

Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales  
froac.manizales.unal.edu.co/raim

Grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos – GAIA

# MANUAL TÉCNICO IMU- MOUSE

RAIM 2017

*Implementación de un framework apoyado en tecnologías móviles y de realidad aumentada para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos. Código: 111956934172*

# TABLA DE CONTENIDO

## Manual Técnico IMU - Mouse

CARACTERÍSTICAS	2
DESCRIPCIÓN GENERAL	2
TEORÍA DE OPERACIÓN	3
ESPECIFICACIONES	4
COMUNICACIÓN I2C	5

## CARACTERÍSTICAS

**Acciones de movimiento y clic.**

**Detección de Actividad e Inactividad del usuario.**

**Movimiento del cursor proporcional a la velocidad de movimiento del usuario.**

**Filtro de 5 Hz para rechazar altas frecuencias de movimiento y mejorar el rechazo al ruido de los sensores.**

**Acelerómetro con resolución de  $\pm 4g$ .**

**Interfaz de comunicación USB.**

**Compatibilidad: Windows, Linux, MAC.**

## DESCRIPCIÓN GENERAL

El IMU-Mouse es un dispositivo de interfaz humana basada en una unidad de medida inercial (IMU, por su sigla en inglés). Esta unidad integra un conjunto de sensores que permiten conocer condiciones de aceleración, velocidad angular, y en algunos casos orientación relativa al campo magnético terrestre. A partir de la IMU se toma información sobre el desplazamiento y rotación de la cabeza del usuario sobre sus ejes primarios.

La información obtenida es usada por la herramienta realizar las acciones de interacción de un dispositivo apuntador convencional. El dispositivo diseñado permitirá a usuarios con discapacidad de movimiento en extremidades superiores el control de las acciones de clic y desplazamiento del cursor a través de movimientos de la cabeza.

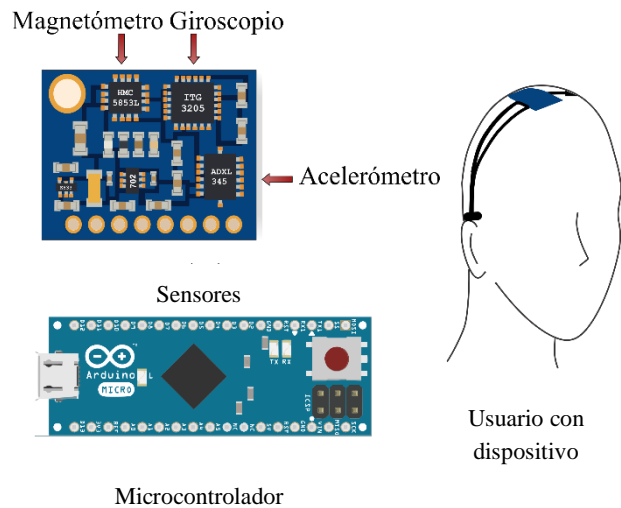


Figura 1: Componentes IMU-Mouse



## TEORÍA DE OPERACIÓN

El IMU-Mouse se compone de un sistema de medida y un sistema de procesamiento que se integran en una tarjeta de desarrollo y se fijan sobre un soporte. Este soporte permite que el dispositivo permanezca en una posición fija sobre la cabeza del usuario. Para el sistema de medida se tiene una tarjeta IMU GY-85 que posee un acelerómetro digital ADXL345, un giroscopio ITG3205 y un magnetómetro HMC5853L. Cada dispositivo incorpora 3 sensores que realizan mediciones sobre los ejes primarios de la IMU formando un sistema de medida de 9 DOF con valores digitales y envío de información a través de un protocolo de comunicaciones I<sup>2</sup>C. El sistema de procesamiento se basa en una placa Arduino Pro Micro.

La interpretación de las acciones de interacción de parte del sistema de procesamiento se basa en el aprovechamiento de las características del sistema de medida. Entre los parámetros configurados en la unidad de medida destacan los rangos de sensibilidad, los eventos de actividad e inactividad para el acelerómetro y la frecuencia de corte del filtro pasa bajas digital del giroscopio. Los eventos de actividad e inactividad se implementan mediante la programación de interrupciones de hardware y se activan cuando se alcanzan umbrales de aceleración definidos para cada uno. La frecuencia de corte del filtro pasa bajas se configuró a 5Hz y los rangos de medida de los sensores se establecieron respectivamente en

$\pm 4g$  y  $\pm 2000^\circ/s$  para el acelerómetro y el giroscopio. Los eventos de actividad e inactividad, y el filtro pasa bajas hacen robusto el sistema frente a variaciones de posición inherentes al equilibrio del cuerpo y a perturbaciones sobre el sistema de medida. El sistema de procesamiento hace uso de las librerías: Wire.h, I2Cdev.h, ADXL345-h, ITG3200.h, TimerOne.h.

En la figura 2 se esquematizan las zonas de funcionamiento del dispositivo establecidas a partir de las características del acelerómetro. Se establecen 3 zonas de funcionamiento que son definidas a través de los eventos de actividad e inactividad: Zona de Inactividad, Zona de Transición y Zona de Actividad. La zona de transición constituye un límite dinámico entre las zonas de actividad e inactividad de tal manera que el sistema entra en la zona de actividad para un valor de aceleración que sobrepasa  $0,3g$  y regresa a la zona de inactividad para un valor de aceleración que cae por debajo de  $0,2g$ . La acción seleccionada para la ejecución del clic es priorizada por la unidad de procesamiento y se caracteriza por un máximo de aceleración al inicio de la acción y uno adicional originado por la inercia propia del movimiento. Adicionalmente se definen valores de velocidad angular característicos a la acción de clic para definirla en función de los dos sensores usados. Al ser identificada la acción de clic se eliminan los datos de velocidad angular y en caso contrario estos son traducidos comandos para el movimiento del cursor

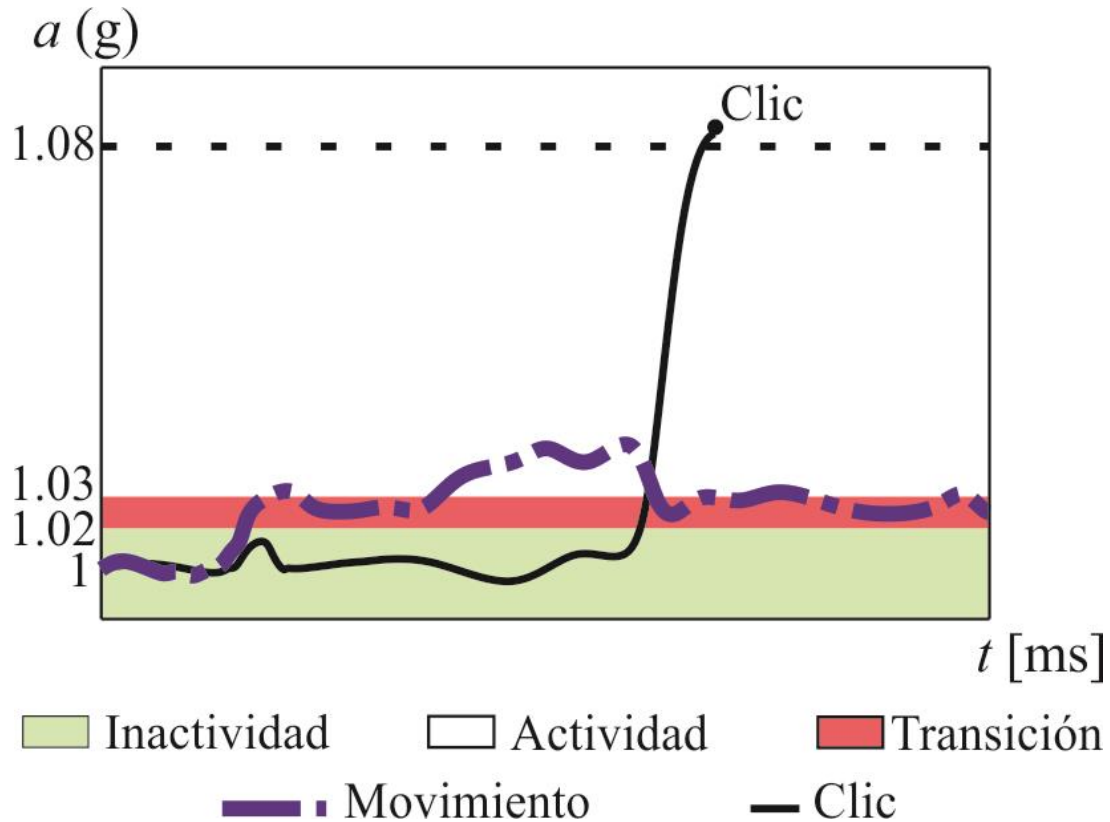


Figura 2: Esquema de aceleración contra tiempo para las zonas de operación del dispositivo

## ESPECIFICACIONES

Parámetro	Min	Típico	Max	Unidad
ACELEROMETRO				
Rango de Medida		±4		g
Resolución de Salida		11		Bits
Sensibilidad	115	128	141	LSB/g
Desviación del valor Ideal		±1.0		%
Factor de Escala en X <sub>OUT</sub> , Y <sub>OUT</sub> , Z <sub>OUT</sub>	7.1	7.8	8.7	mg/LSB
Cambio en la Sensibilidad por Temperatura		±0.01		%/°C
Tasa de Salida de Datos (ODR) <sup>3, 4, 5</sup>	0.1		3200	Hz
Auto calibración eje X	0.20		2.10	g
Auto calibración eje Y	-2.10		-0.20	g
Auto calibración eje Z	0.30		3.40	g
Rango de Voltaje de Operación (V <sub>S</sub> )	2.0	2.5	3.6	V
Interfaz de Rango de Voltaje (V <sub>DD I/O</sub> )	1.7	1.8	V <sub>S</sub>	V
Corriente de Alimentación ODR ≥ 100 Hz		140		μA

Corriente de Alimentación ODR < 10 Hz		30		$\mu\text{A}$
Rango de Temperatura	-40		+85	$^{\circ}\text{C}$
Peso del Dispositivo		30		mg
ARDUINO Micro (ATMega32U4)				
Voltaje de Entrada (Recomendado)	7		12	V
Voltaje de Entrada (Limite)	6		20	V
Pines de E/S		20		pinos
Canales de PWM		7		
Canales de Entrada Análogos		12		
Corriente DC en pines de E/S		20		mA
Corriente DC en pines de 3.3V		50		mA
Memoria Flash		32		KB
Memoria Utilizada para Bootloader		4		KB
SRAM		2.5		KB
EEPROM		1		KB
Velocidad de Reloj		16		MHz
Longitud		48		mm
Ancho		18		mm
Peso del Dispositivo		13		g

## COMUNICACIÓN I<sup>2</sup>C

El ADXL345 soporta modo estándar (100 kHz) y rápido (400 kHz) de transferencia de datos para protocolo I<sup>2</sup>C. Se permite múltiple y única lectura y escritura de bytes.

Debido a limitaciones en la velocidad de comunicación, la tasa máxima de salida de datos cuando se usa I<sup>2</sup>C a 400 kHz es de 800 Hz, además escala es lineal y cambian con la velocidad del protocolo. Por ejemplo, usar I<sup>2</sup>C a 100 kHz podría limitar la tasa máxima de salida de datos a 200 Hz. La operación a una tasa de datos superior a la

recomendada podría causar efectos indeseables en los datos de aceleración que van desde pérdida de muestras y ruido adicional.

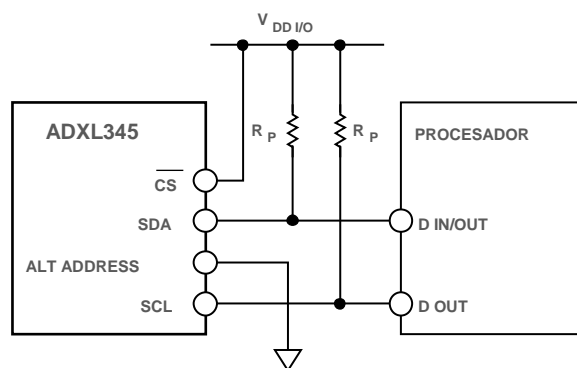


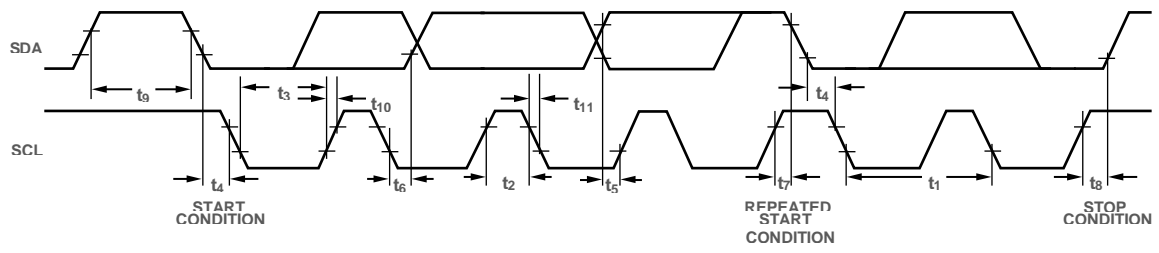
Figura 3. Diagrama de conexiones I<sup>2</sup>C

## Tabla 1. Entrada/Salida Digital I<sup>2</sup>C

Parámetro	Límites 1, 2		Unidad	Descripción
	Min	Max		
fSCL		400	kHz	Frecuencia de reloj SCL
t <sub>1</sub>	2.5		μs	Ciclo de tiempo SCL
t <sub>2</sub>	0.6		μs	t <sub>HIGH</sub> , tiempo alto SCL
t <sub>3</sub>	1.3		μs	t <sub>LOW</sub> , tiempo bajo SCL
t <sub>4</sub>	0.6		μs	t <sub>HD, STA</sub> , iniciar/repetir inicio de condición de tiempo de espera
t <sub>5</sub>	100		ns	t <sub>SU, DAT</sub> , tiempo de configuración de datos
t <sub>6,3, 4, 5, 6</sub>	0	0.9	μs	t <sub>HD, DAT</sub> , tiempo de retención de datos
t <sub>7</sub>	0.6		μs	t <sub>SU, STA</sub> , tiempo de preparación para la repetición de inicio
t <sub>8</sub>	0.6		μs	t <sub>SU, STO</sub> , detener condición de tiempo de configuración
t <sub>9</sub>	1.3		μs	t <sub>BUF</sub> , tiempo libre del bus entre la condición de parada y una condición de inicio
t <sub>10</sub>		300	ns	t <sub>R</sub> , tiempo de subida de SCL y SCA a recibir
	0		ns	t <sub>R</sub> , tiempo de subida de SCL y SCA a recibir o transmitir
t <sub>11</sub>		300	ns	t <sub>F</sub> , tiempo de caída del SDA al recibir
		250	ns	t <sub>F</sub> , tiempo de subida de SCL y SCA al transmitir
C <sub>b</sub>		400	pF	Carga capacitiva para cada línea del bus

**Tabla 2. Temporización I<sup>2</sup>C (T = 25°C, V = 2.5 V, V = 1.8 V)**

Parámetro	Condiciones de Prueba	Límite <sup>1</sup>		Unidad
		Min	Max	
Entrada digital				
Nivel bajo de tensión para cada línea del bus (V <sub>IL</sub> )			0.3 × V <sub>DD I/O</sub>	V
Alto nivel de voltaje de entrada (V <sub>IH</sub> )		0.7 × V <sub>DD I/O</sub>		V
Corriente de bajo nivel (I <sub>IL</sub> )	V <sub>IN</sub> = V <sub>DD I/O</sub>		0.1	μA
Corriente de alto nivel (I <sub>IH</sub> )	V <sub>IN</sub> = 0 V	-0.1		μA
Salida digital				
Bajo nivel de voltaje de salida (V <sub>OL</sub> )	V <sub>DD I/O</sub> < 2 V, I <sub>OL</sub> = 3 mA		0.2 × V <sub>DD I/O</sub>	V
	V <sub>DD I/O</sub> ≥ 2 V, I <sub>OL</sub> = 3 mA		400	mV
Bajo nivel de corriente de salida (I <sub>OL</sub> )	V <sub>OL</sub> = V <sub>OL, max</sub>	3		mA
Capacitancia del pin	f <sub>IN</sub> = 1 MHz, V <sub>IN</sub> = 2.5 V		8	pF







Límites basados en los resultados de caracterización, con FSCL= 400kHz y 3mA de corriente de alimentación.

Todos los valores a que se refiere los niveles  $V_{IL}$  y  $V_{IH}$  se dan en la tabla 1.

$t_6$  es el tiempo de retención de datos que se mide desde el flanco descendiente de SCL. Se aplica a los datos en la transmisión y reconocimiento.

Un dispositivo de transmisión debe estar configurado internamente un tiempo de retención de salida de al menos 300 ns para la señal SDA (con respecto al  $V_{IH}$  (min) de la señal SCL) para establecer un Puente sobre la región indefinida del flanco de bajada.

El valor máximo  $t_6$  debe cumplirse solo si el dispositivo no alarga el periodo bajo ( $t_3$ ) de la señal SCL.

El valor máximo de  $t_6$  es una función de tiempo de reloj bajo ( $t_3$ ), el reloj de tiempo de subida ( $t_{10}$ ), y el tiempo mínimo de configuración de datos ( $t_{5_{min}}$ ). A partir de este valor se calcula el  $t_{6_{max}} = t_3 - t_{10} - t_{5_{min}}$ .