



**ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS**

## **PROJECTE DE FINAL DE CARRERA**

**Estudi :**

**Enginyeria Tècnica Industrial,  
Especialitat en Electrònica.**

**Títol:**

**Desenvolupament d'un sensor de massa  
ressonant controlat per un PLL virtual**

**Alumne: Bernat Riera Jover**

**Director : Jaume Verd Martorell**

**Data: 31 de Gener de 2007**

*Als meus Pares*

# Índex

## 1. Introducció.....01

1.1. Motivació del projecte.....	02
1.2. Sensors basats en palanques .....	03
1.2.1. Propietas.....	03
1.2.2. Sensors estàtics (DC) i dinàmics (AC).....	04
1.2.3. Mètodes per a la detecció i excitació de sensors .....	06
1.3. Topologies per la mesura dinàmica de $f_o$ .....	07
1.3.1. Oscil·ladors .....	07
1.3.2. PLL – Phase Locked Loop.....	08
1.4. PLL virtual .....	11
1.4.1. Funcionament del PLL virtual.....	11
1.4.2. Entorn de programació LabVIEW.....	12
1.5. Descripció i objectius del projecte .....	14

## 2. Desenvolupament de la instrumentació virtual amb

### LabVIEW .....15

2.1. Sistema d'adquisició de dades .....	16
2.1.1. Conceptes previs.....	16
2.1.2. Implementació de l'adquisició del senyal per LabVIEW.....	27
2.2. Implementació de l'VCO virtual per LabVIEW .....	29
2.2.1. Coneixements dels instruments emprats per la generació.....	29
2.2.2. Implementació amb LabVIEW.....	32
2.3. Detecció de fase .....	38
2.3.1. Conceptes previs.....	38
2.3.2. Detecció de fase amb LabVIEW .....	41
2.4. Controlador PI .....	49
2.4.1. Introducció als sistemes de control PID.....	49
2.4.2. Control emprat i implementació amb LabVIEW.....	52
2.5. PLL virtual, programa complet.....	54

### **3. Desenvolupament del Hardware .....65**

3.1. Piezo Film Sensor .....	66
3.1.1. Introducció.....	66
3.1.2. Propietats .....	67
3.1.3. Piezoelèctric emprat al projecte: 2513P de Farnell InOne.....	72
3.2. Circuit d'acondicionament per la lectura del piezoelèctric.....	75
3.3. Transducció electromecànica.....	77
3.3.1. Introducció.....	77
3.3.2. Muntatge d'un altaveu .....	77
3.4. Etapa de potència.....	80
3.4.1. Introducció.....	80
3.4.2. Tipus d'etapes.....	81
3.4.3. Descripció del funcionament de l'etapa classe B .....	82
3.4.4. Anàlisi del circuit per una entrada sinusoidal .....	83
3.5. Imatges del Hardware complet .....	85
3.6. Cost del Hardware.....	87

### **4. Caracterització elèctrica del sistema .....89**

4.1. Sensor piezoelèctric .....	89
4.1.1. Resposta freqüencial: Diagrames de BODE .....	90
4.1.2. Excitació del piezoelèctric per distintes amplituds.....	93
4.1.3. Excitació del piezoelèctric per distintes freqüències.....	95
4.2. Caracterització del sistema complet.....	96
4.2.1. Resposta temporal: Transitoris d'enganxament.....	96
4.2.2. Resolució del sistema.....	102

### **5. Resultats experimentals .....105**

5.1. Calibratge del sistema .....	106
5.1.1. Introducció.....	106
5.1.2. Mesures i calibratge .....	107
5.1.3. Extracció de la sensibilitats.....	109
5.2. Experiments.....	111

### **6. Conclusions .....115**

**Referències.....119**

**Bibliografia .....121**

**Annex: Documentació en CD adjunt.....123**