



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

TEMA

**DISPOSITIVO TRADUCTOR DEL LENGUAJE DE SEÑALES DE
PERSONAS SORDAS A SONIDOS AUDITIVOS DE LAS LETRAS DEL
ABECEDARIO.**

AUTORES:

LENNIN CARLOS ENCALADA MONTEROS

HAROLD ERNESTO CARRASCO CUEVA

DIRECTOR: ING.DAVID NARVAEZ ERAZO

IBARRA-ECUADOR

JUNIO, 2013

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual se pone a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD	100382454-5
APELLIDOS Y NOMBRES	LENNIN CARLOS ENCALADA MONTEROS
DIRECCIÓN	PEDRO MONTUFAR 4-19 (IBARRA)
E-MAIL	lennine_10@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL	0992046055 / 062959148

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD	1002791778
APELLIDOS Y NOMBRES	HAROLD ERNESTO CARRASCO CUEVA
DIRECCIÓN	BONILLA Y SALINAS 4-49 (IBARRA)
E-MAIL	haroldcessna@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL	0995683165 / 062640350

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	DISPOSITIVO TRADUCTOR DEL LENGUAJE DE SEÑAS DE PERSONAS SORDAS A SONIDOS AUDITIVOS DE LAS LETRAS DEL ABECEDARIO.
AUTOR	LENNIN CARLOS ENCALADA MONTEROS HAROLD ERNESTO CARRASCO CUEVA
FECHA	12/06/2013
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTAN	INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
DIRECTOR	ING. DAVID NARVAEZ ERAZO

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Lennin Carlos Encalada Monteros, con cédula de identidad Nro. 1003824545-1, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

Yo, Harold Ernesto Carrasco Cueva, con cédula de identidad Nro. 100279177-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

iv

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Lennin Carlos Encalada Monteros, con cédula de identidad Nro. 1003824545, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "Dispositivo traductor del lenguaje de señales de personas sordas a sonidos auditivos de las letras del abecedario", que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma)



Nombre: Lennin Carlos Encalada Monteros

Cédula: 100382454-5

Ibarra, a los 12 días del mes de Junio de 2013

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Harold Ernesto Carrasco Cueva, con cédula de identidad Nro. 100279177-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "Dispositivo traductor del lenguaje de señales de personas sordas a sonidos auditivos de las letras del abecedario", que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma) _____



Nombre: Harold Ernesto Carrasco Cueva

Cédula: 100279177-8

Ibarra, a los 12 días del mes de Junio de 2013

DECLARACIÓN

Yo, LENNIN CARLOS ENCALADA MONTEROS, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Lennin Carlos Encalada Monteros

DECLARACIÓN

el
ite
do

Yo, HAROLD ERNESTO CARRASCO CUEVA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

—
s



Harold Ernesto Carrasco Cueva

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lennin Carlos Encalada Monteros y Harold Ernesto Carrasco Cueva, bajo mi supervisión.



Ing. David Narváez

DIRECTOR DEL PROYECTO

Este trabajo investigativo, fruto de una intensa labor personal y la oportuna orientación, creo acertado, desde lo más íntimo de mi ser.

DEDICATORIA

A mis padres Fanny y Carlos por inculcarme ese espíritu de entrega y trabajo incansable para conseguir las metas y propósitos trazados, y en especial a mi madre quien estuvo días y noches enteras acompañándome hasta la culminación de este proyecto.

A mis hermanas Lorena, Alby, y Shirley quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional.

A mis Abuelitos maternos Teresa (+) y Elizardo (+) quienes supieron girarme y por forjar ese amor, carisma, y disciplina.

Lennin Carlos Encalada Monteros

DEDICATORIA

Sobre todas las cosas agradezco a Dios por ser la luz que siempre ha iluminado mi camino y sin el cual nada en mi vida fuera posible.

A mis padres Ernesto y Sheyla, a mi hermana; y a toda mi familia por ser mi soporte en más de una manera. Por su incondicional y desinteresado apoyo que supo llenar mi corazón y fortalecer mi voluntad.

A todos, gracias de corazón.

Harold Ernesto Carrasco Cueva

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque sin la presencia de él en mi vida no hubiera sido posible la culminación de esta meta

Al Ing. Jorge Terán por su dirección y asesoría en el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Danny Pavón por ser quien impulso desde su cátedra la implementación de este proyecto.

Al Ing. Gerardo Collaguazo quien con su apoyo se logró concluir la primera etapa del proyecto.

Al Dr. Manolo Hidalgo y al personal docente de la Unidad Educativa de Sordos del Gobierno Provincial de Imbabura, por su colaboración.

A mi estimado amigo y compañero de proyecto, Harold; y de manera muy especial a su familia.

A los compañeros, amigos y demás personas que contribuyeron a la culminación de este proyecto.

Lennin Carlos Encalada Monteros

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Jorge Terán quien más allá de ser nuestro mentor, fue desde hace mucho tiempo amigo y guía.

Al Ing. Danny Pabón por despertar en nosotros la curiosidad y hambre de saber. Así como por ser quien aportó la semilla que dio pie a toda esta investigación.

Al Ing. Gerardo Collaguazo quien también aportó a este proyecto con sus conocimientos y su dirección técnica.

A mi universidad que supo ser mi segundo hogar y cuna de muchas de mis dudas e ilusiones. Y, también a todas y cada una de las personas que en ella me brindaron su amistad y cooperación.

A Lennin mi compañero y amigo; quien durante un par de años ya, constituyó parte fundamental de mi progreso en esta travesía y, de igual manera a su familia.

A mis amigos y compañeros quienes también han sido parte importante en esta etapa de mi vida y espero sigan cerca de mí por mucho más tiempo.

A la "Escuela de Sordos del Gobierno Provincial de Imbabura" componente sustancial de este proyecto. A su director el Dr. Manolo Hidalgo, docentes y personal; y, sobre todo al curso de preparatoria. Todos ellos fueron artífices de la materialización del proyecto.

A él "Instituto de Misioneros y Misioneras de Cristo Id". A través del cual Cristo mismo me habla día, a día siendo voz de aliento para nunca darme por darme por vencido.

Harold Ernesto Carrasco Cueva

RESUMEN

En el Ecuador, durante mucho tiempo se ha mantenido a las personas con discapacidad bajo criterios de mendicidad y beneficencia; sin embargo actualmente se les ha dado otro trato con una ley que les ampara y los protege. Una de las discapacidades es precisamente personas con dificultad en su audición las cuales se comunican mediante señas.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades del Ecuador (CONADIS), en Ecuador, el 13,2 % de personas tiene algún tipo de discapacidad y aproximadamente 213.000 personas tiene algún tipo de discapacidad auditiva y más de 20.000 personas sordas en todo el país están registradas en las estadísticas oficiales. Sin embargo, existe en alto número de personas que no están registradas debido a las dificultades y falta de comunicación. Por lo que se puede concluir que hay insuficiente información acerca de la realidad de las personas sordas en Ecuador. (FENASEC, 2012).

La gran mayoría de personas sin discapacidad no conoce el lenguaje de señas, por lo que la comunicación de ellas con personas sordas resulta complicada. Distintas herramientas se han facilitado para la mejor comunicación e inclusión de todas las personas con este tipo de discapacidad, aunque no se ha dotado de herramientas que mejore la comunicación de éstas con el resto de la sociedad.

Este proyecto consiste en la implementación de un guante, con sensores de flexión, aceleración y dirección, que utilizará una persona sorda. Cuando esta se coloque el guante en la mano derecha y realice el movimiento respectivo de una letra del abecedario, una aplicación móvil en un teléfono androide reproducirá la letra respectiva por el altavoz.

ABSTRACT

In Ecuador, the persons with different kinds of disabilities have been held under begging and charity criteria so far. Nevertheless they are now receiving other kind treatment that protects them. One of the disabilities is precisely the difficulty to hear. Therefore they communicate with each other using signs.

In accordance with The “Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades del Ecuador” CONADIS, In Ecuador, 13.2% of the persons have some kind of disability, and approximately 213.000 have some kind of hearing disability. More than 20.000 deaf persons are registered in the official statistics throughout the county. However, there is still a high number of persons who’s not registered yet; due to difficulties and lack of communication. Therefore it can be concluded that there is not enough information about the reality of deaf people in Ecuador. (FENASEC, 2012).

Most of the people without disabilities, don’t know the sings language, hence the comunicacion of this persons with deaf ones becomes difficult. Various tools have been provided to improve the communication and inclusion of persons with this kind disability. Although, tools to improve the communication between these persons and the rest of the society have not been provided yet.

This project consists in the implementation of a glove with: flexion sensors, accelerometer and a digital compass; which are going to be used by a deaf person. When this glove is worn in the right hand and a movement of a letter of the alphabet is performed, a mobile application in an android cell phone will play the corresponding sound of the letter through the speaker.

PRESENTACIÓN

En afán de contribuir con nuestra sociedad, este proyecto intenta acortar la brecha que separa a las personas signantes, de las que pueden hablar y escuchar. Este proyecto está constituido por los capítulos descritos a continuación:

En el primer capítulo se expone las bases teóricas que sustentan la investigación llevada a cabo en este proyecto.

En el segundo capítulo se analiza los requerimientos del dispositivo, en base a esto cotejar varias posibilidades existentes en el mercado. De esta manera se eligió los componentes más adecuados tomando en cuenta criterios de prestaciones y costos.

En el tercer capítulo se indica el proceso de diseño. Empezando por la parte tangible del dispositivo en la cual se toma en cuenta como deberá proceder en la realidad dicho artefacto. Para completar la etapa de diseño se indica la estructura de la parte informática del dispositivo, se explica las herramientas y métodos usados para administrar y procesar la información procedente de la parte física.

En el cuarto capítulo se explica de manera detallada los elementos que conforman una parte del dispositivo que va instalada en un teléfono androide. Aquí se dan a conocer elementos como el lenguaje de programación usado y el proceso general que se emplea para diseñar una aplicación para un teléfono androide.

En el quinto capítulo se presenta el dispositivo final. Se muestran las pruebas de confiabilidad del dispositivo realizadas con personas sordas signantes.

CONTENIDO

CAPITULO 1	MARCO TEÓRICO	1
1.1	LENGUAJE DACTILOLÓGICO INTERNACIONALMENTE ESTANDARIZADO	1
1.2	SENSORES DE PRESION	3
1.2.1	SENSORES RESISTIVO DE FLEXION.....	4
1.2.1.1	<i>Tipos de Conexión del Sensor de Flexión Flexsensor:</i>	5
1.3	SENSORES MAGNÈTICOS	8
1.3.1	SENSORES MAGNETORESISTIVOS	8
1.3.1.1	<i>BRUJULA ELECTRONICA</i>	8
1.3.1.2	<i>CÀLCULO DEL ÀNGULO DE DIRECCIÒN</i>	9
1.3.1.3	<i>TIPOS DE CONEXIÒN DE LA BRÙJULA ELECTRÒNICA</i>	10
1.4	SENSORES DE MOVIMIENTO	12
1.4.1	ACELERÒMETRO CAPACITIVO	13
1.4.1.1	<i>Càlculo de la Inclinaciòn</i>	14
1.4.1.2	<i>Conexiòn del Aceleròmetro con el Microcontrolador.</i>	15
1.5	COMUNICACIÒN INALAMBRICA VIA BLUETOOTH.	17
1.5.1	FRECUENCIA DE RADIO:	17
1.5.2	POTENCIA DE TRANSMISIÒN:.....	17
1.5.3	CANALIZACION	18
1.5.4	FORMATO DE PAQUETE	18
1.5.5	ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS	19
1.5.6	SEGURIDAD.....	21
1.5.7	CONEXIÒN DEL MODULO BLUETOOTH CON EL MICROCONTROLADOR	21
1.6	PANTALLA GRAFICA DE CRISTAL LÍQUIDO GLCD	23
1.6.1	CARACTERÍSTICAS DE UNA GLCD 128X64ST-7920.....	24
1.6.2	DESCRIPCIONES DE LOS PINES DE CONEXIÒN DE UNA GLCD DE 128X64 ST7920	26

1.6.3 TIPOS DE CONEXIÓN DE LA GLCD CON EL MICROCONTROLADOR	27
1.6.3.1 <i>Modo Paralelo</i>	27
1.6.3.2 <i>Modo Serie</i>	28
1.7 APLICACIÓN EN EL TELÉFONO ANDROIDE	29
1.7.1 APP INVENTOR	31
1.7.1.1 <i>Explorador</i>	32
1.7.1.2 <i>Paleta</i>	33
1.7.1.3 <i>Editor de bloques</i>	34
1.7.1.4 <i>Built in o embebidos</i>	34
1.7.1.5 <i>My blocks o creados por el usuario</i>	35
1.7.1.6 <i>Advanced blocks o bloques avanzados</i>	35
1.8 COMUNICACIÓN ENTRE EL TELEFONO CELULAR Y EL MICROCONTROLADOR	35
CAPITULO 2 ARQUITECTURA BÁSICA	37
2.1 SELECCIÓN DE SENSORES RESISTIVOS	38
2.2 SELECCION DEL SENSOR MAGNETORESISTIVO PARA LA ADQUISICION DEL ANGULO DE DIRECCION DEL GUANTE	39
2.2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA BRUJULA GY-26	39
2.2.1.1 <i>Terminología Técnica Relevante</i>	40
2.3 SELECCIÓN DEL ACELEROMETRO PARA LA ADQUISICION DEL ANGULO DE INCLINACION Y ACELERACION EN EL GUANTE	42
2.4 SELECCIÓN DEL MODULO BLUETOOTH	43
2.5 CONSTITUCION DEL GUANTE	44
2.5.1 MATERIALES DEL GUANTE	44
2.6 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR	45
2.6.1 MICROCONTROLADOR ATMEL XMEGA128A1	47
2.6.1.1 <i>Características</i>	47
2.6.1.2 <i>Arquitectura Central</i>	49
2.6.1.3 <i>Memoria RAM</i>	50

2.6.1.4	<i>Puertos de entrada/salida</i>	50
2.6.1.5	<i>Módulo de conversión ADC de microcontrolador XMega128A1</i>	52
2.7	ARQUITECTURA DETALLADA DEL DISPOSITIVO	54
CAPITULO 3	DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE	55
3.1	INSTALACIÓN DE LOS SENSORES DE FLEXION.	56
3.1.1	FLUJOGRAMA DEL PROGRAMA DE LOS SENSORES DE FLEXION Y EL MICOCONTROLADOR XMEGA128A1.....	62
3.2	INSTALACIÓN DEL ACELEROMETRO MMA7361.	64
3.2.1	FLUJUGRAMA DEL PROGRAMA DEL ACELEROMETRO MMA7361 Y EL MICOCONTROLADOR XMEGA128A1.....	67
3.3	INSTALACIÓN DE LA BRUJULA GY-26	69
3.3.1	FLUJUGRAMA DEL PROGRAMA DE LA BRUJULA GY-26 Y EL MICOCONTROLADOR XMEGA128A1.....	72
3.4	CODIFICACIÓN DE LAS SENSORES Y TRAMA DE DATOS	75
3.4.1	FLUJOGRAMA DEL PROGRAMA PRINCIPAL.....	78
CAPITULO 4	INTERFAZ EN UN TELEFONO ANDROIDE SAMSUNG	81
4.1	ELABORACION DEL CODIGO DE PROGRAMA PARA LA INTERFAZ EN APPINVENTOR	81
4.1.1	PROGRAMA DE LA APLICACIÓN PARA EL TELEFONO ANDORIDE EN APP INVENTOR.....	81
CAPITULO 5	PRUEBAS Y RESULTADOS	89
5.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO	89
5.1.1	PRUEBA DE CALIBRACIÓN DE UMBRALES	89
5.1.1.1	<i>Materiales</i>	89
5.1.1.2	<i>Método</i>	89
5.1.2	VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS	93
5.1.2.1	<i>Materiales</i>	93
5.1.2.2	<i>Método</i>	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100	
ANEXOS	103	
BIBLIOGRAFÍA	143	

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO INDICE.....	103
ANEXO B. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO MEDIO	104
ANEXO C. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO ANULAR.....	105
ANEXO D. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO PULGAR.....	106
ANEXO E. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO MENIQUE	107
ANEXO F. TOMA DE DATOS ACELEROMETRO MMA7361.	108
ANEXO G. TIPO DE DATOS CON RANGO DE BITS.....	109
ANEXO H. CÓDIGO ASCII.....	109
ANEXO I. VALORES CARGADOS CORRESPONDIENTES EN EL DISPOSITIVO DE LAS LETRAS DEL ABECEDARIO EN CÓDIGO BINARIO.....	110
ANEXO J.DATOS TOMADOS DEL HIPERTERMINAL DE LA BRÚJULA GY-26 PARA LA DIRECCIÓN NORTE.	111
ANEXO KDATOS TOMADOS DEL HIPERTERMINAL DE LA BRÚJULA GY-26 PARA LA DIRECCIÓN ESTE.	111
ANEXO LDATOS TOMADOS DEL HIPERTERMINAL DE LA BRÚJULA GY-26 PARA LA DIRECCIÓN SUR.....	112
ANEXO MDATOS TOMADOS DEL HIPERTERMINAL CODEVISIONAVR DE LA BRÚJULA GY-26 PARA LA DIRECCIÓN OESTE.....	112
ANEXO N TOMA DE DATOS DE LA BRUJULA GY-26.....	113
ANEXO O PRUEBAS REALIZADAS EN LA UNIDAD EDUCATIVA DE SORDOS DEL GOBIERNO PROVINCIAL DE IMBABURA.	114
ANEXO P. MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL MODULO.....	115
ANEXO Q MANUAL DE INSTRUCCIONES DE LA BRUJULA GY-26.	122
ANEXO R. HOJA DE DATOS DEL ACELEROMETRO MMA7361.....	127
ANEXO S HOJA DE DATOS DEL FLEXSENSOR 3.0”	131
ANEXO T HOJA DE DATOS DEL FLEXSENSOR 4.5”	133
ANEXO U. EXTRACTO DEL DATASHEET XMEGA128A1.....	135
ANEXO V HUESOS DE LA MANO.....	138
ANEXO W DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL DISPOSITIVO.....	139
ANEXO X PROGRAMA DEL XMEGA128A1.....	140

xx

ANEXO Y. MANUAL DE USUARIO.....	141
ANEXO Z. GUIA DEL LENGUAJE POSITIVO.....	142

INDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1.1 Abecedario dactilológico reconocido en el Ecuador.....</i>	2
<i>Fig. 1.2. Circuito básico de un puente de Wheatstone</i>	4
<i>Fig. 1.3 - Curva de resistencia flexión.....</i>	5
<i>Fig. 1.4 -Circuito básico de conexión.....</i>	6
<i>Fig. 1.5 - Circuito de conexión de Flexsensor con buffer ajustable.....</i>	6
<i>Fig. 1.6 - Circuito utilizando Flexsensor como conmutador de umbral de deflexión variable</i>	7
<i>Fig. 1.7 - Circuito utilizando Flexsensor como resistencia de convertidor de voltaje. .</i>	7
<i>Fig. 1.8 - Diagrama de bloques simplificado de una brújula electrónica.</i>	9
<i>Fig. 1.9 - Diagrama de pines de la brújula GY-26.....</i>	10
<i>Fig. 1.10 - Diagrama de conexiones interfaz USART y IIC de la brújula GY-26 con el microcontrolador</i>	11
<i>Fig. 1.11 - Diagrama de pines y conexiones brújula HCM6352 con el microcontrolador.</i>	11
<i>Fig. 1.12 Ángulos directores</i>	12
<i>Fig. 1.13 Dirección en el espacio tridimensional de un vector.</i>	13
<i>Fig. 1.14 – Respuesta del acelerómetro capacitivo a una aceleración aplicada.....</i>	14
<i>Fig. 1.15 - Medición de la inclinación con el acelerómetro capacitivo.....</i>	15
<i>Fig. 1.16- Conexión con del acelerómetro MMA7361 con el microcontrolador.....</i>	16
<i>Fig. 1.17- Conexión con del acelerómetro ADXL335 con el microcontrolador.....</i>	16
<i>Fig. 1.18 Formato del Paquete</i>	18
<i>Fig. 1.19 Arquitectura de Protocolos.....</i>	20
<i>Fig. 1.20 - Esquemático de aplicación del modulo RN-41/RN-42 con Interfaz USART para la conexión con un microcontrolador.</i>	22
<i>Fig. 1.21 - Diagrama de conexiones del modulo HC-05 a niveles de 5V y 3.3V con un microcontrolador con interfaz USART.....</i>	23
<i>Fig. 1.22 - Diagrama de bloques de la GLCD 128x64 Digole ST7920.....</i>	25
<i>Fig. 1.23 - Pines GLCD DILOGE 128x64 con controlador ST7920</i>	27
<i>Fig. 1.24 - Transferencia de datos GLCD DILOGE 128x64.</i>	28
<i>Fig. 1.25 - Diagrama de tiempos de transferencia serie en ST7920.....</i>	29

<i>Fig. 1.26 - Proceso de diseño e implementación de una aplicación Android con App Inventor.</i>	30
<i>Fig. 1.27 - Explorador App Inventor</i>	31
<i>Fig. 1.28 - Editor de bloques App Inventor</i>	32
<i>Fig. 1.29 Formato de envío del Paquete de datos del protocolo bluetooth.</i>	36
<i>Fig. 1.30. Comunicación del μC con el teléfono móvil.</i>	36
<i>Fig. 2.1 Diagrama de arquitectura del dispositivo.</i>	37
<i>Fig. 2.2- Bluetooth HC-05</i>	44
<i>Fig. 2.3 - Mapa de Memoria XMega128A1</i>	50
<i>Fig. 2.4 - Diagrama de bloques ADC</i>	53
<i>Fig. 2.5 - Diagrama de tiempos del ADC del XmegaxxA1 sin ganancia</i>	54
<i>Fig. 2.6 Arquitectura detallada del equipo</i>	54
<i>Fig. 3.1 – Diagrama de Bloques del Dispositivo.</i>	55
<i>Fig. 3.2- Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Índice</i>	56
<i>Fig. 3.3 - Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Medio.</i>	57
<i>Fig. 3.4 - Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Anular</i>	57
<i>Fig. 3.5 - Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Pulgar</i>	58
<i>Fig. 3.6 - Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Menique.</i>	58
<i>Fig. 3.7- Diagrama Esquemático de toma de datos</i>	59
<i>Fig. 3.8- Toma de datos del sensor de Flexión</i>	59
<i>Fig. 3.9- Conexión de los sensores de Flexión con el microcontrolador</i>	61
<i>Fig. 3.10 - Configuración del modulo ADC utilizada con Xmega para los sensores de Flexión.</i>	61
<i>Fig. 3.11 Flujograma de configuración de temporizador para adquisición de la señal de los sensores de flexión con el microcontrolador XMEGA128A1.</i>	62
<i>Fig. 3.12 - Flujograma de adquisición de la señal de los sensores de flexión con el microcontrolador XMEGA128A1</i>	63
<i>Fig. 3.13- Toma de datos del Eje X del acelerómetro MMA7361</i>	64
<i>Fig. 3.14- Toma de datos del Eje X del acelerómetro MMA7361¹⁸</i>	65
<i>Fig. 3.15 - Diagrama Esquemático de conexión del Acelerómetro MMA con el microcontrolador Xmega128A1.</i>	66
<i>Fig. 3.16 - Flujograma de configuración de temporizador para adquisición de la señal del acelerómetro MMA7361 con el microcontrolador XMEGA128A1</i>	67

Fig. 3.17 <i>Flujograma de adquisición de la señal del acelerómetro MMA7361 con el microcontrolador XMEGA128A1</i>	68
Fig. 3.18- <i>Orientación Norte</i>	69
Fig. 3.19- <i>Orientación Este</i>	70
Fig. 3.20- <i>Orientación Sur</i>	70
Fig. 3.21- <i>Orientación Oeste</i>	71
Fig. 3.22- <i>Calibración de la Brújula GY-26</i>	71
Fig. 3.23. <i>Flujograma de configuración del puerto USARTD0 para la adquisición de la señal de la Brújula GY-26 con el microcontrolador XMEGA128A1</i>	72
Fig. 3.24 <i>Flujograma de petición de datos a la Brújula GY-26 con el microcontrolador XMEGA128A1 por el puerto USARTD0</i>	73
Fig. 3.25 – <i>Flujograma de recepción de datos de la Brújula GY-26 con el microcontrolador XMEGA128A1 (Continuación)</i>	74
Fig. 3.26 <i>Flujograma del programa principal configuración del XMega128A1</i>	78
Fig. 3.27 <i>Flujograma del Interrupciones y subrutinas del XMega128A1</i>	79
Fig. 3.28 - <i>Flujograma del programa principal (continuación) del XMega128A1</i>	80
Fig. 4.1 - <i>Aplicación en App inventor</i>	82
Fig. 4.2- <i>App inventor - Editor de bloques</i>	82
Fig. 4.3- <i>App inventor - Timmer</i>	84
Fig. 4.4- <i>App Final parte I</i>	85
Fig. 4.5- <i>App Final parte II</i>	87
Fig. 4.6- <i>App Final parte III</i>	88
Fig. 5.1 <i>Pruebas de Funcionamiento</i>	98
Fig. 5.2 <i>Diseño final del dispositivo</i>	99

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1 Unidades magnéticas más comunes</i>	8
<i>Tabla 1.2 Descripción de los pines de la GLCD Diloge 128x64 con controlador ST7920</i>	26
<i>Tabla 2.1 Características eléctricas del Flexsensor de 2.2" y 4.5"</i>	38
Tabla 2.2 Cuadro comparativo de brújula GY-26 y HMC6352	39
Tabla 2.3. Lista de comandos de la brújula GY-26.	41
<i>Tabla 2.4 Tabla comparativa de los acelerómetros MMA7361, ADXL335 y LIS331.</i>	42
<i>Tabla 2.5 Cuadro Comparativo de los módulos Bluetooth RN-42 y HC-05.</i>	43
Tabla 2.6 Materiales y Características Especiales del guante UNDER ARMOR	45
Tabla 2.7 Tabla comparativa entre los microcontroladores PIC18F46K20 y XMega128A1	46
<i>Tabla 3.1 Asignación de Bits correspondiente de la trama de datos empleada para los Sensores de Flexión.</i>	61
Tabla 3.2 Asignación de Bits correspondiente de la trama de datos empleada en los ejes del acelerómetro MMA7361	66
<i>Tabla 3.3. Variables globales de los umbrales de los sensores de flexión.</i>	75
<i>Tabla 3.4 Umbrales de los valores de inclinación de los ejes X, Y, Z del acelerómetro.</i>	76
<i>Tabla 3.5 Trama de datos de codificación de los sensores de flexión e inclinación.</i>	76
<i>Tabla 3.6 Valores cargados correspondientes en el dispositivo de las letras del Abecedario.</i>	77
Tabla 5.1 Toma de datos Nro.1.	90
Tabla 5.2 Toma de datos Nro.2	91
<i>Tabla 5.3 Umbrales de los sensores de flexión y ejes del acelerómetro.</i>	92
Tabla 5.4 Prueba de Funcionamiento Nro 1.	94
Tabla 5.5 Prueba de Funcionamiento Nro 2.	95
<i>Tabla 5.6 Prueba de Funcionamiento Nro 3.</i>	96
<i>Tabla 5.7. Prueba de Funcionamiento Nro 4.</i>	97

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 LENGUAJE DACTILOLÓGICO INTERNACIONALMENTE ESTANDARIZADO

Las personas sordas, privadas del canal de la audición, han desarrollado una lengua que se adapta mejor a sus necesidades comunicativas; ésta se denominó “lengua de señas” o “lenguaje de signos”. Contrariamente a lo que muchas personas creen, la lengua de señas no es universal, sino que la comunidad sorda de cada país elaboró y desarrolló una lengua de señas que se ajusta a las características de esa comunidad.

La Lengua de Señas Ecuatoriana (LSEC) es la lengua que durante años ha desarrollado y transmitido la Comunidad Sorda del Ecuador de generación en generación, en el Art 70 de la Ley de Discapacidades define “...La lengua de señas ecuatoriana como lengua propia y medio de comunicación de las personas con discapacidad auditiva...” (Ley de Discapacidades, 2012, p. 16). Esta lengua tiene una modalidad viso-gestual, estos movimientos de la mano y expresiones tienen las mismas propiedades que las lenguas habladas; estos movimientos de las manos y expresiones. Gracias a ella, las personas sordas de nuestro país pueden comunicarse, transmitir sus deseos e intereses, informarse, defender sus derechos y construir una identidad positiva que las hace miembros de esa comunidad.

El abecedario dactilológico que se encuentra vigente en nuestro país es el que se muestra en la Fig. 1.1

De acuerdo con el Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades del Ecuador (CONADIS), en Ecuador, el 13,2 % de personas tiene algún tipo de discapacidad y aproximadamente 213.000 personas tiene algún tipo de discapacidad auditiva y más de 20.000 personas sordas en todo el país

están registradas en las estadísticas oficiales. Sin embargo, existe en alto número de personas que no están registradas debido a las dificultades y falta de comunicación. Por lo que se puede concluir que no hay suficiente información acerca de la realidad de las personas sordas en Ecuador.

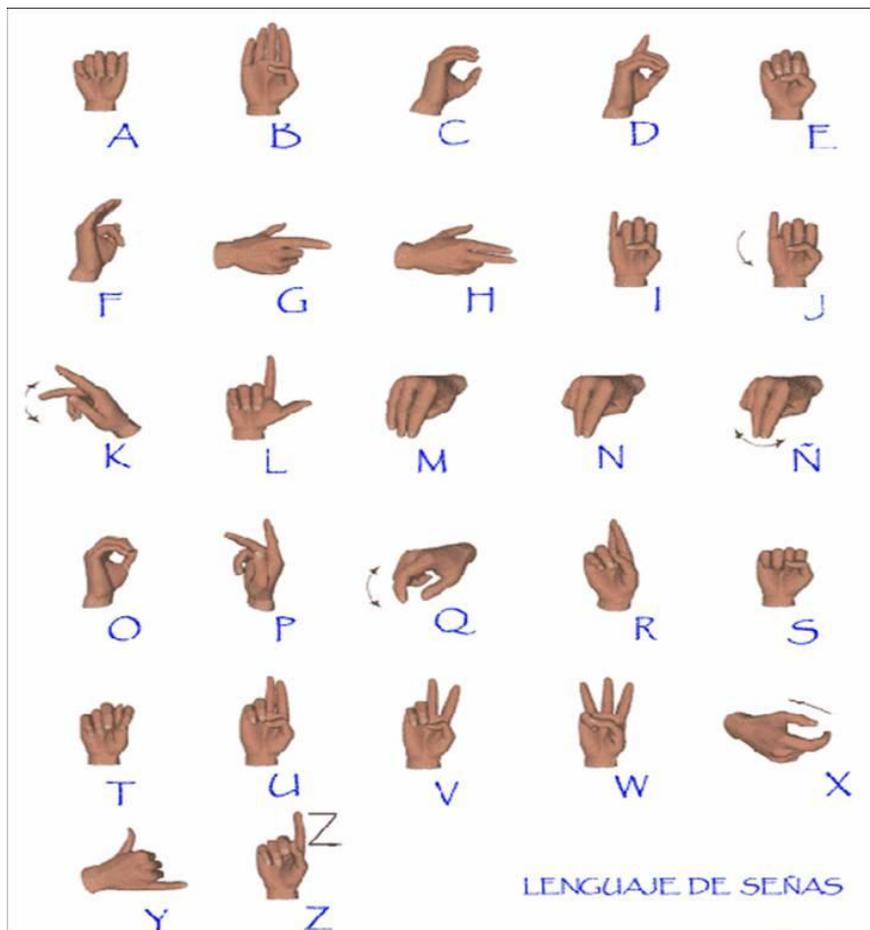


Fig. 1.1 Abecedario dactilológico reconocido en el Ecuador.

Fuente: CONADIS.

Recientemente en el último proceso constituyente en el país, han sido tomados en cuenta en algunos aspectos importantes que están a cargo del Gobierno del Ecuador a través de los planes y programas que está desarrollando para promover la inclusión de los grupos minoritarios, sin

embargo, aún falta mucho por hacer por la comunidad de personas sordas en nuestro país. (FENASEC, 2012)

La nueva ley de Discapacidades publicada el 22 de Septiembre de 2012 en el registro oficial contempla nuevos derechos a las personas con discapacidades, ya en concordancia con el art. 47 de la constitución que: "...dispone que el Estado garantizará políticas de prevención de las discapacidades y, procurará la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad y su integración social, reconociendo sus derechos, como el derecho a la atención especializada, a la rehabilitación integral y la asistencia permanente..." (Ley de Discapacidades, 2012). Además de que se ratifica la eliminación de las barreras físicas y comunicacionales que pueda tener este sector de la sociedad como contempla el Art.3 en su literal 3.

Así mismo la en el Art. 63 garantiza que "El Estado promocionará el uso de la lengua de señas ecuatoriana, el sistema Braille, las ayudas técnicas y tecnológicas, así como los mecanismos, medios y formatos aumentativos y alternativos de comunicación; garantizando la inclusión y participación de las personas con discapacidad en la vida en común" (Ley de Discapacidades, 2012).

1.2 SENSORES DE PRESION

Los sensores de presión reaccionan frente a una fuerza externa y permite medir que cantidad de esta actúa sobre estos; los sensores de presión resistivos poseen en una membrana que hace variar el valor de las resistencias montadas en puente de Wheatstone (Fig. 1.2).

Las Células de Carga y las Galgas Extensiométricas son elementos metálicos que cuando se someten a un esfuerzo sufren una deformación

del material, y por lo tanto una variación de su resistencia interna. (MAYNE, 2003, pág. 16).

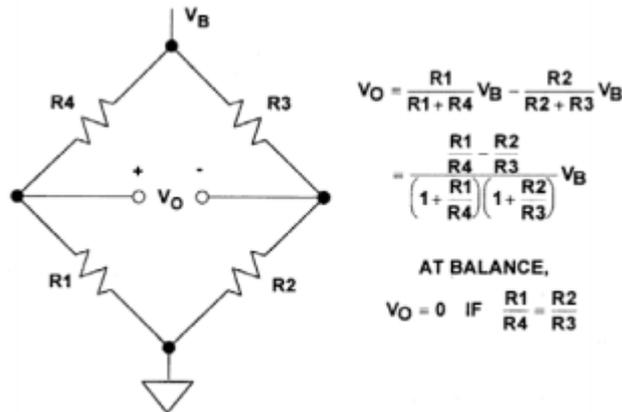


Fig. 1.2. Circuito básico de un puente de Wheatstone

Fuente: (MAYNE, 2003, pág. 16).

Para determinar el movimiento de los dedos de la mano es necesario conocer el ángulo de flexión que será proporcional a la fuerza aplicada en la parte superior de los falanges distales¹, para ello se debe adquirir una señal que permita conocer cuántos grados y en que dedo se ha aplicado una fuerza mecánica que con lleve a un movimiento².

Existen en el mercado sensores de flexión que cambian la resistencia en función de la cantidad de curvatura en el sensor como por ejemplo el que se detalla a continuación.

1.2.1 SENSORES RESISTIVO DE FLEXION.

Los sensores resistivos de flexión convierten el cambio de la curva ante una fuerza mecánica en el extremo superior, en resistencia eléctrica pues al aumentar la curva, mayor el valor de resistencia como por ejemplo el Flexsensor de Spectrasymbol; que generalmente son en forma de una delgada tira de 1"-5", el rango que varían en resistencia de aproximadamente 10 a 50 kohms. A

¹ Ver Anexo V.

² La fuerza media que ejerce la mano en un hombre 27.5kgf y en un mujer de 16.7kg (Lazaro, 2007).

menudo se utilizan en los guantes para detectar el movimiento del dedo. (Sensor Workshop at ITP, 2012)

El flexsensor de spectrasymbol funciona de la siguiente manera: “...cuando el sustrato se dobla el sensor produce una salida de resistencia relativa al radio de curvatura” (Sensor Workshop at ITP, 2012). En la Fig.1.3 se detalla en la curva resistencia-flexión.

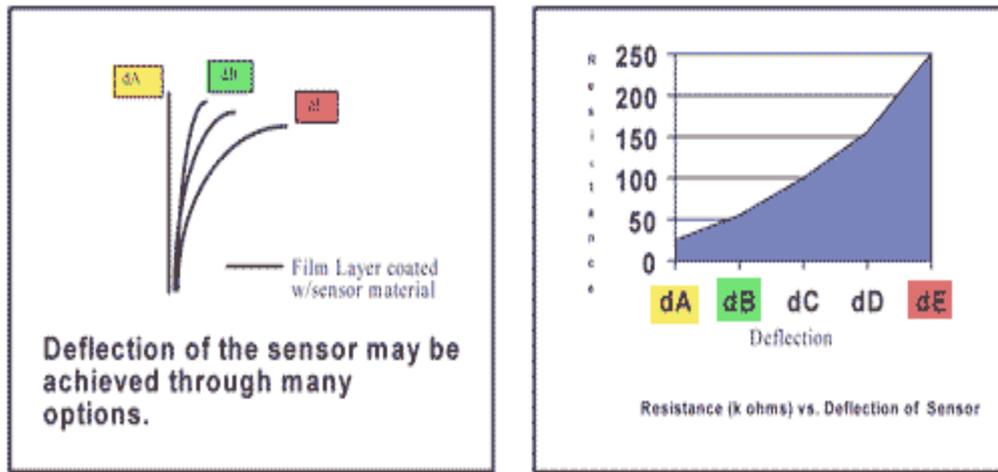


Fig. 1.3 - Curva de resistencia flexión

Fuente: (Sensor Workshop at ITP, 2012).

1.2.1.1 *Tipos de Conexión del Sensor de Flexión Flexsensor:*

Para emplear este sensor dentro de un circuito electrónico es necesario transformar las variaciones de resistencia del sensor en variaciones de voltaje para lo cual se puede emplear una variedad de circuitos de acondicionamiento entre los cuales están:

- *Circuito básico:* Flexsensor como divisor de tensión - Aumento de voltaje de salida con la curva de flexión. Fig. 1.4

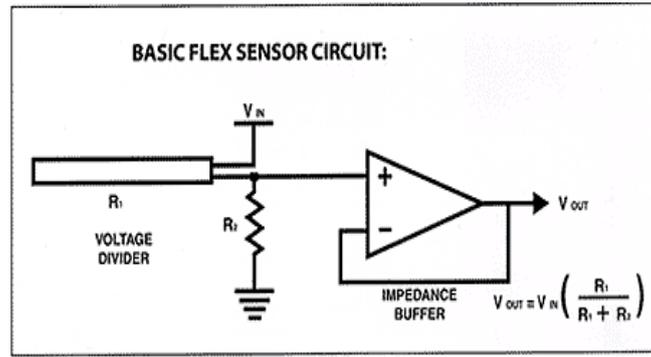


Fig. 1.4 -Circuito básico de conexión

Fuente: (Sensor Workshop at ITP, 2012)

El buffer de impedancia en el circuito es un amplificador operacional, usado con estos sensores ya que la baja corriente del amplificador operacional reduce error debido a la impedancia de la fuente del sensor de flexión como divisor de tensión. Se sugiere amplificadores operacionales como LM358 o LM324.

- *Buffer ajustable* - un potenciómetro se puede añadir al circuito para ajustar el rango de sensibilidad. Fig.1.5

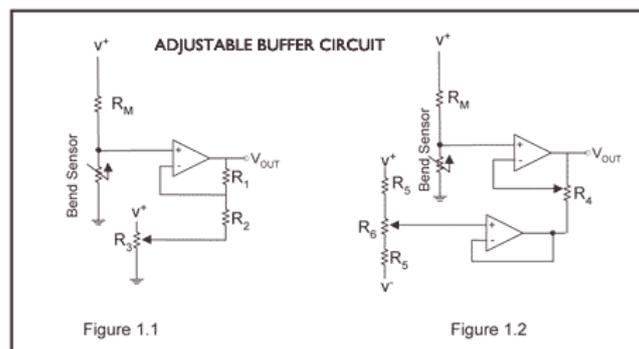


Fig. 1.5 - Circuito de conexión de Flexsensor con buffer ajustable.

Fuente: (Sensor Workshop at ITP, 2012)

- *Conmutador de umbral de deflexión variable* - se utiliza un amplificador operacional y entrega a la salida un valor alto o

un valor bajo dependiendo de la tensión en la entrada inversora. De esta manera se puede utilizar el Flexsensor como un interruptor sin tener que pasar a través de un microcontrolador como indica la Fig.1.6

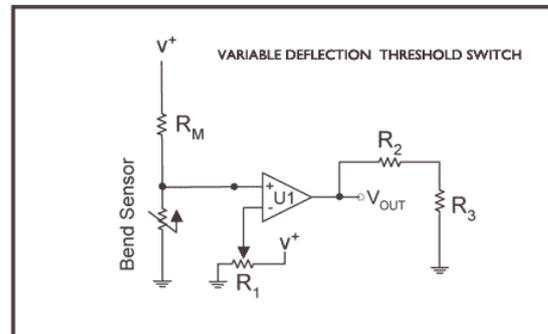


Fig. 1.6 - Circuito utilizando Flexsensor como conmutador de umbral de deflexión variable

Fuente: (Sensor Workshop at ITP, 2012).

- *Resistencia de convertidor de voltaje* - Utiliza el sensor como la entrada de un convertidor de resistencia a la tensión con un suministro doble del circuito operacional. Un voltaje de referencia negativo dará una salida positiva. Debe ser utilizado en situaciones en las que desea una salida a un bajo grado de flexión. Fig. 1.7

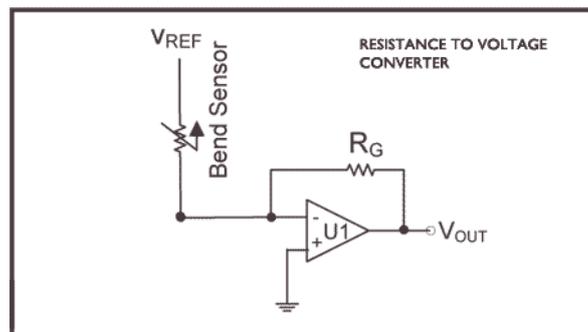


Fig. 1.7 - Circuito utilizando Flexsensor como resistencia de convertidor de voltaje.

Fuente: (Sensor Workshop at ITP, 2012).

1.3 SENSORES MAGNÉTICOS

1.3.1 SENSORES MAGNETORESISTIVOS

Estos sensores (MR) utilizan el efecto magneto-resistivo, que se basa en la propiedad de un material que cambia su resistividad por la presencia de un campo magnético externo las unidades comunes utilizadas para los campos magnéticos” (MAYNE, 2003, pág. 31) se muestran en la siguiente Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Unidades magnéticas más comunes

1 kA/m = 1.25 mTesla (en el aire)
1 mT = 10 Gauss

Fuente: (MAYNE, 2003, pág. 32).

“Debido a su alta sensibilidad los sensores magneto resistivos pueden medir campos magnéticos muy débiles”. (MAYNE, 2003, pág. 32).

El ángulo de dirección del dispositivo respecto al Norte magnético es muy importante, para de esta manera conocer la orientación que tiene el dispositivo y que tan rápido cambia dicha orientación respecto un punto anterior.

1.3.1.1 BRUJULA ELECTRONICA

La Brújula electrónica es una aplicación de sensores magneto resistivos, pues son capaces de medir campos débiles; están dispuestos interiormente de dos sensores magneto resistivos

rotados a 90 grados uno del otro, lo cual permite la medición del campo magnético terrestre en componentes X e Y como indica la Fig. 1.8.

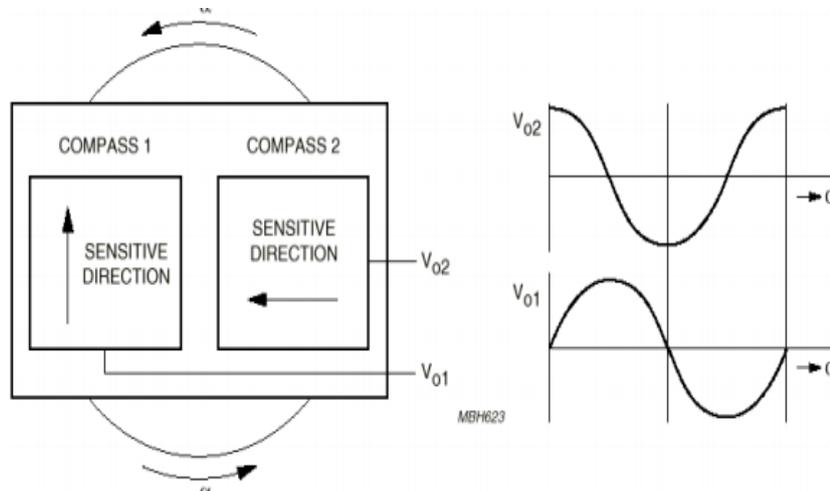


Fig. 1.8 - Diagrama de bloques simplificado de una brújula electrónica.

Fuente: (MAYNE, 2003, pág. 32)

1.3.1.2 CÀLCULO DEL ÀNGULO DE DIRECCIÒN

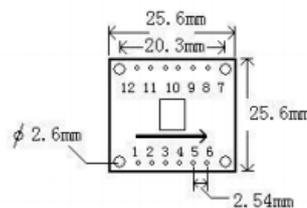
Dos sensores suministran una única onda senoidal como indica la Fig. 1.8 cuando rotan giran en el campo geomagnético de la Tierra. Estas dos brújulas dimensionales son sensibles al ángulo α entre la superficie de la Tierra y el plano de medición del sensor: un cambio en este ángulo cambiará la alineación entre el eje de sensibilidad del sensor y el campo de la Tierra y por lo tanto afectará a la salida del sensor. Este efecto, similar al visto las brújulas convencionales, se puede observar claramente en aplicaciones de automoción, cuando un coche está yendo por una cuesta arriba o abajo. Los sistemas de alta precisión eliminan este problema utilizando una brújula tridimensional y un sensor de gravedad. (MAYNE, 2003, pág. 32)

1.3.1.3 TIPOS DE CONEXIÓN DE LA BRÚJULA ELECTRÓNICA

En la actualidad existen módulos que contienen brújulas que vienen en placas precargadas con circuito de acondicionamiento, y otras ya cuentan con transductor como es por ejemplo la brújula GY-26, HMC6352 entre otras, lo más común es encontrar brújulas con interfaz IIC, SPI y USART(RS232), lo cual facilita el uso de estas con un microcontrolador.

En la Fig. 1.9 y Fig. 1.10 se muestra el patillaje y el diagrama de conexiones con el microcontrolador, respectivamente suministrada por el fabricante de la brújula GY-26.

Pinnumber	Pinname	Description
1	VCC	Power Supply Input
2	TXD	Transmit Data Output
3	RXD	Receive Data Input
4	SCL	IIC SCL
5	SDA	IIC SDA
6	GND	Ground
7	GND	Ground
8	GND	Ground
9	CAL	Calibrate
10	NC	NoConnection
11	NC	NoConnection
12	VCC	Power Supply Input



1. VCC	7. GND
2. TX	8. GND
3. RX	9. CAL
4. SCL	10. NC
5. SDA	11. NC
6. GND	12. VCC

Fig. 1.9 - Diagrama de pines de la brújula GY-26

Fuente: (Elechouse, 2011, p. 3).

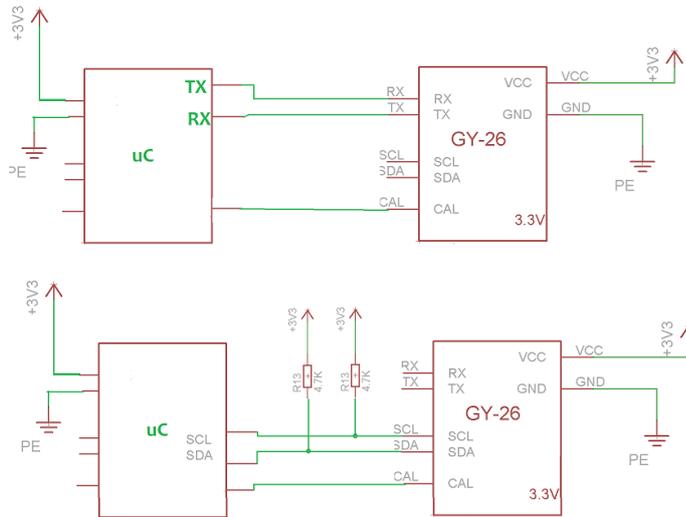


Fig. 1.10 - Diagrama de conexiones interfaz USART y IIC de la brújula GY-26 con el microcontrolador

Fuente: (Elechouse, 2011).

En la Fig. 1.11 se muestra el patillaje y el diagrama de conexiones con el microcontrolador, respectivamente suministrada por el fabricante de la brújula HMC6352.

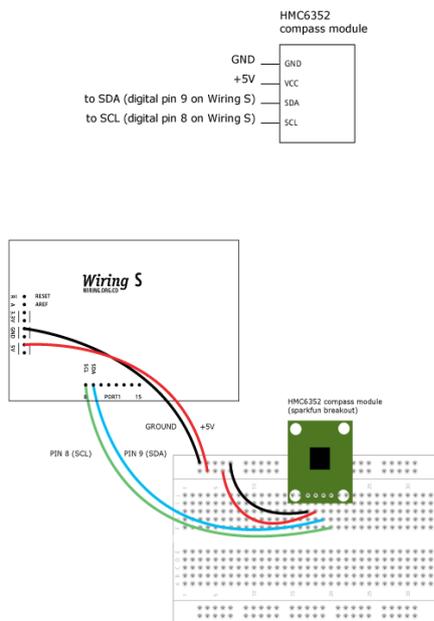


Fig. 1.11 - Diagrama de pines y conexiones brújula HCM6352 con el microcontrolador.

Fuente: (Sparkfun, 2013).

1.4 SENSORES DE MOVIMIENTO

“Los sensores de movimiento permiten la medida de la fuerza gravitatoria estática (cambios de inclinación), la medida de la aceleración dinámica (aceleración, vibración y choques), y la medida inercial de la velocidad y la posición (la velocidad midiendo un eje y la posición midiendo los dos ejes)”. (MAYNE, 2003, pág. 39).

La inclinación en el dispositivo permitirá conocer los ángulos directores α , β y γ (Fig. 1.12) determinado así la dirección que el dispositivo tiene en el espacio (Fig. 1.13); además de eso se necesita determinar la aceleración en casos específicos que requieren de movimientos rápidos en el espacio alrededor de los ejes.

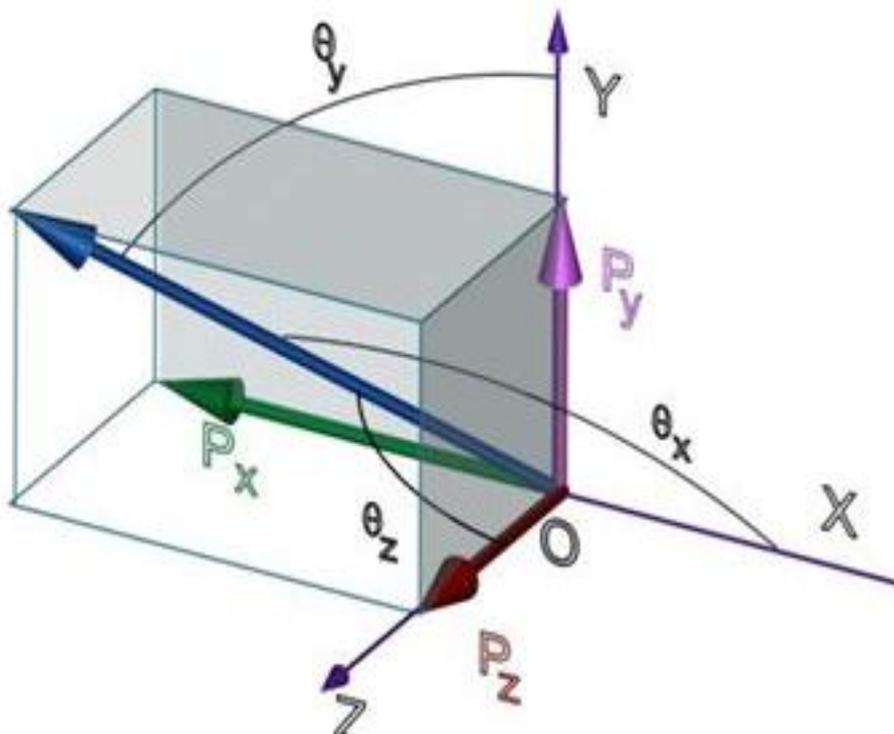


Fig. 1.12 Ángulos directores

Fuente: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria>.

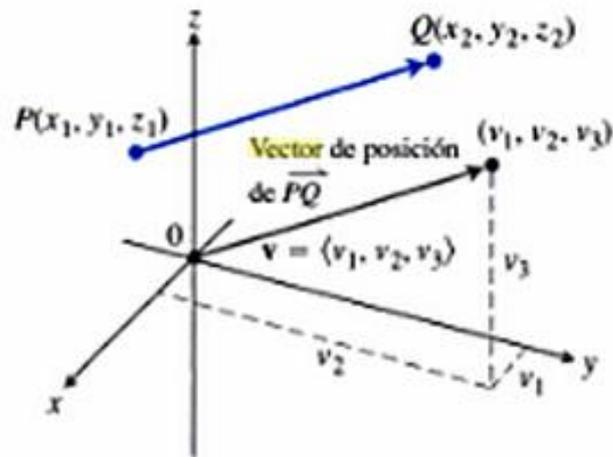


Fig. 1.13 Dirección en el espacio tridimensional de un vector.

Fuente: (Weir, 2006, pág. 854).

1.4.1 ACELERÒMETRO CAPACITIVO

Un acelerómetro electrónico no es más que un dispositivo que posee una masa sísmica susceptible a la gravedad presente en el medio tal como lo expone (Bill Hammack, 2012).

Analog Devices con el acelerómetro monolítico ADXL50, se convirtió en la primera compañía que fabricó en producción de alto volumen un acelerómetro para aplicaciones en automoción como son los sistemas de suspensión activos, cierre de puertas automáticas, sistemas antibloqueo de frenos y "airbag", este importante desarrollo del acelerómetro no podía haber ocurrido en un tiempo mejor. El elemento sensor estaba complementado con una circuitería de acondicionamiento de señal con salida de voltaje proporcional a la aceleración. Posteriormente se ha mejorado la circuitería dando una salida digital con el ADXL202. (MAYNE, 2003, pág. 39).

“Los acelerómetros usados en los teléfonos inteligentes son encapsulados con elementos miniaturizados dentro de ellos en

donde está fijada a la carcasa una masa sísmica (resorte hecho de silicio), que es suficientemente flexible como para moverse por efectos de la gravedad. Su movimiento es medido gracias unos pares de dedos los cuales forman un capacitor diferencial dando así un flujo de corriente medible”, como indica la Fig. 1.14 (Bill Hammack, 2012, p. 36).

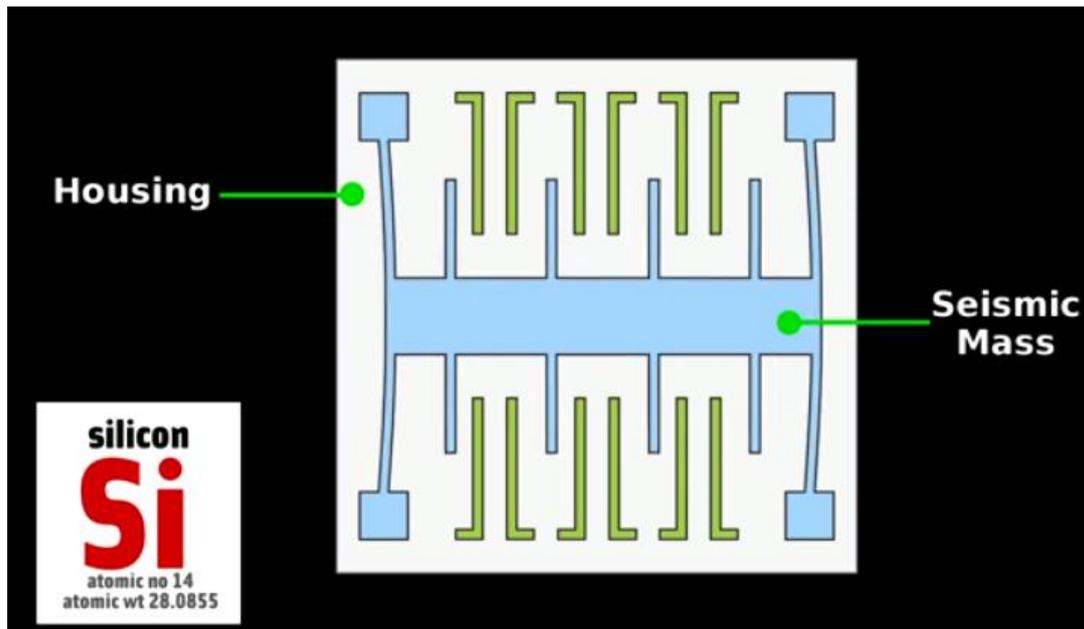


Fig. 1.14 – Respuesta del acelerómetro capacitivo a una aceleración aplicada

Fuente: (Bill Hammack, 2012, pág. 36)

1.4.1.1 Cálculo de la Inclinación

El cálculo de la inclinación con un acelerómetro consiste en la medición del "...campo gravitatorio estático de la Tierra. Se conoce la aceleración en la tierra, que es de $9.8 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ g}$. Si se cambia la inclinación (a lo largo del eje sensible de un acelerómetro) se cambia el vector de aceleración:" (MAYNE, 2003, pág. 42), como indica la Fig. 1.15.

$$\theta = \arcsin[(V(\text{out}) - V(\text{cero g})) / (1 \text{ gx factor de escala factor}(V/g))]^n \text{ (MAYNE, 2003, pág. 42)}$$

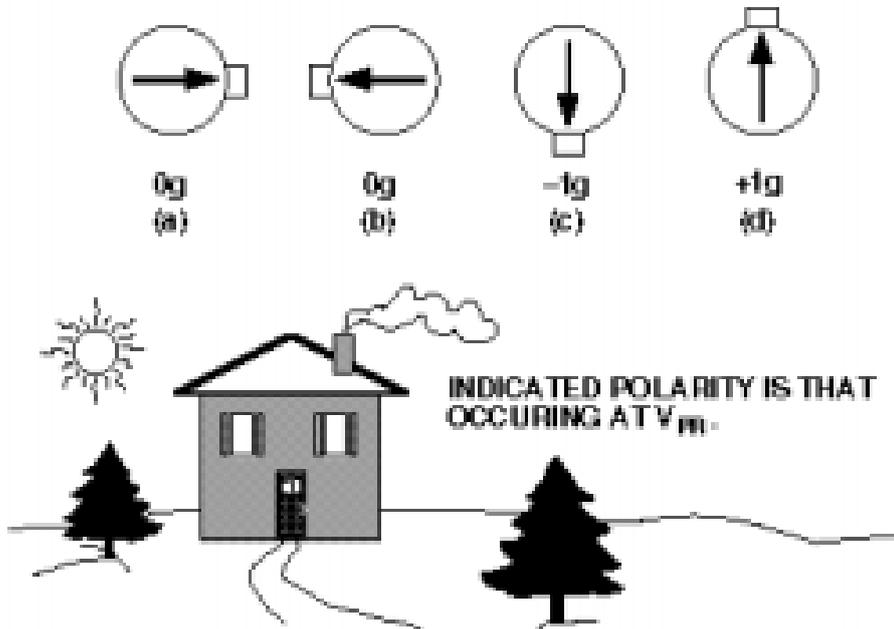


Fig. 1.15 - Medición de la inclinación con el acelerómetro capacitivo

Fuente: (MAYNE, 2003, pág. 42).

Para el cálculo de los ángulos se empleara el valor obtenido en voltaje de la salida X, Y y Z del acelerómetro utilizando la formula de la Fig. 1.15 y con datos reales para determinar los ángulos directores.

1.4.1.2 Conexión del Acelerómetro con el Microcontrolador.

Los tipos de conexión varían de acuerdo al fabricante, si este dota de una salida analógica o a través de un transductor, que puede ser una interfaz IIC o SPI.

A continuación tenemos algunos tipos de conexiones de los acelerómetros como el MMA7361 en la Fig. 1.16 y el ADXL335 en la Fig. 1.17.

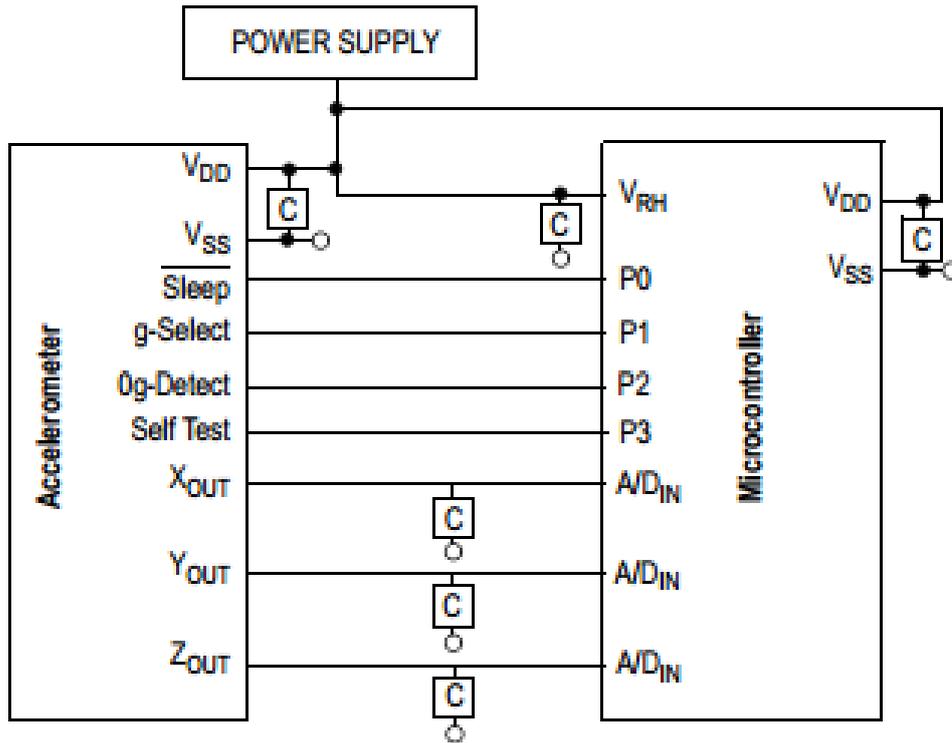


Fig. 1.16- Conexión con del acelerómetro MMA7361 con el microcontrolador.

Fuente: (Freescale Semiconductor, 2008, p. 5).

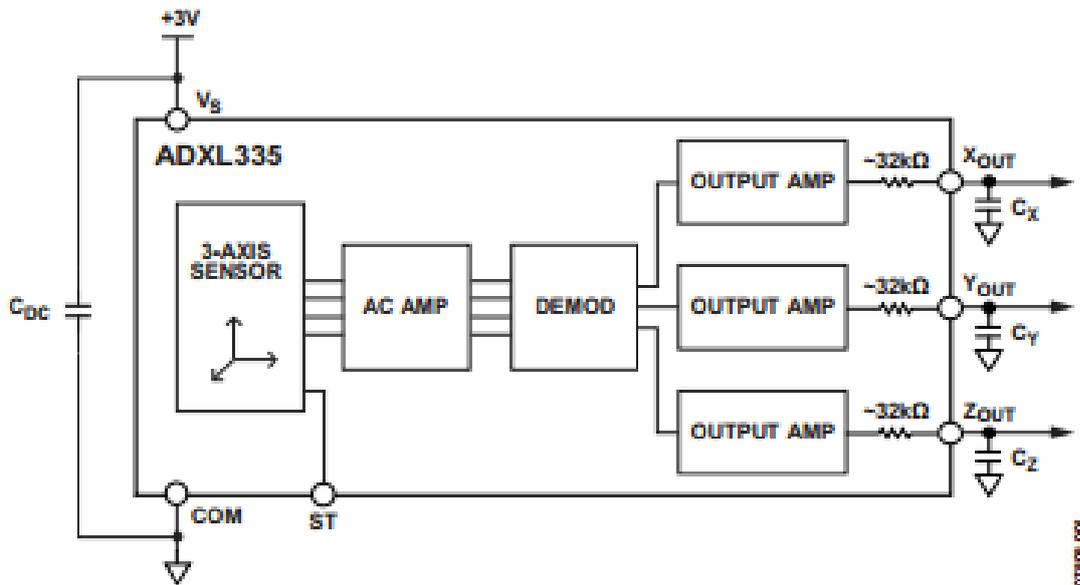


Fig. 1.17- Conexión con del acelerómetro ADXL335 con el microcontrolador.

Fuente: (Analog Devices, 2009, p. 1)

1.5 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA VIA BLUETOOTH.

La tecnología “Bluetooth es de bajo costo, baja potencia y corto alcance, tecnología de radio destinado a sustituir conexiones de los cables entre los teléfonos móviles, PDAs y otros dispositivos portátiles...” (Klinsheim, 2004) “...Sony Ericsson Mobile Communications comenzó a desarrollar el Bluetooth sistema en 1994, en busca de un reemplazo de los cables de conexión teléfonos celulares y sus accesorios”. (Klinsheim, 2004).

El estándar bluetooth IEEE 802.15.1 fue publicado en junio de 2002 y revisado en mayo de 2005. Este estándar es una adaptación de la versión 1.1 de Bluetooth en lo referente a la capa física (PHY) y a la capa de enlace (MAC), incluyendo L2CAP y LMP. (Vázquez, 2006).

1.5.1 FRECUENCIA DE RADIO:

La comunicación”...Bluetooth trabaja a 2.4 GHz de la banda ISM disponible a nivel mundial y que no requiere licencia de operador, lo que significa una compatibilidad universal entre dispositivos Bluetooth.” (Moreno, 2011, pág. 32).

1.5.2 POTENCIA DE TRANSMISIÓN:

La potencia de transmisión se divide en 3 clases de productos:

- Clase 1: 100 mW, con un rango de ~100 m. También 125 – 150m.
- Clase 2: 2.5 mW, con un rango de ~10 m.
- Clase 3: 1 mW, con un rango de ~1 m.” (Moreno, 2011, p. 32).

1.5.3 CANALIZACION

La especificación distingue dos tipos de canales: físicos y lógicos. Cada canal se caracteriza por una secuencia pseudoaleatoria que define el modo que se realizarán los saltos en frecuencia. Esta secuencia es única para cada *piconet*³, y depende de la dirección del dispositivo maestro de la misma, mientras que la fase la determina el reloj del maestro. El canal queda dividido, por tanto, en slots temporales de 625us de duración, designados por un número de 0 a $2^{27} - 1$ de acuerdo al reloj del dispositivo maestro de la piconet. En cada slot, tanto el maestro como los esclavos pueden transmitir información. (Roldan, 2005, págs. 202-203).

1.5.4 FORMATO DE PAQUETE

En cada piconet, la información se transmite fragmentada en paquetes. Cada paquete está por bloques: el código de acceso, la cabecera y la carga útil. Como indica la Fig.1.18 el código de acceso y la cabecera son de longitud fija (72 bits y 54 bits, respectivamente), mientras que el tamaño de la carga útil puede variar hasta los 2745 bits.



Fig. 1.18 Formato del Paquete

Fuente: (Roldan, 2005, pág. 204).

³"Piconet.-Dispositivos bluetooth agupados constituidos por equipos que se conectan sobre la marcha" (Roldan, 2005)

En la carga útil es en donde por donde los datos son enviados y recibidos.

Bluetooth siempre considera que el canal físico no es confiable de forma conservadora. Para asegurar la corrección en las transmisiones varios niveles se hacen responsables de distintas comprobaciones y acciones. BB realiza corrección de errores hacia adelante y comprueba la integridad de las cabeceras y CRC, cuando es posible; también puede aplicar métodos basados en TTL. Sigue una estructura clásica de comunicación basada en confirmaciones y peticiones de retransmisión.

BB⁴ no puede asegurar la corrección de transmisiones grandes por sí solo, por lo que L2CAP incorpora mecanismos adicionales que permiten lograr los niveles de fiabilidad de las redes cableadas típicas. Las transmisiones por broadcast no pueden identificar un camino de vuelta al origen, por lo que no se pueden realizar peticiones de retransmisión; en su lugar se repite la transmisión varias veces, aunque esto no es suficiente como para considerarlas fiables.

1.5.5 ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS

Una WPAN⁵ proporciona los servicios necesarios para la operación en el seno de redes ad hoc. Ello incluye el establecimiento de conexiones síncronas y asíncronas (con o sin conexión) a nivel MAC. El sistema básico está formado por un transceptor de

⁴ BB Base band.- Capa física del Bluetooth, que gestiona canales físicos y enlaces aparte de otros servicios como la corrección de errores, los datos de blanqueamiento, la selección del salto y de seguridad Bluetooth.

⁵ Wireless Personal Area Networks, Red de servicios entre distintos dispositivos cercanos al punto de acceso.

radiofrecuencia, el nivel de banda base y la pila de protocolos Bluetooth, y otorga conectividad a todo un rango de dispositivos.

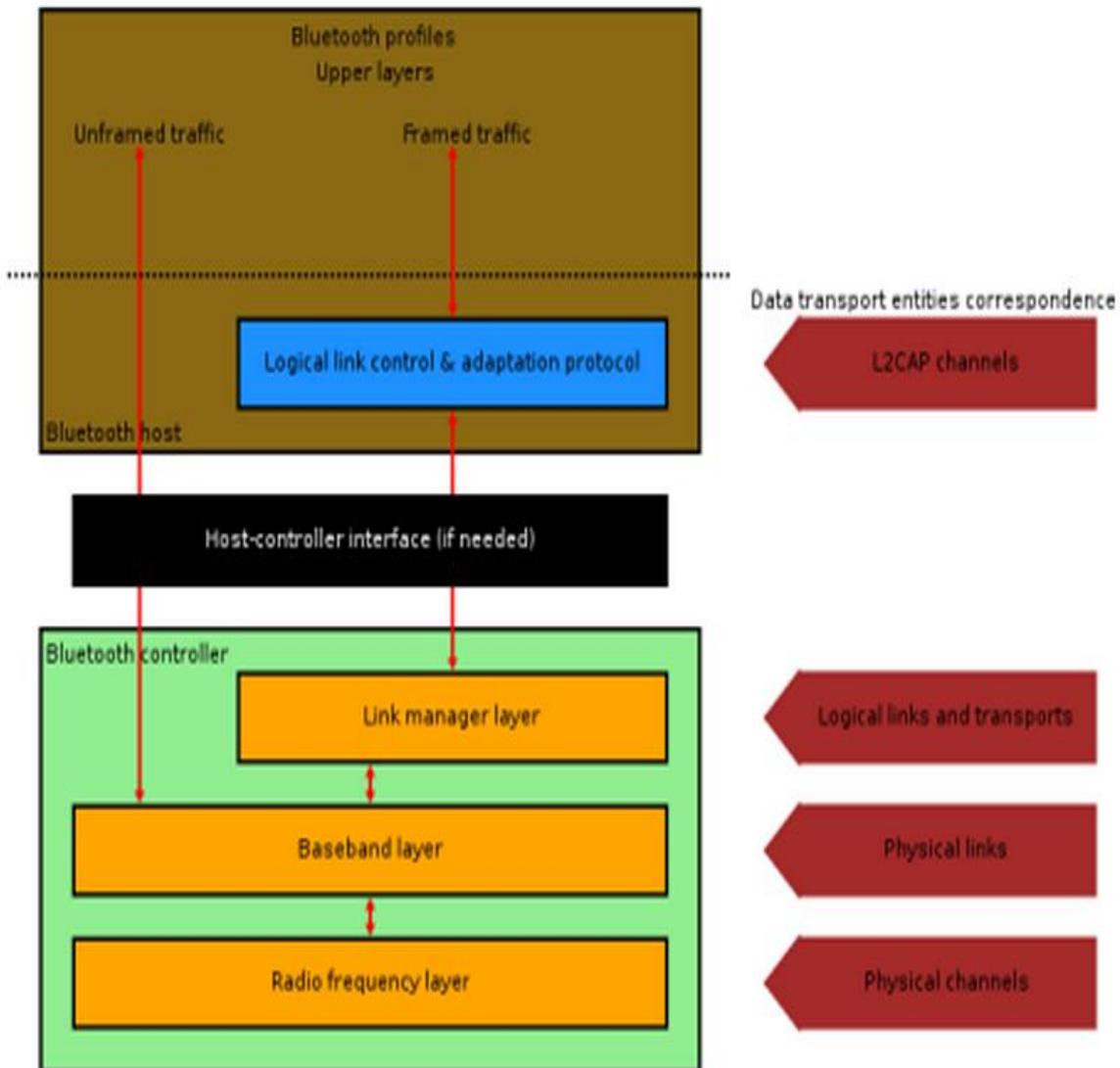


Fig. 1.19 Arquitectura de Protocolos

Fuente: (CREATIVE COMMONS , 2007).

La especificación principal cubre los cuatro niveles inferiores y sus protocolos asociados junto con el protocolo de descubrimiento de servicios (Service Discovery Protocol, SDP), que toda aplicación Bluetooth necesita, y el perfil de acceso genérico.

1.5.6 SEGURIDAD

Bluetooth define tres niveles de seguridad, que son:

- *No Seguro:* en este caso, no se emplea ningún mecanismo de seguridad.
- *Seguridad a nivel de servicio:* El permiso se concede por servicio. Por ejemplo, un dispositivo puede conectarse a un PC para descargarse ficheros pero no acceder a la libreta de direcciones del usuario PC.
- *Seguridad a nivel de enlace:* es el modo más seguro y requiere de la autenticación y autorización del dispositivo que sea conectarse.

1.5.7 CONEXIÓN DEL MÓDULO BLUETOOTH CON EL MICROCONTROLADOR

En el mercado los módulos más comunes de adquirir son los de clase I y II, específicamente los más comerciales el RN41 que es de clase I; y de clase II el módulo RN42 y su equivalente el módulo HC-05.

La interfaz más fácil de implementar es la USART tanto en el RN-41/RN42 como indica en la Fig. 1.20 y el HC-05 como indica en la Fig. 1.21.

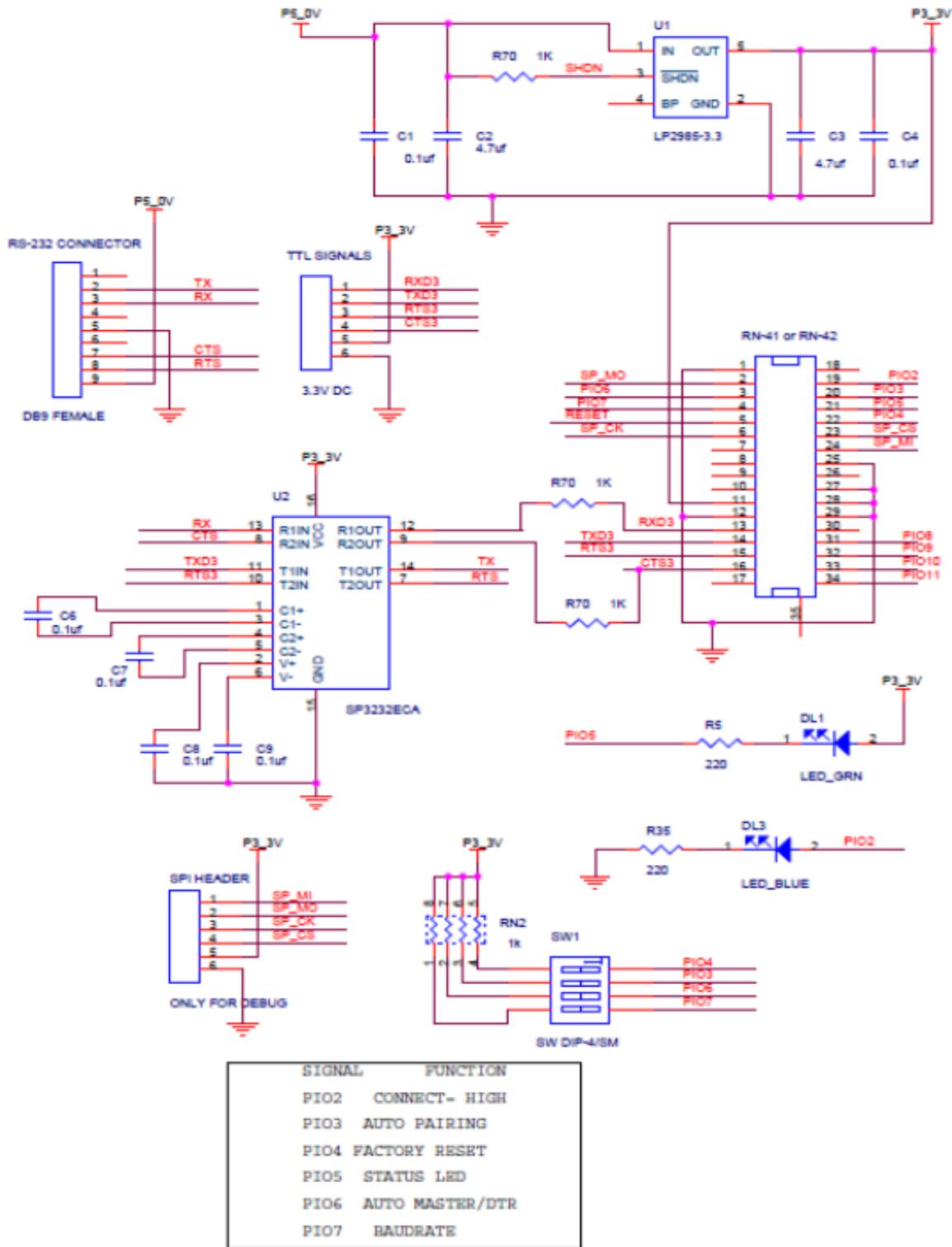


Fig. 1.20 - Esquemático de aplicación del modulo RN-41/RN-42 con Interfaz USART para la conexión con un microcontrolador.

Fuente: (Roving Networks, 2012, pág. 6).

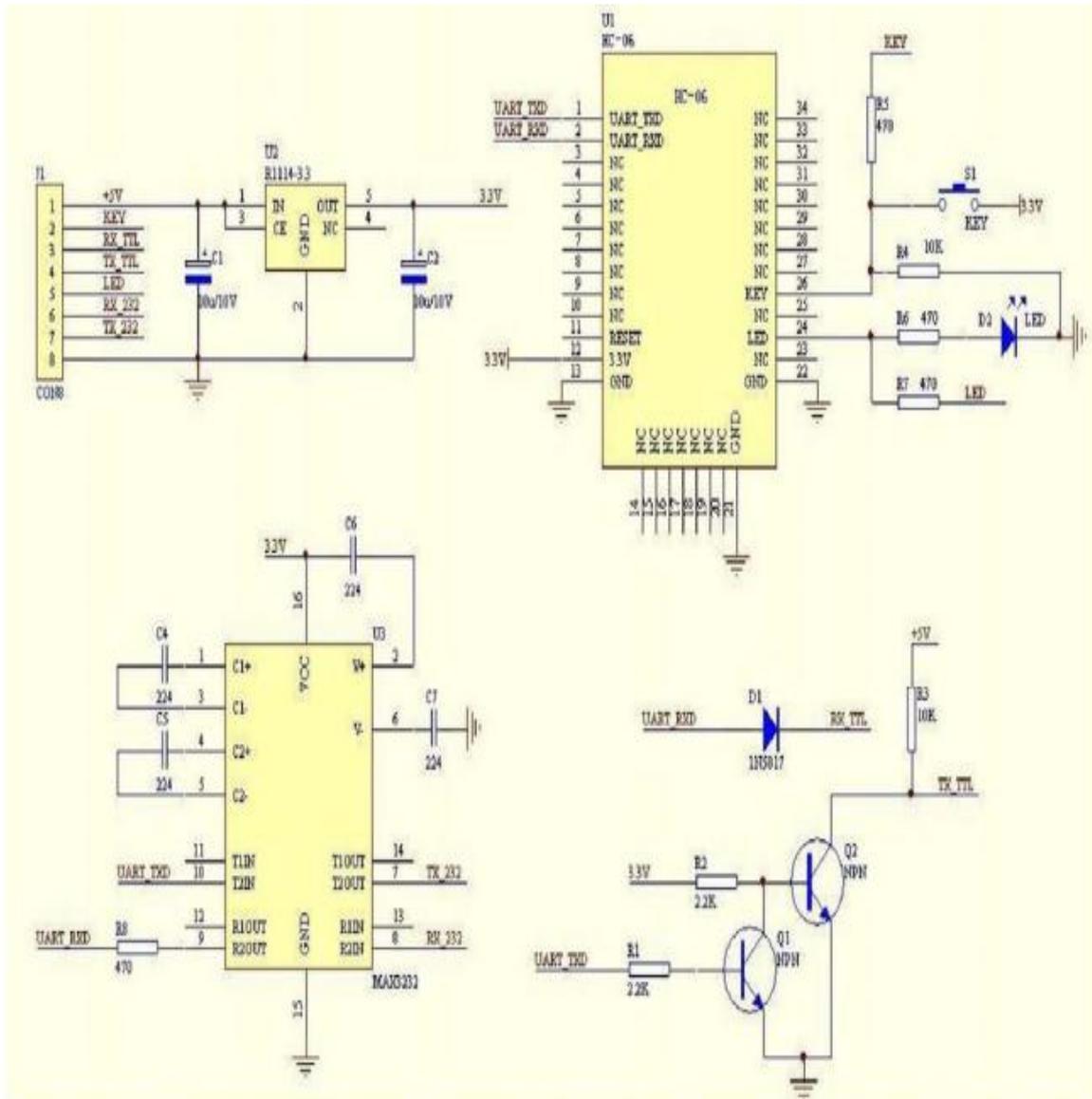


Fig. 1.21 - Diagrama de conexiones del modulo HC-05 a niveles de 5V y 3.3V con un microcontrolador con interfaz USART.

Fuente: (Guangzhou HC, 2012, pág. 8).

1.6 PANTALLA GRAFICA DE CRISTAL LÍQUIDO GLCD

La Pantalla Gráfica de Cristal Líquida o GLCD por sus siglas en ingles (Graphic Liquid Crystal Display) es una matriz plana que conforma la

pantalla de píxeles monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora.

Posee una memoria RAM interna del mismo tamaño de la capacidad que dispone la pantalla.

En el mercado existen varios controladores, los más comunes los controladores KS0107, KS0108 de Samsung, T6963 de Toshiba, y la ST7920 (Fig. 1.22).

El dispositivo requiere de una visualización de los datos de cada sensor para su respectiva calibración. A continuación se detalla un ejemplo de una GLCD de 128x64 píxeles con controlador ST7920, con sus características y conexiones.

1.6.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA GLCD 128X64ST-7920

- Rango de voltaje de operación:
 - 4,5 V a 5,5 V
- Soporta de interfaz a 8-bit, 4 bits y bus serial a MPU
- Display de 64 x 16-bit RAM (DDRAM)
 - Soporta 16 canales x 4 líneas (máx.)
 - Pantalla LCD rango de 16 palabras x 2 líneas
- Display de Gráficos de 64 x 256-bit RAM (GDRAM)
- 2 M-bits de caracteres ROM Generados (CGROM):
- 16K-bit de ancho medio de Caracter ROM Generado (HCGROM):
- Soporta 126 caracteres (16x8)
- “Power On Reset” automático (POR)
- Pin de “Reset” externo (Xreset)
- Con los controladores de extensión del segmento, el área de visualización puede llegar hasta 16x2 líneas
- oscilador RC integrado:

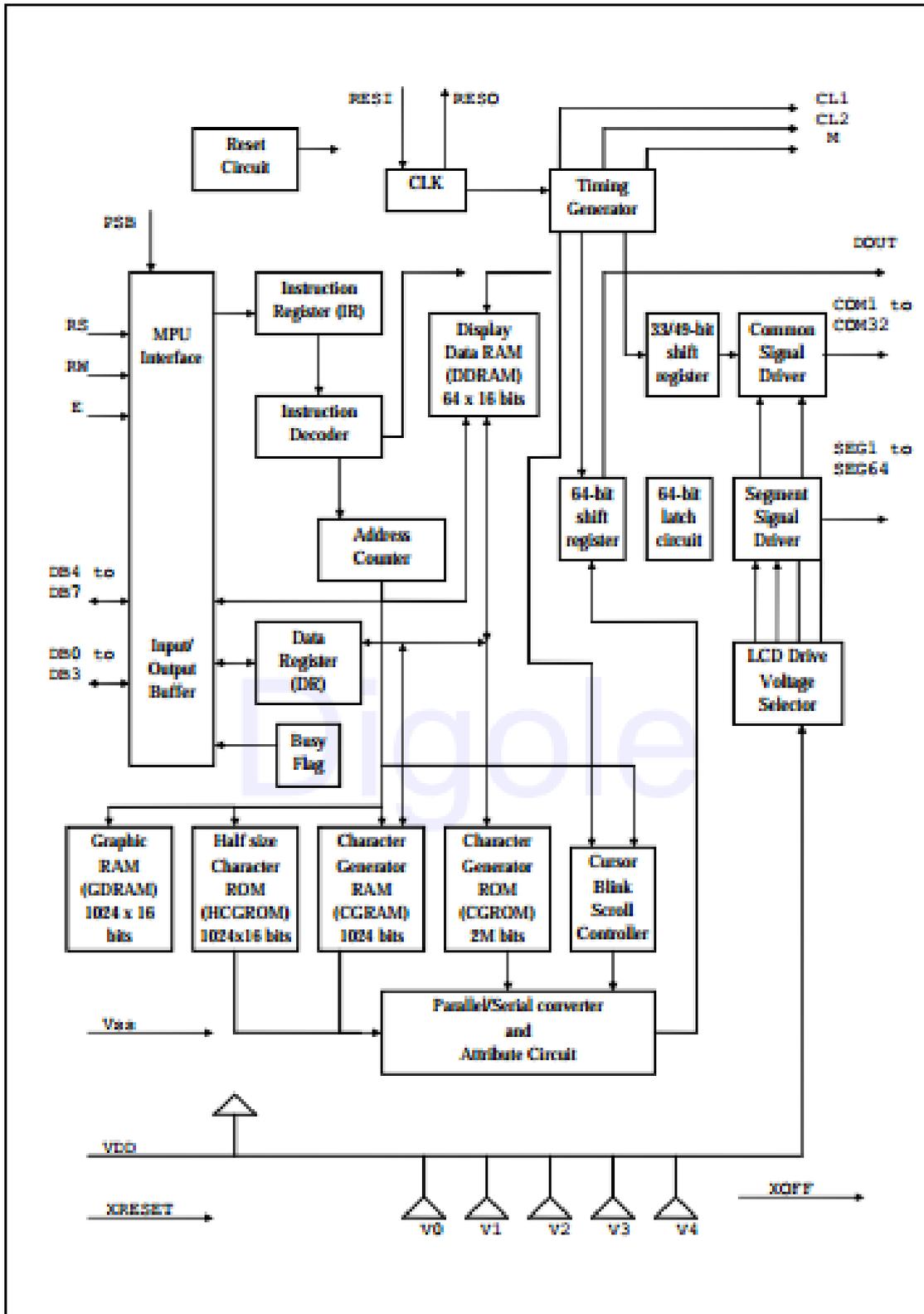


Fig. 1.22 - Diagrama de bloques de la GLCD 128x64 Digole ST7920

Fuente: (Diloge, 2012, p. 4).

1.6.2 DESCRIPCIONES DE LOS PINES DE CONEXIÓN DE UNA GLCD DE 128X64 ST7920

En la Tabla 1.2 se especifica la función se cada uno de los pines de la glcd marca Diloge 128x64 con controlador ST7920 (Fig.1.23).

Tabla 1.2 Descripción de los pines de la GLCD Diloge 128x64 con controlador ST7920

Nombre	No.	E/S	Conectar a	Función
RST	17	E	--	Entrada de reset del sistema (se activa en bajo).
PSB	1	E	--	Selección de Interfaz: 0: Modo serial; 1: 8/4-bit Modo bus Paralelo.
RS(CS*)	4	E	MPU	Modo Paralelo: Seleccionar Registro. 0: Selecciona instrucción de Registro (escritura) o bandera ocupada, contador de dirección (lectura); 1: Selecciona registro de datos (escritura/lectura). Modo Serial: Seleccionador de Chip. 1: Chip activado; 0: Chip desactivado. Cuando el chip esta desactivado, SID y SCLK deberá estar establecido como "Alto" o "Bajo". El transitorio de SDI y SCLK no está permitido.
RW(SID*)	5	E	MPU	Modo Paralelo: Control de lectura/escritura. 0: Escritura; 1: Lectura. Modo Serial: Entrada serial de datos serial
E(SCLK*)	6	E	MPU	Modo Paralelo: 1: Disparo activado. Modo Serial: Reloj serial.
D4aD7	11~14	E/S	MPU	Nibble Alto del bus de datos de la interfaz a 8-bits y bus de datos para la interfaz de 4-bits.
D0aD3	7~10	E/S	MPU	Nibble bajo del bus de datos de la interfaz de 8-bits.
VDD	2	E	Alimentación	VDD: 4.5V a 5.5V.
VSS	1	E	Alimentación	VSS: 0V.
VOUT	18	S	Resistencia	$V_{OUT} \leq 7V$.

Fuente: (Diloge, 2012).



Fig. 1.23 - Pines GLCD DILOGE 128x64 con controlador ST7920

Fuente: (Diloge, 2012, p. 12).

1.6.3 TIPOS DE CONEXIÓN DE LA GLCD CON EL MICROCONTROLADOR

La GLCD DILOGE 128x64 posee tres tipos de conexión con un microcontrolador:

1.6.3.1 *Modo Paralelo*

ST7920 está en modo paralelo cuando el pin PSB se encuentra en alto. ST7920 puede seleccionar de 8-bits o 4-bit de interfaz de bus mediante el establecimiento de la DL, bit de control que se encuentra en el set de instrucciones "Function Set". El MPU puede controlar los pines RS, RW, E y DB0... DB7 para completar los datos transmisión.

En el modo de transferencia a 4-bit, todos los datos de 8-bits o instrucción se dividen en 2 partes (Fig. 1.24). Los mayores 4 bits (bit-7 ~ bit-4) los datos se deben transferir primero a

través de los pines de datos DB7 (~ DB4). Los menores de 4 bits (bit-3 ~ bit-0) los datos se transfieren después por los mismos pines DB7 (~ DB4). Los datos (DB3 ~ DB0) no se utilizan en el modo de transferencia 4-bit. (Diloge, 2012, p. 9)

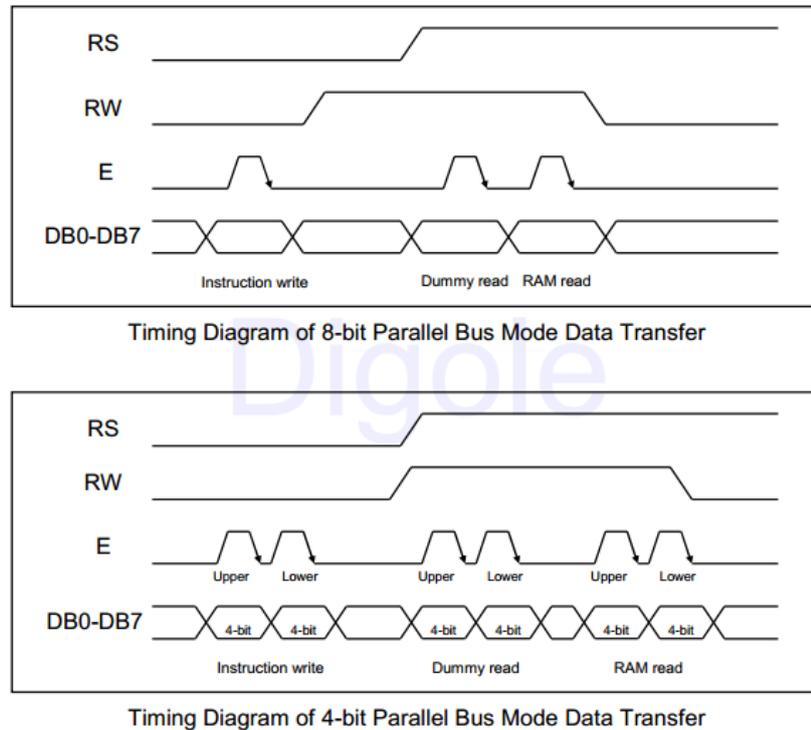


Fig. 1.24 - Transferencia de datos GLCD DILOGE 128x64.

Fuente: (Diloge, 2012, p. 19)

1.6.3.2 Modo Serie

El ST7920 cuando está en modo de interfaz serial, el pin PSB deberá estar en bajo. Los pines (SCLK y SID) se utilizan para completar la transferencia de datos. Sólo se podrá escribir datos en el modo de interfaz serial.

Cuando el pin de selección de chip (CS) es bajo, el reloj de contador y los datos en serie se restablecerán como indica la Fig. 1.25 Contador de transferencia serie está definido para el

primer bit y el registro de datos se borrara. Después de CS es "bajo", cualquier cambio en SID o SCLK estará permitido. Es recomendable mantener SCLK en "bajo" y el SID en el último estado antes de colocar CS en "Bajo" (Diloge, 2012, p. 20).

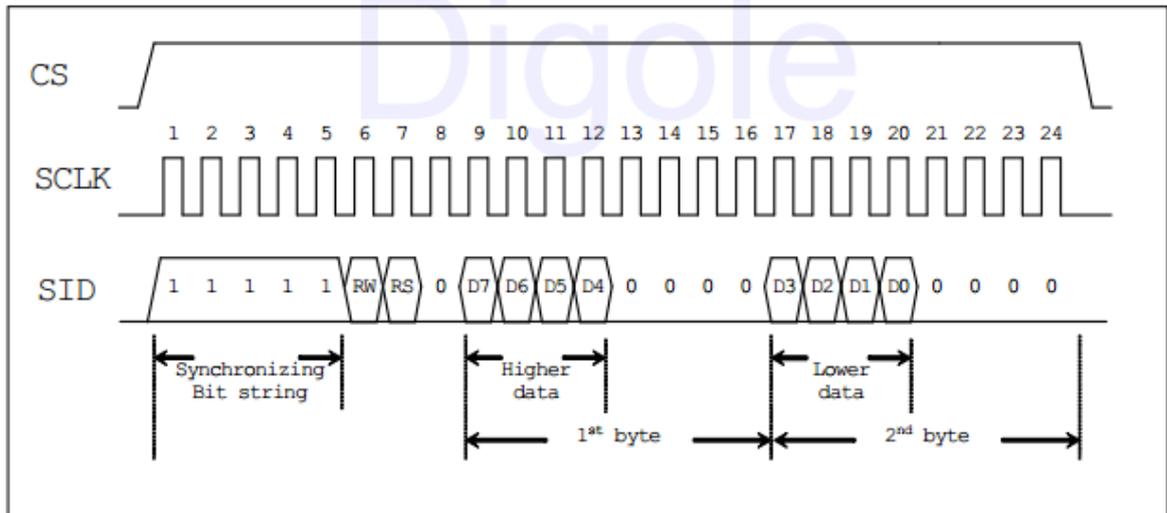


Fig. 1.25 - Diagrama de tiempos de transferencia serie en ST7920

Fuente: (Diloge, 2012, p. 20)

1.7 APLICACIÓN EN EL TELÉFONO ANDROIDE

El teléfono celular debe tener un sistema operativo Android que posibilite la creación de aplicaciones usando una plataforma JAVA con programación orientada a objetos. Esto se puede lograr gracias a una máquina virtual llamada App Inventor creada por la compañía Google y perfeccionada por el Instituto de Tecnología de Massachusetts, quienes mencionan que el usuario debe poder experimentar la tecnología como creador y no solamente como consumidor⁶. De ahí que la versatilidad de dicho modo de programación posibilita a personas con poco conocimiento acerca de programación, crear aplicaciones bastante amigables e intuitivas.

⁶MIT Center for Mobile Learning (Creative Commons Attribution-ShareAlike, 2012)

Una vez entendido esto basta con descargar los manejadores de la aplicación, la última versión de Java SE runtime, que pueden ser descargados de forma gratuita. El último paso es abrir un navegador de internet⁷ en donde encontraremos ya desplegada la herramienta y lista para ser usada.

A partir de este punto la aplicación queda completamente sujeta a la imaginación del programador, quien tendrá que seguir pasos relativamente sencillos para echar a andar su idea, como se indica en la Fig. 1.26.

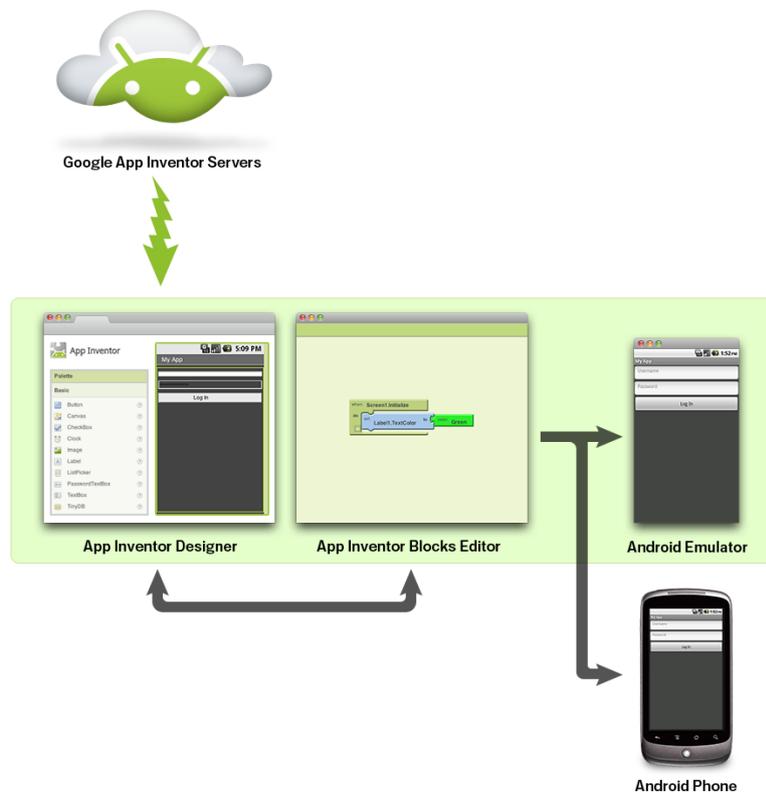


Fig. 1.26 - Proceso de diseño e implementación de una aplicación Android con App Inventor.

Fuente: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>

Esta aplicación deberá recibir los datos vía bluetooth y reproducirá la letra respectiva por el altavoz, a continuación se detallan las partes de la maquina virtual AppInventor.

⁷ Mayor información acerca de los requerimientos en: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/system-requirements.html>

1.7.1 APP INVENTOR

La máquina virtual App Inventor está basada en la plataforma Java SE versión 7.0.120.2 (para este caso) y consta de dos partes:

La primera que es el Explorador (Fig.1.27) donde se da forma a la interfaz visual de la aplicación, y se asignan la propiedades a sus componentes; y la segunda que es el Editor de Bloques indicado en la Fig. 1.28 donde propiamente se realiza la programación por medio bloques. Una vez programada la aplicación mediante el ordenamiento y configuración de los bloques usados; esta se puede descargar e instalar ya sea en un emulador, o en teléfono androide conectado al ordenador.

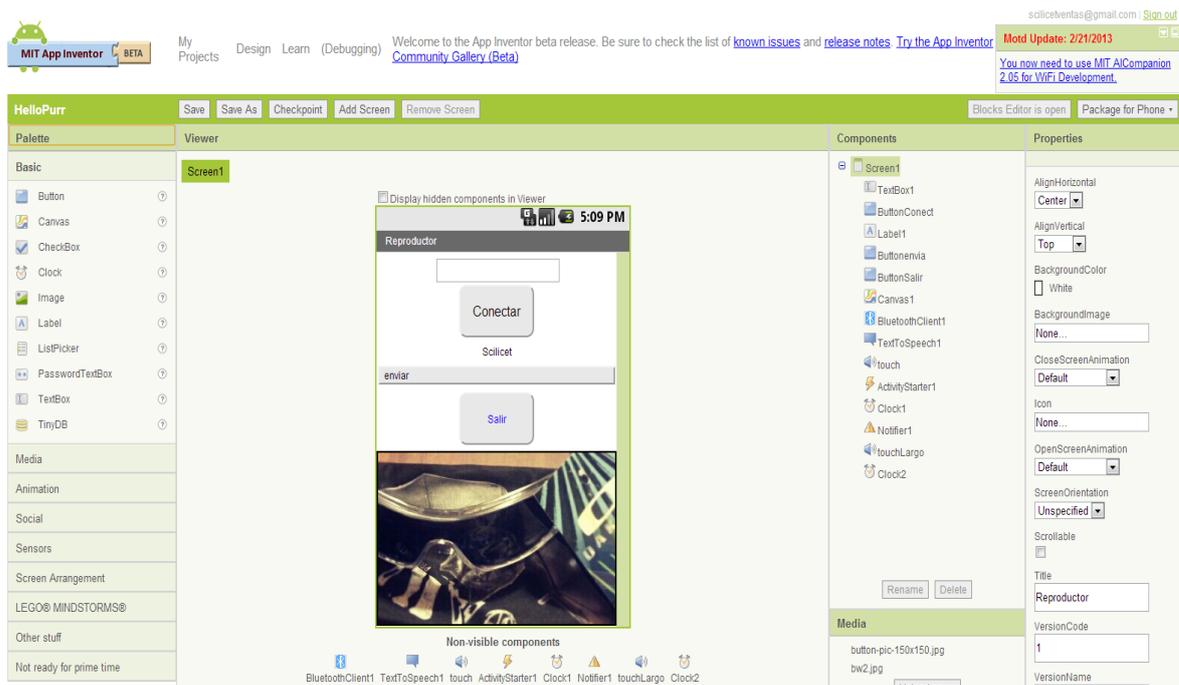


Fig. 1.27 - Explorador App Inventor

Fuente: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>

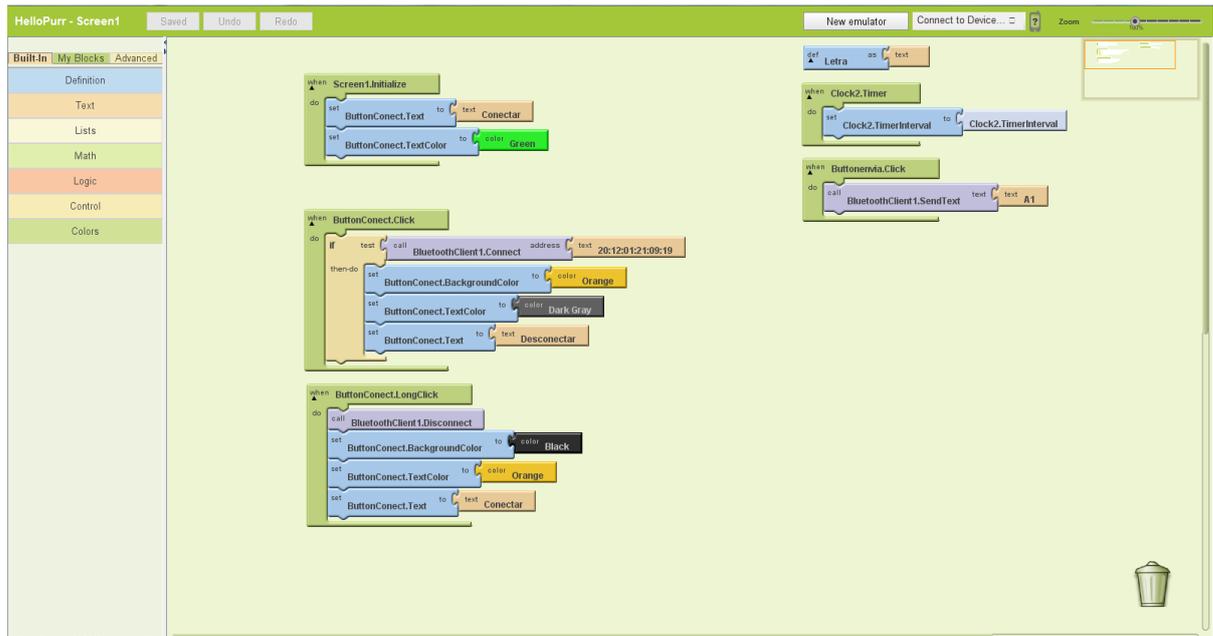


Fig. 1.28 - Editor de bloques App Inventor.

Fuente:<http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>

Si bien el “lenguaje de programación por bloques” usado en el App Inventor no posee el poder de un lenguaje de alto nivel que proporcionan las aplicaciones creadas en lenguaje Java directamente (para compiladores como ORACLE), estas pueden cubrir una gran variedad de características más que suficientes como para crear una aplicación de desempeño moderado.

1.7.1.1 Explorador

Una vez que se crea un proyecto nuevo lo primero que se muestra es el Browser o Explorador. Esta parte del app Inventor está compuesta por cuatro partes fácilmente diferenciables: Paleta, Visualizador, Componentes, Propiedades, y Medios. Debido a la relevancia en este proyecto se explicara solamente la utilización de la paleta.

1.7.1.2 *Paleta*

En esta sección del programa encontramos los componentes que se utiliza en nuestra aplicación para dar o recibir órdenes, conocer el estado de alguna variable. La paleta dispone de 9 tipos diferentes de componentes:

- **Basic.-** Estos son componentes generales como botones, etiquetas y cuadros de texto.
- **Media.-** Estos componentes que permiten interactuar con imágenes, sonido o video.
- **Animación.-** Estos componentes agregan una animación a un componente ya existente.
- **Social.-** Estos componentes enlazan la aplicación con los medios de comunicación de los que disponga la red.
- **Sensors.-** Habilita la aplicación a usar los sensores de orientación, localización y aceleración.
- **ScreenArrangement.-** Permite ubicar en la pantalla los componentes usados.
- **LEGO MINDSTORMS.-** componentes que permite a la aplicación interactuar con las funciones del dispositivo de la firma LEGO.

- OtherStuff.- Componentes que habilitan a la aplicación el uso de dispositivos periféricos como comunicación bluetooth o lector de código de barras.
- Notreadyfor prime time.- Componentes avanzados que permiten la interacción de dos más características disponibles en el teléfono.

1.7.1.3 *Editor de bloques*

Es esta parte del programa propiamente la que usa la maquina virtual, ya que es donde el usuario da forma al esqueleto de la aplicación. Es aquí donde se alecciona cada componente usado en la aplicación, para llevar a cabo una tarea deseada.

Desde el editor de bloques, el programador puede configurar los componentes para que realicen casi cualquier tarea deseada, especialmente si los componentes cooperantes adecuados están siendo usados. El editor de bloques usa piezas pre-programadas con código en forma de bloques, las cuales engranaran entre sí dependiendo de la forma y el color (Jr., 2011). Estos bloques vienen en tres categorías.

1.7.1.4 *Built in o embebidos*

Estos bloques son proporcionados por el fabricante para realizar funciones de rutina o características para entrelazar componentes entre sí. Estos trabajan con un tipo de pseudocódigo para crear la estructura para el código. Los

bloques embebidos también permiten al usuario crear variables y procedimientos⁸

1.7.1.5 *My blocks o creados por el usuario*

Este grupo de bloques permiten al usuario configurar los elementos agregados por el mismo en el explorador. Por ende muchos de estos bloques no estarán disponibles cuando un componente no está siendo usado en la aplicación.

1.7.1.6 *Advanced blocks o bloques avanzados*

Esta característica es completamente nueva por lo que no se explicara a fondo. La función de los bloques contenidos en esta categoría es de crear eventos globales que manejen a un elemento cualquiera dentro de un grupo de componentes.

1.8 COMUNICACIÓN ENTRE EL TELEFONO CELULAR Y EL MICROCONTROLADOR

El tipo de comunicación empleado entre el teléfono celular y el microcontrolador del dispositivo será por medio de la comunicación inalámbrica bluetooth como indica la Fig.1.20, indicada anteriormente en la sección 1.5 de este capítulo.

Los datos que se envía y se receptan tanto desde y hacia el microcontrolador se serán actualizados en la “Carga útil” como indica la Fig. 1.29.

⁸ Blocks Editor cont. (Jr., 2011)

El formato del paquete del protocolo será administrado automáticamente por los bloques de comunicación del App inventor, y el modulo bluetooth enviara la información con este mismo protocolo.



Fig. 1.29 Formato de envío del Paquete de datos del protocolo bluetooth.

Fuente: Autores.

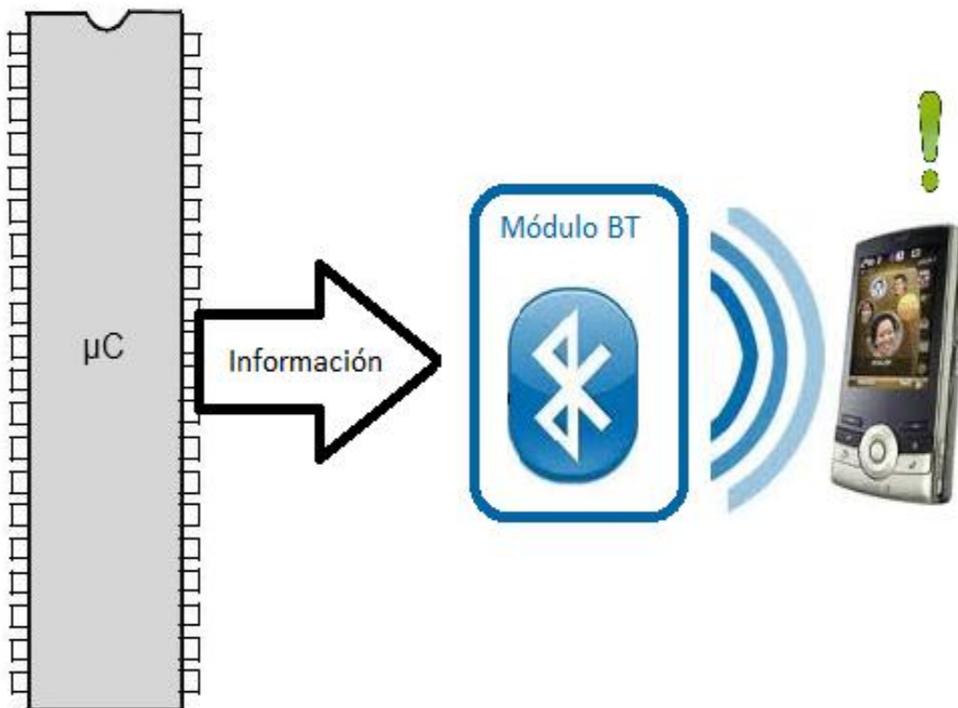


Fig. 1.30. Comunicación del μC con el teléfono móvil.

Fuente: Autores.

CAPITULO 2

ARQUITECTURA BÁSICA

Para empezar de la construcción del dispositivo primero se deberá mencionar que es exactamente lo que se desea alcanzar con este. Por ello la Fig. 2.1 indica el funcionamiento general, del dispositivo.

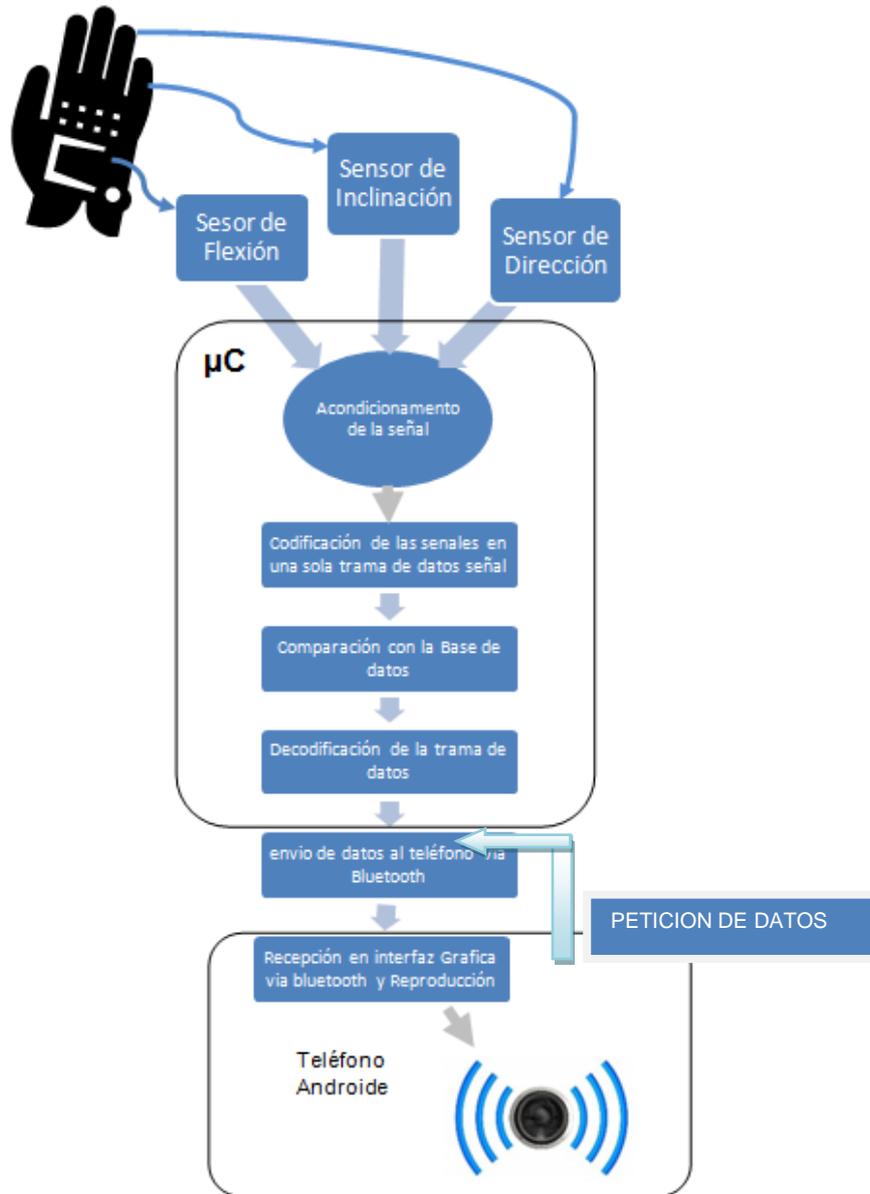


Fig. 2.1 Diagrama de arquitectura del dispositivo.

Fuente: Autores.

2.1 SELECCIÓN DE SENSORES RESISTIVOS

Los sensores de flexión que se encuentra en el mercado actualmente son los Sensores Flex Sensor FS-L-055-253-ST de 55 mm de longitud y el FS-L-095-253-ST de 95mm de longitud, cuyo fabricante es Spectrasymbol y sus características se encuentran detalladas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características eléctricas del Flexsensor de 2.2" y 4.5"

Características	Flexsensor 2.2"	Flexsensor 4.5"
Tamaño	Aprox. 0.28 "de ancho y 3 " de largo	Aprox. 0.28 "de ancho y 5 " de largo
Rango de resistencia	45-125K ohmios	60K a 110K Ohms
Vida útil	Más de 1 millón de ciclos de vida	Más de 1 millón de ciclos de vida
Rango de temperatura	-35 a +80 grados Celsius	-35 a +80 grados Celsius
Potencia Nominal	0.5watt	0.5watt
Voltaje	5 a 12 V	5 a 12 V
Resistencia Plana (0 grados)	25K ohms	10K ohms

Fuente: Autores.

Los sensores seleccionados son los dos disponibles en el mercado.

2.2 SELECCION DEL SENSOR MAGNETORESISTIVO PARA LA ADQUISICION DEL ANGULO DE DIRECCION DEL GUANTE

A continuación en el siguiente cuadro comparativo de la Tabla 2.2 se tiene las características de las brújulas GY-26 y la HMC6352, disponibles en el mercado.

Tabla 2.2 Cuadro comparativo de brújula GY-26 y HMC6352

Características	GY-26 ⁹	HMC6352 ¹⁰
Resolución	+/- 0.5 grados	+/- 0.5 grados
Repetitividad	<3 grados	1 grado
Consumo	5mA	1mA@3V
Alimentación	3-5V	2.7-5V
Interfaz con uC	Interfaz I2C y USART	Interfaz I2C
Características Especiales	Características Magnéticas Rango=+/-2Gaus Resolución: 6 miliGaus	Actualización Seleccionable de 1-20Hz
Costo	\$17	\$35

Fuente: Autores.

La brújula GY-26 fue utilizada en el proyecto por su bajo coste y versatilidad, pues presenta gran facilidad de adquirir los datos con el módulo USART a una velocidad de 9600 bauds con del Microcontrolador y al contar con identificadores en código ASCII facilita aún más la interfaz en comparación con la brújula HMC6352.

2.2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA BRUJULA GY-26

La brújula digital GY-26 utiliza un sensor magneto-resistivo para sensor la componente del campo magnético de la tierra, para así obtener un ángulo acimutal. Se comunica por medio de

⁹ (Elechouse, 2011)

¹⁰ (Honeywell, 2006)

comunicación RS232 ó I2C y entrega datos en formato ASCII. Este dispositivo posee tres modos de trabajo todos ellos seleccionables vía USART: operación normal, modo continuo y modo de calibración.

Entre las características más remarcables se puede mencionar:

- Precisión de ± 5 grados
- Tamaño reducido (26.5mm X 26.5mm X 11.5mm)
- Voltaje de operación de 3 a 5 voltios
- Fácil de operar y ensamblar

2.2.1.1 *Terminología Técnica Relevante.*

Angulo de declinación.- La declinación en cualquier punto de la tierra es el ángulo medido entre norte magnético en dicho lugar y el norte geográfico. Es por este motivo que se debe usar este ángulo de compensación para aproximar el resultado medido a una medición más real.

Adicional a esto convencionalmente se considera que el ángulo de declinación es positivo cuando está al este del norte, y, negativo cuando se encuentra al oeste del mismo.

Ángulo de instalación.- Hay conceptos importantes que se deben tomar en cuenta al momento de instalar la brújula digital. La primera consideración es la ubicación de la brújula al ser montada en un dispositivo, ya que la placa posee una flecha que debe estar alineada con la parte superior del dispositivo.

Calibración.- También llamada compensación de hierro duro, este término tiene que ver con las condiciones del campo magnético circundante causado por imanes permanentes. En otras palabras esta calibración toma en cuenta los campos

magnéticos adicionales, producidos por el resto de componentes presentes en el dispositivo electrónico al que se va a acoplar la brújula. Entonces lo que el dispositivo hace es detectar el desfase de estos otros campos magnéticos al campo principal, que es el que en realidad interesa. Luego el dispositivo compensa este desfase y así se obtiene una medición más precisa.

Métodos de Calibración.- Si bien la brújula GY-26 posee una calibración de fábrica, es inevitable que llegue un momento en el cuál por efectos físicos los valores dejen de ser acertados. Por ello es necesario realizar una calibración para deponer esa influencia externa de la manera que sugiere el fabricante:

“Envíe el comando 0xC0, y luego lentamente realice de dos rotaciones completas a la brújula; de manera equitativa y nivelada. Una sola vuelta toma más de un minuto. Después envíe el comando 0xC1 para terminar la calibración” (ELECHOUSE, 2011, p. 4).

Tabla 2.3. Lista de comandos de la brújula GY-26.

Comando -hexadecimal	Función	Explicación
0x31	Medida del ángulo	Devuelve el valor del ángulo medido
0xC0	Empezar calibración	El módulo espera 2 rotaciones completas y toma datos en ellas
0xC1	Finalizar Calibración	Se le indica al módulo que se ha finalizado el proceso.
0xA0-0xAA-0xA5-0xC5	Regresar a configuraciones de fábrica	Reemplaza las configuraciones establecidas por las predeterminadas
0x03	DECL_high	Establecer el byte alto del ángulo de declinación
0x04	DECL_low	Establecer el byte bajo del ángulo de declinación
0x0D-0x0A-0x30-0x30-0x30-0x2E-0x30-0x05	Respuesta al inicio de la calibración	Indica que sea ha iniciado la calibración de manera exitosa
0x0D-0x0A-0x30-0x30-0x30-0x2E-0x30-0x05	Respuesta al cambio del ángulo de declinación	Indica que el ángulo de inclinación se ha cambiado exitosamente

Fuente: (Elechouse, 2011).

2.3 SELECCIÓN DEL ACELEROMETRO PARA LA ADQUISICION DEL ANGULO DE INCLINACION Y ACELERACION EN EL GUANTE

En la Tabla 2.4 se tiene dos acelerómetros comerciales y disponibles en el mercado.

Tabla 2.4 Tabla comparativa de los acelerómetros MMA7361, ADXL335 y LIS331.

Modelo	Costo	Tamaño	Consumo de Energía (típico)	Características adicionales
MMA 7361 ¹¹	\$ 12	17.1x27.8mm	400µA	Respuesta analógica, regulación RoHS, resiste altos impactos, medición en 3 ejes
ADXL335 ¹²	\$ 25	15.7x20.3mm	350µA	Respuesta analógica, regulación RoHS y WEE, medición en 3 ejes
LIS331 ¹³	\$ 28	21x13.6mm	10µA	Respuesta digital, comunicación I2C y SPI, aceleración configurable de hasta ± 24G

Fuente: Autores.

Luego de analizar las características de cada sensor se utilizó el acelerómetro que más se ajusta a las necesidades del proyecto que es MMA7361 de la firma Freescale por su bajo coste, facilidad de manejo y disponibilidad en el mercado.

¹¹ (Freescale Semiconductor, 2008)

¹² (Analog Devices, 2009)

¹³ (ST Microelectronics, 2009)

2.4 SELECCIÓN DEL MODULO BLUETOOTH

En la Tabla 2.5 se tiene los bluetooth comerciales y disponibles donde se hace una breve comparación de sus características, y adicionalmente su costo. Se ha optado por la clase II, ya que no se necesita distancias mayores a 10 metros; puesto que el guante y el teléfono con la aplicación, deberán estar lo más visible y cerca posible.

Tabla 2.5 Cuadro Comparativo de los módulos Bluetooth RN-42 y HC-05.

Características	RN-42 ¹⁴	HC-05 ¹⁵
Versión	2.1 + EDR(Velocidad de datos mejorada)	2.0 + EDR(Velocidad de datos mejorada)
Consumo	30mA- modo transmisión	50mA- modo transmisión
Interfaz	UART y USB	UART y USB
Certificaciones	FCC,IC,CE	RoHS
Antena	Trazada en la PBC	Trazada en la PBC
Costo	\$20.95	\$9.80

Fuente: Autores.

El modulo bluetooth HC-05 fue elegido por su reducido tamaño y bajo costo respecto al dispositivo RN-42. Este es de clase II con una antena integrada. Este dispositivo puede trabajar ya sea como servidor o como cliente, sin embargo, en este proyecto se usó una placa base pre-configurada para trabajar como cliente. Esto debido a que el teléfono celular será quien administre la comunicación bluetooth, por tener funciones embebidas que facilitaran el éxito de la misma. Las dos partes fundamentales del módulo HC-05 son: un Microcontrolador Freescale MCF51JM128 de 32 bits y un circuito integrado para comunicación bluetooth BC417, como indica la Fig. 2.2.

¹⁴ (Roving Networks, 2012)

¹⁵ (iteadstudio.com, 2010)

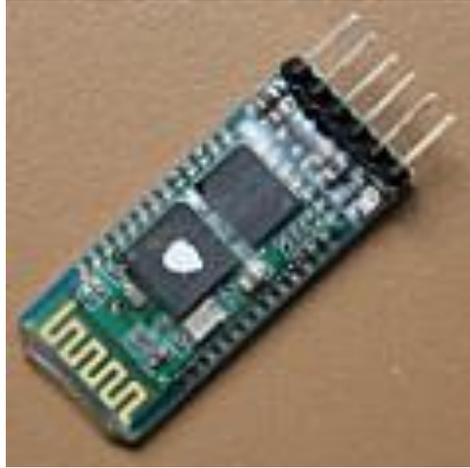


Fig. 2.2- Bluetooth HC-05

Fuente: <http://www.aliexpress.com/item/JY-MCU-anti-reverse-integrated-Bluetooth-serial-pass-through-module-wireless-serial-HC-05-master-slave/674938799.html>.

El modulo bluetooth tiene como propósito transmitir la información desde el Microcontrolador hasta el teléfono celular sin el uso de cables.

2.5 CONSTITUCION DEL GUANTE

2.5.1 MATERIALES DEL GUANTE

La elección del guante se orientó principalmente a favorecer la comodidad y la flexibilidad. Por ello después de una búsqueda se eligió un guante de marca “UNDER ARMOR” Este guante propiamente esta creado para jugadores de *baseball*, quienes requieren de un amplio movimiento con sus manos; esta es una cualidad esencial para el dispositivo del proyecto.

El guante UNDER ARMOR está elaborado con los siguientes materiales mostrados en la Tabla 2.6, junto con la característica especial a la que aporta al guante.

Tabla 2.6 Materiales y Características Especiales del guante UNDER ARMOR

Material	Características
Cuero de piel de oveja	Durabilidad y sensibilidad del tacto
Paneles sintéticos en relieve en la palma de la mano con orificios	Proporciona elasticidad y ventilación de la mano
Capa interior de neopreno	Material suave y flexible, pero a la vez resistente que garantiza que los dedos puedan realizar movimientos rápidos y ágiles.

Fuente: Autores.

2.6 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

Para la selección del microcontrolador se tomo en consideración los siguientes parámetros:

- Canales ADC
- Capacidad de memoria para continuar con posteriores investigaciones.
- Numero de pines (mínimo 36).
- Módulos USART (mínimo 2).
- Consumo de energía.

En el mercado existe una gran variedad de microcontroladores, de distintos fabricantes, como Atmel, Microchip, Freescale, etc. y cada fabricante existe una extensa gama clasificada por familias. A continuación se detalla dos microcontroladores de 8 bits un PIC18f452 y el Xmega128a1 en la Tabla 2.7 con sus características.

Tabla 2.7 Tabla comparativa entre los microcontroladores PIC18F46K20 y XMega128A1.

Características	PIC18F46k20 ¹⁶	Xmega128A1 ¹⁷
TIPO	Microcontrolador de alto desempeño de 8 bits RISC CPU	Microcontrolador de alto desempeño de 8 bits RISC CPU
Memoria Flash	64KBytes	128kBytes+8 KBytesBootloader
EEPROM	1Kbyte	2KBytes
Memoria RAM	3Kbytes	SRAM 8Kbytes
Velocidad Máxima de Operación	16MHz	12MHz@ 1.6-3.6V 32MHz@2.7-3.6V
Tiempo de Ejecución de Instrucción	1CM=4Tckl	1CM=1Tckl
# de pines	40	100
Max I/O pines	36	78
Voltaje de Operación	1.8V-3.6V	1.6-3.6V
Temperatura de Operación	-40 125C	-40 a 85C
Timer's	4	8
Watchdog	si	si
Comparadores Analógicos	2	4
Resolución ADC	10 bits	8/12 bits
Canales ADC	13	16
Convertidores ADC	1	2
Canales UART	1	8
Canales SPI	1	8
Canales PWM	1	24
Ahorro de Energía	Tecnología nano Watt	Tecnología Pico Power
Características Adicionales	Depuración en el circuito(Debug) WDT extendido 4ms-131s	Los canales Analógicos poseen entradas diferenciales con ganancia seleccionable y registros individuales para cada ADC. La configuración de los pines es individual. Reduce la circuitería externa. Sistema programable hasta de 8 eventos
Empaquetado	QFN TQFP PDIP	TQFP CBGA

Fuente: Autores.

¹⁶ (Microchip Technology Inc, 2010)

¹⁷ (XmegaxxA1, 2012)

El proyecto fue implementado con el Microcontrolador Xmega128a1 ya que posee altas prestaciones tanto por memoria, y permite la configuración por software ciertos componentes que con otro Microcontrolador requiere circuitería externa, especialmente que se requiere para el acondicionamiento de los sensores con salidas analógicas, además de resistencias y capacitores.

Adicional a esto la velocidad de procesamiento es indispensable en esta aplicación puesto que se necesita tomar varias muestras de cerca de 4 sensores tipos de sensores, que intervendrán tanto en la inclinación y dirección de la mano, como la flexión y movimiento de los dedos. Luego la codificación de cada una de estas variables de los sensores el Microcontrolador codificara en una sola variable todos los datos adquiridos y comparara con una base de 27 datos correspondientes a las letras del abecedario, para que posterior a esto se envíe dichos datos vía bluetooth.

2.6.1 MICROCONTROLADOR ATMEL XMEGA128A1

2.6.1.1 *Características*

- Alto rendimiento, bajo consumo 8/16-bit Atmel®AVR®MEGA™
- Memorias de programa y de datos no volátiles
 - 128K Bytes de auto-programable en Memoria Flash
 - 8K Bytes sección de arranque con bits de bloqueo independientes
 - 2 KB EEPROM
 - 8 KB de SRAM interna
 - Interfaz de bus externo de hasta 16 millones de bytes de SRAM
 - Interfaz de bus externo hasta SDRAM 128M

- Funciones de los periféricos:
 - Cuatro canales de controlador DMA con soporte para solicitudes externas
 - Ocho canales del Sistema de Eventos
 - Ocho temporizadores /contadores de 16-bit:
 - Cuatro temporizadores / Contadores con 4 salidas de comparación de entrada o canales de captura
 - Cuatro temporizadores / Contadores con 2 salidas de comparación o canales de entrada de captura
 - Temporizadores/contadores extensibles de alta resolución
 - Extensión avanzada de formas de onda con dos Timer / Contadores
- Ocho USARTs
 - Modulación/Demodulación IrDA modulación para una USART
 - Cuatro interfaces de dos hilos Interfaces con bidireccionales (I2C y compatible SMBus).
 - Cuatro periféricos SPI (Serial Peripheral Interface).
 - AES y DES CryptoEngine.
 - Contador de tiempo real 16-bit separado.
 - Dos canales de ocho, 12-bit, 2 Msps Analógicos Digitales
 - Dos canales de dos, 12-bit, 1 Msps convertidores de digital a analógico.
 - Cuatro comparadores analógicos con función de comparación Ventana.
 - Interrupciones externas sobre todo de uso general de las E / S
 - Watchdog Timer programable Independiente del chip oscilador Ultra Low Power.
 - Características especiales del Microcontrolador
- Power-on Reset y detección programable de Brown-out.
- Opciones de relojes Internos y Externos con PLL y pre escalador.
- Controlador de multinivel programable de interrupción.

- Modos de espera: inactivo, apagado, en espera, Ahorro de energía, espera extendida.
- Interfaces Avanzadas de Programación, Prueba y Depuración:
 - JTAG (IEEE 1149.1 Compliant) Interfaz para la programación, prueba y depuración.
 - PDI (Programa e interfaz de depuración) para programar y depurar.
- I / O y Paquetes
 - 78 Líneas E/S Programables
 - 100 - lead TQFP
 - 100 - ball CBGA
 - 100 - ball VFBGA
- Voltaje de funcionamiento
 - 1,6 - 3,6 V
- Velocidad de funcionamiento
 - 0 - 12 MHz@1.6 - 3.6V
 - 0 a 32 MHz@2.7 - 3.6V

2.6.1.2 *Arquitectura Central*

- Arquitectura AVR RISC de 8 bits
- 138 instrucciones
- Hardware multiplicador
- registro de 32x8 bits conectado directamente a la ALU
- Pila en SRAM

Pila accesible en el espacio de memoria de puntero de E / S

- Direccionamiento directo de hasta 16 millones de bytes de datos del programa y Memoria.
- Acceso 16/24-bit Fiel a 16/24-bit I / O registra.

- Soporte para 8 -, 16 - y 32-bit Aritmética
- Protección de cambio de configuración de funciones críticas del sistema.

2.6.1.3 Memoria RAM

La memoria de datos consta de la memoria de E / S, EEPROM y memorias SRAM, todo dentro de un espacio de direcciones lineales, como muestra la Fig. 2.3.

Byte Address	ATmega128A1
0	I/O Registers
FFF	(4 KB)
1000	EEPROM
17FF	(2 KB)
2000	RESERVED
3FFF	Internal SRAM
4000	(8 KB)
4000	External Memory
FFFFFF	(0 to 16 MB)

Fig. 2.3 - Mapa de Memoria XMega128A1

Fuente: (XmegaxxA1, 2012, pág. 12)

2.6.1.4 Puertos de entrada/salida

- Selección por cada pin de configuración de entrada y salida
- Configuración flexible de cada pin a través de registro dedicado a la configuración por pin.
- Detección Sincrónico y / o asíncrono de detección de entrada a interrupciones de los puertos y eventos

- Ambos flancos

- Flanco de subida
- Flanco de bajada
- Censado de nivel bajo.
- Wake-up Asíncrono en todas las configuraciones de censado de entrada.
- Interrupción de dos puertos con pin enmascaramiento flexible.
- Salida configurable del controlador y la configuración:
 - Totem pole
 - Pull-up/-down
 - Wired-AND
 - Wired-OR
 - Bus-keeper
 - Inverted I / O.
- Control opcional de velocidad de giro
- Configuración de pines múltiples en una sola operación
- Soporte para Leer-Modificar-Escribir (RMW).
- TOGGLE / CLEAR / SET para registros de salida y los registros de dirección.
- Reloj en el puerto de salida de pin
- Evento canal 0 puerto de salida en el pin 7
- Mapeo de los registros del puerto (puertos virtuales) en poco espacio accesible memoria de E / S (XmegaxxA1, 2012, pág. 27)

Un puerto se compone de hasta 8 pines, que van desde el pin 0 al pin 7. Los puertos implementan varias funciones, incluyendo detección de entrada síncrona/asíncrona, interrupciones para Cambiar estado de pin y opciones de configuración de salida. Todas las funciones son individuales por pin, pero se pueden configurar en una sola operación.

Todos los pines del puerto (Pn) tienen configuración de salida programable. Además, todos los pines del puerto tienen una función invertida E/S.

Pines de registro. Para una salida, esto significa inversión de la señal de salida entre el registro y el puerto.

2.6.1.5 *Módulo de conversión ADC de microcontrolador XMega128A1*

El módulo de conversión ADC del Microcontrolador Xmega128A1 (Fig. 2.4) posee una resolución de 12 bits, la entrada es flexible y permite realizar mediciones diferenciales. (XMEGA_MANUAL, 2012, pág. 41):

- Dos ADC's con resolución de 12 bits.
- Cada ADC con una frecuencia de muestreo de 2 Msps.
- Resultado de conversiones con signo y sin signo.
- 4 Registros de Resultado con control individual para cada canal de entrada ADC.
- 8 entradas de simple terminación de cada ADC.
- Entradas diferenciales 8x4 para cada ADC.
- 4 entradas internas:
 - Sensor de temperatura integrado.
 - Salida del Convertidor Digital Analógico.
 - Tensión VCC dividido por 10.
 - Excepción de banda de voltaje.

- Ganancia seleccionable por Software de 2, 4, 8, 16, 32 o 64.
- Software seleccionable resolución de 8 - o 12-bit.
- Referencia interna o externa selección.
- Activado por evento de conversión para la sincronización exacta.
- DMA de transferencia de resultados de la conversión.
- Interrupción / Evento en comparar los resultados.

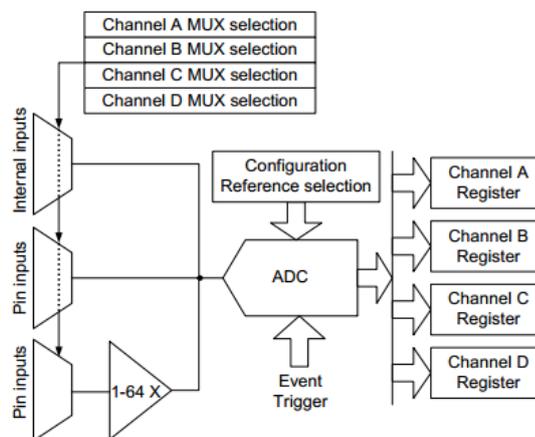


Fig. 2.4 - Diagrama de bloques ADC

Fuente: (XmegaxxA1, 2012, pág. 42)

En la Fig. 2.5 se “muestra el tiempo para una sola conversión ADC sin ganancia. La escritura del bit de conversión inicial, o el evento desencadenante de la conversión (START), debe producirse en un ciclo de reloj antes de que el ciclo de reloj del ADC, donde la conversión en realidad inicia (indicado con la pendiente gris de la señal de inicio).

La fuente de entrada analógica es muestreada en la primera mitad del primer ciclo, y es el tiempo de muestreo siempre un medio ciclo de reloj ADC. El uso de un reloj más rápido o

lento para el ADC afectara el tiempo de muestreo.”
 (XmegaxxA1, 2012)

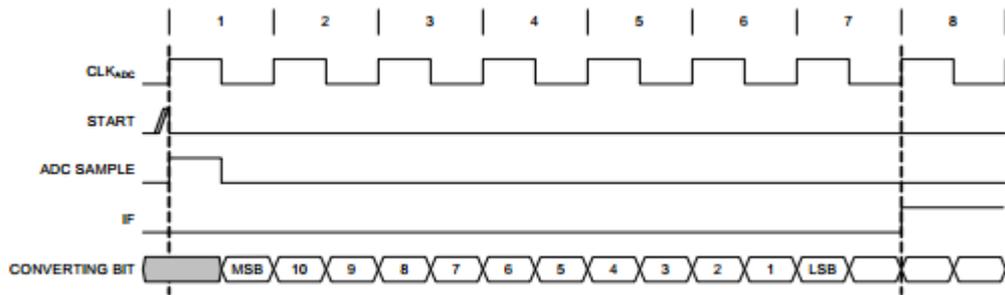


Fig. 2.5 - Diagrama de tiempos del ADC del XmegaxxA1 sin ganancia
 Fuente: (Manual, 2012, pág. 297).

2.7 ARQUITECTURA DETALLADA DEL DISPOSITIVO

A continuación se detalla en la Fig. 2.6 la arquitectura detallada del funcionamiento del dispositivo.

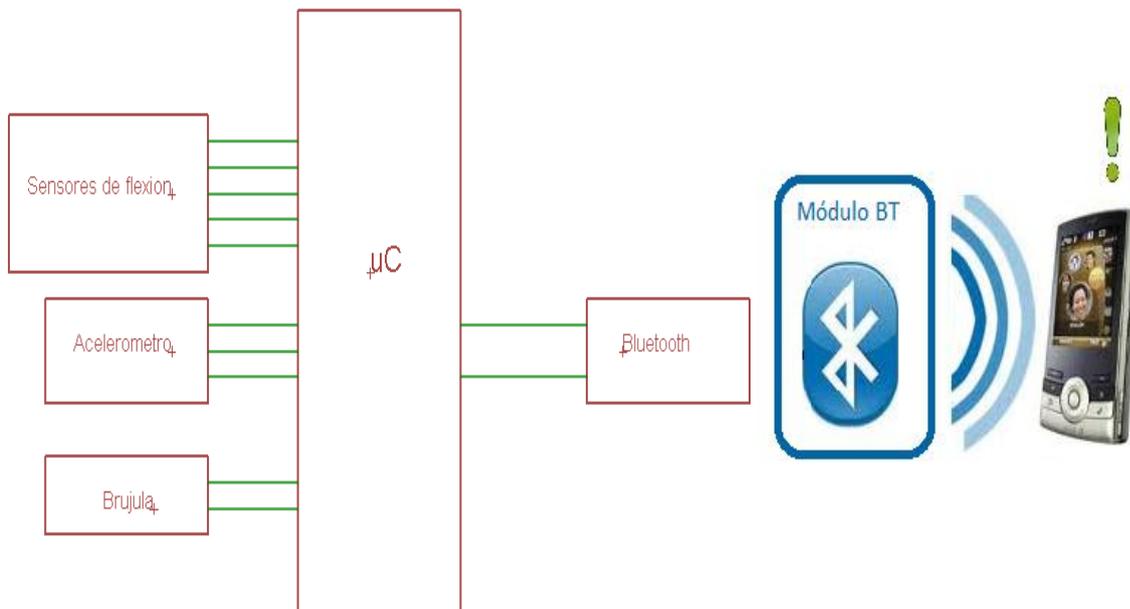


Fig. 2.6 Arquitectura detallada del equipo.
 Fuente: Autores.

CAPITULO 3

DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE

Para el diseño del dispositivo se ha dispuesto una secuencia para la adquisición y procesamiento de cada señal y posterior decodificación de la letra del abecedario como indica el diagrama de bloques de la Fig. 3.1.

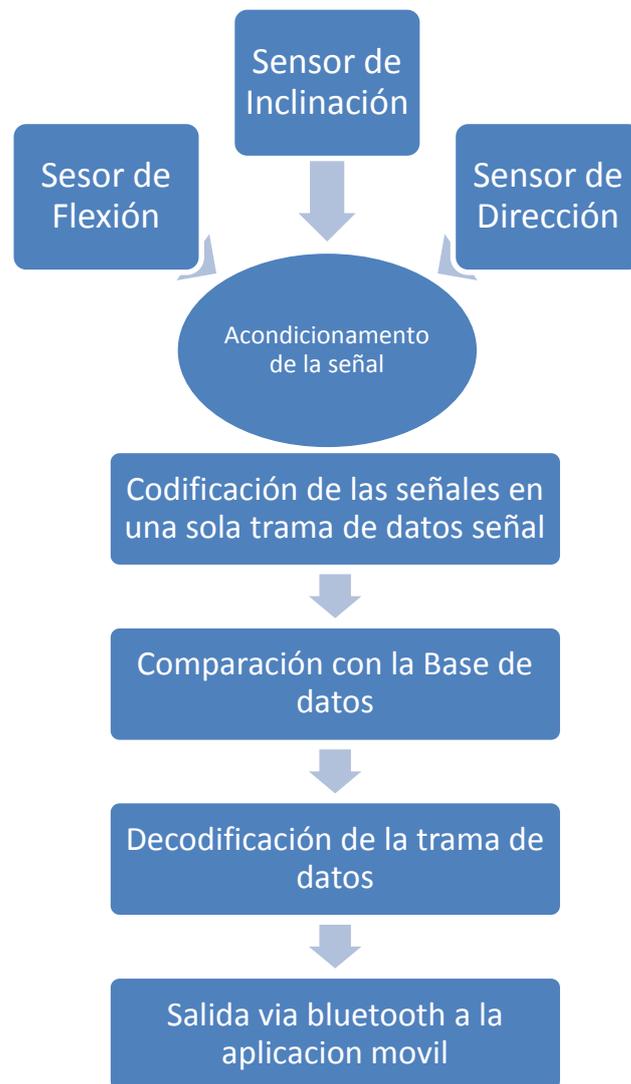


Fig. 3.1 – Diagrama de Bloques del Dispositivo.

Fuente: Autores.

3.1 INSTALACIÓN DE LOS SENSORES DE FLEXION.

De acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante se tomo los datos de flexión cada 5 grados para cada sensor, utilizando 4 sensores FS-L-095-253-ST de 95mm de longitud para los dedos Índice (Fig. 3.2), Medio (Fig. 3.3), Anular (Fig. 3.4) y Pulgar (Fig. 3.5) respectivamente y 1 sensor FS-L-055-253-ST de 55mm de Longitud para el dedo Menique (Fig. 3.6); utilizando el circuito de la Fig. 3.7; Se obtuvieron las siguientes graficas:

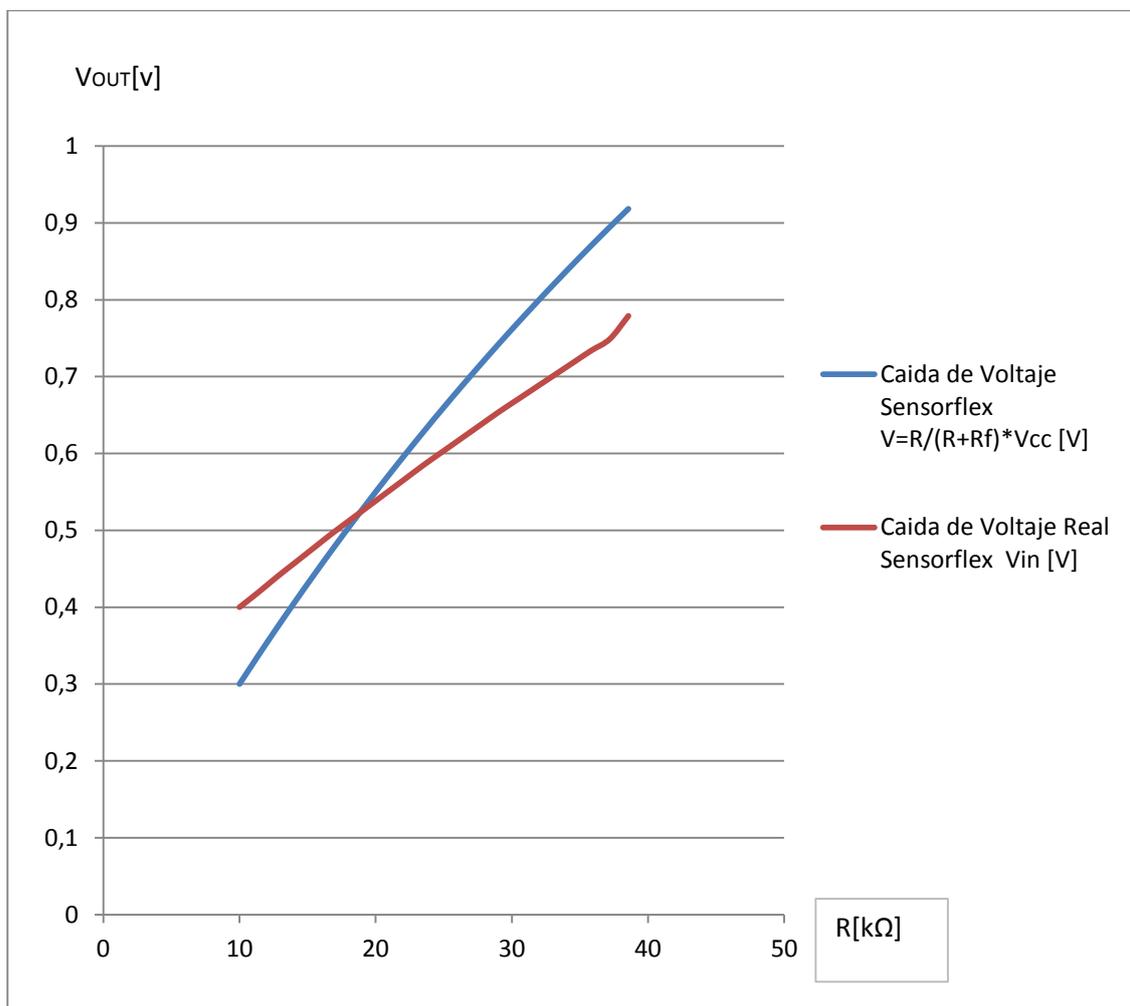


Fig. 3.2- Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Índice¹⁸

Fuente: Autores.

¹⁸ Los grafica se basa en datos obtenidos en del Anexo A

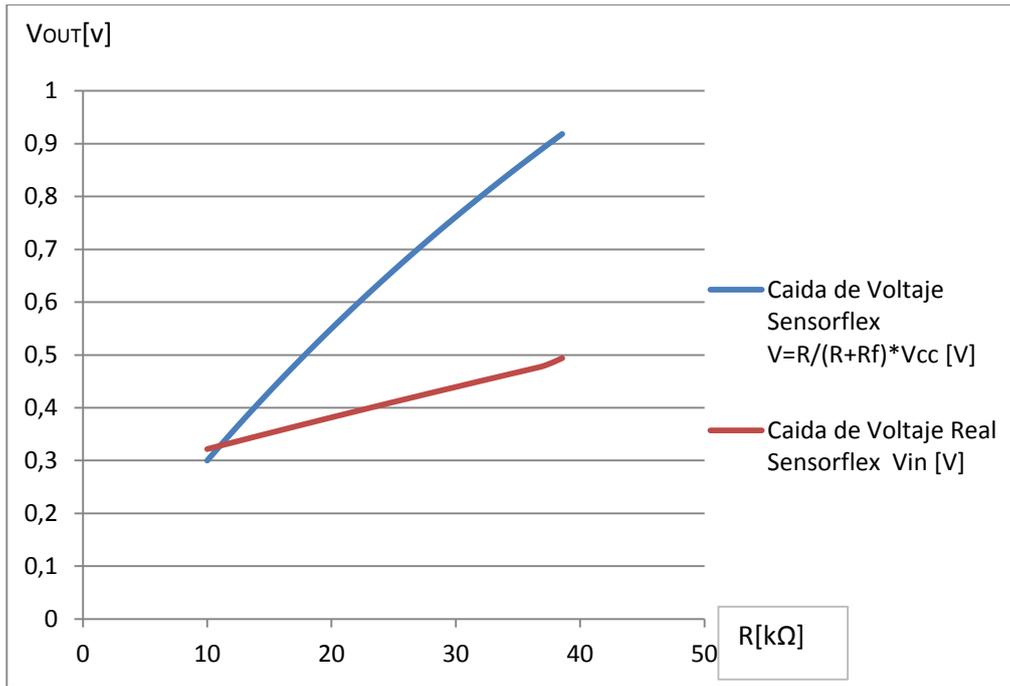


Fig. 3.3 - Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Medio.¹⁹

Fuente: Autores.

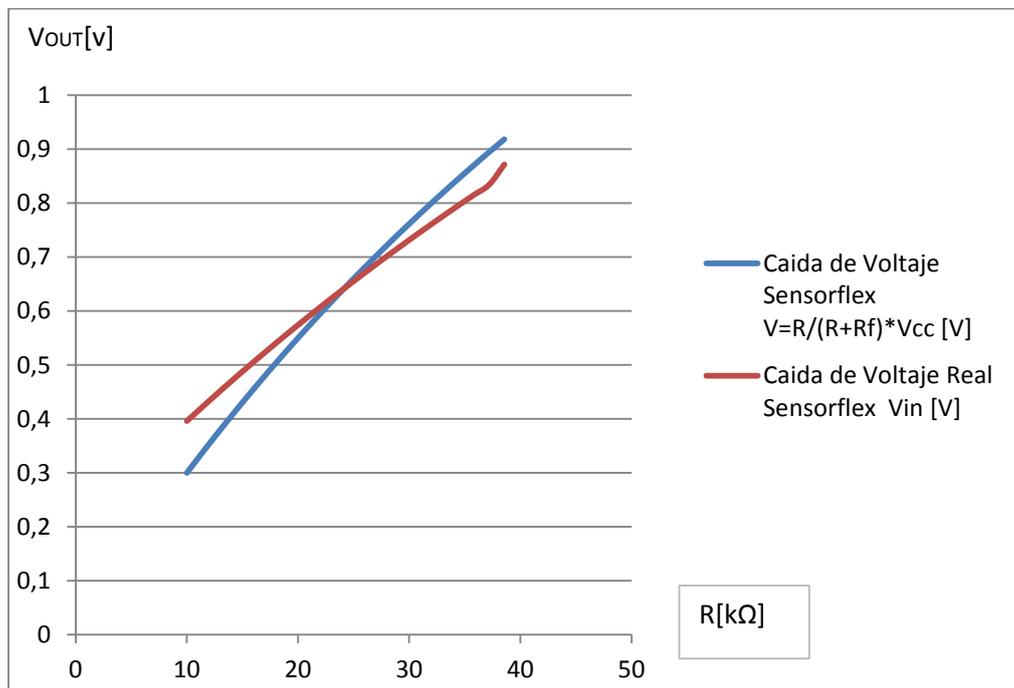


Fig. 3.4 - Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Anular.

Fuente: Autores.²⁰

¹⁹ Los graficas se basa en datos obtenidos en del Anexo B

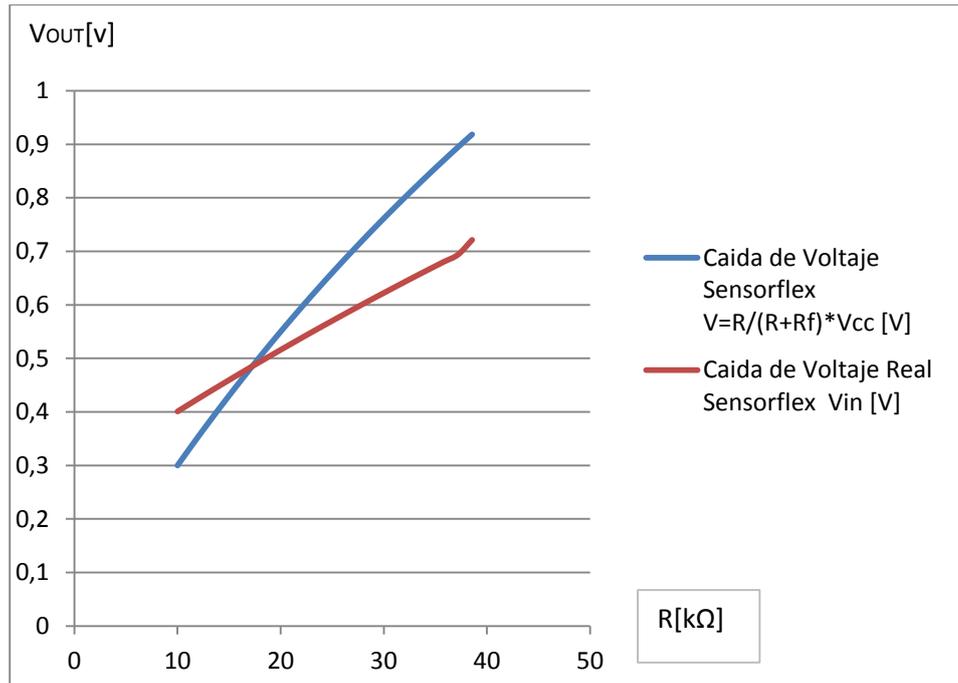


Fig. 3.5 - Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Pulgar.²¹

Fuente: Autores.

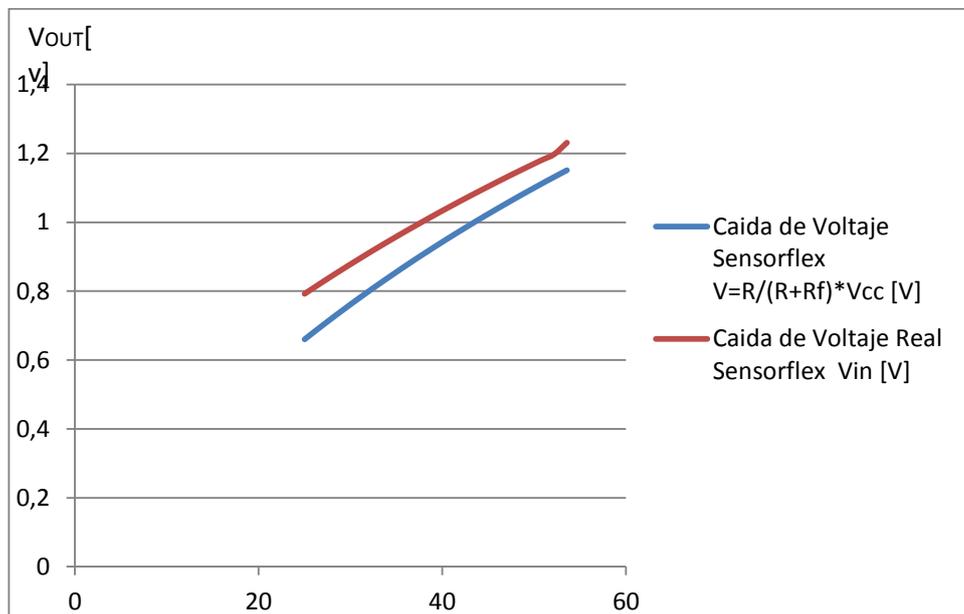


Fig. 3.6 - Voltaje de Salida Vs Resistencia Flexsensor Dedo Menique.²²

Fuente: Autores.

²⁰ Los grafica se basa en datos obtenidos en del Anexo C

²¹ Los grafica se basa en datos obtenidos en del Anexo D

²² Los grafica se basa en datos obtenidos en del Anexo E

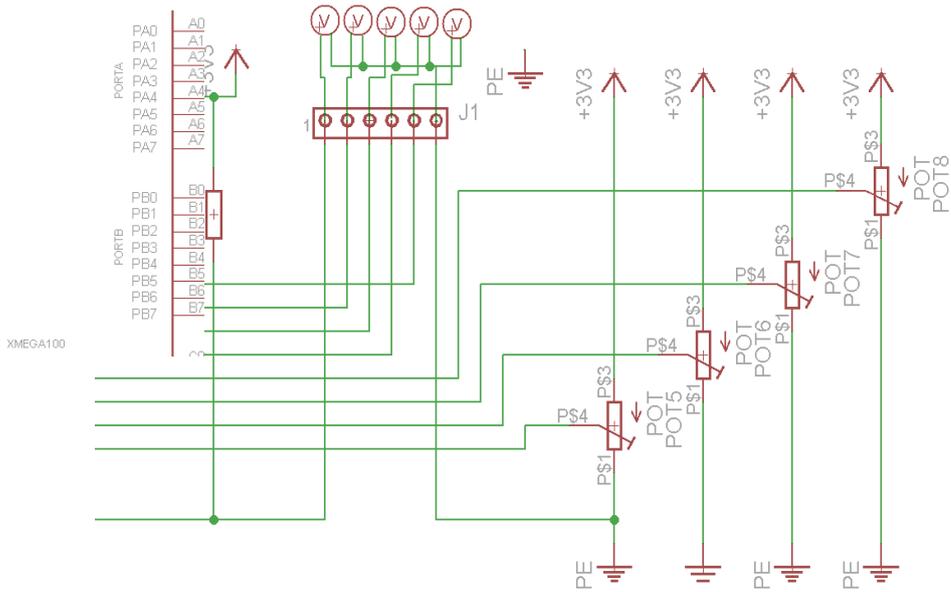


Fig. 3.7- Diagrama Esquemático de toma de datos

Fuente: Autores.



Fig. 3.8- Toma de datos del sensor de Flexión.

Fuente: Autores.

Para la implementación de los sensores de Flexión en el dispositivo se utilizó el diagrama de la Fig. 3.9 utilizando funciones de software del Xmega128A1, con un tiempo de Adquisición de la señal de $T = 1.09\text{ms}$. Se utilizaron los dos conversores Análogos Digitales 8 canales del conversor ADC-A y un canal del conversor ADC-B. La configuración de estos se detalla de la siguiente manera el conversor ADC:

- Sensores: Dedo Índice, Medio, Anular y Menique:
 - Conversor ADC-B
 - $F_{\text{cpu}} = 16\text{MHz}$
 - Resolución: 12 Bits
 - Frecuencia de Reloj del ADC: 500000 kHz
 - $V(+)=V_{\text{cc}}/1.6$
 - Canales del Nibble Alto activados con Voltaje diferencial (Fig 3.10) con los canales del Nibble Bajo correspondientes 0-4, 1-5, 2-6, 3-7.
 - Gain=1.

- Sensores: Dedo Pulgar, Acelerómetro Eje X, Y y Z.
 - Conversor ADC-B
 - $F_{\text{cpu}} = 16\text{MHz}$
 - Resolución: 8 Bits
 - Frecuencia de Reloj del ADC: 500000 KHz
 - $V(+)=V_{\text{cc}}/1.6$.

Además la calibración de estos se estableció por medio de umbrales y una asignación de posición en una trama de datos que corresponde a tres posiciones de cada uno de los dedos a la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Asignación de Bits correspondiente de la trama de datos empleada para los Sensores de Flexión.

Dedo Índice		Dedo Medio		Dedo Anular		Dedo Menique		Dedo Pulgar	
bit 9	bit 8	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fuente: Autores.

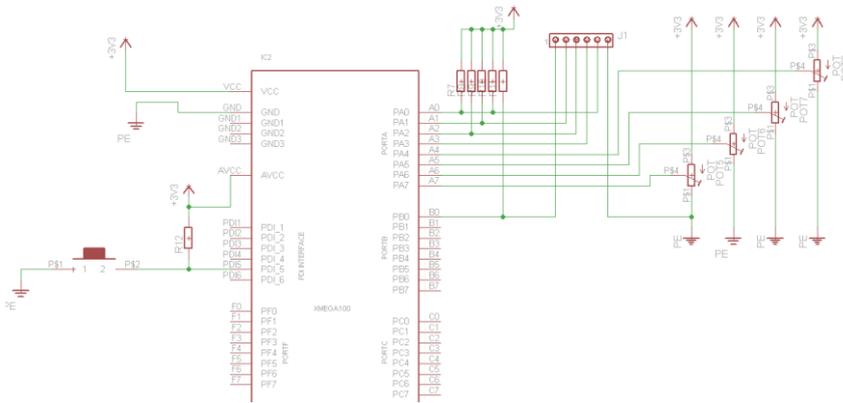


Fig. 3.9- Conexión de los sensores de Flexión con el microcontrolador.

Fuente: Autores.

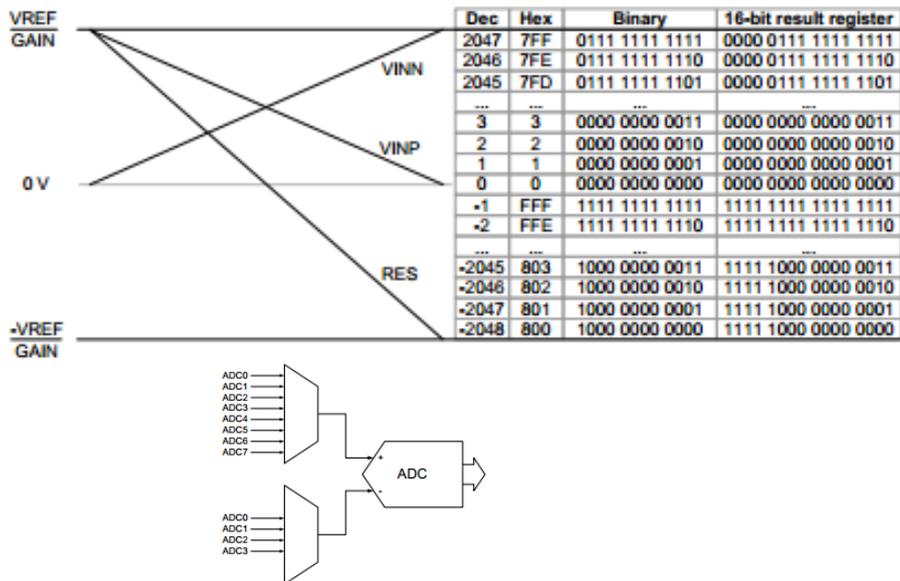


Fig. 3.10 - Configuración del modulo ADC utilizada con Xmega para los sensores de Flexión.

Fuente: (Manual, 2012, págs. 291,295).

3.1.1 FLUJOGRAMA DEL PROGRAMA DE LOS SENSORES DE FLEXION Y EL MICOCONTROLADOR XMEGA128A1.

En base a los datos obtenidos en los Anexos A - E, se implemento la programación para en el microcontrolador, para la adquisición de la señal de flexión de cada dedo con el flujograma que se indica la Fig. 3.11 y Fig.3.12.

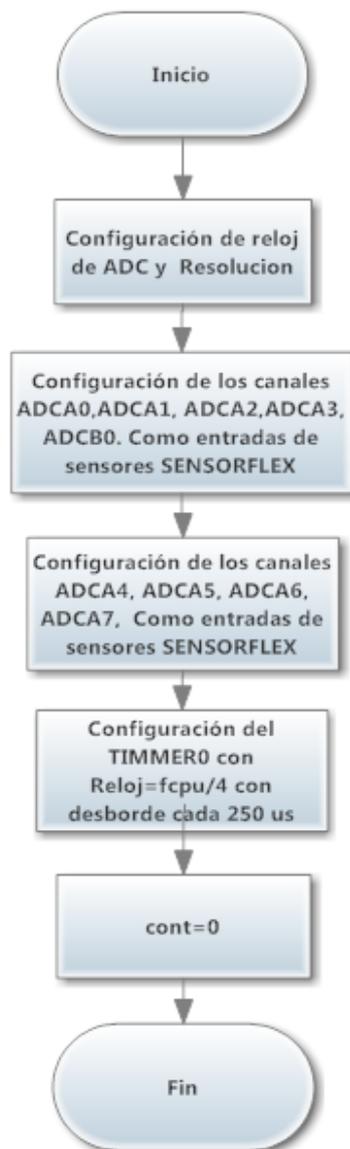


Fig. 3.11 *Flujograma de configuración de temporizador para adquisición de la señal de los sensores de flexión con el microcontrolador XMEGA128A1.*

Fuente: Autores.

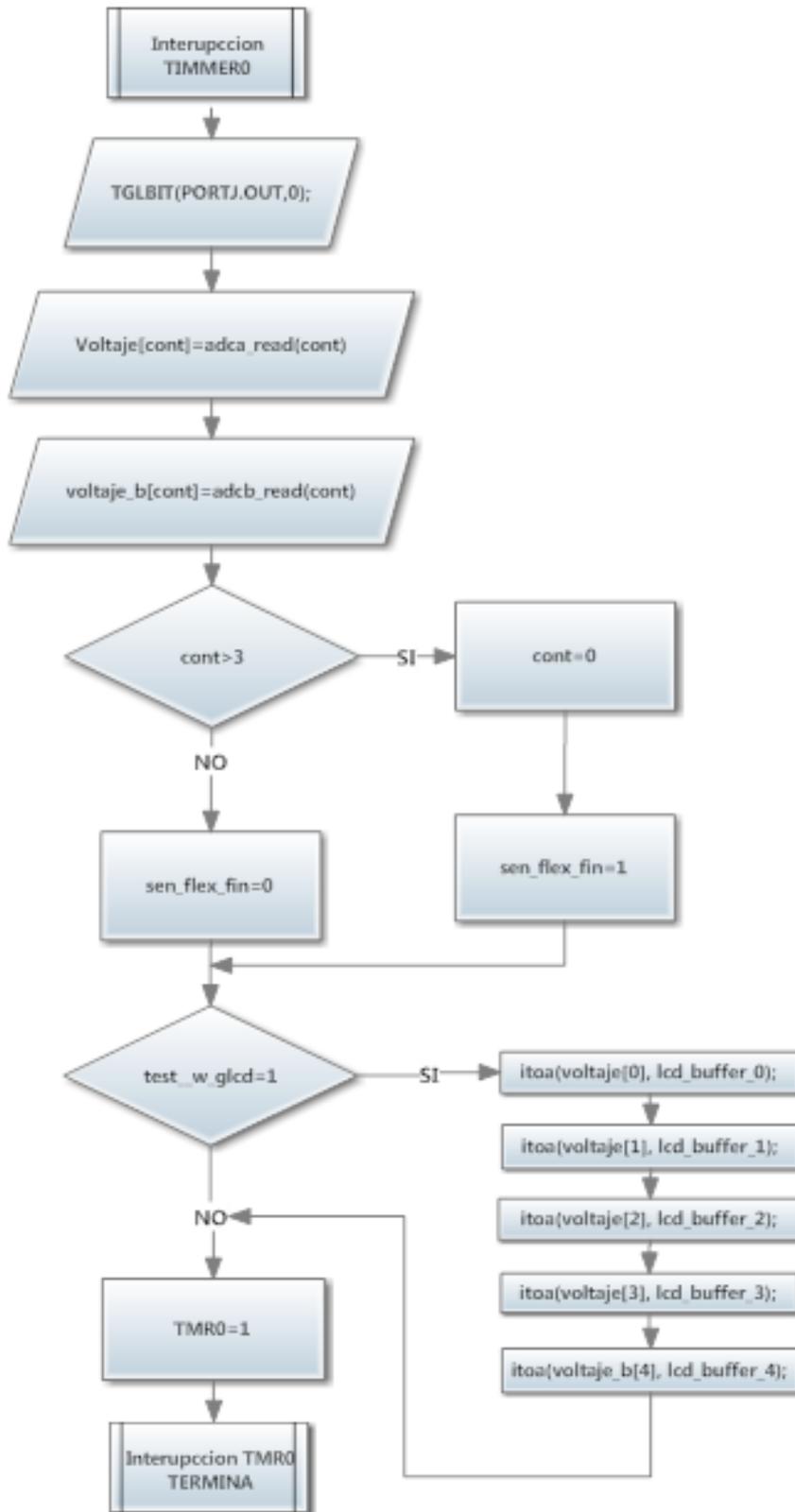


Fig. 3.12 - Flujoograma de adquisición de la señal de los sensores de flexión con el microcontrolador XMEGA128A1.

Fuente; Autores.

3.2 INSTALACIÓN DEL ACELEROMETRO MMA7361.

De acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante se tomo los datos de inclinación cada 10 grados para cada sensor, con el acelerómetro analógico MMA7361 donde se obtuvo las curvas de la Fig. 3.13 y Fig.3.14. Para la implementación de este proyecto se utilizo los ejes X e Y, y solamente en el caso de la letra J se utilizo el eje Z por lo tanto en las graficas se tomo las variaciones en los ejes X e Y.

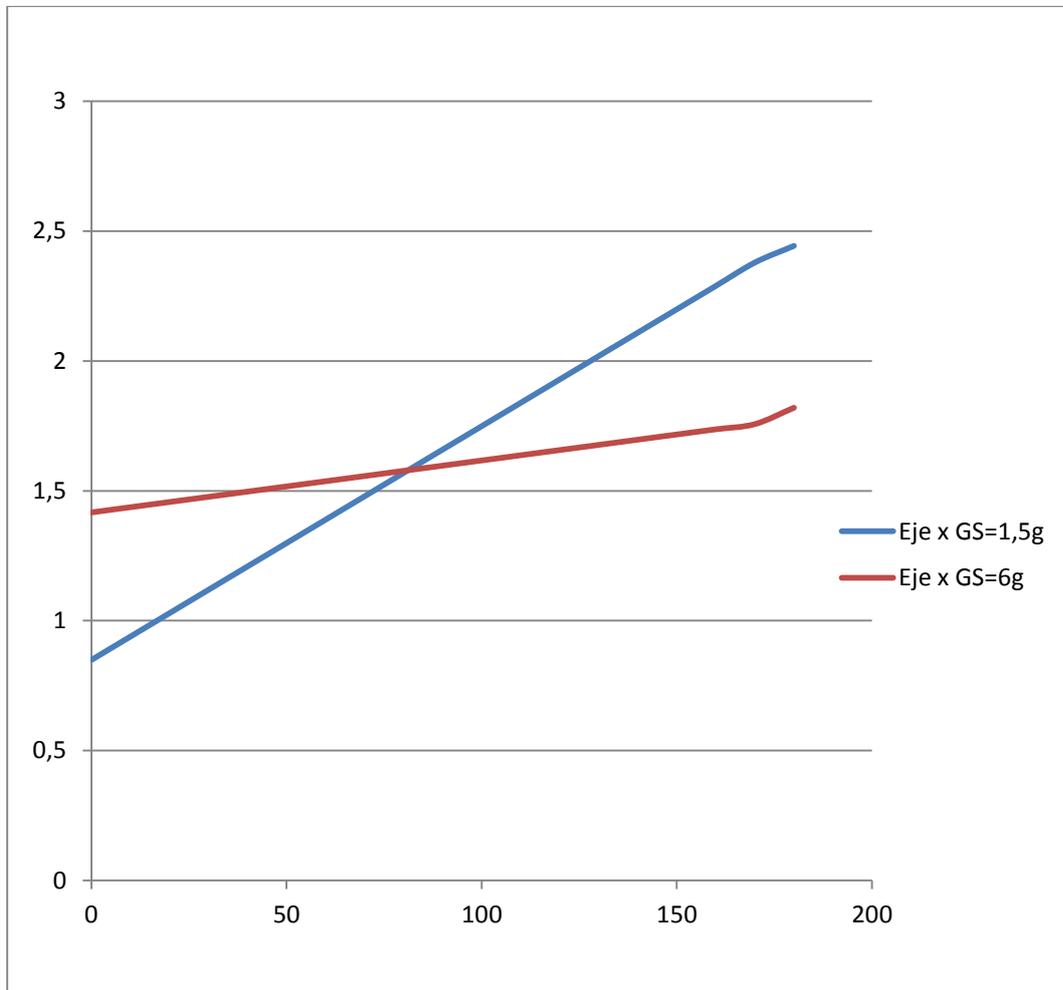


Fig. 3.13- Toma de datos del Eje X del acelerómetro MMA7361.²³

Fuente; Autores.

²³ Los grafica se basa en datos obtenidos en del Anexo F

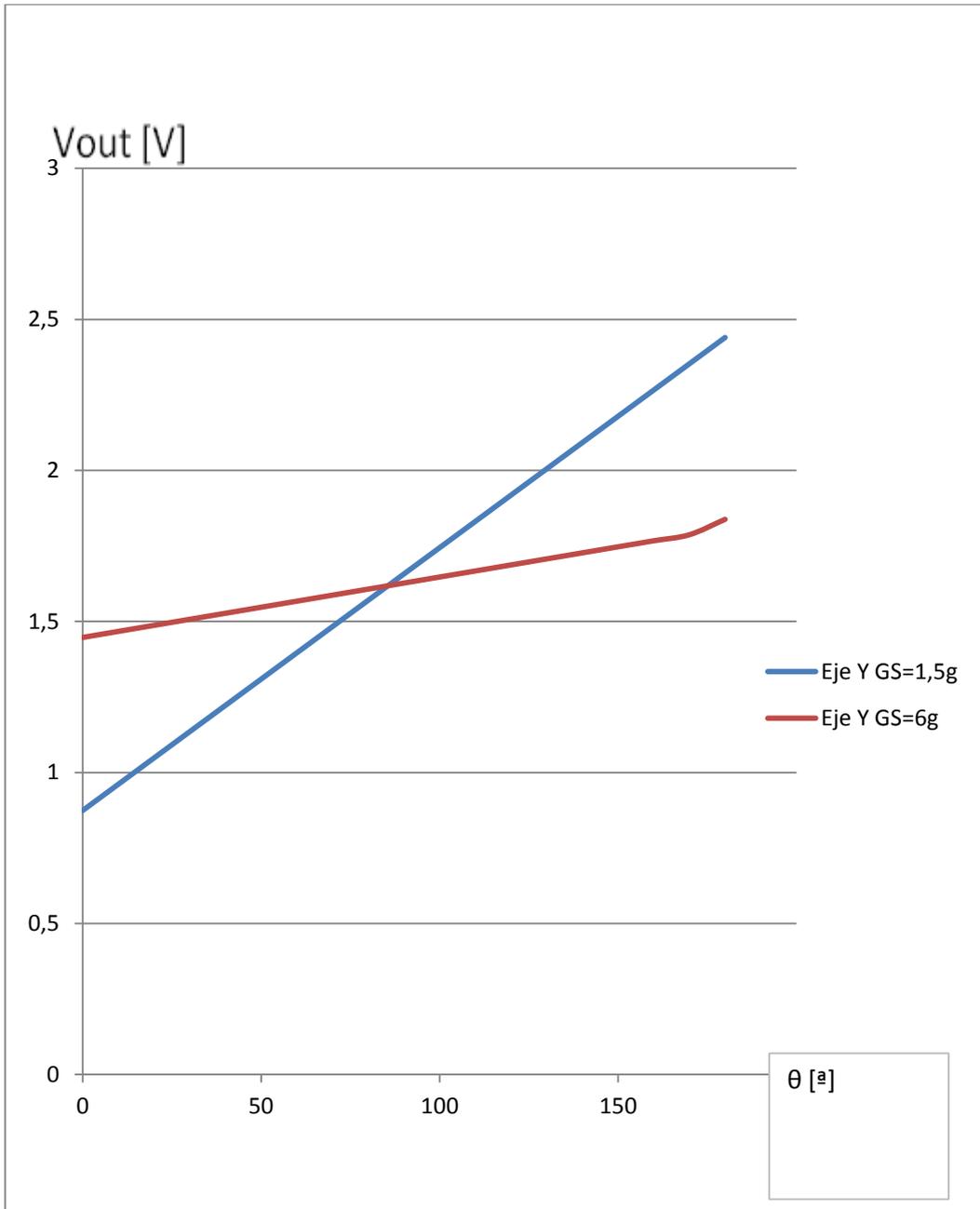


Fig. 3.14- Toma de datos del Eje X del acelerómetro MMA7361¹⁸

Fuente: Autores.

Para la implementación del acelerómetro se utilizó el diagrama de la Fig. 3.15 y la configuración del conversor ADC es la misma configuración del canal ADC-B los canales ADC1, ADC2, ADC3 con un periodo de muestreo de $T = 1.09\text{ms}$.

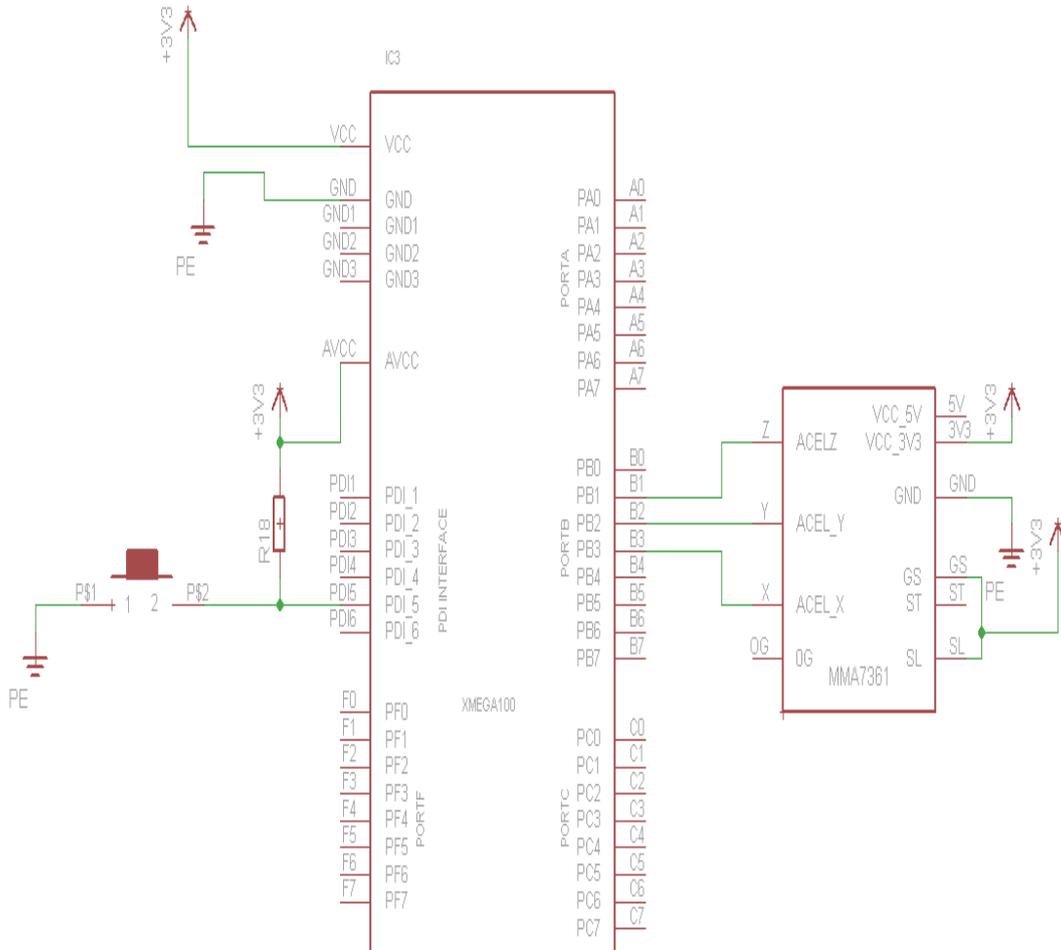


Fig. 3.15 - Diagrama Esquemático de conexión del Acelerómetro MMA con el microcontrolador Xmega128A1.

Fuente: Autores.

Además la calibración de estos se estableció por medio de umbrales y una asignación de posición en una trama de datos que corresponde a tres posiciones de cada uno de los dedos a la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Asignación de Bits correspondiente de la trama de datos empleada en los ejes del acelerómetro MMA7361.

Eje X		Eje Y		Eje Z	
bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
x	x	x	x	x	x

Fuente: Autores.

3.2.1 FLUJUGRAMA DEL PROGRAMA DEL ACELEROMETRO MMA7361 Y EL MICROCONTROLADOR XMEGA128A1.

En base a los datos obtenidos en los Anexos F, se determinó la programación para en el microcontrolador, para la adquisición de la señal de inclinación de cada dedo con el flujograma de la Fig. 3.16 y Fig. 3.17.

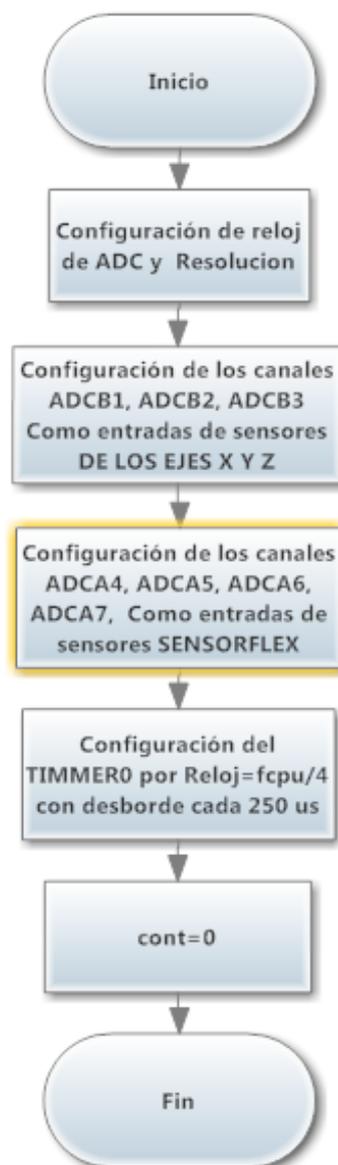


Fig. 3.16 - Flujograma de configuración de temporizador para adquisición de la señal del acelerómetro MMA7361 con el microcontrolador XMEGA128A1.

Fuente; Autores.

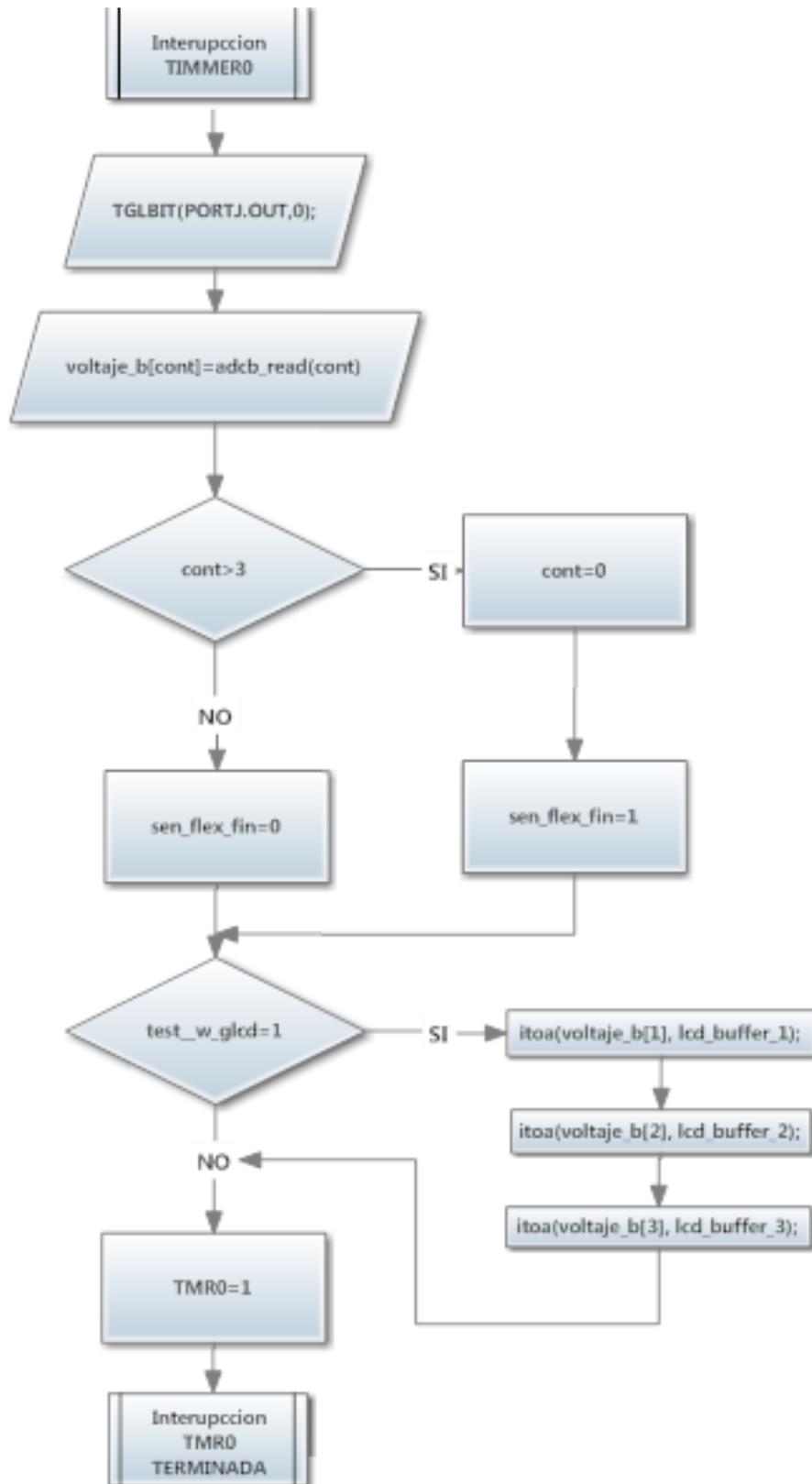


Fig. 3.17 *Flujograma de adquisición de la señal del acelerómetro MMA7361 con el microcontrolador XMEGA128A1.*

Fuente; Autores.

3.3 INSTALACIÓN DE LA BRUJULA GY-26

De acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante se tomo los datos de referencia de los cuatro puntos cardinales Norte, Sur, Este y Oeste²⁴ como indica en la Fig. 3.18-3.21 comparando este con un instrumento de medida de dirección; respecto al Norte Magnético.

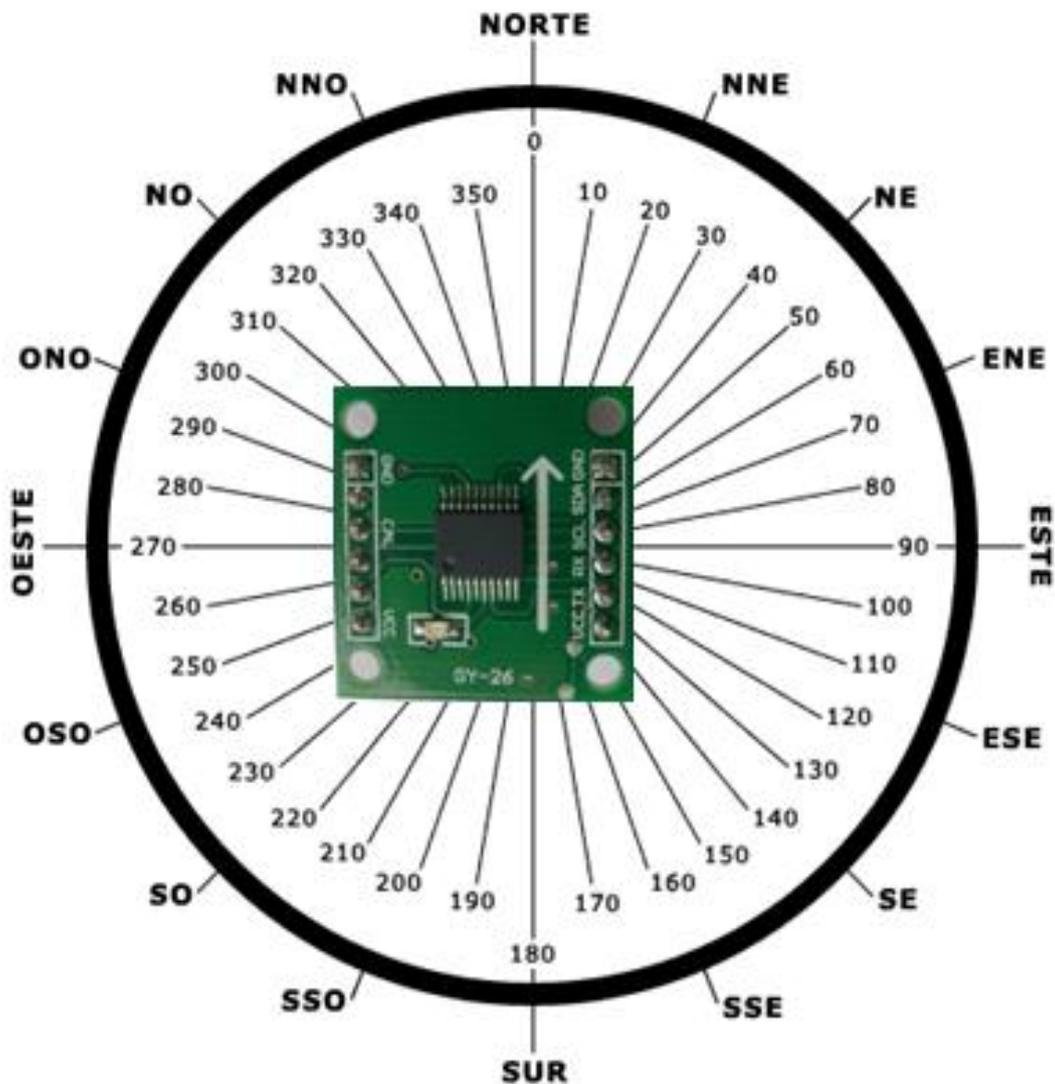


Fig. 3.18- Orientación Norte²⁵

Fuente: Autores.

²⁴ Ver Anexo N.

²⁵ Los datos Obtenidos en el Hiperterminal se encuentran en el Anexo J

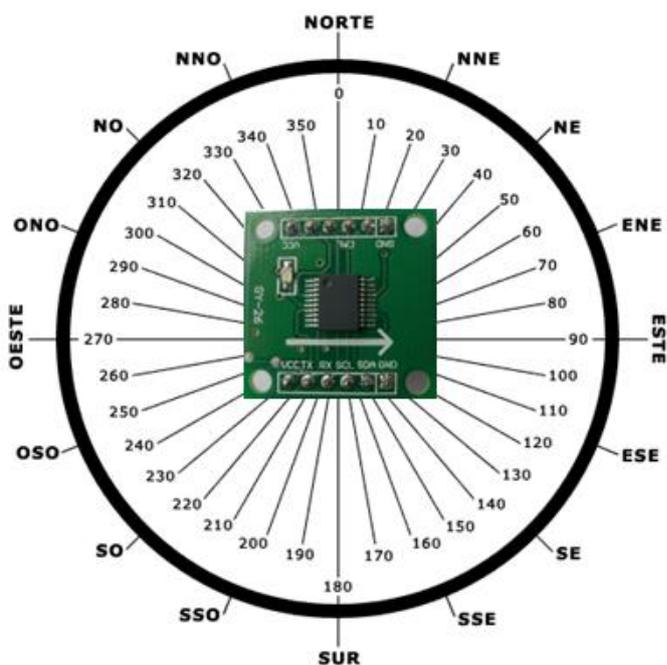


Fig. 3.19- Orientación Este²⁶

Fuente: Autores.

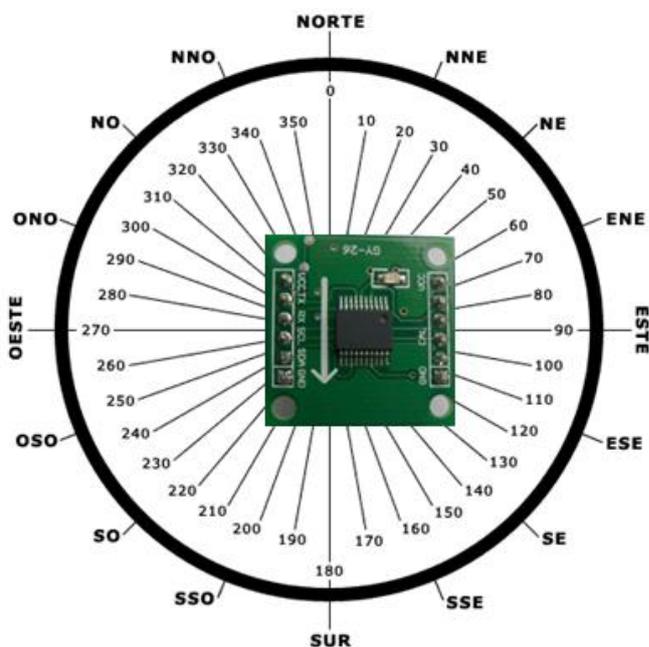


Fig. 3.20- Orientación Sur²⁷

Fuente: Autores.

²⁶ Los datos Obtenidos en el Hiperterminal se encuentran en el Anexo K

²⁷ Los datos Obtenidos en el Hiperterminal se encuentran en el Anexo L

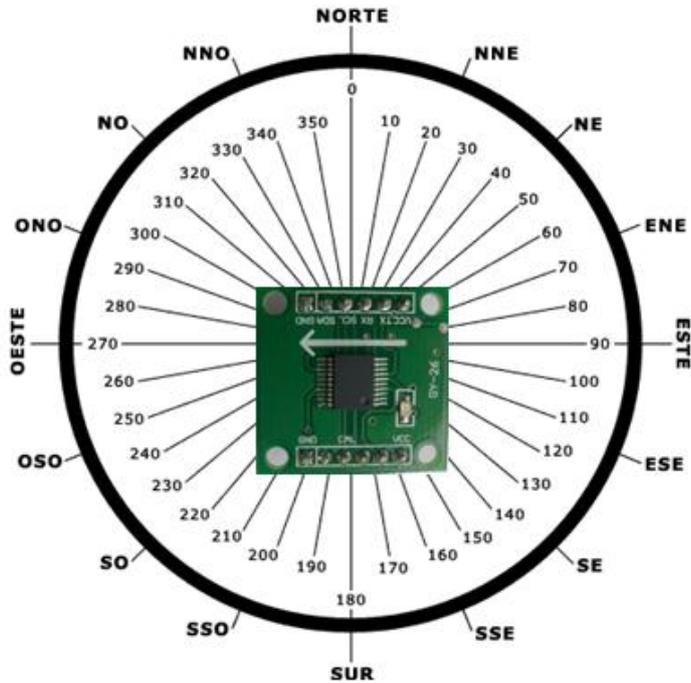


Fig. 3.21- Orientación Oeste²⁸.

Fuente: Autores.

Luego de esto se determinó una calibración óptima para el dispositivo que es una forma cónica a 75 grados de la horizontal como indica la Fig. 3.22.

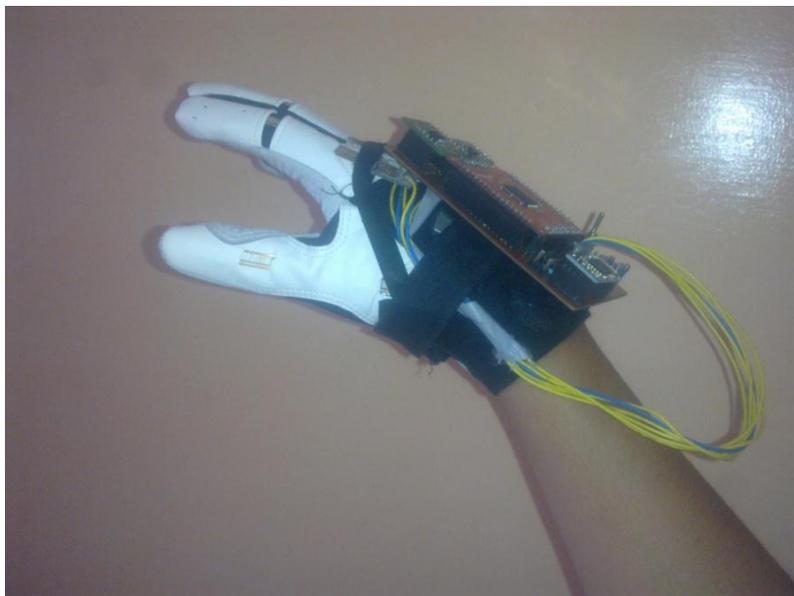


Fig. 3.22-Calibración de la Brújula GY-26.

Fuente: Autores.

²⁸ Los datos Obtenidos en el Hiperterminal se encuentran en el Anexo M

3.3.1 FLUJUGRAMA DEL PROGRAMA DE LA BRUJULA GY-26 Y EL MICOCONTROLADOR XMEGA128A1.

En base a los datos obtenidos en los Anexos I, se determinó la programación del microcontrolador, para la adquisición de la señal de dirección del dispositivo con el flujograma que se indica en la Fig. 3.23, Fig. 3.24 y Fig. 3.25.

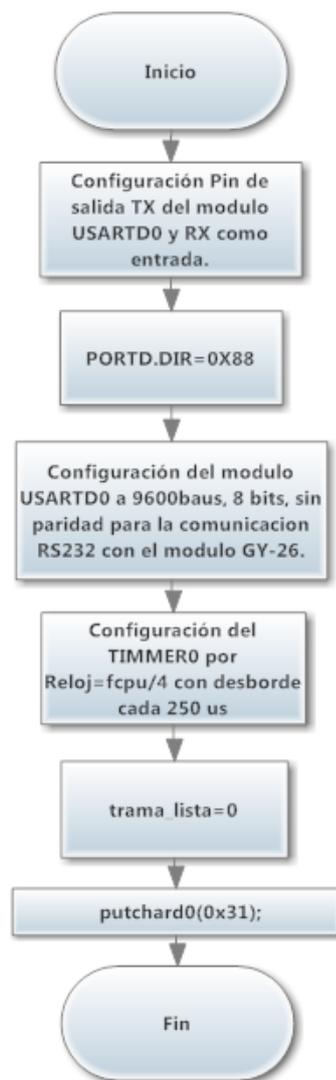


Fig. 3.23. Flujograma de configuración del puerto USARTD0 para la adquisición de la señal de la Brújula GY-26 con el microcontrolador XMEGA128A1.

Fuente: Autores.

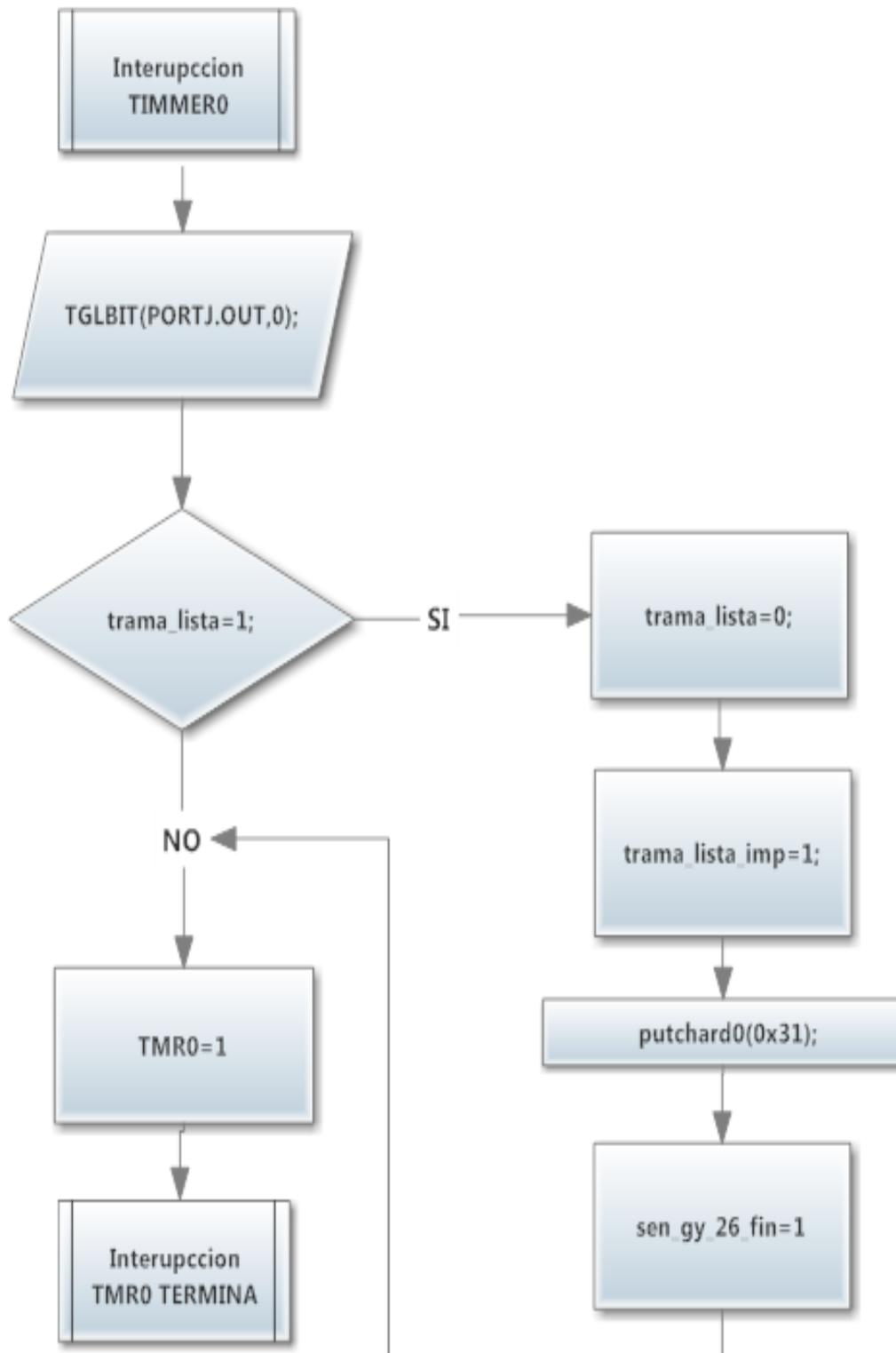


Fig. 3.24 *Flujograma de petición de datos a la Brújula GY-26 con el microcontrolador XMEGA128A1 por el puerto USARTD0.*

Fuente: Autores.

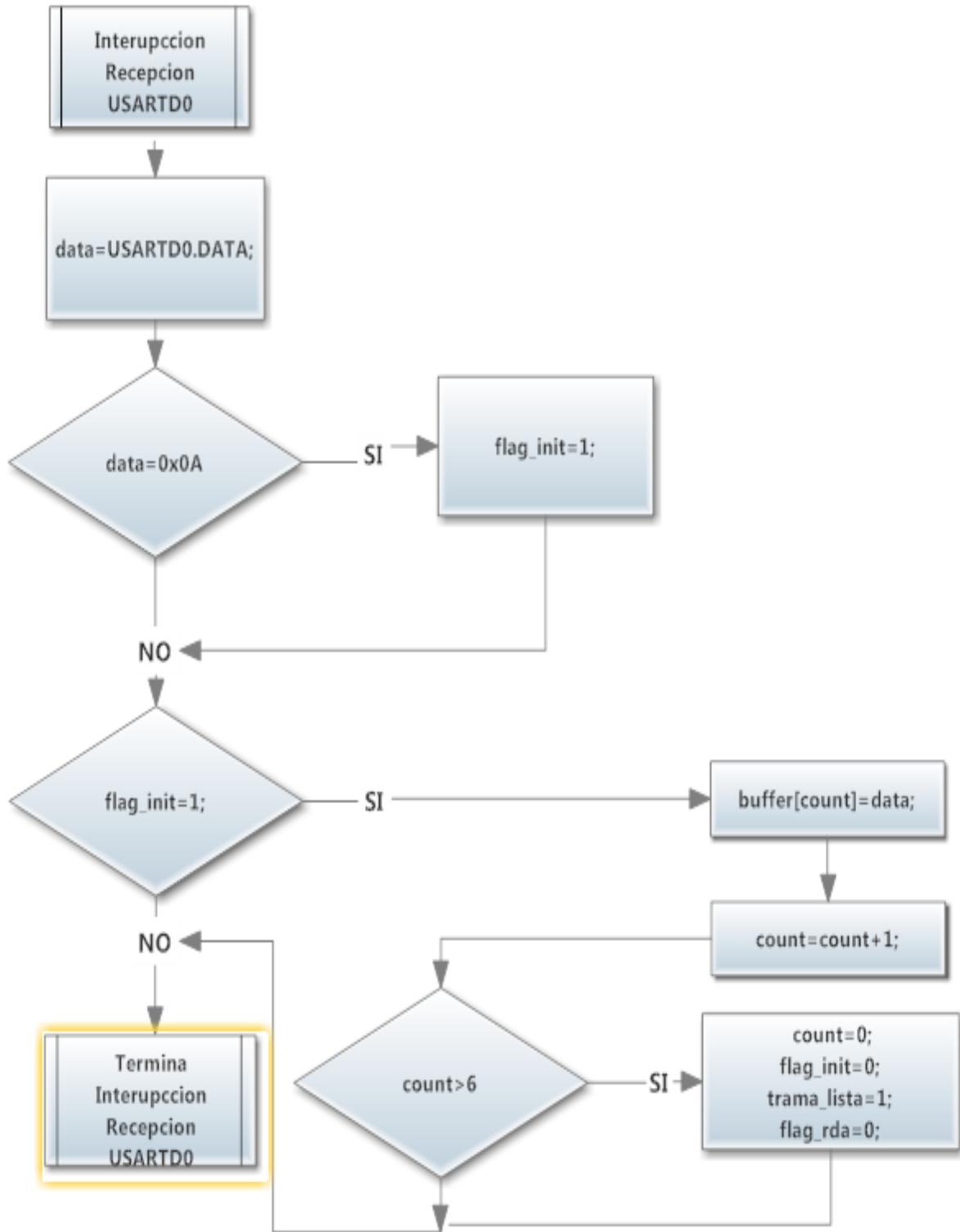


Fig. 3.25 – Flujograma de recepción de datos de la Brújula GY-26 con el microcontrolador XMEGA128A1 (Continuación).

Fuente: Autores.

3.4 CODIFICACIÓN DE LAS SENSORES Y TRAMA DE DATOS.

Los Umbrales establecidos para la lectura de los sensores de flexión y los ejes del acelerómetro se encuentran detallados en las Tablas 3.3 y 3.4 Como variables de 16 bit (int) y de 8 bit (char)²⁹.

Tabla 3.3. Variables globales de los umbrales de los sensores de flexión.

INDICE
const int umb_i_1=290;
const int umb_i_2=440;
MEDIO
const int umb_m_1=230;
const int umb_m_2=315;
ANULAR
const int umb_a_1=255;
const int umb_a_2=507;
MENIQUE
const int umb_me_1=300;
const int umb_me_2=544;
PULGAR
const char umb_p_1=70;
const char umb_p_2=90;

Fuente: Autores.

²⁹ Las variables son tomadas de los tipos de Datos de CodeVisionAVR 2.6 especificados en el Anexo G.

Tabla 3.4 Umbrales de los valores de inclinación de los ejes X, Y, Z del acelerómetro.

EJE X
const int umb_x_1=198
const int umb_x_2=226;
EJE Y
const int umb_y_1=203;
const int umb_y_2=227;
EJE Z
const int umb_z_1=194;
const int umb_z_2=225;

Fuente: Autores.

Los datos de la brújula son entregados en código ASCII³⁰ y decodificados en la variable entera de 8 bits “buffer” y posteriormente comparados con el valor de referencia inicializado cambiar el estado del switch SW1.

Para los demás sensores se unifica la trama de datos de la Tabla 3.1 y 3.2 quedando el orden de los bits como indica la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Trama de datos de codificación de los sensores de flexión e inclinación.

Variable	Eje X		Eje Y		Eje Z		Índice		Medio		Anular		Menique		Pulgar	
# de Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
int codificado ³¹	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fuente: Autores.

En la Tabla 3.6 se encuentran los valores correspondientes a la codificación de los 5 sensores de flexión y el acelerómetro MMA7361 utilizados en el programa del microcontrolador.

³⁰ Código ASCII ver Anexo H.

³¹ Variable utilizada en el Programa del microcontrolador XMega128A1.

Tabla 3.6 Valores cargados correspondientes en el dispositivo de las letras del Abecedario.³²

Tipo de variable	Nombre de la Variable	Numero decimal
const long	A	27645
const long	B	26967
const long	C	44714
const long	D	27050
const long	E	27647
const long	F	27478
const long	G	39421
const long	H	39293
const long	I	27639
const long	J	39927
const long	K	44477
const long	L	28157
const long	M	44719
const long	N	44735
const long	Ñ	44735
const long	O	45054
const long	P	27070
const long	Q	44797
const long	R	27006
const long	S	28671
const long	T	27646
const long	U	27007
const long	V	27007
const long	W	26975
const long	X	39678
const long	Y	39925
const long	Z	44542

Fuente: Autores.

Los valores de la Tabla 3.6 son comparados con la variable codificado para su posterior decodificación en la letra correspondiente y enviados por comunicación serial al modulo bluetooth.

Terminada la operación el dispositivo verifica si existe conexión con el teléfono androide vía bluetooth, para el envió respectivo de la letra

³² La codificación en binario de cada sensor se encuentra en el Anexo I.

correspondiente, caso contrario el dispositivo no enviara ningún dato vía bluetooth.

En la aplicación del teléfono androide se realiza la recepción del caracter y realizara la lectura correspondiente y reproducción del sonido de la letra.

3.4.1 FLUJOGRAMA DEL PROGRAMA PRINCIPAL



Fig. 3.26 Flujoograma del programa principal configuración del XMEGA128A1

Fuente: Autores

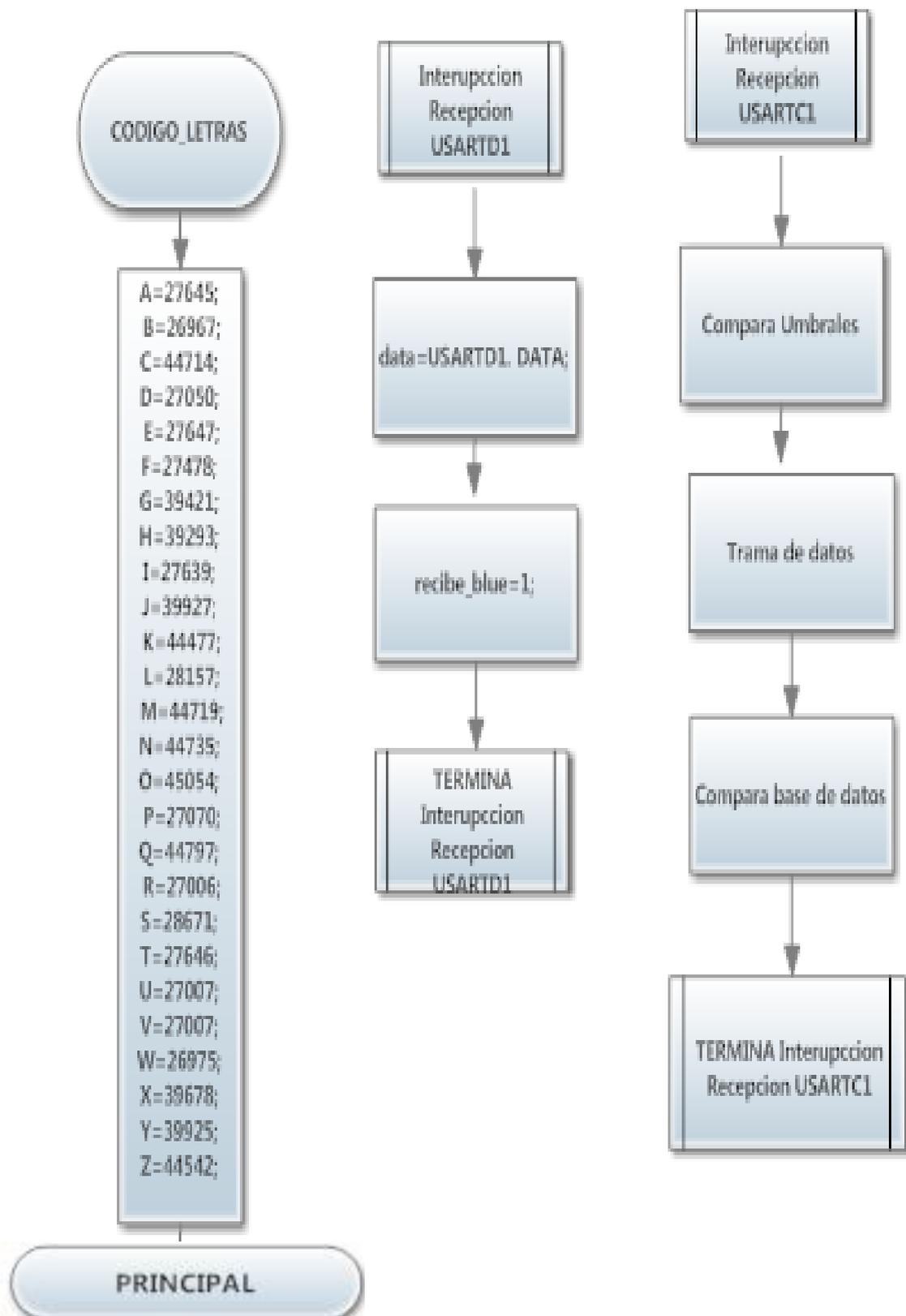


Fig. 3.27 Flujo de Interrupciones y subrutinas del XMEGA128A1

Fuente: Autores

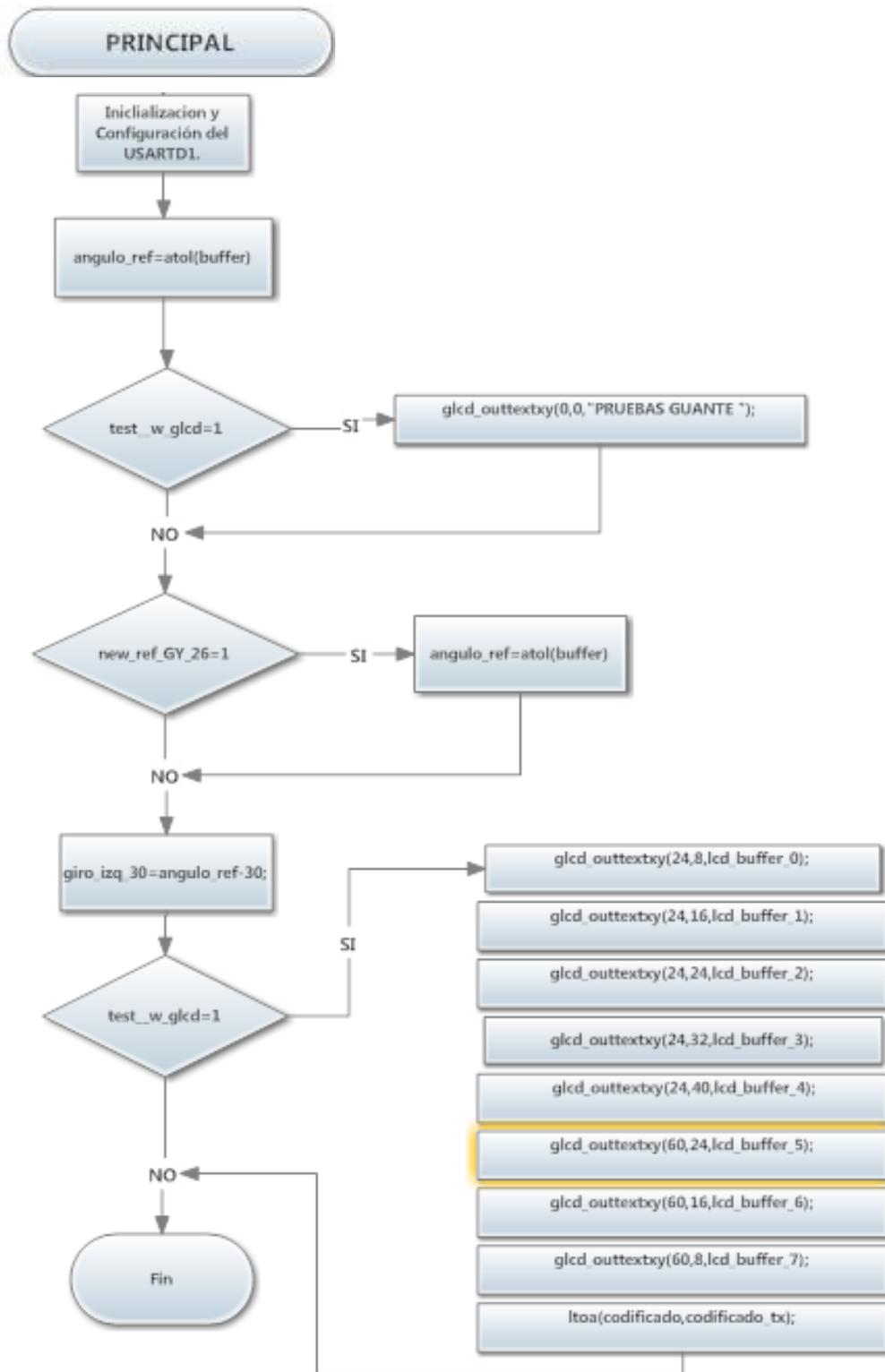


Fig. 3.28 - Flujograma del programa principal (continuación) del XMega128A1

Fuente: Autores

CAPITULO 4

INTERFAZ EN UN TELEFONO ANDROIDE SAMSUNG

4.1 ELABORACION DEL CODIGO DE PROGRAMA PARA LA INTERFAZ EN APPINVENTOR

4.1.1 PROGRAMA DE LA APLICACIÓN PARA EL TELEFONO ANDORIDE EN APP INVENTOR

Como se había indicado en el primer capítulo la aplicación constara de dos partes. En la parte del explorador (Fig. 4.1) es donde se coloca: un nombre a la aplicación, un fondo de pantalla, color de fondo y otros aspectos que permitan tener una buena apariencia visual. Una vez que se ha logrado esto se añaden elementos de interacción como se indica en la Fig.4.1 así tenemos:

- Botones (a)
- Etiquetas y organizadores de pantalla (b) usados como espaciadores.

En el caso de esta aplicación se añaden dos botones, dentro de los componentes visibles. Y, dentro de los no visibles tenemos:

- Componente de cliente Bluetooth (c)
- Convertidor de texto a voz (d)
- Un notificador (e)
- Temporizador (f)
- Un reproductor de archivos de sonido (g)

En la segunda parte el App inventor está la programación de la aplicación como tal. Es aquí donde se tiene la capacidad de controlar los bloques usados, y la manera en que podrán interactuar con los demás bloques. A continuación se presenta la organización de bloques del programa principal en la Fig. 4.2

Seguida de esta se tiene la subrutina generada por el desbordamiento del Timer (Fig. 4.3) llamado Clock1 en donde reconoce el tipo de caracter que ingresa para reproducir el sonido que corresponda.

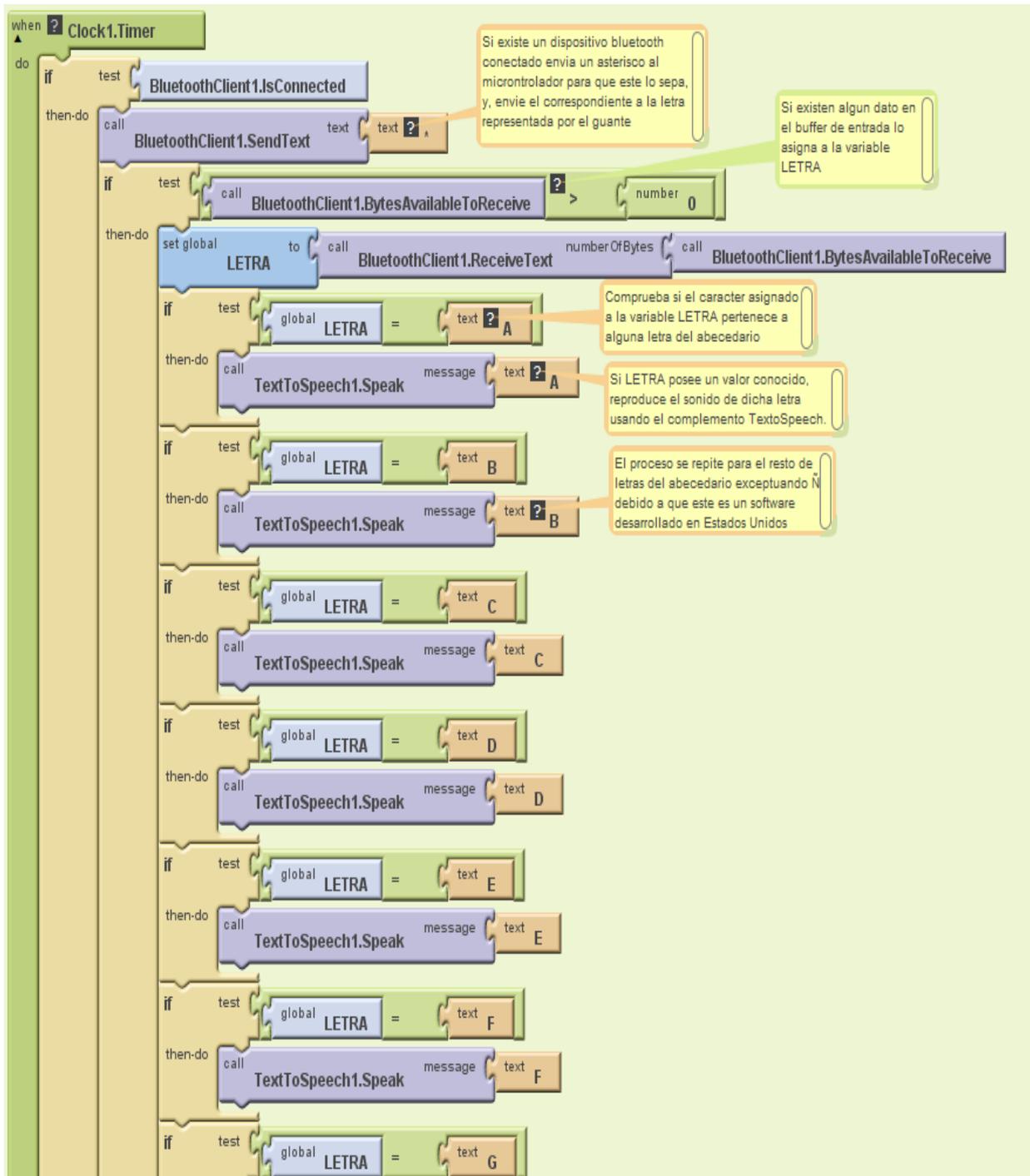


Fig. 4.3- App inventor - Timmer

Fuente: Autores.

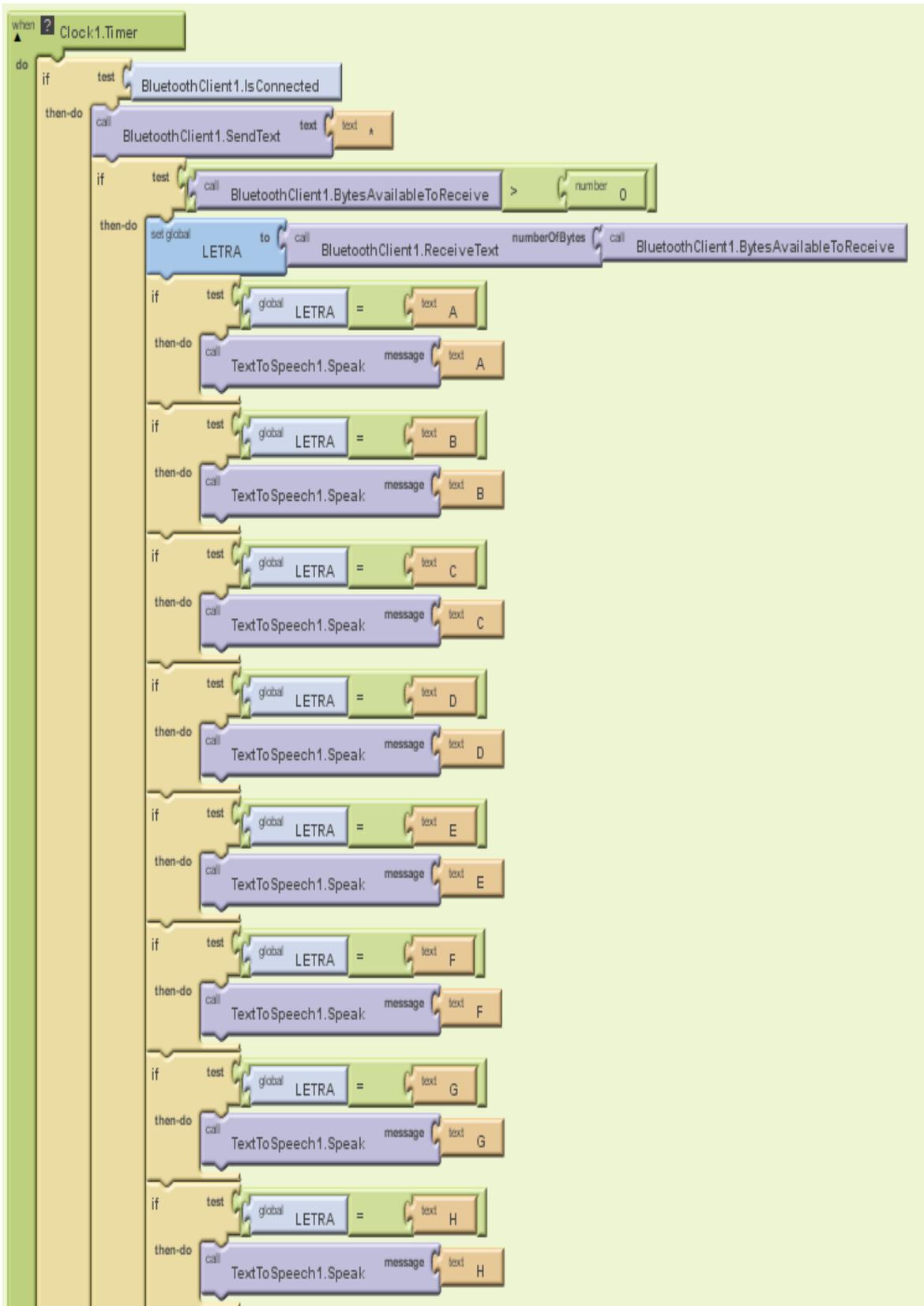


Fig. 4.5 App Final parte II

Fuente: Autores.

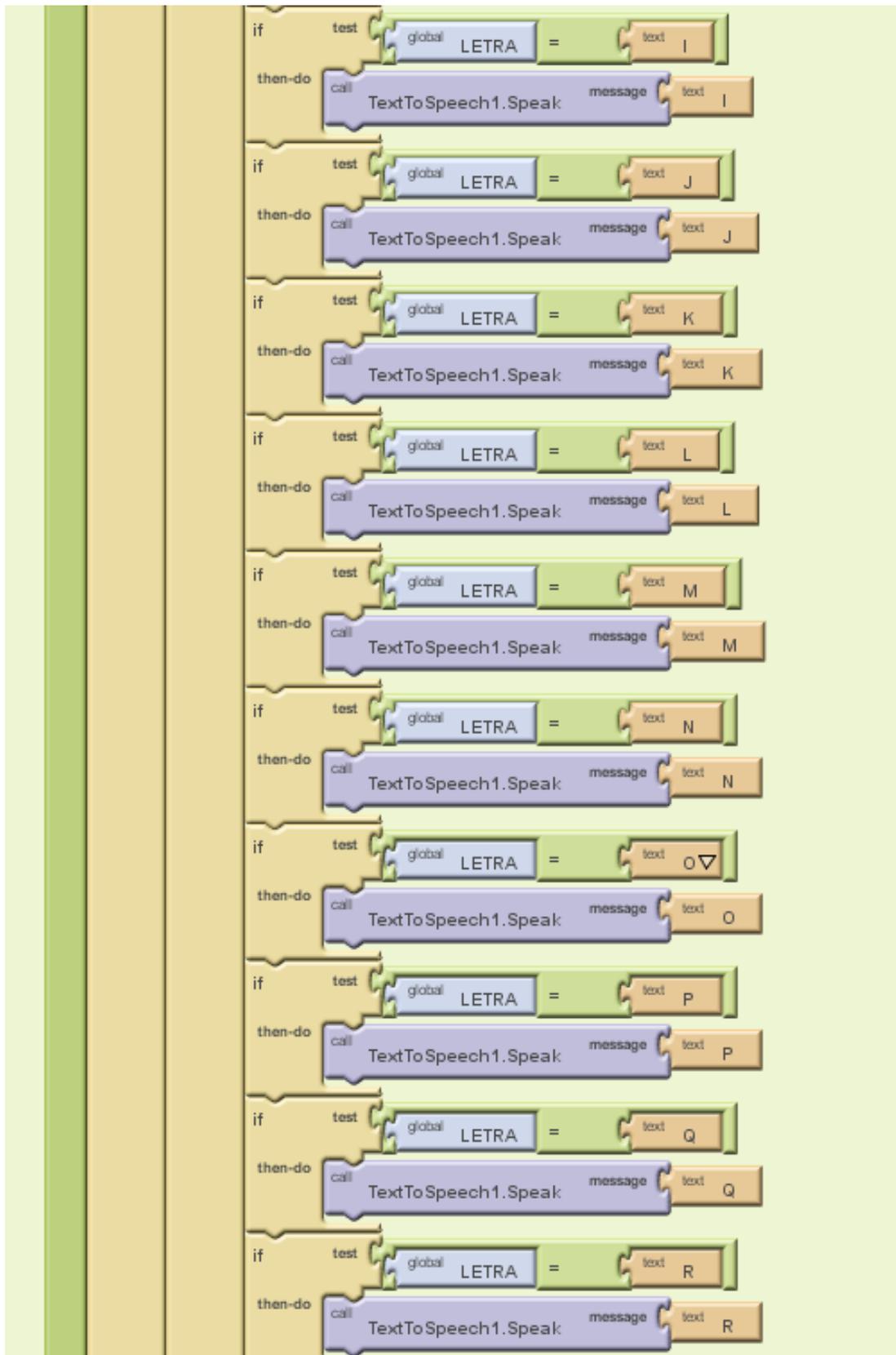


Fig. 4.6- App Final parte III

Fuente: Autores.

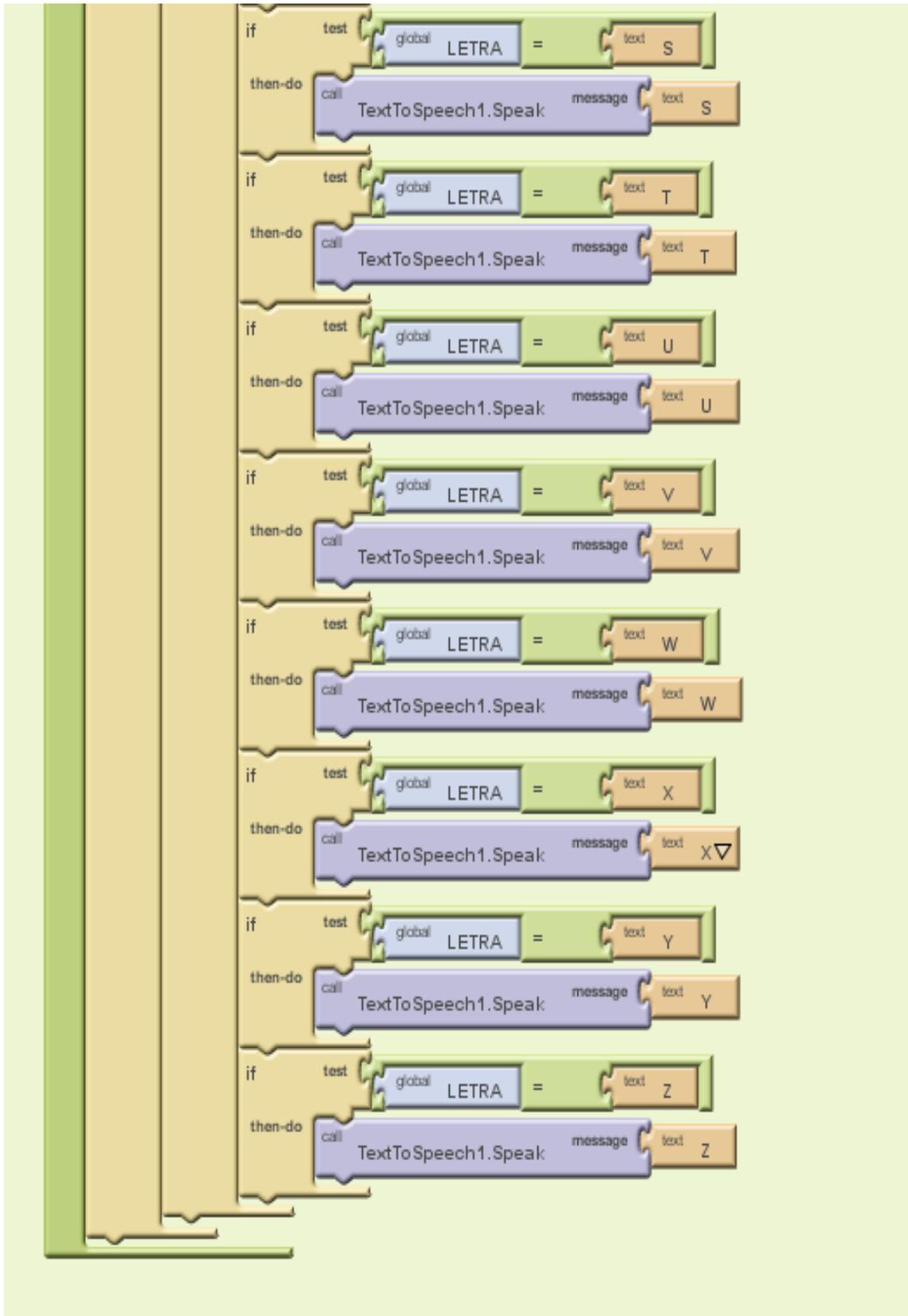


Fig. 4.7- App Final parte IV

Fuente: Autores.

CAPITULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

Las Pruebas se realizaron en la Unidad Educativa de Sordos del Gobierno Provincial de Imbabura, ubicada en la ciudad de Ibarra donde se realizó las pruebas de funcionamiento del dispositivo. Estas se aplicaron a personas sordas de ambos sexos, pertenecientes al curso de preparatoria. Para obtener resultados reales se efectuaron dos tipos de pruebas: calibración de umbrales y repetitividad.

5.1.1 PRUEBA DE CALIBRACIÓN DE UMBRALES

Esta prueba tuvo como finalidad de verificar los datos teóricos que se asignaron a los umbrales de discriminación, para cada variable. Esta prueba fue aplicada solamente a una persona de cada sexo.

5.1.1.1 *Materiales*

En esta prueba se empleó el dispositivo traductor para captar que los usuarios realicen los movimientos de las letras del abecedario, y por consiguiente determinar las partes electrónicas que recepte estos datos. Adicional a esta, se empleó una pantalla GLCD para poder visualizar los valores obtenidos en cada posición que tomaban los sensores.

5.1.1.2 *Método*

Para realizar esta prueba se pidió al usuario que se coloque el guante, y que realice la señal correspondiente a cada letra del abecedario una sola vez, el cual deberá mantenerla hasta tomar la muestra, en este caso el valor de la conversión ADC de cada sensor de flexión, ejes del acelerómetro; y el ángulo de dirección de la brújula. Los resultados obtenidos fueron los que se muestra en las Tablas 5.1 y 5.2.

Tabla 5.1 Toma de datos Nro.1.³³

LUGAR DONDE SE REALIZA LA PRUEBA: UNIDAD EDUCATIVA DE SORDOS			
NOMBRE DE LA PERSONA A QUIEN SE REALIZA LA PRUEBA: MARIA FERNANDA MEDIAVILLA			
EDAD:	17	SEXO	F Nro. 1
COMENTARIO: DESVIACION DEL UMBRAL DEL DEDO MENIQUE DEMASIADO ALTO			FECHA: 4/04/2013

PRUEBAS SESORES DE FLEXION, EJES X, Y y Z Y ANGULO DE DIRECCION									
LETRA	INDICE	MEDIO	ANULAR	MENIQUE	PULGAR	INCL X	INCL Y	INCL Z	DIR
A	954	428	740	838	59	196	216	127	232
B	379	190	193	212	110	195	218	217	235
C	634	300	433	274	74	199	213	220	210
D	374	365	613	545	102	196	213	219	193
E	936	386	649	730	114	198	217	220	222
F	874	200	176	203	86	195	217	218	214
G	437	427	770	802	80	208	196	203	170
H	376	194	670	609	119	217	195	200	188
I	920	434	684	246	111	196	217	216	228
J	604	380	609	249	104	202	190	208	160
K	365	200	588	577	70	194	211	208	137
L	351	404	745	753	55	197	208	215	241
M	650	282	446	881	134	206	210	229	251
N	586	282	560	844	101	207	209	227	251
Ñ	586	282	560	844	101	207	209	227	251
O	946	398	626	646	112	199	211	223	199
P	370	222	565	644	82	239	216	218	248
Q	440	378	671	735	62	240	216	217	249
R	437	206	667	707	106	192	217	213	236
S	924	435	736	786	102	192	217	213	220
T	733	195	170	202	107	192	215	216	209
U	351	194	724	575	103	195	216	214	234
V	384	194	735	581	106	193	215	214	238
W	383	193	192	688	102	193	215	217	233
X	747	444	700	688	114	192	212	217	197
Y	744	309	502	224	56	191	215	209	245
Z	310	333	557	485	99	209	201	222	266

Fuente: Autores.

³³ Revisar Anexo O.

Tabla 5.2 Toma de datos Nro.2

LUGAR DONDE SE REALIZA LA PRUEBA: UNIDAD EDUCATIVA DE SORDOS			
NOMBRE DE LA PERSONA A QUIEN SE REALIZA LA PRUEBA: HUMBERTO ULCUANGO			
EDAD:	19	SEXO	F Nro. 2
COMENTARIO: La posición de la letra X requiere movimiento "3" y se diferencia con la letra G pues tiene la posición "1"			FECHA: 04/04/2013

PRUEBAS SESORES DE FLEXION, EJES X,Y y Z Y ANGULO DE DIRECCION									
LETRA	INDICE	MEDIO	ANULAR	MENIQUE	PULGAR	INCL X	INCL Y	INCL Z	DIR
A	955	428	740	740	67	191	213	215	244
B	378	190	193	193	95	192	212	217	240
C	630	300	433	433	81	191	218	214	227
D	170	365	613	613	104	192	209	211	232
E	920	386	649	649	109	192	217	214	235
F	860	200	176	176	88	192	220	215	210
G	420	427	770	770	80	226	197	201	193
H	376	194	670	670	101	208	196	201	222
I	920	434	684	684	102	192	220	215	214
J	604	380	609	609	99	196	214	219	170
K	365	200	588	588	75	190	215	209	188
L	351	404	745	745	55	191	218	212	228
M	650	282	446	446	119	191	222	212	160
N	586	282	560	560	102	191	229	210	137
Ñ	586	282	560	560	102	191	229	210	137
O	946	398	626	626	96	191	225	213	241
P	370	222	565	565	88	225	201	221	251
Q	440	378	671	671	71	236	209	218	251
R	437	206	667	667	90	196	220	208	199
S	924	435	736	736	106	192	217	209	248
T	789	195	170	170	94	191	217	216	249
U	381	194	724	724	96	192	218	217	236
V	360	194	735	735	96	192	218	212	220
W	398	193	192	192	95	191	219	215	209
X	746	444	700	700	105	198	206	210	234
Y	739	309	502	502	56	191	217	207	238
Z	311	333	557	557	99	199	202	215	233

Fuente: Autores.

Luego de obtener los resultados se realizó los ajustes en los umbrales de la Tabla 3.4. quedando los umbrales detallados en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Umbrales de los sensores de flexión y ejes del acelerómetro.

INDICE
constint umb_i_1=760;
constint umb_i_2=890;
MEDIO
constint umb_m_1=220;
constint umb_m_2=325;
ANULAR
constint umb_a_1=255;
constint umb_a_2=510;
MENIQUE
constint umb_me_1=300;
constint umb_me_2=455;
PULGAR
constchar umb_p_1=85;
constchar umb_p_2=105;
ACELEROMETRO MMA7361
EJE X
constint umb_x_1=198;
constint umb_x_2=226;
EJE Y
constint umb_y_1=203;
constint umb_y_2=227;
EJE Z
constint umb_z_1=194;
constint umb_z_2=225;

Fuente: Autores.

Para elevar la confiabilidad del equipo en las letras U,V, K, P, M,N y T se implemento pequeñas placas de cobre dispuestas en los dedos como indica la Fig. 5.4.

Además que para la letra Z, S y Ñ se implemento subrutinas en las líneas de programa para la detección de movimientos bruscos y patrones precargados, para que el dispositivo interprete dichas letras.

5.1.2 VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS

Considerando las nuevas modificaciones en los umbrales se procedió a realizar pruebas de repetitividad.

5.1.2.1 *Materiales*

Para esta prueba se usó básicamente el dispositivo en configuración final, ya que se precisaba saber cómo reaccionaría éste después de las calibraciones efectuadas. Al tener el dispositivo completo se pudo involucrar a las dos partes que intervendrán en una situación real, es decir una persona sorda y una persona que podía oír.

5.1.2.2 *Método*

Esta prueba sirve para determinar la efectividad del dispositivo, sometido a uso continuo; para esto a cada usuario se le pidió realizar el símbolo de cada letra 10 veces de manera consecutiva, y a una velocidad similar a la que lo harían en una conversación. Al finalizar la prueba se obtuvo 270 muestras, de las cuales se obtuvo un porcentaje de confiabilidad basado en los aciertos y fracasos del dispositivo en cada usuario. Las pruebas realizadas se indican en las Tablas 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7.

Tabla 5.4 Prueba de Funcionamiento Nro 1.

LUGAR DONDE SE REALIZA LA PRUEBA: UNIDAD EDUCATIVA DE SORDOS				
NOMBRE DE LA PERSONA A QUIEN SE REALIZA LA PRUEBA: AMPARO SANCHEZ				
EDAD:	19	SEXO	F	FECHA: 17/04/2013

LETRA	INTENTOS										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
J	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
K	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	7
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
M	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	8
N	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	6
Ñ	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	4
O	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	6
P	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
Q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
R	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8
S	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	8
T	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
U	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8
V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
X	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Z	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	6
TOTAL											236
CONFIABILIDAD	89,231 %										

Fuente: Autores.

Tabla 5.5 Prueba de Funcionamiento Nro 2.

LUGAR DONDE SE REALIZA LA PRUEBA: UNIDAD EDUCATIVA DE SORDOS			
NOMBRE DE LA PERSONA A QUIEN SE REALIZA LA PRUEBA: PAOLA JIMENEZ			
EDAD:	19	SEXO	F
			FECHA: 17/04/2013

LETRA	INTENTOS										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
C	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
F	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
K	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	6
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
N	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	7
Ñ	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	4
O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
P	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
Q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
R	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
T	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9
U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
V	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Z	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	6
TOTAL											240
CONFIABILIDAD	92,308 %										

Fuente: Autores.

Tabla 5.6 Prueba de Funcionamiento Nro 3.

LUGAR DONDE SE REALIZA LA PRUEBA:			
UNIDAD EDUCATIVA DE SORDOS			
NOMBRE DE LA PERSONA A QUIEN SE REALIZA LA PRUEBA:			
MARIA FERNANDA MEDIAVILLA			
EDAD:	19	SEXO	F
			FECHA: 15/04/2013

LETRA	INTENTOS										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
C	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
J	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
K	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	7
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
M	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9
N	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	8
Ñ	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	4
O	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	6
P	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
Q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
R	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8
S	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	6
T	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
U	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	7
V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
X	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9
Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Z	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	6
TOTAL											232
CONFIABILIDAD	89,231 %										

Fuente: Autores.

Tabla 5.7. Prueba de Funcionamiento Nro 4.

LUGAR DONDE SE REALIZA LA PRUEBA: UNIDAD EDUCATIVA DE SORDOS			
NOMBRE DE LA PERSONA A QUIEN SE REALIZA LA PRUEBA: ERICK PONCE			
EDAD:	17	SEXO	M
		FECHA:	12/04/2013

LETRA	INTENTOS										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
C	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
J	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
K	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	7
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
M	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9
N	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	8
Ñ	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	4
O	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	6
P	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
Q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
R	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8
S	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	6
T	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
U	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8
V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
X	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9
Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Z	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	7
TOTAL											234
CONFIABILIDAD	90 %										

Fuente: Autores.

Al tomar en cuenta los resultados de todos los usuarios, se determino que la confiabilidad del dispositivo del 91.19%.

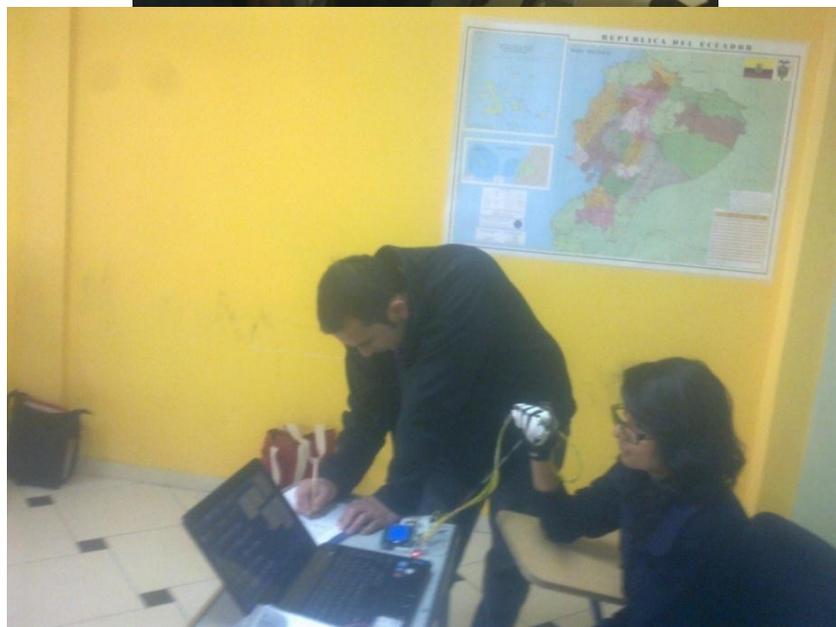
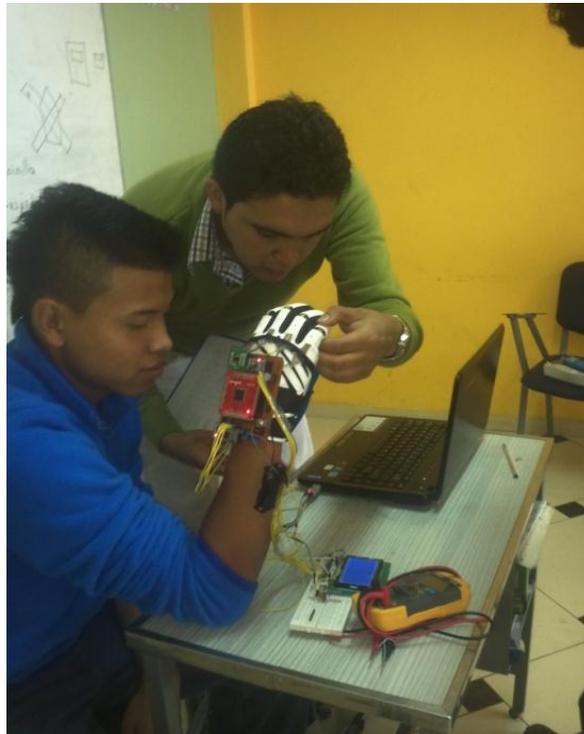


Fig. 5.1 Pruebas de Funcionamiento.

Fuente: Autores.

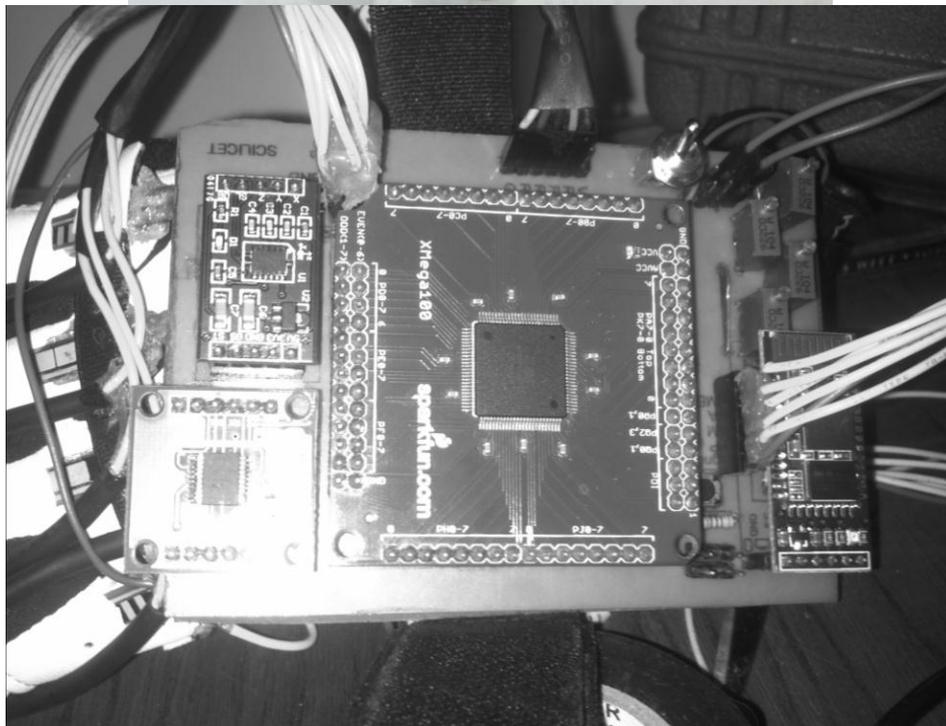


Fig. 5.2 Diseño final del dispositivo.

Fuente Autores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusiones del Trabajo podemos mencionar lo siguiente:

- Luego de realizadas las pruebas con personas sordas, las impresiones de los usuarios fueron de una gran expectativa, pues esta herramienta de ser comercializada será de gran ayuda, al momento de comunicarse con otra que no conoce el lenguaje de señas.
- La calibración y pruebas del dispositivo se realizo con personas sordas, estudiantes de preparatoria de la Unidad de Sordos del GPI de entre 17-22 años, ya que estas dominan perfectamente el lenguaje de señas, y en las pruebas realizadas se obtuvo una confiabilidad del dispositivo del 91.19%.
- Para la interpretación de las letras Z, S y Ñ se utilizo las señales del acelerómetro y la brújula, en intervalos de tiempo de 200ms, ya que se señas muy similares como la O, E, X, M y N, pueden ser detectadas y reproducidas; detectando de esta manera cambios bruscos de movimientos y poder comparar con la base de datos precargada en el microcontrolador, asegurando una mayor confiabilidad en el dispositivo. Asimismo la reproducción de la letra Ñ, al no encontrarse en los bloques del AppInventor se opto por reproducir las siglas "ENIE", obteniéndose un sonido muy parecido al de dicha letra
- El desarrollo de plataformas para implementar aplicaciones bajo software libre, como AppInventor, acorto el tiempo de desarrollo de la aplicación para el teléfono androide y su interfaz vía bluetooth con el mismo.

- El dispositivo cuenta con todos los requerimientos para la traducción del abecedario desde la A hasta la letra Z, incluyendo la letra Ñ, además que la acogida con: estudiantes, docentes y autoridades de la Unidad Educativa de Sordos del Gobierno Provincial de Imbabura, fue muy optimista y de mucha expectativa pues resultaría una herramienta muy útil en la unidad.

Luego de concluir con el trabajo se realiza las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que la persona que use el guante tenga una buena movilidad en los dedos, además que no exceda la talla M ya que se puede ocasionar daños irreversible en los sensores del dispositivo sobretodo en los sensores de flexión.
- Si al momento de conectar el dispositivo y enlazar vía bluetooth se encuentran errores que no se consideran en el manual de usuario comunicarse con los autores del proyecto.
- Para la realización de este proyecto utilizar la licencia original del compilador CodeVisionAVR V2.6 por motivos de compresión de código y derechos de autor.
- La aplicación móvil se encuentra desarrollada bajo software libre permitiendo ser compartida en la página de MIT-Appinventor, para que de esta manera otros usuarios puedan mejorar o desarrollar nuevas aplicaciones en el campo en el cual se desarrollo este proyecto.
- Se debe revisar que las baterías se encuentren en buen estado, frecuentemente, y además que los cables de los sensores no se encuentren mutilados.
- Evitar las exposiciones al polvo y sol.
- Bajo ninguna circunstancia permitir que el dispositivo entre en contacto con el agua, o humedad.

- Realizar el cambio de letras con la mayor fluidez posible ya que de lo contrario el guante entenderá que debe traducir alguna otra coincidencia.
- Para el caso de las letras M, N, Ñ, U, V, F, K y P realizar el mayor contacto posible con las placas de cobre en los dedos, para no tener confusiones.
- Para futuras investigaciones se debe tomar en consideración que letras como la S, Z y Ñ pueden ser mejoradas y continuar el desarrollo con las dos manos, y poder de esta manera realizar expresiones.
- En futuras investigaciones sería conveniente la implementación de redes neuronales para lograr así que el dispositivo intérprete de mejor manera el comportamiento del usuario; además los movimientos del codo y antebrazo.

ANEXOS

ANEXO A. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO INDICE

Tipo de Sensor	Sensor de Flexión FS-L-0095-103-ST	
Longitud del sensor:	4.5"[112.24mm]	
Ubicación en el guante:	Dedo Índice	
Vcc[V]	3,3	
Vref(-)[V]=	0	

#	Flexión [°]	Resistencia Sensor (R[kΩ])	Resistencia Sensor dedo Índice (RI[kΩ])	Resistencia Fija Rf[kΩ] (+/- 1%)	Caída de Voltaje Sensorflex $V=R/(R+Rf)*V_{cc}$ [V]	Caída de Voltaje Real Sensorflex Vin [V]	Error %
1	0	10	13,775	100	0,3	0,4	33,33
2	5	11,36	14,555	100	0,3366	0,419	24,48
3	8	12,72	15,335	100	0,3724	0,439	17,88
4	13	14,08	16,115	100	0,4073	0,458	12,45
5	17	15,44	16,895	100	0,4414	0,477	8,07
6	21	16,8	17,675	100	0,4747	0,496	4,49
7	25	18,16	18,455	100	0,5072	0,514	1,34
8	30	19,52	19,235	100	0,539	0,532	1,3
9	34	20,88	20,015	100	0,57	0,55	3,51
10	38	22,24	20,795	100	0,6004	0,568	5,4
11	42	23,6	21,575	100	0,6301	0,586	7
12	46	24,96	22,355	100	0,6592	0,603	8,53
13	51	26,32	23,135	100	0,6876	0,62	9,83
14	55	27,68	23,915	100	0,7154	0,637	10,96
15	59	29,04	24,695	100	0,7427	0,654	11,94
16	64	30,4	25,475	100	0,7693	0,67	12,91
17	68	31,76	26,255	100	0,7954	0,686	13,75
18	72	33,12	27,035	100	0,821	0,702	14,49
19	76	34,48	27,815	100	0,8461	0,718	15,14
20	81	35,84	28,595	100	0,8707	0,734	15,7
21	82	37,2	29,375	100	0,8948	0,749	16,29
22	90	38,56	30,89	100	0,9184	0,779	15,18

Fuente: Autores

ANEXO B. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO MEDIO

Tipo de Sensor	Sensor de Flexión FS-L-0095-103-ST	
Longitud del sensor:	4.5"[112.24mm]	
Ubicación en el guante:	Dedo Medio	
Vcc	3,3	
Vref(-)=gnd	0	

#	Flexión [°]	Resistencia Sensor (R[kΩ])	Resistencia Sensor dedo Medio (Rm[kΩ])	Resistencia Fija Rf[kΩ] (+/- 1%)	Caída de Voltaje Sensorflex $V=R/(R+Rf)*V_{cc}$ [V]	Caída de Voltaje Real Sensorflex Vin [V]	Error %
1	0	10	10,8	100	0,3	0,3217	7,23
2	5	11,36	11,11	100	0,3366	0,33	1,96
3	8	12,72	11,42	100	0,3724	0,3382	9,18
4	13	14,08	11,73	100	0,4073	0,3465	14,93
5	17	15,44	12,04	100	0,4414	0,3546	19,66
6	21	16,8	12,35	100	0,4747	0,3628	23,57
7	25	18,16	12,66	100	0,5072	0,3708	26,89
8	30	19,52	12,97	100	0,539	0,3789	29,7
9	34	20,88	13,28	100	0,57	0,3869	32,12
10	38	22,24	13,59	100	0,6004	0,3948	34,24
11	42	23,6	13,9	100	0,6301	0,4027	36,09
12	46	24,96	14,21	100	0,6592	0,4106	37,71
13	51	26,32	14,52	100	0,6876	0,4184	39,15
14	55	27,68	14,83	100	0,7154	0,4262	40,42
15	59	29,04	15,14	100	0,7427	0,4339	41,58
16	64	30,4	15,45	100	0,7693	0,4416	42,6
17	68	31,76	15,76	100	0,7954	0,4493	43,51
18	72	33,12	16,07	100	0,821	0,4569	44,35
19	76	34,48	16,38	100	0,8461	0,4645	45,1
20	81	35,84	16,69	100	0,8707	0,472	45,79
21	82	37,2	17,03	100	0,8948	0,4802	46,33
22	90	38,56	17,6	100	0,9184	0,4939	46,22

Fuente: Autores

ANEXO C. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO ANULAR

Tipo de Sensor	Sensor de Flexión FS-L-0095-103-ST	
Longitud del sensor:	4.5"[112.24mm]	
Ubicación en el guante:	Dedo Anular	
Vcc	3,3	
Vref(-)=gnd	0	

#	Flexión [°]	Resistencia Sensor (R[kΩ])	Resistencia Sensor dedo Anular (RA[kΩ])	Resistencia Fija Rf[kΩ] (+/- 1%)	Caída de Voltaje Sensorflex $V=R/(R+Rf)*V_{cc}$ [V]	Caída de Voltaje Real Sensorflex Vin [V]	Error %
1	0	10	13,635	100	0,3	0,396	32
2	5	11,36	14,645	100	0,3366	0,4215	25,22
3	8	12,72	15,655	100	0,3724	0,4467	19,95
4	13	14,08	16,665	100	0,4073	0,4714	15,74
5	17	15,44	17,675	100	0,4414	0,4957	12,3
6	21	16,8	18,685	100	0,4747	0,5195	9,44
7	25	18,16	19,695	100	0,5072	0,543	7,06
8	30	19,52	20,705	100	0,539	0,5661	5,03
9	34	20,88	21,715	100	0,57	0,5887	3,28
10	38	22,24	22,725	100	0,6004	0,6111	1,78
11	42	23,6	23,735	100	0,6301	0,633	0,46
12	46	24,96	24,745	100	0,6592	0,6546	0,7
13	51	26,32	25,755	100	0,6876	0,6758	1,72
14	55	27,68	26,765	100	0,7154	0,6968	2,6
15	59	29,04	27,775	100	0,7427	0,7173	3,42
16	64	30,4	28,785	100	0,7693	0,7376	4,12
17	68	31,76	29,795	100	0,7954	0,7575	4,76
18	72	33,12	30,805	100	0,821	0,7772	5,33
19	76	34,48	31,815	100	0,8461	0,7965	5,86
20	81	35,84	32,825	100	0,8707	0,8155	6,34
21	82	37,2	33,835	100	0,8948	0,8343	6,76
22	90	38,56	35,9	100	0,9184	0,8717	5,08

Fuente: Autores

ANEXO D. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO PULGAR

Tipo de Sensor	Sensor de Flexión FS-L-0095-103-ST	
Longitud del sensor:	4.5"[112.24mm]	
Ubicación en el guante:	Dedo Pulgar	
Vcc	3,3	
Vref(-)=gnd	0	

#	Flexión [°]	Resistencia Sensor (R[kΩ])	Resistencia Sensor dedo Pulgar (Rp[kΩ])	Resistencia Fija Rf[kΩ] (+/- 1%)	Caída de Voltaje Sensorflex $V=R/(R+Rf)*V_{cc}$ [V]	Caída de Voltaje Real Sensorflex Vin [V]	Error %
1	0	10	13,83	100	0,3	0,4009	33,63
2	5	11,36	14,47	100	0,3366	0,4171	23,92
3	8	12,72	15,11	100	0,3724	0,4332	16,33
4	13	14,08	15,75	100	0,4073	0,449	10,24
5	17	15,44	16,39	100	0,4414	0,4647	5,28
6	21	16,8	17,03	100	0,4747	0,4802	1,16
7	25	18,16	17,67	100	0,5072	0,4955	2,31
8	30	19,52	18,31	100	0,539	0,5107	5,25
9	34	20,88	18,95	100	0,57	0,5257	7,77
10	38	22,24	19,59	100	0,6004	0,5406	9,96
11	42	23,6	20,23	100	0,6301	0,5553	11,87
12	46	24,96	20,87	100	0,6592	0,5698	13,56
13	51	26,32	21,51	100	0,6876	0,5842	15,04
14	55	27,68	22,15	100	0,7154	0,5984	16,35
15	59	29,04	22,79	100	0,7427	0,6125	17,53
16	64	30,4	23,43	100	0,7693	0,6264	18,58
17	68	31,76	24,07	100	0,7954	0,6402	19,51
18	72	33,12	24,71	100	0,821	0,6539	20,35
19	76	34,48	25,35	100	0,8461	0,6674	21,12
20	81	35,84	25,99	100	0,8707	0,6807	21,82
21	82	37,2	26,63	100	0,8948	0,694	22,44
22	90	38,56	27,975	100	0,9184	0,7214	21,45

Fuente: Autores

ANEXO E. TOMA DE DATOS SENSOR DE FLEXION DEDO MENIQUE

Tipo de Sensor	Sensor de Flexión FS-L-0055-103-ST	
Longitud del sensor:	2.9"[73.66mm]	
Ubicación en el guante:	Dedo Menique	
Vcc	3,3	
Vref(-)=gnd	0	

#	Flexión [°]	Resistencia Sensor (R[kΩ])	Resistencia Sensor dedo Menique (R[ohms])	Resistencia Fija [kΩ] (+/- 1%)	Caída de Voltaje Sensorflex $V=R/(R+Rf)*Vcc$ [V]	Caída de Voltaje Real Sensorflex Vin [V]	Error %
1	0	25	31,59	100	0,66	0,7922	20,03
2	5	26,36	32,86	100	0,6884	0,8162	18,56
3	8	27,72	34,13	100	0,7162	0,8397	17,24
4	13	29,08	35,4	100	0,7434	0,8628	16,06
5	17	30,44	36,67	100	0,7701	0,8854	14,97
6	21	31,8	37,94	100	0,7962	0,9077	14
7	25	33,16	39,21	100	0,8218	0,9295	13,11
8	30	34,52	40,48	100	0,8468	0,9509	12,29
9	34	35,88	41,75	100	0,8714	0,972	11,54
10	38	37,24	43,02	100	0,8955	0,9926	10,84
11	42	38,6	44,29	100	0,919	1,0129	10,22
12	46	39,96	45,56	100	0,9422	1,0329	9,63
13	51	41,32	46,83	100	0,9649	1,0525	9,08
14	55	42,68	48,1	100	0,9871	1,0718	8,58
15	59	44,04	49,37	100	1,009	1,0907	8,1
16	64	45,4	50,64	100	1,0304	1,1093	7,66
17	68	46,76	51,91	100	1,0514	1,1277	7,26
18	72	48,12	53,18	100	1,0721	1,1457	6,87
19	76	49,48	54,45	100	1,0923	1,1634	6,51
20	81	50,84	55,72	100	1,1123	1,1808	6,16
21	82	52,2	56,99	100	1,1318	1,198	5,85
22	90	53,56	59,5	100	1,151	1,231	6,95

Fuente: Autores

ANEXO F. TOMA DE DATOS ACELEROMETRO MMA7361.

Tipo de Sensor	Sensor de Aceleración MMA7361	
Dimensiones	17x28mm	
Ubicación en el guante:	Placa Electrónica- Superior Izquierda	
Vcc[V]	3,3	
Vss V]	0	

		GS=1,5g 800mV/g		GS=6g 206mV/g	
Angulo Deg	Angulo [rad]	Eje x GS=1,5g	Eje Y GS=1,5g	Eje x GS=6g	Eje Y GS=6g
0	-1,57	0,849	0,874	1,417	1,447
10	-1,395	0,939	0,961	1,437	1,467
20	-1,22	1,029	1,048	1,457	1,487
30	-1,045	1,119	1,135	1,477	1,507
40	-0,87	1,209	1,222	1,497	1,527
50	-0,695	1,299	1,309	1,517	1,547
60	-0,52	1,389	1,396	1,537	1,567
70	-0,345	1,479	1,483	1,557	1,587
80	-0,17	1,569	1,57	1,577	1,607
90	0,005	1,659	1,657	1,597	1,627
100	0,18	1,749	1,744	1,617	1,647
110	0,355	1,839	1,831	1,637	1,667
120	0,53	1,929	1,918	1,657	1,687
130	0,705	2,019	2,005	1,677	1,707
140	0,88	2,109	2,092	1,697	1,727
150	1,055	2,199	2,179	1,717	1,747
160	1,23	2,289	2,266	1,737	1,767
170	1,405	2,379	2,353	1,757	1,787
180	1,571	2,443	2,44	1,82	1,838

Fuente: Autores

ANEXO G. TIPO DE DATOS CON RANGO DE BITS

Type	Size (Bits)	Range
bit	1	0 , 1
bool, _Bool	8	0 , 1
char	8	-128 to 127
unsigned char	8	0 to 255
signed char	8	-128 to 127
int	16	-32768 to 32767
short int	16	-32768 to 32767
unsigned int	16	0 to 65535
signed int	16	-32768 to 32767
long int	32	-2147483648 to 2147483647
unsigned long int	32	0 to 4294967295
signed long int	32	-2147483648 to 2147483647
float	32	±1.175e-38 to ±3.402e38
double	32	±1.175e-38 to ±3.402e38

Fuente: CodeVisionAVR 2.6 Copyright 1998-2012

ANEXO H. CÓDIGO ASCII

The image shows a screenshot of an 'Ascii Chart' window. It displays a grid of characters corresponding to ASCII values from 0 to 255. The columns are labeled with hexadecimal digits (0-F) and the rows with decimal digits (0-9, A-F). The characters include control codes (e.g., NUL, SOH, STX, ETX, EOT, ENQ, ACK, BEL, BS, HT, LF, VT, FF, CR, SO, SI), printable characters (digits, punctuation, lowercase and uppercase letters), and various symbols and special characters (e.g., €, ¢, £, ¥, ¤, ÷, ø, ù, ú, û, ü, ý, þ, ÿ).

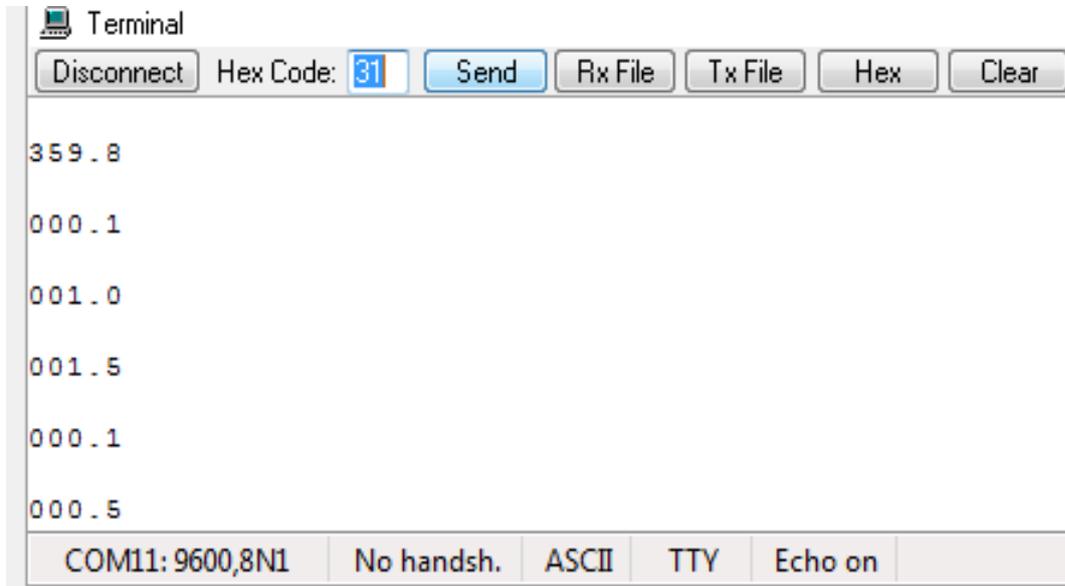
Fuente: Herramienta del Compilador Mikro C Pro for PIC V4.15.

ANEXO I. VALORES CARGADOS CORRESPONDIENTES EN EL
DISPOSITIVO DE LAS LETRAS DEL ABECEDARIO EN CÓDIGO
BINARIO

LETRA	INCL X	INCL Y	INCL Z	INDICE (4.5")	MEDIO (4.5")	ANULAR (4.5")	MENIQUE (2.2")	PULGAR (4.5")	SWITCH
A	01	10	10	11	11	11	11	01	X
B	01	10	10	01	01	01	01	11	X
C	10	10	11	10	10	10	10	10	X
D	01	10	10	01	10	10	10	10	X
E	01	10	10	11	11	11	11	11	X
F	01	10	10	11	01	01	01	10	X
G	10	01	10	01	11	11	11	01	X
H	10	01	10	01	01	11	11	01	X
I	01	10	10	11	11	11	01	11	X
J	10	01	10	11	11	11	01	11	X
K	10	10	11	01	10	11	11	01	X
L	01	10	11	01	11	11	11	01	X
M	10	10	11	10	10	10	11	11	X
N	10	10	11	10	10	11	11	11	X
O	10	10	11	11	11	11	11	10	X
P	01	10	10	01	10	11	11	10	X
Q	10	10	11	10	11	11	11	01	X
R	01	10	10	01	01	11	11	10	X
S	01	10	11	11	11	11	11	11	X
T	01	10	10	11	11	11	11	10	X
U	01	10	10	01	01	11	11	11	1
V	01	10	10	01	01	11	11	11	0
W	01	10	10	01	01	01	11	11	X
X	10	01	10	10	11	11	11	10	X
Y	10	01	10	11	11	11	01	01	X
Z	10	10	11	01	11	11	11	10	X

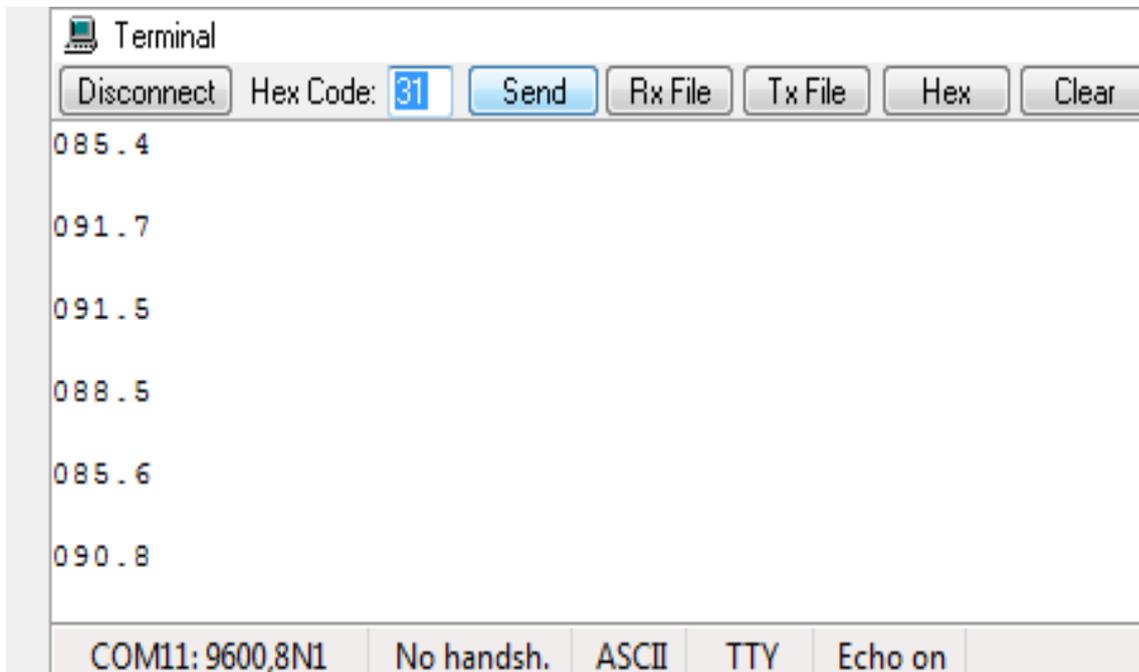
Fuente: Autores

ANEXO J.DATOS TOMADOS DEL HIPERTERMINAL DE LA BRÚJULA
GY-26 PARA LA DIRECCIÓN NORTE.



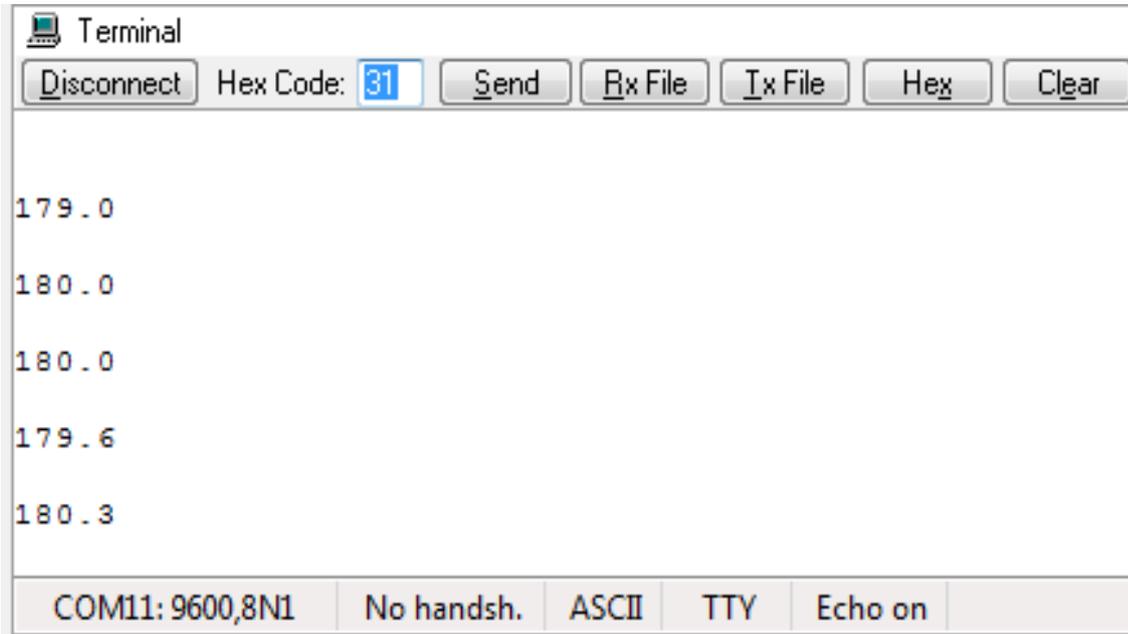
Fuente: Autores.

ANEXO KDATOS TOMADOS DEL HIPERTERMINAL DE LA BRÚJULA
GY-26 PARA LA DIRECCIÓN ESTE.



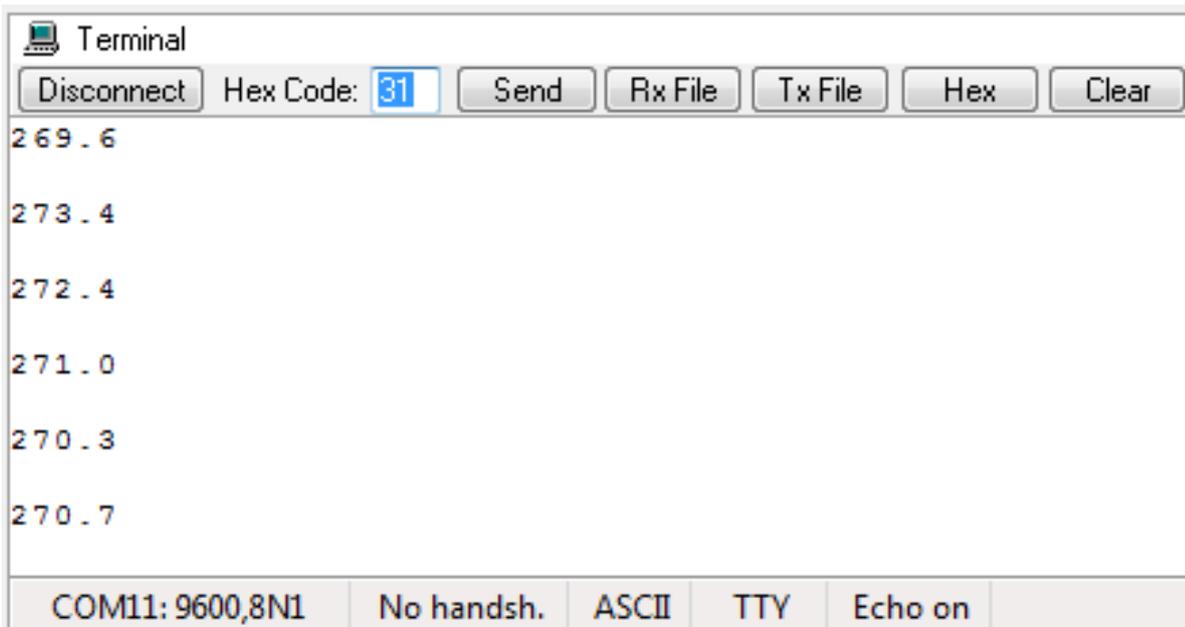
Fuente: Autores.

ANEXO L DATOS TOMADOS DEL HIPERTERMINAL DE LA BRÚJULA
GY-26 PARA LA DIRECCIÓN SUR



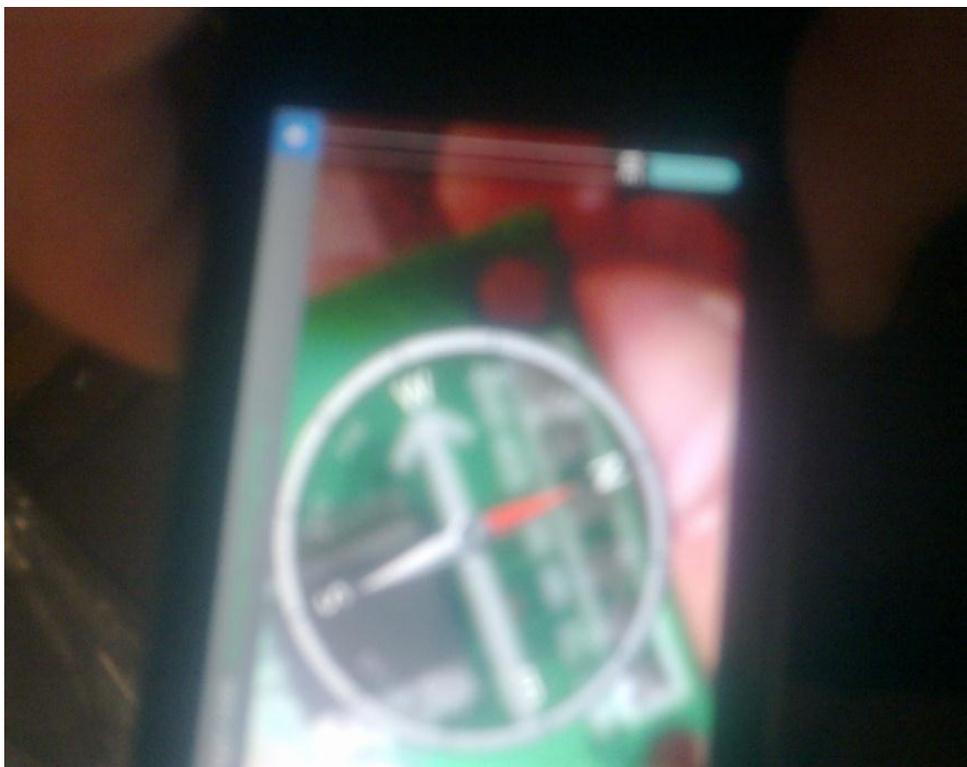
Fuente: Autores.

ANEXO M DATOS TOMADOS DEL HIPERTERMINAL CODEVISIONAVR
DE LA BRÚJULA GY-26 PARA LA DIRECCIÓN OESTE



Fuente: Autores.

ANEXO N TOMA DE DATOS DE LA BRUJULA GY-26



Fuente: Autores.

ANEXO O PRUEBAS REALIZADAS EN LA UNIDAD EDUCATIVA DE SORDOS DEL GOBIERNO PROVINCIAL DE IMBABURA.



Fuente: Autores.

ANEXO P. MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL MODULO BLUETOOTH HC-05

HC Serial Bluetooth Products **User Instructional Manual**

1 Introduction

HC serial Bluetooth products consist of Bluetooth serial interface module and Bluetooth adapter, such as:

(1) Bluetooth serial interface module:

Industrial level: HC-03, HC-04(HC-04-M, HC-04-S)

Civil level: HC-05, HC-06(HC-06-M, HC-06-S)

HC-05-D, HC-06-D (with baseboard, for test and evaluation)

(2) Bluetooth adapter:

HC-M4

HC-M6

This document mainly introduces Bluetooth serial module. Bluetooth serial module is used for converting serial port to Bluetooth. These modules have two modes: master and slaver device. The device named after even number is defined to be master or slaver when out of factory and can't be changed to the other mode. But for the device named after odd number, users can set the work mode (master or slaver) of the device by AT commands.

HC-04 specifically includes:

Master device: HC-04-M, M=master

Slave device: HC-04-S, S=slaver

The default situation of HC-04 is slave mode. If you need master mode, please state it clearly or place an order for HC-04-M directly. The naming rule of HC-06 is same.

When HC-03 and HC-05 are out of factory, one part of parameters are set for activating the device. The work mode is not set, since user can set the mode of HC-03, HC-05 as they want.

The main function of Bluetooth serial module is replacing the serial port line, such as:

1. There are two MCUs want to communicate with each other. One connects to Bluetooth master device while the other one connects to slave device. Their connection can be built once the pair is made. This Bluetooth connection is equivalently liked to a serial port line connection including RXD, TXD

signals. And they can use the Bluetooth serial module to communicate with each other.

2. When MCU has Bluetooth slave module, it can communicate with Bluetooth adapter of computers and smart phones. Then there is a virtual communicable serial port line between MCU and computer or smart phone.

3. The Bluetooth devices in the market mostly are slave devices, such as Bluetooth printer, Bluetooth GPS. So, we can use master module to make pair and communicate with them.

Bluetooth Serial module's operation doesn't need drive, and can communicate with the other Bluetooth device who has the serial. But communication between two Bluetooth modules requires at least two conditions:

- (1) The communication must be between master and slave.
- (2) The password must be correct.

However, the two conditions are not sufficient conditions. There are also some other conditions basing on different device model. Detailed information is provided in the following chapters.

In the following chapters, we will repeatedly refer to Linvor's (Formerly known as Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd.) material and photos.

2 Selection of the Module

The Bluetooth serial module named even number is compatible with each other; The slave module is also compatible with each other. In other word, the function of HC-04 and HC-06, HC-03 and HC-05 are mutually compatible with each other. HC-04 and HC-06 are former version that user can't reset the work mode (master or slave). And only a few AT commands and functions can be used, like reset the name of Bluetooth (only the slaver), reset the password, reset the baud rate and check the version number. The command set of HC-03 and HC-05 are more flexible than HC-04 and HC-06's. Generally, the Bluetooth of HC-03/HC-05 is recommended for the user.

Here are the main factory parameters of HC-05 and HC-06. Pay attention to the differences:

HC-05	HC-06
Master and slave mode can be switched	Master and slave mode can't be switched
Bluetooth name: HC-05	Bluetooth name: linvor
Password:1234	Password:1234

<p>Master role: have no function to remember the last paired slave device. It can be made paired to any slave device. In other words, just set AT+CMODE=1 when out of factory. If you want HC-05 to remember the last paired slave device address like HC-06, you can set AT+CMODE=0 after paired with the other device. Please refer the command set of HC-05 for the details.</p>	<p>Master role: have paired memory to remember last slave device and only make pair with that device unless KEY (PIN26) is triggered by high level. The default connected PIN26 is low level.</p>
<p>Pairing: The master device can not only make pair with the specified Bluetooth address, like cell-phone, computer adapter, slave device, but also can search and make pair with the slave device automatically.</p> <p>Typical method: On some specific conditions, master device and slave device can make pair with each other automatically. (This is the default method.)</p>	<p>Pairing: Master device search and make pair with the slave device automatically.</p> <p>Typical method: On some specific conditions, master and slave device can make pair with each other automatically.</p>
<p>Multi-device communication: There is only point to point communication for modules, but the adapter can communicate with multi-modules.</p>	<p>Multi-device communication: There is only point to point communication for modules, but the adapter can communicate with multi-modules.</p>
<p>AT Mode 1: After power on, it can enter the AT mode by triggering PIN34 with high level. Then the baud rate for setting AT command is equal to the baud rate in communication, for example: 9600.</p> <p>AT mode 2: First set the PIN34 as high level, or while on powering the module set the PIN34 to be high level, the Baud rate used here is 38400 bps.</p> <p>Notice: All AT commands can be operated only</p>	<p>AT Mode: Before paired, it is at the AT mode. After paired it's at transparent communication.</p>

<p>when the PIN34 is at high level. Only part of the AT commands can be used if PIN34 doesn't keep the high level after entering to the AT mode. Through this kind of designing, set permissions for the module is left to the user's external control circuit, that makes the application of HC-05 is very flexible.</p>	
<p>During the process of communication, the module can enter to AT mode by setting PIN34 to be high level. By releasing PIN34, the module can go back to communication mode in which user can inquire some information dynamically. For example, to inquire the pairing is finished or not.</p>	<p>During the communication mode, the module can't enter to the AT mode.</p>
<p>Default communication baud rate: 9600, 4800-1.3M are settable.</p>	<p>Default communication baud rate: 9600, 1200-1.3M are settable.</p>
<p>KEY: PIN34, for entering to the AT mode.</p>	<p>KEY: PIN26, for master abandons memory.</p>
<p>LED1: PIN31, indicator of Bluetooth mode. Slow flicker (1Hz) represents entering to the AT mode2, while fast flicker(2Hz) represents entering to the AT mode1 or during the communication pairing. Double flicker per second represents pairing is finished, the module is communicable.</p> <p>LED2: PIN32, before pairing is at low level, after the pairing is at high level.</p> <p>The using method of master and slaver's indicator is the same.</p> <p>Notice: The PIN of LED1 and LED2 are connected with LED+.</p>	<p>LED: The flicker frequency of slave device is 102ms. If master device already has the memory of slave device, the flicker frequency during the pairing is 110ms/s. If not, or master has emptied the memory, then the flicker frequency is 750m/s.</p> <p>After pairing, no matter it's a master or slave device, the LED PIN is at high level.</p> <p>Notice: The LED PIN connects to LED+ PIN.</p>
<p>Consumption: During the pairing, the current is</p>	<p>Consumption: During the pairing, the current is</p>

fluctuant in the range of 30-40mA. The mean current is about 25mA. After paring, no matter processing communication or not, the current is 8mA. There is no sleep mode. This parameter is same for all the Bluetooth modules.	fluctuant in the range of 30-40 m. The mean current is about 25mA. After paring, no matter processing communication or not, the current is 8mA. There is no sleep mode. This parameter is same for all the Bluetooth modules.
Reset: PIN11, active if it's input low level. It can be suspended in using.	Reset: PIN11, active if it's input low level. It can be suspended in using.
Level: Civil	Level: Civil

The table above that includes main parameters of two serial modules is a reference for user selection.

HC-03/HC-05 serial product is recommended.

3. Information of Package

The PIN definitions of HC-03, HC-04, HC-05 and HC-06 are kind of different, but the package size is the same: 28mm * 15mm * 2.35mm.

The following figure 1 is a picture of HC-06 and its main PINs. Figure 2 is a picture of HC-05 and its main PINs. Figure 3 is a comparative picture with one coin. Figure 4 is their package size information. When user designs the circuit, you can visit the website of Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd. (www.wavesen.com) to download the package library of protle version.

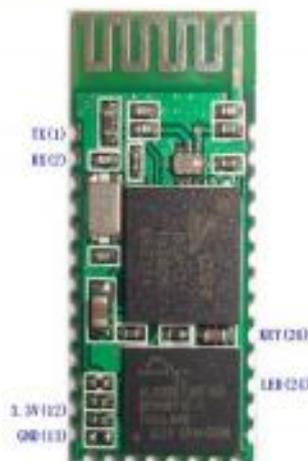


Figure 1 HC-06

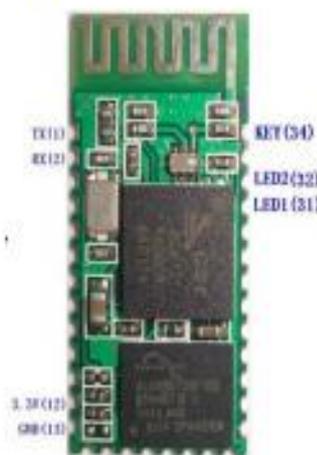


Figure 2 HC-05



Figure 3 Comparative picture with one coin

LINFOR BLUE T
www.linfor.com

LV-BC-2.0

单位: mm

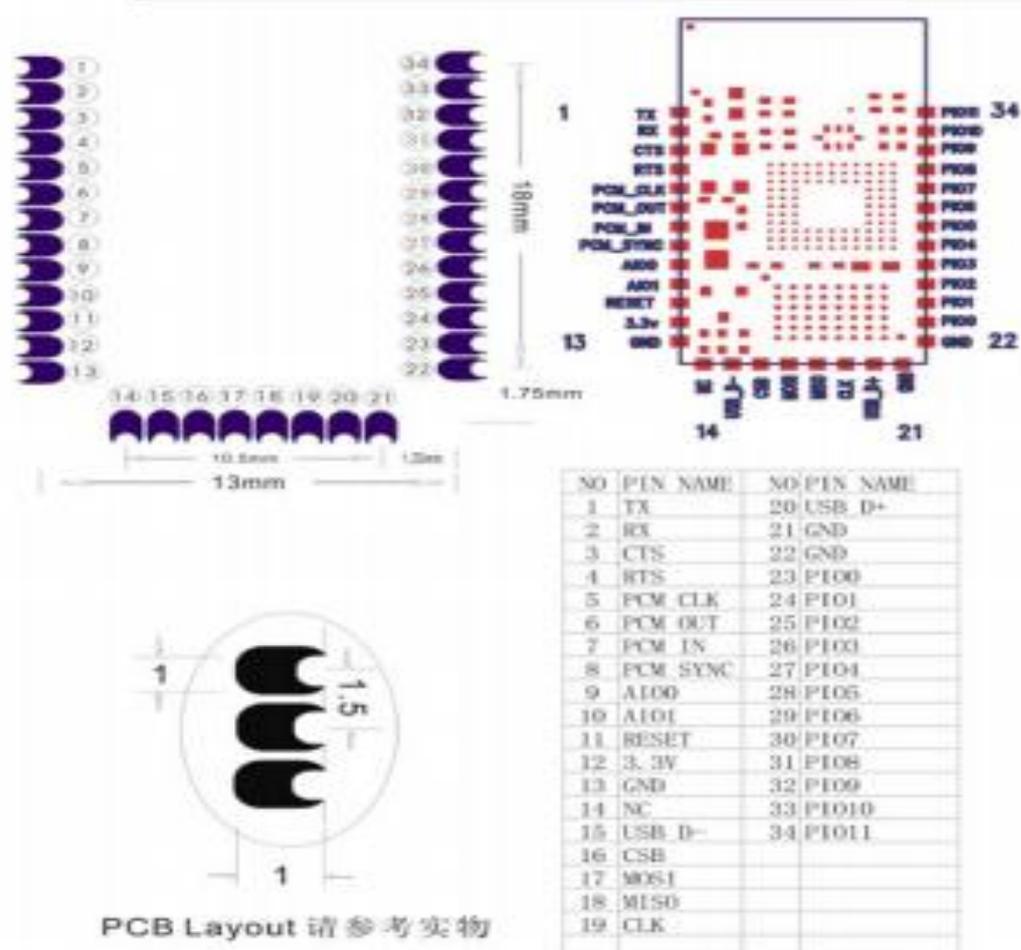


Figure 4 Package size information

GY-26-USART Digital Compass Manual



General Description

GY-26-USART is a low cost plane digital compass module. The working principle is utilizing magnetoresistive sensor sensing the Earth's magnetic field component to get an azimuth angle. It communicates with upper computer through UART. Output format is ASCII. With solid state compass design, it has stable operation, high accuracy and advanced hard iron compensation function. It can overcome surrounding magnetic interference. Baud rate is optional. The product has three work modes; Normal mode, continuous mode and calibration mode. You can choose UART or IIC communication to use it.

Features

- ± 5 degrees heading accuracy
- Advanced hard iron calibration
- Very low operating voltage (3~5VDC)
- DC single supply operation
- Small size (26.5mm X26.5mm X 11.5mm)
- Light weight
- High cost-effective
- Easy to integrate:

Applications

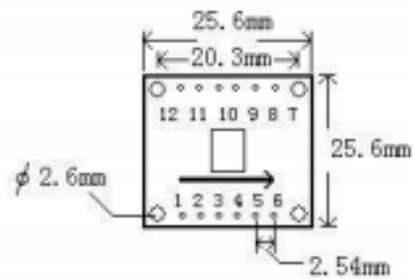
1. Hand-held electronic instruments.
2. Robot orientation and position.
3. Navigation system.
4. Telescope position.
5. Autohelm rudder.
6. Antenna position.
7. Automobile GPS navigation.
8. Aero model position.

Basic parameters

1. Directions (In level condition)
 - Accuracy: <5 degrees
 - Resolution: 0.5 degrees (typical)
 - Repeatability: <3 degrees
2. Magnetic field characteristics
 - Range: ± 2 gauss
 - Resolution: 6 Milli-gauss
3. Electrical characteristics:
 - Input voltage: 2.6V (min), 5V (max), 3.3V (typical)
 - Input current: 5mA (min), 8mA (max), 6mA (typical) (Normal mode)
 - 5mA (min), 7mA (max), 6mA (typical) (Continuous mode)
 - 5mA (min), 12mA (max), 14mA (typical) (Calibration mode)
4. Temperature: 0 to 70 degrees centigrade, when operating
-40 to 110 degrees, when in storage

Pin Configuration

Pinnumber	Pinname	Description
1	VCC	Power Supply Input
2	TXD	Transmit Data Output
3	RXD	Receive Data Input
4	SCL	IIC SCL
5	SDA	IIC SDA
6	GND	Ground
7	GND	Ground
8	GND	Ground
9	CAL	Calibrate
10	NC	NoConnection
11	NC	NoConnection
12	VCC	Power Supply Input



1. VCC	7. GND
2. TX	8. GND
3. RX	9. CAL
4. SCL	10. NC
5. SDA	11. NC
6. GND	12. VCC

Technical terms

1. Declination Angle

It is the angle between magnetic north and true north. Declination angles of different place are different, even at the same place declination angles varies with the time. When we use compass to navigation, we get directions relative to magnetic north. So we can get directions relative to true north through declination angle compensation. For example, the current direction counted by compass is north by east 30 degrees and the declination angle is 5 degrees. So the direction relative to true north is 35 degrees ($30+5=35^\circ$).

2. Installation Angle

There is an arrowhead on the compass module and it's used to denote directions. When installed, it requests that forward direction of the object surveyed is consistent with the arrowhead. So the direction counted by the compass is the right direction. If installing direction is not consistent with the arrowhead, there is an included angle and it is the deviation angle. Only after we compensate it, the compass outputs the true direction.

3. Calibration

It's also called hard iron compensation. All digital compasses must be calibrated before been used. Once hard iron conditions changed, the magnetic field conditions will be changed too. At this time, angle information counted by the compass will be inaccurate. In order to remove the influence, it's necessary to calibrate the compass.

4. Calibrating methods and functions

When magnetic field changes angle information counted by compass will be inaccurate. This time it is necessary to calibrate the compass to remove the influence.

Methods:

Send "0xC0" command, and then rotate the compass two circles slowly, equably and flatly, fast not allowed. One cycle needs more than one minute. Then send "0xC1" command to finish calibration.

Use serial communication

1. Parameters

Baud rate: 9600bps

Verify bit: N

Data bits: 8

Stop bit: 1

2. Output format of the module, 8 bytes included in each frame

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| (1)Byte0:0x0D | (ASCII: enter) |
| (2)Byte1:0x0A | (ASCII: new line) |
| (3)Byte2:0x30~0x33 | (ASCII: hundreds of angle 0~3) |
| (4)Byte3:0x30~0x39 | (ASCII: tens of angle 0~3) |
| (5)Byte4:0x30~0x39 | (ASCII: bits of angle 0~3) |
| (6)Byte5:0x2E | (ASCII: decimal point of angle) |
| (7)Byte6: 0x30~0x39 | (ASCII: decimal of angle) |
| (8)Byte7: 0x00~0xFF | (calibrate sum) |

Byte7 = the lower 8 bits of (Byte0+ Byte1+ Byte2+.....Byte6)

Example: <0x0D-0x0A-0x33-0x35-0x39-0x2E-0x36-0x1C> = 359.6°

3 Commands been sent to the module

- (1)0x31: measure the angle (return the value of the angle)
- (2)0xC0: start calibration
- (3)0xC1: end calibration
- (4) 0xA0-0xAA-0xA5-0xC5: return to the settings of the factory
- (5) 0xA0-0xAA-0xA5-IIC_ADDR: change the IIC bus address
- (6)0x03-DECL_high: set the high 8 bits of declination angle
- (7)0x04-DECL_low: set the low 8 bits of declination angle

Example1: send 0xC0 to the module, it return

<0x0D-0x0A-0x30-0x30-0x30-0x2E-0x30-0x05>, which means starting calibration successfully.

Example2: send 0x03, 0x00, 0x04, 0x64 to the module, it return

<0x0D-0x0A-0x30-0x30-0x30-0x2E-0x30-0x05> which means the declination angle been changed to 10.0 degrees successfully.

ANEXO R. HOJA DE DATOS DEL ACELEROMETRO MMA7361.

Freescale Semiconductor
 Technical Data

Document Number: MMA7361L
 Rev 0, 04/2008



±1.5g, ±6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer

The MMA7361L is a low power, low profile capacitive micromachined accelerometer featuring signal conditioning, a 1-pole low pass filter, temperature compensation, self test, 0g-Detect which detects linear freefall, and g-Select which allows for the selection between 2 sensitivities. Zero-g offset and sensitivity are factory set and require no external devices. The MMA7361L includes a Sleep Mode that makes it ideal for handheld battery powered electronics.

Features

- 3mm x 5mm x 1.0mm LGA-14 Package
- Low Current Consumption: 400 µA
- Sleep Mode: 3 µA
- Low Voltage Operation: 2.2 V – 3.6 V
- High Sensitivity (800 mV/g @ 1.5g)
- Selectable Sensitivity (±1.5g, ±6g)
- Fast Turn On Time (0.5 ms Enable Response Time)
- Self Test for Freefall Detect Diagnosis
- 0g-Detect for Freefall Protection
- Signal Conditioning with Low Pass Filter
- Robust Design, High Shocks Survivability
- RoHS Compliant
- Environmentally Preferred Product
- Low Cost

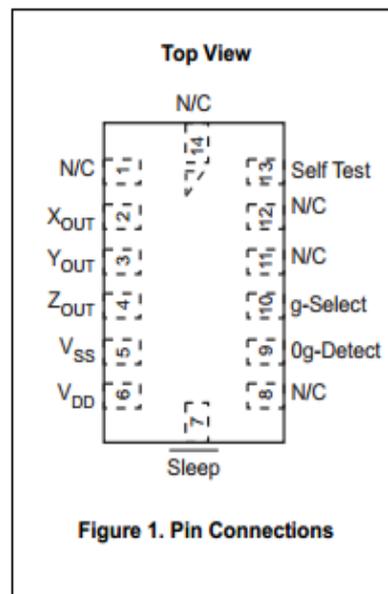
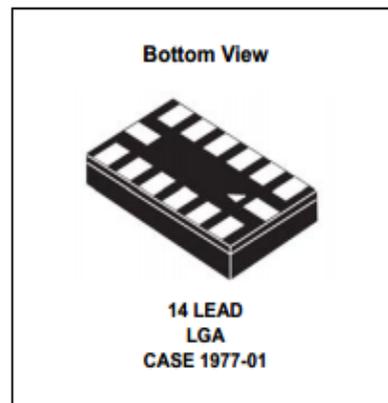
Typical Applications

- 3D Gaming: Tilt and Motion Sensing, Event Recorder
- HDD MP3 Player: Freefall Detection
- Laptop PC: Freefall Detection, Anti-Theft
- Cell Phone: Image Stability, Text Scroll, Motion Dialing, E-Compass
- Pedometer: Motion Sensing
- PDA: Text Scroll
- Navigation and Dead Reckoning: E-Compass Tilt Compensation
- Robotics: Motion Sensing

ORDERING INFORMATION				
Part Number	Temperature Range	Package Drawing	Package	Shipping
MMA7361LT	-40 to +85°C	1977-01	LGA-14	Tray
MMA7361LR1	-40 to +85°C	1977-01	LGA-14	7" Tape & Reel
MMA7361LR2	-40 to +85°C	1977-01	LGA-14	13" Tape & Reel

MMA7361L

MMA7361L: XYZ AXIS ACCELEROMETER ±1.5g, ±6g



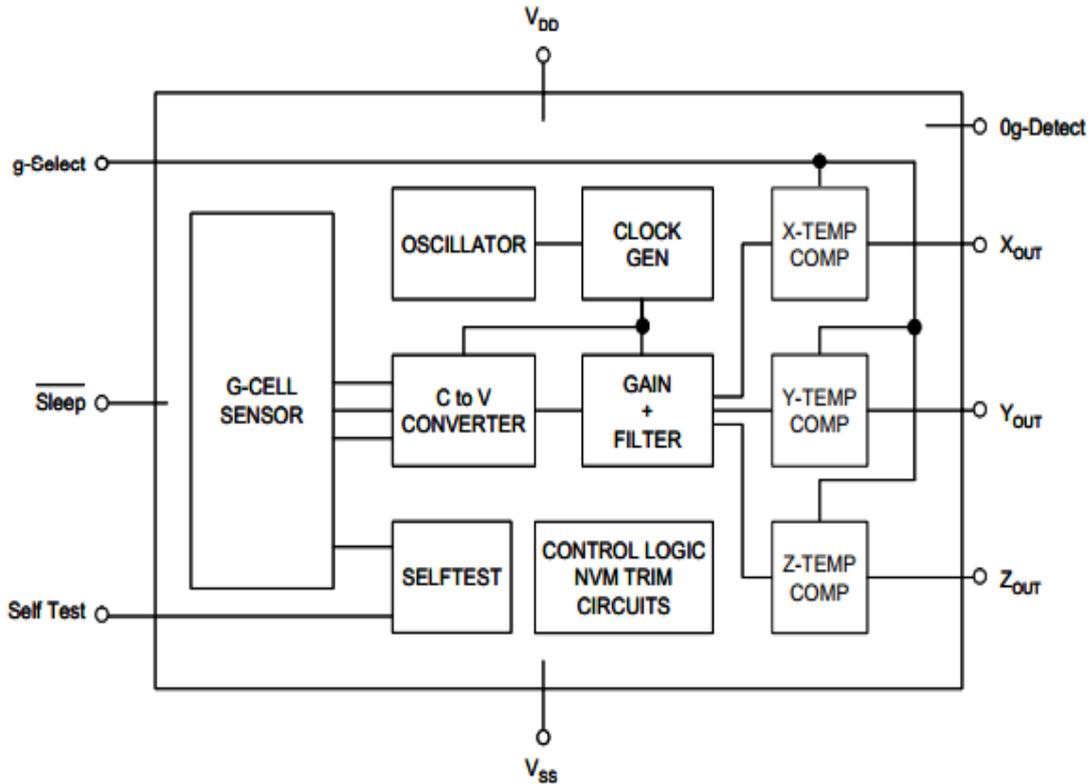


Figure 2. Simplified Accelerometer Functional Block Diagram

Table 1. Maximum Ratings

(Maximum ratings are the limits to which the device can be exposed without causing permanent damage.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Acceleration (all axis)	g_{max}	± 5000	g
Supply Voltage	V_{DD}	-0.3 to +3.6	V
Drop Test ⁽¹⁾	D_{drop}	1.8	m
Storage Temperature Range	T_{stg}	-40 to +125	°C

1. Dropped onto concrete surface from any axis.

ELECTRO STATIC DISCHARGE (ESD)

WARNING: This device is sensitive to electrostatic discharge.

Although the Freescale accelerometer contains internal 2000 V ESD protection circuitry, extra precaution must be taken by the user to protect the chip from ESD. A charge of over 2000 volts can accumulate on the human body or associated test equipment. A charge of this magnitude can

alter the performance or cause failure of the chip. When handling the accelerometer, proper ESD precautions should be followed to avoid exposing the device to discharges which may be detrimental to its performance.

Table 2. Operating CharacteristicsUnless otherwise noted: $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 85^{\circ}\text{C}$, $2.2\text{ V} \leq V_{\text{DD}} \leq 3.6\text{ V}$, Acceleration = 0g, Loaded output⁽¹⁾

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Operating Range ⁽²⁾					
Supply Voltage ⁽³⁾	V_{DD}	2.2	3.3	3.6	V
Supply Current ⁽⁴⁾	I_{DD}	—	400	600	μA
Supply Current at Sleep Mode ⁽⁴⁾	I_{DD}	—	3	10	μA
Operating Temperature Range	T_A	-40	—	+85	$^{\circ}\text{C}$
Acceleration Range, X-Axis, Y-Axis, Z-Axis					
g-Select: 0	g_{FS}	—	± 1.5	—	g
g-Select: 1	g_{FS}	—	± 6.0	—	g
Output Signal					
Zero-g ($T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$) ^{(5), (6)}	V_{OFF}	1.485	1.65	1.815	V
Zero-g ⁽⁴⁾	V_{OFF}, T_A	-2.0	± 0.5	+2.0	$\text{mg}/^{\circ}\text{C}$
Sensitivity ($T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}$)					
1.5g	$S_{1.5g}$	740	800	860	mV/g
6g	S_{6g}	190.6	206	221.5	mV/g
Sensitivity ⁽⁴⁾	S, T_A	-0.0075	± 0.002	+0.0075	$\%/^{\circ}\text{C}$
Bandwidth Response					
XY	f_{3dBXY}	—	400	—	Hz
Z	f_{3dBZ}	—	300	—	Hz
Output Impedance	Z_O	—	32	—	$\text{k}\Omega$
0g-Detect	$0g_{\text{detect}}$	-0.4	0	+0.4	g
Self Test					
Output Response					
$X_{\text{OUT}}, Y_{\text{OUT}}$	Δg_{STXY}	+0.05	-0.1	—	g
Z_{OUT}	Δg_{STZ}	+0.8	+1.0	+1.2	g
Input Low	V_{IL}	V_{SS}	—	$0.3 V_{\text{DD}}$	V
Input High	V_{IH}	$0.7 V_{\text{DD}}$	—	V_{DD}	V
Noise					
Power Spectral Density RMS (0.1 Hz – 1 kHz) ⁽⁴⁾	n_{PSD}	—	350	—	$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
Control Timing					
Power-Up Response Time ⁽⁷⁾	t_{RESPONSE}	—	1.0	2.0	ms
Enable Response Time ⁽⁸⁾	t_{ENABLE}	—	0.5	2.0	ms
Self Test Response Time ⁽⁹⁾	t_{ST}	—	2.0	5.0	ms
Sensing Element Resonant Frequency					
XY	f_{GCELLXY}	—	6.0	—	kHz
Z	f_{GCELLZ}	—	3.4	—	kHz
Internal Sampling Frequency	f_{CLK}	—	11	—	kHz
Output Stage Performance					
Full-Scale Output Range ($I_{\text{OUT}} = 3\ \mu\text{A}$)	V_{FSO}	$V_{\text{SS}}+0.1$	—	$V_{\text{DD}}-0.1$	V
Nonlinearity, $X_{\text{OUT}}, Y_{\text{OUT}}, Z_{\text{OUT}}$	NL_{OUT}	-1.0	—	+1.0	%FSO
Cross-Axis Sensitivity ⁽¹⁰⁾	$V_{\text{XY, XZ, YZ}}$	-5.0	—	+5.0	%

1. For a loaded output, the measurements are observed after an RC filter consisting of an internal 32k Ω resistor and an external 3.3nF capacitor (recommended as a minimum to filter clock noise) on the analog output for each axis and a 0.1 μF capacitor on $V_{\text{DD}} - \text{GND}$. The output sensor bandwidth is determined by the Capacitor added on the output. $f = 1/2\pi * (32 \times 10^3) * C$. $C = 3.3\text{ nF}$ corresponds to $\text{BW} = 1507\text{HZ}$, which is the minimum to filter out internal clock noise.

2. These limits define the range of operation for which the part will meet specification.

3. Within the supply range of 2.2 and 3.6 V, the device operates as a fully calibrated linear accelerometer. Beyond these supply limits the device may operate as a linear device but is not guaranteed to be in calibration.

4. This value is measured with g-Select in 1.5g mode.

5. The device can measure both + and – acceleration. With no input acceleration the output is at midsupply. For positive acceleration the output

BASIC CONNECTIONS

Pin Descriptions

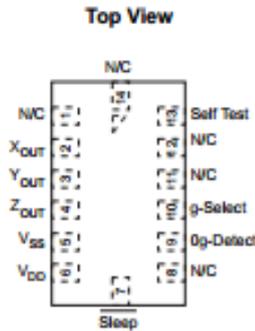


Figure 4. Pinout Description

Table 4. Pin Descriptions

Pin No.	Pin Name	Description
1	N/C	No internal connection Leave unconnected
2	X _{OUT}	X direction output voltage
3	Y _{OUT}	Y direction output voltage
4	Z _{OUT}	Z direction output voltage
5	V _{SS}	Power Supply Ground
6	V _{DD}	Power Supply Input
7	Sleep	Logic input pin to enable product or Sleep Mode
8	NC	No internal connection Leave unconnected
9	0g-Detect	Linear Freefall digital logic output signal
10	g-Select	Logic input pin to select g level
11	N/C	Unused for factory trim Leave unconnected
12	N/C	Unused for factory trim Leave unconnected
13	Self Test	Input pin to initiate Self Test
14	N/C	Unused for factory trim Leave unconnected

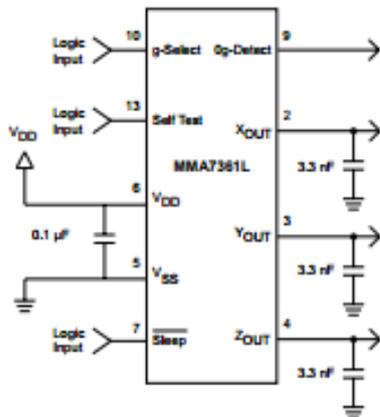


Figure 5. Accelerometer with Recommended Connection Diagram

PCB Layout

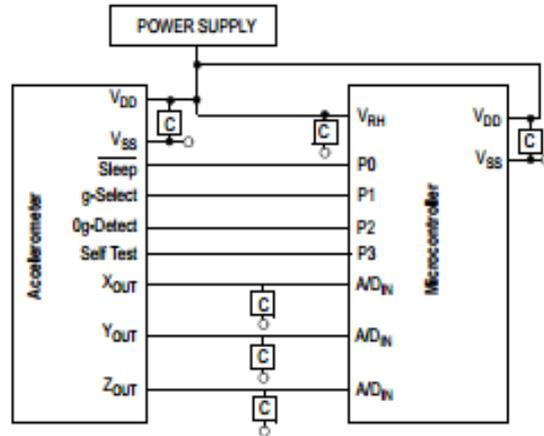


Figure 6. Recommended PCB Layout for Interfacing Accelerometer to Microcontroller

NOTES:

1. Use 0.1 μF capacitor on V_{DD} to decouple the power source.
2. Physical coupling distance of the accelerometer to the microcontroller should be minimal.
3. Place a ground plane beneath the accelerometer to reduce noise, the ground plane should be attached to all of the open ended terminals shown in Figure 6.
4. Use a 3.3nF capacitor on the outputs of the accelerometer to minimize clock noise (from the switched capacitor filter circuit).
5. PCB layout of power and ground should not couple power supply noise.
6. Accelerometer and microcontroller should not be a high current path.
7. A/D sampling rate and any external power supply switching frequency should be selected such that they do not interfere with the internal accelerometer sampling frequency (11 kHz for the sampling frequency). This will prevent aliasing errors.
8. 10M Ω or higher is recommended on X_{OUT}, Y_{OUT} and Z_{OUT} to prevent loss due to the voltage divider relationship between the internal 32 k Ω resistor and the measurement input impedance.

ANEXO S HOJA DE DATOS DEL FLEXSENSOR 3.0"



FLEX SENSOR FS

Special Edition Length

Features

- Angle Displacement Measurement
- Bends and Flexes physically with motion device
- Possible Uses
 - Robotics
 - Gaming (Virtual Motion)
 - Medical Devices
 - Computer Peripherals
 - Musical Instruments
 - Physical Therapy
- Simple Construction
- Low Profile

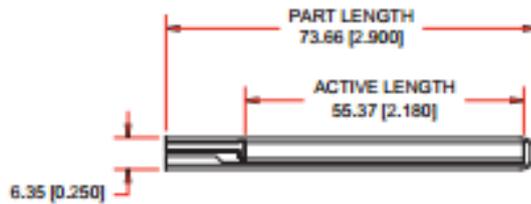
Mechanical Specifications

- Life Cycle: >1 million
- Height: $\leq 0.43\text{mm}$ (0.017")
- Temperature Range: -35°C to $+80^{\circ}\text{C}$

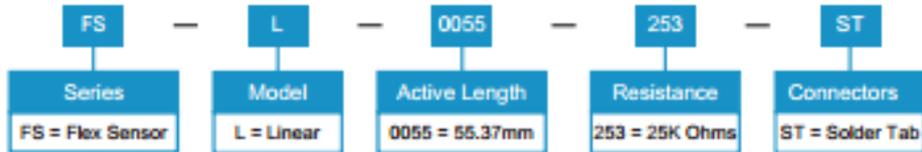
Electrical Specifications

- Flat Resistance: 25K Ohms
- Resistance Tolerance: $\pm 30\%$
- Bend Resistance Range: 45K to 125K Ohms (depending on bend radius)
- Power Rating : 0.50 Watts continuous. 1 Watt Peak

Dimensional Diagram - Stock Flex Sensor



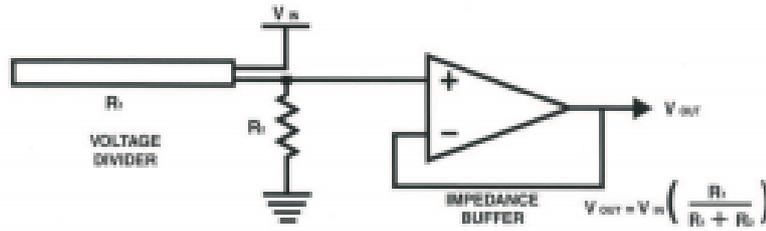
How to Order - Stock Flex Sensor



How It Works



BASIC FLEX SENSOR CIRCUIT:

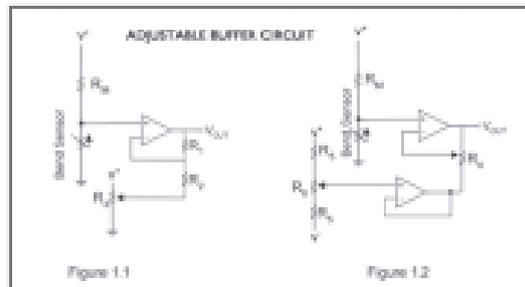


Following are notes from the ITP Flex Sensor Workshop

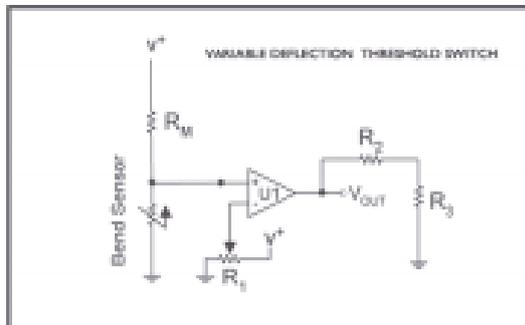
"The impedance buffer in the [Basic Flex Sensor Circuit] (above) is a single sided operational amplifier, used with these sensors because the low bias current of the op amp reduces error due to source impedance of the flex sensor as voltage divider. Suggested op amps are the LM358 or LM324."

"You can also test your flex sensor using the simplest circuit, and skip the op amp."

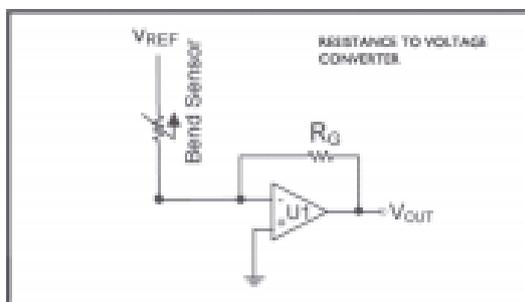
"Adjustable Buffer - a potentiometer can be added to the circuit to adjust the sensitivity range."



"Variable Deflection Threshold Switch - an op amp is used and outputs either high or low depending on the voltage of the inverting input. In this way you can use the flex sensor as a switch without going through a microcontroller."



"Resistance to Voltage Converter - use the sensor as the input of a resistance to voltage converter using a dual sided supply op-amp. A negative reference voltage will give a positive output. Should be used in situations when you want output at a low degree of bending."



ANEXO T HOJA DE DATOS DEL FLEXSENSOR 4.5"



FLEX SENSOR FS

Features

- Angle Displacement Measurement
- Bends and Flexes physically with motion device
- Possible Uses
 - Robotics
 - Gaming (Virtual Motion)
 - Medical Devices
 - Computer Peripherals
 - Musical Instruments
 - Physical Therapy
- Simple Construction
- Low Profile

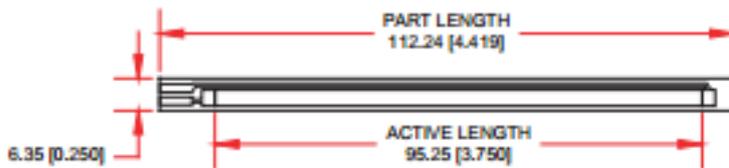
Mechanical Specifications

- Life Cycle: >1 million
- Height: $\leq 0.43\text{mm}$ (0.017")
- Temperature Range: -35°C to $+80^{\circ}\text{C}$

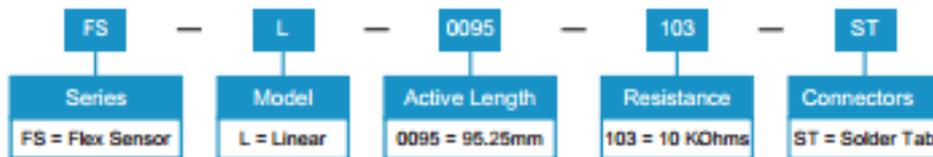
Electrical Specifications

- Flat Resistance: 10K Ohms
- Resistance Tolerance: $\pm 30\%$
- Bend Resistance Range: 60K to 110K Ohms
- Power Rating : 0.50 Watts continuous. 1 Watt Peak

Dimensional Diagram - Stock Flex Sensor



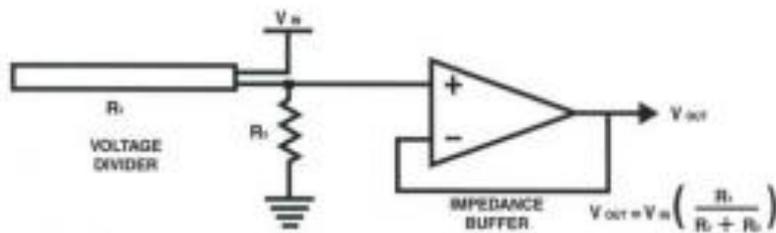
How to Order - Stock Flex Sensor



How It Works



BASIC FLEX SENSOR CIRCUIT:

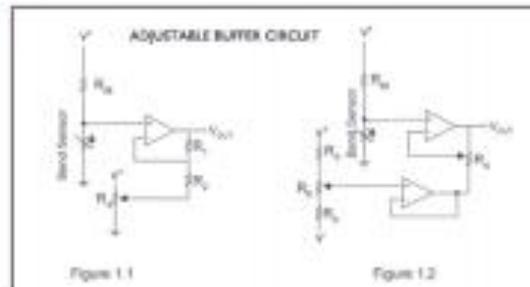


Following are notes from the ITP Flex Sensor Workshop

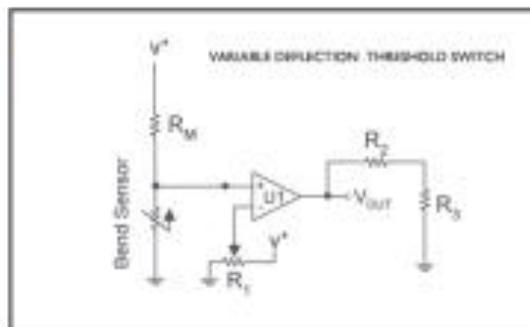
"The impedance buffer in the [Basic Flex Sensor Circuit] (above) is a single sided operational amplifier, used with these sensors because the low bias current of the op amp reduces error due to source impedance of the flex sensor as voltage divider. Suggested op amps are the LM358 or LM324."

"You can also test your flex sensor using the simplest circuit, and skip the op amp."

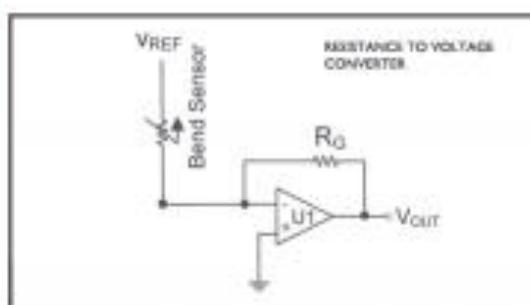
"Adjustable Buffer - a potentiometer can be added to the circuit to adjust the sensitivity range."



"Variable Deflection Threshold Switch - an op amp is used and outputs either high or low depending on the voltage of the inverting input. In this way you can use the flex sensor as a switch without going through a microcontroller."



"Resistance to Voltage Converter - use the sensor as the input of a resistance to voltage converter using a dual sided supply op-amp. A negative reference voltage will give a positive output. Should be used in situations when you want output at a low degree of bending."



ANEXO U. EXTRACTO DEL DATASHEET XMEGA128A1.

Features

- High-performance, Low-power 8/16-bit Atmel® AVR® XMEGA™ Microcontroller
- Non-Volatile Program and Data Memories
 - 64K - 384K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - 4K - 8K Bytes Boot Section with Independent Lock Bits
 - 2 KB - 4 KB EEPROM
 - 4 KB - 32 KB Internal SRAM
 - External Bus Interface for up to 16M bytes SRAM
 - External Bus Interface for up to 128M bit SDRAM
- Peripheral Features
 - Four-channel DMA Controller with support for external requests
 - Eight-channel Event System
 - Eight 16-bit Timer/Counters
 - Four Timer/Counters with 4 Output Compare or Input Capture channels
 - Four Timer/Counters with 2 Output Compare or Input Capture channels
 - High-Resolution Extension on all Timer/Counters
 - Advanced Waveform Extension on two Timer/Counters
 - Eight USARTs
 - IrDA modulation/demodulation for one USART
 - Four Two-Wire Interfaces with dual address match (I²C and SMBus compatible)
 - Four SPI (Serial Peripheral Interface) peripherals
 - AES and DES Crypto Engine
 - 16-bit Real Time Counter with separate Oscillator
 - Two Eight-channel, 12-bit, 2 Msps Analog to Digital Converters
 - Two Two-channel, 12-bit, 1 Msps Digital to Analog Converters
 - Four Analog Comparators with Window compare function
 - External Interrupts on all General Purpose I/O pins
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Ultra Low Power Oscillator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal and External Clock Options with PLL and Prescaler
 - Programmable Multi-level Interrupt Controller
 - Sleep Modes: Idle, Power-down, Standby, Power-save, Extended Standby
 - Advanced Programming, Test and Debugging Interfaces
 - JTAG (IEEE 1149.1 Compliant) Interface for programming, test and debugging
 - PDI (Program and Debug Interface) for programming and debugging
- I/O and Packages
 - 78 Programmable I/O Lines
 - 100 - lead TQFP
 - 100 - ball CBGA
 - 100 - ball VFBGA
- Operating Voltage
 - 1.6 – 3.6V
- Speed performance
 - 0 – 12 MHz @ 1.6 – 3.6V
 - 0 – 32 MHz @ 2.7 – 3.6V

Typical Applications

- Industrial control
- Climate control
- Hand-held battery applications
- Factory automation
- ZigBee
- Power tools
- Building control
- Motor control
- HVAC



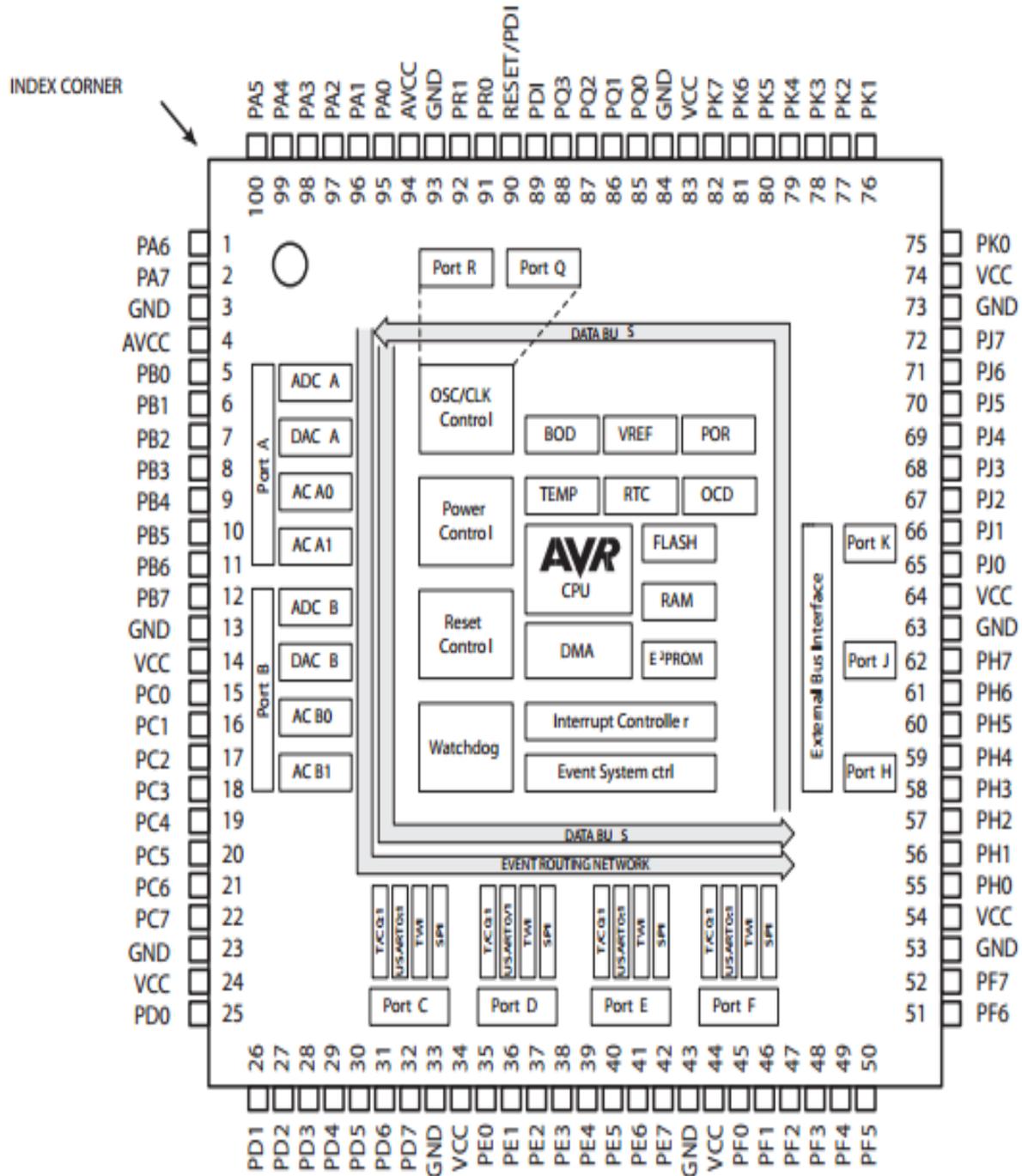
8/16-bit AVR[®]
XMEGA A1
Microcontroller

ATxmega384A1
ATxmega256A1
ATxmega192A1
ATxmega128A1
ATxmega64A1

Preliminary

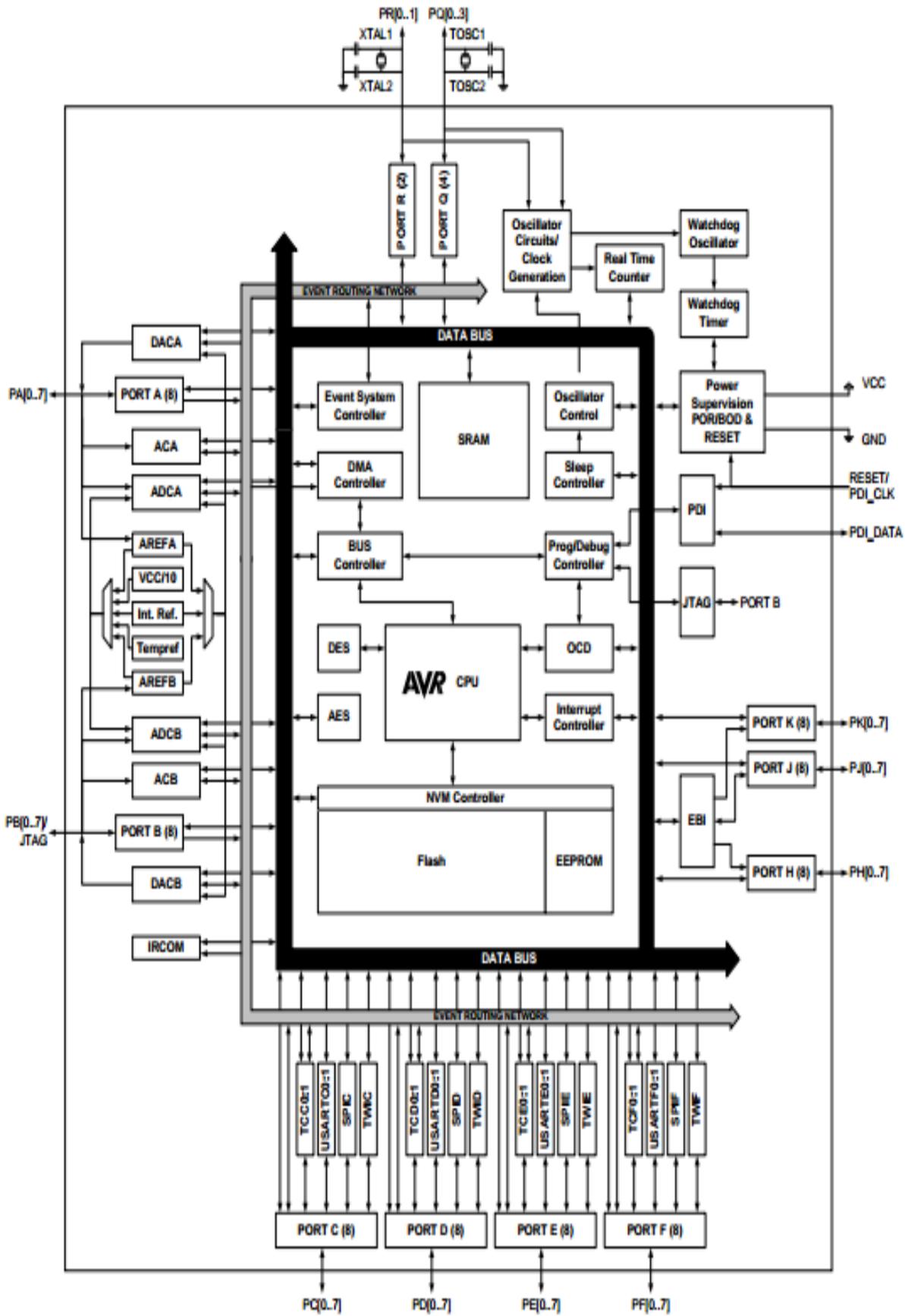
2. Pinout/Block Diagram

Figure 2-1. Block diagram and pinout

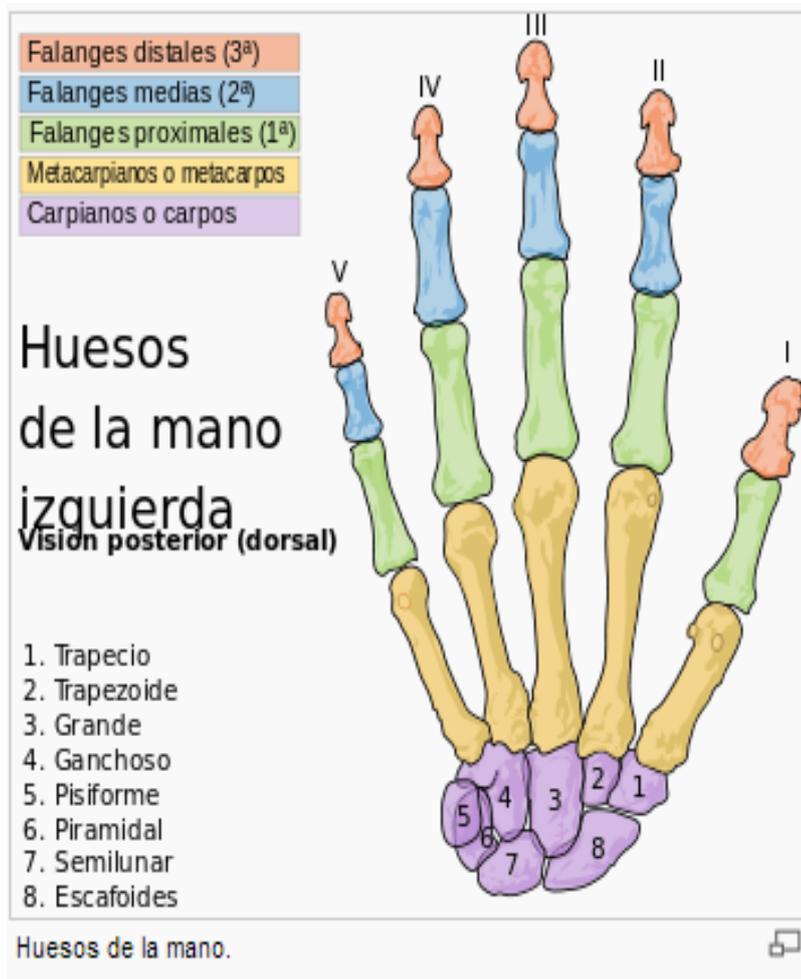


- Notes:
1. For full details on pinout and pin functions refer to "Pinout and Pin Functions" on page 49.
 2. VCC/GND on pin 83/84 are swapped compared to other VCC/GND to allow easier routing of GND to 32 kHz crystal.

Figure 3-1. XMEGA A1 Block Diagram



ANEXO V HUESOS DE LA MANO



Fuente: <http://scielo.isciii.es/scielo.php>.

ANEXO W DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL DISPOSITIVO.

ANEXO X PROGRAMA DEL XMEGA128A1

ANEXO Y. MANUAL DE USUARIO

ANEXO Z. GUIA DEL LENGUAJE POSITIVO³⁴

³⁴ (FENEDIF, 2010)

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Analog Devices. (2009). *ADXL335*. Norwood, MA.
- [2]. Bill Hammack, P. R. (2012). *Eight Amazing Engineering Stories*. Articulate Noise Books.
- [3]. Bishop, R. H. (2002). *The Mechatronics Handbook*. Washington D.C.: CRC PRESS.
- [4]. Constituyente, A. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Montecristi.
- [5]. Creative Commons Attribution-ShareAlike. (2012). *appinventor*, 3.0 . Recuperado el 22 de Marzo de 2013, de <http://appinventor.mit.edu>
- [6]. Diloge. (2012). Digole 12864ZW Module.
- [7]. ELECHOUSE. (2011). *GY - 26 - USART Digital Compass Manual*. Hoja de Datos, Hong Kong.
- [8]. Elechouse. (2011). *GY-26-USART Digital Compass Manual*.
- [9]. FENASEC. (29 de 03 de 2012). *Federación Nacional de Personas Sordas del Ecuador*. Obtenido de <http://www.fenasec.org/node/98>
- [10]. FENEDIF. (2010). *LENGUAJE POSITIVO*.
- [11]. Freescale Semiconductor. (2008). *±1.5g, ±6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer*. Tempe, Arizona: Freescale Semiconductor Inc.
- [12]. Freescale Semiconductor. (2008). *MMA7361L*.
- [13]. Guangzhou HC. (2012). *HC Serial Bluetooth Products*.
- [14]. Honeywell. (2006). *Digital Compass Solution HMC6352*. Plymouth, MN: Honeywell International Inc.
- [15]. iteadstudio.com. (2010). *HC Serial Bluetooth to Serial Port Module*. Shenzhen, China.
- [16]. Jr., N. E. (Verano de 2011). *App Inventor Tutorial 2.0*. Washington D.C., Estados Unidos.
- [17]. Klinshiem, A. N. (2004). *J2ME Bluetooth Programming*. In A. N. Klinshiem, *J2ME Bluetooth Programming* (p. 17). Bergen.
- [18]. Lazaro, M. (2007). *Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel*.

- [19]. Ley de Discapacidades, A. E. (2012). Ley de Discapacidades. En A. N. Ecuador, *Ley de Discapacidades* (pág. 28). Quito.
- [20]. Manual, X. (2012). En ATMEL, *8-bit AVR XMEGA A Microcontroller* (pág. 297).
- [21]. MAYNE, J. (2003). Sensores Acondicionadores y Procesadores de señal.
- [22]. Medavilla, M. F. (17 de 04 de 2013). Dispositivo Traductor. (Autores, Entrevistador)
- [23]. Microchip Technology Inc. (2010). PIC18Fxxk20/24K20/25K20/26K20/43k20/44k20/45k20/46k20.
- [24]. Moreno, A. (23 de 11 de 2011). *Seguridad Movile*. Obtenido de http://www.seguridadmobile.com/Files/Hackmeeting06_BluetoothHacking.pdf
- [25]. Nashelsky, R. L. (1997). *Teoria de Circuitos*. Iztapalapa: Pearson Education.
- [26]. RoHSGuide.com. (31 de Marzo de 2013). *RoHS Guide Compliance*. Obtenido de <http://www.rohsguide.com/rohs-substances.htm>
- [27]. Roldan, D. (2005). *COMUNICACIONES INALAMBRICAS*. MEXICO: ALFAOMEGA.
- [28]. Roving Networks. (2012). *RN-41-DS*. Los Gatos, CA.
- [29]. S.L, I. e. (23 de 11 de 2011). *Microsystems Engineering*. Obtenido de www.microcontroladores.com
- [30]. Sanchez, A. (17 de Abril de 2013). Dispositivo Traductor. (Autores, Entrevistador)
- [31]. *Sensor Workshop at ITP*. (31 de 10 de 2012). Obtenido de <http://itp.nyu.edu/physcomp/sensors/Reports/Flex>
- [32]. Sparkfun. (1 de 03 de 2013). *Sparkfun*. Obtenido de Sparkfun: <http://wiring.org.co/learning/libraries/hmc6352sparkfun.html>
- [33]. ST Microelectronics. (2009). *LIS331HH*. STMicroelectronics.
- [34]. Ulcuango, H. (17 de Abril de 2013). Dispositivo Traductor. (Autores, Entrevistador)
- [35]. Vázquez, B. (2006). Tecnologías inalámbricas de corto alcance: zigbee y bluetooth. Cuenca-Ecuador: UPS.

- [36]. Viñas, L. P. (1998). *Circuitos y Dispositivos Electronicos*. Barcelona: Edicions UPC.
- [37]. Weir, M. (2006). *Calculo*. Pearson Education.
- [38]. XMEGA_MANUAL. (11 de 10 de 2012). ATMEL_datasheet. Obtenido de www.atmel.com
- [39]. XmegaxxA1, D. (2012). En *8/16 AVR XMEGA A1 Microcontroller* (pág. 42).

LINKOGRAFIA

- [1]. XMEGA_MANUAL. (11 de 10 de 2012). ATMEL_datasheet. Obtenido de www.atmel.com
- [2]. Sparkfun. (1 de 03 de 2013). *Sparkfun*. Obtenido de Sparkfun: <http://wiring.org.co/learning/libraries/hmc6352sparkfun.html>
- [3]. *Sensor Workshop at ITP*. (31 de 10 de 2012). Obtenido de <http://itp.nyu.edu/physcomp/sensors/Reports/Flex>
- [4]. Roving Networks. (2012). *RN-41-DS*. Los Gatos, CA. S.L, I. e. (23 de 11 de 2011). *Microsystems Engineering*. Obtenido de www.microcontroladores.com
- [5]. RoHSGuide.com. (31 de Marzo de 2013). *RoHS Guide Compliance*. Obtenido de <http://www.rohsguide.com/rohs-substances.htm>
- [6]. Moreno, A. (23 de 11 de 2011). *Seguridad Movile*. Obtenido de http://www.seguridadmobile.com/Files/Hackmeeting06_BluetoothHacking.pdf
- [7]. Creative Commons Attribution-ShareAlike. (2012). *appinventor*, 3.0 . Recuperado el 22 de Marzo de 2013, de <http://appinventor.mit.edu>
- [8]. FENASEC. (29 de 03 de 2012). *Federación Nacional de Personas Sordas del Ecuador*. Obtenido de <http://www.fenasec.org/node/98>

[9]. [.org/node/98](#)

