

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Elèctrica

**Títol:** Disseny d'aplicacions didàctiques amb NI CompactRIO pel  
Laboratori de Màquines Elèctriques

**Document:** Resum

**Alumne:** Jordi Suy Ollé

**Tutor:** Joan Puigmal Pairot

**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

**Àrea:** Enginyeria de Sistemes i Automàtica

**Convocatòria (mes/any) setembre/2015**

## ÍNDEX

1	INTRODUCCIÓ .....	2
2	LÒGICA DE CONTROL.....	3
3	ESTACIÓ DE MESURA.....	4
4	ACCIONAMENT DEL MOTOR BRUSHLESS .....	5
5	CONCLUSIONS .....	6

## 1 INTRODUCCIÓ

El Laboratori de Màquines Elèctriques necessita disposar d'un equipament adequat per tal de poder desenvolupar les activitats docents que s'hi porten a terme. Això significa que cal mantenir l'equipament existent al dia d'acord amb els recursos tecnològics actuals.

S'ha aprofitat la presència de l'arquitectura CompactRIO en el laboratori per desenvolupar dues aplicacions pràctiques que puguin ser utilitzades per tots els usuaris i millorin la qualitat de les activitats docents que s'hi porten a terme.

Mitjançant l'arquitectura CompactRIO i la programació amb el software LabVIEW es vol desenvolupar dues aplicacions perfectament diferenciades.

Per una banda, es vol dissenyar una estació de mesura que permeti realitzar lectures de tensió i intensitat per ser utilitzada en qualsevol dels muntatges que es realitzen en el laboratori. Aquesta estació permetrà la lectura de fins a quatre intensitats de 8A de valor eficaç, quatre tensions de 230V o 400V eficaços i quatre tensions de 10V de valor màxim. Es desenvoluparà una interfície gràfica que permeti a l'usuari disposar de la següent informació de les senyals llegides: magnitud, fase, freqüència i també es calcularan potències elèctriques.

Per altra banda, es vol actualitzar el sistema d'accionament del motor brushless trapezoïdal del laboratori per a que serveixi com a exemple didàctic per l'estudi d'aquest tipus de motors. S'utilitzarà la plataforma CompactRIO juntament amb una electrònica associada per assolir els resultats desitjats. Aquesta electrònica inclou la lectura i tractament de les senyals provinents dels tres sensors hall que incorpora el motor brushless per determinar la posició del seu rotor en cada moment. També serà necessària una etapa de potència que alimenti el motor brushless de forma coherent en funció de la posició del seu rotor.

L'aplicació corresponent al sistema d'accionament del motor brushless s'utilitzarà per realitzar la pràctica corresponent a l'accionament del motor brushless trapezoïdal de l'assignatura de Control de Màquines Elèctriques.

## 2 LÒGICA DE CONTROL

Aquest projecte es desenvolupa amb l'equip CompactRIO adquirit pel Laboratori de Màquines Elèctriques. Aquest equip és un sistema robust i reconfigurable de control i monitorització de processos industrials. Inclou un controlador encastat i xassís reconfigurable. El controlador encastat ofereix execució autònoma i potent per a aplicacions determinístiques de LabVIEW Real-Time o aplicacions flexibles de Windows Embedded Standard 7. El xassís encastat és al centre del sistema CompactRIO perquè conté un nucli FPGA d'entrades/sortides reconfigurables.

La CPU que utilitza és la NI cRIO-9074 i disposa d'un xassís que permet la incorporació de fins a 8 mòduls per tal de que l'usuari afegixi tots aquells mòduls necessaris per desenvolupar el seu projecte. En aquest projecte, s'utilitzen tres mòduls: un mòdul d'entrades analògiques (NI 9205), un mòdul d'entrades digitals (NI 9421) i un mòdul de sortides digitals (NI 9401).

En aquest projecte s'ha determinat que l'ús del nucli FPGA és imprescindible per al funcionament tant de l'estació de mesures com per l'accionament del brushless. En el cas de l'estació de mesures, es necessita un període de mostreig ràpid i fiable que permeti llegir senyals de freqüències elevades. Per altra banda, en el cas de l'accionament del motor brushless, el CompactRIO necessita llegir les senyals dels sensors hall i generar un PWM d'aproximadament 10 kHz per alimentar l'etapa de potència. Totes aquestes operacions requereixen un cicle d'execució inferior al mil·lisegon, per tant només en Real-Time el projecte no s'ha pogut desenvolupar i ha estat necessària la programació FPGA.

### 3 ESTACIÓ DE MESURA

El maquinari de l'estació de mesura està bàsicament format per una gran placa de circuit imprès amb connectors banana per tal de que l'usuari pugui realitzar les connexions de forma còmoda i ràpida. Aquesta placa es troba connectada amb el mòdul d'entrades analògiques del CompactRIO per tal de fer la lectura de senyals.

Pel que fa a la mesura d'intensitats de fins a 8A eficaços, s'utilitza el transductor d'intensitat d'efecte hall LA 25-NP. Aquest sensor dona una senyal proporcional a la intensitat que circula pel seu circuit primari. Per tant, es requereix una electrònica associada per tal de condicionar el senyal provinent del sensor fins al rang de tensions d'entrada del mòdul del CompactRIO per tal d'obtenir la màxima resolució en les mesures.

La mesura de tensions de 230V o 400V eficaços es realitza amb el transductor de tensió LV 25-P. Aquest sensor dona una senyal proporcional a la tensió aplicada al seu circuit primari. Per tant, també es requereix una electrònica associada per tal de condicionar el seu senyal. Aquest sensor requereix una resistència de primari per tal de fer circular 10 mA pel seu circuit primari en aplicar-se la tensió màxima que es vol mesurar. Per tant, s'ha habilitat un connector en l'estació de mesures per tal de que l'usuari pugui connectar resistències per mesurar 230V o resistències per mesurar 400V segons convingui.

La mesura de 10V de valor màxim no requereix cap electrònica associada ja que és precisament la tensió màxima que permet el mòdul d'entrades analògiques del CompactRIO.

El programari associat a l'estació de mesura consta de dos programes de LabVIEW. Un programa es troba dins el sistema operatiu Windows de l'ordinador i és la interfície gràfica on l'usuari té accés i on es fan les representacions gràfiques i els càlculs de potència elèctrica pertinents.

L'altre programa de l'aplicació es troba dins l'entorn FPGA que ofereix el CompactRIO. Aquest programa s'executa molt ràpidament i és on es troba la lectura de senyals i el posterior enviament de dades cap al programa principal on l'usuari té accés.

## 4 ACCIONAMENT DEL MOTOR BRUSHLESS

Tot el sistema d'accionament del motor brushless es troba col·locat sobre una fusta degudament condicionada per tal de mantenir l'electrònica protegida i alhora permetre que l'usuari tingui accés a les diferents parts de l'accionament.

El motor brushless que es vol accionar disposa d'uns sensors hall col·locats degudament en el seu eix. Aquests sensors donen informació de la posició del rotor en tot moment. Per tant, s'ha dissenyat una primera placa de circuit imprès que condiciona les senyals provinents dels sensors i permet la lectura de les mateixes mitjançant el mòdul d'entrades digitals del CompactRIO.

L'etapa de potència del motor brushless està formada per tres branques de dos MOSFETS cadascuna de tal manera que cada branca alimenta una de les fases del motor. Mitjançant les sortides digitals del CompactRIO s'aconsegueix l'accionament de cadascun dels semiconductors de potència en consonància amb la informació dels sensors hall per tal de fer girar el motor brushless en el sentit de gir desitjat per l'usuari.

El bus de corrent continu que alimenta l'etapa de potència del motor prové d'una placa de circuit imprès que s'ha aprofitat del sistema d'accionament vell.

El programari associat a l'accionament del motor brushless consta de dos programes de LabVIEW. Un programa es troba dins el sistema operatiu Windows de l'ordinador i és la interfície gràfica on l'usuari té accés i on es fan les representacions gràfiques de les variables d'interès i on l'usuari pot modificar la velocitat del motor.

L'altre programa de l'aplicació es troba dins l'entorn FPGA que ofereix el CompactRIO. Aquest programa s'executa molt ràpidament i és on es troba la lectura dels sensors hall, els càlculs lògics pertinents i l'accionament dels MOSFETS.

## 5 CONCLUSIONS

S'han assolit els dos objectius principals del projecte fent ús de la plataforma CompactRIO amb el nucli FPGA que incorpora i la programació LabVIEW.

En primer lloc s'ha dissenyat una estació de mesura que podrà ser utilitzada en tots els muntatges del laboratori i que ofereix unes mesures fiables i precises tant de tensions com d'intensitats. Aquesta estació dóna una sèrie d'informació de les senyals mesurades que facilitarà a l'usuari la seva anàlisi. L'estació de mesures dóna informació de magnitud, fase i freqüència per cada senyal i ofereix representacions temporals i polars de totes les magnituds mesurades.

També s'ha desenvolupat de forma satisfactòria una interfície per l'accionament del motor brushless trapezoïdal de laboratori que substitueix l'actual lògica de control implementada amb circuits lògics no programables. L'aplicació dissenyada realitza una lectura de la posició del rotor del motor gràcies a la presència de sensors hall i acciona una etapa de potència de forma coherent segons la posició llegida. La utilització del nucli FPGA que ofereix el CompactRIO ha permès realitzar un accionament fiable i precís del motor. A més, la interfície gràfica dissenyada permet a l'usuari variar la velocitat del motor i visualitzar totes les variables digitals que intervenen en l'accionament.

Amb les dos aplicacions dissenyades en aquest projecte, el Laboratori de Màquines Elèctriques disposarà d'un equipament renovat que permetrà millorar la qualitat de les activitats docents que s'hi portaran a terme en el futur.