

NOTA DE APLICACIÓN

*Autores: Luis Carrión, Darío Ochoa, Juan Andrés Valverde,
Programa de Pasantías Académicas, UPS Cuenca, 2009*

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE FUERZA RESISTIVO (FSR) CON LabVIEW

Marca: Interlink

Serie: 400

El sensor de fuerza resistivo (FSR) es un dispositivo de película de polímero (PTF) que presenta una disminución de la resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activa. Su sensibilidad a la fuerza está optimizada para uso en el control por toque humano de dispositivos electrónicos. **Las FSRs no son células de carga o galgas extensiométricas aunque tengan propiedades similares. Las FSRs no son adecuadas para medidas de precisión.**

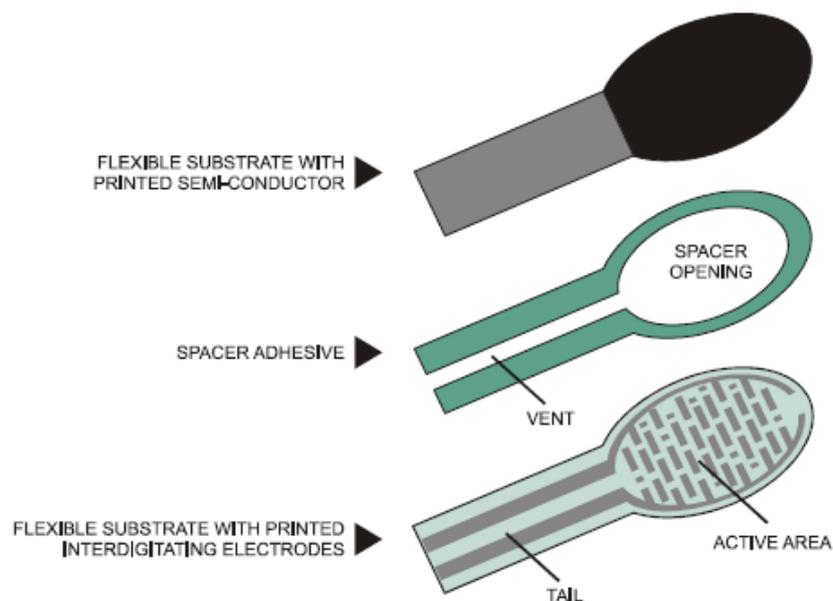


Figura 1. Construcción del FSR

Fuerza contra resistencia

La característica de fuerza vs resistencia se muestra en la Figura 2, esta muestra el comportamiento típico del FSR (representado en formato log/log). En particular la característica de fuerza resistencia es la respuesta del sensor #402 (0.5" [12.7 mm] del diámetro de su área activa circular). Un actuador de acero inoxidable semiesférico de diámetro 0,4" [10.0 mm] y con punta de goma de poliuretano con dureza 60 se utiliza para accionar el dispositivo de FSR. La respuesta del FSR es aproximadamente $1/R$.

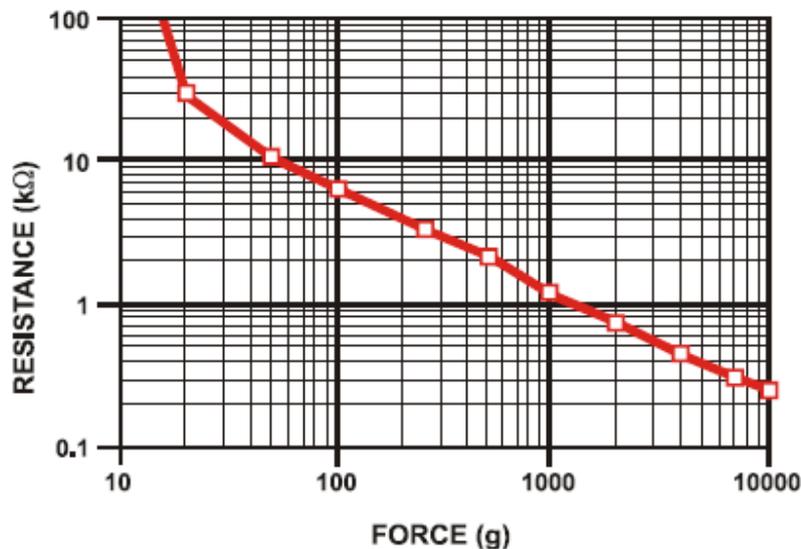


Figura 2. Fuerza vs resistencia

En la figura 2, en el extremo de baja fuerza un interruptor como respuesta es evidente. Además el umbral, o "fuerza de ruptura", (más de 100 kΩ). Al iniciar la gama dinámica está determinada por el sustrato, el espesor del recubrimiento y la flexibilidad, el tamaño y la forma del accionador, y el separador de espesor adhesivo. Eliminar el adhesivo, o mantenerlo lejos del área donde la fuerza se está aplicando, dará una menor resistencia de reposo (stand-off).

Al final de la gama dinámica (fuerza de alta), la respuesta se desvía de la a ley $1/R$, y finalmente se satura a un punto donde los aumentos en vigor suponen muy poca o ninguna disminución en la resistencia. En estas condiciones en la figura 2, esta fuerza es la saturación de más de 10 kg. El punto de saturación es más una función de la presión de la fuerza.

La presión de saturación de un FSR típico es del orden de 100 a 200 psi.

Para los datos mostrados en las Figuras 2, 3 y 4, la actual gama de presión medida es de 0 a 175 psi (0 a 22 libras más de 0,125 aplica en ₂). Fuerzas superiores a la fuerza de la saturación

se pueden medir mediante la difusión de la fuerza sobre un área mayor, la presión general luego se mantuvo por debajo del punto de saturación, y la respuesta dinámica se mantiene. Sin embargo, lo contrario de este efecto también es cierto, más pequeños actuadores saturará FSRs anteriormente en el rango dinámico, desde el punto de saturación que se llegó a un menor vigor.

Fuerza vs Conductancia

En la figura 3, la conductividad ($1/R$) se representa frente a la fuerza. Este formato permite la interpretación en una escala lineal (los valores de resistencia correspondientes también se incluyen en el eje vertical derecho). Un circuito simple llamada convertidor corriente-tensión da una salida de tensión directamente proporcional a la conductancia de FSR y puede ser útil cuando se requiere una linealidad de la respuesta. La Figura 3 también incluye una curva típica de repetitividad. Esta banda de error determina la máxima precisión de cualquier medida de la fuerza en general. La difusión o la anchura de la banda dependen en gran medida la capacidad de repetición de cualquier sistema de medición y de accionamiento, así como la tolerancia de repetición durante la producción. Generalmente la tolerancia de repetitividad durante intervalos de fabricación (parte-parte) es de $\pm 15\% \pm 25\%$ de la resistencia nominal establecida.

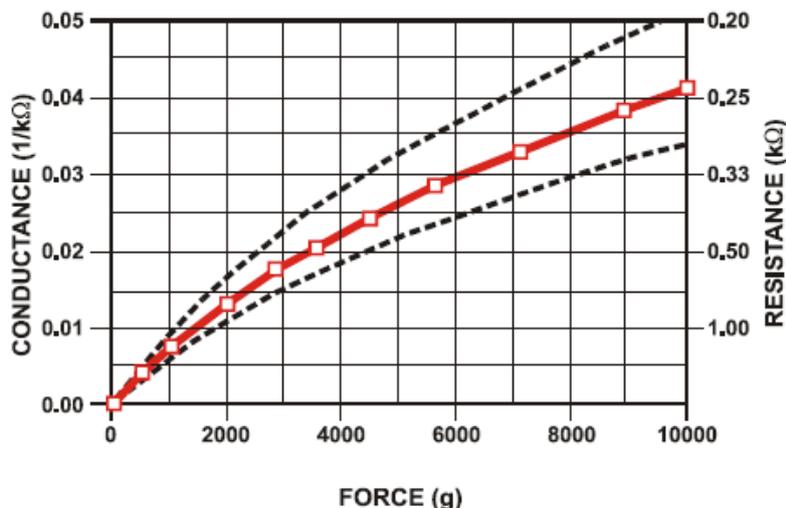


Figura 3. Conductancia vs fuerza (0-10 kg)

Figura 4 pone de relieve el 0 - 1 kg (0 - 2.2 lbs) la gama de la conductancia para aplicaciones de interfaz humana. Dado que la respuesta de la conductancia en este rango es bastante lineal, la resolución de la fuerza será uniforme y la aplicación e interpretación de datos será simplificada. También se muestra de la banda de error típica. En la mayoría de aplicaciones de control de interfaz humana este error es insignificante, ya que toque humano es bastante inexacto. Los estudios humanos han demostrado que los errores de repetibilidad de la fuerza son menores que $\pm 50\%$, es decir, son difíciles de distinguir por el tacto.

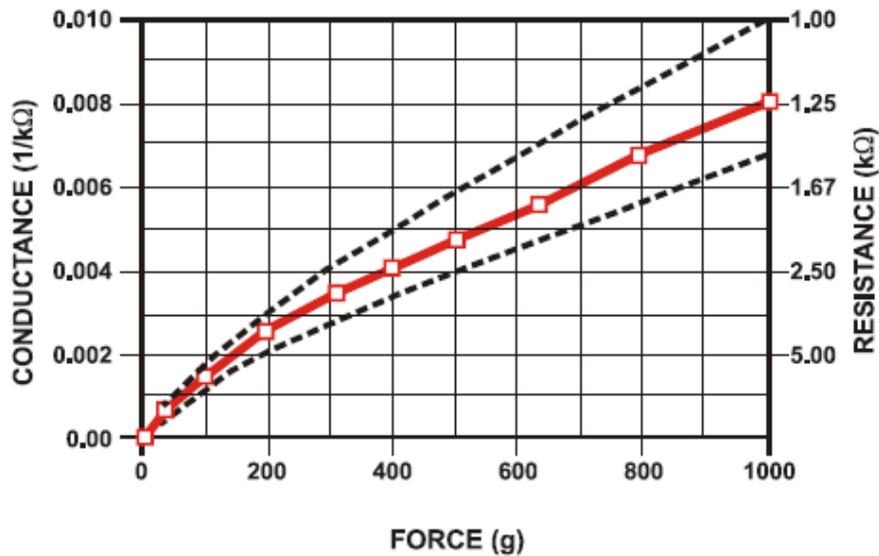
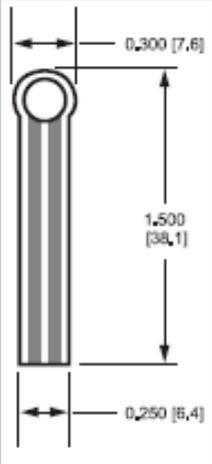


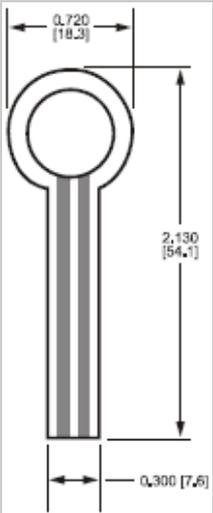
Figura 4. Conductancia vs fuerza (0-1 kg) rango de baja fuerza (toque humano)

Modelos:

MODELO 400 (Circular de 0.2")

	Área Activa	0.2" [5.0] diámetro	
	Espesor nominal	0.012" [0.30 mm]	
	Materiales	Capa Semiconductiva	0.004" [0.10] PES
		Espacio Adhesivo	0.002" [0.05] Acrílico
		Capa Conductiva	0.004" [0.10] PES
		Adhesivo Trasero	0.002" [0.05] Acrílico
Opciones de Conector		a. Sin conector b. Conector para soldar (no mostrado) c. Conector AMP Hembra	

MODELO 402 (Circular de 0.5")

	Área Activa	0.5" [12.7] diámetro	
	Espesor nominal	0.018" [0.46 mm]	
	Materiales	Capa Semiconductiva	0.005" [0.13] UItem
		Espacio Adhesivo	0.006" [0.15] Acrílico
		Capa Conductiva	0.005" [0.13] UItem
		Adhesivo Trasero	0.002" [0.05] Acrílico
Opciones de Conector		a. Sin conector b. Pata para soldar (no mostrado) c. Conector AMP Hembra	

CARACTERÍSTICAS GENERALES

PARAMETRO	VALOR	NOTAS
Rango de sensibilidad de la Fuerza	<100 g hasta> 10 kg	Depende de la mecánica
Rango de sensibilidad de la Presión	<1,5 psi hasta> 150 psi <0,1 kg/cm ² hasta> 10 kg/cm ²	Depende de la mecánica
Parte-a-Parte Repetibilidad de la Fuerza	± 15% a ± 25% de la resistencia nominal establecida	Con un sistema de accionamiento repetible
Parte individual Repetibilidad de la Fuerza	± 2% a ± 5% de la resistencia nominal establecida	Con un sistema de accionamiento repetible
Resolución de la Fuerza	mejor que 0,5% (Full escala)	
Resistencia sin aplicar fuerza	> 1MΩ	Descargado, sin doblar
Rango de temperatura	-30 ° C a +70 ° C	
Máxima Corriente	1 mA/cm ² de la fuerza aplicada	

PRUEBAS DEL SENSOR

Adquisición de datos y circuito de acondicionamiento



Figura 5. Esquema de Adquisición de Datos y Visualización.

En la figura 5 podemos apreciar un esquema básico para la utilización de un FSR. El circuito de acondicionamiento es un partidor de tensión simple, con lo cual la salida va a ser un voltaje analógico de 0-5V que varía de acuerdo a la fuerza ejercida sobre el FSR.

La segunda etapa del esquema es la adquisición de datos, la cual se ha desarrollado con una tarjeta NI USB-6009 y el análisis y visualización de las mediciones por medio de LabView.

El software de Análisis y Visualización de las mediciones del sensor, consta de cuatro etapas, las cuales son: etapa de adquisición, acondicionamiento, linealización y visualización.

En la etapa de adquisición, se utilizan las herramientas para leer la NI USB 6009 de una manera óptima y sin esforzar el rendimiento del computador. En esta etapa se puede configura para poder leer tanto una señal analógica o varias, según el caso de aplicación que se requiera y el número de sensores.

La etapa de acondicionamiento es principalmente un paso donde adecuamos la señal de voltaje recibida para poder tener un equivalente a su valor resistivo. Simplemente se usa un nodo de fórmula para introducir la ecuación que caracteriza al circuito. En esta etapa también se realiza un promedio de las muestras leídas con el fin de reducir la inestabilidad de la lectura.

La linealización hace referencia a la construcción de la curva característica del sensor y realizando la respectiva interpolación de los datos extraídos de la curva, para poder así trabajar en todo el rango de fuerza dado por el sensor. Se recomienda trabajar con las curvas de conductancia vs fuerza, ya que estas son mucho más lineales que la de resistencia vs fuerza.

Por último tenemos la visualización, en donde se puede mostrar al dato leído tanto en una gráfica de barrido, como también en un display digital. Todas estas etapas mencionadas se las puede visualizar en la figura 6, en la cual se encuentran representadas en el diagrama de bloques.

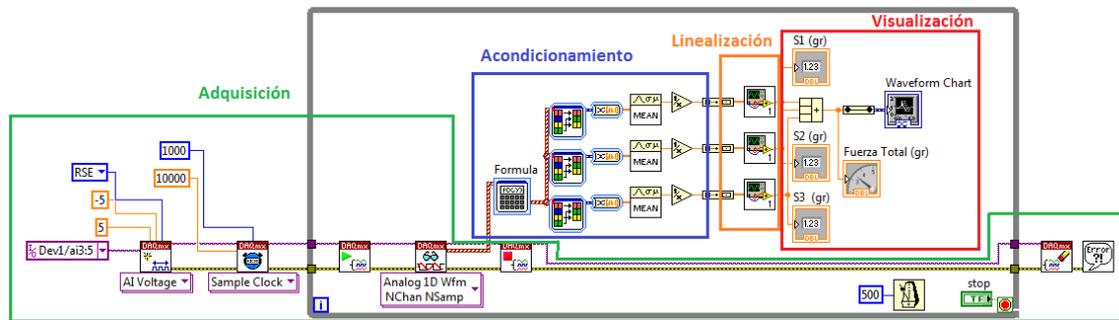
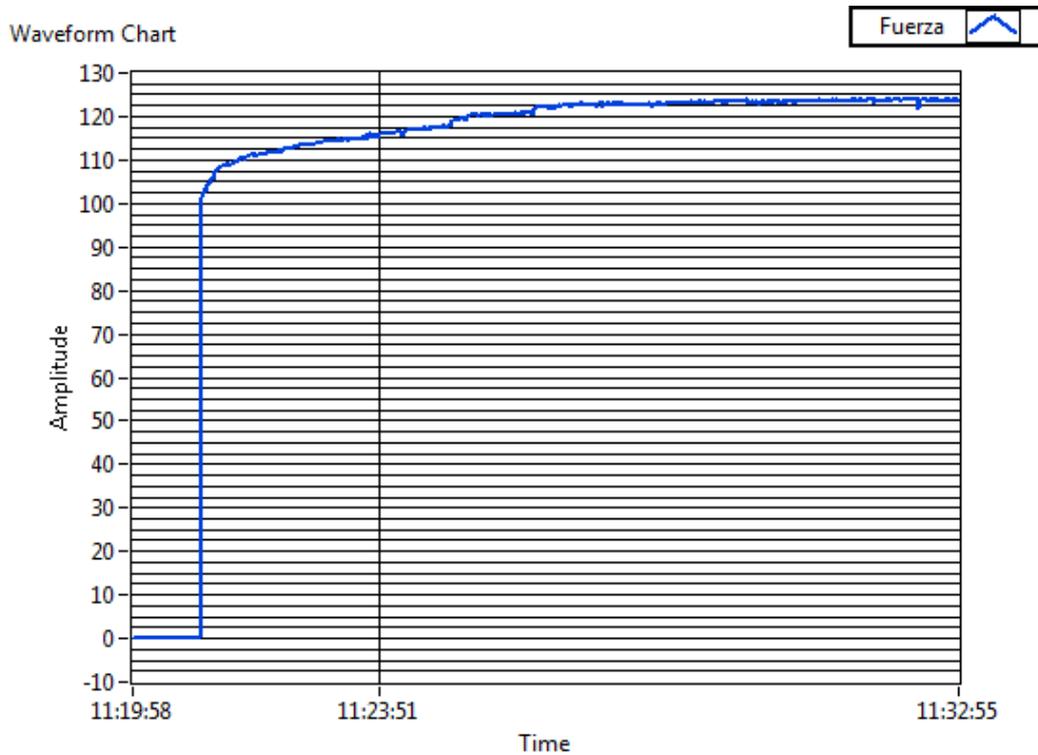


Figura 6. Diagrama de Bloques del programa en LabView.

GRAFICA OBTENIDA



En la figura podemos apreciar la curva de medida del sensor, en la cual, con una fuerza constante, tenemos una gran variación en la medición de fuerza, logrando una semi-estabilización en el transcurso de aproximadamente 10 minutos, por lo cual, dicho sensor no es recomendable para aplicaciones de precisión, ya que su lectura varía en casi un 20% hasta su estabilización.

Este sensor ha sido diseñado y fabricado para aplicaciones de fuerza humana, ya que la fuerza que ejerce una persona sobre un objeto es siempre variante y nunca es la misma. Las aplicaciones de este sensor se extienden a la robótica, pudiendo realizar aplicaciones mediante rangos de fuerza o discretización.