

# Seminario Trabajo Especial de Grado

## DISEÑO DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO CONTROLADOR DE INTERRUPTORES Y ATENUADORES EMPLEADO EN LA MEDICIÓN DE LA FIGURA DE RUIDO EN DISPOSITIVOS DE RADIO FRECUENCIA

**Jose Arias**

Tutor: MSc. Pedro Ruiz

Prof. Guía: Alejandro González

Universidad Central de Venezuela

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Electrónica, Computación y Control

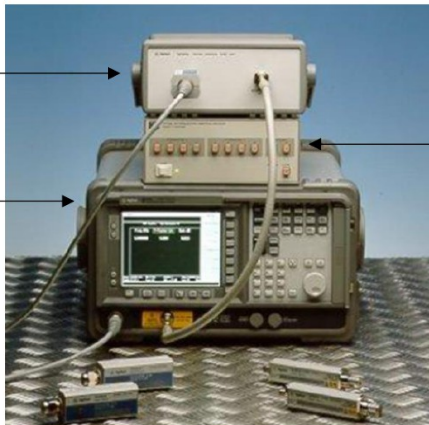
Octubre 2017

# Sistema para medición de figura de ruido (SMFR)

Equipo para pruebas  
con fuente de ruido  
N2002A

Analizador de figura  
de ruido N8975A

Controlador electrónico  
de interruptores y  
atenuadores 11713A



# Dispositivos que integran el SMFR



Analizador de figura de ruido (NFA) N8975A



Equipo para pruebas con fuente de ruido N2002A



Controlador electrónico de interruptores y atenuadores, serie 11713



# Metodología de trabajo

## Cronograma inicial

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Fase 1																												
Fase 2																												
Fase 3																												
Seminario																												
Fase 4																												
Fase 5																												

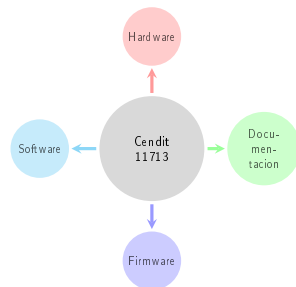
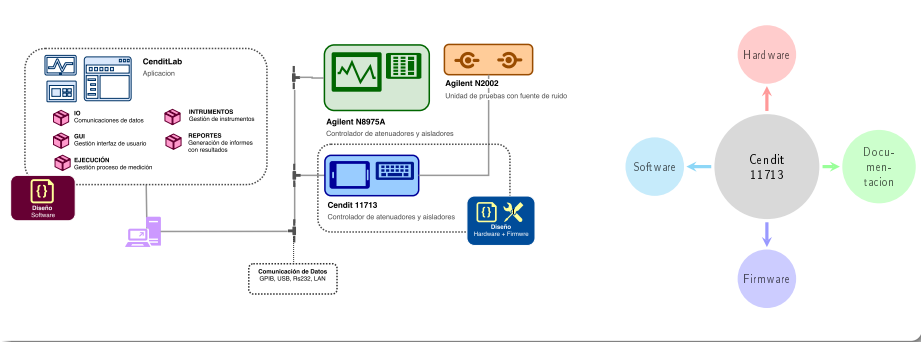
Fecha de inicio: 6 de Marzo de 2017.

Jornada de 8 horas diarias, lunes a viernes, de 8:00 AM a 12:00 M y de 1:30 PM a 4:30 PM.

- Fase 1: Preparación y documentación.
- Fase 2: Diseño de dispositivo.
- Fase 3: Implementación de dispositivo.
- Fase 4: Producción de manual de usuario.
- Fase 5: Documentación TEG.

## División de tareas

## Organización en bloques del proyecto



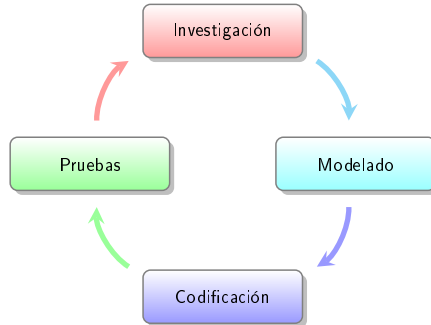
# Documentación

- Investigación sobre caracterización de dispositivos en alta frecuencia: parámetros de dispersión.
- Investigación sobre medición de figura de ruido en RF y microondas.
- Documentación acerca de cada uno de los instrumentos que integran el SMFR.
- Documentación acerca del software asociado o que brinda soporte al SMFR.

# Software

## Diseño de aplicación CenditLab

### Ciclo de diseño iterativo

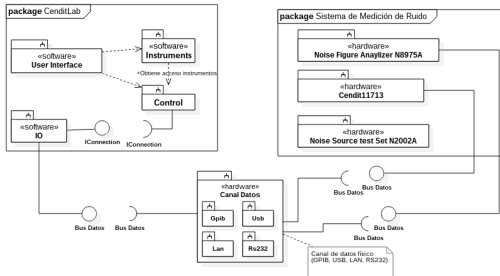




# Software

## Diseño de aplicación CenditLab

### Diagrama de paquetes UML



### Módulos de software principales

- Interfaz de usuario
- Gestión de instrumentos
- Control del proceso de medición
- Gestión de comunicaciones

# Software

## Ingeniería de software

### Captura de requerimientos

- Estudio del software Test & Measurement (T & M) de Keysight Technologies (Keysight VEE Pro).
- Estudio de aplicaciones T & M disponibles en el Cendit (EmcTest32).
- Entrevistas con personal técnico dentro del Cendit.

### Normas ISO/IEC/IEEE

- Systems and Software Engineering: Architecture Description (ISO/IEC/IEEE 42010, 2011).
- System and Software Engineering: Life Cycle Processes Requirements Engineering (ISO/IEC/IEEE 29148, 2011).
- Systems and Software Engineering: Vocabulary (ISO/IEC/IEEE 24765, 2011).

# Software

## Requerimientos funcionales

### Requerimiento funcional 2

ID:	FR2
Título:	Automatizar tareas de medición
Descripción:	Los usuarios pueden programar los instrumentos y generar tareas de medición para sus posterior ejecución, de forma automatizada y remota
Justificación:	Programar y automatizar las mediciones con el SMFR
Dependencias:	FR1
Usuario:	Técnico

### Requerimiento funcional 3

ID:	FR3
Título:	Presentar una interfaz gráfica para el SMFR
Descripción:	La aplicación servirá como una representación integral en software de los tres instrumentos principales que componen el SMFR, será un instrumento virtual
Justificación:	Simplificar las tareas de medición con el SMFR
Dependencias:	FR2
Usuario:	Técnico

# Software

## Requerimientos funcionales

### Requerimiento funcional 4

ID:	FR4
Título:	Gestión de las comunicaciones con los instrumentos del SMFR de manera simple y uniforme desde la perspectiva de usuario
Descripción:	La aplicación facilitará el intercambio de datos con los instrumentos del SMFR
Justificación:	Simplificar la adquisición de datos del SMFR
Dependencias:	FR1, FR2
Usuario:	Técnico

### Requerimiento funcional 9

ID:	FR9
Título:	Capacidad para simular el proceso medición
Descripción:	El usuario puede simular una tarea de instrumentación dada, sin necesidad de conexión con el SMFR
Justificación:	Permitir al usuario ensayar una tarea de medición
Dependencias:	FR2, FR3, FR4, FR5
Usuario:	Técnico

# Software

Recopilación e investigación de software asociado al SMFR

## Librerías oficiales

- Virtual Instrument Software Architecture (VISA)  
de National Instruments
- IO Libraries Suite  
de Keysight Technologies

Disponibles para Windows y ciertas distribuciones de Linux

No disponibles en distribuciones Ubuntu ni Debian

# Software

## Desarrollo de librería alternativa para comunicación de datos

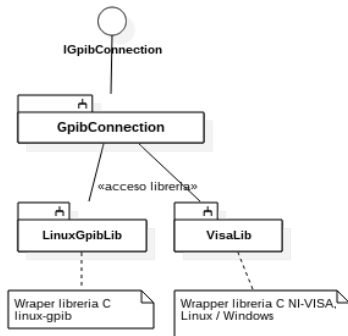
### Recopilación e investigación librerías alternativas

- LinuxGPIB: acceso al bus GPIB.
- Vxi-11: acceso al bus GPIB a través de un puente LAN/GPIB.
- Java Simple Serial Connector (jSSC): acceso al puerto RS-232 y USB CDC.
- libUsb: acceso al puerto USB.

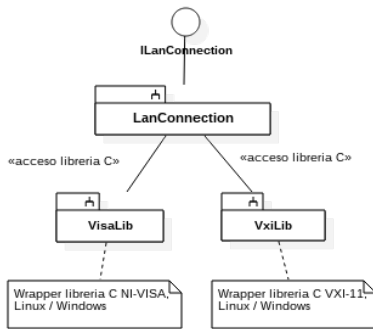
# Software

Modelado y codificación de librería alternativa para comunicación de datos

## Módulo GPIB



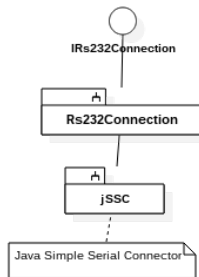
## Módulo Lan



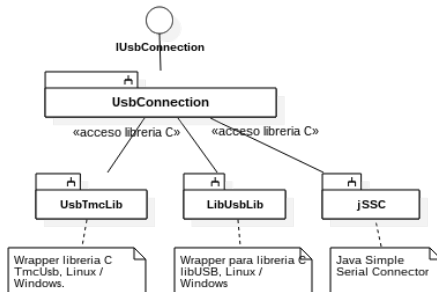
# Software

Modelado y codificación de librería alternativa para comunicación de datos

## Módulo Serial



## Módulo USB

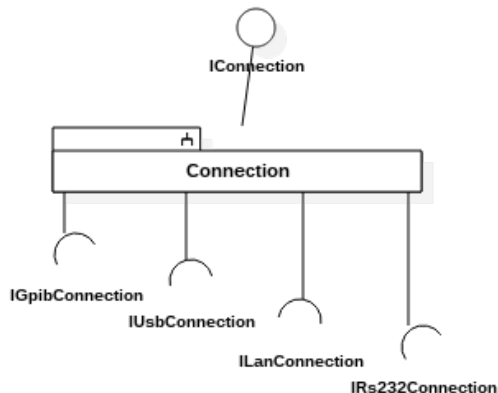




# Software

Modelado y codificación de librería alternativa para comunicación de datos

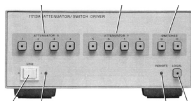
## Diagrama de paquetes UML



# Hardware

## Estudio comparativo de los dispositivos de la serie 11713

### Vistas del panel frontal



Agilent 11713A

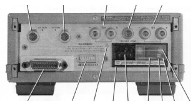


Keysight 11713B



Keysight 11713C

### Vistas del panel posterior



Agilent 11713A



Keysight 11713B



Keysight 11713C

# Hardware

## Identificación de características clave

### Características eléctricas

- Soporte para 2 puertos Viking.
- Soporte para dos jack banana.
- Suministro de alimentación DC programable.

### Interfaz de usuario

- Pantalla LCD.
- Teclado alfanumérico.

### Interfaces de comunicaciones

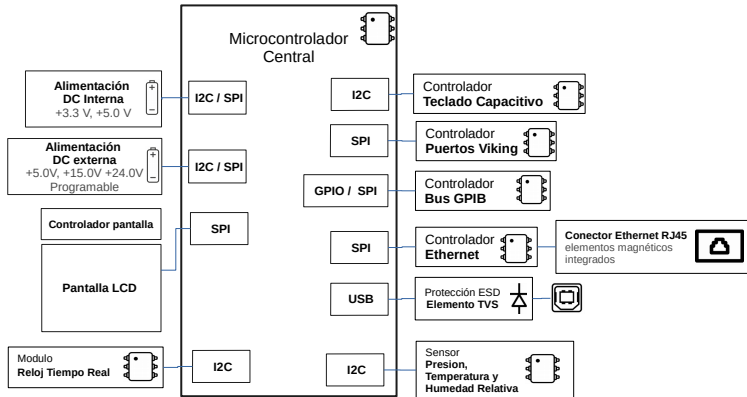
- USB
- LAN
- GPIB

### Keysight 11713B



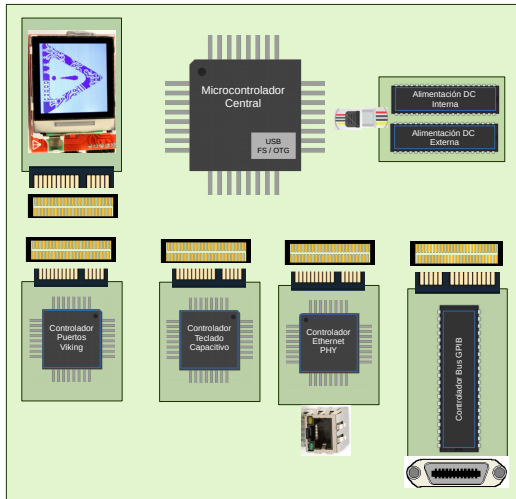
# Hardware

## Elaboración de concepto de diseño



# Hardware

## Diseño modular de tarjetas PCB



# Hardware

## Selección de componentes. Circuitos integrados

### Selección de microcontrolador de 32 bits

MCU	Descripción	Flash (kB)	SRAM (kB)	Encapsulado	USB	Ethernet
TM4C129ENC PDT	ARM Cortex-M4F 120 MHz	1024	256	TQFP-128	H/D/OTG	MAC-PHY
LPC1768FBD1	ARM Cortex-M3 100 MHz	512	64	LQFP-100	D/H/OTG	MAC
MKL26Z256VLL4	Kinetis KL26 Cortex-M0+ 48 MHz	256	32	LQFP-100	FS	NO

### Selección de microcontrolador de 8 bits

MCU	Descripción	Flash (kB)	SRAM (kB)	Encapsulado	USB	Ethernet
PIC18F4550	MCU PIC18 8 bits	32	2	DIP-40	D	NO
PIC1845K50	MCU PIC18 8 bits	32	2	TQFP-44	D	NO
PIC18F67J60	MCU PIC18 8 bits	128	3.8	TQFP-64	NO	10/100/1000 Base-T

# Hardware

## Selección de componentes. Circuitos integrados

### Selección para controlador de teclado

Parte	Descripción	Encapsulado	Comunicaciones	Fabricante
PCF8885	Controlador de teclado capacitivo de 8 canales	TSSOP-28	I2C (FM+)	NXP

### Selección para expansor de puertos Viking

Parte	Descripción	Encapsulado	Comunicaciones	Fabricante
MC33996	Interruptor de 16 salidas	SOIC-32	SPI	NXP

# Hardware

## Selección de componentes. Circuitos integrados

### Selección para controlador de Ethernet

Parte	Descripción	Encapsulado	Comunicaciones	Fabricante
ENC28J60	Controlador Ethernet 10/100/1000Base-T MAC con 10Base-T PHY	SOIC-28	SPI	Microchip
CP2200	Controlador Ethernet 100/1000 Base-T 10 Base-T PHY	TQFP-48	Bus paralelo Intel o Motorola	Silicon Labs
CP2201	Controlador Ethernet 100/1000 Base-T 10 Base-T PHY	QFN-28	Bus paralelo Intel o Motorola multiplexado	Silicon Labs

### Selección para transceptores de bus GPIB

Parte	Descripción	Encapsulado	Fabricante
SN75ALS160	Transceptor de bus octal IEEE 488 (bus datos)	SOIC-20	Texas Instruments
SN75ALS162	Transceptor de bus octal IEEE 488 (bus control)	SOIC-20	Texas Instruments



# Hardware

## Selección de componentes. Circuitos integrados

### Selección de IC para control de alimentación DC

Parte	Descripción	Encapsulado	Fabricante
XR77129	PMIC, controlador reductor cuádruple PWM/PFM 40V programable	QFN-44	Exar Corporation
XR77103	PMIC reductor de 3 salidas programables 14V	TQFN-32	Exar Corporation
XR79110	Módulo de potencia COT reductor síncrono de 22V 10A	QFN-72	Exar Corporation
TL494	Controlador de ancho de pulso	SOIC-16 / PDIP-16	Texas Instruments

# Hardware

## Diseño de circuitos impresos

### Elaboración de esquemáticos

- Tarjeta principal basada en microcontrolador PIC18F45K50
- Expansor de puertos Viking basado IC MC33996
- Controlador de teclado capacitivo basado en IC PCF8885
- Tarjeta para pruebas pantalla LCD Nokia 1600

# Tareas pendientes

## Software

Culminar el diseño de la aplicación CenditLab

- Librerías de soporte de comunicaciones IO para Windows
- Culminar módulo gestión GUI
- Culminar módulos de gestión de instrumentos
- Culminar módulos de gestión de medición

# Tareas pendientes

## Firmware

Iniciar el diseño y generación de firmware Cendit 11713

- Control de expensor de puertos Viking
- Comunicaciones por medio del bus USB
- Comunicaciones a través de redes LAN (TCP/IP)
- Gestión de la fuente de alimentación
- Gestión de la interfaz de usuario (teclado y pantalla)

# Tareas pendientes

## Hardware

Culminar diseños, construcción y depuración para los módulos

- Fuente de alimentación
- Teclado capacitivo
- Expansor de puertos Viking
- Módulo Ethernet
- Pantalla LCD
- Tarjeta madre