

## INFORME FINAL PROJECTE D'INNOVACIÓ DOCENT

### **Títol del projecte:**

*Aprenentatge basat en projectes en l'àrea d'electrònica per a Enginyers Biomèdics*

### **Codi del projecte:**

2014PID-UB/076

### **Responsable:**

Jordi Colomer Farrarons

### **Participants:**

Jordi Colomer Farrarons

Pedro Luis Miribel Catlà

Jaime López Sánchez

Gloria Sánchez Marquez

### **Facultat:**

Física i Química

### **Ensenyament:**

Grau en Enginyeria Biomèdica

Data: 8 Desembre 2015

## Resum

Actualment els estudiants d'Enginyeria Biomèdica realitzen pràctiques típiques d'electrònica en els seus estudis, similars a les que es realitzen en altres ensenyaments. Segons l'opinió dels estudiants aquest tipus de pràctiques són molt poc motivadores doncs, no veuen l'aplicació directa als seus estudis. La proposta és aplicar la metodologia basada en projectes per a la realització de les pràctiques en el grau d'Enginyeria Biomèdica en les dues assignatures: Electrònica Aplicada i "Biomedical Instruments and Equipment".

D'aquesta forma els alumnes hauran de realitzar un projecte d'electrònica aplicat a l'Enginyeria Biomèdica. Els alumnes a més d'estar més motivats adquiriran competències en la realització d'un projecte, és a dir, mitjançant l'aprenentatge basat en projectes els estudiants podran adquirir competències professionals que són difícils de treballar amb metodologies convencionals. Algunes d'aquestes competències són les proposades per la UB com a competències transversals i els seran molt útils en el seu Treball Fi de Grau i en el seu futur desenvolupament professional.

## Paraules Clau

Grau Enginyeria Biomèdica, Gestió Projectes, PBL, Equips Electrònics, Electrònica Analògica.



## CONTINGUTS

Resum.....	i
Paraules Clau .....	i
1. Introducció .....	5
2. Objectius .....	5
3. Actuació d'innovació docent .....	7
4. Resultats .....	11
5. Conclusions .....	17
6. Referències bibliogràfiques .....	19
7. ANNEXE 1: Sistema de ràpid prototipatge de circuits (Dimensions 210 x 148 mm) .....	21
8. ANNEXE 2: Sensors "Biomedical Instruments and Equipment" .....	23
9. ANNEXE 3: Manual per l' assignatura "Biomedical Instruments and Equipment" .....	25



## 1. Introducció

El grau d'Enginyeria Biomèdica de la Universitat de Barcelona és un grau multidisciplinari on conflueixen moltes àrees de coneixement. Aquesta diversitat queda plausible en la dispersió de les diferents matèries que es defineixen en l'informe VERIFICA de l'ensenyament: Enginyeria clínica, informàtica mèdica i ètica; Instrumentació, senyals i imatges biomèdiques; Biomecànica i Biomaterials; Bioenginyeria molecular, cel·lular i de sistemes entre altres.

El alumnes han d'adquirir moltes i diverses competències al llarg dels quatre anys d'estudis. Aquest fet implica una important limitació d'hores per introduir als estudiants en les diferents tasques pròpies de l'enginyeria així com en l'adquisició de competències instrumentals i de disseny electrònic, molt lligada a les hores de dedicació presencial de laboratori i treball pràctic.

Aconseguir que els alumnes puguin dedicar més hores al treball experimental amb equips electrònics i poder introduir-los en el desenvolupament integral d'un projecte d'enginyeria no té una solució fàcil ja que, o implica augmentar el número d'hores de laboratori (amb el cost de personal corresponent) o, per altra banda, reorientar la metodologia del laboratori experimental. Augmentar el número d'hores de laboratori es una solució actualment inviable degut a la configuració tan diversa de l'ensenyament. Per aquest motiu, la reorientació de la metodologia docent en el laboratoris experimentals cap a pràctiques més properes al treball enginyeril és la opció més idònia.

Per tal d'incrementar el contacte pràctic dels estudiants amb els equipaments, circuits, desenvolupaments electrònic, tècniques i altres conceptes fonamentals en el desenvolupament d'un projecte, tasca o feina enginyeril s'ha desenvolupat un entorn de laboratori basat en aprenentatge per Projectes (PBL – Project Based Learning) en les assignatures d'Electrònica Aplicada (Obligatòria - quart semestre) i "Biomedical Instruments and Equipments" (Optativa - segon semestre).

El fet de combinar una assignatura obligatòria i una optativa dona peu a assegurar que els estudiants adquiriran unes competències mínimes en el desenvolupament d'un projecte (mitjançant l'assignatura obligatòria); mentre que aquells alumnes involucrats en l'assignatura optativa podran aprofundir i adquirir competències de treball en projectes de més alt nivell.

## 2. Objectius

Aquest projecte té com objectius el sentar les bases pel desenvolupament de la docència basada en Projectes en els cursos: Electrònica Aplicada i "Biomedical Instruments and Equipments" del grau d'enginyeria Biomèdica.

A més a més, mitjançant la nova metodologia, proporcionar a l'estudiant les diferents capacitats per tal de garantir un desenvolupament creatiu de les tasques pròpies de l'exercici professional en el camp de l'enginyeria biomèdica.



### 3. Actuació d'innovació docent

Aquest projecte vol potenciar la capacitat instrumental, de gestió, i desenvolupament dels estudiants referent a la utilització d'equips biomèdics electrònics aplicats al grau d'Enginyeria Biomèdica. Com a competències relacionades amb la utilització i desenvolupament d'equips electrònics, en l'informe VERIFICA del grau d'Enginyeria Biomèdica es troben les següents capacitats:

- 122169 Formació científica i tecnològica per a l'exercici professional en el disseny i desenvolupament de sistemes de mesura, control i comunicació, en totes aquelles activitats biomèdiques que la societat i el coneixement científic demandi.
- 122170 Capacitat per a concebre, dissenyar i produir equips i sistemes, especialment dedicats a la biologia i la medicina. Particularment desenvolupar el maquinari necessari que permeti captar, adaptar, digitalitzar i processar senyals de diferents característiques.
- 122167 Conèixer els equips i instruments que estiguin establerts per al diagnòstic, el tractament, la prevenció i la investigació de la malaltia.

A més a més, aquest projecte vol treballar específicament en proporcionar als alumnes les següents competències relacionades amb projectes d'enginyeria:

- Capacitat de treballar amb una metodologia professional en la realització d'un projecte.
- Utilització d'eines de recerca d'informació tècnica.
- Capacitat emprenedora.
- Capacitat de redacció d'una memòria tècnica professional.
- Capacitat de treballar en equip
- Capacitat d'utilitzar eines informàtiques de recerca de recursos bibliogràfics o d'informació
- relacionada amb els equips biomèdics.
- Capacitat d'organització i de gestió del temps.
- Mantenir un comportament adequat en un entorn de treball. Compromís ètic.
- Capacitat d'anàlisi, de síntesi, de visions globals i d'aplicació dels coneixements a l'activitat professional com enginyer.
- Capacitat de prendre decisions i adaptació a noves situacions
- Capacitat de valorar l'impacte social i mediambiental d'actuacions en el seu àmbit

Per adquirir aquestes competències es necessari treballar de forma coordinada entre les dues assignatures implicades. Per aquest motiu i poder facilitar la introducció gradual del estudiant al treball enfocat a projectes en el món de l'enginyeria s'ha articulat organitzar el desenvolupament en les següents dues etapes diferenciades:

#### 1. Projecte Transversal en l'assignatura Electrònica Aplicada

Els estudiants desenvoluparan, al llarg de l'assignatura, un projecte global format per petits "mini-projectes" tutoritzats, pautats i ben estructurats mitjançant guions de practiques detallats. A l'inici de curs es presenta el projecte global i, posteriorment, en cada sessió de laboratori els alumnes desenvoluparan un "mini-projecte". La successiva suma d'aquest projectes permetrà veure el funcionament de l'equip principal. Per cada sessió de laboratori els alumnes hauran de fer un treball previ així com entregar un informe del "mini-projecte" i la validació funcional del mateix. Finalment, amb tots els "mini-projectes" realitzats s'avaluarà el funcionament del projecte global, és a dir, la unió del tots els "mini-projectes". D'igual manera, es demana una validació funcional i un informe final.



Per assolir la dinàmica anteriorment mencionada, s'han treballat els següents punts:

- Re-dissenyar l'entorn de les pràctiques al voltant d'un projecte global centrat en un instrument biomèdic on s'utilitzin diferents circuits electrònics.
- Crear i adaptar els guions de pràctiques al desenvolupament dels "mini-projectes".
- Adaptar un sistema de ràpid prototipatge de circuits electrònics per tal de construir els "mini-projectes" i el projecte global. L'adaptació s'ha realitzat utilitzant un Treball de Fi de Grau titulat: "Demostrador interactiu de circuits electrònics analògics" dirigit per Jordi Colomer i Jaime López. (Annex 1)
- Crear els manuals d'us per el sistema de ràpid prototipatge.
- Avaluar i qualificar l'entorn creat.

## 2. Projecte Individual en l'assignatura "Biomedical Instruments and Equipments"

En aquest cas, els alumnes desenvoluparan durant el curs un únic projecte integral concebut íntegrament per ells mateixos. A l'inici de curs s'explica que els alumnes han de dissenyar un equip biomèdic que ha de constar, com a mínim, de tres sensors d'una àmplia llista que se'ls facilita (Annex 2). A més a més, se'ls proporciona tot el maquinari necessari per poder desenvolupar l'equip sense impediments. L'únic requisit exigint consisteix en que l'àmbit d'aplicació de l'equip a desenvolupar en el projecte ha d'estar relacionat amb el món mèdic, biomèdic, medicina de l'esport, medicina, etc.. A partir d'aquest punt, els alumnes s'organitzen en grups de dos i comencen la concepció de l'equip des de una idea inicial (Brainstorming) fins a l'entrega de l'equip final i la seva documentació.

En aquest cas, la tutorització per part del professorat es centra en un àmbit consultiu i de gestió, creant un vincle similar al que es troba en una organització industrial. D'aquesta manera, quant els alumnes tenen dubtes a nivell de concepció, compra de material, etc.. el professorat intervé per trobar la millor solució. Per altra banda, els problemes tècnics derivats són solucionats directament per l'alumnat, ja que són ells mateixos els que tenen el coneixement de l'equip que estan fent i com el volen desenvolupar. D'aquesta manera, els alumnes adquireixen un gran control del temps, execució de cronogrames i augmenten la seva capacitat de crear solucions imaginàries amb els recursos existents.

Com s'ha comentat anteriorment, el professorat proporciona el maquinari necessari per desenvolupar l'equipament. Aquest maquinari està format per un sistema d'adquisició de dades "myDAQ" de National Instruments on s'integra un panell de desenvolupament dissenyat específicament per aquesta assignatura per Jordi Colomer Farrarons. S'ha escollit aquest entorn ja que els estudiants disposen d'un coneixement bàsic de les eines proporcionades per National Instruments adquirides al llarg del Grau.

D'igual manera, s'entrega als alumnes un manual d'us d'aquesta plataforma de desenvolupament en format de manual de laboratori. (Annex 3). Amb aquesta eina i els sensors disponibles, els alumnes poden treballar amb una eina extremadament mal·leable pel desenvolupament de tot tipus d'aplicacions. Finalment, l'avaluació es realitza mitjançant la validació formal de l'equip desenvolupat, una presentació del grup i la valoració de la documentació entregada i una discussió entre grup i professorat. Aquesta avaluació es realitza de forma individualitzada per cada grup.

Per assolir la dinàmica anteriorment mencionada, s'han treballat els següents punts:

- Comprar i dissenyar els sensors a emprar en l'entorn de les pràctiques.(Annex 2)

- Dissenyar, fabricar i muntar un sistema de prototipatge adaptat al desenvolupament d'equips i instruments. Disseny realitzat per Jordi Colomer Farrarons.
- Compra de targes d'adquisició de dades “myDAQ” de “National Instruments”
- Testejar el correcte funcionament de tot el material comprat i dissenyat.
- Realitzar el manual introductori a les eines del Lab (Annex 3).
- Avaluar i qualificar l'entorn creat.

Per desenvolupar aquest projecte hi ha una gran tasca de preparació de nou material en les dues assignatures on s'aplicarà el projecte d'innovació docent. S'han de crear les plataformes de treball “hardware” pels laboratoris de les dues assignatures, generar tota la documentació dels “mini-projectes” i manuals de lab. Comprar tot el maquinari de National Instruments, sensors, etc.. i comprovar el seu funcionament. A més a més, existeix tota la tasca de coordinació de continguts entre les dues assignatures per alinear i potenciar els coneixements competencials.

Aquest projecte ha tingut el suport econòmic mitjançant la “Convocatòria PID 2014 d'ajuts per al desenvolupament de projectes d'innovació docent a la Universitat de Barcelona” de 740 euros. Tot i això, aquest ajut no ha estat suficient per poder finançar les despeses necessàries per iniciar completament el projecte. El pressupost així com el detall de cada partida es troben descrits en la Taula 1. Com es pot observar el suport econòmic de la convocatòria PID 2014 es va cobrir el servei d'un becari que va col·laborar en la realització de diferents tasques. Per altra banda la resta de despeses associades a la implantació d'aquest projecte es van cobrir amb l'ajuda del departament d'electrònica i recursos propis del grup de recerca D2In.

A més a més, per a realització de certes parts dels projectes és necessari l'ús del software “Labview” de “National Instrument”. En aquest aspecte, el departament d'Electrònica disposa de 10 llicències complertes per a treballar amb el software “LabView” amb un preu oficial de mercat

*Taula 1 Descripció del pressupost econòmic del projecte*

<b>Descripció Partides</b>	<b>Pressupost (€)</b>	<b>Concedit (€)</b>	<b>Notes</b>
Total sol·licitat	3700	750	
3 mesos de beca	750	Si	
Generació de les plataformes “Hardware”	300	No	Assumit pel departament d'electrònica i fons del grup de recerca D2In
Compra Sensors i components	200	No	Assumit pel departament d'electrònica
Compra NI myDAQ	1700	No	Assumit pel departament d'electrònica i el grup de recerca D2In
Accions de Difusió	750	No	---



## 4. Resultats

Aquest projecte s'implementa en dues assignatures: Electrònica Aplicada i "Biomedical Instruments and Equipments" del grau d'Enginyeria Biomèdica, principalment en les hores assignades a laboratori. Per aquest motiu els resultats que s'obtenen s'han separat per cada una d'elles. Tot i això, en ambdós casos, al tractar-se d'una nova implementació, tot el material s'ha creat de nou i ha facilitat la sincronització de continguts entre ambdós assignatures.

A continuació es mostra l'índex del conjunt d'elements que formen part del laboratori de l'assignatura Electrònica Aplicada:

### **Estructura Laboratori Electrònica Aplicada:**

1. Introducció i normativa del laboratori
2. Simulació PSPICE
  1. Introducció Simulació SPICE amb LTSPICE
  2. Simulació d'estructures electròniques pasives
  3. Simulació avançada amb Amplificadors Operacionals
3. Entorn Virtual "Verilab" -> Entorn desenvolupat en el projecte 2012PID-UB/048
  1. Utilització bàsica d'un oscil·loscopi
  2. Utilització d'un generador de funcions
  3. Utilització avançada d'un oscil·loscopi
  4. Filtres analògics
  5. Generació i visualització de senyals d'amplitud
4. Fonaments: "mini-Projectes"
  1. Introducció als equips de laboratori i a la placa de desenvolupament
  2. Divisor resistiu de tensió
  3. Filtre passiu primer ordre RC
  4. Amplificador Operacional I: Estructura Inversora
  5. Amplificador Operacional II: Estructura No-Inversora
  6. Filtre Actiu: Filtre Passa Baixos Sallen-Key
5. Projecte: Potenciostat

Per aconseguir una implicació total de l'alumnat, tota la informació necessària es facilita al inici de curs, en forma de Manual. D'aquesta forma els alumnes ja tenen una visió global del que es realitzarà durant el curs i poden anar familiaritzant-se amb les activitats. També, aquest mecanisme permet relacionar molt bé la part d'explicació teòrica amb les activitats pràctiques.

Mitjançant aquest estructura, els alumnes poden treballar totes les parts emprades en el desenvolupament d'un disseny electrònic de forma pautada, guiada i amb el suport d'un professor, però sempre amb l'objectiu clar del objectiu final. A continuació es detalla l'etapa d'un disseny electrònic i la seva connexió amb els apartats de Laboratori anteriorment comentats:

1. Concepció i disseny teòric del circuit -> Simulació SPICE
2. Test Virtual del disseny -> Simulació SPICE i Entorn Virtual "Verilab"
3. Muntatge i Validació Parcial de les parts del disseny -> "mini-Projectes"
4. Construcció del circuit total i validació -> Projecte: Potenciostat

Per adequar la càrrega docent dels alumnes a la realització del projecte i facilitar la seva corba d'aprenentatge, els alumnes han disposat d'un sistema de ràpid prototipatge de sistemes

electrònics basat en l'adquisició i tractament del senyal electrònic. Comercialment no s'ha trobat un sistema idoni així que com s'ha comentat s'ha dissenyat i fabricat (20 unitats) el pròpi entorn hardware (Annexe 1).

Per altra banda, a continuació es mostra l'índex del conjunt d'elements que formen part del laboratori de l'assignatura "Biomedical Instruments and Equipments"

**Estructura Laboratori "Biomedical Instruments and Equipments":**

1. Introducció i normativa del laboratori
2. Entorn NI Multisim i Ultiboard
  - a. Simulació SPICE amb Multisim
  - b. Generació d'*Schematics* amb Multisim
  - c. Generació de PCB's amb Ultiboard
  - d. Documentació GERBER
3. NI myDAQ i manual de Laboratori
  - a. Introducció al myDAQ
  - b. Realització de les activitats del manual de Laboratori
4. Sensors
  - a. Anàlisi del llistat de sensors disponible
  - b. Selecció de sensors
  - c. Petició compra de sensors i material (si aplica)
5. Tècniques de soldadura de circuits electrònics
  - a. Tècniques bàsiques
  - b. Tècniques avançades
  - c. Estacions automatitzades
6. Entregues
  - a. Tasca 1: Descripció del Projecte, nom del grup i sensors a utilitzar
  - b. Tasca 2: Entrega Planificació del projecte (*Tasks and Timming*)
  - c. Tasca 3: Entrega *Schematic* i simulació
  - d. Tasca 4: Validació parcial muntatge hardware
  - e. Tasca 5: Entrega final de tota la documentació + demostració pràctica

Tal com s'ha comentat anteriorment, tota la informació necessària es facilita al inici de curs, en forma de manuals, guies d'ús, informes, fulles d'especificacions, etc.... D'aquesta forma els alumnes ja tenen coneixement de tots els materials que disposen per la realització del seu projecte i poden començar a pensar en l'aplicació que desenvoluparan. A més obtenen una visió global del que es realitzarà durant el curs i poden anar familiaritzant-se amb les activitats. També, aquest mecanisme permet relacionar molt bé la part d'explicació teòrica amb les activitats pràctiques.

Mitjançant aquest estructura, els alumnes poden treballar totes les parts emprades en el desenvolupament d'un equipament amb unes condicions properes a un entorn laboral real. Per tal d'acomplir aquest requisit, tal com s'ha mencionat, la informació se'ls facilita mitjançant documentació tècnica, manuals, etc., (ja no es treballa amb format pràctiques) i, mitjançant els tres primers punts de l'estructura del laboratori, se'ls introdueix a les eines de desenvolupament que necessitaran per elaborar el seu equip final.

Posteriorment, un cop ja han adquirit els coneixements de les eines, ja poden procedir a desenvolupar la seva idea utilitzant els diferents sensors que se'ls proporciona, les eines de desenvolupament que han après i les seves pròpies idees. Cal remarcar que en aquest cas, el

projecte que realitzarà cada grup és únic i clarament diferenciat ja que són els mateixos alumnes els que decideixen que construir. Aquest fet implica que els alumnes no disposen de cap guió, ni pràctica que els guiï en la construcció, si no que són ells mateixos els que han de gestionar-ho tot. De totes formes, mitjançant les diferents entregues/tasques parcials programades, el professorat va controlant la situació i l'avenç de cada projecte. D'aquesta forma pot aconsellar en aquells casos que ho requereixin. De la mateixa manera, el professorat sempre està actiu per atendre qualsevol dubte operatiu dels alumnes però no per solventar problemes de muntatge, ja que en aquest tipus de treballs es sobreentén que ho fan els propis alumnes en el procés evolutiu del desenvolupament de l'equip.

Tenint en compte tot el comentat, els quatre punts principals que descriuen l'etapa d'un disseny electrònic es compleixen i s'avaluen en les diferents tasques del laboratori:

1. Concepció i disseny teòric del circuit -> Tasca 1
2. Test Virtual del disseny -> Tasca 2 i Tasca 3
3. Muntatge i Validació Parcial de les parts del disseny -> Tasca 4
4. Construcció del circuit total i validació -> Tasca 5

L'avaluació final es realitza a través de l'entrega i presentació del projecte desenvolupat (Tasca 5) i de les entregues parcials. S'ha d'entrega un conjunt de documentació que descriurà el sistema que han desenvolupat en tots els àmbits industrials, és a dir, el projecte ha de comprendre:

- Un demostrador hardware-software funcionant
- Una fulla d'especificacions tècnica detallada
- Una fulla comercial on es descriu les característiques principals del sistema desenvolupat
- Un manual d'ús
- Explicació oral del sistema desenvolupat

Finalment, per avaluar el grau de satisfacció de la metodologia implementada en ambdues assignatures s'han avaluat diferents indicadors: opinió dels alumnes mitjançant enquestes i entrevistes i opinió dels professors mitjançant enquestes (si escau) i debat intern.

A més a més, un indicador de gran pes serà estudiar com ha influït la utilització d'aquesta metodologia en el rendiment acadèmic dels alumnes i comparar-ho amb altres anys on no s'ha utilitzat aquest mètode. Per poder tenir dades una mica significatives es necessitaran diversos anys per extreure dades, però, després d'aquest primer any d'implementació, s'ha comprovat una millora en el rendiment dels alumnes en ambdues assignatures però sobretot, una millora en quant a actitud i motivació. Anàlisis més detallats es realitzaran a partir del curs 2017-2018.

Per tal de valorar la utilitat del laboratori i de tot el material es va realitzar una enquesta de satisfacció on havien d'indicar si estaven totalment d'acord amb les afirmacions o si estaven totalment en desacord valorant de 6 a 1 respectivament. Als tots els estudiants s'els van realitzar 7 preguntes agrupades en tres blocs: el primer bloc fa referència a la satisfacció general del laboratori, la segona al material emprat i disponible i la tercera fa referència a les pràctiques realitzades. Per altra banda, tres preguntes extes s'han realitzat als alumnes de l'assignatura "Biomedical Instruments and Equipments" per tal de valorar la seva satisfacció en quant coneixements adquirits relacionats amb la gestió i planificació de temps, recursos i generació de documentació.

Taula 2 Enquesta realitzada als estudiants referent a les assignatures

Pregunta a l'alumnat		Electrònica Aplicada		"Biomedical Instruments and Equipments"	
		Mitjana	Desviació	Mitjana	Desviació
Satisfacció general	1. L'orientació del laboratori us ha semblat correcte i motivador	76%	15%	86%	12%
	2. Grau d'implicació i dedicació durant tot el laboratori	80%	17%	94%	12%
Els material disponible és útil i clarificador	3. Us ha permès un bon desenvolupament del laboratori	86%	13%	96%	7%
	4. El fet de disposar de tota la informació al inici del curs us facilita la integració i desenvolupament del lab.	88%	15%	90%	10%
El laboratori us ha servit per aprendre a utilitzar i entendre	5. Circuits bàsics d'electrònica	79%	14%	85%	13%
	6. Muntatge i test de circuits	84%	14%	96%	10%
	7. Funcionament de circuits avançats	85%	13%	96%	12%
	8. Gestió i planificació de l'execució d'un projecte	NA	NA	93%	11%
	9. Generació de documentació	NA	NA	88%	15%
	10. Desenvolupament individual d'idees	NA	NA	98%	15%

L'avaluació de l'alumnat està entre el 76% i el 88% de satisfacció en el cas d'electrònica aplicada mentre que entre el 85% i 96% en "Biomedical Instruments and Equipments" amb una desviació mai superior al 20% en ambdós casos. La lleugera diferència de valoració entre les dues assignatures es fonamenta en l'edat i la tipologia de les assignatures. Mentre que electrònica aplicada és obligatòria del 4t semestre, "Biomedical Instruments and Equipments" es optativa i de l'últim semestre de l'ensenyament. De totes formes, s'ha donat la possibilitat als alumnes de realitzar comentaris per a matitzar les seves respostes, i en l'assignatura de "Biomedical Instruments and Equipments" s'ha realitzat pràcticament una entrebista valorativa a cada alumne al finalitzar el curs.

D'aquest comentaris i entrevistes extrèiem que els alumnes mostren un interès molt elevat en ambdues assignatures gràcies a la seva vessant més aplicada i pràctica. Els alumnes "Biomedical Instruments and Equipments" constatan que una de les dificultats més grans a la que s'enfronten recau en la gestió total de la realització de la pràctica, ja que l'han de concebir desde zero sense guions ni ajuda prèvia. Constaten l'abisme existent entre la forma clàssica de realitzar pràctiques o exercicis de laboratori amb el es la forma de desenvolupar-se en l'exercici professional com enginyer. On tots els alumnes coincideixen, es a valorar molt positivament el

fet que hagin de ser ells qui gestionin i organitzin el temps, els passos i tasquen que han de desenvolupar per aconseguir l'objectiu demanat en l'assignatura "Biomedical Instruments and Equipments": que el seu equipament funcioni.

Per altra banda, comenten que un punt a millorar és el conjunt de sensors i equipament disponible, ja que moltes vegades amb les hores de laboratori no en tenen suficient. En aquest sentit, pels següent cursos s'ha arribat a un acord amb NI (National Instruments) i cada grup disposarà d'un equipament complet durant tot el semestre. D'aquesta forma els alumnes podran desenvolupar els seus equips on vulguin i les hores pròpies de laboratori les podran dedicar a resoldre dubtes amb els professors o seguir amb el desenvolupament. Seguint aquesta línia, el numero de sensors i material a disposició dels alumnes s'anirà ampliant anualment.

Pel que fa a la percepció del professorat implicat en aquest projecte és aquesta metodologia sembla molt indicada per a treballar les competències instrumentals, utilització d'equips electrònics, ensenyança de circuits i planificació de projectes. També constaten, per això, que la capacitat i els coneixements del professorat implicat ha de ser molt alta ja que aquesta metodologia implica conèixer amb molt detall cada punt, instrument, equip, etc.. que s'utilitza en el laboratori.

El professorat també ha observat de forma molt clara un major grau d'implicació per part de l'alumnat. Sobretot en l'assignatura d'Electrònica Aplicada, obligatòria per tots els alumnes, s'ha vist que fins i tot els alumnes amb menys tendències cap a l'enginyeria aplicada es troben molt motivats ja que constantment relacionen el que desenvolupen amb aplicacions.

Per altra banda, en l'assignatura "Biomedical Instruments and Equipments" els professors han pogut observar que es una plataforma molt potent per introduir tècniques avançades de gestió de projectes en enginyeria com poden ser, metodologia Delphi, tècnica 365, etc.. àmpliament utilitzades en el món del desenvolupament de producte mèdic i biomèdic. Aquest punt s'estudiarà i s'avaluarà la seva possible introducció en pròxim cursos vinculant-ho amb l'assignatura obligatòria de Gestió de Projectes en l'enginyeria del mateix ensenyament.





## 5. Conclusions

A partir d'aquesta primera experiència d'aprenentatge basat en projectes en l'àrea d'electrònica per a Enginyers Biomèdics podem concloure que, per les dues assignatures implicades: d'Electrònica Aplicada i "Biomedical Instruments and Equipments", ha estat molt satisfactòria. S'ha pogut reforçar l'aprenentatge de les competències (comentades en l'informe Apartat 3) de l'alumnat de forma important. A més a més, s'ha constatat que aquesta metodologia genera un alt interès als alumnes creant més implicació per la seva part.

Per tal de desenvolupar amb normalitat la metodologia PBL en ambdues assignatures s'han creat tots els materials necessaris. Dins aquest material podem trobar, guies d'ús d'equipament, manuals de laboratori, desenvolupadors de prototipatge, plaques de circuit imprès, etc... així com les diferents explicacions teòrica dels sistemes electrònics utilitzats.

Els alumnes han valorat positivament la nova metodologia de forma general. Consideren que els permet aprofitar molt més l'espai de laboratori i els acostava en major mesura a una experiència més semblant al treball en enginyeries. També comenten que aquesta és una forma més propera i útil per treballar els equipaments electrònics i que els permet comprendre'ls de forma més clara amb exemples propis del camp de l'enginyeria biomèdica.

D'altra banda, el professorat considera que la nova metodologia és una bona eina que permet establir una implicació més elevada per part dels estudiants a la vegada que permet treballar en detall les competències implicades en l'ús i desenvolupament d'equips electrònics.

Aquesta primera experiència a permès crear les bases per seguir evolucionant i millorant el laboratori basat en projectes en les assignatures d'Electrònica Aplicada i "Biomedical Instruments and Equipments". En aquest sentit, a partir d'aquesta experiència es treballarà en millorar contínuament les eines, tant d'alumnes com de professors, per millorar la transmissió de continguts i implicació dels participants. En aquest sentit, s'estudiarà la possibilitat d'introduir noves metodologies com "Aula Inversa" juntament amb PBL per així potenciar encara més el temps i el treball de laboratori.

També, com a treball futur, es vol realitzar un estudi per obtenir informació directe tant dels estudiants com dels ocupadors, un cop introduïts al món laboral. D'aquesta manera es podrà avaluar quines millores es poden aplicar per contextualitzar millor la metodologia en les assignatures, sobretot en l'assignatura "Biomedical Instruments and Equipments". També s'estudiarà la possibilitat d'emprar la tarja NI myDAQ de National Instrument per treballar de forma real mitjançant virtualització amb ordinadors..

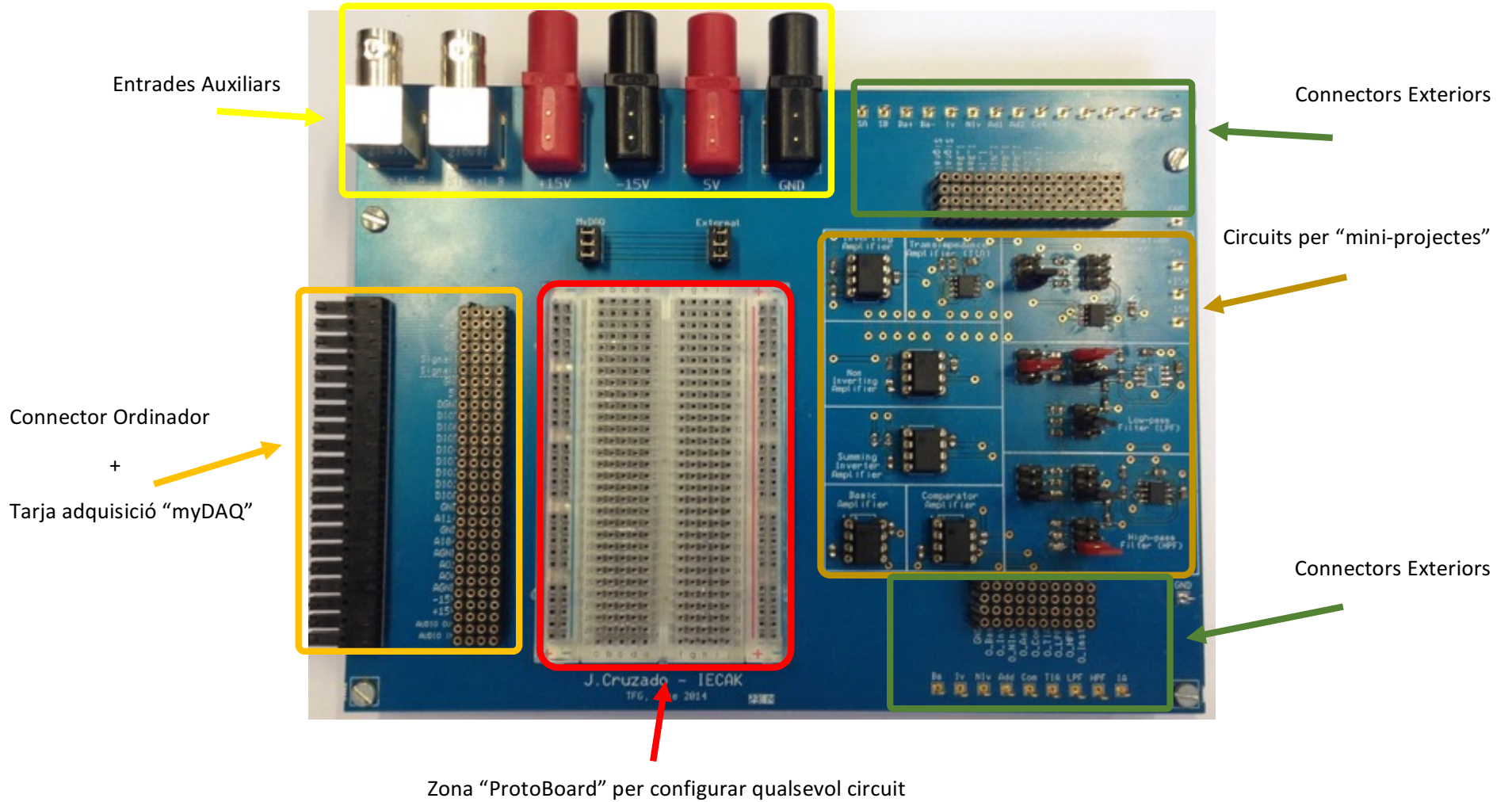


## 6. Referències bibliogràfiques

- [1] Competències transversals de la Universitat de Barcelona. Dipòsit Digital de la UB Universitat de Barcelona. 29-abr-2008. <http://hdl.handle.net/2445/2941>
- [2] López Sánchez, J.; Miribel i Català, P.L.; Colomer i Farrarons, J.; Carmona Flores, M.; Sieiro Córdoba, J.; Ruiz Sánchez, O.; Sánchez Marquez, G.C. Evaluación de Competencias mediante Rúbricas en el área de la Electrónica Analógica. VIII Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación CIDUI'14 Tarragona ESPANYA. 2014.
- [3] Coordinación Vertical del Área de la Electrónica: Aplicación en el Grado de Ingeniería Electrónica de TelecomunicaciónXX Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas CUIEET'12. Las Palmas de Gran Canarias. ESPANYA 2012.
- [4] Colomer-Farrarons, J.; Miribel-Català, P. An experience of a multidisciplinary activity in a biomedical master degree. IEEE Engineering Education EDUCON'10. Madrid. ESPANYA 2010.
- [5] López Sánchez, J.; Sánchez Grandia, R.; Zacarés Garcia, J.F.; Aznar Jiménez, M.; Contreras Brull, V.; Llorca Martínez, J.; Ruíz Muñoz, A.; Pastor Benlloch, J.M. Proyecto Multidisciplinar de Robótica en el primer curso de Ingeniería . Experiencia Didáctica. VIII Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación CIDUI'14Tarragona ESPANYA.2014.
- [6] Aznar Jiménez, M.; Contreras Brull, V.; Llorca Martínez, J.; López Sánchez, J.; Sánchez Grandía, R.; Zacarés García, J. Design, development and outcomes of a teaching methodology based on an industrial project during the second year of the Bachelor Degree in Mechanical Engineering. International Congress on Education, Innovation and Learning Technologies ICEILT'14. Barcelona ESPANYA. 2014.
- [7] Sánchez Marquez, G.; López Sánchez, J.; Ortega Valera, A. Faculty Professional Development within the Domains of Pedagogical Content Knowledge in Engineering. 6th International Conference on Interactive Collaborative
- [8] Aznar, M.; Martínez, M.L.; Zacarés, J.; Ortega, A.; González-Espín, F.; López-Sánchez, J. Self-Managed Teams: An Integrated Approach to Engineering Education. IEEE EDUCON'12 (Engineering Education Conference) Collaborative Learning & New Pedagogic Approaches in Engineering Education. Marrakesh (MARROC) 2012.
- [9] Martínez, M.; Zacarés, J.; Llorca, J.; Ortega, A.; Ribelles, R.; González-Espín, F.; López, J. Aplicación de las TICs en la coevaluación de proyectos integrados en los nuevos grados. II Conference International FINTDI'11 Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería' Teruel. ESPANYA. 2011.
- [10] Zacarés, J.; López, J.; Martínez, M.; Contreras, V.; González-Espin, F.; Llorca, J.; Ortega, A.; Ribelles, R. Diseño de un proyecto interdisciplinar de robótica aplicado a primer curso de grado de ingeniería. XIX Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas CUIEET'11. Barcelona ESPANYA. 2011
- [11] J. López Sánchez, G. Sánchez Marquez , A. Ortega Valera, M. García Giménez, V. Aucejo Galindo, J. Llorca Martínez, R. Martínez García. Estrategias para la Formación y Evaluación de Competencias en los Proyectos de Ingeniería Industrial. XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET'08). Cadiz, ESPANYA, 2008



7. ANNEXE 1: Sistema de ràpid prototipatge de circuits (Dimensions 210 x 148 mm)





## 8. ANNEXE 2: Sensors “Biomedical Instruments and Equipment”

### BioMedical Instruments and Equipment

### Laboratory Sensors

J. Colomer Farrarons 2014-2015

Type	Model	Vendor	Available	Quantity	Webpage
Analog Proto Board Adapter	BTA-ELV Pinouts	Vernier Vernier	Yes	13	<a href="http://www.vernier.com/products/accessories/bta-elv/">http://www.vernier.com/products/accessories/bta-elv/</a> <a href="http://www.vernier.com/support/sensor-pinouts/">http://www.vernier.com/support/sensor-pinouts/</a>
Blood Pressure Sensor	BP-BTA	Vernier	Yes	2	<a href="http://www.vernier.com/products/sensors/bps-bta/">http://www.vernier.com/products/sensors/bps-bta/</a> <a href="http://www.vernier.com/experiments/epv/9/blood_pressure/">http://www.vernier.com/experiments/epv/9/blood_pressure/</a>
Spirometer	SPR-BTA	Vernier	Yes	2	<a href="http://www.vernier.com/products/sensors/spr-bta/">http://www.vernier.com/products/sensors/spr-bta/</a>
O2 Gas Sensor	O2-BTA	Vernier	Yes	2	<a href="http://www.vernier.com/products/sensors/o2-bta/?search=O2&amp;category=autosuggest">http://www.vernier.com/products/sensors/o2-bta/?search=O2&amp;category=autosuggest</a>
Hand-Grip Heart Rate Monitor	HGH-BTA	Vernier	Yes	2	<a href="http://www.vernier.com/products/sensors/hgh-bta/?search=heart%20rat&amp;category=autosuggest">http://www.vernier.com/products/sensors/hgh-bta/?search=heart%20rat&amp;category=autosuggest</a>
Surface Temperature Sensor	STS-BTA	Vernier	Yes	2	<a href="http://www.vernier.com/products/sensors/sts-bta/?search=heart%20rat&amp;category=autosuggest">http://www.vernier.com/products/sensors/sts-bta/?search=heart%20rat&amp;category=autosuggest</a>
Hand Dynamometer	HD-BTA	Vernier	Yes	1	
EKG Sensor	EKG-BTA	Vernier	Yes	1	
Alcohol Gas Sensor MQ-3	SEN-08880	sparkfun	Yes	3	<a href="https://www.sparkfun.com/products/8880">https://www.sparkfun.com/products/8880</a>
Pulse Sensor	SEN-11574	sparkfun	Yes	5	<a href="https://www.sparkfun.com/products/11574">https://www.sparkfun.com/products/11574</a>
Humidity Sensor - HIH-4030 Breakout	SEN-09569	sparkfun	Yes	2	<a href="https://www.sparkfun.com/products/9569">https://www.sparkfun.com/products/9569</a>
Triple Axis Accelerometer ADXL337	SEN-12786	sparkfun	Yes	2	<a href="https://www.sparkfun.com/products/12786">https://www.sparkfun.com/products/12786</a>
Temperature Sensor - Waterproof	SEN-11050	sparkfun	Yes	1	<a href="https://www.sparkfun.com/products/11050">https://www.sparkfun.com/products/11050</a>
Infrared Thermometer MLX90614	SEN-09570	sparkfun	Yes	1	<a href="https://www.sparkfun.com/products/9570">https://www.sparkfun.com/products/9570</a>
Tilt Sensor AT407	SEN-10289	sparkfun	Yes	3	<a href="https://www.sparkfun.com/products/10289">https://www.sparkfun.com/products/10289</a>
Single Axis Accelerometer ADXL193	SEN-09332	sparkfun	Yes	1	<a href="https://www.sparkfun.com/products/9332">https://www.sparkfun.com/products/9332</a>
Single Lead Heart Rate Monitor	SEN-12650	sparkfun	Yes	1	<a href="https://www.sparkfun.com/products/12650">https://www.sparkfun.com/products/12650</a>
Force Sensitive Resistor 0.5"	SEN-09375	sparkfun	Yes	2	<a href="https://www.sparkfun.com/products/9375">https://www.sparkfun.com/products/9375</a>
Force Sensitive Resistor Square	SEN-09376	sparkfun	Yes	2	<a href="https://www.sparkfun.com/products/9376">https://www.sparkfun.com/products/9376</a>
Piezo Element	SEN-10293	sparkfun	Yes	5	<a href="https://www.sparkfun.com/products/10293">https://www.sparkfun.com/products/10293</a>
Methane CNG Gas Sensor - MQ-4	SEN-09404	sparkfun	Yes	5	<a href="https://www.sparkfun.com/products/9404">https://www.sparkfun.com/products/9404</a>
LED KIT	COM-12062	sparkfun	Yes	50	<a href="https://www.sparkfun.com/products/12062">https://www.sparkfun.com/products/12062</a>
Resistor KIT	COM-10969	sparkfun	Yes	2	<a href="https://www.sparkfun.com/products/10969">https://www.sparkfun.com/products/10969</a>
PIR Motion Sensor	SEN-08630	sparkfun	Yes	1	<a href="https://www.sparkfun.com/products/8630">https://www.sparkfun.com/products/8630</a>
Grove - GSR	SEN01400P	seeedstudio	Yes	1	<a href="http://www.seeedstudio.com/depot/grove-gsr-p-1614.html?cPath=25_29">http://www.seeedstudio.com/depot/grove-gsr-p-1614.html?cPath=25_29</a>
Ear-clip Heart Rate Sensor	MED03212P	seeedstudio	Yes	1	<a href="http://www.seeedstudio.com/depot/grove-earclip-heart-rate-sensor-p-1116.html?cPath=25_29">http://www.seeedstudio.com/depot/grove-earclip-heart-rate-sensor-p-1116.html?cPath=25_29</a>
Finger Clip blood oxygen sensor	MED60314M	seeedstudio	No	1	<a href="http://www.seeedstudio.com/depot/finger-clip-blood-oxygen-sensor-p-856.html?cPath=25_29">http://www.seeedstudio.com/depot/finger-clip-blood-oxygen-sensor-p-856.html?cPath=25_29</a>
Pressure Sensor (10kPa)	MPX2010DP	Freescale	Yes	1	<a href="http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2010.pdf">http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2010.pdf</a>
Pressure Sensor (100kPa)	MPX2100AP	Freescale	Yes	1	<a href="http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2100.pdf">http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2100.pdf</a>
Memsic 2125 Dual-axis Accelerometer	28017-ND	Digikey Parallax	Yes	3	<a href="http://www.digikey.es/product-search/en/programmers-development-systems/evaluation-boards-sensors/2622557?k=28017-nd">http://www.digikey.es/product-search/en/programmers-development-systems/evaluation-boards-sensors/2622557?k=28017-nd</a> <a href="http://www.parallax.com/product/28017">http://www.parallax.com/product/28017</a>
MXR2999EL-B (Evaluation Board)	1267-1023-ND	Digikey	Yes	2	<a href="http://www.digikey.es/product-search/en?vendor=0&amp;keywords=1267-1023-nd">http://www.digikey.es/product-search/en?vendor=0&amp;keywords=1267-1023-nd</a> <a href="http://www.memsic.com/accelerometers/MXR2999EL">http://www.memsic.com/accelerometers/MXR2999EL</a>
<b>Do It Yourself (DIY) OPTIONS/EXAMPLES</b>					
Muscle Sensor v3 Kit	SEN-11776	sparkfun			<a href="https://www.sparkfun.com/products/11776">https://www.sparkfun.com/products/11776</a>
ECG Machine		SWHarden			<a href="http://www.swharden.com/blog/2009-08-14-diy-ecg-machine-on-the-cheap/">http://www.swharden.com/blog/2009-08-14-diy-ecg-machine-on-the-cheap/</a>
ECG + Pulse Oximeter		SWHarden			<a href="http://www.swharden.com/blog/2013-04-14-simple-diy-ecg-pulse-oximeter-version-2/">http://www.swharden.com/blog/2013-04-14-simple-diy-ecg-pulse-oximeter-version-2/</a>
Potentiostat		PLOSone			<a href="http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0023783">http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0023783</a>
Heart Rate Monitor		NI			<a href="http://www.ni.com/white-paper/14248/en/">http://www.ni.com/white-paper/14248/en/</a>





## BIOMEDICAL INSTRUMENTS AND EQUIPMENT

# LAB Manual: INTRODUCTION TO DATA ACQUISITION WITH MYDAQ



**Authors:**

**Laura Ortega Tañá**

**Dr. Jordi Colomer Farrarons**

## Index

Lab Session 1 Presentation and MyDAQ connection to a protoboard.....	3
1.1. NI myDAQ .....	3
1.2. Protoboard .....	4
1.3. MyDAQ and Protoboard connection .....	5
1.4. First measurements with NI ELVISmx.....	6
Lab Session 2 Generating an Analog/Digital signal.....	9
2.1. Generating an analog signal with myDAQ and reading the analog signal with NI ELVISmx .....	9
2.1.1. Generating an analog signal with myDAQ.....	9
2.1.2. Reading an analog signal with NI ELVISmx .....	13
2.2. Generating an analog signal with myDAQ and reading the analog signal with an external Oscilloscope .....	16
2.2.1. Generating an analog signal with myDAQ.....	16
2.2.2. Reading an analog signal with an external Oscilloscope .....	16
2.3. Generating a digital signal with myDAQ and reading the digital signal with NI ELVISmx .....	17
2.3.1. Generating a digital signal with myDAQ .....	17
2.3.2. Reading a digital signal with NI ELVISmx .....	21
2.4. Generating a digital signal with myDAQ and reading the digital signal with an external Oscilloscope .....	23
2.4.1. Generating a digital signal with myDAQ .....	23
2.4.2. Reading a digital signal with an external Oscilloscope.....	23
Lab Session 3 Reading an Analog/Digital signal.....	25
3.1. Generating an analog signal with NI ELVISmx and reading with the analog input ports of myDAQ .....	25
3.1.1. Generating the analog signal with NI ELVISmx .....	25
3.1.2. Reading the analog signal with myDAQ .....	27
3.2. Generating an analog signal with an external signal generator and reading with the analog input ports of myDAQ .....	30
3.2.1. Generating the analog signal with an external signal generator.....	30
3.2.2. Reading the analog signal with myDAQ .....	31
3.3. Generating a digital signal with NI ELVISmx and reading with the Digital Input ports of myDAQ .....	32

3.3.1.	Generating the digital signal with NI ELVISmx.....	32
3.3.2.	Reading the digital signal with myDAQ.....	33
<b>3.4.</b>	<b>Generating a digital signal with an external signal generator and reading with the Digital Input ports of myDAQ .....</b>	<b>37</b>
3.4.1.	Generating the digital signal with an external signal generator .....	37
3.4.2.	Reading the digital signal with myDAQ.....	38
Lab Session 4	Blinking a LED .....	40
4.1	<b>Blinking a LED with an analog channel of myDAQ .....</b>	<b>40</b>
4.2	<b>Blinking a LED with a digital channel of myDAQ .....</b>	<b>42</b>
Lab Session 5	Generating, amplifying and reading an ECG signal with myDAQ.....	44
5.1.	<b>Generating the ECG signal by simulation.....</b>	<b>44</b>
5.2.	<b>Reading the ECG signal with myDAQ.....</b>	<b>46</b>
Annex	.....	48

## Lab Session 1

# Presentation and MyDAQ connection to a protoboard

MyDAQ is the most important device that will be used during this Lab Sessions.

By connecting sensors and implementing a LabVIEW program to control the system you should be able to create a medical application. NI myDAQ is the device which will connect your sensors and its associated electronic circuit (if it is required) to your computer.

### 1.1. NI myDAQ

NI myDAQ, shown in Figure 1, is a low-cost portable data acquisition (DAQ) device that uses NI LabVIEW-based software instruments, allowing students to measure and analyse real-world signals.

NI myDAQ is ideal for exploring electronics and taking sensor measurements. Combined with NI LabVIEW on the PC, students can analyse and process acquired signals and control simple processes anytime, anywhere.



Figure 1 NI myDAQ

NI myDAQ has several analog, digital, input and output ports, as shown in Figure 2, which allows the user to write or read any signal with the device. The function of each port is specified at Table 1.



Figure 2 Input and Output ports of myDAQ

*Table 1 Input and Output ports of myDAQ*

Port	Type	Function
<b>Audio IN</b>	Analog Input	Read
<b>Audio OUT</b>	Analog Output	Write
<b>+ 15V</b>	Power supply	Write
<b>- 15V</b>	Power supply	Write
<b>AGND</b>	Analog Ground	
<b>AO0</b>	Analog Output	Write
<b>AO1</b>	Analog Output	Write
<b>AI0+</b>	Analog Input	Read
<b>AI0-</b>	Analog Input	Read
<b>AI1+</b>	Analog Input	Read
<b>AI1-</b>	Analog Input	Read
<b>DIO0</b>	Digital Input/Output	Read/Write
<b>DIO1</b>	Digital Input/Output	Read/Write
<b>DIO2</b>	Digital Input/Output	Read/Write
<b>DIO3</b>	Digital Input/Output	Read/Write
<b>DIO4</b>	Digital Input/Output	Read/Write
<b>DIO5</b>	Digital Input/Output	Read/Write
<b>DIO6</b>	Digital Input/Output	Read/Write
<b>DIO7</b>	Digital Input/Output	Read/Write
<b>DGND</b>	Digital Ground	
<b>5V</b>	Power supply	Write

## 1.2. Protoboard

During the development of your medical application you may need to implement an electronic circuit to connect the sensors and condition the signal before being read by myDAQ. The main parts of the protoboard are shown in Figure 3 and explained in Table 2.

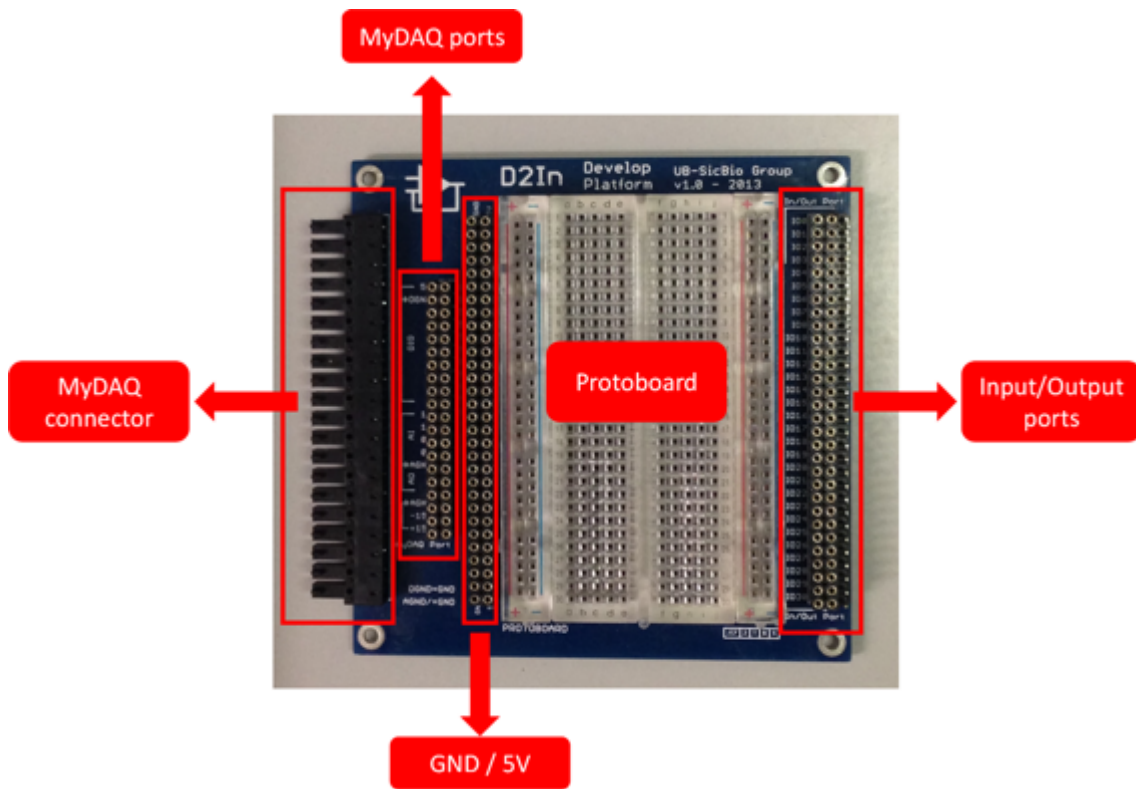


Figure 3 Protoboard main parts

Table 2 Parts and functions of the protoboard

Part	Function
<b>myDAQ connector</b>	Connects the protoboard with myDAQ
<b>myDAQ ports</b>	Pins which corresponds to the physical ports of myDAQ. By wiring the protoboard with these pins you will read or write the signal depending on the ports you are using
<b>GND / 5V</b>	Ground and 5V Power supply pins respectively
<b>Protoboard</b>	Holey construction base for prototyping the sensor
<b>Input/Output ports</b>	Pins for introducing or extracting signal

### 1.3. MyDAQ and Protoboard connection

As mentioned before, myDAQ and the protoboard are connected by the myDAQ connector, as shown in Figure 4.

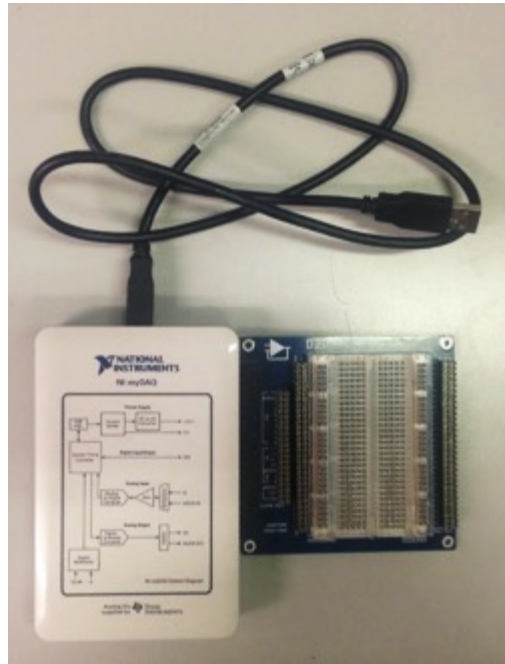


Figure 4 MyDAQ and protoboard connection

Before connecting myDAQ to the computer you should install all drivers with the disc provided by National Instruments in myDAQ box called *NI myDAQ Software Suite 4.4*. During this installation three programs will be installed:

1. NI ELVISmx 4.4
2. NI LabVIEW 2012
3. NI Multisim 12.0

Then myDAQ must be connected to the computer to be run. Once connected the following program must start:

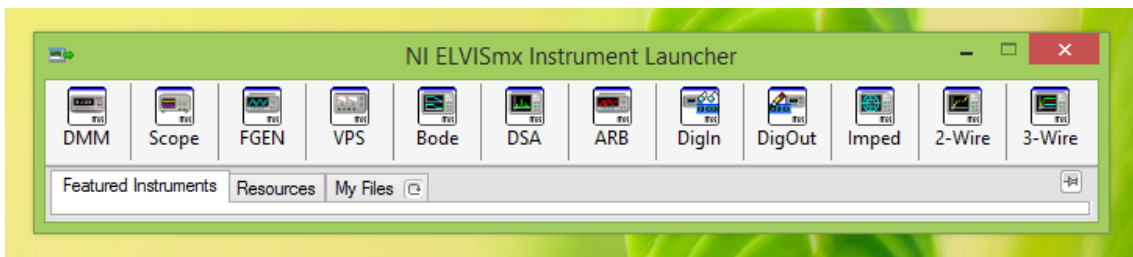


Figure 5 NI ELVISmx

NI ELVISmx Instrument Launcher is a software which provides 12 different software instruments and gives the user the functionality of common laboratory instruments.

## 1.4. First measurements with NI ELVISmx

To measure voltages or resistors, the **Digital Multimeter** of NI ELVISmx can be used, shown in Figure 6.



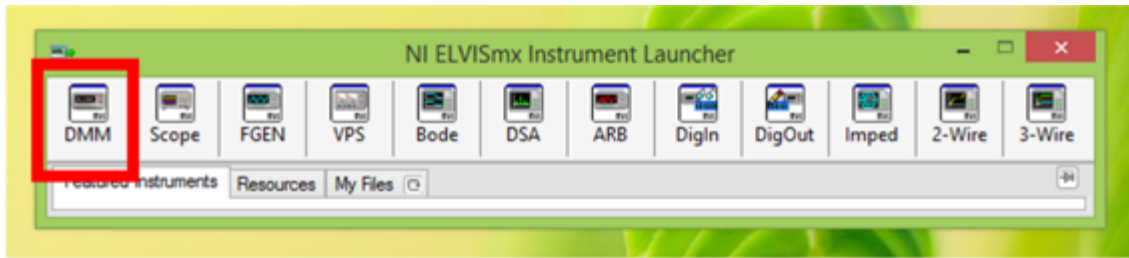


Figure 6 Digital Multimeter, NI ELVISmx

In this Lab Session a resistor is going to be measured, so the multimeter probes are needed to be introduced into myDAQ. The multimeter probes must be introduced as it is shown in Figure 7.

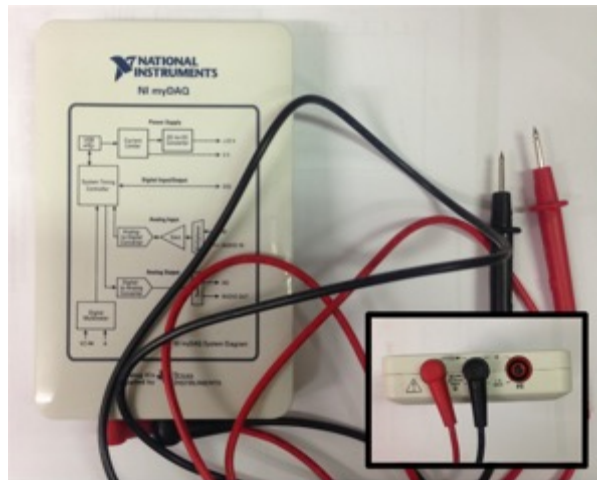


Figure 7 Digital Multimeter

Once you have introduced the probes, you could launch the Digital Multimeter from NI ELVISmx.

As in a common multimeter, you can choose between different options of reading such as DC Voltage, AC Voltage, DC Current, AC Current, Resistance, Capacitance, Inductance, Diode and Continuity.

Since during this Lab Session we will be measuring a resistor, the **Resistance** option of the Digital Multimeter has to be pressed. By placing the resistance, each lead at the different probes you will measure the resistor value, as shown in Figure 8.

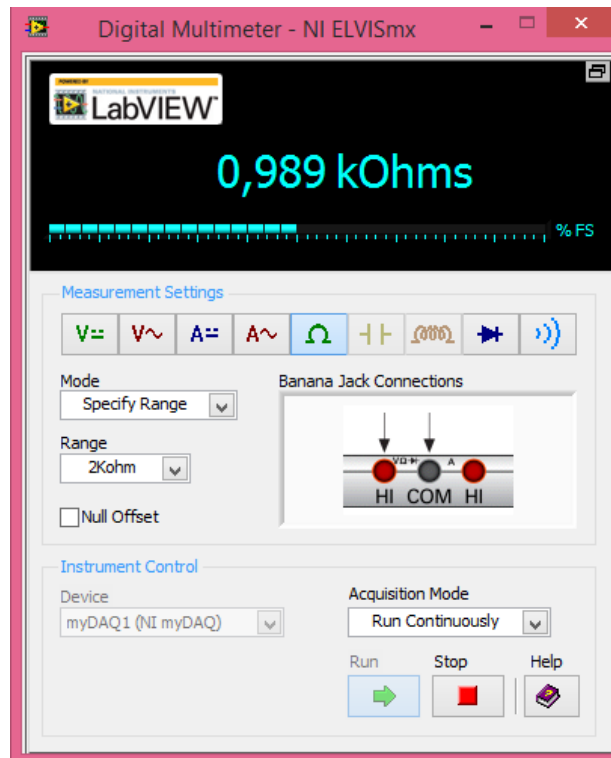


Figure 8 Measuring a resistor value

## Lab Session 2

### Generating an Analog/Digital signal

In this Lab Session different type of signals, analog and digital signals, will be generated with the different ports of myDAQ and read with the already presented NI ELVISmx and an external oscilloscope.

#### 2.1. Generating an analog signal with myDAQ and reading the analog signal with NI ELVISmx

##### 2.1.1. Generating an analog signal with myDAQ

To generate an analog signal with myDAQ it will be necessary to use the Analog Output ports shown in Figure 9.

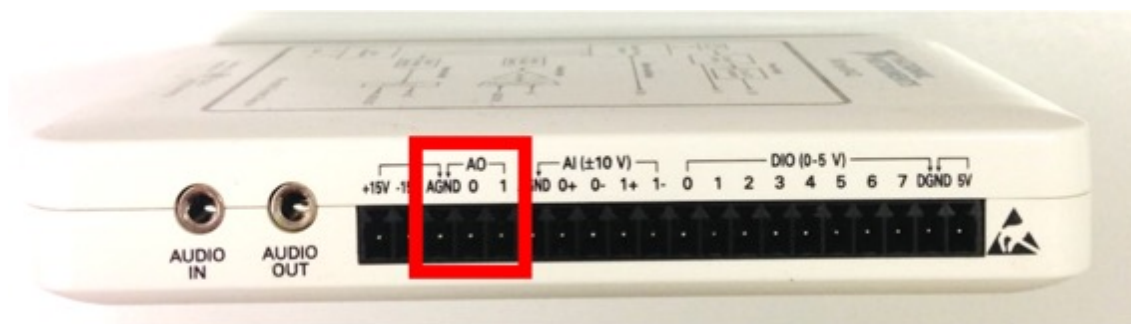


Figure 9 Analog Output channels of myDAQ

As shown in Figure 2 and Table 1 there are several Analog Output channels on NI myDAQ, but during this Lab Session only the AO0 and AO1 are going to be used (Figure 9). The two channels can be configured as either common voltage or audio output. They can update simultaneously and generate up to  $\pm 10V$  signals.

To perform the output of the signal, a LabVIEW program must be used. In this program all the necessary specifications of the signal will be added, always taking into account the technical specifications of myDAQ and the instrument which is going to read the signal.

For example, the LabVIEW program shown in Figure 10 is going to be implemented to generate the analog signal.

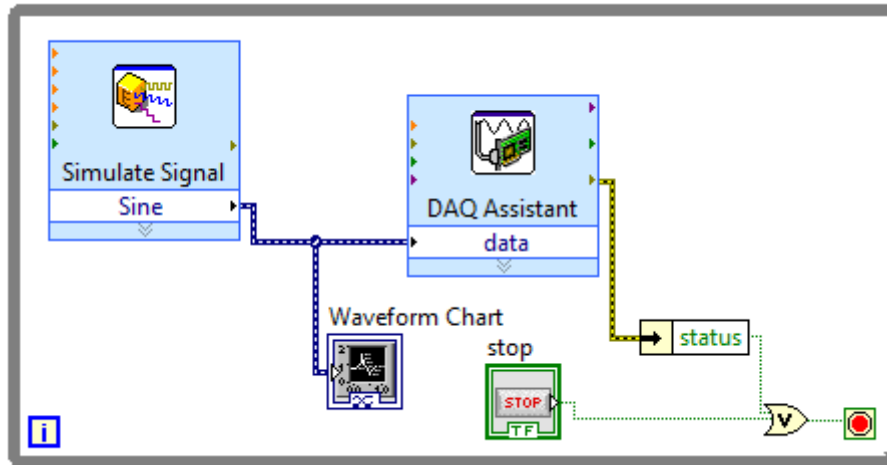


Figure 10 Analog signal generation

To implement this LabVIEW program the following steps will be needed to be taken:

1. Create a Blank VI.
2. In the Block Diagram: Left button >> Measurement I/O >> NI-DAQmx >> DAQ Assist.

In this step, a window like the Figure 11 will appear. That is the moment when you decide what type of signal you want to generate. At this step we will generate a voltage analog signal.

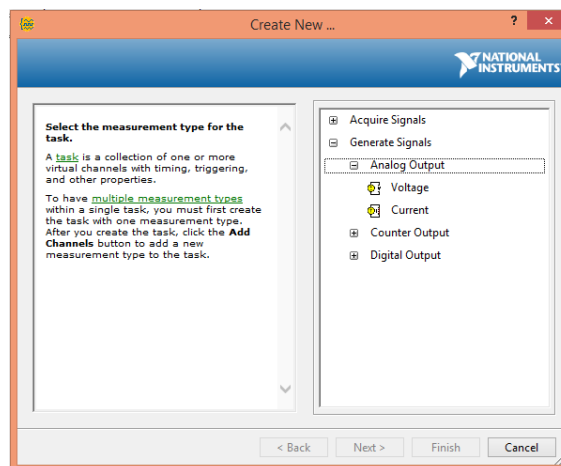


Figure 11 Selection of the type of signal to generate

Later, as shown in Figure 12, your myDAQ will appear with all the Analog Output channels. In this Lab Session we will select the AO0.

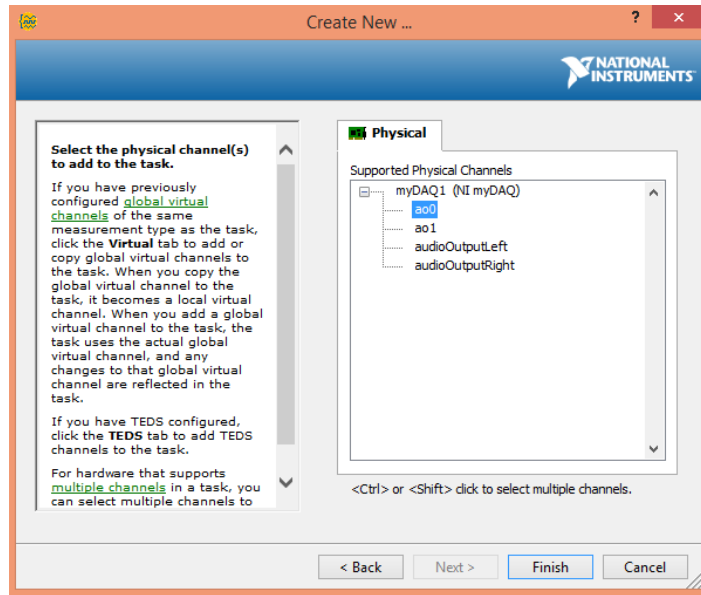


Figure 12 Possible Analog Output channels

Now, the signal specification window will appear, we will select a Sine Wave, with an output range of +10 to -10V and the Generation Mode will be Continuous samples, Figure 13.

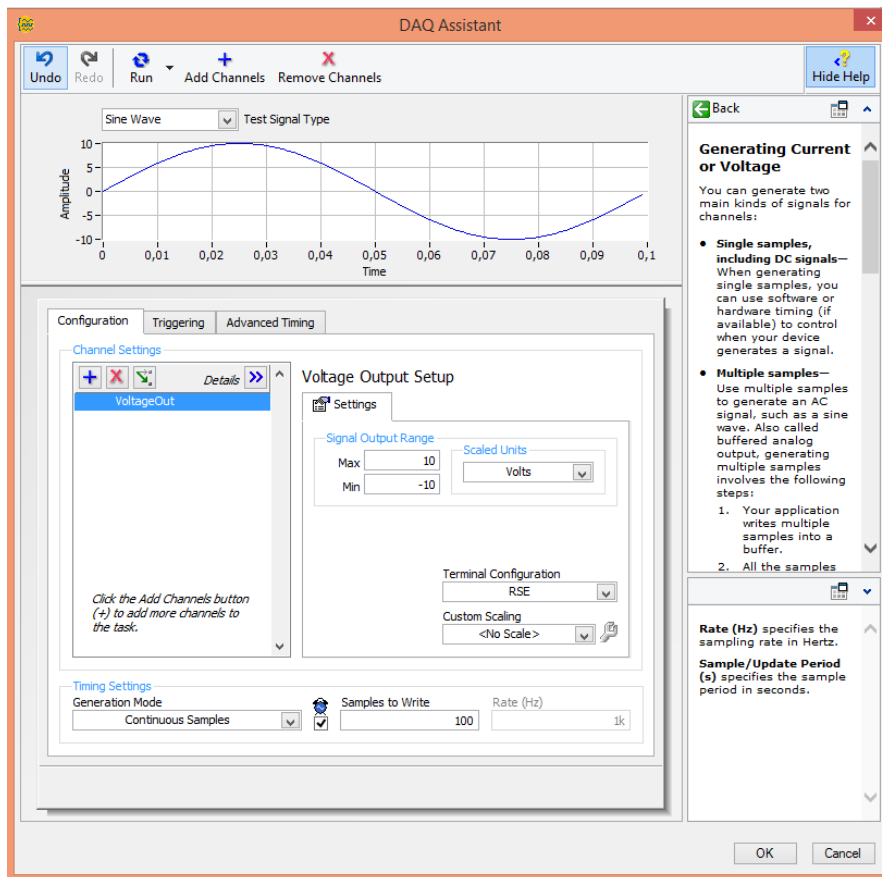


Figure 13 Signal output specifications

Then, the Figure 14 will appear on your Block Diagram

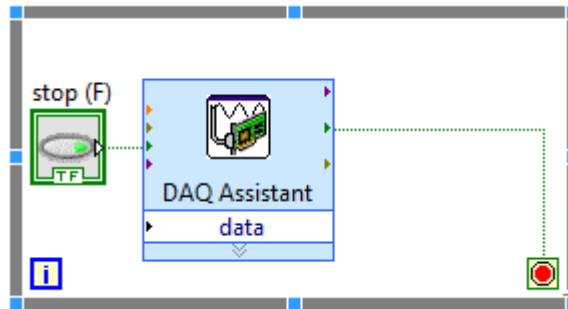


Figure 14 Block Diagram

Now, since you have specified the type of channel that you are going to use it is time to specify the signal to introduce. Follow the steps: In the Block Diagram: Left button >> Express >> Input >> Simulate Sig and the Figure 15 will appear.

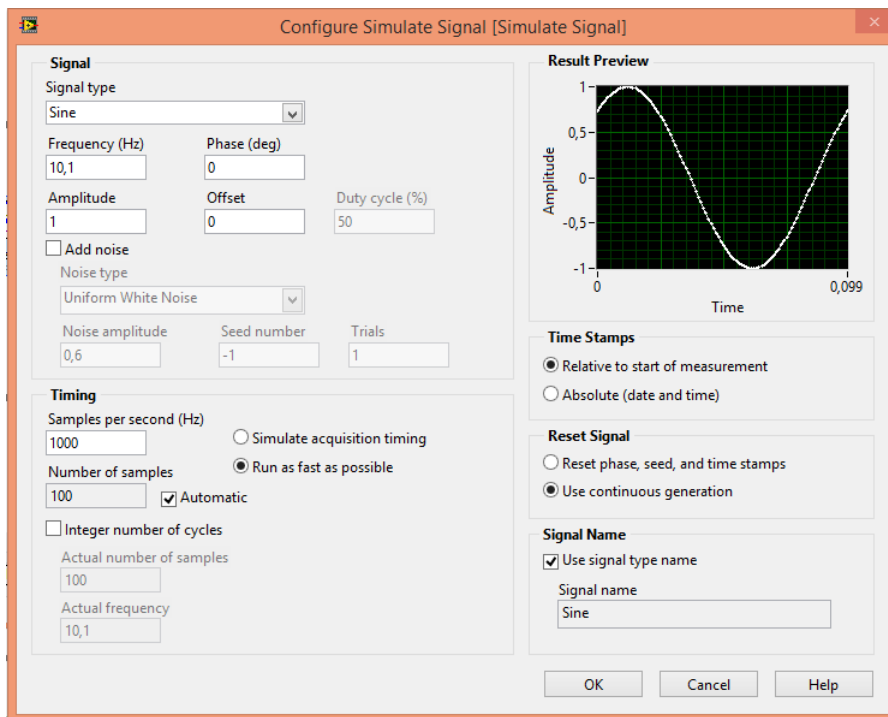


Figure 15 Simulated signal

The signal decided to be generated by myDAQ is a Sine with a Frequency of 10,1Hz and Amplitude of 1V.

By wiring the Simulate Signal function with the DAQ Assistant we will introduce the signal desired to be simulated. To visualize the type of signal we are generating a Waveform Chart indicator can be introduced. Finally the STOP button and the error status will be introduced into the stop function to stop if an error appears or manually the user press the STOP button.

The results from the Control Panel and the Block Diagram will be those shown in Figure 16 and Figure 17.

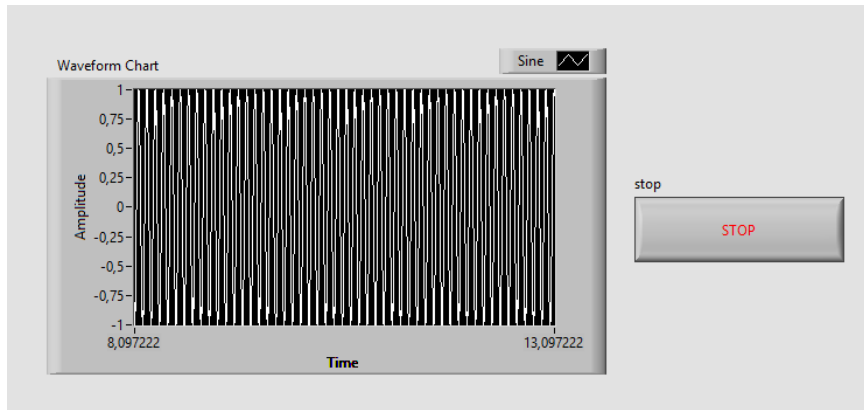


Figure 16 Control Panel for Generating an Analog signal

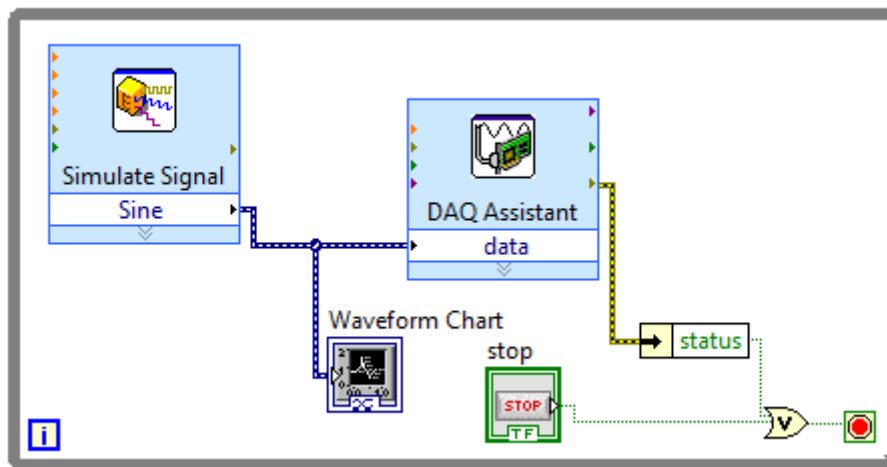


Figure 17 Block Diagram for Generating an Analog signal

### 2.1.2. Reading an analog signal with NI ELVISmx

To read an analog signal with NI ELVISmx the following virtual instruments can be used: **Oscilloscope**, **Dynamic Signal Analyzer** and **Bode Analyzer** instruments, shown in Figure 18.

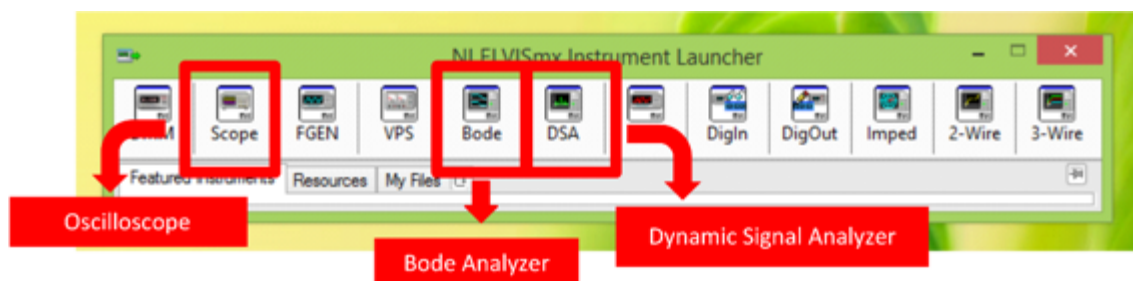


Figure 18 Analog signal analyzers of NI ELVISmx

For this Lab Session the **Oscilloscope** is the virtual instrument which will be used to read the analog signal. When opening the Oscilloscope virtual instrument in your computer you must see the Figure 19.

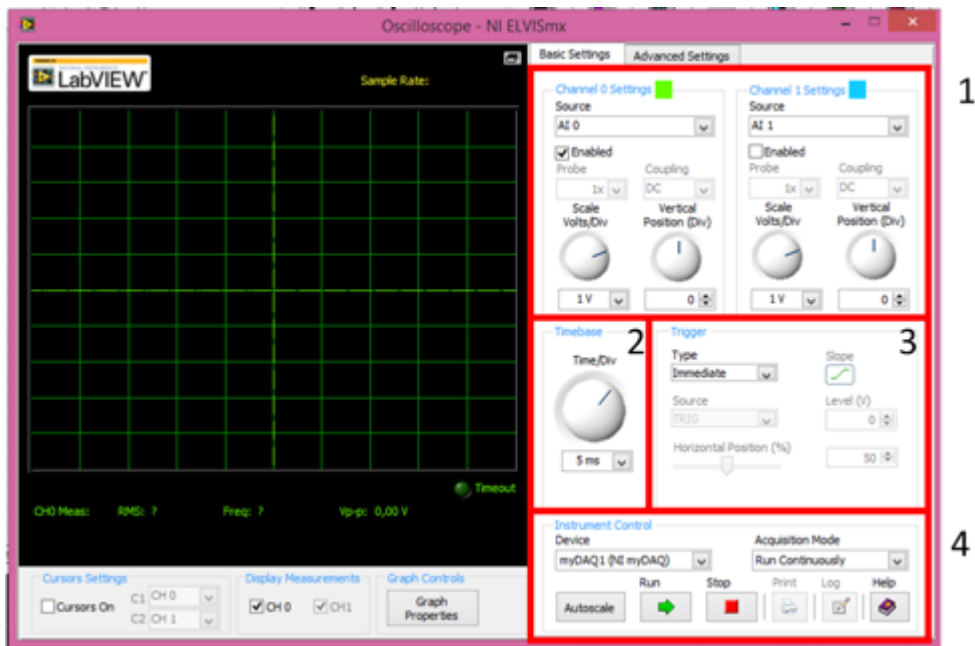


Figure 19 Oscilloscope from NI ELVISmx

Table 3 Settings of the Oscilloscope

Part	Function
1	Channel Settings: Channel selection, Scale
2	Timebase: Time scale on the window
3	Trigger: makes a capture of the window when desired
4	Instrument control

To read the analog signal from myDAQ with the virtual oscilloscope we need to connect the Analog Output port from which we are generating the signal (AO0) to an Analog Input port (AI), shown in Figure 20.

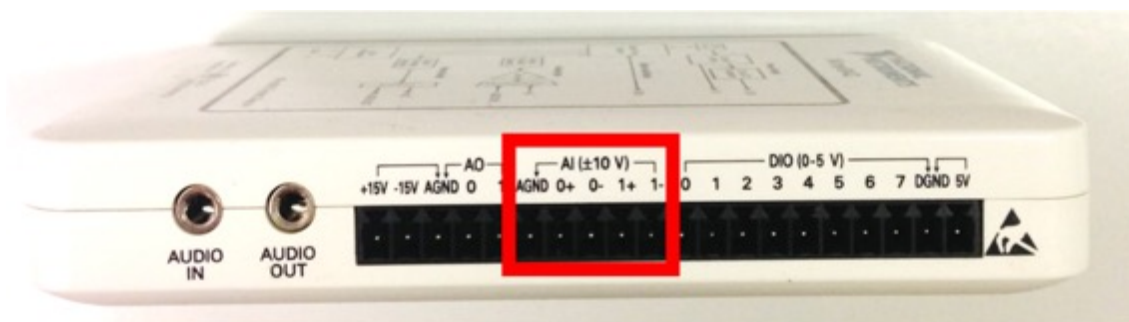


Figure 20 Analog Input channels of myDAQ



As it is shown in Figure 20, myDAQ has two different analog input channels that can be configured as general-purpose high-impedance differential voltage input or audio input. These Analog Input ports can't acquire simultaneously signals because they use the same analog-to-digital converter (ADC) to sample both channels, although it can measure at up to 200kS/s per channel.

So, to read the analog signal with the Analog Input ports you must shortcircuit the different Analog Grounds (AGND) and the negative Analog Negative Differential Input port (AI0-), shown in Figure 21.

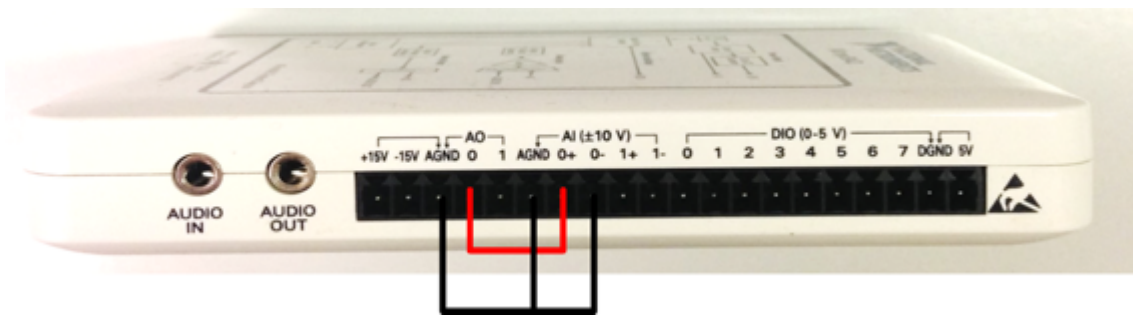


Figure 21 Connecting the Analog Output channel to the Analog Input channel of myDAQ

Finally for reading the signal generated by myDAQ with the Oscilloscope from NI ELVISmx you should run the LabVIEW programme already implemented and the Oscilloscope virtual instrument and the result will be that shown in Figure 22.

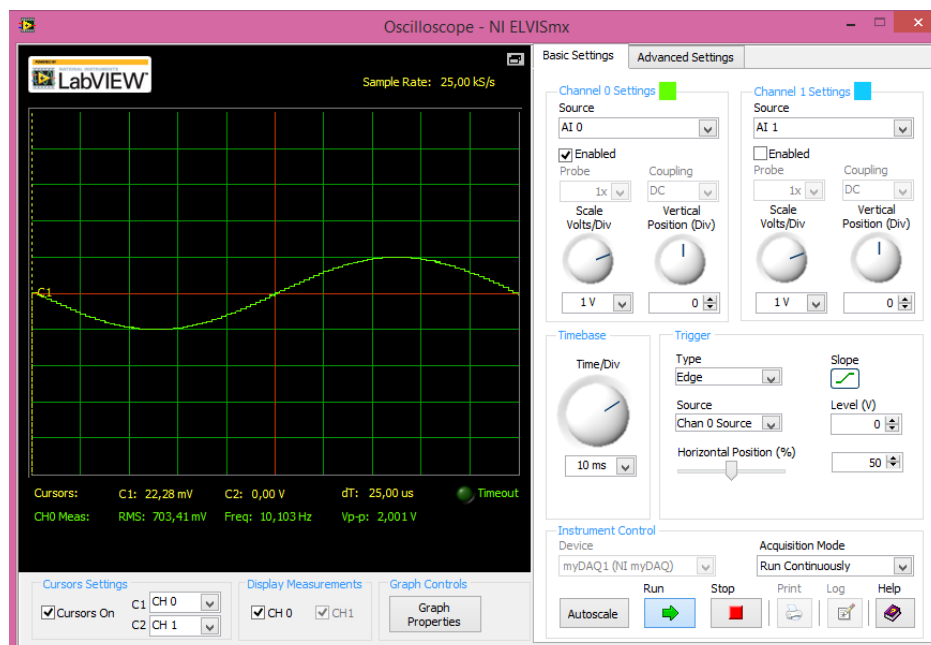


Figure 22 Analog signal read by the Oscilloscope

## 2.2. Generating an analog signal with myDAQ and reading the analog signal with an external Oscilloscope

### 2.2.1. Generating an analog signal with myDAQ

For generating the analog signal with myDAQ the previous LabVIEW program will be used (Figure 17).

### 2.2.2. Reading an analog signal with an external Oscilloscope

Then, to read the analog signal with an external oscilloscope, the probe must be connected to the Analog Output port where we are generating the signal and the reference probe (Black probe in Figure 23) to the reference of the port (AGND).



Figure 23 Connection of the Oscilloscope probe to Protoboard

Finally, when reading the analog signal generated with myDAQ with an external oscilloscope, the result must be that shown in Figure 24.

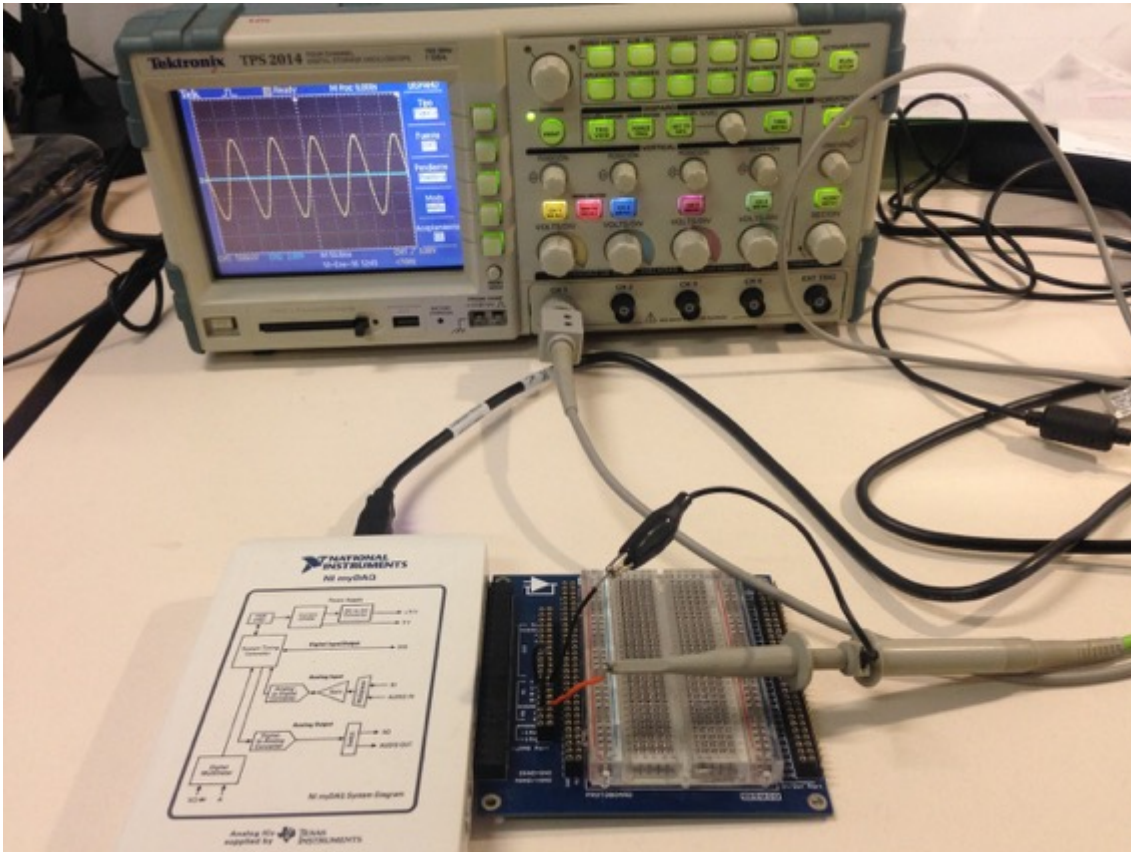


Figure 24 Final Setup for reading an analog signal with an external Oscilloscope

## 2.3. Generating a digital signal with myDAQ and reading the digital signal with NI ELVISMx

### 2.3.1. Generating a digital signal with myDAQ

To generate a digital signal with myDAQ it will be necessary to use the Digital Input/Output channels shown in Figure 25.

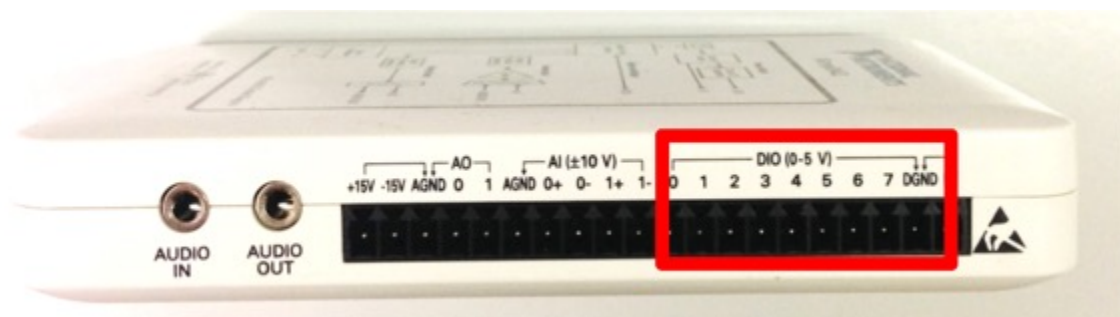


Figure 25 Digital Input/Output channels of myDAQ

As shown in Figure 25, myDAQ has 8 different Input/Output channels. Each line is a Programmable Function Interface, which means that it can be configured as a general-purpose software timed digital input or output.

To perform the output of the signal, a LabVIEW program must be used. In this program all the necessary specifications of the signal will be added, always taking into account the technical specifications of myDAQ and the instrument which is going to read the signal.

For example, the LabVIEW program shown in Figure 26 is going to be implemented to generate the digital signal.

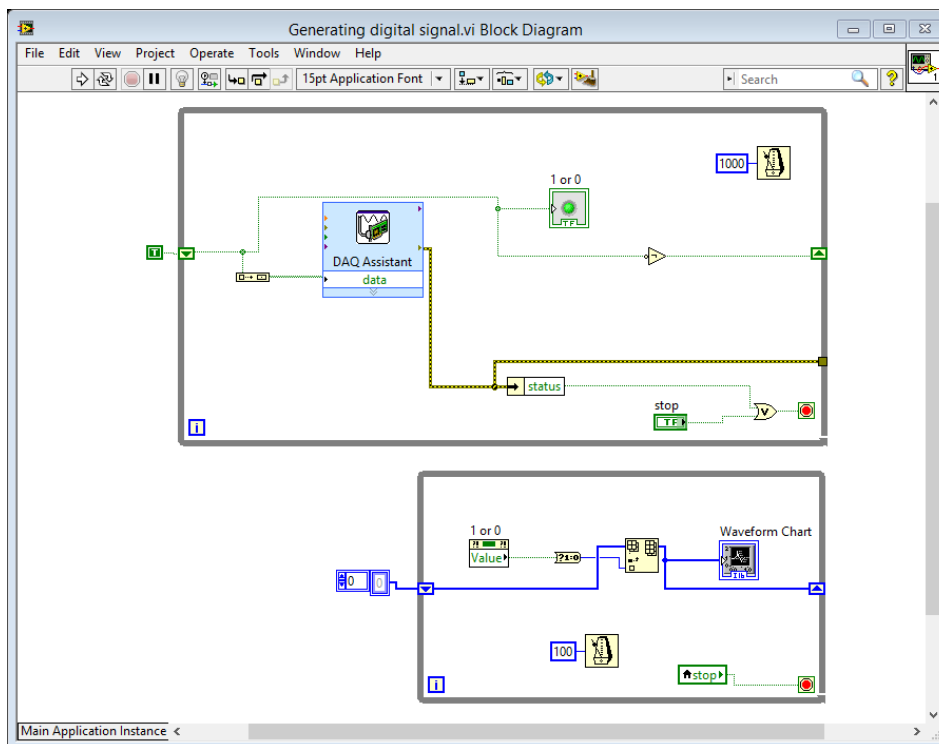


Figure 26 Digital signal generation

As previously, to implement this LabVIEW program the following steps will be needed to be taken:

1. Create a Blank VI.
2. In the Block Diagram: Left button >> Measurement I/O >> NI-DAQmx >> DAQ Assist.

In this step, a window like the Figure 27 will appear. That is the moment when you decide what type of signal you want to generate. At this step we will generate a digital signal in a Line Output.

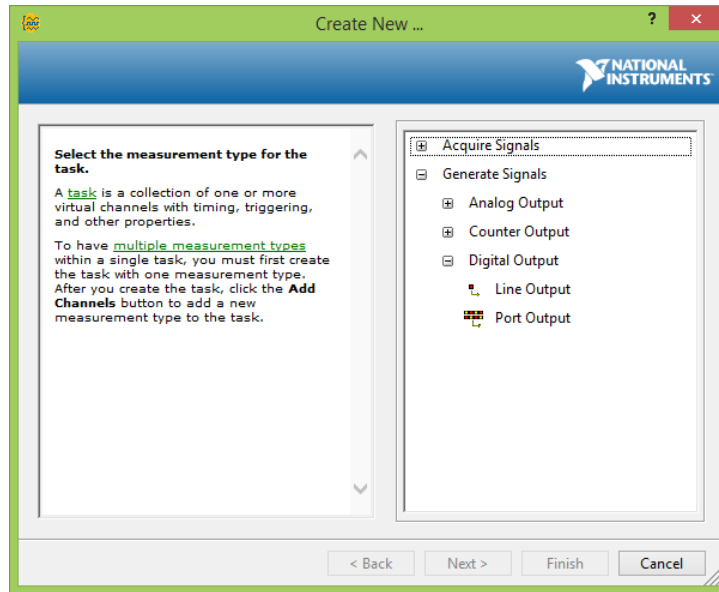


Figure 27 Selection of the type of signal to generate

Later, as shown in Figure 28, your myDAQ will appear with all the Digital Output channels. In this Lab Session we will select the port0/line0 to generate the digital signal.

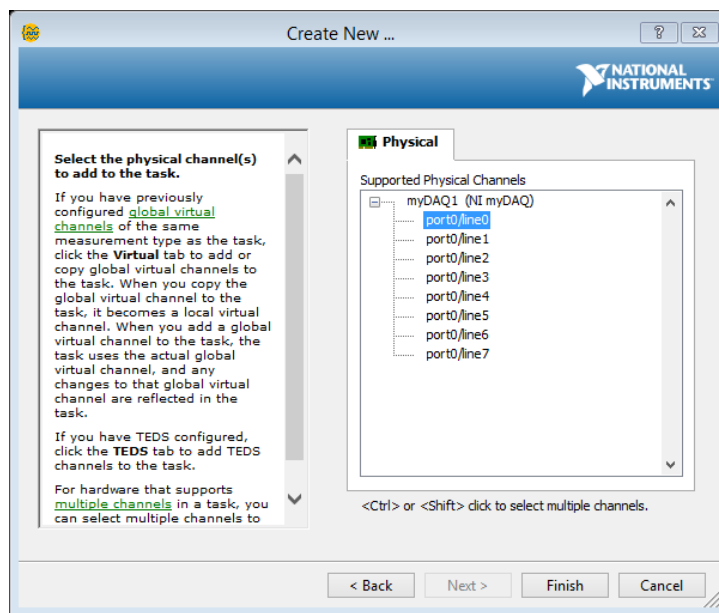


Figure 28 Possible Digital Output channels

Now, the signal specification window will appear, we configure the line as a DigitalOut, switched off as default.

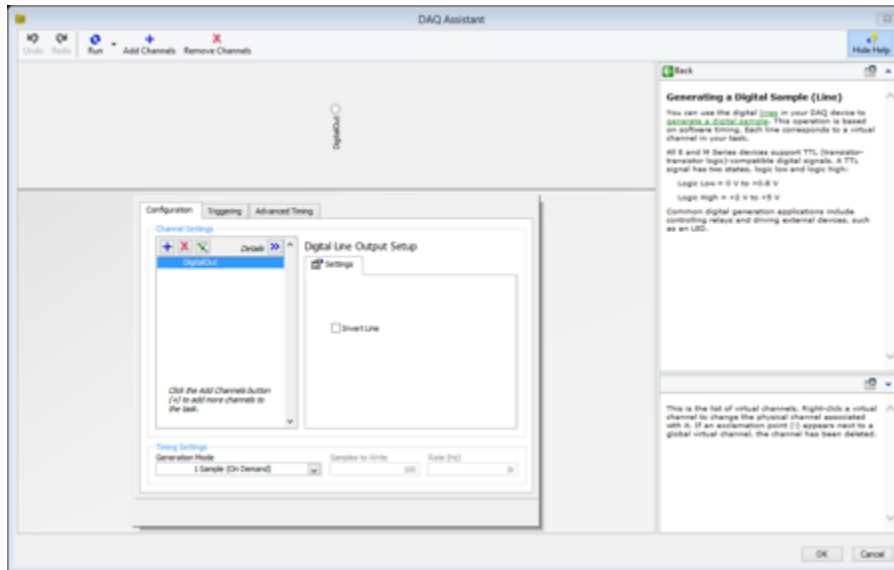


Figure 29 Signal Output specifications

Then, DAQ Assistant will appear in your block diagram.

Now, we will introduce the signal to be simulated programmatically, since there is not a digital signal in the Signal Express >> Input >> Simulate Sig. To generate the digital signal we will concatenate the two possible states of the signal (1 or 0 or in Boolean TRUE or FALSE), every 1s. To visualize the signal a LED and a Waveform Chart will be placed in the Front Panel, as shown in Figure 30 and Figure 31.

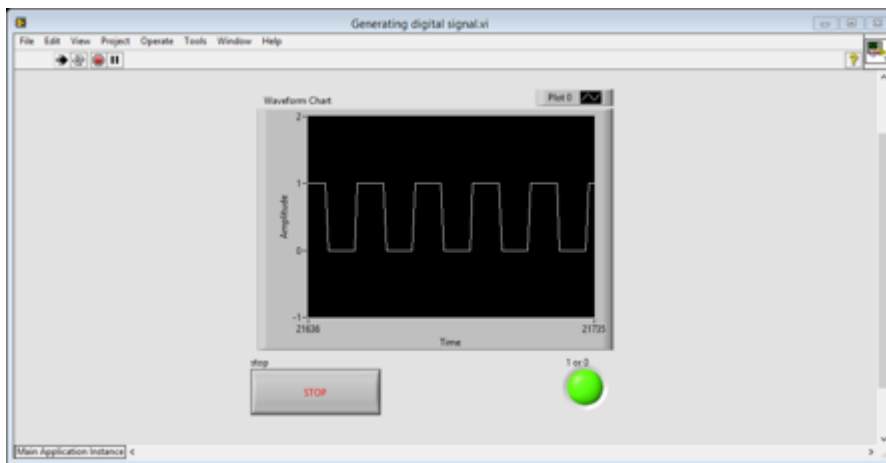


Figure 30 Control Panel for Generating a Digital Signal

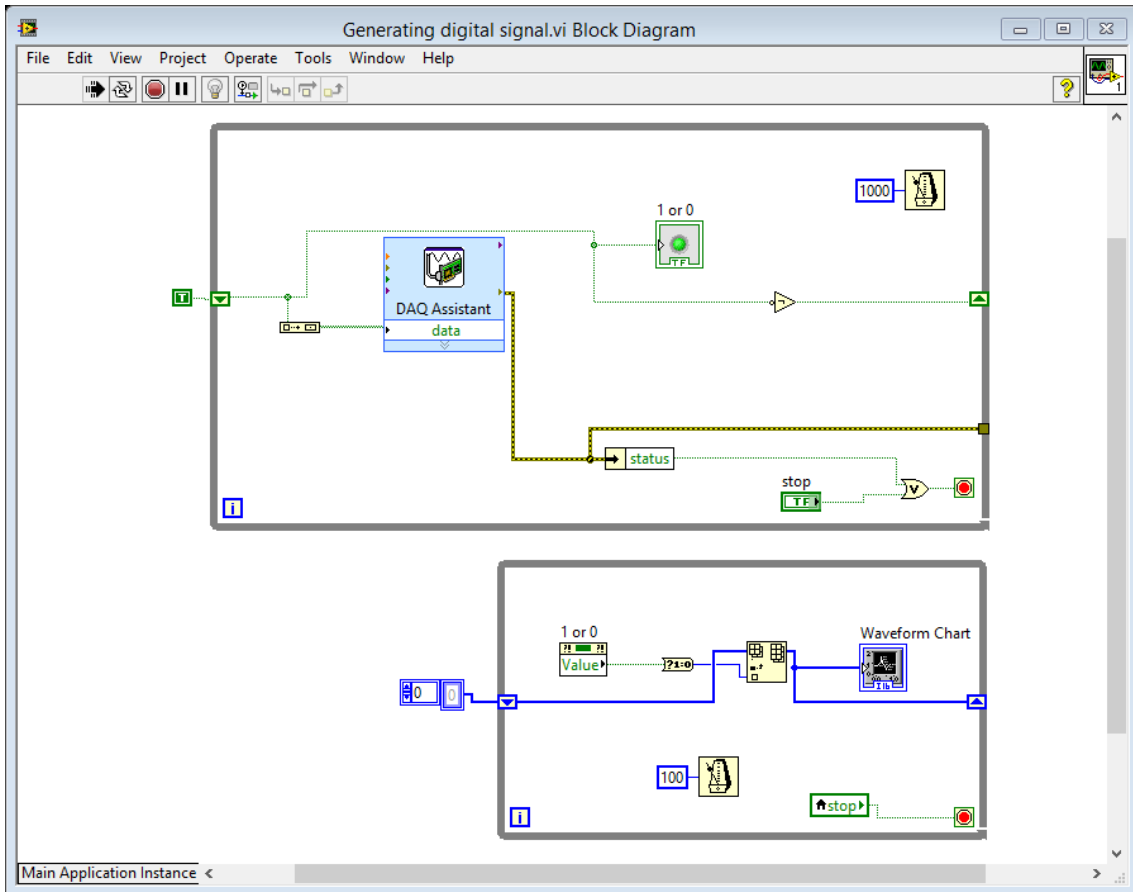


Figure 31 Block Diagram for Generating a Digital Signal

### 2.3.2. Reading a digital signal with NI ELVISmx

To read a digital signal with NI ELVISmx the virtual instrument which can be used is the **Digital Reader** instruments, shown in Figure 32.

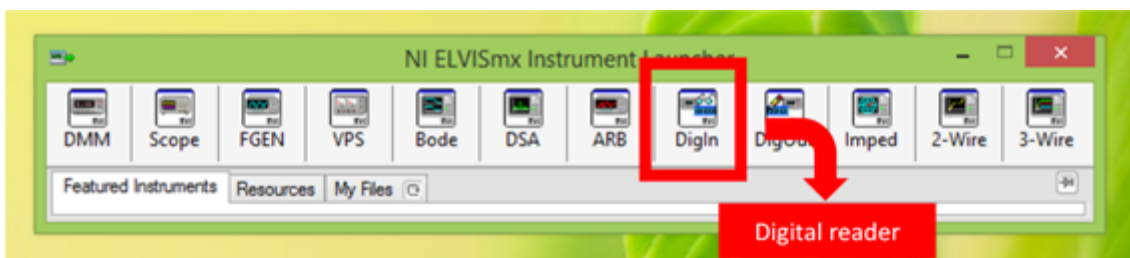


Figure 32 NI ELVISmx

The **Digital Reader** virtual instrument reads digital data from the NI myDAQ digital lines. It groups the I/O lines into ports through which data can be read. You can read one port at a time, either continuously or as a single reading. The lines are grouped into two ports of four pins (0 to 3 and 4 to 7) or one port of eight pins (0 to 7).

When opening the Digital Reader virtual instrument in your computer you must see the Figure 33.

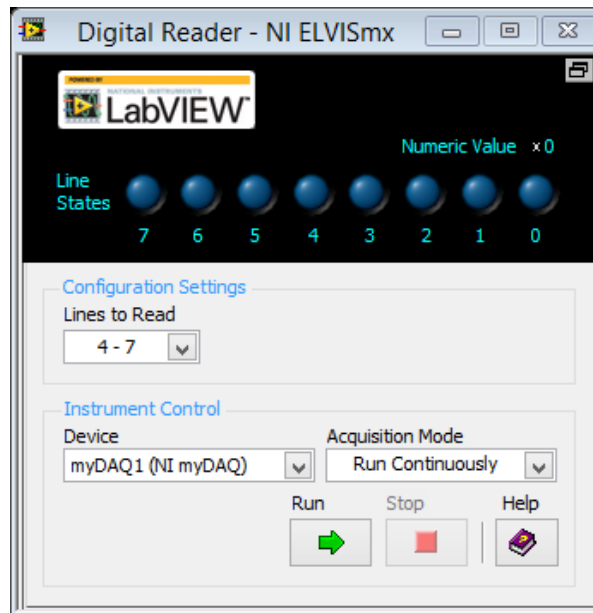


Figure 33 Digital Reader from NI ELVISmx

To read the digital signal from myDAQ with the Digital Reader we need to connect the Digital Input/Output port from which we are generating the signal (DIO0) to another Digital Input/Output port of the second group (DIO4), shown in Figure 25.

The digital I/O lines are 3.3 V LVTTTL and are tolerant to 5V input.

So, to read the digital signal with the Digital Input/Output ports you only must to connect the DIO0 with the DIO4 and run de LabVIEW program you have programmed previously, as shown in Figure 34 and Figure 35.

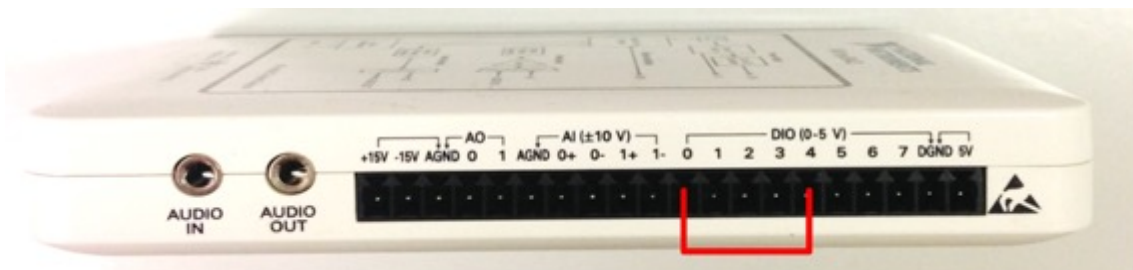


Figure 34 Connecting the DIO0 to the DIO4



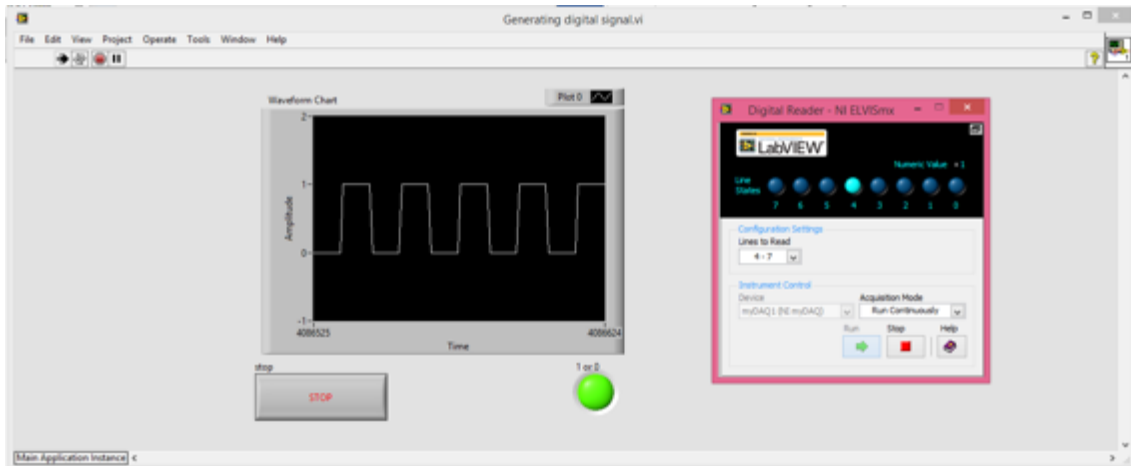


Figure 35 Generating a digital signal with myDAQ and reading with NI ELVISmx

## 2.4. Generating a digital signal with myDAQ and reading the digital signal with an external Oscilloscope

### 2.4.1. Generating a digital signal with myDAQ

For generating the digital signal with myDAQ the previous LabVIEW program will be used (Figure 31).

### 2.4.2. Reading a digital signal with an external Oscilloscope

Then, to read the digital signal with an external oscilloscope, the probe must be connected to the Digital Input/Output port where we are generating the signal (DIO0) and the reference probe (black probe) to the reference digital port (DGND), as shown in Figure 36.



Figure 36 Connection of the oscilloscope probe to protoboard

Finally, when reading the digital signal generated with myDAQ with an external oscilloscope, the result must be that shown in Figure 37.

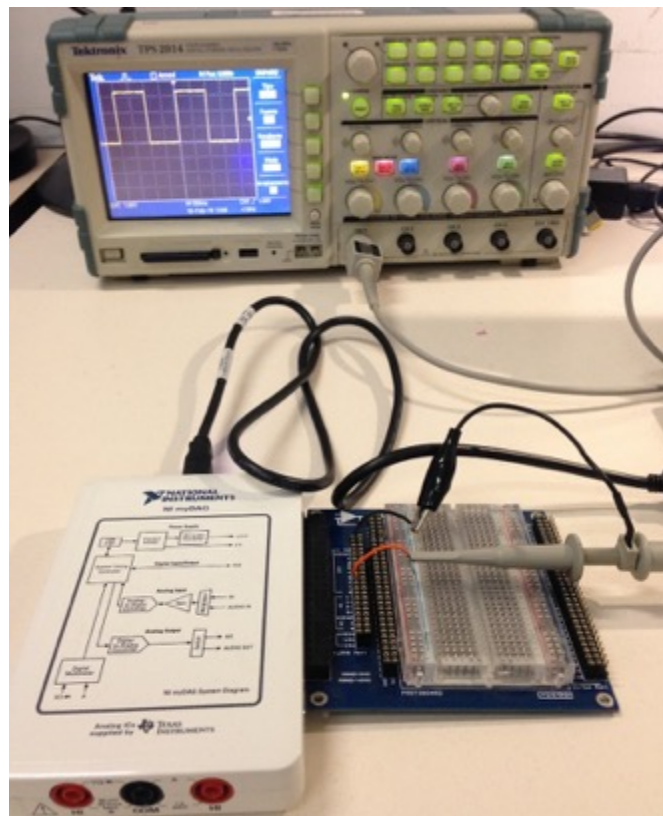


Figure 37 Final Setup for reading a digital signal with an external Oscilloscope

## Lab Session 3

### Reading an Analog/Digital signal

In this Lab Session different type of signals, analog and digital signals, will be read with the different ports of myDAQ and generated with the already presented NI ELVISmx and an external signal generator.

#### 3.1. Generating an analog signal with NI ELVISmx and reading with the analog input ports of myDAQ

##### 3.1.1. Generating the analog signal with NI ELVISmx

To generate the analog signal NI ELVISmx is going to be used. The principal virtual instruments which can generate analog signals are: **Function Generator**, **Arbitrary Waveform Generator** and **Bode Analyzer** instruments, shown in Figure 38

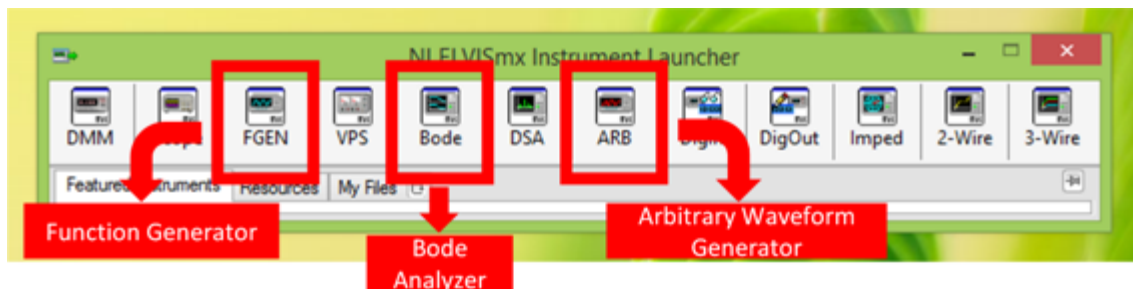


Figure 38 NI ELVISmx

For this Lab Session **the Function Generator** is the virtual instrument which will be used to generate the analog signal. When opening the Function Generator virtual instrument in your computer you must see the Figure 39.

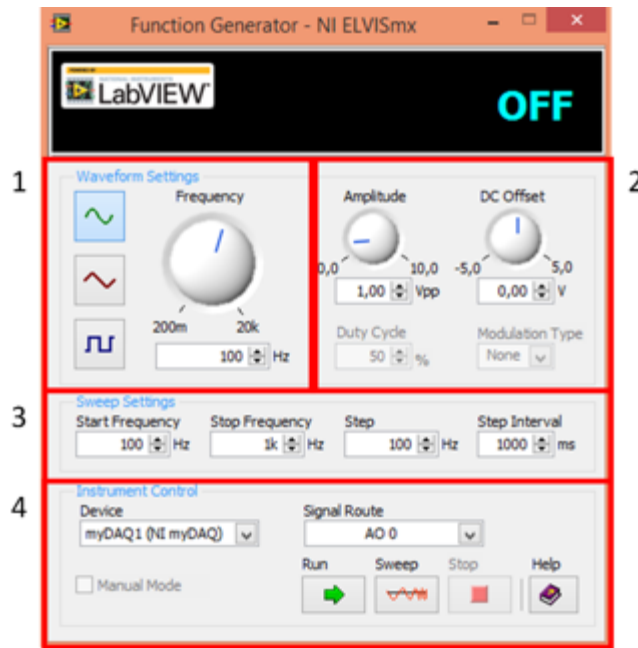


Figure 39 Function generator from NI ELVISmx

Table 4 Settings of the Function Generator

Part	Function
1	Type of Waveform: sine, triangle, square signal
2	Frequency, amplitude and offset selection
3	Sweep settings
4	Instrument control

For example, a triangular signal of 10Hz of frequency and 1V can be generated, as shown in Figure 40.

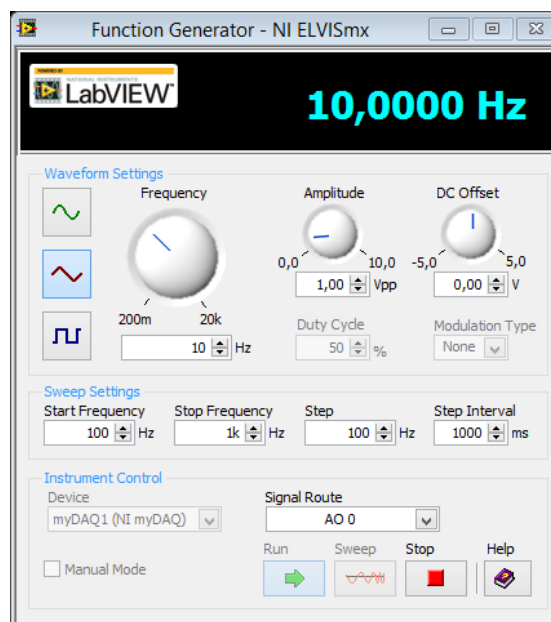


Figure 40 Function generated by NI ELVISmx

The Function Generator virtual instruments uses the AO0 or the AO1 ports of myDAQ (shown in Figure 41), so that ports will be the Output ports of the analog signal.

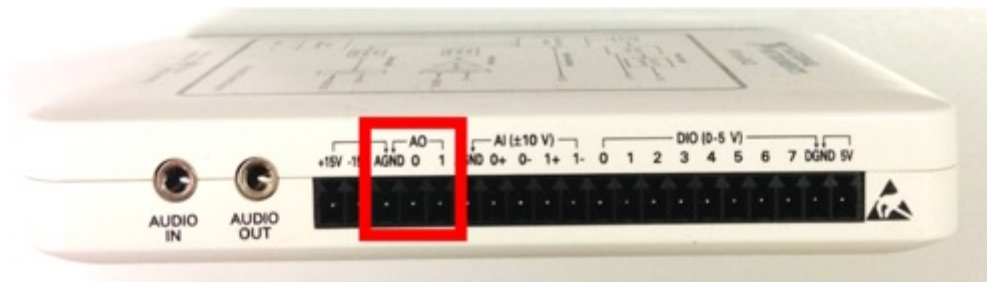


Figure 41 Analog Output channels of myDAQ

### 3.1.2. Reading the analog signal with myDAQ

To read an analog signal, the analog input ports of myDAQ (AI0+, AI0-, AI1+ and AI1-) can be used, shown in Figure 42.

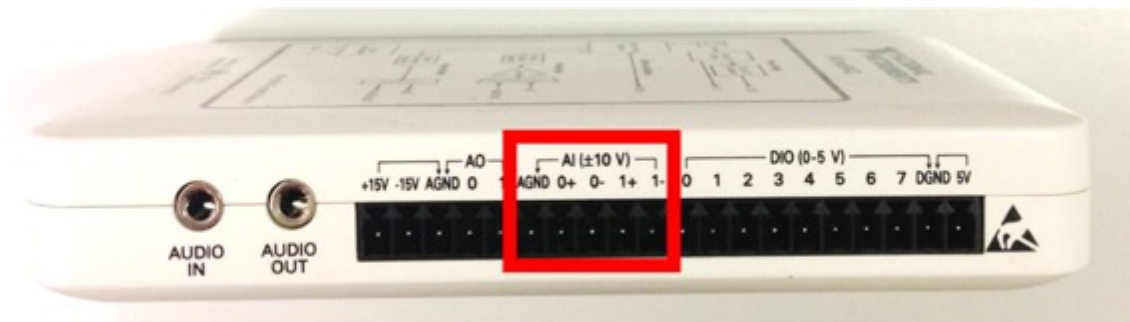


Figure 42 Analog Input channels of myDAQ

As it is shown in Figure 42 and said in the previous Lab Session, myDAQ has two different analog input channels that can be configured as general-purpose high-impedance differential voltage input or audio input. These Analog Input ports can't acquire simultaneously signals because they use the same analog-to-digital converter (ADC) to sample both channels, although it can measure at up to 200kS/s per channel.

To perform the reading of the signal, as in the previous Lab Sessions, a LabVIEW program will be necessary to implement. For example, the Figure 43 shows an example of reading an analog signal.

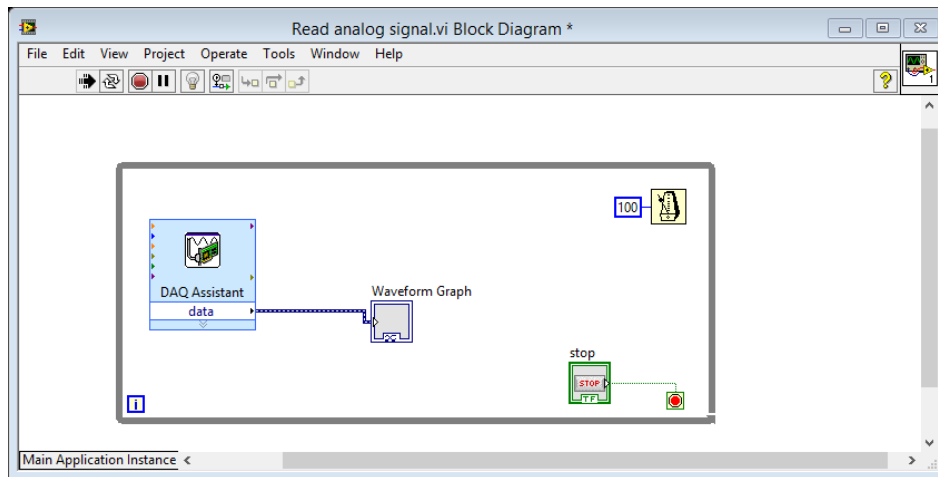


Figure 43 Reading analog signal with myDAQ

For reading this analog signal, you only have to make sure that the Analog Input port where you are introducing the signal from the external signal generator is well specified in your LabVIEW program.

At first, as always, to implement this LabVIEW program the following steps will be needed to be taken:

1. Create a Blank VI.
2. In the Block Diagram: Left button >> Measurement I/O >> NI-DAQmx >> DAQ Assist.

In this step, a window like Figure 44 will appear. That is the moment when you decide what type of signal you want to read. At this step we will acquire a voltage analog signal.

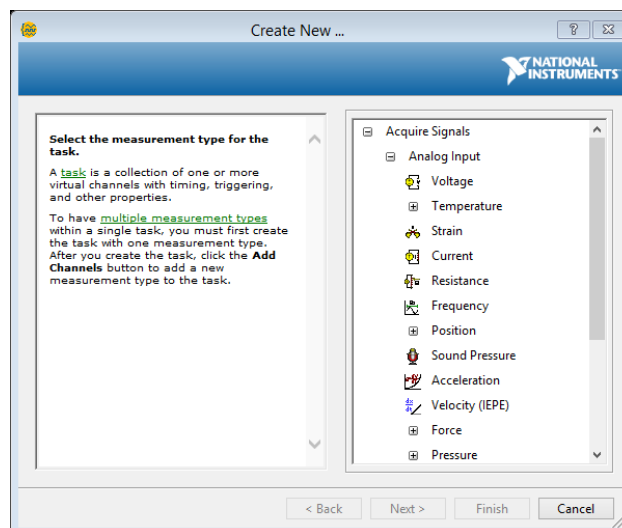


Figure 44 Selection of the type of signal to read

Then the Analog Input channel of myDAQ where the signal is going to be introduced is needed to be specified, shown in . The next step is specify approximately the parameters of the signal being read, .

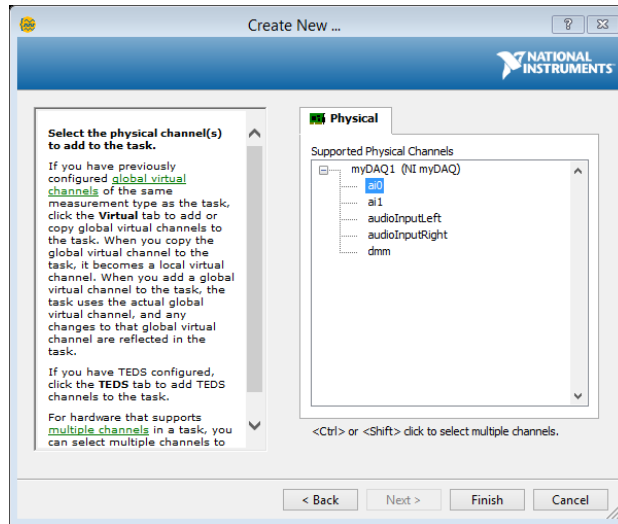


Figure 45 Possible Analog Input channels

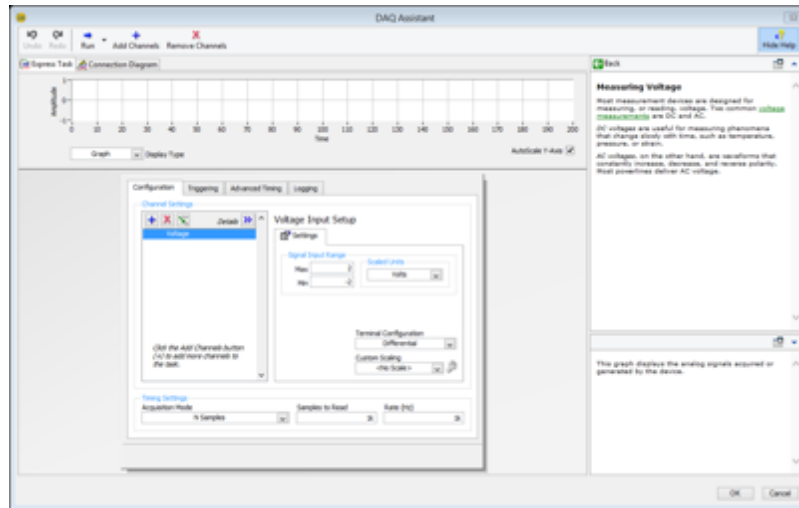


Figure 46 Signal Input Specifications

Finally the Block Diagram and Front Panel shown in Figure 47 and Figure 48, will appear.

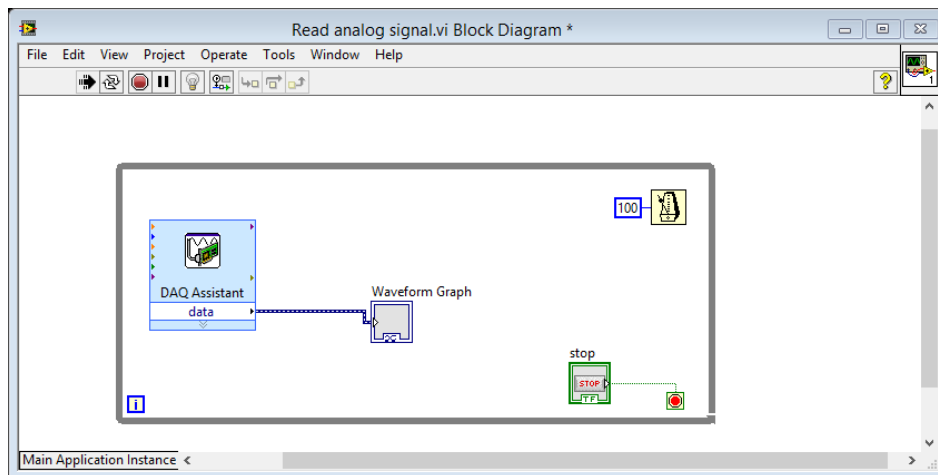


Figure 47 Block Diagram of Reading an analog signal

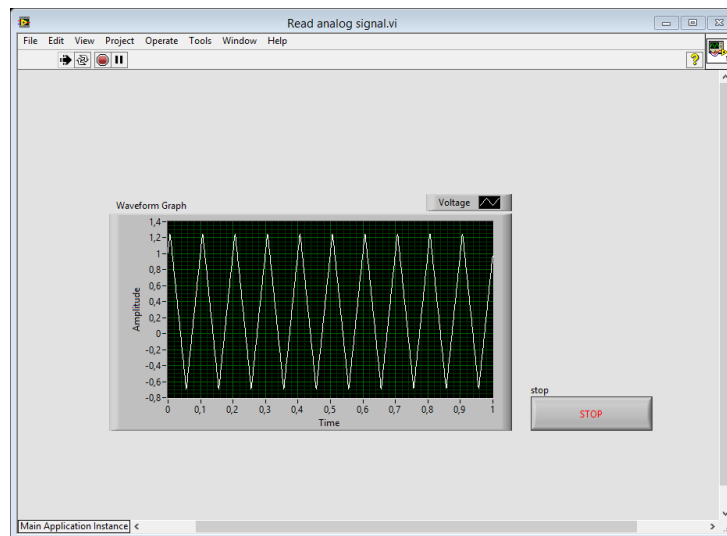


Figure 48 Front Panel of Reading an analog signal

## 3.2. Generating an analog signal with an external signal generator and reading with the analog input ports of myDAQ

### 3.2.1. Generating the analog signal with an external signal generator

To generate the analog signal the external signal generator is going to be used. Any signal can be generated with this instrument. The only aspects that you will need to take into account are the technical specifications of myDAQ and its ports. In particular, the Analog Input ports are limited to  $\pm 10\text{V}$  signals and as mentioned before the Analog Input ports can't acquire simultaneously signals because it uses the same analog-to-digital converter (ADC) to sample both channels.

The Function generator has different control buttons to specify all characteristics of the generated signal. With the mentioned function generator we will generate a sinusoidal signal of 10Hz and 1V as shown in Figure 49.



Figure 49 External signal generator



### 3.2.2. Reading the analog signal with myDAQ

Using the same LabVIEW program as in the previous section, the analog signal generated by the external generator must be read, Figure 50.

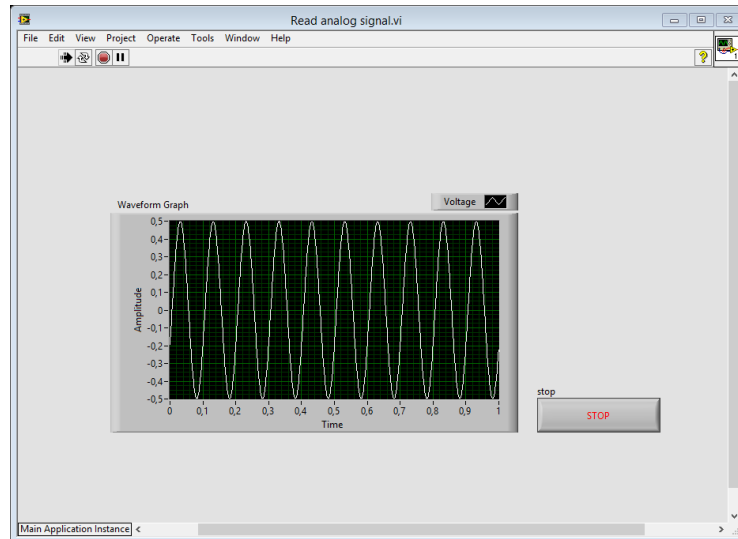


Figure 50 Signal Generated externally read by myDAQ

As said before, since the analog input channels of myDAQ are configured as general-purpose high-impedance differential voltage input, the negative port of the AI0- should be short-circuited with the analog ground AGND, shown in Figure 51.

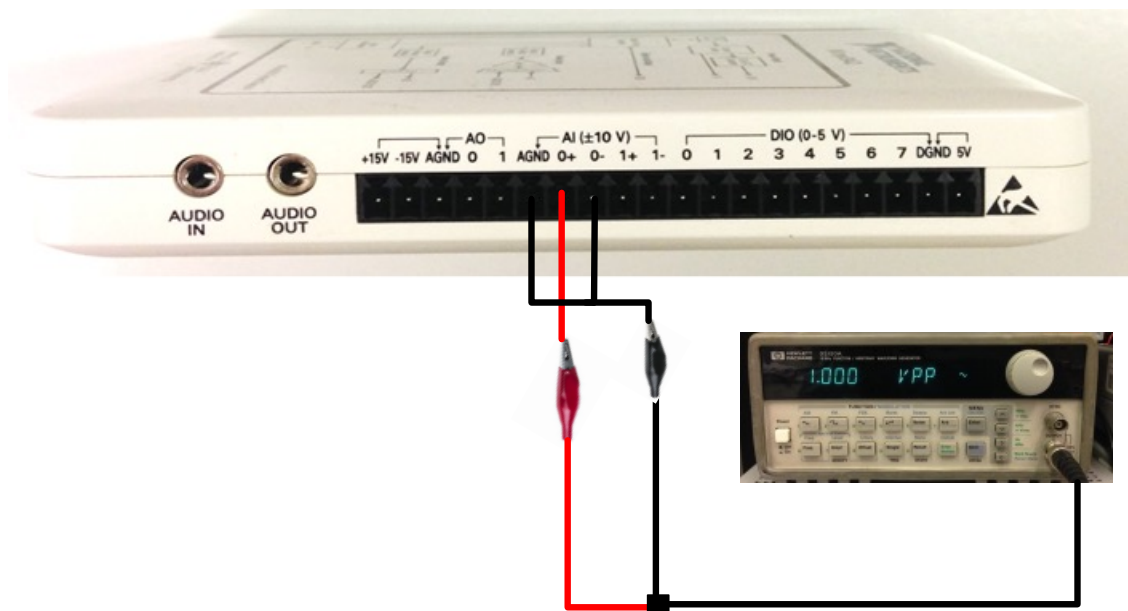


Figure 51 External generator - myDAQ connection

### 3.3. Generating a digital signal with NI ELVISmx and reading with the Digital Input ports of myDAQ

#### 3.3.1. Generating the digital signal with NI ELVISmx

To generate the digital signal NI ELVISmx is going to be used. The principal virtual instrument which can generate digital signals is the **Digital Writer**, shown in Figure 52.

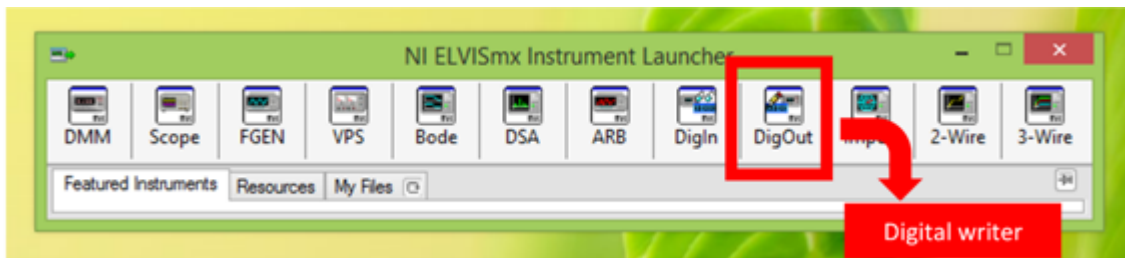


Figure 52 Digital Writer from NI ELVISmx

As one could infer, the **Digital Writer** is the virtual instrument to generate digital signals. As the Digital Reader, this virtual instrument groups the I/O lines into ports through which data can be written. You can write a 4-bit pattern (0 to 3 or 4 to 7) or an 8-bit pattern (0 to 7). This instrument controls the four or eight ports introducing a pattern or a single write.

When opening the Digital Writer virtual instrument in your computer you must see in Figure 53.

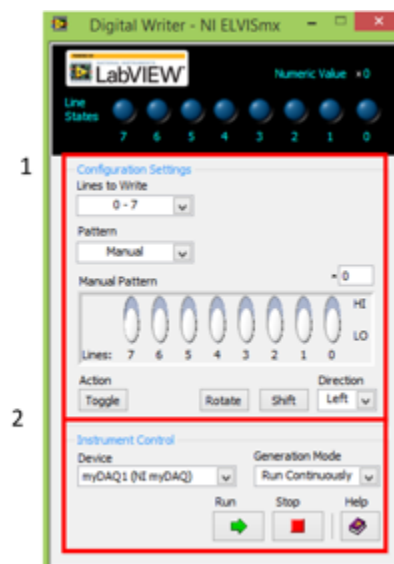


Figure 53 Digital Writer

Table 5 Settings of the Digital Writer

Part	Function
1	Configuration settings: lines and pattern are specified
2	Instrument control

For example we could generate a pattern so as that shown in Figure 54.

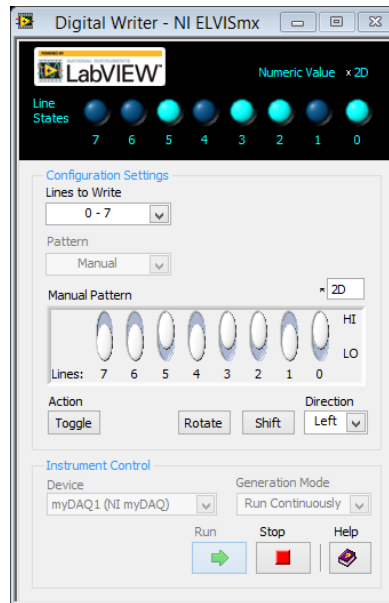


Figure 54 Pattern generated by the Digital Writer

### 3.3.2. Reading the digital signal with myDAQ

To read a digital signal, the digital input ports of myDAQ (DIO0 to DIO7) can be used, shown in Figure 55.

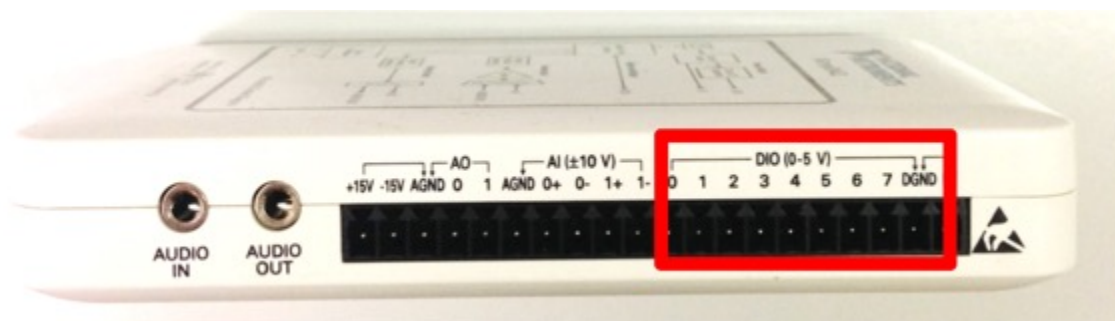


Figure 55 Digital Input/Output channels of myDAQ

As it is shown in Figure 55 and mentioned in the last Lab Session, myDAQ has 8 different Input/Output channels. Each line is a Programmable Function Interface, which means that it can be configured as a general-purpose software timed digital input or output. The Digital Input/Output lines are 3.3V LVTTTL and are tolerant to 5V. The digital output is not compatible with 5V CMOS logic levels.

To perform the reading of the signal, as in the previous Lab Sessions, a LabVIEW program will be necessary to implement. For example, the Figure XXXX shows an example of reading a signal.

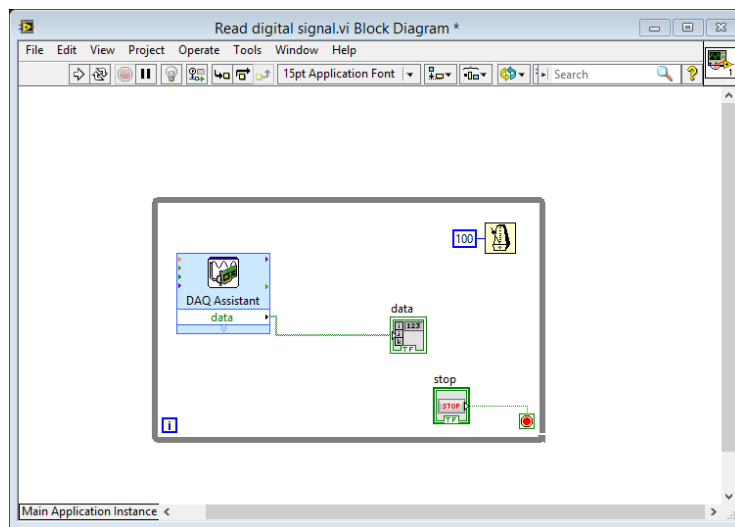


Figure 56 Reading a digital signal

As always, to implement a LabVIEW program the following steps will be needed to be taken:

1. Create a Blank VI.
2. In the Block Diagram: Left button >> Measurement I/O >> NI-DAQmx >> DAQ Assist.

In this step, a window like Figure 57 will appear. That is the moment when you decide what type of signal you want to read. At this step we will acquire a digital signal using only few input lines.

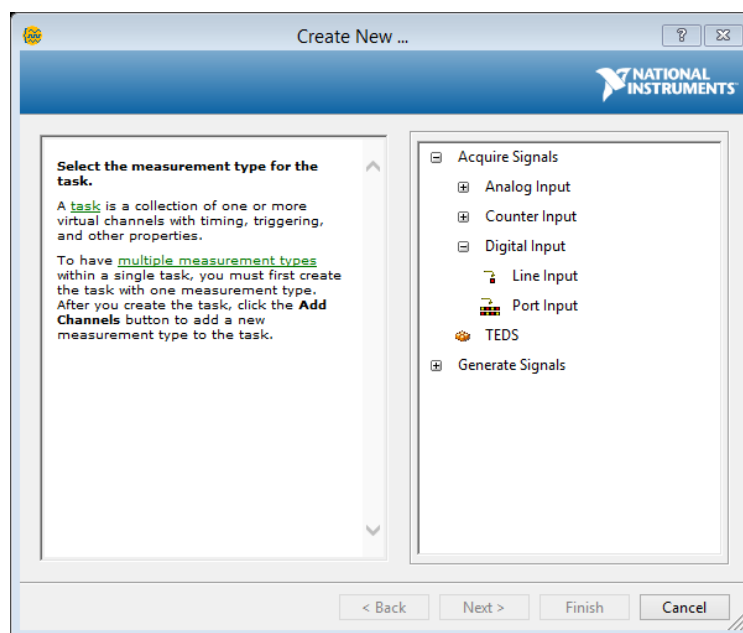


Figure 57 Selection of the type of signal to read

With the digital input/output ports you can write a 4-bit pattern (0 to 3 or 4 to 7) or an 8-bit pattern (0 to 7) but the port will perform always the same function (for example, if you choose to acquire signal with the entire port0 you won't be able to generate a signal with the Digital Writer of NI ELVISmx since you are already reading all lines). For this reason, we will generate the digital signal with the first 4 lines (0 to 3) and read the signals with the second 4 lines (4 to 7).

In the Figure 58, it is shown how to select the reading lines.

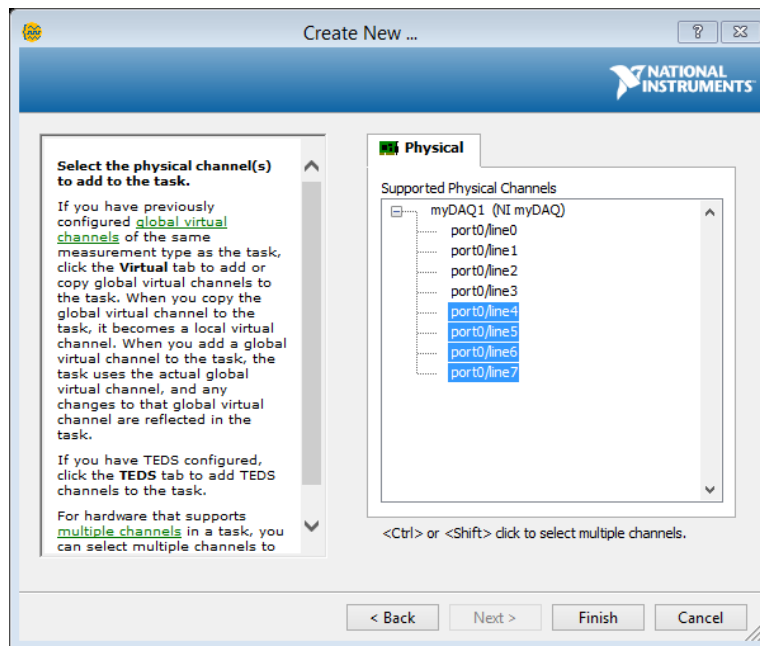


Figure 58 Selection of the reading lines

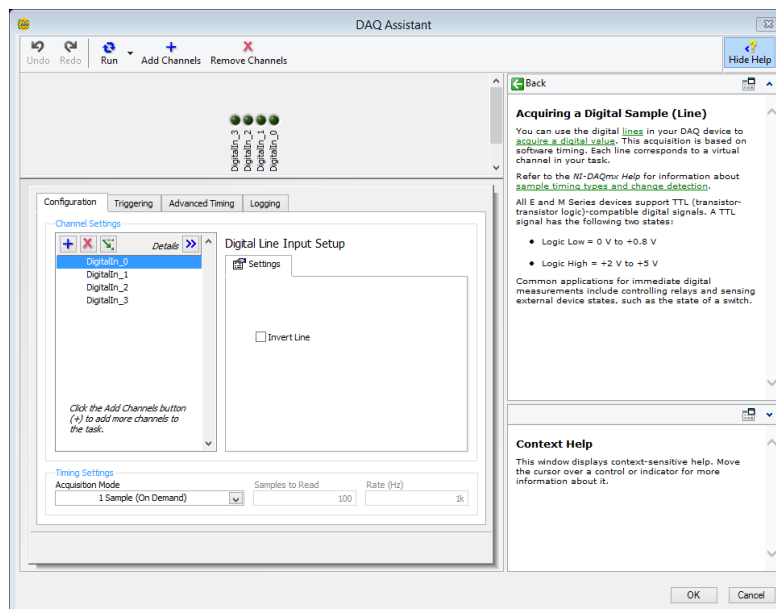


Figure 59 Configuration of the reading ports

Finally, you will have a Block Diagram as shown in Figure 60 and a Front Panel as shown in Figure 61.

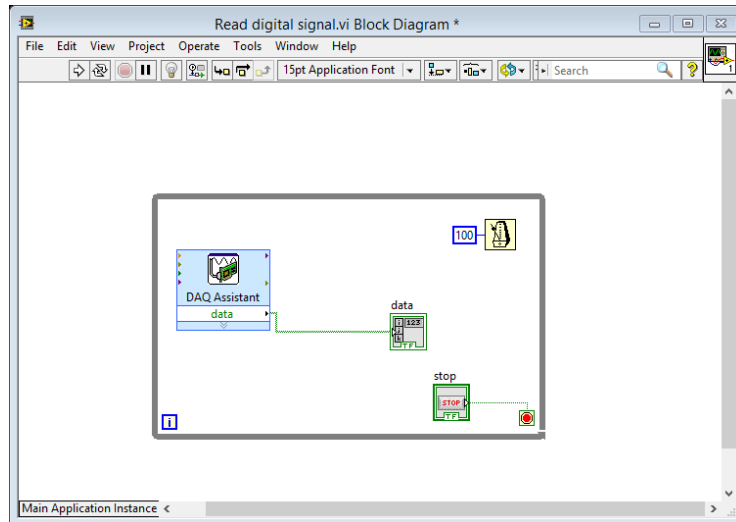


Figure 60 Block Diagram Reading a Digital Signal

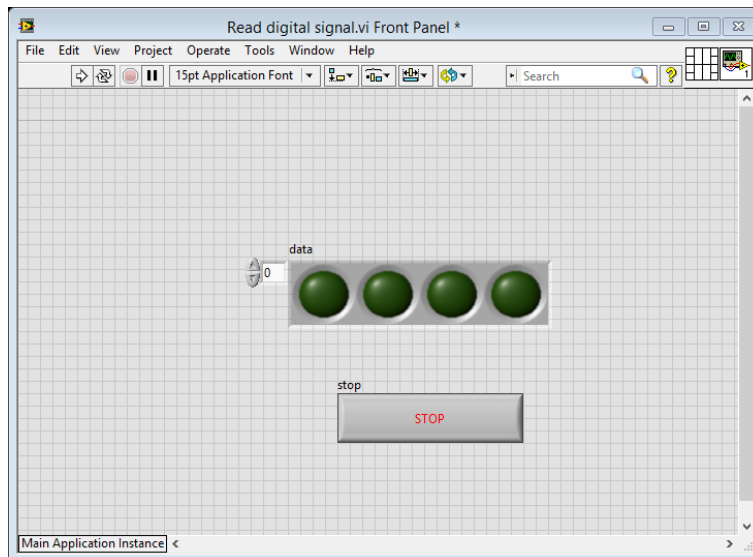


Figure 61 Front Panel Reading a Digital Signal

By running the LabVIEW program and the Digital Writer of NI ELVISmx, you will have a generating and acquiring signal as shown in Figure 62.

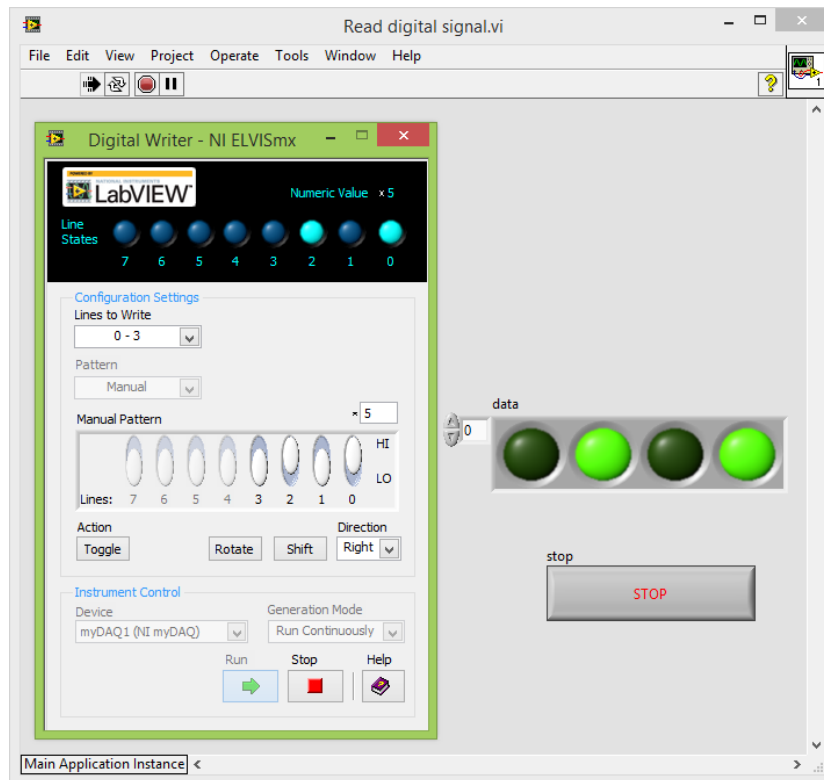


Figure 62 Generating a digital signal with ELVISmx and reading with myDAQ

### 3.4. Generating a digital signal with an external signal generator and reading with the Digital Input ports of myDAQ

#### 3.4.1. Generating the digital signal with an external signal generator

Any signal can be generated with this instrument. The only aspects that you will need to take into account are the technical specifications of myDAQ and its ports. In particular, the Digital Input/Output ports present the low value (0) with voltages between 0 and 0.8V and the high value (1) when reading voltages between 2V and 5V. To generate the digital signal, we will introduce a square signal 2V<sub>pp</sub>, of 500mHz and 1V of offset since you can't introduce negative signals in the digital ports of myDAQ, as shown in Figure 63.

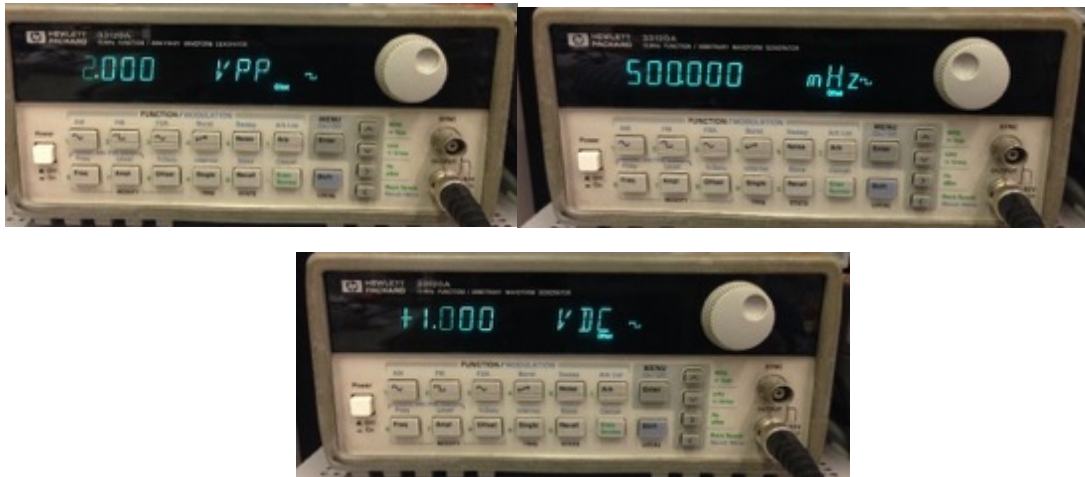


Figure 63 Digital Signal Generator parameters

### 3.4.2. Reading the digital signal with myDAQ

To read the generated signal with myDAQ, a LabVIEW program must be implemented, as shown in Figure 64.

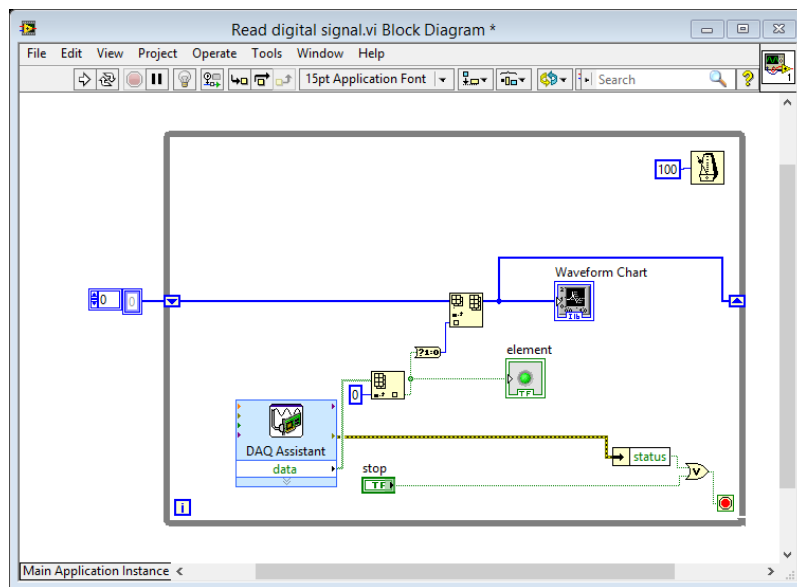


Figure 64 Block Diagram: Reading a digital signal

For this section the square signal will be introduced in a single digital line (DIO4) of myDAQ. Selecting the line in the DAQ Assistant where the square signal is going to be introduced, and converting the Boolean value into a integer (0 or 1), one can plot the square signal, as shown in Figure 65 and Figure 66.



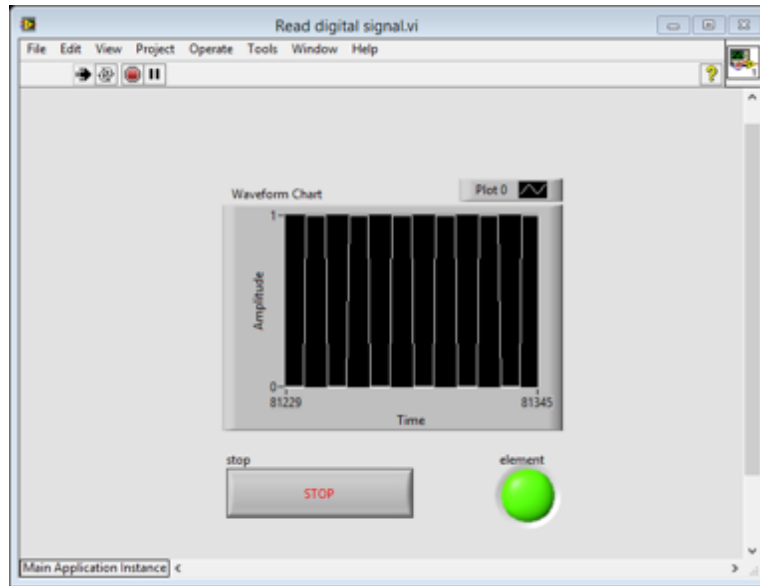


Figure 65 Front Panel: Reading a Digital Signal

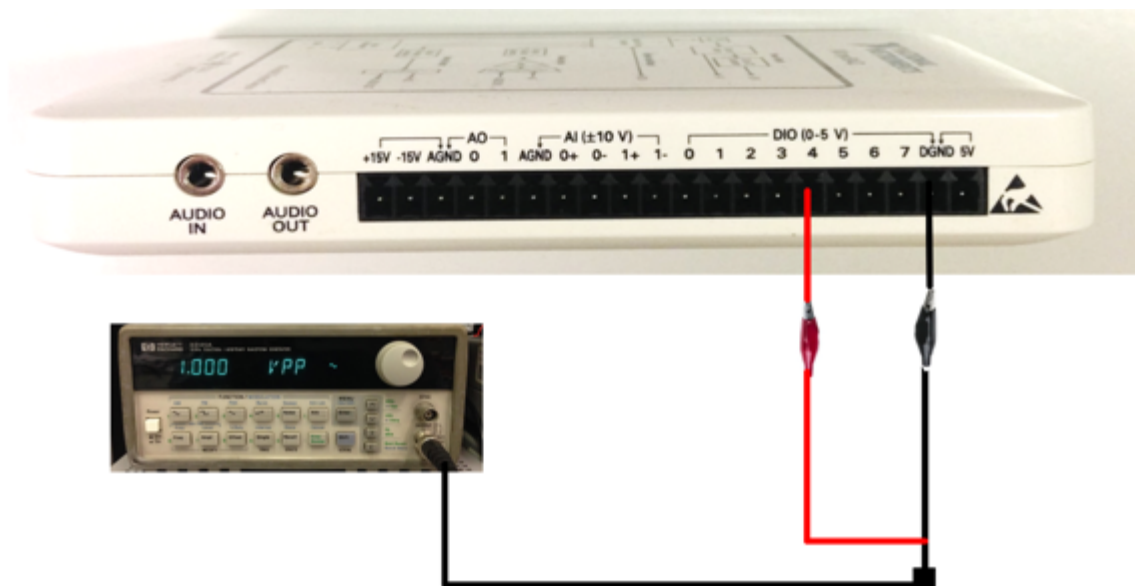


Figure 66 Protoboard connection to read a digital signal

## Lab Session 4

### Blinking a LED

During this Lab Session, a LED is going to be connected to different ports of myDAQ to output light.

#### 4.1 Blinking a LED with an analog channel of myDAQ

The objective of this section is to blink a LED powered by an analog channel of myDAQ and perform the reading with another analog channel.

To blink the LED you must connect a resistor before to limit the current passing to the LED, as shown in Figure 67.

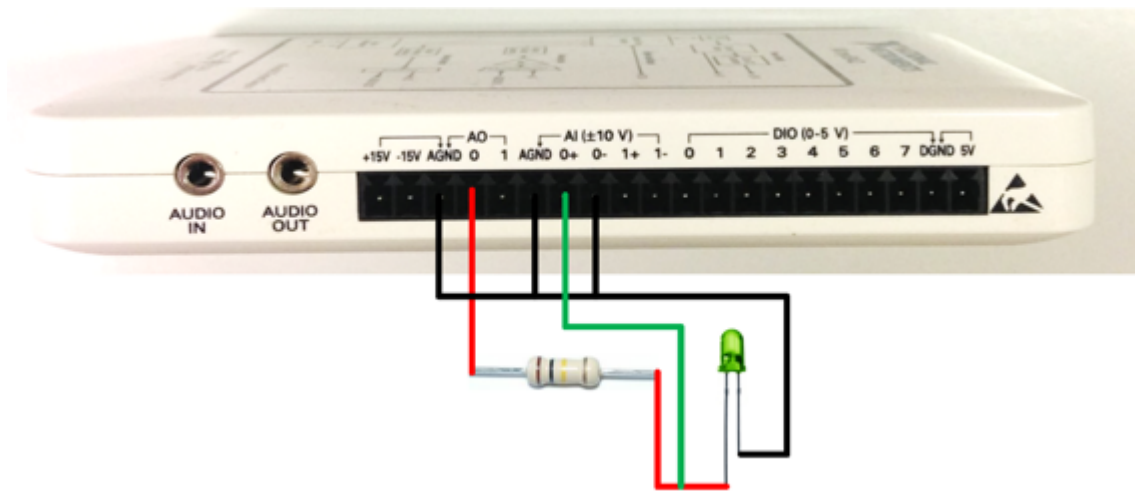


Figure 67 Analog connection to blink a LED

To choose the resistor value, you may look at the LED datasheet where the maximum current that can hold is specified. Assuming the LED has a negligible resistance, the total resistance of the circuit will be given by the introduced resistor. According to Ohm's Law, the current drive with a power supply  $V_{in}$ , can be expressed with the equation below.

$$I_{diode} = \frac{V_{in} - V_{diode}}{R}$$

With common values of  $V_{in} = 5V$ ,  $V_{diode} = 2V$  and  $I_{diode} = 15mA$ , the required resistor should be of  $200\Omega$ .

To perform the LED blinking a LabVIEW program should be implemented. With the already presented DAQ Assistant tool of LabVIEW the data generation and acquisition should be introduced.

To specify the signal to be introduced by the myDAQ to the electronic circuit, a simulated square signal will be implemented with the parameters shown in Figure 68.

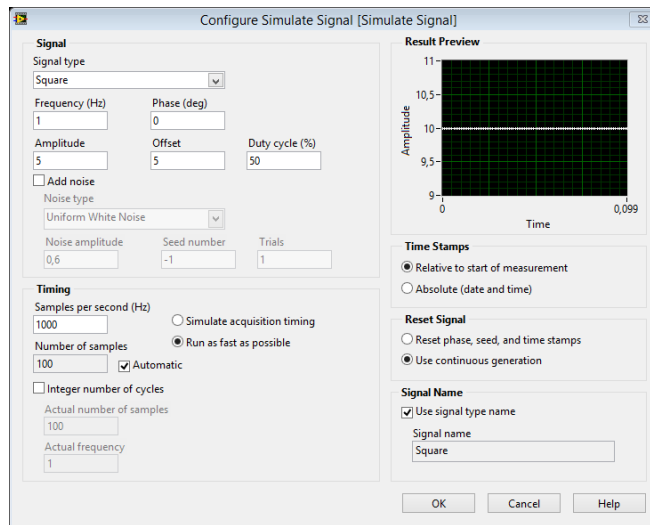


Figure 68 Square signal for Blinking a LED

Introducing this simulated signal as the input for the DAQ Assistant when generating an analog voltage signal and introducing another DAQ Assistant for acquiring the signal with myDAQ one should result in Figure 69 and Figure 70.

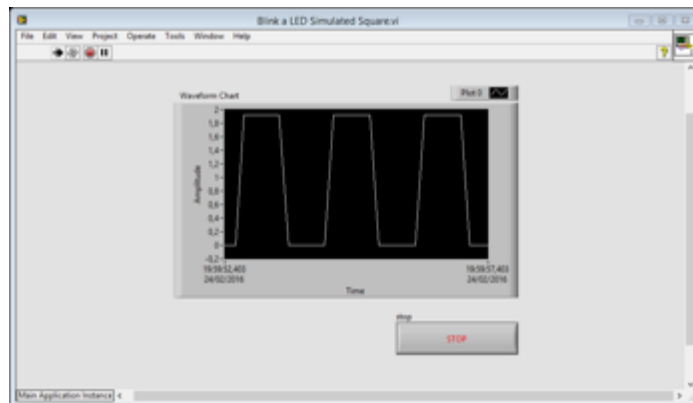


Figure 69 Analog blinking a LED Front Panel

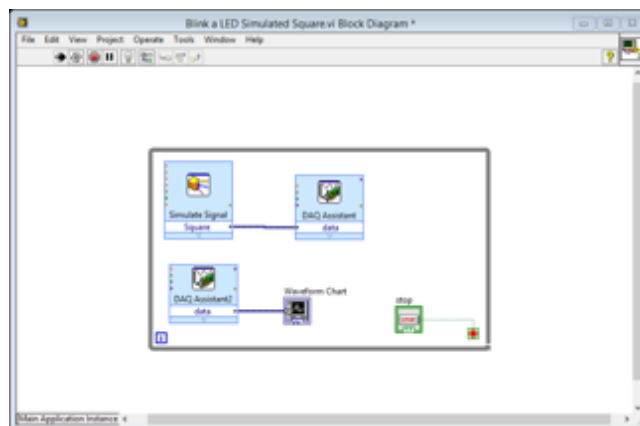


Figure 70 Analog blinking a LED Block Diagram

## 4.2 Blinking a LED with a digital channel of myDAQ

The objective of this section is to blink a LED powered by a digital channel of myDAQ and perform the reading with another digital channel.

To blink the LED we will use the same circuit as before but connected to the Digital Input/Output channels of myDAQ as shown Figure 71.

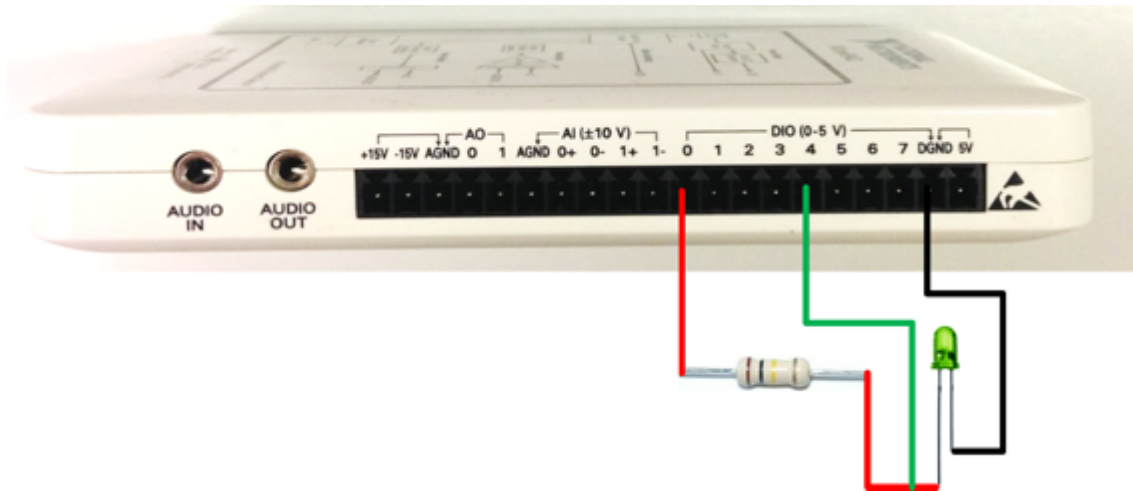


Figure 71 Digital connection to blink a LED

As said during the previous Lab Sessions, the Digital Input/Output channels are limited to 5V, so the same values of resistance will be introduced in this section.

Here, the LabVIEW program used is based on the Generating a Digital Signal VI (Figure 31), where TRUE or FALSE values were concatenated at a frequency given by the *Wait Until Next ms Multiple* function. Introducing two DAQ Assistant, one for the generation of the digital signal and the other for the reading, where the different lines of the Digital Input/Output ports are specified, you may obtain a Control Panel and a Block Diagram as shown in Figure 72 and Figure 73.

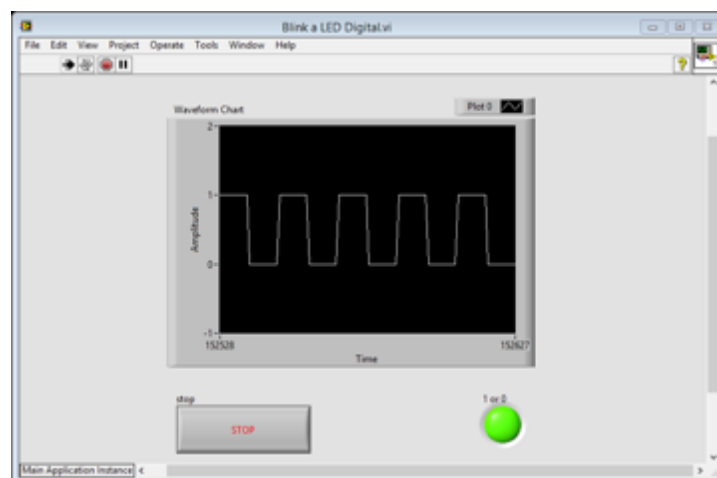


Figure 72 Digital blinking a LED Front Panel

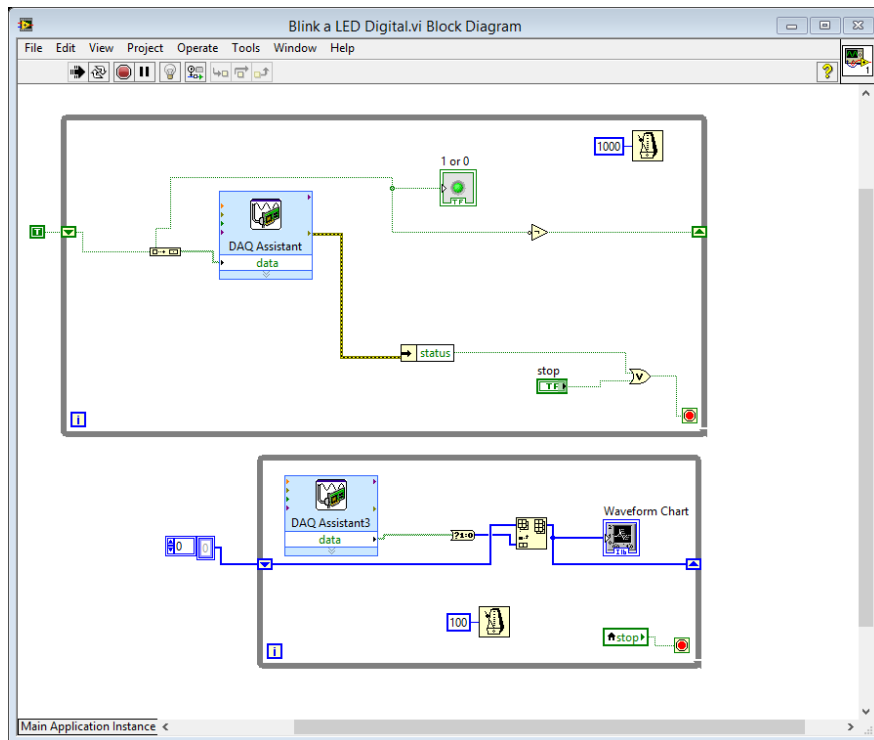


Figure 73 Digital blinking a LED Block Diagram

## Lab Session 5

# Generating, amplifying and reading an ECG signal with myDAQ

The last Lab Session consists on generating an ECG signal by simulation, implementing an amplification stage to perform the signal conditioning for the reading of the same by myDAQ,

### 5.1. Generating the ECG signal by simulation

The circuit used to generate an ECG signal, amplify and read the signal us shown in Figure 74.

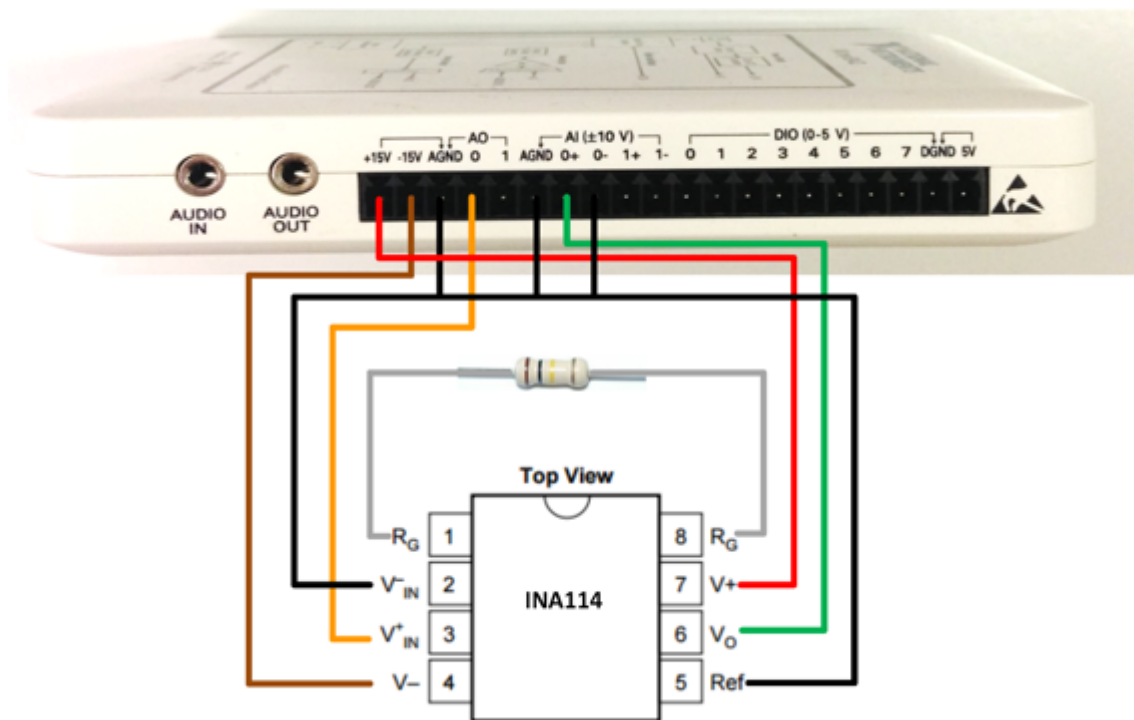


Figure 74 Connection to Generate Amplify and Read a Signal

As usual, to generate the ECG signal by simulation a LabVIEW program must be implemented. To generate the ECG you must have installed the Biomedical toolkit from National Instruments.

With the Biomedical toolkit of LabVIEW, accessing by: Biomedical >> Signal DAQ and Sim >> Simulate ECG, you should be able to introduce an ExpressVI which simulates and ECG signal. When entering, the following window will appear:

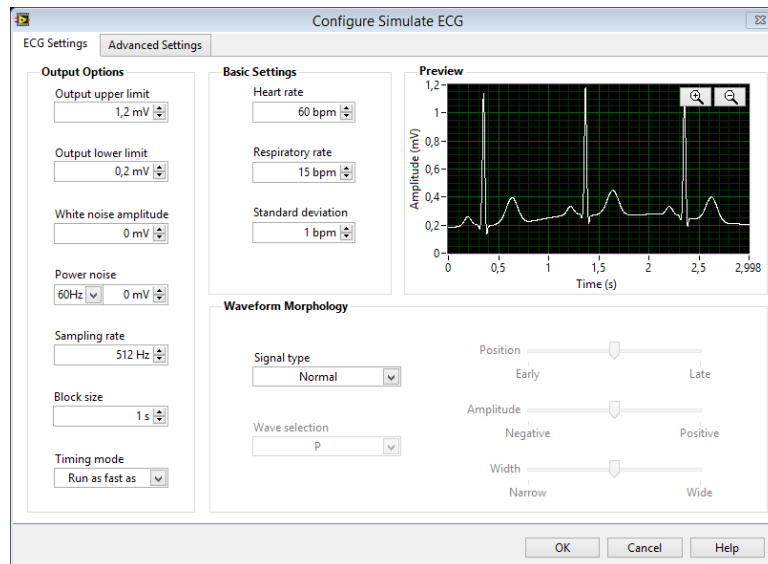


Figure 75 Simulation of an ECG

In the Figure 75 you can see the configuration parameters you can modify on your ECG signal. The Output upper limit is defined as the physiological value as default.

To verify that myDAQ can generate such little signals you must calculate the DAC resolution with the equation below:

$$DAC \text{ Resolution} = \frac{V_{pp}}{2^n - 1}$$

Where  $V_{pp}$  is the maximum voltage that myDAQ can generate and  $n$  is the number of bits of the DAC. Observing the specifications of myDAQ one can compute the DAC resolution. With a  $V_{pp} = 20V$  and a 16 bits, the DAC Resolution results in 0.3mV, which is enough to generate 1,2mV.

As you can observe, the physiological value of an ECG signal is very small, so an amplification stage is required. A common use amplifier in the biomedical field is the instrumentation amplifier since allows entering a differential input, high input impedance, excellent precision and noise specifications and has electrical shielding used to protect low-current circuits against leakage current, which is very important since biomedical signals have very small amplitudes. The instrumentation amplifier chosen for the implementation is the INA114.

As mentioned, since the physiological voltage value of an ECG is 1,2mV, an amplification stage is required to condition the signal for reading. Observing the INA114 datasheet one observes that to obtain an amplification of 1000 (which will make our signal of 1,2V), the required resistance is of 50,05 $\Omega$ , shown in Figure 76.

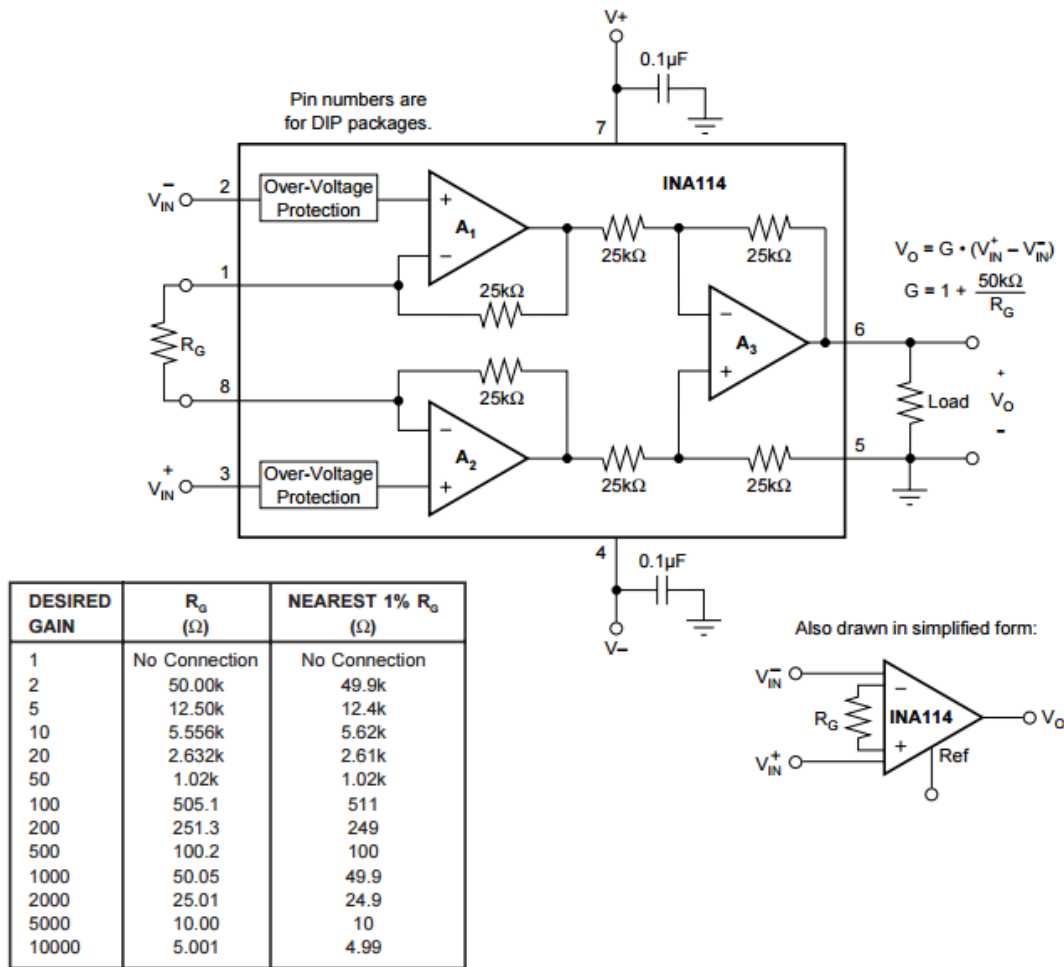


Figure 76 INA114 Datasheet Gain

## 5.2. Reading the ECG signal with myDAQ

With the connection shown in Figure 74 the output of the amplifier should be connected to one of the Analog Input Ports of myDAQ and the reading is performed with myDAQ and a LabVIEW program.

This program should simulate an ECG signal with the Biomedical tool of LabVIEW, generate the signal by an analog output port of myDAQ, read the amplified signal with an analog input port of the data acquisition device, filtered it and finally make a representation in the Control Panel.

First, as shown in Figure 75, the simulated signal is specified. This signal must be introduced in the DAQ Assistant with a previous unite conversion, since the outputted value by the Simulate ECG ExpressVI is 1,2 and to introduce the mV scale you must divide the value by 1000.

Then, the reading must be performed and after that the postprocessing of the signal to reduce noise. The acquisition of the signal is performed with another DAQ Assistant and the filtering with the Filter Express VI.



The first filter applied is a Passband filter from 1,1 to 45Hz where the common heart frequency is inside and the power line noise is removed. Then, since the line base noise was not removed, a stopband filter from 0,2 to 1,1Hz was applied. Finally, a smoothing filter was implemented (rectangular moving average filter of 8 points for averaging), the results are shown in Figure 77 and Figure 78.

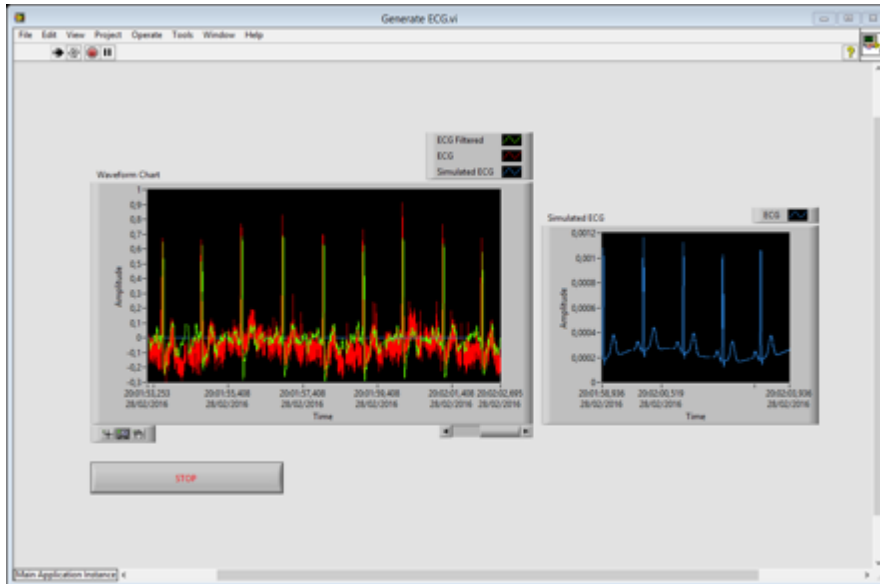


Figure 77 Front Panel: ECG generation and reading

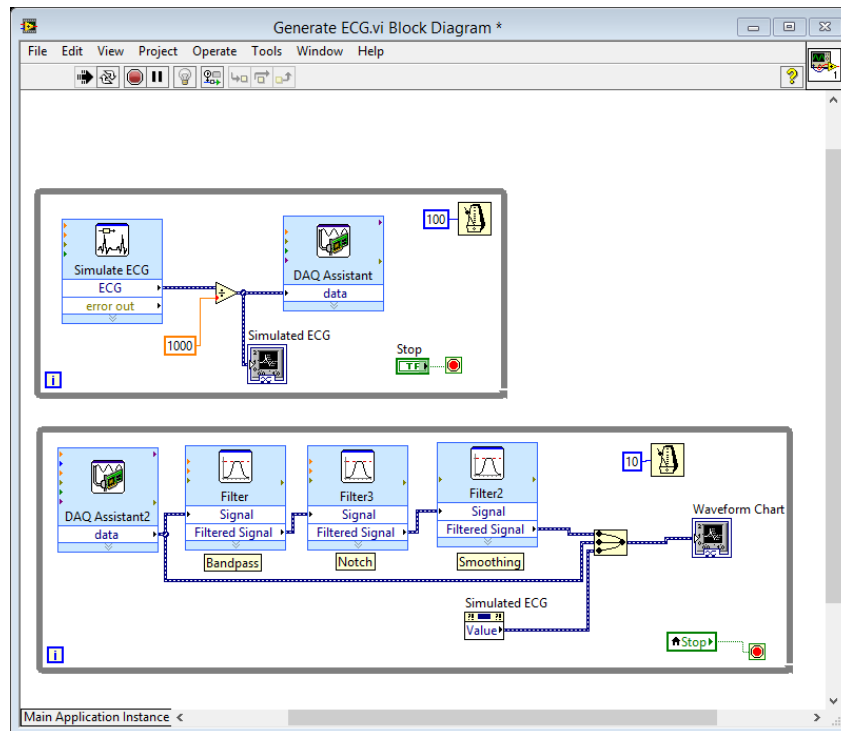


Figure 78 Block Diagram: ECG generation and reading

## Annex

Material	Value	Quantity
myDAQ (Disk+DAQ)		1
Protoboard		1
Resistor	1k $\Omega$	1
External Oscilloscope		1
Function generator		1
R <sub>LED</sub>	200 $\Omega$	1
Green LED		1
INA114		1
R <sub>GAIN</sub>	50,05 $\Omega$	1

