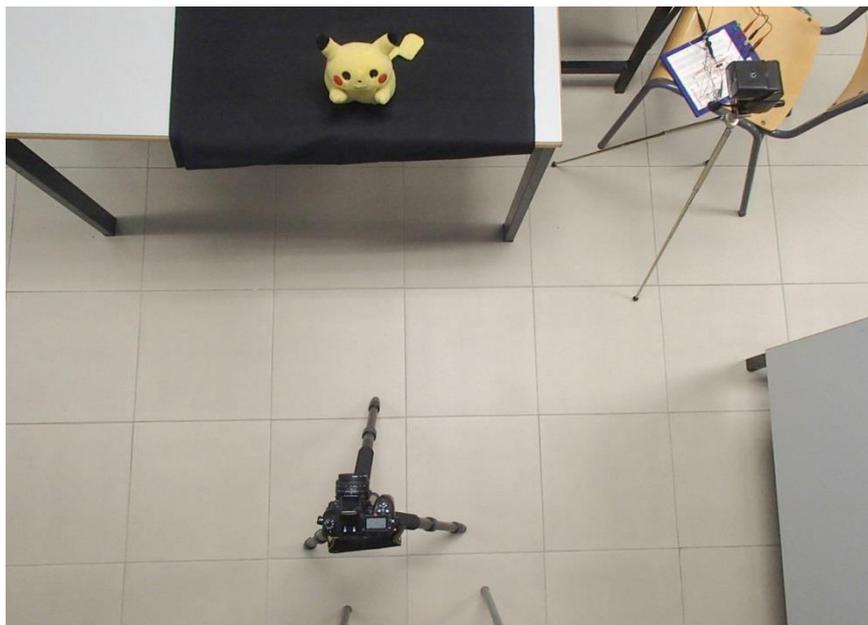
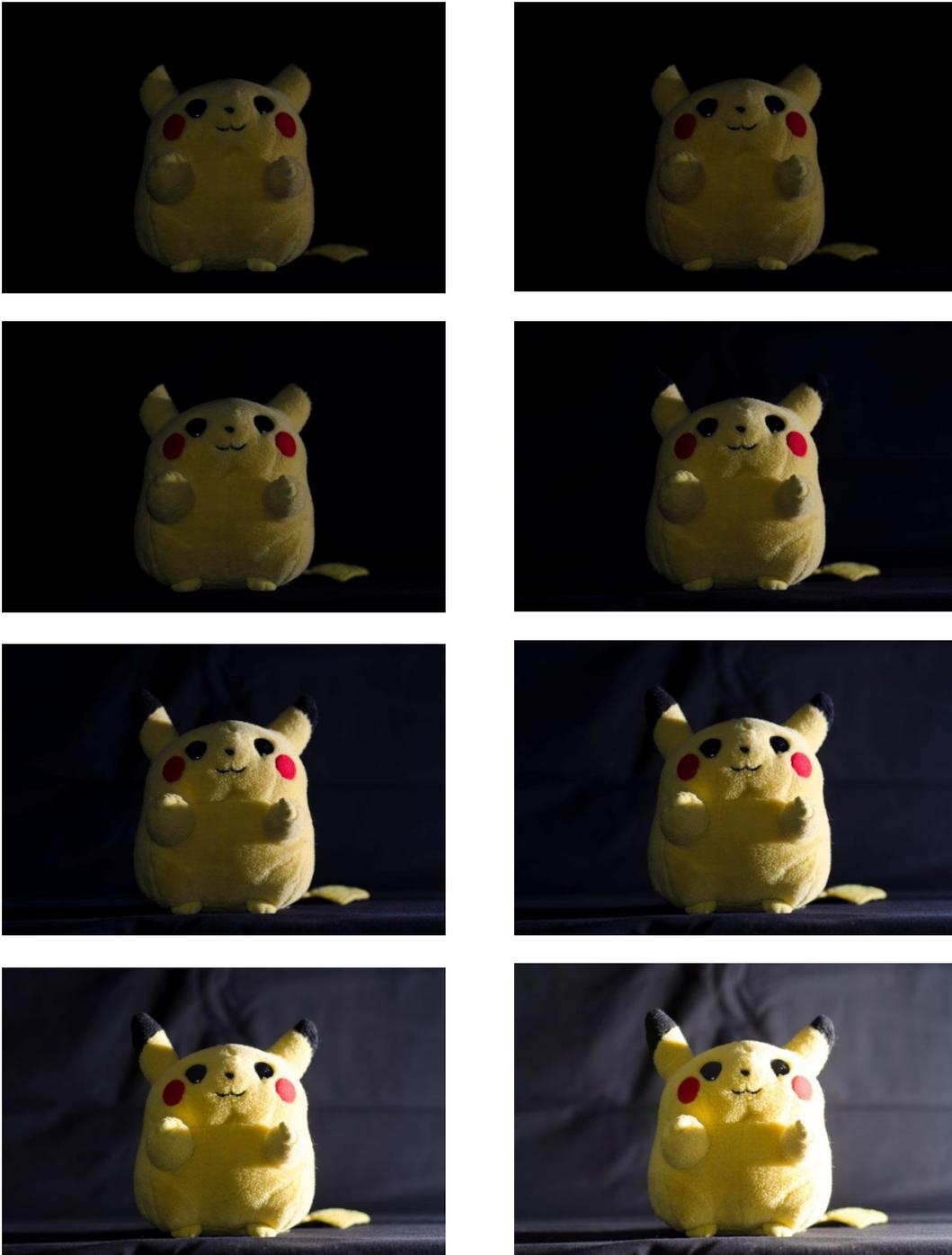


Figura 6.2. Disposición cámara-objeto-flash esclavo

Para hacer más apreciable la sincronización conseguida, se desactivó el flash interno de la cámara. De este modo, el objeto solo está iluminado por el flash esclavo.



Se observa que la cámara ha captado en perfecta sincronía el destello del flash esclavo en todas las potencias disponibles.

A continuación se numeran una serie de requisitos que deben cumplirse para lograr una adecuada exposición y sincronización:

1. El flash maestro no debe estar a una distancia superior a 12.5m del sensor para asegurar un buen reconocimiento del destello.

2. El usuario debe asegurarse de que el flash que va a utilizar como esclavo tiene una potencia suficiente para estar encendido 2ms. De no ser así, no será capaz de trabajar con las potencias configuradas. No obstante, estas potencias pueden modificarse con unos sencillos cambios en el circuito digital implementado en Quartus II.
3. Este sistema es compatible con los modos de disparo manual, automático, TTL , ojos rojos y CLS de Nikon.
4. Si se desea disparar el flash maestro en un modo no mencionado en el punto anterior, el usuario debe asegurarse de que el último destello es el que coincide con la toma de la foto.
5. Debe tenerse en cuenta que la potencia del flash esclavo debe ser configurada manualmente.

Los pasos que debería seguir el usuario serían:

1. Seleccionar qué modo de disparo deseado (TTL, manual...)
2. Hacer un primer disparo para que el sistema registre el modo de disparo.
3. Seleccionar la potencia del flash esclavo.
4. Hacer las fotografías que se deseen (la potencia puede ser cambiada).
5. Si se debe cambiar el modo de disparo, se debe pulsar el botón de reset y volver al paso 1.

7. ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

Figura 2.1. Sin flash.....	8
Figura 2.2 Con flash.....	9
Figura 2.3 Flash.....	9
Figura 2.4 Listado de potencias del flash.....	10
Figura 2.5 Reflejo.....	10
Figura 2.6 Ejemplo de iluminación remota.....	11
Figura 2.7 Posicionamiento de los elementos.....	11
Figura 2.8 Distintos ejemplos de iluminación en fotografía.....	12
Figura 2.9 Posición cámara-objeto-flash de las imágenes a, b, c y d.....	12
Figura 2.10 Flash Nikon SB-600.....	13
Figura 2.11 Tubo de destello.....	13
Figura 2.12 Tubo de destello curvo.....	13
Figura 2.13 Zapata Nikon.....	14
Figura 2.14 Efecto de ojos rojos.....	17
Figura 2.15 Dilatación de la pupila.....	17
Figura 2.16 Nikon 4765 SC-48.....	19
Figura 2.17 Nikon SC-11 Sync cord.....	19
Figura 2.18 Interruptor de flash remoto Seagul.....	20
Figura 2.19 G430C Wireless Grouping Flash Trigger 7 Channels with TTL.....	21
Figura 2.20 PocketWizard Flex TT5 Tranceiver.....	21
Figura 2.21 Dot Line Hot Shoe Photographic slave flash unit.....	22
Figura 4.1 Circuito de testeo.....	26
Figura 4.2 Modo manual.....	26
Figura 4.3 Destello de 200 μ s.....	27
Figura 4.4 Destello de 500 μ s.....	27

Figura 4.5 Flash a máxima potencia.....	27
Figura 4.6 TTL.....	28
Figura 4.7 Ojos rojos.....	29
Figura 4.8 CLS.....	30
Figura 4.9 Canales.....	31
Figura 5.1 DE0-Nano.....	33
Figura 5.2 Diagrama de bloques del diseño.....	34
Figura 5.3 Diagrama de bloques de la etapa analógica.....	34
Figura 5.4 Curva IR-VR.....	35
Figura 5.5 Primera versión de la etapa de amplificación.....	36
Figura 5.6 Señal a 10 metros de distancia.....	36
Figura 5.7 Versión final de la etapa de amplificación.....	37
Figura 5.8 Señal tras la etapa de amplificación.....	37
Figura 5.9 Esquema de la etapa de filtrado.....	37
Figura 5.10 Curva V-I.....	38
Figura 5.11 Curva ganancia-frecuencia.....	39
Figura 5.12 Diagrama de Bode.....	39
Figura 5.13 Forma de onda a la salida del filtro.....	40
Figura 5.14 Esquema del comparador.....	41
Figura 5.15 Conmutación de la tensión de salida.....	41
Figura 5.16 Curva V_e - V_s de un comparador de histéresis.....	41
Figura 5.17 Esquema del circuito a la entrada de la DE0-NANO.....	42
Figura 5.18 Inputs.....	42
Figura 5.19 Divisor de frecuencia.....	43
Figura 5.20 Modo reconocimiento.....	44
Figura 5.21 Máquina de estados del modo reconocimiento.....	45
Figura 5.22 Diagrama del modo reconocimiento.....	45

Figura 5.23 Top.....	46
Figura 5.24 Máquina de estados top.....	46
Figura 5.25 Sistema de contadores.....	47
Figura 5.26 DE0-NANO. Led del modo disparo e interruptores.....	48
Figura 5.27 Outputs.....	48
Figura 5.28 Distribución de los pines.....	49
Figura 5.29 Máquina de estados del modo disparo.....	49
Figura 5.30 Sistema de selección de potencia.....	51
Figura 5.31 Zapata.....	51
Figura 5.32 Etapa analógica II.....	52
Figura 6.1 Montaje del proyecto.....	53
Figura 6.2 Disposición cámara-objeto-flash esclavo.....	53
Tabla 4.1 Flash interno.....	29
Tabla 4.2 Flash Nikon SB-600.....	29
Tabla 4.3 Flash Sunpack.....	29
Tabla 4.4 Código binario de los modos de disparo.....	30
Tabla 5.1 Selección de la potencia del destello.....	50

REFERENCIAS

- [1] Digital Photography Tips and Techniques. (2009). Digital Photography Tips and Techniques. Recuperado el 23 de Abril de 2014, de Digital Photography Tips and Techniques: <http://dptnt.com/2009/11/nikon-cls-advanced-wireless-lighting-part-i/>
- Altera. (2014). *Altera*. Recuperado el 7 de Junio de 2014, de Altera: <http://www.altera.com/products/fpga.html>
- asignatura, P. d. (2012). *Apuntes de Sistemas Electrónicos*.
- asignatura, P. d. (2013). *Apuntes de Tecnología Electrónica* .
- Bjorke, K. (2003). *Botzilla*. Recuperado el 4 de Febrero de 2014, de Botzilla: <http://www.botzilla.com/photo/strobeVolts.html>
- Diodenring. (2014). *Diodenring*. Recuperado el 31 de Marzo de 2014, de Diodenring: <http://cms.diodenring.de/electronic/microcontroller/110-ittlanalysis>
- Dzoom. (2014). *Dzoom*. Recuperado el 3 de Febrero de 2014, de Dzoom: <http://www.dzoom.org.es>
- Freeman, M. (1996). *Guía completa de fotografía*.
- Fulton, W. (2014). *Scantips*. Recuperado el 4 de Febrero de 2014, de Scantips: <http://www.scantips.com/lights/slaves.html>
- Hannemyr, G. (2011). *DPanswers*. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de DPanswers: http://dpanswers.com/content/optical_flash.php
- Harris, T. (2014). *How stuff works*. Recuperado el 3 de Febrero de 2014, de How stuff works: <http://electronics.howstuffworks.com/camera-flash.htm>
- Mcbride, J. (2005). *JeffMcbride*. Recuperado el 23 de Abril de 2014, de JeffMcbride: <http://www.jeffmcbride.net/2010/12/05/reverse-engineering-nikon-cls-remote-flash-control/>
- NI. (2014). *Ni*. Recuperado el 7 de Junio de 2014, de NI: <http://www.ni.com/fpga/esa/>
- Rodríguez, H. (2003). *Hugo Rodríguez*. Recuperado el 12 de Febrero de 2014, de Hugo Rodríguez: <http://www.hugorodriguez.com/cursos/curso-flash00.htm>
- Rowe, J. (2003). *Silicon Chip*. Recuperado el 12 de Febrero de 2014, de Silicon Chip: http://archive.siliconchip.com.au/cms/A_30754/article.html
- Saari, J. (2010). *Flickr*. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de Flickr: <https://www.flickr.com/groups/highspeed/discuss/72157624492320732/>

Skata, J.-E. (2005). *Abo*. Recuperado el 13 de Febrero de 2014, de Abo:
<http://users.abo.fi/jskata/slave/>

Snowcat. (2014). *Snowcat*. Recuperado el 4 de Febrero de 2014, de Snowcat:
<http://snowcat.de/flashcontroller/>

Techniques, D. P. (2013). *Digital Photography Tips and Techniques*. Recuperado el 12 de Febrero de 2014, de Digital Photography Tips and Techniques:
<http://dptnt.com/2010/03/smart-optical-slave-flash-trigger/>

Wikipedia, A. d. (2014). *Wikipedia*. Recuperado el 3 de Febrero de 2014, de Wikipedia:
[http://es.wikipedia.org/wiki/Flash_\(fotograf%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Flash_(fotograf%C3%ADa))

Wikipedia, A. d. (2014). *Wikipedia*. Recuperado el 7 de Junio de 2014, de Wikipedia:
<http://es.wikipedia.org/wiki/FPGA>

Wikipedia, A. d. (2014). *Wikipedia*. Recuperado el 5 de Marzo de 2014, de Wikipedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Hot_shoe

World, P. (2003). *PLD World*. Recuperado el 2 de Mayo de 2014, de PLD World:
<http://www.pldworld.com/>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL REGULADO DE UN FLASH FOTOGRAFICO ESCLAVO PARA SU DISPARO SINCRONIZADO

ANEXO I: CONCEPTOS DE FOTOGRAFÍA

AUTORA: SARA COSTA MARTÍNEZ

TUTOR: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTÍNEZ

Curso Académico: 2013-14

ÍNDICE DEL ANEXO I: CONCEPTOS DE FOTOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN	5
2. CÓMO ACTÚA UNA CÁMARA	6
2.1 El disparo.....	6
2.2 El diafragma.....	6
2.3 El obturador.....	6
2.4 El sensor.....	7
2.5 El microprocesador.....	7
3. LA EXPOSICIÓN	8
4. LA APERTURA DEL DIAFRAGMA	9
5. LA VELOCIDAD DE OBTURACIÓN O TIEMPO DE EXPOSICIÓN	10
6. SENSIBILIDAD ISO	11
7. NÚMERO DE GUÍA	12
8. ÍNDICE DE IMÁGENES	13

1. INTRODUCCIÓN

Aunque muchos usuarios de cámaras fotográficas se limiten a darle un uso básico y no indaguen en su funcionamiento, una cámara es un artilugio complejo en el cual se pueden configurar numerosas opciones.

Muchas de estas opciones afectan directamente al flash, que es el accesorio de mayor importancia en este documento. Ya sea porque se desee aprender a configurar en modo manual o simplemente comprender las múltiples opciones que ofrece la cámara es interesante conocer qué clase de opciones pueden modificarse para ajustar la exposición de la escena.

El objetivo de este anexo es el de hacer una breve explicación de los factores que pueden ser modificados en la cámara y/o flash para ayudar a comprender las medidas que debe hacer o bien el fotógrafo en el modo manual o bien la cámara en el modo TTL.

En este anexo se han seguido las guías de “Conceptos básicos” y “El flash. La guía más completa”, ambas disponibles gratuitamente en <http://www.dzoom.org.es/>

2. CÓMO ACTUA UNA CÁMARA

Una cámara fotográfica está compuesta por numerosos elementos. El objetivo de este capítulo es nombrar algunos de ellos, fundamentalmente los que hacen posible el acto de tomar una fotografía. Se comentarán todos los pasos necesarios para esto.

2.1 EL DISPARO

Es meramente el acto mediante el cual el fotógrafo presiona el botón que toma la foto. Debe saberse que este botón tiene dos posiciones: a medio pulsar la cámara enfoca y al pulsarlo del todo se toma la foto.

2.2 EL DIAFRAGMA

La luz (de la imagen) atraviesa el diafragma que es el encargado de limitar esa luz. La forma de éste se presenta en la Figura I.1.



Figura I.1. El diafragma
(www.dzoom.org.es)

Se hablará posteriormente sobre su apertura.

2.3 EL OBTURADOR

El diafragma regula la cantidad de luz que incidirá la luz en el sensor. El obturador es el encargado de regular la cantidad de **tiempo** que incide la luz. Se trata de dos cortinas (una superior y otra inferior) que abren y cierran al momento de tomar la fotografía. Cuanto más tiempo estén abiertas más expuesta estará la imagen y por el contrario, cuanto menos tiempo estén abiertas menos expuesta estará.

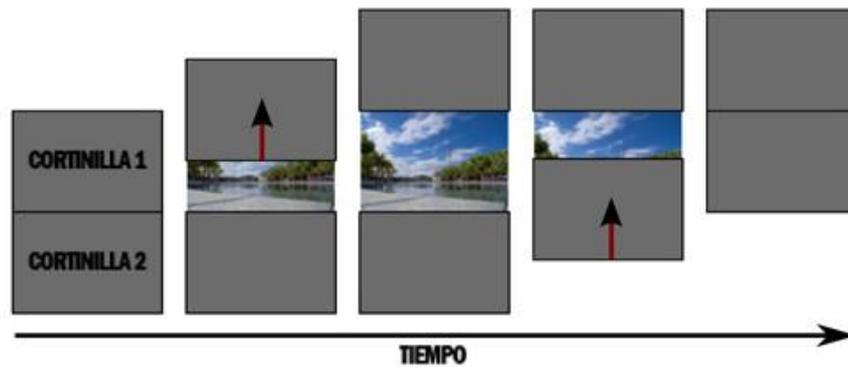


Figura I.2. Obturador (www.dzoom.org.es)

2.4 EL SENSOR

Citando directamente desde la guía “Conceptos básicos”:

“Los sensores digitales son fotosensibles (responden ante la luz). Esta respuesta hace que cada uno de los semiconductores que forman el sensor generen una corriente eléctrica. La intensidad de ésta varía en función de la intensidad de la luz. Esta variación permite distinguir básicamente la intensidad de los colores.”

2.5 EL MICROPROCESADOR

Dado que las cámaras hoy en día son digitales, contienen un microprocesador que “traduce” las señales eléctricas transmitidas por el sensor en el lenguaje digital necesario para que la fotografía pueda ser guardada en memoria.

3. LA EXPOSICIÓN

El objetivo principal de un flash, ya sea integrado o externo, es el de conseguir una correcta exposición de la escena/objeto a fotografiar.

Ahora bien, ¿Qué significa que una escena u objeto tiene una exposición adecuada?

En fotografía es el acto de someter el sensor de la cámara a la luz que pasa a través del diafragma y el obturador. Estos dos elementos, como ya se ha indicado, son los encargados de regular cuánta luz entra y durante cuánto tiempo.

Se puede hablar de 3 grados de exposición:

- Subexpuesta: El sensor no ha recibido la luz suficiente y la fotografía se ve oscura.
- Exposición correcta: El sensor ha recibido la luz adecuada y la fotografía tiene la iluminación correcta
- Sobreexpuesta: El sensor ha recibido demasiada luz y la fotografía se ve clara.

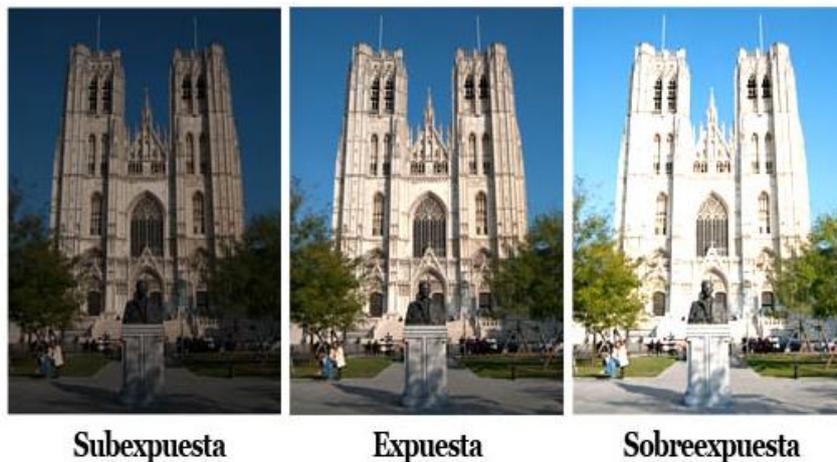


Figura I.3. Ejemplos de exposición (www.dzoom.org.es)

Sabiendo ya qué es la exposición y como afecta a la fotografía queda saber qué factores son los que la condicionan.

La exposición depende de 3 factores:

- La apertura del diafragma
- La velocidad de obturación o tiempo de exposición
- La sensibilidad ISO

Serán comentados en los próximos puntos.

4. LA APERTURA DEL DIAFRAGMA

Como se ha dicho, es el encargado de fijar la cantidad de luz que incide en el sensor. Al igual que todas las características de la cámara, tiene una medida estándar.

La apertura del diafragma no se limita a medir el diámetro de abertura por el que incidirá la luz sino que mide la relación entre el diámetro del orificio del diafragma y la distancia entre el diafragma y el sensor donde inciden todos los rayos de luz que atraviesan el orificio (esto es lo que se llama distancia focal).



Figura I.4. Abertura del diafragma (www.dzoom.org.es)

En las opciones de una cámara puede observarse que una de ellas es el número f. Este número indica la relación entre el diámetro del orificio del diafragma y la distancia focal.

Hay que tener en cuenta que dos cámaras con mismo número f pero con distinta distancia focal no ofrecerán la misma exposición. Dejará pasar más luz aquella que tenga menor número focal.

5. LA VELOCIDAD DE OBTURACIÓN O TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Recordando lo mencionado en el apartado del funcionamiento de la cámara, el tiempo que está expuesta una imagen depende de cuánto tiempo estén abiertas las cortinas del obturador.

La escala de la velocidad de obturación está compuesta por datos de la forma $1/2$, $1/4$, $1/8$...

Cada paso que se da (cambiar de una velocidad de obturación a la siguiente), por ejemplo de $1/2$ a $1/4$ se traduce en que el sensor recibe el doble de luz.

6. SENSIBILIDAD ISO

En primer lugar hay que saber qué es la sensibilidad. En términos de una cámara fotográfica, la sensibilidad mide la reacción del sensor a un nivel de luz recibido.

El llamarle sensibilidad ISO es porque para su medición se hace uso de la escala ISO. Ahora hay que conocer cómo se interpretan estos valores.

Se parte de un valor de referencia que es el ISO 100, a partir de ahí, un valor mayor significa que el sensor precisa de una sensibilidad mayor. Un valor ISO 200 supone un doble de sensibilidad que el ISO 100.

En la figura I.5 no puede apreciarse una diferencia notoria, sin embargo se amplía ahora la rueda del juguete.



Figura I.5. Cambios de sensibilidad ISO (www.dzoom.org.es)



Figura I.6. Detalle de la rueda del juguete (www.dzoom.org.es)

A la vista queda el riesgo de seleccionar una sensibilidad ISO mayor a la requerida por la escena. Al aumentar la sensibilidad, también se aumenta el ruido. Por tanto, hay que buscar un equilibrio entre lograr una buena exposición de la escena y obtener demasiado ruido.

7. NÚMERO DE GUÍA

Ya se señaló que la principal ventaja de un flash externo respecto del integrado a la cámara es la mayor potencia que ofrece el primero. Una mayor potencia va ligada a un mayor alcance del destello, esto es, la posibilidad de fotografiar objetos más lejanos. Sin embargo, es lógico pensar que ese alcance no es ilimitado y si el usuario quiere ser capaz de exponer correctamente las escenas a fotografiar debe conocer ese alcance.

El parámetro que mide la potencia (es más correcto referirse a la potencia de un flash que al alcance en sí aunque sean términos ligados) es el que se conoce como **número de guía**.

El número de guía (NG) es un estándar que ofrecen los fabricantes, de este modo, el usuario es capaz de saber qué flash es más potente solo fijándose en este número.

Puede ser calculado con la siguiente fórmula:

$$NG = (\text{Distancia entre el sensor y el objeto}) \times (\text{Apertura del diafragma})$$

No obstante, la sensibilidad ISO también tiene una influencia directa en el número de guía. Si se selecciona una mayor sensibilidad ISO, la distancia a la que se podrá tomar la foto será mayor o, lo que es lo mismo, a misma distancia se necesitará menos luz.

De esta forma, la fórmula quedaría:

$$NG(\text{ISO } 100) \times \text{Factor de sensibilidad} = \text{Distancia} \times \text{Apertura}$$

La inclinación de la antorcha también afecta al número de guía, pero la fórmula para tener en cuenta este factor sobrepasa en complejidad el objetivo de este anexo.

Como norma general, los fabricantes dan un número guía para ISO 100 y para cierta inclinación de la antorcha.

8. ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura I.1 El diafragma.....	6
Figura I.2 Obturador.....	7
Figura I.3 Ejemplos de exposición.....	8
Figura I.4 Abertura del diafragma.....	9
Figura I.5 Cambios de sensibilidad ISO.....	11
Figura I.6 Detalle de la rueda del juguete.....	11

REFERENCIAS

Dzoom. (2005). *Conceptos básicos*. www.dzoom.org.es.

Dzoom. (2005). *El flash. La guía más completa*. www.dzoom.org.es.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL REGULADO DE UN FLASH FOTOGRAFICO ESCLAVO PARA SU DISPARO SINCRONIZADO

PRESUPUESTO

AUTORA: SARA COSTA MARTÍNEZ

TUTOR: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTÍNEZ

Curso Académico: 2013-14

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. MANO DE OBRA.....	5
2. INVENTARIO.....	5
3. COMPONENTES.....	5
4. PRESUPUESTO TOTAL.....	6

Se procede ahora con el cálculo del presupuesto.

Todo lo empleado se ha dividido en tres grupos: inventario, mano de obra y componentes.

1. MANO DE OBRA

DENOMINACIÓN	PRECIO UNITARIO (€/h)	TIEMPO EMPLEADO (h)	COSTE (€)
Graduado en GITI	50	300	15000
		TOTAL	15000

2. INVENTARIO

DENOMINACIÓN	AMORTIZACIÓN (años)	UTILIZACIÓN (meses)	COEFICIENTE	PRECIO UNITARIO (€)	COSTE (€)
Osciloscopio	5	1	0,016666667	9000,00	150
Polímetro	5	1	0,016666667	8,48	0,141333
Fuente de alimentación regulable	5	1	0,016666667	139,00	2,316667
Soldador	5	1	0,016666667	19,02	0,317
Ordenador personal	5	4	0,066666667	400,00	26,66667
Alquiler de cámara Nikon D7000	-	1	1	296,40	296,4
Alquiler de flash Nikon SB-600	-	1	1	230,00	230
Cámara compacta Olympus TG-620	-	1	1	153,00	153
Alquiler de flash Sunpack	-	1	1	182,00	182
Licencia Quartus II	5	2	0,033333333	3995,00	133,1667
Licencia Office 2010	5	4	0,066666667	94,00	6,266667
				TOTAL	1180,275

3. COMPONENTES

DENOMINACIÓN	PRECIO UNITARIO (€)	CANTIDAD	COSTE (€)
Fotodiodo BP 104S	0,62	1	0,62
Operacional TL084	0,590	1	0,59
Resistencia de 100KΩ	0,019	1	0,02
Resistencia de 180KΩ	0,142	1	0,14
Resistencia de 3,3KΩ	0,024	2	0,05
Resistencia de 2,2KΩ	0,099	1	0,10
Resistencia de 8,2KΩ	0,099	1	0,10
Resistencia de 4,7KΩ	2,480	4	9,92
Condensador de 15μF	1,172	1	1,17
Transistor BC 547	0,049	2	0,10
DE0-NANO de Altera	94,000	1	94,00
Placa de montaje	10,890	1	10,89
		TOTAL	117,70

4. PRESUPUESTO TOTAL

PARTE	COSTE (€)
Inventario	1180,275
Mano de obra	15000
Componentes	117,70
TOTAL	16297,972



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

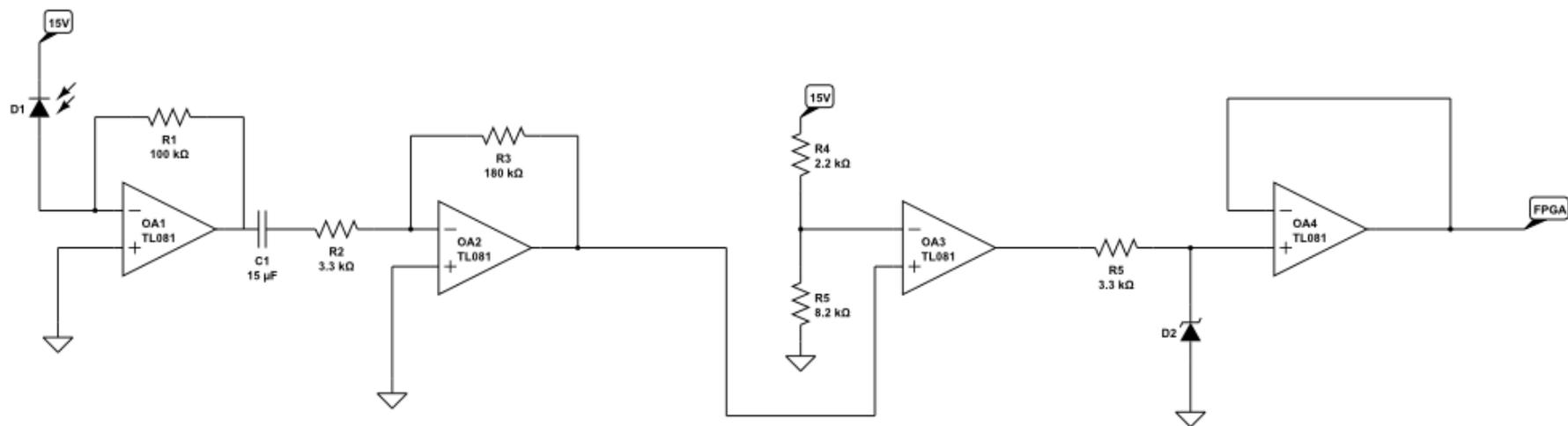
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL REGULADO DE UN FLASH FOTOGRAFICO ESCLAVO PARA SU DISPARO SINCRONIZADO

PLANOS

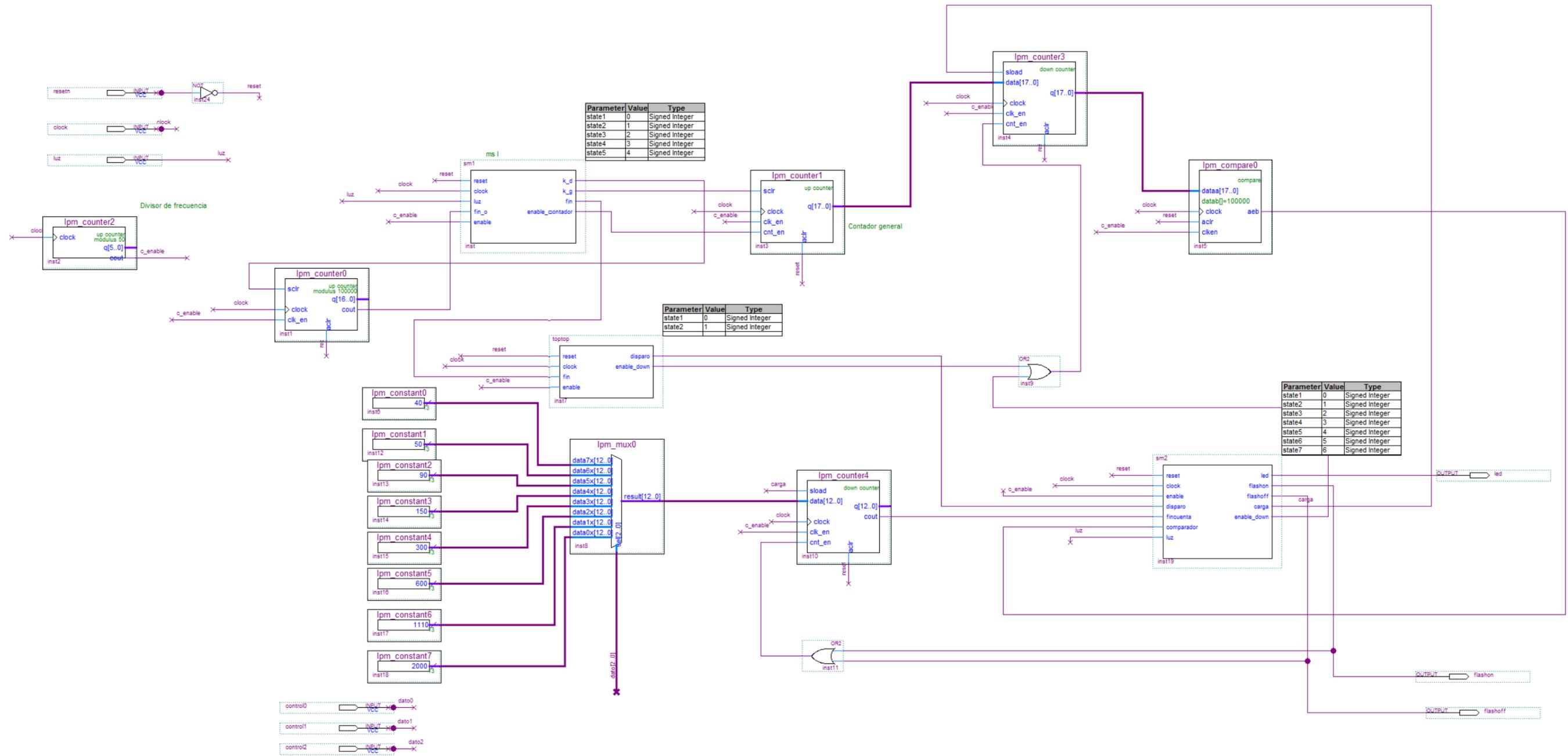
AUTORA: SARA COSTA MARTÍNEZ

TUTOR: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTÍNEZ

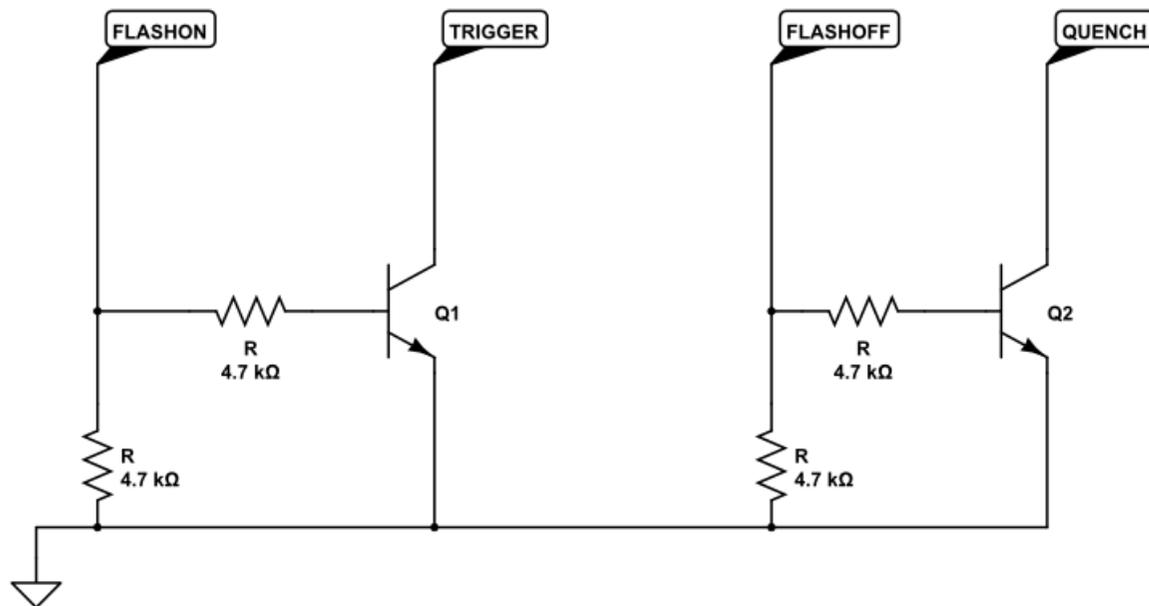
Curso Académico: 2013-14



TITLE	ETAPA ANALÓGICA I		
FINALIDAD	TRABAJO FINAL DE GRADO		
DESIGNER	SARA COSTA MARTÍNEZ		
NUMBER	1.00	REV	A
DATE	JULIO 2014	SHEET	1 OF 3



TITLE		ETAPA DIGITAL	
FINALIDAD		TRABAJO FINAL DE GRADO	
DESIGNER		SARA COSTA MARTÍNEZ	
NUMBER	1.00	REV	A
DATE	JULIO 2014	SHEET	2 OF 3



TITLE	ETAPA ANALÓGICA II		
FINALIDAD	TRABAJO FINAL DE GRADO		
DESIGNER	SARA COSTA MARTÍNEZ		
NUMBER	1.00	REV	A
DATE	JULIO 2014	SHEET	3 OF 3

