

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

**Implementazione di un'interfaccia
utente per il controllo di una
fotocamera intensificata in ambiente
LabVIEW**

Relatore:
Chiar.mo Prof.
Neretti Gabriele

Presentata da:
Corain Elisabetta

Sessione III
Anno Accademico 2015/2016

Alla mia famiglia.

Introduzione

Nell'ambito dello studio dei plasmi stimolati con scariche elettriche (?) si rivela necessario catturare gli spettri generati da suddette interazioni per studiarne i risultati. Per effettuare tali misurazioni sono necessari due strumenti: un monocromatore che manipoli e rifletta la fonte di luce in input e una fotocamera intensificata che catturi l'immagine dello spettro.

Risulta quindi necessaria un'interfaccia utente in grado di controllare simultaneamente i due strumenti in modo da facilitare il percorso di acquisizione e manipolazione degli spettri. Lo scopo della tesi è implementare l'interfaccia richiesta attraverso il linguaggio di programmazione grafica LabVIEW, con l'ausilio delle API dei due strumenti.

È presente un progetto preesistente che realizza l'interfaccia di controllo del monocromatore e di una fotocamera non intensificata. A partire da questo progetto se ne è realizzato uno nuovo che riutilizza alcune parti del precedente, considerando lo stesso monocromatore e una nuova fotocamera intensificata.

A partire quindi dal programma esistente si è effettuato uno studio dello stesso per poterlo così adattare alla nuova fotocamera. Dopo un primo tentativo di riutilizzo e refactoring si è preferito realizzare un programma ex novo, modificando anche alcuni elementi dell'interfaccia grafica. Chiaramente si sono mantenuti alcuni elementi, in particolare quelli legati al monocromatore, dal momento che lo strumento è rimasto lo stesso così come le librerie ad esso associate.

Indice

Introduzione	i
1 Documento dei requisiti	1
1.1 Scopo	1
1.2 Descrizione generale	1
1.2.1 Funzioni del prodotto	2
1.2.2 Caratteristiche utente	2
1.3 Requisiti specifici	2
1.3.1 Requisiti dell'interfaccia utente	2
1.3.2 Linguaggio di programmazione	4
2 Analisi del progetto preesistente	5
2.1 Breve descrizione degli strumenti coinvolti	5
2.1.1 Monocromatore	5
2.1.2 Fotocamera	6
2.2 Principali funzioni	6
2.2.1 Monocromatore	7
2.2.2 Fotocamera	7
2.2.3 Altre opzioni	7
2.3 Codice del progetto preesistente	8
2.3.1 Front Panel	8
2.3.2 Block Diagram	9
2.4 Considerazioni sul progetto a livello di programmazione	13

3	Fase preliminare alla realizzazione del progetto	15
3.1	Breve descrizione dello strumento	15
3.2	Descrizione dell'esempio fornito	15
3.2.1	Front Panel	15
3.2.2	Block Diagram	16
4	Realizzazione del progetto	17
4.1	Breve descrizione degli strumenti coinvolti	17
4.1.1	Monocromatore	17
4.1.2	Fotocamera	17
4.2	Principali funzioni	17
4.2.1	Monocromatore	17
4.2.2	Fotocamera	17
4.3	Considerazioni sul progetto a livello di programmazione	17
5	Secondo Capitolo	1
5.1	Prima Sezione	1
5.2	Seconda Sezione	1
5.3	Altra Sezione	2
5.3.1	Altra SottoSezione	2
5.4	Altra Sezione	2
5.5	Altra Sezione	3
5.5.1	Listati dei programmi	3
	Conclusioni	5
A	Prima Appendice	7
B	Seconda Appendice	9
	Bibliografia	11

Elenco delle figure

5.1	legenda elenco figure	1
-----	---------------------------------	---

Elenco delle tabelle

5.1	legenda elenco tabelle	2
-----	----------------------------------	---

Capitolo 1

Documento dei requisiti

Si descrive nelle seguenti sezioni la specifica dei requisiti del sistema software che si intende sviluppare.

1.1 Scopo

Come accennato nell'introduzione si rende necessaria la realizzazione di una nuova interfaccia che possa controllare simultaneamente il monocromatore HR640 e la fotocamera intensificata 4Picos. Il precedente programma aveva la capacità di controllare lo stesso monocromatore ma una diversa fotocamera, SensiCam (version 3.0).

1.2 Descrizione generale

L'utente, attraverso il programma da progettare, deve poter controllare sia il monocromatore che la fotocamera intensificata. È importante che questi due strumenti possano essere controllati simultaneamente poiché le loro funzioni sono strettamente legate: il monocromatore genera un determinato spettro attraverso la sua struttura interna e la fotocamera deve poter catturare tale spettro il più precisamente possibile.

1.2.1 Funzioni del prodotto

Attraverso il programma deve essere possibile inizializzare le principali caratteristiche del monocromatore in base alle esigenze dell'utente: grating, lunghezza d'onda e slit (fessura?) di entrata. Deve anche essere possibile settare e modificare le impostazioni della fotocamera, compatibilmente con le funzioni messe a disposizione tramite le API della stessa.

1.2.2 Caratteristiche utente

Il progetto da realizzare viene utilizzato da professori e dottorandi nell'ambito di ricerca ???. È necessario trovare un punto di equilibrio tra le esigenze dell'utente e i vincoli di programmazione.

1.3 Requisiti specifici

1.3.1 Requisiti dell'interfaccia utente

L'interfaccia deve risultare il più intuitiva possibile, per questo si deve cercare di mantenere un minimo di omogeneità con il programma passato. Devono infatti coesistere nella stessa finestra sia i controlli per il monocromatore che quelli per la fotocamera.

Vediamo quali sono i requisiti specifici per i due strumenti.

Monocromatore Per quanto riguarda la parte di interfaccia che permette di impostare correttamente il monocromatore è necessario poter modificare il grating (1200 o 2400) e la calibrazione di correzione relativa. Si deve anche poter modificare la slit di entrata e la lunghezza d'onda;

Fotocamera La parte di interfaccia che concerne la fotocamera intensificata deve contenere i seguenti parametri:

- MCP Gain Voltage: guadagno di tensione in volt tra 600 e 950

- Exposure Time: tempo di esposizione, deve essere maggiore di zero e si deve poter specificare l'unità di misura
- Delay: ritardo in secondi dell'acquisizione dell'immagine
- Frames to accumulate: numero di immagini da acquisire
- Trigger Source: -Trig per far scattare l'otturatore esternamente attraverso l'input di trigger negativo collegato elettricamente ad un segnale, Fsync per far scattare l'otturatore internamente dal segnale Fsync
- Gate Control: interno, l'input di controllo dell'otturatore è connesso internamente all'output IntGtP che può essere usato per scopi di controllo o trigger, o esterno, l'input di controllo dell'otturatore è collegato al connettore in input di ExtGtP
- Start Option: Cold Start, non ci sono parametri pregressi da utilizzare, Warm Start, dopo il riavvio della fotocamera si chiede all'utente se si devono caricare i parametri usati precedentemente, Auto Warm Start, dopo il riavvio della fotocamera vengono caricati i parametri usati in precedenza senza la conferma da parte dell'utente
- Detector: per specificare l'area attiva del chip CCD, frame intero, binning 2x2 oppure ROI (Region of Interest, solo 1/3 dell'area complessiva)
- Digitalizer Mode: acquisizione dell'immagine con una precisione di 8 o 14 bit per pixel
- CCD Gain: automatico oppure settabile manualmente (in dB)
- Trigger Mode: trigger diretto (ad ogni segnale di trigger farà scattare l'otturatore) oppure singolo (in questo caso deve essere possibile inserire il numero di trigger per frame)
- Modalità di acquisizione dell'immagine: Single Exposure per catturare una sola immagine, Live Mode per acquisire immagini in modo continuo;

Devono anche essere presenti dei comandi per il post-processing e l'analisi delle immagini acquisite. Come nel progetto preesistente è necessario visualizzare lo spettro in un grafico che abbia nell'asse orizzontale il range di lunghezza d'onda osservato e nell'asse verticale (cosa?). Inoltre deve essere possibile sottrarre un background acquisito in precedenza ed effettuare altri calcoli sullo spettro. Alla fine delle operazioni qualora ce ne sia la possibilità, si deve poter salvare i dati in un file di testo che tenga traccia dei valori calcolati per visualizzare lo spettro.

1.3.2 Linguaggio di programmazione

Il linguaggio di programmazione da utilizzare per realizzare il progetto richiesto è LabVIEW.

LabVIEW è un linguaggio di programmazione grafica (G - Graphical Programming Language) che utilizza un modello a flusso di dati invece di linee sequenziali di codice testuale, permettendo di scrivere codice funzionale utilizzando un layout grafico che assomiglia a un diagramma di flusso.

L'ambiente di programmazione LabVIEW presenta due principali finestre di lavoro: front panel e block diagram.

Front Panel Finestra in cui si visualizza e si modifica l'interfaccia utente.

Sono disponibili diversi stili e comandi per l'interazione con l'utente.

Block Diagram Finestra in cui si compone il codice a blocchi, controlli, indicatori, subVI e molte altre componenti. Da tale finestra è possibile effettuare il debug del codice e controllare il contenuto delle variabili.

Le strutture principali utilizzate nel codice sono cicli, while e for, e case structure, che funzionano come if o switch. Per mantenere il valore delle variabili e condividerle con altre strutture si usano fili che le interconnettono. Elementi fondamentali nel linguaggio di programmazione grafica sono controlli e indicatori: i controlli permettono all'utente di inserire o modificare i dati, mentre gli indicatori consentono di visualizzare lo stato delle variabili.

Capitolo 2

Analisi del progetto preesistente

2.1 Breve descrizione degli strumenti coinvolti

2.1.1 Monocromatore

Un monocromatore è un dispositivo che scompone un singolo fascio di luce policromatica in più fasci di luce monocromatica (che contiene cioè onde di una sola frequenza), permettendo così di analizzare l'intensità in funzione della lunghezza d'onda.

Nello strumento la luce policromatica entra da una fessura; tramite un sistema ottico viene inviata su un reticolo di diffrazione o ad un prisma che scompone il fascio. Una seconda fenditura raccoglie poi il fascio di una determinata lunghezza d'onda.

In questo progetto si considera un monocromatore Jobin-Yvon HR460. La luce che entra dalla fessura viene rifratta (?) due volte attraverso due lenti tra cui è interposta una griglia che scompone il fascio di luce.

2.1.2 Fotocamera

Una fotocamera intensificata è una fotocamera che al posto della pellicola fotosensibile utilizza un sensore (CCD) in grado di catturare l'immagine e trasformarla in un segnale elettrico di tipo analogico. Gli impulsi elettrici vengono convertiti in digitale da un convertitore analogico/digitale in un chip di elaborazione esterno al sensore. Viene quindi generato un flusso di dati digitali atti ad essere immagazzinati in vari formati su supporto di memoria. Il CCD (Charged-Coupled Device) è un dispositivo attraverso il quale si ottiene un segnale elettrico in uscita, in seguito a una sequenza temporizzata di impulsi, grazie al quale è possibile ricostruire la matrice di pixel che compongono l'immagine proiettata sulla superficie del CCD stesso. Questa informazione può essere usata come segnale analogico, e quindi essere usata per riprodurre l'immagine su un monitor, oppure può essere convertita in formato digitale.

2.2 Principali funzioni

Il progetto preesistente ha le stesse funzioni del nuovo programma richieste, con alcune eccezioni per quanto riguarda la fotocamera. Quella utilizzata precedentemente presentava alcune funzioni che la nuova fotocamera non mette a disposizione. Ad ogni modo si descriverà il progetto cercando di evidenziare le funzionalità che necessitano di essere abbandonate a causa della diversità dei due strumenti.

L'interfaccia non presenta alcuna divisione tra i controlli dei due strumenti e si possono quindi controllare simultaneamente senza alcuna distinzione. È chiaro che lo strumento che ha priorità in fase di inizializzazione è il monocromatore, in quanto composto da elementi fisici che devono essere riportati con movimenti meccanici ad una posizione di default; solo una volta che le lenti e la griglia all'interno dello strumento si trovano nella posizione iniziale è possibile cominciare ad utilizzare il programma.

2.2.1 Monocromatore

I comandi presenti per controllare il monocromatore sono gli stessi richiesti nel nuovo progetto: selezione del grating (e rispettive calibrazioni per correggere eventuali errori), impostazione della lunghezza d'onda e slit di entrata. Sono inoltre presenti dei led che mostrano eventuali errori: un errore generico in fase di inizializzazione, lunghezza d'onda inserita errata e superamento dei limiti dei valori consentiti.

2.2.2 Fotocamera

Per quanto riguarda la fotocamera si distingue fra acquisizione singola o continua ed è possibile inserire tempo di esposizione e ritardo di acquisizione dell'immagine. Si può inoltre scegliere un valore specifico di binning, fino a 1/16 per il binning verticale e fino a 1/8 per il binning orizzontale. Viene anche segnalato un'eventuale caso di saturazione con un calcolo successivo alla foto.

2.2.3 Altre opzioni

È possibile effettuare delle operazioni non collegate direttamente ai due strumenti. Oltre a visualizzare l'immagine così come è stata presa, è anche possibile visualizzare lo spettro corrispondente in seguito a determinati calcoli. Su tale spettro si possono richiedere alcune informazioni quali l'integrale su un certo intervallo della lunghezza d'onda, il numero di picchi rilevati al di sopra di una certa soglia; viene inoltre mostrato, senza bisogno di chiederlo, il valore del picco più alto alla lunghezza d'onda corrispondente e la FWHM (Full Width at Half Maximum), che corrisponde alla differenza fra i valori assunti dalla variabile indipendente lunghezza d'onda quando la variabile dipendente y (?) è pari a metà del suo valore massimo. È disponibile un comando per l'acquisizione del background (legato però alla fotocamera): infatti nel caso in cui lo spettro venga generato in un ambiente (visivamente)

“rumoroso” si può successivamente utilizzare il suddetto dato per sottrarlo a immagini successive, in modo da renderle il più chiare possibile.

2.3 Codice del progetto preesistente

Si analizza nella seguenti sezioni il codice del progetto preesistente, al fine di giustificare la scelta di progettazione fatta successivamente. La descrizione del codice si articola fra analisi del front panel e del block diagram, che sono i due ambienti di programmazione principale del linguaggio *LabVIEW*.

2.3.1 Front Panel

——- **inserire foto front panel** ——- Il front panel è diviso in blocchi ideali che non dividono veramente il codice ma danno all’utente tale impressione.

In alto si trova una tab control che mostra, a seconda della selezione, l’immagine acquisita oppure lo spettro; per visualizzare lo spettro dopo aver l’immagine e viceversa è necessario riacquisire i dati. Nella sezione dedicata allo spettro sono presenti tre indicatori che mostrano il valore del picco massimo alla lunghezza d’onda corrispondente e il valore della FWHM in mm.

La prima fascia di pannelli è composta da tre parti. La prima contiene un bottone booleano con cui si richiede il numero di picchi oltre una certa soglia, i cui valori vengono visualizzati in indicatori di array. La seconda permette di inserire gli estremi di un intervallo di lunghezza d’onda e di richiederne, attraverso un bottone booleano, l’integrale. La terza parte non è delimitata da un vero e proprio pannello ma contiene due indicatori di versione (main e boot) del monocromatore, un indicatore della acquisizioni fino a quel momento e il bottone booleano di uscita.

La seconda fascia è divisa in due parti. La prima, dedicata alla fotocamera, contiene un bottone booleano per acquisizione singola e uno per quella continua, due controlli e rispettivi indicatori per ritardo ed esposizione, due quadranti per impostare il binning verticale e orizzontale, un led di indicazio-

ne di un'eventuale saturazione e un controllo per inserire il numero di pixel su cui fare la media per generare lo spettro. La seconda parte contiene invece controlli e indicatori per il monocromatore: bottone booleano per il grating (1200 o 2400) e rispettivi controlli per inserire la calibrazione in entrambi i casi, un controllo per inserire la lunghezza d'onda e uno per la slit di entrata, due indicatori per mostrarne i valori reali, e tre led che indicano se il monocromatore è stato correttamente inizializzato o se sono presenti errori generici, lunghezza d'onda non valida e superamento dei limiti consentiti.

La terza fascia è divisa in quattro parti. Nella prima c'è la possibilità di salvare i dati con un file path predefinito (calcolato secondo le impostazioni del programma) oppure da inserire manualmente. Nella seconda parte è possibile selezionare il modo di acquisizione della foto, via software (impostazione di default), trigger esterno al fronte di salita o trigger esterno al fronte di discesa; con un bottone booleano si modifica la modalità e un led indica se il programma è in attesa di un trigger. La quarta parte indica la temperatura del CCD e della board (?) della camera.

2.3.2 Block Diagram

——- **inserire foto block diagram** ——- Il block diagram è composto di una macro flat sequence (sequenza che forza il flusso dei dati in una determinata sequenza scelta dal programmatore) divisa in tre blocchi: il primo che delimita l'inizializzazione degli strumenti, il secondo contiene il codice principale del programma, e il terzo chiude in modo corretto la fotocamera.

Primo blocco

Questo blocco è dedicato principalmente all'inizializzazione del monocromatore. È presente un'ulteriore flat sequence di 3 blocchi. Nel primo viene invocato il subVI *StartUp.vi* che inizializza il monocromatore e riporta i componenti interni alle posizioni di default. Questo subVI restituisce in uscita una lista di errori e le informazioni riguardo il numero di versione del monocromatore. Nel secondo blocco è presente un timer che mette in pausa il

programma per 1 secondo e nel terzo blocco il led di inizializzazione viene commutato a vero per indicare l'avvenuta inizializzazione dello strumento. Oltre al subVI del monocromatore ne vengono chiamati altri due che riguardano la fotocamera: *SCSetBoard.vi* e *SCSetMode.vi* servono per inizializzare la scheda della fotocamera e danno in uscita un cluster che contiene eventuali errori.

Al di fuori di questa flat sequence è presente del codice per caricare un file che contiene dati utilizzati successivamente per compiere alcuni calcoli.

Secondo blocco

Questo blocco è composto da un ciclo con al suo interno un'altra flat sequence. Il ciclo while è necessario per rendere il programma sensibile in qualsiasi momento al cambiamento di qualche impostazione (switch di un bottone booleano o del valore di un controllo); viene bloccato solo quando viene invocato lo stop, con l'apposito bottone. La flat sequence all'interno del ciclo è divisa in cinque blocchi che si descrivono qui di seguito.

- Primo blocco. Contiene un ulteriore ciclo while. All'interno di questo ciclo troviamo alcune case structure che vengono eseguite solo nel caso in cui il controllo a cui sono associate assume un certo valore. La case structure associata al bottone booleano *Save* permette di salvare i dati qualora questo venga premuto; il nome con cui viene salvato il file viene costruito dalla funzione di concatenazione di stringhe che ha in ingresso le impostazioni caratteristiche del programma nel momento in cui si decide di salvare. La case structure associata al bottone booleano *Waveform Integral* calcola, se richiesto, l'integrale della lunghezza d'onda su un intervallo specificato. È presente una case structure associata a un'ulteriore bottone booleano di *Save* che però al suo interno manca della funzione di concatenazione, il path del file viene infatti inserito manualmente dall'utente in un apposito controllo. Nella case structure associata al controllo booleano *Load Coeff* è presente una funzione per caricare un file con certi valori che possono essere usati successivamente

nel programma. La case structure associata al controllo *Peak Detector* calcola, attraverso il subVI *Waveform Peak Detection.vi* il numero di picchi sopra una certa soglia con relativa lunghezza d'onda. Un'altra case structure associata al controllo booleano *Grating* discrimina in base al valore del grating il valore da dare in ingresso al monocromatore. È presente infatti un'altra flat sequence divisa in quattro blocchi: nel primo viene invocato il subVI *Port & Grating.vi* per impostare il grating e il tipo di input del monocromatore, nel secondo attraverso il subVI *Spectral GOTO.vi* si richiede al monocromatore di portare i componenti interni alle posizioni inserite dell'utente, nel terzo con il subVI *Slits.vi* si imposta la slit di entrata, nel quarto il subVI *Spectral Position.vi* restituisce la lunghezza d'onda effettiva a cui si trova il monocromatore.

- Secondo blocco. Completamente dedicato alla fotocamera. Dapprima vengono invocati i subVI *SCStopCoC.vi* e *SCGetStatus.vi* che restituiscono le informazioni di temperatura e di due componenti della fotocamera. In seguito alla costruzione di un cluster contenente le impostazioni della fotocamera vengono invocati i subVI *New Delay and exposure formatter.vi* per la formattazione del ritardo e del tempo di esposizione e *SCSetNewCoC.vi* per inviare le impostazioni alla fotocamera. L'ultimo subVI chiamato è *SCRun.vi* che, come suggerisce il nome stesso, fa partire la fotocamera.
- Terzo blocco. Anche questo riguarda solo la fotocamera e contiene tre subVI. Il primo *SCGetImageStatus.vi* è wrappato all'interno di un ciclo while ed è il subVI che permette l'acquisizione vera e propria dell'immagine. I dati acquisiti con questo subVI vengono poi passati al subVI successivo, *SCGetImageSize.vi*, che restituisce le dimensioni in pixel dell'immagine. I dati che escono da questo subVI sono date in ingresso al successivo, *SCGet12BitImage*, che restituisce l'immagine. Infine attraverso una case structure viene commutato il valore del led

Saturation in base al valore dei pixel risultati dall'ultimo subVI.

- Quarto blocco. Contiene una case structure associata al bottone booleano *Grating* che calcola i valori da inserire nel grafico che mostra lo spettro. Tali calcoli vengono effettuati a partire dalla dimensione della foto (che varia se è stato utilizzato un particolare binning) e dal valore di ogni pixel; per prima cosa vengono calcolati i valori delle lunghezze d'onda da visualizzare sull'asse orizzontale del grafico, in modo speculare rispetto al centro dell'immagine, e in seguito viene calcolata una media di un certo numero di pixel (dati dal controllo *Pixel to Average*) per i valori da visualizzare nell'asse verticale del grafico. **Mancano le formule da inserire** In questa case structure ne è contenuta anche una associata al bottone booleano *Subtract Dark* per eliminare un eventuale background acquisito in precedenza.
- Quinto blocco. Consente al programma di visualizzare l'immagine o lo spettro, in base alla scelta dell'utente. In questo punto del programma vengono anche effettuati i calcoli dei valori *FWHM*, *Max Peak* e *WL*.

Terzo blocco

Questo blocco contiene solamente il subVI *SCSetMode.vi* che termina il funzionamento della fotocamera attraverso il valore adatto di un enumerativo. Anche se quest'ultimo passaggio potrebbe sembrare inutile è sempre bene ricordare che tutti i programmi che vengono eseguiti impiegano un certo numero di risorse: utilizzare le giuste funzioni o i giusti subVI di chiusura anche per gli strumenti coinvolti permette di liberare le risorse impegnate senza scansando il rischio di un uso ridondante della memoria.

2.4 Considerazioni sul progetto a livello di programmazione

L'analisi del codice già esistente si è resa necessaria in quanto uno dei due strumenti, in particolare il monocromatore, non è stato sostituito. Ad una prima lettura superficiale il codice risulta funzionante. Tuttavia

Capitolo 3

Fase preliminare alla realizzazione del progetto

Per entrare in confidenza con il linguaggio di programmazione grafico LabVIEW si è reso necessario partire da un esempio fornito con le API LabVIEW legate alla nuova fotocamera intensificata.

3.1 Breve descrizione dello strumento

3.2 Descrizione dell'esempio fornito

L'esempio fornito è molto semplice e non contiene tutte le opzioni disponibili per la fotocamera. Analizziamo come fatto in precedenza i due componenti principali del programma: front panel e block diagram.

3.2.1 Front Panel

Immagine front panel esempio Nel front panel possiamo vedere due controlli che è obbligatorio definire prima della partenza del VI, e sono il tipo di connessione *Connection Type* e la porta seriale *Serial Port* nel caso in cui il tipo di connessione sia *Analog*. È infatti permesso scegliere fra tre tipi di connessione allo strumento: *USB* (che è la connessione usata nel nostro

caso), *CameraLink* o *Analog*. A fianco di questi due controlli troviamo due bottoni booleani per acquisire immagini in un singolo frame oppure in modo continuo. È poi possibile inserire il tempo di esposizione *Exposure Time*, il numero di frame da catturare *Frames to accumulate*, e modificare il valore *Max. displayed value* del fondo scala. Un indicatore di immagine rende possibile la visualizzazione dell'immagine e un bottone booleano permette di salvare l'immagine. Infine troviamo un controllo per terminare il programma.

3.2.2 Block Diagram

Immagine block diagram esempio Si può considerare il block diagram idealmente diviso in tre parti che eseguono in sequenza: una parte iniziale di inizializzazione, una intermedia di funzionamento del programma, e una finale di chiusura graceful dell'applicazione.

Il primo subVI invocato è *ConnectCamera.vi* e deve essere invocato prima che la fotocamera sia utilizzata, imposta la connessione della fotocamera dipendentemente dall'input immesso dall'utente; restituisce in uscita un cluster contenente tutte le informazioni che riguardano le impostazioni della fotocamera. Tale cluster di dati, insieme al cluster di errore, entra in una flat sequence che recupera le impostazioni memorizzate da un uso antecedente dello strumento e le mostra nei controlli appositi nel front panel; viene anche impostato il bottone booleano *Live Mode* a false.

In seguito alla flat sequence troviamo un ciclo while con lo scopo di individuare il cambiamento dei bottoni e dei controlli. All'interno di questo ciclo sono presenti due case structure: la prima associata al bottone *Save Image...* che permette di salvare l'immagine, la seconda associata all'or fra il valore dei due bottoni *Single Exposure* e *Live Mode*. Viene eseguito quindi il codice all'interno di quest'ultima case structure qualora o un bottone o l'altro esclusivamente (grazie ad un'altra case structure interna) abbiamo il valore true. Una volta dentro la case structure viene eseguito un ciclo while all'interno del quale vengono invocate alcune API LabVIEW della fotocamera: dapprima *SetExposureTime.vi* con la quale si setta il tempo di esposizione,

poi *GetExposure.vi* che restituisce la matrice di pixel corrispondente alla foto. Attraverso alcuni calcoli che tengono in considerazione anche il valore di fondo scala inserito viene generata l'immagine da visualizzare del controllo destinato. Il ciclo while interno si arresta se viene presa una singola immagine, oppure se non si è selezionata la modalità Live Mode, o se si è premuto il bottone *Exit* per uscire dal ciclo o quello di salvataggio dell'immagine, o ancora se si è verificato qualche errore. Il ciclo esterno si arresta invece se si è verificato qualche errore o se si è invocato il bottone *Exit* per fermarlo.

All'esterno di tale ciclo viene eseguito l'ultimo frammento di codice: in una flat sequence vengono resettati i bottoni di *Exit* e *Live Mode*, impostandoli a false, e infine viene inviato l'ultimo subVI relativo alla fotocamera, *ExitCamera.vi*, che ha il compito di rilasciare le risorse impegnate dal programma e arrestare la fotocamera nel modo corretto.

Capitolo 4

Realizzazione del progetto

4.1 Breve descrizione degli strumenti coinvolti

4.1.1 Monocromatore

4.1.2 Fotocamera

4.2 Principali funzioni

4.2.1 Monocromatore

4.2.2 Fotocamera

4.3 Considerazioni sul progetto a livello di programmazione

Capitolo 5

Secondo Capitolo

Questo è il primo capitolo.

5.1 Prima Sezione

Questa è la prima sezione.

Ora vediamo un elenco numerato:

1. primo oggetto
2. secondo oggetto
3. terzo oggetto
4. quarto oggetto

Figura 5.1: legenda sotto la figura

5.2 Seconda Sezione

Ora vediamo un elenco puntato:

- primo oggetto
- secondo oggetto

5.3 Altra Sezione

Vediamo un elenco descrittivo:

OGGETTO1 prima descrizione;

OGGETTO2 seconda descrizione;

OGGETTO3 terza descrizione.

5.3.1 Altra SottoSezione

SottoSottoSezione

Questa sottosottosezione non viene numerata, ma è solo scritta in grassetto.

5.4 Altra Sezione

Vediamo la creazione di una tabella; la tabella 5.1 (richiamo il nome della tabella utilizzando la label che ho messo sotto): la facciamo di tre righe e tre colonne, la prima colonna “incolonnata” a destra (r) e le altre centrate (c):

(1, 1)	(1, 2)	(1, 3)
(2, 1)	(2, 2)	(2, 3)
(3, 1)	(3, 2)	(3, 3)

Tabella 5.1: legenda tabella

5.5 Altra Sezione

5.5.1 Listati dei programmi

Primo Listato

In questo ambiente posso scrivere come voglio,
lasciare gli spazi che voglio e non % commentare quando voglio
e ci sar  scritto tutto.
Quando lo uso   meglio che disattivi il Wrap del WinEdt

Conclusioni

Queste sono le conclusioni.

In queste conclusioni voglio fare un riferimento alla bibliografia: questo è il mio riferimento [3, 4].

Appendice A

Prima Appendice

In questa Appendice non si è utilizzato il comando:
`\clearpage{\pagestyle{empty}\cleardoublepage}`, ed infatti l'ultima pagina 8 ha l'intestazione con il numero di pagina in alto.

Appendice B

Seconda Appendice

Bibliografia

- [1] Primo oggetto bibliografia.
- [2] Secondo oggetto bibliografia.
- [3] Terzo oggetto bibliografia.
- [4] Quarto oggetto bibliografia.

Ringraziamenti

Qui possiamo ringraziare il mondo intero!!!!!!!!!!
Ovviamente solo se uno vuole, non è obbligatorio.