



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
UNIDAD ZACATENCO

**“GENERADOR ELECTRÓNICO VISUAL, PARA EL
APRENDIZAJE AUTODIDACTA DE RITMOS DE BATERÍA”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

PRESENTA:

ALANIS MUÑOZ ESTEFANY DOLORES
LÓPEZ ÁVILA EDGAR

ASESORES

Metodológico. Dra. Itzalá Rabadán Malda

Técnico. Ricardo López Macedo

Técnico. Javier Muedano Meneses

MÉXICO D.F. A 3 DICIEMBRE 2010



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
UNIDAD PROFESIONAL " ADOLFO LOPEZ MATEOS"

T E M A D E T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
POR LA OPCION DE TITULACION
DEBERA(N) DESARROLLAR**

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
C. ESTEFANY DOLORES ALANIS MUÑOZ
C. EDGAR LOPEZ AVILA

**"DISEÑO DE UN GENERADOR ELECTRÓNICO VISUAL PARA EL APRENDIZAJE DE
RITMOS DE BATERÍA"**

**FACILITAR EL APRENDIZAJE AUTODIDACTA PARA TOCAR LA BATERÍA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN
DE MEDIOS ELECTRÓNICOS.**

- HISTORIA MUSICAL
- FUNDAMENTOS DE ESCRITURA MUSICAL
- ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE MICROCONTROLADORES AVR ATMEL
- ESCRITURA MUSICAL EN ACÚSTICA
- DEFINICIÓN DE PARÁMETROS MUSICALES
- ANALOGÍA BINARIA E IMPLEMENTACIÓN EN EL INSTRUMENTO MUSICAL
- EVALUACIÓN FINAL DEL PROTOTIPO

MÉXICO D.F. A 20 DE OCTUBRE DE 2011.


ING. JAVIER MUEDANO MENESES

ASESORES


ING. RICARDO LÓPEZ MACEDO


M. EN C. DAVID VAZQUEZ ÁLVAREZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

AGRADECIMIENTO

A MIS PADRES POR MOSTRARME EL CAMINO Y DARME LIBERTAD DE ELECCIÓN.

A MIS HERMANOS AL SER EJEMPLO E INSPIRACIÓN Y TODOS MIS AMIGOS POR HACER DE ESTE CAMINO ENSEÑANZA DE VIDA.

EDGAR LÓPEZ ÁVILA

A MIS PADRES. GRACIAS A SU AMOR, GUÍA Y APOYO, QUE ME HAN LLEVADO A SER QUIEN SOY, POR FORJAR MI CARÁCTER Y ENSEÑARME QUE LA PERSEVERANCIA Y EL ESFUERZO SON EL CAMINO PARA LOGRAR MIS METAS.

A MIS HERMANOS. POR SUS ENSEÑANZAS, SON LA MÁS GRANDE INSPIRACIÓN QUE TENGO EN MI VIDA.

A MI FAMILIA Y AMIGOS POR SU APOYO INCONDICIONAL, NO EXISTE FORMA DE AGRADECER POR LA CONFIANZA QUE ME HAN BRINDADO.

ESTEFANY DOLORES ALANIS MUÑOZ

ÍNDICE

Objetivo	Pág.	
Justificación	2	
Introducción	4	
	6	
CAPITULO 1		
1.1	Reseña inicios de la música	9
1.1.1	Reseña inicios Instrumentos musicales, acústica	11
1.1.2	Estalla la revolución musical	15
1.1.3	La música en los videojuegos	17
		20
1.2	Instrumentos musicales	
1.3	Antecedentes de Microcontroladores	21
1.3.1	Estructura básica de un microcontrolador	22
1.3.2	Núcleo de un microcontrolador	23
1.3.3	Arquitecturas de computadora	23
1.3.4	Arquitectura abierta y arquitectura cerrada	25
1.3.5	Arquitecturas RISC y CISC	26
1.3.6	Características microcontroladores AVR de TMEL	26
1.3.7	Comparación entre microcontroladores	26
1.4	Parámetros de los microcontroladores AVR de Atmel	27
1.4.1	Unidad Aritmética Lógica (ALU)	27
1.4.2	Registro de estatus (Status Register).	27
1.4.3	Registros de propósito general.	28
1.4.4	Apuntador de pila (Stack Pointer).	28
1.4.5	Organización de la memoria..	29
1.5	Arquitecturas	31
1.5.1	Arquitectura Von Neumann y Harvard.	31
1.6	IDE de programación AVR studio de ATMEL.	33
1.7	WinAVR.	33
1.7.1	Módulos y librerías de WINAVR.	34
1.7.2	Tipos de librerías estándar para enteros	34
1.8	Entradas y salidas	34
1.9	Características. Microcontroladores	36
CAPITULO 2		
2.1	Acústica Musical	39
2.1.1	Melodía	39
2.1.2	Línea melódica.	40
2.1.3	Frase melódica.	40
2.1.4	Tonalidad.	40
2.1.5	Modalidad.	40

2.1.6 Transporte.	40
2.1.7 Armonía.	41
2.1.8 Ritmo	41
2.1.9 Símbolos de los sonidos = notas	42
2.1.10 Símbolos de los silencios = pausas	43
2.1.11 La estructura básica	44
2.1.12 El ritmo de la música “tempo”	45
2.1.13 Metrónomo	46
2.2 Estructura de microcontroladores AVR de ATMEL	46
2.2.1 Características de los AVR de ATMEL.	46
2.2.2 Componentes básicos del microcontrolador	48
2.2.3 Reloj.	48
2.2.4 Reset.	48
2.3 Puertos de entrada salida.	49
2.3.1 Registro DDRx.	49
2.3.2 Registro PINx.	49
2.3.3 Registro PORTx.	49
2.4 Interrupciones.	50
2.4.1 Interrupciones externas.	50
2.4.2 Atención a las solicitudes de interrupción.	51
2.4.3 Interrupciones fijas y vectorizadas.	52
2.4.4 Vector de interrupciones del microcontrolador atmega8.	53
2.4.5 Aplicación de Interrupciones externas.	53
2.4.6 GIFR registro de banderas de interrupciones generales.	55

CAPITULO 3

Desarrollo

3.1 Familiarización con el instrumento.	57
3.2 Tempo o velocidades definidas.	58
3.3 Analogía de ceros y unos, con silencio y sonido.	63
3.4 Programación.	64
3.5 Armado de circuitos.	69
3.6 Instrumentación.	72

CAPITULO 4

Conclusiones

Conclusiones.	78
Referencias.	78
Anexos.	80

“GENERADOR ELECTRÓNICO VISUAL PARA APRENDIZAJE DE RITMOS DE BATERÍA”



OBJETIVO

Facilitar el aprendizaje autodidacta para tocar batería, mediante la utilización de medios electrónicos.



JUSTIFICACIÓN



El propósito de este proyecto es el de innovar en el aprendizaje de tocar batería, y dar iniciativa de enrolarse en una disciplina musical, ya que la gran mayoría de la gente, no tiene el tiempo necesario respecto a un horario, para tomar algún curso de esta índole que le permita aprender a tocar batería, por lo tanto se propone la utilización de este método autodidacta, y así proporcionar una base sólida en el conocimiento de dicho instrumento, además de estimular el desarrollo de habilidades en la coordinación de extremidades (pies y manos).

El diseño del dispositivo que se ocupara para estos propósitos, se basa en la aplicación de materias como microcontroladores y acústica musical, haciendo que este proyecto tenga una visión interdisciplinaria.



INTRODUCCIÓN



Incursionar en el mundo musical, avanzando por terrenos desconocidos se puede tener otro punto de vista y discernir en como percibir dos visiones que aparentemente son en extremo diferentes, en la gran mayoría de ocasiones se marca una separación abismal entre el mundo de la ingeniería como ciencia-técnica y la música como arte, siempre bajo contextos diferentes, entonces se tiene la necesidad de concebir una visión que trascienda esta marcada tendencia.

El desarrollo del dispositivo electrónico a diseñar basa su funcionamiento, y su capacidad de poder fomentar el aprendizaje autodidacta, en el encendido de luces colocadas en cada tambor y platillo de este instrumento, teniendo la capacidad de poder variar la dificultad en el adiestramiento, ya que se podrá variar la velocidad en la ejecución de ejercicios y piezas musicales, y todas estas funciones estarán reguladas por un microcontrolador el ATMEGA8515; entonces es necesario el relacionar de manera directa la electrónica y la música, las cuales en principio parecen cuestiones totalmente antagónicas, ya que la electrónica es conocida como ciencia, y la música como arte, pero en realidad se puede contextualizar a la música como una ciencia bajo la razón fundamental que lo que percibimos como música , es un fenómeno físico medible, y lo conocemos como sonido, pero en este contexto se puede decir, que se trata de ondas mecánicas propagadas en un medio elástico, en nuestro caso el aire, bajo esta premisa, decimos que esta disciplina en su punto de vista científico como cualquier otra requiere de un lenguaje propio y especializado, en este caso el lenguaje musical, es definido dentro de escritos conocidos como partituras, las cuales se tomaran como base para el correcto aprendizaje, con esto se establece que es imperativo para propósito de este proyecto, en particular, de su entendimiento o traducción precisas, a un lenguaje comprensible para el tipo de microprocesador que se está utilizando, para tales efectos se requiere tener en cuenta varios conceptos básicos dentro de la música, partiendo de que para poder construir una pieza musical, se requiere tener presente tres conceptos fundamentales que son melodía, armonía y ritmo, para lo cual este ultimo será primordial en el concepto de este trabajo.

La forma de percepción de este nuevo proyecto ha tenido todo tipo de opiniones al respecto, para algunos una idea absurda, otros inútil, o tal vez transgresora de lo ya establecido y tradicional, todas estas visiones obedeciendo una formación marcada y dada, ya sea por músicos profesionales, amateurs, ingenieros metodológicos y demás opiniones un tanto “cuadradas”, pero se tiene de antemano esperada esta reacción, ya que se está abriendo la opción de innovar en los métodos de enseñanza, todo esto bajo la restricción de implementar y diseñar métodos propios para buscar las opciones más adecuadas en la resolución del problema propuesto.



Es por esta razón que se tiene que definir de una manera eficaz el alcance de dicho proyecto, el cual estará enfocado y diseñado para personas, con ningún tipo previo de conocimiento musical, ya que se busca que el aprendizaje se dé por medio de una práctica constante y repetición de movimientos, haciendo que el individuo mecanice los movimientos básicos, en ritmos de batería, en concreto con el conocimiento de lectura en partituras, por lo que se pretende sea un método autodidacta, enfocada a una fase inicial del adiestramiento, ya que se prevé que en un futuro el método sea insuficiente para el desarrollo de un ejecutante más avanzado, es decir únicamente encaminara al individuo en esta disciplina musical.

Entonces lo que se desea reflejar, es simplificar de una manera sencilla, y amigable el deseo de aprender, es decir poder dar sus primeros pasos sin necesidad de frustraciones o de complicaciones en cuanto a factores externos pero cruciales como es la razón del tiempo.

La relación que se maneja en el presente trabajo durante todo el desarrollo desde que se inicia es tener un resultado efectivo duradero de una manera eficaz, la forma de englobar movimientos y técnicas para que las personas puedan desarrollar habilidad motriz, puedan recrearse y además puedan tener un acceso específico en el planteamiento de la música.



CAPITULO 1

ANTECEDENTES



1.1 Reseña inicios de la música

La historia de la música se remonta a inicios del hombre cuando el ser humano comenzó a percatarse de todos los sonidos percibidos y fue enlazándolos hasta identificarlos como una melodía que después llamo música.



Figura 1.1 Inicios en la Prehistoria

La evolución en el hombre ha sido continua, el desarrollo de sus ideas y de toda una cultura en general ha desarrollado sus sentidos y gustos, en un inicio se identifico como instrumento musical a aquel que producía sonidos gratos al oído, quizá solo causaban curiosidad al individuo que lograra percibirlos, poco a poco fueron modificando y buscando la manera de generar nuevos sonidos, gracias al mucho ingenio que se ha dado en el ser humano. Es así como también evoluciona la historia de los instrumentos musicales y por consiguiente de la música misma.

¹La *percusión* es una de las actividades relacionadas con la música, más antigua que existen. Prácticamente desde el comienzo de los tiempos los seres humanos han golpeado, sacudido, raspado o entrechocado elementos que se encontraban en la naturaleza para provocar sonidos o ritmos que les acompañaran en sus quehaceres diarios, o en sus momentos mágicos e incluso, durante sus ratos de "ocio".

¹ Concepto y definición tomada de varias definiciones de internet, entre ellas www.iniciomusical.com, www.elrincondelvago.com, www.blogmusicos.com





Figura 1.2 Principio de la Percusión Un hombre golpeando 2 Piedras

²El origen de la batería radica en la unión, por 1890, de unos cuantos instrumentos: los tambores y los timbales, que surgen de África y China, los platillos, que derivan de Turquía y también de China, y el bombo, de Europa. Tenemos entonces, que el instrumento “batería acústica” se comenzó a popularizar en los bares estadounidenses hacia los 1900.



Figura 1.3 Representación de la batería hacia 1900.

Conforme avanzo el tiempo fueron surgiendo figuras audaces que se vieron en la necesidad de mezclar arte e ingenio, de poder fundir la música y la electrónica que son de las muchas maravillas de la vida, viendo así florecer un magnífico resultado

² Introducción teórica en base a libros y recitas, tales como revista para músicos 3era edición

los” instrumentos electrónicos” que en el momento de ser creados y presentados públicamente no acapararon por mucho la atención de los espectadores, lo cual trajo como consecuencia que fueran arrumbados para continuar ingeniando formas de producir nuevos sonidos.

Hoy en día estos instrumentos ocupan un buen nivel de aceptación en audiencia, tras haberse posicionado en los gustos la comodidad y en el enfoque de desarrollo siempre para mejora en donde el único límite es la imaginación.

1.1.1 Reseña inicios Instrumentos musicales, acústica

La música históricamente se puede clasificar por consideraciones estilísticas, y esto es debido a las diferentes maneras de interpretación por parte de los artistas en esta disciplina. Dadas estas características podemos hacer tres grandes clasificaciones las cuales son: Edad antigua, edad media y edad moderna. Dentro de estas clasificaciones nos enfocaremos principalmente en el desarrollo moderno.

³Remontando hacia el año de 1700 en la antigüedad donde es descubierta la teoría musical, en donde este hecho da pie al nacimiento de una nueva ciencia llamada Acústica (1700-1865) durante este periodo se realizaron varios estudios en cuestión de sonido y acústica varios mitos fueron acompañando la evolución en estos días, así como la actitud general acerca de la innovación de la música y el sonido que combinando una mejor perspectiva, esto trajo como consecuencia que las ideas fueron más abiertas y creativas.

⁴A finales de 1800's, se generó un crecimiento en los compositores por usar tecnologías que iban emergiendo y pensaron que podían ser aplicadas para el propósito de la música, se ha de recalcar que la gran mayoría de los inventos fueron descubiertos por los considerados hoy ingenieros que en su afán de plasmar sus conocimientos descubrieron propiedades musicales acerca de las tecnologías con las cuales tuvieron oportunidad de trabajar y desenvolverse

Entre las primeras invenciones están:

³ Referencia tomada de documentos encontrados en internet retomada de historia de la música y principios de la música e introducción musical

⁴ Referencia virtual historia de la musica



Telegrafo Musical

⁵Elisha Gray (1835-1901) pudo haber sido conocido como el inventor del teléfono si Alexander Graham Bell no hubiera ido a la oficina de patente una hora antes que él. Aun así, el fue en la historia conocido como el creador de instrumentos musicales electrónicos – una oportunidad para el producto de su tecnología telefónica.

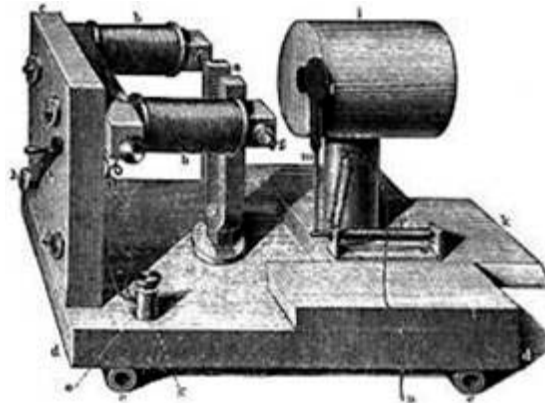


Figura 1.4 Telegrafo musical desarrollado

Lampara Arco de Carbón

⁶El predecesor del foco de Thomas Alba Edison en los Estados Unidos fue la lámpara arco de carbón. Esta lámpara de calle fue puesta en Europa, aunque tenía un ruido muy fuerte. William Duddell se apuntó a resolver el problema en Londres en 1899. Durante sus experimentos, encontró que variando el voltaje en la lámpara podía crear frecuencias de audio controlables de un circuito de resonancia causado por el rango de pulsación expuesto por los arcos eléctricos. Por la creación de un teclado hecho por los arcos de la lámpara, creo uno de los primeros instrumentos electrónicos.

⁵ Historia de los instrumentos unión de documentos encontrados por medio de internet

⁶ Historia de los instrumentos unión de documentos encontrados por medio de internet



Figura 1.5 Lámpara Arco de Carbón

Telarmonium

⁷Considerado uno de los instrumentos electromecánico más notorios, hecho por Thaddeus Cahill en 1897. Creado para ser escuchado usando un receptor telefónico. La versión Mark II pesaba alrededor de 200 toneladas y media en la proporción de un cuarto. En 1906 un pequeño número de presentaciones con audiencia en vivo en Nueva York les dieron conos de papel para escuchar la transmisión telefónica.

Los inicios de la música electrónica se remontan a mucho antes de lo que podemos creer. Debemos situarnos hacia el siglo XIX, cuando se crearon, y pasaron de forma desapercibida para el público de entonces, extraños instrumentos musicales parcialmente eléctricos, tales como el Clavicémbalo Eléctrico, los Pianos Electromagnéticos o el Arco Cantante. Las referencias que se conservan hoy son escasas y confusas, dado que tales inventos no recibieron por parte de la sociedad una atención mayor que la propia de raros aparatos o incluso los llegaron a llamar cachivaches de feria.

Aún así, en Alemania ya existían periodistas técnicos que profetizaban el nacimiento de la **música electrónica**, manifestando, ante la incompreensión y la burla de sus contemporáneos, que la electricidad sería en el futuro responsable de un giro total en la concepción instrumental de la música.

El primer instrumento enteramente electrónico fue el Telarmonio Figura 1.1, inventado en 1900 por **Thaddeus Cahill**. La música interpretada con este aparato se realizaba directamente en el domicilio de quien lo solicitaba por medio de las recientes redes telefónicas en ese entonces.

⁷ Historia de los instrumentos unión de documentos encontrados por medio de internet

Esto supuso además la primera experiencia de Hilo Musical. Aquella fue la época en que germinó el espíritu científico que habría de hacer posible con el paso de las décadas la revolución de los instrumentos eléctricos dentro de la música, desde los más simples como la guitarra y el órgano eléctricos, a los más complejos como el sintetizador y el sampler que son de mayor auge actualmente. Sin embargo, durante aquellos años, los instrumentos electrónicos y la propia **música electrónica** fueron dominio exclusivo de inventores solitarios, generalmente incomprendidos por una sociedad victoriana aferrada a los conceptos musicales tradicionales.



Figura 1.6 Telarmonio

⁸El ruso **Lev Termen** (1919-1920). (o **Lev Theremin** en la transcripción francesa) creó el Termenvox, conocido también como Theremin (derivado de su apellido). Este instrumento carecía de teclado. Las notas sonaban moviendo las manos ante unas antenas que surgían del aparato,. Este es el único primer instrumento musical diseñado para ser sonado sin ser tocado. Esto consiste en dos radiofrecuencias oscilatorias y dos antenas metálicas..

Terpsitone que es considerado como una especie de hermano mayor del Termenvox, capaz de ampliar su acción musical al movimiento de todo el cuerpo, con lo cual, tocar este instrumento se efectuaba mediante la danza. El Ritmicon era un precursor de los actuales secuenciadores. Además de estos instrumentos, **Lev Termen** diseñó un violoncelo eléctrico, una primitiva caja de ritmos, y un instrumento electrónico provisto de teclado. **Hugo Gernsback**, inventor del término **ciencia-ficción**, y editor de relatos de ese género, diseñó el Pianorad, dotado de un teclado polifónico.

Posteriormente durante los 30's y 40's los órganos eléctricos tenían ya una creciente presencia, y la guitarra eléctrica hacia su aparición. Aunque sus

⁸ Historia de los instrumentos unión de documentos encontrados por medio de internet

posibilidades sonoras no permitían gran experimentación sonora, sí propiciaron un salto más allá de toda la música que existía entonces. Ese salto fue el Rock. De no haberse inventado la guitarra eléctrica, el Rock no existiría, o al menos se parecería muy poco a lo que conocemos.

En los años cincuenta, se realizaron algunos prototipos de sintetizador. Eran máquinas mucho más evolucionadas que cualquiera de los instrumentos no acústicos, pero resultaban muy difíciles de manejar y mantener. Su tamaño era ocupaban una sala entera.

1.1.2 Estalla la revolución musical

⁹Los años cincuenta fueron el escenario para la condensación progresiva de la revolución musical incubada durante los últimos trescientos años. La punta de lanza de esta revolución fue el Rock. Es conocido por todos el alcance de esta ola universal, la convulsión no sólo musical sino también social, cultural, psicológica, artística e incluso política que afectó a todo el mundo, removió los cimientos de la concepción victoriana de la sociedad occidental, y que introduciría de forma definitiva a la electrónica dentro de la música. Innecesario relatar los inicios del Rock, del Pop el acelerado crecimiento de su audiencia, y el impacto causado en las generaciones jóvenes, la más receptiva entonces. En la cresta de esa ola, a mediados de los sesenta, con los Beatles convulsionando a las masas y la guitarra eléctrica endiosada, había una irrefrenable necesidad colectiva de cambio a todos los niveles. Al mismo tiempo, se estaba desarrollando un salto importantísimo en materia de tecnología musical. El técnico y el músico empezaban a colaborar en forma conjunta, cuando no eran la misma persona.



Figura 1.7 Representación de la Revolución musical

⁹ Historia de los instrumentos unión de documento de Antecedentes musicales, música y electrónica encontrados por medio de internet

La música elaborada con sintetizadores y otros instrumentos musicales electrónicos no tardara en despertar el entusiasmo de las masas. Como al principio el interés se centrará más en la espectacularidad de los sonidos que en la música elaborada con ellos.

El ser humano es curioso por naturaleza. Lo nuevo ejerce sobre él una poderosa atracción.

Se encuentran nuevas tecnologías y el único límite es la imaginación, se han generado instrumentos electrónicos que conllevan a un buen aprendizaje se han basado en marcas diversas dedicadas al diseño de instrumentos tal es el caso de CASIO cual lema era ¹⁰“Introdúzcase fácilmente en el mundo de la música gracias al sistema de aprendizaje de teclas luminosas”, el objetivo principal, poder aprender a tocar piezas musicales con el teclado luminoso. El proceso sería sencillo el usuario aprendería a tocar el teclado electrónico de forma sencilla ya que las teclas luminosas indicarían la tecla que debe apretar y el ritmo en que se debe hacer con facilidad de selección de piezas musicales.



Figura 1.8 Teclas musicales Casio

El progreso cada vez se hace más notable nuevas generaciones y la innovación en tecnología los instrumentos musicales han llegado hasta los videojuegos tal como Sony lo ha implementado en la actualidad tal como su video juego llamado ROCK BAND para su consola de play station 2 y posteriormente con versión para play station 3 , esta tecnología fue representada también para otras consolas como es el X-box/ X-box 360 su videojuego nombrado guitar Hero que inicialmente solo era manipulación de una guitarra se convirtió posteriormente en una banda completa es decir se implemento batería, guitarra , bajo y micrófono para vocalista.

¹⁰ Información tomada de artículos hechos al instrumento en 1995 para casio teclas mágicas

1.1.3 La música en los videojuegos

Tal como se describe la tecnología se hace presente en juegos de video, la música tomo un papel importante, empezó a revolucionar la industria con el lanzamiento de *Guitar Hero* (2005) y *Guitar Hero II* (2006).¹¹ Desarrollado por Harmonix y publicado por RedOctane, estos juegos fueron concebidos como un homenaje a la gloria eterna del rock and roll de guitarra. *Guitar Hero* presenta un controlador de guitarra diseñada especialmente para que los jugadores golpeen una "barra de rasqueo" a ritmo de la música siguiendo las secuencias desplegadas en la pantalla de un televisor o LCD, y para navegar trastes como lo harían en una guitarra real. Los gráficos y la historia han sido diseñados para llevar a los jugadores en la experiencia de rock en vivo, con detalles de la vida real que los músicos reconocen. *Guitar Hero* fue uno de los Premios de Logro Interactivos (Interactive Achievement Awards) ganador en 5 categorías, una premiación de juegos con opción de relevador (Game Developers Choice Awards) ganador en dos categorías, y un candidato para el Juego del Año en los dos.¹² *Guitar Hero II* sigue siendo uno de los primeros 10 juegos de rating en la historia de la PlayStation 2.



Figura 1.9 video Juego Guitar Hero

Con *Rock Band*, Harmonix hizo realidad el sueño de crear un juego que podía convertir cualquier grupo de amigos en una banda de rock, incluso para jugar en línea, con la opción a interactuar en línea y contactar con desconocidos y convertirlos en una banda completa, con guitarras, bajo, batería y voz.

¹¹ Información retomada de la pagina desarrolladora de ps3 y rock band www.harmonix.com

¹² Información retomada de la pagina desarrolladora de Ghitar Hero en conjunto con X-box Armonix www.armonix.com



Figura 1.9 Rock Band

Tanto la versión original y la secuela de Harmonix tuvo marcas de juego adictiva, gráficos deslumbrantes y bandas sonoras de asesinos a nuevas alturas. El juego se convirtió en un best-seller y se recoge un montón de excelentes críticas y una bandas populares pocos quedan atrapados en la cámara de interferencia a sus propias canciones.

Es aquí cuando la popularidad llega a los videojuegos en especial las series musicales Rock Band la versión para consolas, Rock Band permite jugar una partida rápida u optar por el modo de carrera en el que se avanza hacia nuevas ciudades a medida que se completan diferentes canciones con éxito. Comparado con otros juegos musicales.

¹³La batería de Rock Band es uno de los instrumentos que tenían que parecerse más a los de verdad, razón por la cual se han implementado formas de mejora en esta serie y han cambiado dependiendo a la versión hasta llegar a ver un dispositivo que permita utilizar tambores reales con el popular videojuego.¹⁴ El GM-1 de Omega de Tecnología Musical (Music Technology) es el primer componente de este tipo para Rock Band, y hasta puede ser adquirido con una batería Pearl. Ver Figura 1.10.

Consiste en varios sensores conectables a las distintas piezas del conjunto, diseñados para detectar la “velocidad y precisión” del jugador.

Por otra parte ahora se da un paso más Rock Band llega al iPhone y iPod touch con una adaptación de muy buena calidad. El juego permite elegir entre cuatro instrumentos diferentes, bajo, guitarra, batería o voz. Cada uno de los instrumentos proporciona una forma de juego ligeramente diferente.

¹³ Documento retomado de artículo especial hecho para la nueva batería de rock band

¹⁴ Reportaje <http://www.matuk.com/2010/01/12/12667/>



Figura 1.10 GM-1 OMEGA de Tecnología Musical

En estas aplicaciones para todos los instrumentos podemos seleccionar el nivel de dificultad entre fácil, medio o difícil, de acuerdo a tu nivel de experiencia. Además algunas de las canciones presentan un nivel de dificultad mayor que otras.

¹⁵Al igual que en RockBand para consola posee un modo multi-jugador que permite conectar hasta 4 dispositivos (sólo a través de Bluetooth) y formar una verdadera banda de rock.

En el iPod o iPod touch el juego recomienda utilizar los dos pulgares, lo que al principio resulta un poco incómodo, pero es la mejor forma de poder seguir las secuencias de notas en los niveles medio o difícil. El juego viene con 20 canciones, cuya calidad de sonido es muy buena. La selección de canciones elegidas para el juego es buena, y se puede comprar y descargar más canciones dentro de la aplicación. El juego está a la altura del resto de los títulos de la franquicia Rock Band, tiene excelentes gráficos, jugabilidad adecuada para las limitaciones de este tipo de dispositivo y buena música, sólo que se me hace un poco difícil decir que vale los 10 dólares, cuando otros juegos de este tipo para iPhone cuestan mucho menos.



Figura 1.11 Rock Band para Iphone/ipod touch

¹⁵ Nuevas tecnologías Rock Band

1.2 Instrumentos musicales

Se describirán las familias de instrumentos musicales, con las características desde un punto de vista acústico.

¹⁶La primera característica que se analizara de un instrumentos sonoro es el llamado “rango dinámico de potencia” que es la diferencia entre el valor máximo de potencia acústica y el valor mínimo que es capaz de producir dicho instrumento, tomando como ejemplo la voz humana que tiene un rango dinámico comprendido entre los 0.001 microwatts (MW) de potencia media para los sonidos más débiles y llegando en los valores más fuertes a valores de potencia media de 1000 microwatts.

“Rango dinámico en frecuencia”, característica que refiere a la diferencia que existe entre el límite superior de la frecuencia fundamental que es capaz de producir con el de su límite inferior del mismo instrumento. Teniendo en cuenta que la frecuencia fundamental define el tono, la altura o nota dentro de la escala musical. Pero también se debe considerar que los instrumentos también generan sonidos armónicos o concomitantes, cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental, pero sus amplitudes de estas señalen van decayendo a partir de la fundamental hasta llegar a los armónicos más elevados. Así tenemos que el timbre de un instrumento sonoro, está constituido por los armónicos y parciales que acompañan a la fundamental, por lo que esto define o da el toque característico a cada instrumento o grupo de instrumentos.

Hablando en específico de la voz, que posee un rango dinámico en frecuencias de algo más de dos octavas, en el cual las mujeres están una octava por debajo a la de los hombres, con valores aproximados en el caso de una soprano de 262 a 1046 Hz y en el caso de un tenor entre 147 a 523 Hz. Pero el intervalo entre voz aguda y voz grave en un mismo sexo, no alcanza a superar una octava, pero la impresión es diferente debido a los armónicos y parciales.

Se definen varios grupos de instrumentos debido a como producen el sonido ya sea por la vibración de:

- 1) Cuerdas en tensión.
- 2) Columnas de aire dentro de tubos de madera o metal.
- 3) Pieles en tensión.
- 4) Barras, discos y bloques de madera.

¹⁶ Introducción musical



1.3 Antecedentes de Microcontroladores

En los años 70 del siglo XX, la electrónica digital no estaba suficientemente desarrollada, pero dentro de la electrónica ya era una especialidad consagrada. En aquel entonces las computadoras se diseñaban para que realizaran algunas operaciones muy simples, y si se quería que estas máquinas pudiesen hacer cosas diferentes, era necesario realizar cambios bastante significativos al hardware.

A principios de los años 70, una empresa japonesa le encargó a una joven compañía norteamericana que desarrollara un conjunto de circuitos para producir una calculadora de bajo costo. INTEL se dedicó de lleno a la tarea y entre los circuitos encargados desarrolló uno muy especial, algo no creado hasta la fecha: el primer microprocesador integrado.

¹⁷El 4004 salió al mercado en 1971, es una máquina digital sincrónica compleja, como cualquier otro circuito lógico secuencial sincrónico. Sin embargo, la ventaja de este componente está en que aloja internamente un conjunto de circuitos digitales que pueden hacer operaciones corrientes para el cálculo y procesamiento de datos, pero desde una óptica diferente: sus entradas son una serie de códigos bien definidos, que permiten hacer operaciones de carácter específico cuyo resultado está determinado por el tipo de operación y los operandos involucrados.

Visto así, no hay nada de especial en un microprocesador; la maravilla está en que la combinación adecuada de los códigos de entrada, su ejecución secuencial, el poder saltar hacia atrás o adelante en la secuencia de códigos en base a decisiones lógicas u órdenes específicas, permite que la máquina realice un montón de operaciones complejas, no contempladas en los simples códigos básicos.

Hoy estamos acostumbrados a los sistemas con microprocesadores, pero en el “lejano” 1971 esta era una forma de pensar un poco diferente y hasta escandalosa, a tal punto que Busicom, la empresa que encargó los chips a INTEL, no se mostró interesada en el invento, así que INTEL puso manos a la obra y lo comercializó para otros que mostraron interés; y bueno, el resto de la historia: una revolución sin precedentes en el avance tecnológico de la humanidad.

Es lógico pensar que el invento del microprocesador integrado no fue una revelación divina para sus creadores, sino que se sustentó en los avances, existentes hasta el momento, en el campo de la electrónica digital y las teorías sobre computación. Pero sin lugar a dudas fue la gota que colmó la copa de la revolución científico-técnica, porque permitió desarrollar aplicaciones impensadas o acelerar algunas ya encaminadas. La conclusión es simple, el mundo era uno antes del microprocesador

¹⁷ Información tomada de apuntes hechos en la Materia de Microcontroladores de 7mo semestre de la Carrera ICE



y otro después de su invención, piense en un mundo sin microprocesadores y se encontrará remontado a los años 70 del siglo XX.

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y unidades de E/S (entrada/salida).

Los microcontroladores diseñados para reducir el costo y consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bit) por que sustituirá a un autómata finito. En cambio un reproductor de música y/o vídeo digital (mp3 o mp4) requerirá de un procesador de 32 bit o de 64 bit y de uno o más Códec de señal digital (audio y/o vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un microcontrolador de 16 bit, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil.

Los microcontroladores representan la inmensa mayoría de los chips de computadoras vendidos, sobre un 50% son controladores "simples" y el restante corresponde a DSPs más especializados. Mientras se pueden tener uno o dos microprocesadores de propósito general en casa (vd. está usando uno para esto), usted tiene distribuidos seguramente entre los electrodomésticos de su hogar una o dos docenas de microcontroladores. Pueden encontrarse en casi cualquier dispositivo electrónico como automóviles, lavadoras, hornos microondas, teléfonos, etc.

Un microcontrolador difiere de un ordenador normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de chips externos de apoyo.

1.3.1 Estructura básica de un microcontrolador

¹⁸Puede encontrarse al microcontrolador metido dentro de un encapsulado de circuito integrado, con su procesador (CPU), buses, memoria, periféricos y puertos de entrada salida. Fuera del encapsulado se ubican otros circuitos para completar periféricos internos y dispositivos que pueden conectarse a los pines de entrada/salida. También se conectarán a los pines del encapsulado la alimentación, masa, circuito de completamiento del oscilador y otros circuitos necesarios para que el microcontrolador pueda trabajar.

¹⁸ Información tomada de apuntes realizados en el 7mo semestre en la asignatura de microcontroladores de la carrera (ICE)



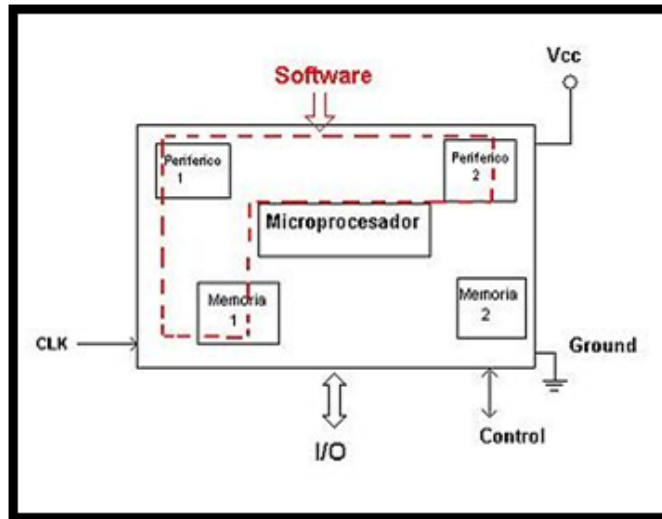


Figura 1.12 Esquema de un microcontrolador.

1.3.2 Núcleo de un microcontrolador

Si el microcontrolador es una computadora dentro de un circuito integrado, se compone de un núcleo y un conjunto de circuitos adicionales. Dentro del núcleo se encuentran el procesador y la memoria, todo ello estructurado de forma tal que conforme una arquitectura de computadora.

1.3.3 Arquitecturas de computadora

¹⁹Básicamente existen dos arquitecturas de computadoras, y por supuesto, están presentes en el mundo de los microcontroladores: Von Neumann y Harvard. Ambas se diferencian en la forma de conexión de la memoria al procesador y en los buses que cada una necesita.

La arquitectura Von Neumann es la que se utiliza en las computadoras personales, para ella existe una sola memoria, donde coexisten las instrucciones de programa y los datos, accedidos con un bus de dirección, uno de datos y uno de control.

Hay comprender que en una PC, cuando se carga un programa en memoria, a éste se le asigna un espacio de direcciones de la memoria que se divide en segmentos, de los cuales típicamente tendremos los siguientes: código (programa), datos y pila.

¹⁹ Traducción Realizada de; l manual Microcontroller with 8k bytes In-System Programmable Flash

Es por ello que podemos hablar de la memoria como un todo, aunque existan distintos dispositivos físicos en el sistema (HDD, RAM, CD, FLASH).

En el caso de los microcontroladores, existen dos tipos de memoria bien definidas: memoria de datos (típicamente algún tipo de SRAM) y memoria de programas (ROM, PROM, EEPROM, FLASH u de otro tipo no volátil). En este caso la organización es distinta a las de las PC, porque hay circuitos distintos para cada memoria y normalmente no se utilizan los registros de segmentos, sino que la memoria está segregada y el acceso a cada tipo de memoria depende de las instrucciones del procesador.

A pesar de que en los sistemas integrados con arquitectura Von Neumann la memoria esté segregada, y existan diferencias con respecto a la definición tradicional de esta arquitectura; los buses para acceder a ambos tipos de memoria son los mismos, del procesador solamente salen el bus de datos, el de direcciones, y el de control. Como conclusión, la arquitectura no ha sido alterada, porque la forma en que se conecta la memoria al procesador sigue el mismo principio definido en la arquitectura básica.

Esta arquitectura es la variante adecuada para las PC, porque permite ahorrar una buena cantidad de líneas de E/S, que son bastante costosas, sobre todo para aquellos sistemas como las PC, donde el procesador se monta en algún tipo de socket alojado en una placa madre (motherboard). También esta organización les ahorra a los diseñadores de motherboards una buena cantidad de problemas y reduce el costo de este tipo de sistemas.

Algunas familias de microcontroladores como la INTEL-51 y la Z80 implementan este tipo de arquitectura, fundamentalmente porque era la utilizada cuando aparecieron los primeros microcontroladores.

La otra variante es la arquitectura Harvard, y por excelencia la utilizada en supercomputadoras, en los microcontroladores, y sistemas integrados en general. En este caso, además de la memoria, el procesador tiene los buses segregados, de modo que cada tipo de memoria tiene un bus de datos, uno de direcciones y uno de control.

La ventaja fundamental de esta arquitectura es que permite adecuar el tamaño de los buses a las características de cada tipo de memoria; además, el procesador puede acceder a cada una de ellas de forma simultánea, lo que se traduce en un aumento significativo de la velocidad de procesamiento, típicamente los sistemas con esta arquitectura pueden ser dos veces más rápidos que sistemas similares con arquitectura Von Neumann.

La desventaja está en que consume muchas líneas de E/S del procesador; por lo que en sistemas donde el procesador está ubicado en su propio encapsulado, solo se



utiliza en supercomputadoras. Sin embargo, en los microcontroladores y otros sistemas integrados, donde usualmente la memoria de datos y programas comparten el mismo encapsulado que el procesador, este inconveniente deja de ser un problema serio y es por ello que encontramos la arquitectura Harvard en la mayoría de los microcontroladores.

Los microcontroladores están presentes en productos electrónicos que empleamos en la vida cotidiana. Existen en el mercado gran variedad de modelos y aplicaciones. Sin embargo, a pesar de su diversidad, hay unidad en los principios de funcionamiento y en las arquitecturas de muchos microcontroladores.

Una microcomputadora. Se compone de tres bloques fundamentales: la Unidad Central de Proceso (CPU), la memoria, la entrada y salida. Los bloques se conectan entre si mediante grupos de líneas eléctricas denominadas buses. Los buses pueden de direcciones (si transportan direcciones de memoria o de entrada y salida), de datos (si transportan datos o instrucciones) o de control (si transportan señales diversas).

La CPU se ocupa de traer las instrucciones del programa desde la memoria, interpretarlas y hacer que se ejecute. La CPU también incluye los circuitos para realizar las operaciones aritméticas y lógicas elementales con los datos binarios, en la denominada Unidad aritmética lógica.

Los microcontroladores son diseñados para ser empleados en aplicaciones puntuales, es decir, aplicaciones donde los microcontroladores deben realizar un pequeño número de tareas, al menor costo posible. En estas aplicaciones el microcontrolador ejecuta un programa almacenado permanente en su memoria, el cual trabaja con algunos datos almacenados temporalmente e interactúa con el exterior a través de las líneas de entrada salida de que dispone.

1.3.4 Arquitectura abierta y arquitectura cerrada

²⁰Una arquitectura abierta es aquella que puede ampliarse después de la construcción de un sistema, generalmente añadiendo circuitos. Una arquitectura cerrada que es lo opuesto a una abierta, es decir suelen utilizarse en computadoras o equipos especializados que no requiere modificaciones o ampliaciones de ningún tipo.

²⁰ Traducción realizada del Manuela de Microcontroladores AVR



1.3.5 Arquitecturas RISC y CISC

²¹CISC (Complex Instruction Set computer) y RISC (Reduced Instruction Set Computer) son dos modelos generales de computadoras. Una computadora CISC tiene un repertorio de instrucciones complejo y una computadora RISC tiene un repertorio de instrucciones reducido.

1.3.6 Características microcontroladores AVR de TMEL

Los microcontroladores son dispositivos construidos con tecnología CMOS, para tener menor consumo de energía, de 8 bits basados en arquitectura RISC, capaces de ejecutar instrucciones en cada ciclo de reloj y una estructura bien definida de entradas/salidas (I/O) que limitan el uso de dispositivos externos.

- ❖ Poseen osciladores internos, timers, USART, SPI, PWM, ADC, watch-dog timer, comparadores analógicos entre otras cosas.
- ❖ Soportan programación en ensamblador y en lenguaje C
- ❖ Programación ISP (In System Programming)
- ❖ Alto desempeño y bajo consume de energía (<1 μ A en estado apagado, 1.1 mA. En activo).
- ❖ Cuenta con una gama de instrucciones sencillas que operan con 32 registros de propósito general.

1.3.7 Comparación entre microcontroladores

Para efectos prácticos se analizan las diferencias que existen entre las familias de microcontroladores como se muestra en la Tabla 1.1.

²¹ Traducción REalizada del Manual d eMicrocontroladores AVR Capitulo 1



²²Tabla 1.1 Diferencia entre varias familias de microcontroladores

Tarea a realizar	Tiempos empleados para desarrollar la tarea en μ s			
	MSP 430 TI	ATmega323 Atmel	PIC18F452 Microchip	Rabbit 2000
Suma de 16 bits	27	40.4	71.6	63.6
Multiplicación de 16 bits	72.4	60.8	193	80
División de 16 bits	480	538	940	608
Multiplicación de 32 bits	182	191	344	286
Resta de 32 bits	57.2	75.6	76.4	172
Ordenamiento de burbuja	992	834	3330	6380
Movimiento y comparación de bloques de memoria	6750	5800	12400	6360
Saltos condicionales	131.2	143.6	169	242
Pushing & popping	314	258	412	426
Frecuencia de prueba	8 MHz	8 MHz	20 MHz	22.1 MHz

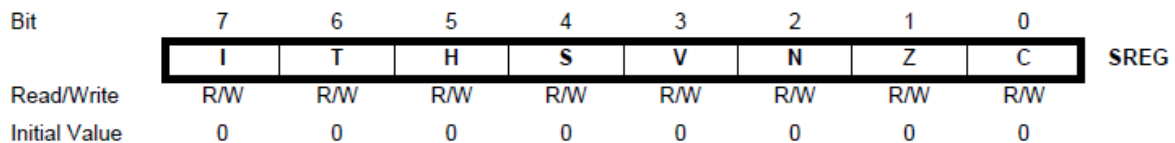
1.4 Parámetros de los microcontroladores AVR de Atmel

1.4.1 Unidad Aritmética Lógica (ALU)

²³La ALU opera en conexión directa con los 32 registros de propósito general del AVR. Está dividida en tres categorías: aritmética, lógica y funciones de bits. Soportando inclusive operaciones de multiplicación en algunos dispositivos.

1.4.2 Registro de estatus (Status Register).

²⁴Contiene información acerca de las operaciones aritméticas realizadas más recientemente. Esta información puede ser utilizada para alterar el flujo del programa o realizar operaciones condicionales.



²⁵Figura1.13 Representación de un Estado de Registro (SREG)

²² Tabla tomada de Manual Microcontroladores AVR

²³ Traducción Manual de Microcontroladores capítulo 1

²⁴ Traducción Manual de Microcontroladores Capítulo 1

²⁵ Figura tomada de Manual de Microcontroladores de Capítulo 1



- Bit 7- I: habilitación global de interrupciones.
- Bit 6 - T: almacenamiento de bit de copia.
- Bit 5 – H: bandera de medio acarreo.
- Bit 4 – S: bandera de signo, $S=N \oplus V$.
- Bit 3 – V: bandera de sobre flujo de complemento a 2.
- Bit 2 – N: bandera negativa.
- Bit 1 – Z: bandera de cero.
- Bit 0 – C: bandera de acarreo.

1.4.3 Registros de propósito general.

	7	0	Addr.	
General Purpose Working Registers	R0		\$00	
	R1		\$01	
	R2		\$02	
	...			
	R13		\$0D	
	R14		\$0E	
	R15		\$0F	
	R16		\$10	
	R17		\$11	
	...			
	R26		\$1A	X-register Low Byte
	R27		\$1B	X-register High Byte
	R28		\$1C	Y-register Low Byte
	R29		\$1D	Y-register High Byte
	R30		\$1E	Z-register Low Byte
	R31		\$1F	Z-register High Byte

²⁶Figura. 1.14 AVR Registro de Propósito General

1.4.4 Apuntador de pila (Stack Pointer).

Empleado para almacenar direcciones de regreso después de interrupciones o llamadas a subrutinas, además de almacenar datos temporales o variables locales. El stack pointer siempre apunta a la parte más alta de la pila de datos de la SRAM. El

²⁶ Figura tomada Manual de AVR

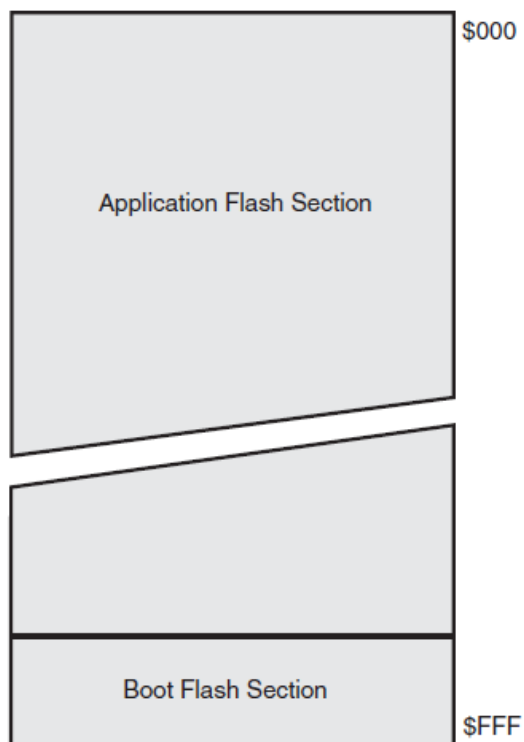


espacio del stack debe ser definido por el usuario antes de la ejecución de un regreso de interrupción o subrutina. Ver Figura 2.9.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8	SPH
	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	SPL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 1.15 Representación Apuntador de pila

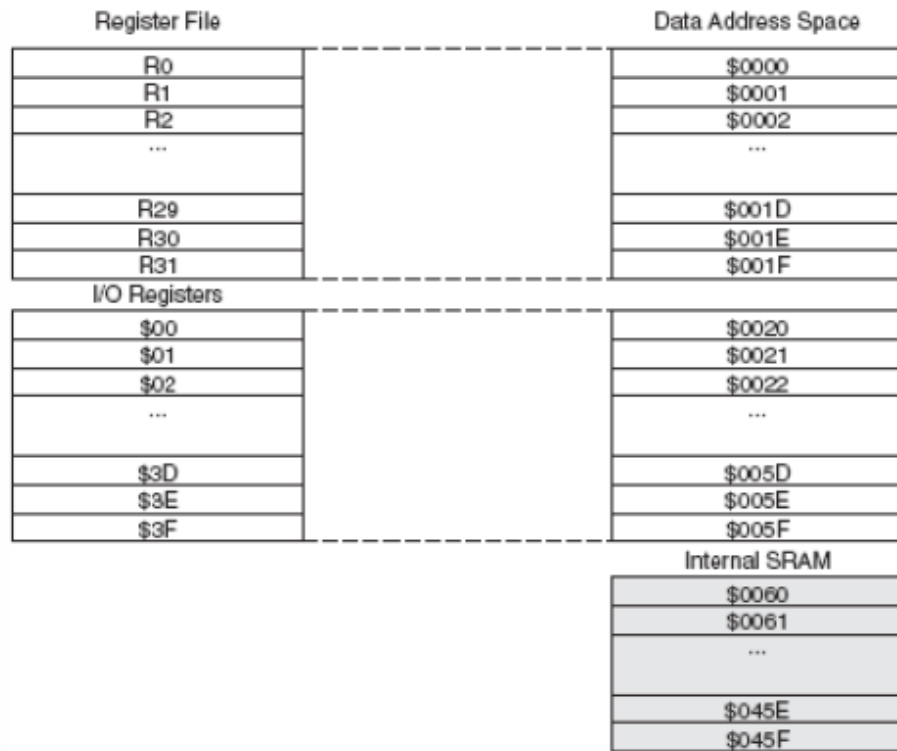
1.4.5 Organización de la memoria.



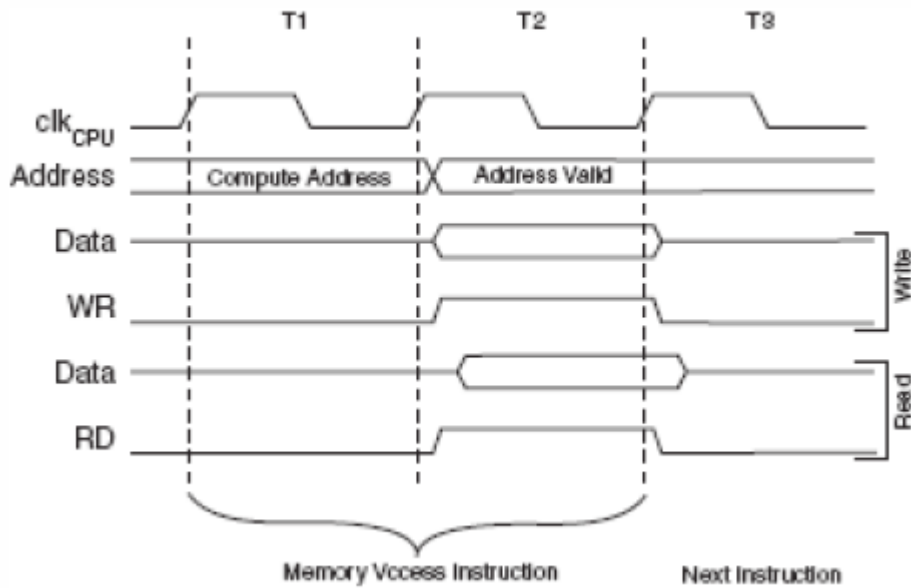
²⁷Figura 1.16 Mapa de Memoria

²⁷ Figura Todada de Manual de AVR





²⁸Figura 1.17 Memoria RAM



²⁹Figura 1.18 Diagrama de tiempos

²⁸ Figura tomada de manual de AVR

²⁹ Figura tomada de manual de AVR ATmega 8515 Memori



1.5 Arquitecturas.

³⁰En la memoria de una computadora, una microcomputadora o un microcontrolador, se almacenan las instrucciones y datos. Las instrucciones deben pasar secuencialmente a la CPU para su decodificación y ejecución, en tanto que algunos datos en memoria son leídos por la CPU y otros escritos en la memoria desde la CPU. Puede intuirse que la organización de la memoria y su comunicación con la CPU son dos aspectos que influyen en las características de la computadora.

1.5.1 Arquitectura Von Neumann y Harvard.

³¹Arquitectura ortogonal: cualquier instrucción puede utilizar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o destino.

Las arquitecturas Von Neumann y Harvard son modelos generales del *hardware* de las computadoras que presenta dos soluciones diferentes al problema de la conexión de la CPU con la memoria y la organización de la memoria como almacena de instrucciones y datos.

La arquitectura Von Neumann toma el nombre del matemático John Von Neumann que propuso la idea de una computadora con el programa almacenado (*storage program computer*).

El termino arquitectura Harvard se debe al nombre del lugar donde Howard Aiken diseño las computadoras Mark I, II, III y IV. Estas computadoras fueron las primeras en utilizar memorias separadas para instrucciones y datos, una concepción diferente a la computadora de programa almacenado.

En la Figura 1.19 se muestran estos dos modelos de computadoras. La arquitectura Von Neumann utiliza una memoria única para instrucciones y datos.

Significa que con un mismo bus de direcciones se localizan (direccionan) instrucciones y datos y por un único bus de datos transitan tanto instrucciones como datos. La misma señal de control que emite la CPU para leer un dato, sirve para leer una instrucción. No hay señales de control diferentes para datos e instrucciones. Debe quedar claro que aunque se use memoria ROM para almacenar el programa y ³²RAM para los datos, para la CPU no hay tal distinción, sino que ROM y RAM forman un conjunto único (una memoria de lectura y escritura) para la cual la CPU emite señales de control, de dirección y de datos.

³⁰ TRaducción REalizada de Manual ATmega 8515

³¹ TRaducción Realizada de Manual ATMEGA8515



La arquitectura Harvard utiliza memorias separadas para las instrucciones y datos. En este caso la memoria de programa (que almacena instrucciones) tiene su bus de direcciones (de instrucciones), su propio bus de datos (más bien el bus de instrucciones) y su bus de control. Por otra parte, la memoria de datos tiene sus propios buses de direcciones, datos y control, independientes de los buses de la memoria de programa. La memoria de programa es sólo de lectura, mientras que en la de datos se puede leer y escribir.

La arquitectura Von Neumann requiere menos líneas que la Harvard para conectar la CPU con la memoria, lo cual significa una conexión más simple entre ambas. Pero con esta arquitectura es imposible manipular simultáneamente datos e instrucciones, debido a la estructura de buses únicos, algo que si es posible en la arquitectura Harvard, que tiene buses separados. Esto confiere a la arquitectura Harvard la ventaja de una mayor velocidad de ejecución de los programas.

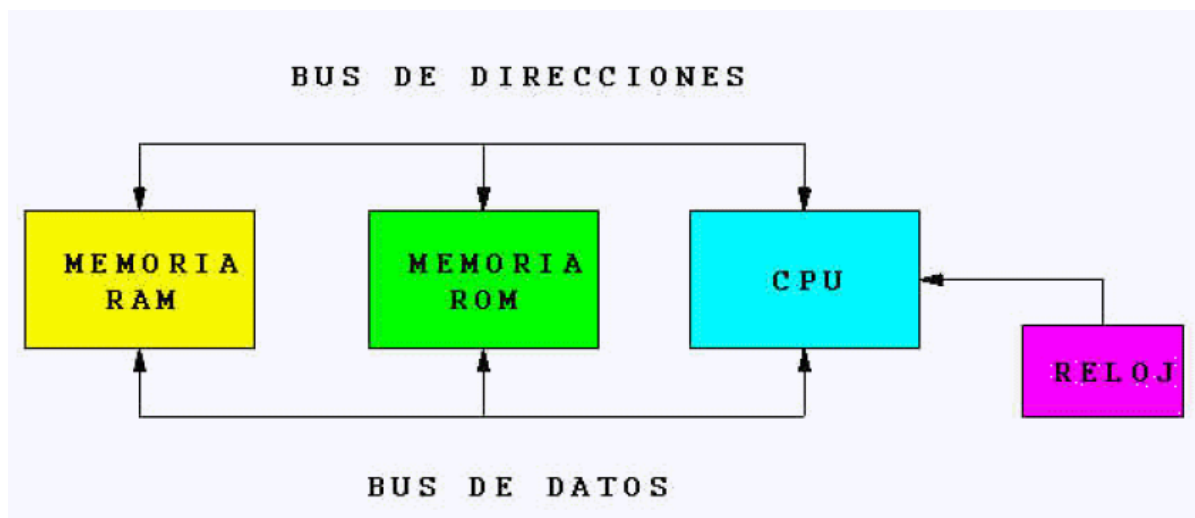


Figura 1.19 Arquitectura según el modelo de Von Neumann

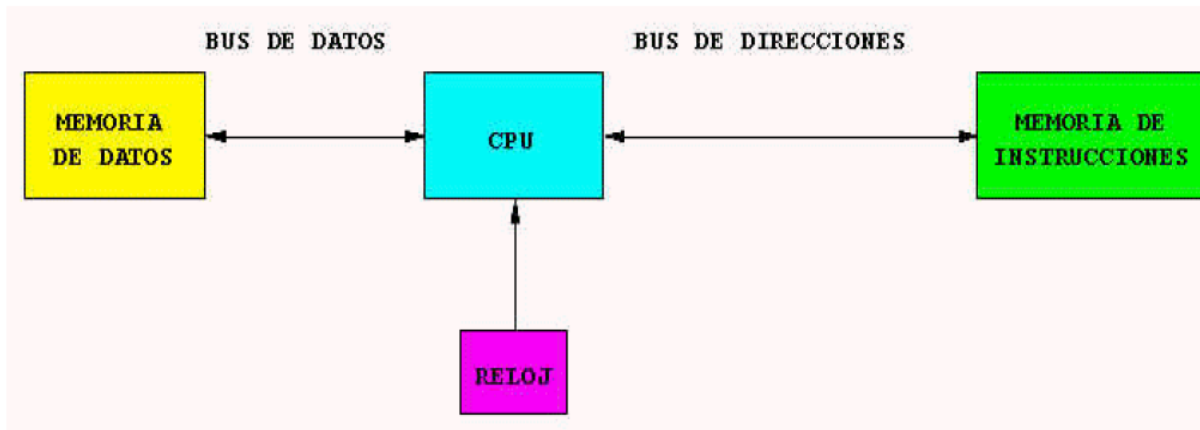


Figura 1.20 Arquitectura según el modelo Harvard

En las microcomputadoras, la CPU es un circuito integrado: el microprocesador. Es obvio que la arquitectura Von Neumann requiere menos terminales en el microprocesador que la arquitectura Harvard. Esta fue una razón decisiva para que desde los inicios las microcomputadoras basadas en un microprocesador se hayan diseñado utilizando casi exclusivamente la arquitectura Von Neumann.

En los microcontroladores la situación es diferente. Al estar todos los componentes del sistema dentro del circuito integrado, desaparece la necesidad de minimizar el número de terminales de la CPU, de modo que en ellos ha predominado la arquitectura Harvard. Los microcontroladores AVR de Atmel son un ejemplo de sistemas con arquitectura Harvard.

1.6 IDE de programación AVR studio de ATMEL.

³³El ambiente integrado de desarrollo o IDE (*Integrated Development Environment*) AVR studio de ATMEL es el software que se emplea para programar y depurar aplicaciones en microcontroladores AVR bajo las plataformas de Windows. Posee interface para el manejo de proyectos, editor de códigos fuente y emulador.

1.7 WinAVR.

WinAVR es una suite de archivos ejecutables, de código abierto, para el desarrollo ³⁴de aplicaciones basadas en microcontroladores AVR de ATMEL, que corre en la plataforma de Windows. Incluye el compilador GNU GCC para C y C++.

³³ Traducción Realizada Manual ATMEGA8515

³⁴ Traducción Realizada Manual ATMEGA 8515

WinAVR, incluye todo lo necesario para el desarrollo en microcontroladores AVR, incluyendo el compilador (AVR GCC), depurador (AVR GDB) entre otros. WinAVR corre bajo la misma plataforma de desarrollo AVR studio de ATMEL.

1.7.1 Módulos y librerías de WINAVR.

³⁵Algunos de los módulos que maneja WINAVR son:

- ❖ Utilidades de soporte para Bootloader
- ❖ Computo de CRC.
- ❖ Bucles de retraso/espera
- ❖ Manejo de EEPROM
- ❖ Manejo de reloj watchdog
- ❖ Matemáticas
- ❖ Interrupciones y señales

1.7.2 Tipos de librerías estándar para enteros

³⁶Entre otros para trabajar con Winavr, se requiere la inclusión de las librerías que se necesite. Estas pueden ser:

- Io.h
- Signal.h
- Interrupt.h

Las cuales se encuentran dentro de la subcarpeta avr. Para incluirlas en el proyecto a desarrollar, basta con incluir los archivos .h tradicional en C/C++.

```
#include <avr/io.h>
#include<avr/signal.h>
#include<avr/interrupt.h>
```

1.8 Entradas y salidas

³⁷Los microcontroladores disponen de un oscilador que genera los pulsos que sincronizan todas las operaciones internas. El oscilador puede ser del tipo RC, aunque generalmente se prefiere que esté controlado por un cristal de cuarzo (XTL) debido a su gran estabilidad de frecuencia. La velocidad de ejecución de las instrucciones del programa está en relación directa con la frecuencia del oscilador del microcontrolador.

³⁵ Datos Basado en la traducción del Manual ATMEGA8515

³⁶ TRaducción Manual AVR

³⁷ TRaducción REalizada Atmega 8515 AVR I/O PPorts



Igual que en una microcomputadora, la CPU es el “cerebro” del microcontrolador. Esta unidad trae las instrucciones del programa, una a una, desde la memoria donde están almacenadas, las interpreta (decodifica) y hace que se ejecuten. En la CPU se incluyen los circuitos de la ALU para realizar operaciones aritméticas y lógicas elementales con los datos binarios.

La CPU de un microcontrolador dispone de diferentes registros, algunos de propósito general y otros de propósito específico. Entre estos últimos están el registro de instrucción, el registro de estado, el contador de programa, el registro de direcciones de datos y el puntero de pila.

El registro de instrucción almacena la instrucción que está siendo ejecutada por la CPU. Este registro de instrucción es invisible para el programador.

El registro de estado (status) agrupa los bits indicadores de las características del resultado de las operaciones aritméticas y lógicas realizadas en la ALU. Entre estos indicadores están el signo del resultado (si es positivo o negativo), si el resultado es cero, si hay acarreo o préstamo, el tipo de paridad (par o impar) del resultado, etc.

El contador de programa (PC: *program counter*) es el registro de la CPU donde se almacena direcciones de instrucciones. Cada vez que la CPU busca una instrucción en la memoria, el PC se incrementa, apuntando así a la dirección de la instrucción que será ejecutada a continuación de la que se está ejecutando en el momento. Las instrucciones de transferencia de control modifican el valor del PC.

El puntero de pila (SP: *stack pointer*) es el registro que almacena direcciones de datos en la pila.

La memoria del microcontrolador, es el lugar donde las instrucciones son almacenadas del programa y los datos que manipula. En un microcontrolador siempre hay dos tipos de memoria: la memoria RAM (*Random Access Memory*) y la memoria ROM (*Read Only Memory*). La memoria RAM es una memoria de lectura escritura, que además es volátil, es decir, pierde la información almacenada cuando falla la energía que alimenta la memoria. La memoria ROM es una memoria de sólo lectura y no es volátil. Las diferentes tecnologías para realizar las memorias de sólo lectura son: ROM, EPROM, EEPROM, OTP, FLASH. Tanto la memoria RAM como las memorias ROM son de acceso aleatorio, pero la costumbre ha dejado el nombre de RAM para las memorias de lectura y escritura. El término “acceso aleatorio” se refiere a que el tiempo necesario para localizar un dato no depende del lugar de la memoria donde este almacenado. En las memorias de acceso secuencial, en cambio, cuando más alejado esté un dato de la posición a la que se ha accedido por última vez, más se tarda en localizarlo.

La memoria ROM se emplea para almacenar permanentemente el programa que debe de ejecutar el microcontrolador. En la memoria RAM se almacenan temporalmente los datos con los que se trabaja el programa. Un número creciente de



microcontroladores dispone de alguna memoria no volátil de tipo EEPROM para almacenar datos fijos o que sólo sean cambiados esporádicamente.

La cantidad de memoria ROM disponible es normalmente muy superior a la cantidad de memoria RAM. Esto obedece a dos razones. La primera es que la mayoría de las aplicaciones requieren programas que manejan pocos datos. La segunda razón es que la memoria RAM ocupa mucho más espacio en el circuito integrado que la memoria ROM, de modo que es mucho más costosa que está.

Las entradas y salidas son particularmente importantes en los microcontroladores, pues a través de ellas el microcontrolador interacciona con el exterior. Forman parte de las entradas y salidas los puertos paralelo y serie, los temporizadores y la gestión de las interrupciones. El microcontrolador puede incluir entradas y salidas analógicas asociadas a convertidores A/D y D/A. tiene particular importancia los recursos que garantizan un funcionamiento seguro del microcontrolador, como el denominado perro guardián.

Un microcontrolador combina los recursos fundamentales disponibles en una microcomputadora, es decir, la unidad central de procesamiento (CPU), la memoria y los recursos de entrada salida, en un único circuito integrado. En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques de un microcontrolador.

1.9 Características. Micocontroladores

✚ Alto desempeño

✚ Arquitectura RISC avanzada.

- ❖ 130 instrucciones.
- ❖ 32 registros de trabajo de propósito general.
- ❖ Operación estática.
- ❖ Hasta 16 MIPS a 16 MHz
- ❖ Multiplicador de dos ciclos en el chip.

✚ Alto desempeño en segmentos de memoria no volátil

- ❖ 8 K bytes de memoria flash.
- ❖ 512 bytes de EEPROM.
- ❖ 1 K byte de SRAM.
- ❖ Ciclos de borrado escritura 10,000 flash/ 100,000 EEPROM.
- ❖ Retención de datos 20 años a 85°C / 100 años a 25 °C.

✚ Características de los periféricos.

- ❖ Dos temporizadores/ contadores de 8 bits.
- ❖ Un temporizador / contador de 16 bits.
- ❖ Un contador de tiempo real.
- ❖ Tres canales de PWM.
- ❖ Ocho canales de CAD de 10 bits.
- ❖ Seis canales de CAD de 10 bits en PDIP.



- ❖ USART serie programable.
- ❖ Interface serial de dos alambres TWI.
- ❖ Watch dog timer programable.

- ✚ Características especiales del microcontrolador.
 - ❖ Reset en power on y detección Brown out.
 - ❖ Oscilador interno.
 - ❖ Fuentes de interrupción interna y externa.
 - ❖ Cinco modos de dormido

- ✚ Entrada salida.
 - ❖ 23 líneas de i/o programables.

- ✚ Voltajes de operación
 - ❖ 2.7 a 5.5 volts atmega8L
 - ❖ 4.7 a 5.5 volts atmega8

- ✚ Velocidad de operación.
 - ❖ 0 a 8 MHz atmega8L.
 - ❖ 0 a 16 MHz atmega8.

- ✚ Consumo de energía a 4 MHz 3 volts, 25 °C.
 - ❖ Activo 3 ma.
 - ❖ Modo de espera 1.0 ma.
 - ❖ Modo dormido 0.5 μ a.
- ✚ Tres diferentes presentaciones del AVR.
 - ❖ Tiny AVR.
 - ❖ AVR.
 - ❖ Mega AVR.



CAPITULO 2

INTRODUCCIÓN TEÓRICA



2.1 ³⁸Acústica Musical

2.1.1 Melodía

La melodía constituye, junto al ritmo, la armonía, uno de los elementos fundamentales de la música.

El término melodía proviene del griego “melos” y “aedo”, cantar, por lo que designa canto organizado, pero también una organización del mismo tipo que el lenguaje. Tiene su origen en el lenguaje hablado.

El concepto de melodía se refiere a la sucesión de los sonidos con un sentido lógico-musical. Equivale a una organización en unidades más o menos definidas que reciben el nombre de frases o períodos. Esta sucesión de sonidos genera una estructura *cantábile* en la que lo más importante es la belleza de los agrupamientos.

No importa tanto la periodicidad o el ciclo (como en el ritmo), si no el desarrollo engendrado por el contorno vigoroso de la música. La melodía no es algo fisiológico como el ritmo sino que satisface las apetencias espirituales.

El concepto de melodía tiene dos claves: “sucesión” de sonidos de distintas altura o tono. Pero a su vez, implica la existencia de “ritmo”, no existe melodía sin ritmo puesto que al producir cualquier ritmo musical, se le asigna la duración.

Tabla 2.1 Comparación lenguaje hablado y lenguaje Musical

Lenguaje Hablado	Lenguaje musical
Sonido	Nota musical
Palabra	Célula o motivo
Oración	Frase

Las melodías pueden ser de dos clases:

- ❖ *Vocal o cantábile*, tiene expresión limitada, con intervalos o saltos pequeños y el movimiento lento.
- ❖ *Instrumental*, posee intervalos mayores y un ritmo cálido. Es más propia de los instrumentos.

2.1.2 Línea melódica.

³⁸ La información de Este capítulo fue complementada de varios elementos tanto de internet como libros de introducción musical



³⁹Se define como línea o trayectoria sonora que constituye el tema de la obra musical, se puede encontrar repetida en otra frase de la canción o con pequeña variación.

Puede ser: *recta, ondulante, ascendente, descendente*.

2.1.3 Frase melódica.

La frase melódica es un fragmento, que una melodía tiene sentido determinado porque concluye en reposo o cadencia. La frase melódica es la división de la línea melódica, que comprende de dos, cuatro, ocho compases o más, y en las obras modernas, que siguen una forma irregular, tres, cinco, siete.

2.1.4 Tonalidad.

Conjunto de sonidos ordenados por relaciones mutuas, estando determinadas por un sonido básico llamado tónica.

Donde tónica se refiere al sonido básico y organizado de los sonidos de una escala, siendo la nota que da nombre a dicha escala. Esta nota es el eje de la construcción armónica y melódica. Es la nota de reposo de la escala.

Las notas que definen una tonalidad son: *tónica, dominante y subdominante*. La tonalidad se introdujo en la música europea en el siglo XVI y comenzó a desaparecer a principios del siglo XX.

2.1.5 Modalidad.

Es la manera de ser de una escala.

Hay dos tipos de modos: *mayor (3ª M) y menor (3ª m)*.

2.1.6 Transporte.

El transportar una pieza musical es interpretarla o escribirla a una altura de sonidos más aguda o más grave que se encuentra, a partir de una tonalidad distinta. El transporte tiene finalidad ofrecer la posibilidad de una pieza musical ser interpretada por voces o instrumentos para los que sería imposible o muy difícil. El transporte puede ser leído o escrito.

³⁹ Información complementada de la página http://guiaparatocarbateria.blogspot.com/2009/03/las-notas-musicales-nivel-basico_9602.html



2.1.7 Armonía.

El concepto de armonía y relaciones armónicas está basado en relaciones entre los sonidos musicales que el oído humano acepta de manera reflexiva y que se expresan una investigación científica.

Esas relaciones las demostró el filósofo griego Pitágoras. Se demostró que los intervalos que la cuerda producía antes y después de ser dividida, son en suma los intervalos fundamentales perceptibles por el oído. Estos intervalos aparecen en la música de casi todas las culturas, en la melodía o en la armonía, son la octava, la quinta, o la cuarta. Es decir una cuerda dividida en la relación 1:2 produce la octava de su nota fundamental. Así mismo la relación 2:3 produce la quinta y la relación 3:4, la cuarta.

Estas notas (la fundamental, la cuarta, la quinta y la octava superior) forman los intervalos musicales primarios, pilares sobre los que se construye la armonía occidental.

Armonía, en música, es la combinación de notas que se emiten simultáneamente. El término armonía se emplea tanto en el sentido general de un conjunto de notas o sonidos que suenan al mismo tiempo, como en el de la sucesión de estos conjuntos de sonidos. La armonía sería el término contrapuesto al de melodía (en que los sonidos se emiten uno después de otro).

Cuando dos o más notas aparecen al mismo tiempo en cualquier composición musical se produce un tipo característico de armonía en la intersección de las melodías simultáneas

Si las notas sonadas consecutivamente hacen recordar las notas de un acorde familiar, el oído crea su simultaneidad propia en tales casos el oído percibe la armonía que resultaría si las notas hubieran sonado simultáneamente.

La melodía y el ritmo no pueden existir sin armonía, La música en el mundo es no armónica. Estilos musicales como el de la india y la china en líneas melódicas sin armonizar, con organización rítmica.

2.1.8 Ritmo

⁴⁰El ritmo en la música se refiere a la frecuencia de repetición (a intervalos regulares y en ciertas ocasiones irregulares de sonidos fuertes y débiles, largos y breves, altos y bajos) en una composición.

El ritmo se define como la organización en el tiempo de pulsos y acentos que perciben los oyentes como una estructura. Esta sucesión temporal se ordena en la mente, percibiendo de este modo una forma.

⁴⁰ Información Retomada de Rubertis, Víctor. Teoría Completa de la Música con 312 ejercicios prácticos - Primera Parte. Edición Ricordi - BA 7238 - ISBN Nº 950-22-0017-9.



El ritmo está asociado a los estados de ánimo. En un sentido el ritmo, es flujo de movimiento controlado, sonoro o visual, producido por elementos diferentes del medio.

El ritmo tiene que ver para definir el compás, el tipo de compás que define al acento y a las figuras musicales que la componen. El ritmo no se escribe con pentagrama, sólo con la figura musical definitoria de la duración del pulso. Si al pentagrama se le agregan notas musicales aparece el sonido. Al sumar los acentos, figuras y un compás definido por el ritmo, surge la melodía. En concreto el ritmo es el orden y proporción en el que se agrupan los sonidos.

2.1.9 SÍMBOLOS DE LOS SONIDOS = NOTAS

⁴¹En el lenguaje musical no todas las notas son iguales. Pueden adoptar diferentes formas, llamadas figuras, en función de la duración que representen en el sonido.

Las figuras son la representación de la duración que pueda tener el sonido. Las tienen tres partes, cabeza, plica y corchete, aunque algunas figuras carecen de algunas de ellas.

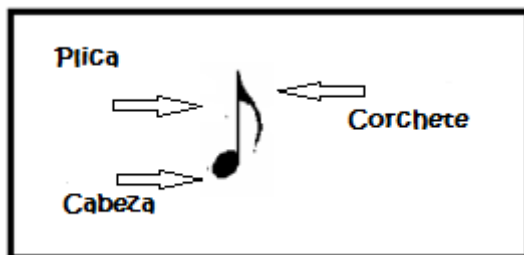


Figura 2.1 Partes de una figura musical (nota)

Existen siete figuras, sus nombres son, de mayor a menor: redonda, blanca, negra, corchea, semicorchea, fusa, y semifusa. Entre ellas hay una relación de doble y mitad, cada uno de estos caracteres simboliza un sonido. La diferencia entre ellos es de duración o longitud. La blanca es la mitad de longitud de la redonda, la negra es la cuarta parte de la redonda, la corchea es una octava de la redonda y la semicorchea una dieciseisavo de la redonda tal como se muestra en la Figura 2.2.

⁴¹ Información tomada http://guiaparatacarbateria.blogspot.com/2009/03/las-notas-musicales-nivel-basico_9602.html

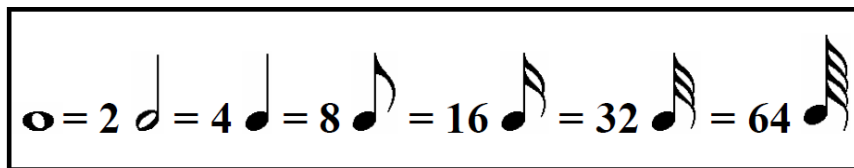


Figura 2.2 Valores de Figuras musicales

Cuando varían notas con corchete se sitúan de manera contigua, se presentan como grupo, siendo sustituidos los corchetes por líneas que unen todas las notas del grupo, como se muestra en la Figura 2.3.

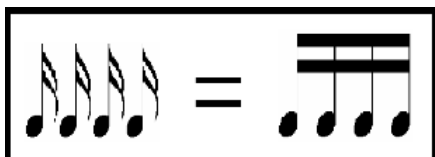


Figura 2.3 Ejemplo de simplificación o representación de corcheas

2.1.10 SÍMBOLOS DE LOS SILENCIOS = PAUSAS

⁴²A cada figura musical le corresponde un silencio, que es aquel signo representativo de la ausencia de sonido. Son por tanto signos musicales que tienen duración (la misma que la de si correspondiente figura), pero carecen de sonido, por definirlo de una manera sencilla.

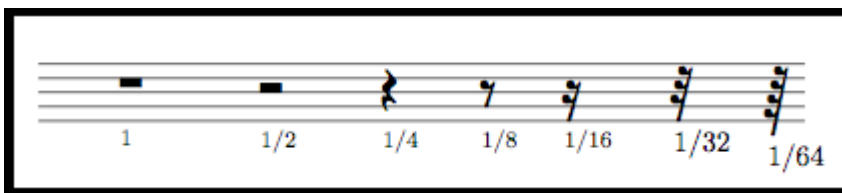


Figura 2.4 Representación y valor de silencios

Cada uno de los caracteres, denominados pausas, simboliza silencios. En términos de longitud de duración corresponden al equivalente de las notas. Véase Figura 2.4.

La música está compuesta de estos dos tipos de símbolos: notas y pausas (o sonidos y silencios). Son los símbolos que se leerá cuando interpretes música escrita.

⁴² Métodos de Batería de Rock DE Patrick Wilson Ediciones MD



2.1.11 LA ESTRUCTURA BÁSICA

⁴³Al hacer música hay que situar notas y pausas en una especie de mapa. A este mapa se da el nombre de pentagrama. El pentagrama se compone de cinco líneas horizontales paralelas y equidistantes.

Las rayas verticales que dividen el pentagrama en varias secciones son las barras de los compas. Las secciones divididas se conocen como compas. Las dos líneas verticales cortas que figuran al principio forman una clave neutra que e utilizada para música no tonal.

Las cifras al principio de pentagrama constituyen el equilibrio de compas, llamada a veces métrica. Ver Figura 2.5.

El quebrado de compas tiene una importancia especial. El número superior representa el numero de tiempos en un solo compas .el número inferior indica el número de nota o de pausa que formara un tiempo.

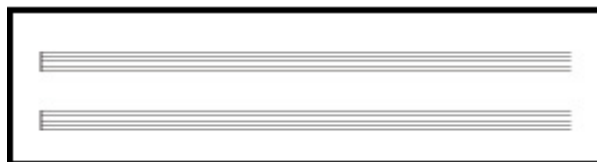


Figura 2.5 Pentagrama

De forma completa y estructurada tendríamos una representación general de las notas musicales dentro del pentagrama como es mostrado en la Figura 2.6.



Figura 2.7 Ubicación de figuras en el Pentagrama

De la misma manera que en cualquier lenguaje, en música los signos de prolongación del sonido son equivalentes a las figuras musicales tal como se representa en la Figura 2.7

⁴³ Métodos de Batería de Rock DE Patrick Wilson Ediciones MD

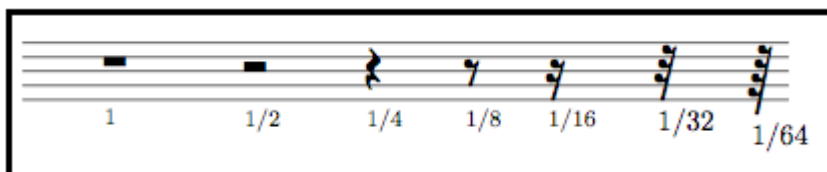


Figura 2.8 Duración de Silencios en lenguaje musical.

Los signos de prolongación de sonido más utilizados en lenguaje musical son el puntillo y la ligadura. Se trata de signos que, como su propio nombre indica, prolongan la duración de un sonido.

Teniendo presente la estructura musical, se debe contemplar la variante en cuanto a partituras se refiere, la lectura de partituras para batería a diferencia de otros instrumentos radica en que figura musical se refiere a una parte de la batería, ya sea platillos, toms o bombo, tal como se describe en la Figura 2.8.

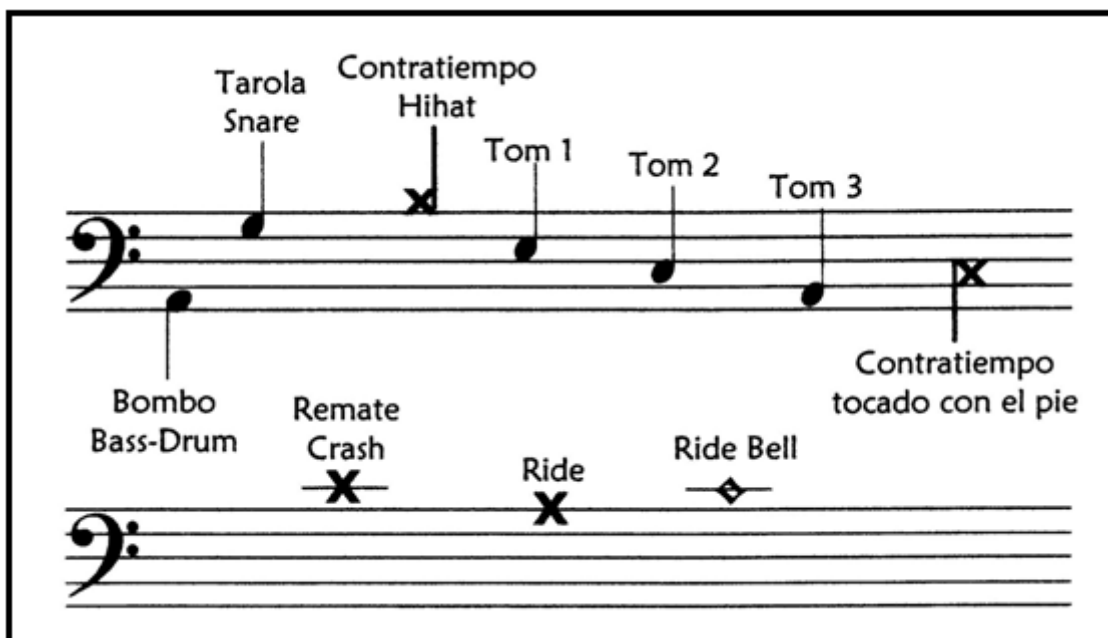


Figura 2.9 Partitura de Batería



2.1.12 EL RITMO DE LA MÚSICA “TEMPO”

⁴⁴Al paso o ritmo es conocido con el nombre de tempo donde se determina la velocidad con que se ejecuta una composición musical.

El baterista es el responsable de mantener el tempo uniforme y constante, aun que no deje de ser también responsabilidad de los restantes músicos. Por este motivo, el baterista es llamado a menudo el “time keeper” (marca tiempos).

2.1.13 METRÓNOMO

Aparato utilizado como herramienta para indicar tempo o compás de las composiciones musicales.

Produce regularmente una señal, visual y/o acústica, que permite a un músico mantener un tempo constante.

Se indica el tempo con un “clic” o un “bip”, y algunos modelos disponen incluso de una luz de destello. Se definen como obligatorios para los músicos serios en el aprendizaje e incluso como guía para la ejecución del instrumento. Hay una gran variedad a elegir como son mecánicos (de resorte) y electrónicos.

Los modelos que emiten destellos de luz son los más útiles para los bateristas por permitir la eliminación del sonido de esta forma el baterista no tendrá algún problema y podrá usar de forma eficaz el metrónomo.

2.2 Estructura de microcontroladores AVR de ATMEL

2.2.1 Características de los AVR de ATMEL.

⁴⁵Los **AVR** son una familia de microcontroladores RISC de Atmel. La arquitectura de los AVR fue concebida por dos estudiantes en el Norwegian Institute of Technology, y posteriormente refinada y desarrollada en **Atmel Norway**, la empresa subsidiaria de Atmel, fundada por los dos arquitectos del chip.

El AVR es una CPU de arquitectura Harvard. Tiene 32 registros de 8 bits. Algunas instrucciones sólo operan en un subconjunto de estos registros. La concatenación de los 32 registros, los registros de entrada/salida y la memoria de datos conforman un espacio de direcciones unificado, al cual se accede a través de operaciones de carga/almacenamiento. A diferencia de los microcontroladores PIC, el stack se ubica en este espacio de memoria unificado, y no está limitado a un tamaño fijo.

El AVR fue diseñado desde un comienzo para la ejecución eficiente de código C compilado. Como este lenguaje utiliza profusamente punteros para el manejo de variables en memoria, los tres últimos pares de registros internos del procesador, son

⁴⁴ Información retomada de varias paginas principalmente <http://wapedia.mobi/es/Tempo>

⁴⁵ Traducción del Manual AVR



usados como punteros de 16 bit al espacio de memoria externa, bajo los nombres X, Y y Z. Esto es un compromiso que se hace en arquitecturas de ocho bit desde los tiempos de Intel 8008, ya que su tamaño de palabra nativo de 8 bit (256 localidades accedidas) es pobre para direccionar. Por otro lado, hacer que todo el banco superior de 16 registros de 8 bit tenga un comportamiento alterno como un banco de 8 registros de 16 bit, complicaría mucho el diseño, violando la premisa original de su simplicidad. Además, algunas instrucciones tales como 'suma inmediata' ('*add immediate*' en inglés) faltan, ya que la instrucción 'resta inmediata' ('*subtract immediate*' en inglés) con el complemento dos puede ser usada como alternativa.

El set de instrucciones AVR está implementado físicamente y disponible en el mercado en diferentes dispositivos, que comparten el mismo núcleo AVR pero tienen distintos periféricos y cantidades de RAM y ROM: desde el microcontrolador de la familia *Tiny AVR* ATtiny11 con 1KB de memoria flash y sin RAM (sólo los 32 registros), y 8 pines, hasta el microcontrolador de la familia *Mega AVR* ATmega2560 con 256KB de memoria flash, 8KB de memoria RAM, 4KB de memoria EEPROM, convertidor análogo digital de 10 bits y 16 canales, temporizadores, comparador analógico, JTAG, etc. La compatibilidad entre los distintos modelos es preservada en un grado razonable.

Los microcontroladores AVR tienen un segmentado ('*pipeline*' en inglés) con dos etapas (cargar y ejecutar), que les permite ejecutar la mayoría en un ciclo de reloj, lo que los hace relativamente rápidos entre los microcontroladores de 8-bit.

El set de instrucciones de los AVR es más regular que la de la mayoría de los microcontroladores de 8-bit (por ejemplo, los PIC). Sin embargo, no es completamente ortogonal:

- ❖ Los registros punteros X, Y y Z tienen capacidades de direccionamiento diferentes entre sí (ver más arriba por qué)
- ❖ Los registros 0 al 15 tienen diferentes capacidades de direccionamiento que los registros 16 al 31.
- ❖ Las registros de I/O 0 al 31 tienen distintas características que las posiciones 32 al 63.
- ❖ La instrucción CLR afecta los 'flag', mientras que la instrucción SER no lo hace, a pesar de que parecen ser instrucciones complementarias (dejar todos los bits en 1, y dejar todos los bits en 0 respectivamente).
- ❖ Los códigos de operación 0x95C8 y 0x9004 hacen exactamente lo mismo (LPM).

⁴⁶Como los PIC, tiene una comunidad de seguidores (ejemplificadas por el foro de internet *AVRFreaks*), principalmente debido a la existencia de herramientas de desarrollo gratuitas o de bajo coste. Estos microcontroladores están soportados por tarjetas de desarrollo de costo razonable, capaces de descargar el código al microcontrolador, y por una versión de las herramientas GNU. Esto último es posible

⁴⁶ Traducción de información retomada de Manual de AVR



por su uniformidad en el acceso al espacio de memoria, propiedad de la que carecen los procesadores de memoria segmentada o por bancos, como el PIC o el 8051 y sus derivados.

2.2.2 Componentes básicos del microcontrolador

El microcontrolador AVR requiere de pocos componentes externos para comenzar a utilizarlo. Estos componentes son el circuito de reset y el circuito de reloj. Inclusive pueden llegar a ser opcionales en algunos microcontroladores.

2.2.3 Reloj.

⁴⁷Para el funcionamiento del AVR, se requiere una fuente de pulsos de reloj, la cual se encargue de suministrar al AVR con una frecuencia de trabajo al reloj del CPU del microcontrolador. Este reloj del CPU está ligado a los módulos de los registros de propósito general, registro de estado, registros de memoria de datos entre otros.

Al detener el reloj del CPU, se inhibe al núcleo para realizar operaciones o cálculos. Una fuente de reloj externa confiable, es un cristal o un oscilador. La conexión de un cristal como fuente de reloj del AVR se muestra en la siguiente figura.

El microcontrolador atmega8, tiene la característica de que puede utilizar una fuente de reloj interna, pre calibrado para frecuencias de 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz y 8 MHz.

2.2.4 Reset.

⁴⁸El *reset* es una acción con la cual se “inicia” el trabajo de los microprocesadores y microcontroladores. Esta acción se ejecuta cuando se aplica una señal –denominada reset- a una terminal, designado también como reset.

El efecto práctico de la señal es poner el contador de programa (PC) en un valor predeterminado (por ejemplo PC = 0), haciendo así que el microprocesador o microcontrolador comience a ejecutar las instrucciones que están a partir de esa posición de memoria apuntada por el AVR.

El circuito de reset es aquel que permite regresar todos los registros de entradas y salidas a sus valores iniciales y empezar a ejecutar el programa en el vector del reset.

Cuando una fuente de reset se activa, todos los puertos de entradas y salidas regresan inmediatamente a sus estados iniciales; sin requerir ningún ciclo de reloj.

⁴⁷ Traducción de Manual de AVR

⁴⁸ Traducción de Manual de AVR



Una vez que todas las fuentes de reset son desactivadas, transcurre un ciclo de espera –retardo-, que amplía la duración del reset interno, permitiendo que las fuentes de poder almacene un nivel estable antes de comenzar con las operaciones regulares. Este tiempo de espera puede ser seleccionado por el usuario a través de los bits fusibles CKSEL. El circuito básico a reset y un cristal externo es el siguiente:

Las fuentes de reset del microcontrolador atmega8 son las siguientes.

- Reset de energizado: cuando el voltaje es aplicado por primera vez.
- Reset externo: cuando se aplica un nivel lógico al pin de reset.
- Reset de watchdog: cuando expira el contador del watchdog (si es que este esta habilitado)
- Reset de Brown-out: reset de protección ante caídas de tensión (si es que esta habilitado)

2.3 ⁴⁹Puertos de entrada salida.

El AVR atmega8 consiste de tres puertos de entrada salida (I/O). Cada puerto de entrada salida consiste de tres registros: DDRx, PINx y PORx.

2.3.1 Registro DDRx.

El registro DDRx configura la dirección. Escribir un uno a un bit de este registró, configura el pin correspondiente al bit como salida. Escribir un cero lo hace entrada.

2.3.2 Registro PINx.

Lee es estado de PORTx, independientemente del estado de DDRx. Básicamente sirve para leer el estado del pin del puerto cuando este se ha configurado como entrada.

2.3.3 Registro PORTx.

Si el pin está configurado como salida, escribir un uno en el bit correspondiente de este registro, habilita la resistencia de *pull up*. Escribir un cero, estando configurado como entrada, deshabilita la resistencia de *pull up*.

⁴⁹ Traducción Manual AVR



2.4⁵⁰ Interrupciones.

La base de una interrupción es la necesidad de un dispositivo periférico de enviar información al procesador principal del sistema. A nivel operativo, una interrupción tiene ventaja de que delega la responsabilidad de comunicarse con el procesador al dispositivo periférico en lugar de gastar tiempo de operación en sondear el estado de dicho dispositivo.

2.4.1⁵¹ Interrupciones externas.

Una solicitud de interrupción –o simplemente una interrupción- es un evento de origen interno o externo que, si es atendido, hace que el microcontrolador interrumpa la ejecución del programa en curso y en su lugar ejecute las instrucciones de otro programa. Regularmente, cuando un programa que atiende la solicitud de interrupción ha completado su ejecución, el microcontrolador continúa con las instrucciones del programa interrumpido, justo con la instrucción que sigue a la que estaba ejecutando cuando se produjo la solicitud de interrupción.

En general, las solicitudes de interrupción son eventos de carácter asíncrono respecto al programa que ejecuta el microcontrolador. Esto significa que una solicitud de interrupción se puede producir en cualquier momento mientras se ejecuta cualquier instrucción de un programa. Por ello no es posible prever durante qué instrucción ocurrirá una interrupción.

En un microcontrolador hay varias fuentes de interrupción, unas internas y otras externas. Las interrupciones internas tienen su origen en los módulos de entrada salida del microcontrolador, la memoria o la CPU. Los temporizadores y otros módulos de entrada y salida son fuentes de interrupciones comunes. Menos comunes son las interrupciones causadas por algún evento que tenga lugar en la memoria (por ejemplo, por escribir en la EEPROM de datos) o en la propia CPU (una división por cero). Las interrupciones externas se originan en un periférico y llegan al microcontrolador por alguna de sus terminales.

Los microcontroladores tienen recursos para recibir y procesar las solicitudes de interrupción. Generalmente, cada dispositivo que es fuente de una posible interrupción tiene asociados dos bits, que pueden estar en un mismo registro o en registros diferentes. El primer bit tiene una función informativa: es un indicador de que está activado (es puesto a 1, por ejemplo) por el dispositivo que solicita la interrupción. Este bit se puede consultar por programa si para atender al dispositivo se usa la técnica de consulta o espera. El otro bit tiene una función de control y se emplea para permitir o impedir el paso de la solicitud de interrupción hacia la CPU, lo que equivale a habilitar o inhabilitar la generación de interrupciones por la fuente en cuestión. Este bit de control se puede manejar por programa.

⁵⁰ Traducción de Manual AVR

⁵¹ Traducción de Manual AVR



Los microcontroladores disponen además de un bit para el control global de sistema de interrupciones. Con este bit se permite o impide el paso de cualquier interrupción hacia la CPU, lo cual equivale a habilitar o inhabilitar la generación de interrupciones por la fuente en cuestión. Para que una solicitud de interrupción llegue a la CPU y sea atendida, tanto el sistema en su conjunto como la interrupción en particular deben de estar habilitadas. Los bits de control utilizados para permitir o no el paso de las solicitudes de interrupción hacia la CPU se denominan mascaradas; de ahí que las interrupciones que se puedan habilitar o inhabilitar por programa se llamen interrupciones enmascarables y las interrupciones que no se pueden inhabilitar por programa (es decir, que están siempre habilitadas), si las hay, se denominan interrupciones no enmascarables.

Las interrupciones enmascarables disponen de bits de control asociados a cada fuente de interrupción y del bit de control global del sistema. Para que una solicitud de interrupción enmascarables progrese hacia la CPU, tanto el bit de control individual correspondiente como el bit de control global deben estar en 1. Si la interrupción es no enmascarable, llegará a la CPU con independencia del bit de control global, y será atendida.

En general, cuando una solicitud de interrupción que llega a la CPU es atendida, el sistema de interrupción queda inhabilitado (el bit de control global es puesto a 0). Para poder atender otras solicitudes de interrupción, el programador debe habilitar nuevamente el sistema; esto suele hacerlo el propio programa que atiende la interrupción.

2.4.2 ⁵²Atención a las solicitudes de interrupción.

Atender una solicitud de interrupción es interrumpir la ejecución del programa y pasar a otro programa. Cuando se termina este segundo programa, hay que continuar con el programa interrumpido.

La solicitud de interrupción que llega a la CPU (en el supuesto de que la interrupción y el sistema estén habilitados), se atiende cuando termina la ejecución de la instrucción en curso. Como en general no se conoce de antemano cuál es esa instrucción, hay que encontrar la forma de recordar la dirección de la instrucción que le sigue, para regresar a ella cuando termine el programa que atiende a la interrupción. Esa dirección está en el contador de programa (PC). La forma de recordarla es guardar el contenido del PC en la pila, tal como lo hacen las instrucciones de llamada a una subrutina. Conviene por ello que el programa de atención a una interrupción tenga la estructura de una subrutina, porque la instrucción de retorno que pone fin a la ejecución de esta subrutina hará que se regrese satisfactoriamente al programa interrumpido.

El programa de atención a una subrutina es, pues, una subrutina que se “llama” por interrupción. También se puede decir que una solicitud de interrupción equivale a

⁵² Traducción de Manual de AVR



insertar una instrucción de llamada a una subrutina (la que atiende a la interrupción) en algún lugar previsible del programa.

La ejecución de la subrutina que atiende una interrupción debe dejar intactos los valores de los registros y bits con los que el programa estaba trabajando. Por ejemplo, los valores que tienen los registros de propósito general, el registro de estado (status), los indicadores aritméticos, no deben alterarse por la ejecución de la subrutina de atención a una interrupción. Para preservar esos y otros registros que no deban ser alterados, hay que guardar sus valores al iniciar la subrutina. Estos valores se guardan en la pila.

2.4.3 ⁵³Interrupciones fijas y vectorizadas.

Para informar a la CPU de la dirección donde comienza la subrutina que atiende la interrupción, hay dos alternativas:

- ✓ La subrutina que atiende a la interrupción se coloca en un lugar fijo de la memoria de programa, conocido de antemano por la CPU.
- ✓ Al solicitar la interrupción se comunica a la CPU la dirección de la subrutina de atención a la interrupción.

La primera solución es la empleada en las llamadas *interrupciones fijas*. En este tipo de interrupciones, el microcontrolador salta siempre a un lugar fijo de la memoria. En esta dirección debe estar la primera instrucción de la subrutina de atención a la interrupción. Según el microcontrolador de que se trate, puede haber una dirección de memoria diferente para cada fuente de interrupción, o puede haber una dirección única para todas las solicitudes, como en el AVR; pero siempre son direcciones fijas. Por su simplicidad, este tipo de interrupciones es muy utilizado en los microcontroladores.

La segunda solución, aunque más flexible que la primera, es técnicamente más compleja de implementar. En esta solución, junto a la solicitud de interrupción, se le proporciona a la CPU la dirección de la rutina de atención, o alguna información que le permita construirla. Este dato que se le suministra a la CPU se conoce como *vector de interrupción*; de ahí que este tipo de interrupciones se denomina *interrupciones vectorizadas*.

En las interrupciones vectorizadas, la subrutina que atiende la interrupción puede estar (al menos en principio) en cualquier lugar de la memoria. El vector de interrupción puede tener diferentes formas: la más simple es que sea la propia dirección de la rutina; también puede ser el número que actúa como puntero a la rutina (con el vector, la CPU busca la dirección de la rutina en una tabla de

⁵³ Traducción Manual AVR



direcciones situada en la memoria), etc. Las interrupciones vectorizadas son muy utilizadas en los microcontroladores, en aras de conservar la mayor simplicidad en los dispositivos

2.4.4 Vector de interrupciones del microcontrolador atmega8.

Tabla 2.2 Ubicación en la memoria del microcontrolador atmega8.

Dirección	Nombre de la señal	Descripción
0x000		Pin de reset, BOD Reset, watchdog, Power-on Reset
0x001	SIG_INTERRUPTO	Requerimiento de interrupción externa 0
0x002	SIG_INTERRPT1	Requerimiento de interrupción externa 1
0x003	SIG_OUTPUT_COMPARE2	Timer/Counter2 igualdad en comparación

Tabla 2.3 señales de interrupción microcontrolador atmega8 para winavr.

0x004	SIG_OVERFLOW2	Timer/Counter2 Sobre flujo
0x005	SIG_INPUT_CAPTURE1	Timer/Counter1 Evento de captura
0x006	SIG_OUTPUT_COMPARE1A	Timer/Counter1 igualdad en comparación A
0x007	SIG_OUTPUT_COMPARE1B	Timer/Counter1 igualdad en comparación B
0x008	SIG_OVERFLOW1	Timer/Counter1 Sobre flujo
0x009	SIG_OVERFLOW0	Timer/Counter0 Sobre flujo
0x00A	SIG_SPI	Transferencia serial completa
0x00B	SIG_USART0_RECV	Recepción completa de la USART
0x00C	SIG_USART_DATA	Buffer de datos vacío de la USART
0x00D	SIG_USART_TRANS	Transferencia completa de la USART
0x00E	SIG_ADC	Conversión analógica digital completa
0x00F	SIG_EEPROM	EEPROM lista
0x010	SIG_COMPARATOR	Comparador analógico
0x011	SIG_2WIRE_SERIAL	Interface serial Two wire (I ² C)
0x012	SIG_SPM_READY	Almacenamiento de memoria de programa listo

2.4.5 Aplicación de Interrupciones externas.

Las interrupciones externas del microcontrolador atmega8 son activadas por las direcciones 0x001 y 0x002 (SIG-INTERRUPTO y SIG_INTERRUPT1), que se encuentran en PD2 y PD3 8pines 4 y 5).

Destaca el hecho de que estas interrupciones son activadas aún cuando los pines estén configurados como salidas, lo que provee una forma de generar interrupciones vía software.



Las interrupciones externas pueden ser activadas por flancos de subida, flancos de bajada o un nivel lógico bajo. Esto es configurable a través del registro MCUCR.

MCUCR, registro de control del microcontrolador.

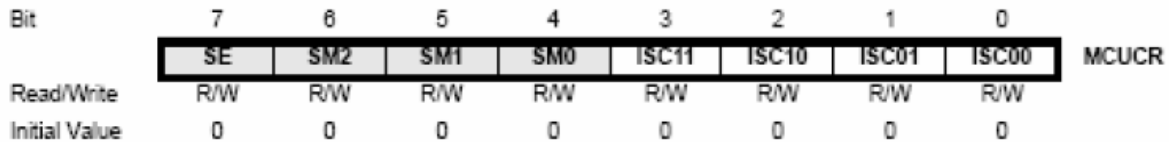


Figura 2.10 Representación MCUCR

Para la configuración de las instrucciones externas, se ocupan los cuatro primeros bits de este registro. Estos bits tienen las siguientes funciones:

- Bit 3,2 –ISC11, ISC10: Bits de control de censado de interrupción externa 1. Estos bits controlan la forma en la que se activara la interrupción externa 1 y su configuración es igual que la de los bits 1,0.
- Bit 1,0 –ISC01, ISC00: Bits de control de censado de interrupción externa 0. La interrupción externa 0 es activada por el pin correspondiente a INT0 (PD2), siempre y cuando el bit I del registro SREG y su correspondiente mascara de interrupción estén activados. La tabla 3.2 muestra las posibles configuraciones para disparar la interrupción 0.

Tabla 2.11 Interrupt 1 Sense control

ISC11	ISC10	Description
0	0	The low level of INT1 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT1 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT1 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT1 generates an interrupt request.

Tabla 2.12 Interrupt 0 Sense Control

ISC01	ISC00	Description
0	0	The low level of INT0 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT0 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT0 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT0 generates an interrupt request.



GICR, registro de control de interrupciones.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INT1	INT0	-	-	-	-	IVSEL	IVCE	GICR
Read/Write	R/W	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 2.13 GICR, registro de control de interrupciones.

- ✓ Bit 7 – INT1: Habilitación de interrupción externa 1. Si el bit I del SREG está en uno y este bit se pone en uno; se habilita la interrupción externa 1.
- ✓ Bit 6 – INT0: Habilitación de interrupción externa 0. Si el bit I del SREG está en uno y este bit se pone en uno; se habilita la interrupción externa 0.

2.4.6 GIFR registro de banderas de interrupciones generales.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INTF1	INTF0	-	-	-	-	-	-	GIFR
Read/Write	R/W	R/W	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 2.14 Representación del registros GIFR

- ✓ Bit 7 – INTF1: Cuando un evento dispara la interrupción externa 1, este bit de bandera se pone a uno. Si están activados los bits I del SREG e INT1 de GICR, al activarse este bit se ejecuta un salto al vector de interrupciones. Este bit es limpiado por hardware al ejecutarse la rutina de interrupción.
- ✓ BIT 6 – INTF0: Cuando un evento dispara la interrupción externa 0, este bit de bandera se pone a uno. Si están activados los bits I del SREG e INT0 de GICR, al activarse este bit se ejecuta un salto al vector de interrupciones. Este bit es limpiado por hardware al ejecutarse la rutina de interrupción.



CAPITULO 3

DESARROLLO



3.1 FAMILIARIZACION CON EL INSTRUMENTO

Al abordar este desarrollo se debe tener en cuenta que el instrumento al que se encamina todo el trabajo ,la batería, es un instrumento de percusión (produce sonido al golpearse), Y como se puede constatar en el *capítulo 2* el concepto que más se adapta a la batería es el ritmo, y lo que estará aportando a la pieza, son básicamente los ritmos usados, entonces es preciso contemplar que el dispositivo que se está diseñando no tomara en cuenta la parte musical de la melodía o la armonía, es decir quedara fuera lo que concierna con alturas en las notas musicales, o afinación a la hora de la interpretación, la formación de ideas musicales originales, y a pesar de que en la batería existen notas que se tocan al mismo tiempo y que forman acordes no se abarcara dicho concepto dentro del diseño, el siguiente paso es familiarizarse con el instrumento el cual está compuesto en su forma más básica por ocho instrumentos véase figura 3.1 y figura 3.2 (ya que puede ampliarse muchos mas), los cuales son:

1. Bombo (tambor)
2. Tarola (tambor)
3. Tom chico (tambor)
4. Tom grande (tambor)
5. Tom de piso (tambor)
6. Hi hat (platillos)
7. Crash (platillo)
8. Rider (platillo)

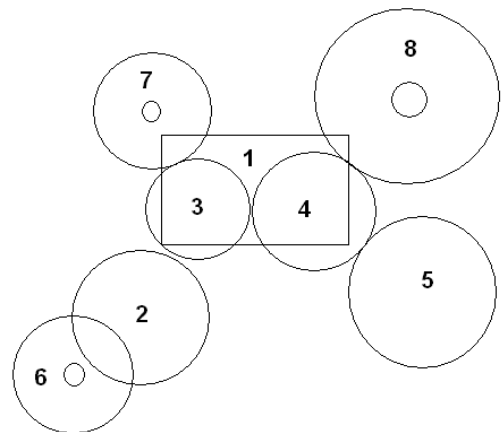


Figura 3.1 Posición esquemática de los instrumentos de la batería



Figura 3.2 Imagen real de una batería según el El esquema empleado

3.2 TEMPO O VELOCIDADES DEFINIDAS

En esta etapa se deja fuera únicamente al Rider, ya que el ejercicio programado no incluye este platillo, es necesario saber que, estos siete instrumentos son percutidos por una sola persona que se encarga de agrupar los sonidos correctamente, y debe estar consciente de la relación que guarda lo que se interpreta y el tiempo al que se está ejecutando, por lo que se vuelve imprescindible un entrenamiento en la mecanización de sus movimientos, una herramienta útil para la familiarización de estos puntos, es la utilización de un dispositivo existente, haciendo referencia al *metrónomo*, el cual ejemplifica perfectamente la variación del *tempo* que no es más que el concepto de velocidad musical ya manejado en el marco teórico, este aparato sirve para facilitar la asociación del *tempo* a la técnica que se tiene a la hora de ejecutar; la función de este será tomada en cuenta para el dispositivo a desarrollarse, y a su vez se adoptaran varias de sus características como ya se menciono anteriormente, el ajuste que sea conveniente en la velocidad, y por supuesto el marcar el ritmo en cada ejercicio o canción; por esta razón el dispositivo siempre tendrá una velocidad normal, es decir a la cual la versión original está escrita y otras dos opciones una más lenta y otra con mayor velocidad; con esto se pretende darle cierto dinamismo al auto aprendizaje, es necesario mencionar que estas variaciones obedecen a velocidades ya establecidas, siendo las más comunes las expresadas a continuación :

- *Largo*: de 40 a 60 pulsaciones por minuto.
- *Larghetto*: de 60 a 66 pulsaciones por minuto.
- *Adagio*: de 66 a 76 pulsaciones por minuto.
- *Andante*: de 76 a 108 pulsaciones por minuto.
- *Moderatto*: de 108 a 120 pulsaciones por minuto.
- *Allegro*: de 120 a 168 pulsaciones por minuto.
- *Presto*: de 168 a 200 pulsaciones por minuto.
- *Vivace*: de 200 a 207 pulsaciones por minuto.

La característica principal que se puede apreciar de inmediato es que se está definiendo los cambios en pulsaciones por minuto, es decir la magnitud que se está tomando para poder crear esta escala no está bien delimitada ya que a pesar de manejarse minutos, existe un cierto rango de tolerancia es decir hay varios valores que pueden entrar con ciertas variaciones en alguna de las categorías anteriores, por ejemplo; el Adagio tiene una velocidad de 66 a 76 *ppm* en este margen de pulsaciones existen once diferentes valores, pero como están dentro del espectro a tomarse entran en la velocidad mencionada ,ahora debido a la naturaleza del trabajo no pueden tomarse en cuenta la escala así establecida,



por lo que tenemos que definir una medida de *tempo* estándar, y se propone usar la *media* (un promedio) de cada velocidad por ejemplo en la ecuación 3.1:

$$Adagio = \frac{66 + 76}{2} = 71ppm$$

ecuación. 3.1

Se tiene una velocidad definida, pero al ser este un trabajo desde una perspectiva de ingeniería debemos tener una medición escalar, para que esta no sea en pulsaciones sino segundos, por eso se realizan sus respectivas conversiones tomando en cuenta que es el numero de golpes es por cada sesenta segundos o un minuto. Retomando el ejemplo anterior tenemos la ecuación 3.2.

$$Adagio = \frac{60}{71} = 0.845s$$

ecuación 3.2

Se prosigue con las velocidades restantes, quedando la siguiente tabla 3.1 como referencia, definiendo el *tempo* escalar que requerimos, y afirmando que no se tomaran velocidades arbitrarias.

Término	Significado	Metrónomo (ppm)	Media (ppm)	Velocidad en segundos
Largo	Muy lento	40-60	50	1.200s
Larghetto	Menos lento	60-66	63	0.952s
Adagio	Lento	66-76	71	0.845s
Andante	Tranquilo	76-108	92	0.652s
Moderatto	Moderado	108-120	114	0.526s
Allegro	Rápido	120-168	144	0.416s
Presto	Muy rápido	168-200	184	0.326s
Vivace	Rapidísimo	200-207	204	0.294s

Tabla 3.1 Velocidades definidas



Ahora se tocarán las notaciones musicales, como se estableció en el capítulo anterior las partituras están divididas en compases los cuales pueden variar en número dentro de cada canción, el compás con el cual se inicia un aprendizaje normalmente es el llamado de cuatro cuartos (4/4), el cual indica que este mismo será repartido en cuatro tiempos iguales, como máximo, con lo cual cada compás puede ser representado como un entero, entonces retomando el capítulo anterior se fraccionan estos de la siguiente forma como en la tabla 3.2.

COMPAS	TIEMPOS
1	4
1/2	2
1/4	1
1/8	1/2
1/16	1/4
1/32	1/8
1/64	1/16

Tabla 3.2

Equivalencia del valor del compás con los tiempos

Contemplado el tiempo que puede repartirse en cada compás, y saber el *tempo* indicado, se puede establecer la duración de cada compás, hasta su más mínima partición esto en una magnitud familiar en electrónica que son los segundos, tomando la ecuación 3.2 del ejemplo anterior tenemos:

Adagio = 0.845s ∴ en un compás entero de 4 tiempos tendrá una duración total según la ecuación 3.3 de:

$$\text{Compás (Adagio)} = (0.845s)(4) = 3.38 \text{ segundos}$$

ecuación 3.3

Este tiempo corresponde a una nota blanca de cuatro tiempos, y así con cada tipo de nota, ya sea negra que representa dos tiempos o negra con plica que representa un tiempo etc., a cada una le corresponde un valor equivalente real en tiempo, ahora ya teniendo un parámetro que se puede medir podemos determinar cuánto dura realmente de percusión a percusión en la partitura de la figura 3.3 tenemos:



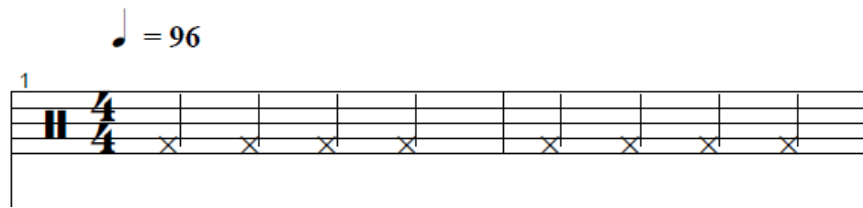


Figura 3.3 Partitura de 4/4 con notas de un tiempo específico

Se puede observar que el compas es de cuatro cuartos, el *tempo* viene marcado en 96 el cual no coincide con ningún valor de la tabla 1, debido a que esta velocidad es la original de la canción, Por lo cual se realizan los pasos para definir el tiempo real en cada equivalencia de compas y tiempos por minuto, empezando por la ecuación 3.4.

$$\text{Andante original} = \frac{60}{96} = 0.625s$$

ecuación 3.4

Ahora teniendo el valor en cada tiempo al ser el compas de 4/4 se saca el valor total del mismo como en la ecuación 3.5.

$$\text{Compas (Andante original)} = (0.625s)(4) = 2.5 \text{ segundos}$$

ecuación 3.5

Cada compas de esta partitura valdrá 2.5 segundos y cada intervalo dentro de este será de 0.625 segundos, ya que es de cuatro tiempos, pero en realidad las notas podrán estar ejecutándose en todo el intervalo de tiempo en la orden de 1/8, 1/16, hasta 1/64, como se manejo en la tabla 2, estas varían en tiempo real de acuerdo al *tempo* que se maneja de ejercicio a ejercicio, el deducir su valor en segundos es sencillo ya que simplemente cada valor únicamente va dividiéndose a la mitad, haciéndolo de la siguiente manera de las ecuaciones 3.6 a la 3.11 :

$$1/2 (\text{Andante original}) = \frac{2.5}{2} = 1.25 \text{ segundos}$$

ecuación 3.6

$$1/4 (\text{Andante original}) = \frac{1.25}{2} = 0.625 \text{ segundos}$$

Ecuación 3.7



$$1/8 \text{ (Andante original)} = \frac{0.625}{2} = 0.3125 \text{ segundos}$$

Ecuación 3.8

$$1/16 \text{ (Andante original)} = \frac{0.3125}{2} = 0.15625 \text{ segundos}$$

Ecuación 3.9

$$1/32 \text{ (Andante original)} = \frac{0.15625}{2} = 0.078125 \text{ segundos}$$

Ecuación 3.10

$$1/64 \text{ (Andante original)} = \frac{0.078125}{2} = 0.0390625 \text{ segundos}$$

Ecuación 3.11

Ahora con el propósito de la variación en dificultad para el aprendizaje propuesto, se establece que los ejercicios básicos se tomaran desde la velocidad más lenta que es 50 ppm un *largo*, y un *larghetto* de 63 ppm; Ahora corresponde aplicar el mismo método ocupado para obtener los intervalos reales posibles a las que las notas serán distribuidas en todo el pentagrama, es decir en el espectro de tiempo real para los tempos sobrantes expresados ya todos en la tabla 3.3.

COMPAS	Tempo 96 ppm (segundos)	Tempo 63 ppm (segundos)	Tempo 50 ppm (segundos)
1	2.5	3.809	4.8
1/2	1.25	1.904	2.4
1/4	0.625	0.95238	1.2
1/8	0.3125	0.47619	0.6
1/16	0.15625	0.238095	0.3
1/32	0.078125	0.119047	0.15
1/64	0.0390625	0.059523	0.075

Tabla 3.3

Tempo expresado en tiempo real para cada intervalo posible.



3.3 ANALOGIA DE CEROS Y UNOS, CON SILENCIO Y SONIDO.

Enseguida se tocara uno de los conceptos fundamentales para el funcionamiento de este dispositivo, partiendo de la idea de crear una analogía, por un lado en la parte musical, es muy importante el sonido, pero de igual forma lo es el silencio, dándonos esto un concepto de unos y ceros, lo que da una relación inmediata con un proceso digital, ya que la información manejada por el microcontrolador es de este tipo, haciendo a cada sonido o ejecución de una nota en un solo instrumento como un uno, y a cada silencio un cero, es importante mencionar que cada tambor o platillo se manejara como una variable diferente, a excepción del hi hat ya que este puede percutirse de dos formas; una es por medio de un pedal que abre y cierra los platillos de este instrumento y otra es golpear estos abiertos con una baqueta, entonces a lo largo de toda la línea del tiempo ira variando el valor de cada nota de uno a cero, no importando que uno o más instrumentos se toquen al mismo tiempo, por lo que se asignan variables a cada instrumento de la siguiente forma.

- Bombo = B
- Tarola = Tar
- Tom chico = Tc
- Tom grande = Tg
- Tom piso = Tp
- Hi hat mano = Hm
- Crash = C
- Hi hat pedal = Hp

Teniendo las variables asignadas correctamente procederemos a darles valores en toda la partitura de 1 a 0 a todos los sonidos y silencios de acuerdo también a relacionar los símbolos para cada instrumentó como se estableció en el capítulo 2, por ejemplo al observar la siguiente figura:

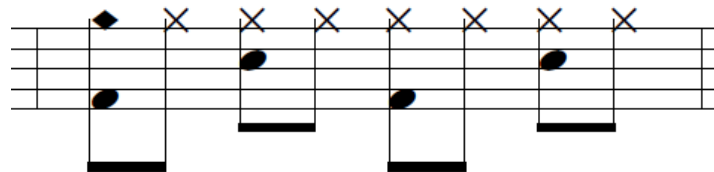


Figura 3.3

Compas para digitalización

Ahora podemos establecer la ya mencionada analogía en una tabla para hacer la programación más sencilla, por ejemplo la primera nota que se ejecuta es un bombo pero al mismo tiempo lo hace con un crash, y la siguiente es un hit hat, recordando que el intervalo de tiempo entre cada ejecución la dan las notaciones como se expresa que están dadas en el capítulo anterior. Ahora así se prosigue con las siguientes notas hasta terminar el compas ejemplificadas en la tabla 3.4.

Puertos	Pb7	Pb6	Pb5	Pb4	Pb3	Pb2	Pb1	Pb0
instrumento	B	Tar	Tc	Tg	Tp	Hm	C	Hp
	1	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	1	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0
	1	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	1	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0

Tabla 3.4 Digitalización de compas en la partitura

En la tabla 4 se observar que ya estamos manejando los pines de los puertos a ocupar que para este trabajo en particular será el puerto B, este contiene 8 líneas que podemos configurar ya sean como entradas o salidas, se estará ahorrando trabajo al ya estarlas definiendo mediante este método usado por lo cual se continua con el método hasta terminar con la partitura.

3.4 PROGRAMACION

El siguiente paso será el de la programación, recordemos el tipo de microcontrolador a usar será el *ATMEGA8515*, para lo que se emplea un software especial para su manejo el cual es el *AVR studio 4* igualmente de la misma marca, el cual cuenta con dos opciones de programación una en lenguaje c++ y otra en lenguaje ensamblador, la aplicación propuesta será programada en el segundo mencionado, básicamente el problema a resolver es el de ocupar los datos como los de la tabla 4 para introducir la partitura por entero, como este trabajo se realizo por etapas se analizara cada una con ayuda de un diagrama de flujo el cual esta descrito en la figura 3.4.



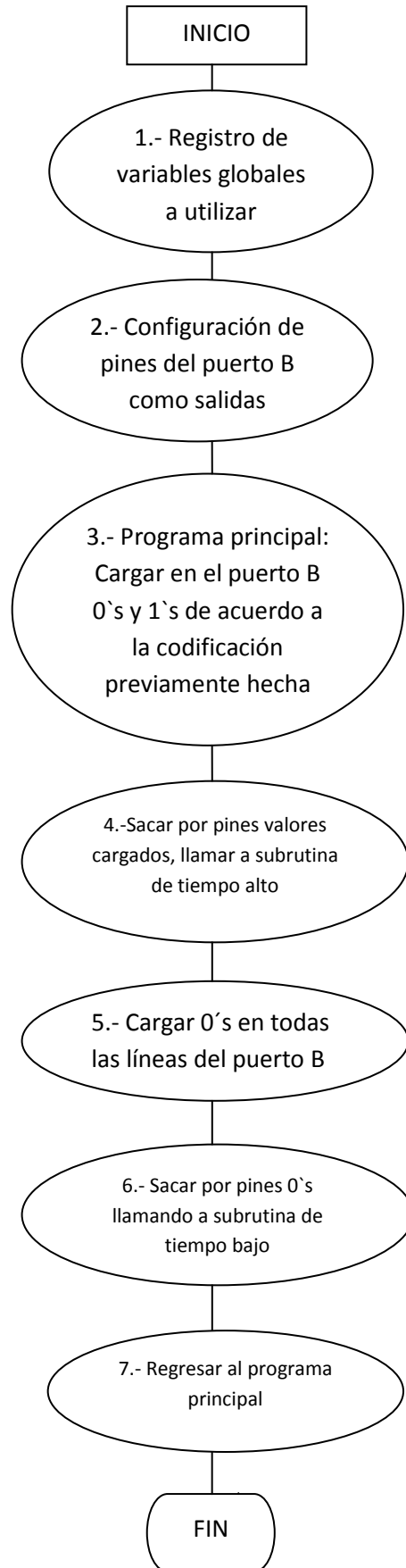


Figura 3.4
Diagrama de flujo



La figura 3.4 describe en grandes rasgos los pasos ocupados para la programación así que se retomaran describiendo lo que se realizo en cada uno de ellos:

1.- Como en todo programa previamente debemos de declarar las variables a utilizar en este caso tendremos que la sintaxis será la siguiente:

```
.def gen = r18  
.def t1 = r18
```

Donde: *gen* y *t1* son el nombre de las variables a utilizar, mientras *r18* nos indica la longitud de la variable y también que son números reales los que se están ocupando, el número de las variables será diferente de acuerdo a los requerimientos del programa.

2.- En este paso se configuran los pines del puerto B como salidas de acuerdo a la siguiente sintaxis:

```
ldi gen 0b00000000  
out portb gen  
ldi gen,0b11111111  
out DDRB,gen
```

En donde se le está ordenando al chip que los valores usados serán binarios, y mandándole 0's al puerto, para que no existan datos cargados previamente y mandando 1's a la memoria DDRB los cuales activan el puerto como salida en los pines descritos desde el Pb0 al Pb7.

3.- Ahora ya estando en el programa principal se cargan los valores previamente codificados de todo el extenso de la partitura como en el siguiente ejemplo:

```
ldi gen, 0b00000001
```

En el cual se le está cargando el valor de la partitura en el puerto asignado.

4.- En esta parte del programa se generan los pulsos ya por medio de los pines en uso, los cuales se describen en el siguiente ejemplo:

```
out portb, gen  
rall tiempoAlto
```

Se tiene que tener presente que cada instrucción del micro consume un tiempo específico, el cual está indicado por el tipo de reloj que estamos ocupando en este



caso ocupamos un reloj externo el cual es de 12 MHz, cada instrucción es el inverso de este valor, como podemos observar en la ecuación 3.12:

$$\text{Ciclo de reloj} = \frac{1}{12 * 10^9} = 8.3 * 10^{-11} \text{segundos}$$

ecuación 3.12

Se puede cerciorar que el resultado está en el orden de pico segundos es decir más pequeños que microsegundos y de acuerdo a la tabla 3 los valores en tiempo real de la duración están referidos en segundos es decir que el pulso que mandemos como una sola instrucción tendrá en tiempo real el tiempo descrito en la ecuación 3.12, por lo cual se requiere de hacerlo más extenso, entonces se manda a llamar una subrutina de tiempo, la cual hará perder tiempo al micro para que se mantenga encendido, pero entonces debemos separar la duración del encendido del beat complementándola con su apagado, para esto se debe regresar hasta los valores mas pequeños que se pueden asignar dentro de un intervalo de tiempo de acuerdo a la tabla 3 el cual será de 1/64 de tiempo equivalente en el compas, entonces tomamos la mitad de este tiempo por lo cual nos dará la duración del tiempo Alto total en un *tempo* de 50ppm en la ecuación 3.13:

$$\text{Tiempo Alto} = \frac{0.075s}{2} = 0.0375s$$

ecuación 3.13

Ahora debemos de calcular el número de instrucciones necesarias para que nos dé el tiempo requerido según la ecuación 3.14:

$$\text{numero de instrucciones} = \frac{0.0375}{8.3 * 10^{-11}} = 449391 \text{instrucciones}$$

ecuación 3.14

Ahora únicamente buscamos este valor en la subrutina de tiempo la cual se perderá tiempo en 3 ciclos anidados que decrementa y compara un valor y ya únicamente tenemos que buscar dicho número de instrucciones para tener el tiempo necesario.

5.- en este cargamos los pines de salidas como ceros ya que una vez que encendemos el led, se procede a apagarlo bajo la siguiente sintaxis:

Ldi gen, 0b00000000



6.-Ahora se mandaran estos valores en ceros a los pines asignados bajo la siguiente sintaxis:

```
out portb,gen
rcall tiempoBajo8
```

Ahora procedemos a tener varias subrutinas de tiempo de acuerdo al valor que requerimos para cada diferente intervalo, estos nos lo ira describiendo la partitura en la escritura misma, por lo cual dentro del programa únicamente las mandaremos a llamar ya teniendo cada valor especifico ya calculado de la misma forma que el anterior por medio de saber el número de instrucciones que se requiere y por lo tanto el tiempo real requerido haciendo que el micro tarde algún tiempo en las operaciones descritas, por lo cual estos valores de tiempo real están ya designados en la tabla 3.5.

Compas	Tiempo Alto	Tiempo Bajo	Duración
1	37.5 ms	2.439 s	2.4 s
1/2	37.5 ms	1.236 s	1.2 s
1/4	37.5 ms	0.6377 s	0.6 s
1/8	37.5 ms	0.33766 s	0.3 s
1/16	37.5 ms	0.187269 s	0.15 s

Tabla 3.5

Asignación de tiempos Bajos y Altos así como su duración

El único tiempo que hace falta es el de 1/64 pero este debido al ejercicio no se toma en cuenta para los cálculos de tiempo bajo, los cuales se calculan de una forma similar al del tiempo alto encontrando las instrucciones requeridas por ejemplo encontraremos el tiempo bajo para 1/4 del compas con la ecuación 3.15

$$\text{numero de instrucciones} = \frac{0.6377s}{8.3 * 10^{-11}} = 14386060 \text{ instrucciones}$$

ecuación 3.15

Con el valor dado buscaremos el número de instrucciones y por lo consiguiente el tiempo que nos dará será bastante exacto dependiendo de la exactitud que nos



acercamos a los ciclos de reloj requeridos. Y esto será para cada intervalo en particular como ya se menciona previamente de acuerdo a la partitura.

7.- Ahora retornaremos a la función principal por medio de la instrucción *ret*.

3.5 ARMADO DE CIRCUITOS.

Terminando de describir como es la programación ahora se muestra el diagrama de la manera correcta de conectar el microcontrolador la figura 3.5

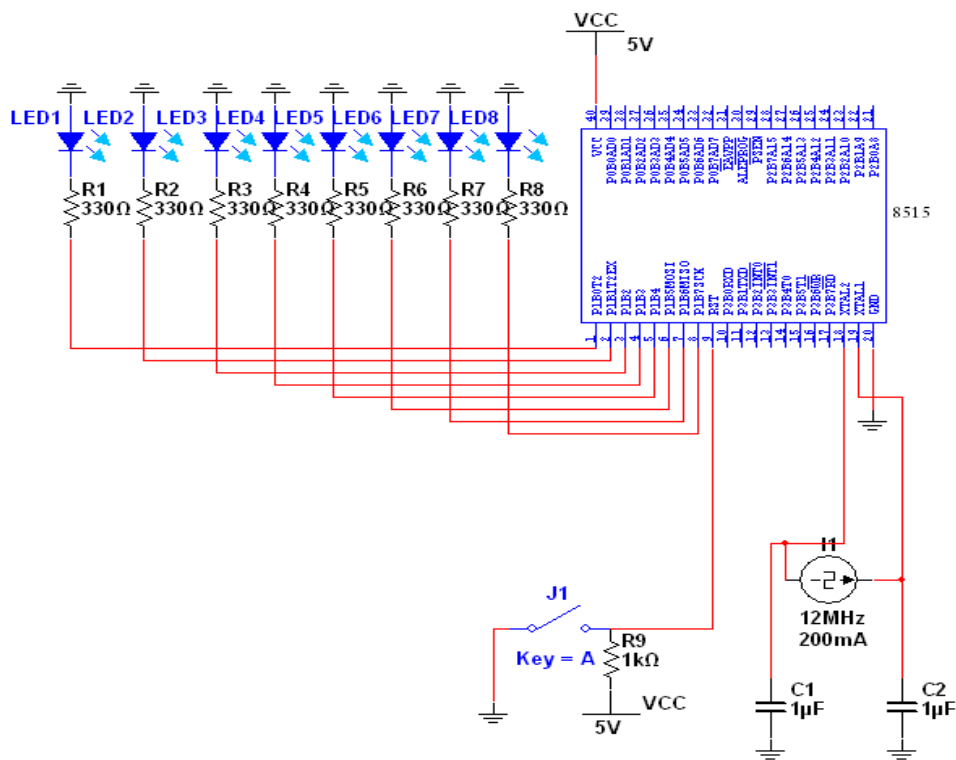


Figura 3.5

Conexión del circuito para poder iniciar la programación del microcontrolador

Lo siguiente es especificar la manera en como conectar la tarjeta programadora AVR titán EX, de la marca haltica, el cual viene su configuración en la figura 3.6



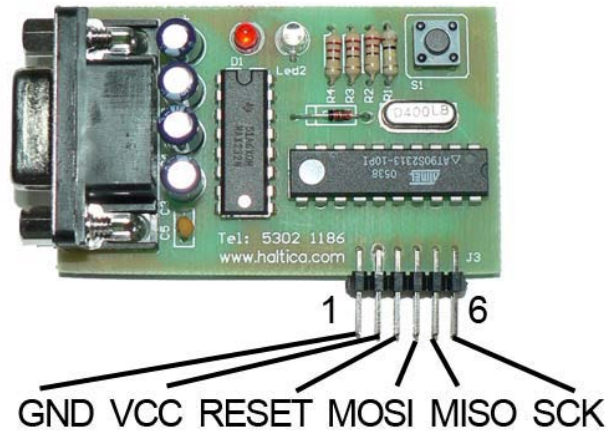


Figura 3.6
Configuración de la tabla programadora

Este se conectara de la siguiente forma, compartirán la misma fuente de voltaje, teniendo la misma polarización que el microcontrolador, la pata tres ira a la nueve, la cuatro a la seis, cinco a la siete, y seis a la ocho, respectivamente de la tarjeta al chip, quedando como la figura 3.7 lo muestra.

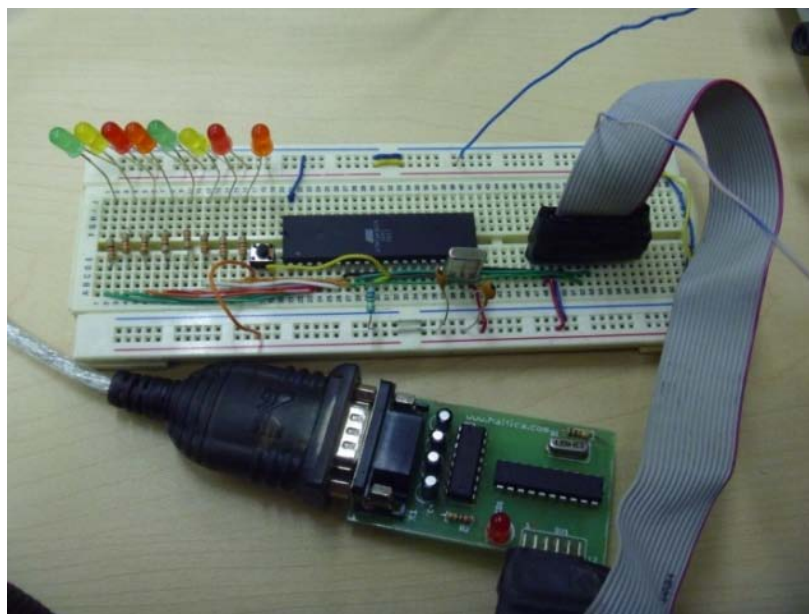


Figura 3.7
Imagen del programador conectado al circuito del microcontrolador

Se describe el total del material usado en la tabla 3.6.



MATERIAL	CANTIDAD
ATMEGA8515	1
PROGRAMADOR ALTICA	1
CRISTAL CUARSO 12MHZ.	1
CAPACITORES 22PF	2
RESISTENCIA 330 ohms	8
RESISTENCIA 10KΩ	2
PUSH BOTÓN RESET	1
FUENTE 5 VOLTS	

Tabla 3.6

Material usado para la programación del proyecto

Para que se comprobara el trabajo adecuado del micro se procedió a una serie de pruebas con ayuda del osciloscopio el cual sirvió para poder medir el intervalo de tiempo de los pulsos en tiempo real, para lo que se hicieron pruebas para los tiempos de 1/4 y 1/8 presentados en las figuras 3.6 y 3.7 respectivamente.

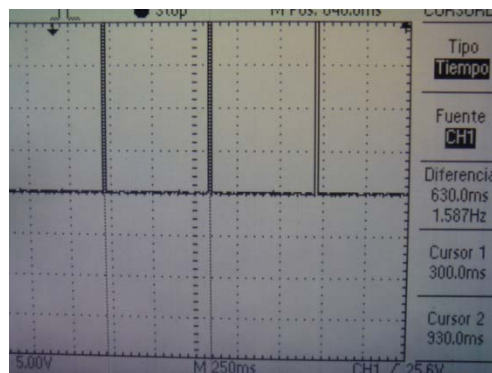


Figura 3.6

Intervalo real de tiempo medido de un tiempo bajo de 1/4 de compas a una velocidad de 96 ppm

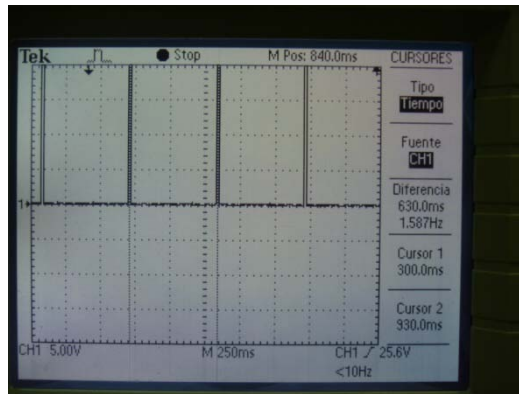


Figura 3.7

Intervalo real de tiempo medido de un tiempo bajo de 1/8 de compas a una velocidad de 96ppm

Como podemos constatar las imágenes 3.6 y 3.7 coinciden con los valores obtenidos para los tiempos en las ecuaciones 3.7 y 3.8, los cuales nos dan los intervalos reales a los cuales el micro está trabajando, por lo que podemos asegurar que el encendido y apagado de los led's se dan adecuadamente conforme a los cálculos previos.

3.6 Instrumentación

Instrumentar la batería consiste en acondicionar de la forma más sencilla posible el dispositivo en la batería para que pueda ejecutarse de forma eficaz y completa. Se describe el material en la Tabla 3.7.

MATERIAL	CANTIDAD
TRANSISTOR BC548B	8
LED ULTRABRILLANTE	40
CABLE	30mts.
CLAM MICROFONEO	5
RESISTENCIA 220 OHMS	8
CINTA DE AISLAR	3

Tabla 3.7 Material utilizado

El diseño del dispositivo fue realizado en base a la ley de ohm, cabe mencionar que el arreglo para led's se dispone así, ya que puede tener la opción de aumentar el

número de led's disponibles para la aplicación, en este caso por cuestión de costos y accesibilidad solo se sugieren 5 led's y en base a ello se realiza el arreglo.

Por definición la ley de Ohm establece que "la intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo", se puede expresar matemáticamente en la siguiente ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde, empleando unidades del Sistema internacional, tenemos que:

- I = Intensidad (A)
- V = Diferencia de potencial (V)
- R = Resistencia (Ω)

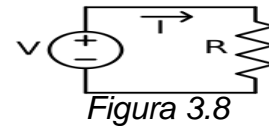


Diagrama por elemento:

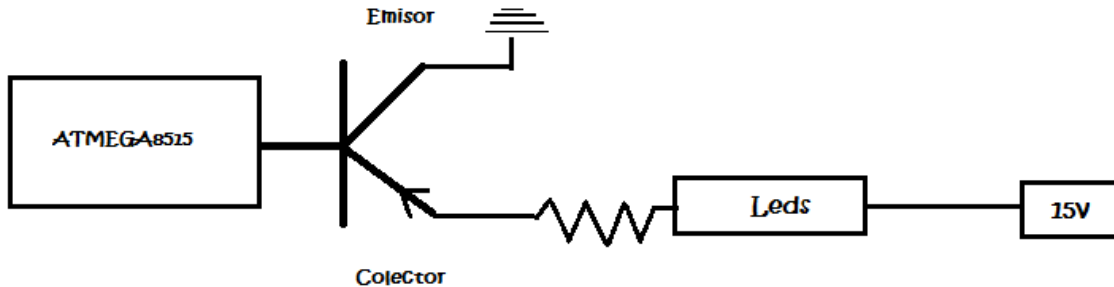


Figura 3.9

Teniendo entonces que:

$$R = V / I$$

$$R = (15 - (2.1 * 5) - 0.2) / 20\text{mA}$$

$$R = 215 \text{ por tanto } R = 220 \text{ ohms}$$



En aplicación se muestra la siguiente Figura en donde se realiza la conexión con el microcontrolador y los arreglos para el dispositivo. se muestra la primera prueba en la Figura 3.10 siguiente.

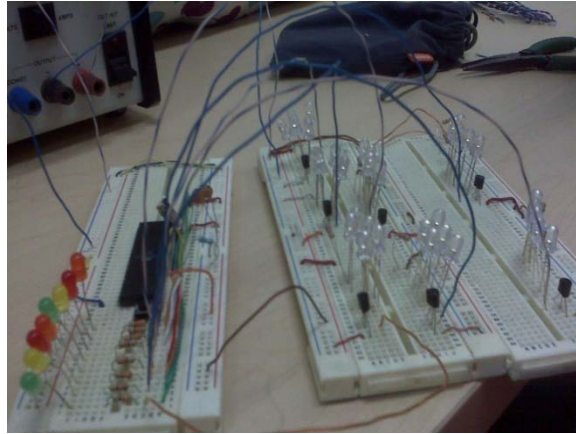


Figura 3.10

Adaptación para la aplicación, se lleva a cabo una adaptación del segmento diseñado para poder colocarse fácilmente en la batería, es así como se opta por usar unas pinzas utilizadas para micrófono llamadas en el medio como CLAM para poder colocar el nuevo circuito que conlleva el arreglo de led's.



Figura 3.11 Led ultravioleta utilizado para aplicación



Figura 3.12 de Pinza para micrófono "CLAM"



Figura 3.14 Circuito adaptado para la aplicación

Tabla .2 de Distribución de Colores en la batería.

Hi-Hat mano	Azul
H-H pie	Blanco
Tarola	Verde
Tom Piso	Ambar
Crash	Rosa
Bombo	Rojo
Tom Grande	Rojo
Tom Chico	Ambar

La realización de pruebas fue realizada con luz apagada para mayor notoriedad y ver la potencia que conlleva nuestro arreglo, siendo dentro de las recomendaciones que pueda ser utilizado el generador en un lugar no muy alumbrado para su mejor apreciación.

Pruebas

Figura .3 Que muestra la primera prueba Tom piso

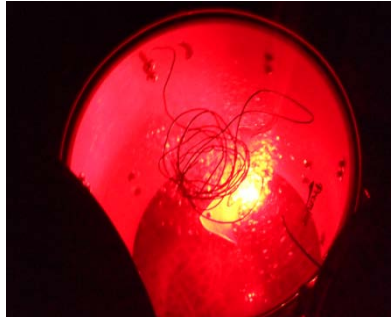


Figura .4 Que muestra la primer prueba Tarola



CONCLUSIONES



Se comprobó que la rítmica se puede analizar desde un punto de vista técnico, siendo evaluada por duración en tiempo.

Desde el punto de vista de “aprendizaje autodidacta”, se propone un nuevo tipo de enseñanza y aprendizaje de un instrumento musical específicamente la batería, es por eso que resulta práctico innovador y eficiente por que da oportunidad de que un principiante se familiariza con el instrumento, además de ampliar la posibilidad de que un baterista profesional practique con la certeza que el tempo que se maneja es el real.

Es posible adecuar el tempo metronómico para el aprendizaje, es decir en base a un metrónomo se pudo manipular los tiempos y realizar es estándar para primero poder familiarizarse con el instrumento y posteriormente introducirse al aprendizaje musical.

Se hace accesible una nueva forma de enriquecer un espectáculo o show, al tener presente la visión de destellos de colores al ritmo de la música o la secuencia que se tenga preparada.

Desde otro punto de vista podemos concluir que la realización de proyectos de este tipo que no sean meramente tradicionales además de aportar recurre al hecho de innovar con los recursos que se tiene, es posible realizar variaciones a lo que se pretende estar establecido o que en la vida real se maneja como un estándar, es importante recalcar que el aporte de este proyecto va enfocado a seguirlo desarrollando y es ahí donde se involucran y ponen en práctica todos los conocimientos adquiridos durante la carrera, Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica.

Recomendaciones

- Es necesario que le aprendiz tenga nociones de las Notaciones musicales para que su aprendizaje sea más completo.
- Realizar ejercicios de ritmos para que el alumno inicie desde cero y así tenga conocimiento de todos los ritmos y desarrolle su coordinación y habilidad conforme a su avance.
- Mejora Interfaz de usuario / Electrónica.
- Implementación de mas herramientas.



ANEXOS



Presupuesto

COSTO PROYECTO

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MICROCONTROLADOR	ATMEGA8515	\$85	3	255
PROGRAMADOR	ALTICA	\$500	1	500
ADAPTADOR PARA PINES	ADAPTADOR	\$40.00	1	40
CRISTAL	CUARSO 12MHZ.	\$5	1	5
CAPACITORES	22PF	\$3	2	6
RESISTENCIA	330 Ω	\$3	8	24
RESISTENCIA	10KΩ	\$3	1	3
RESISTENCIA	220	\$1	10	10
PUSH BOTÓN RESET		\$5	1	5
LED	SIMULACIÓN	\$2	8	16
LED ULTRABRILLANTE	APLICACIÓN	\$3	50	150
TRANSISTOR	BC548B	\$3	10	30
CABLE		\$2	20m.	40
CLAM		\$120	5	600
*FUENTE	5 VOLTS		1	
**BATERÍA ACÚSTICA	CABRIA PREMIER	\$9 500	1	9 500
**PLATILLOS	KIT	\$3500	1	3 500
BAQUETAS	1 PAR	\$45	1	45
*OSCILOSCOPIO	TDS3000B		1	
CINTA DE AISLAR	NEGRA/ROJA	\$12	3	36
TOTAL				\$ 14 729

PRESUPUESTO ESTIMADO

CARGO	ESPECIFICACIÓN	COSTO MENSUAL	CANTIDAD	TOTAL
CLASES	MÚSICA	400	12	\$3 800
MANO DE OBRA	2 INGENIEROS	12 000	12	\$144 000
PROTOTIPO				\$ 14 729
TOTAL				\$162 529



AVR STUDIO

⁵⁴Para el desarrollo de la aplicación con que fue programado el microcontrolador del generador electrónico visual fue utilizado un programa de software, AVR Studio V.4 Es un software con ambiente integrado de desarrollo (IDE) proporcionado por el fabricante ATMEL, ver Figura 4.1 de tiempo ensamblador para la familia de microcontroladores AVR RISC de 8 bits, por lo que trabaja directamente con el set complemento de instrucciones del ATMEGA8515

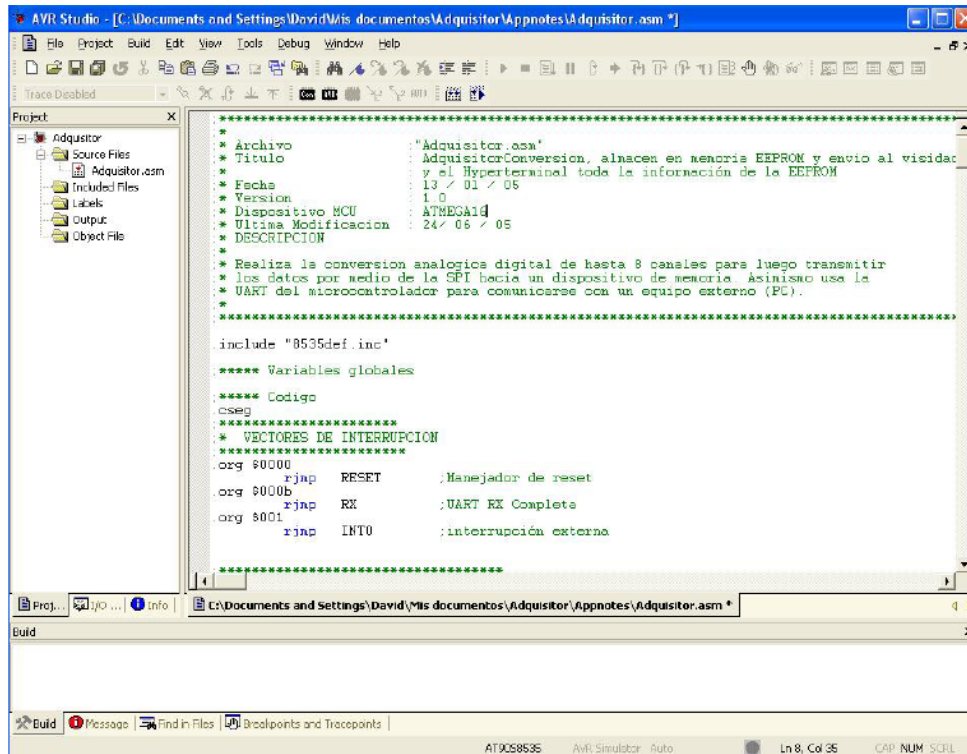


Figura 4.1 Pantalla de trabajo de software AVR Studio.

GUITAR PRO 5

Guitar Pro es un editor de partituras fundamentalmente de guitarra, aunque admite todos los instrumentos soportados por el formato MIDI, del desarrollador de software Arobas Music.

Una herramienta muy útil en el aprendizaje de música, particularmente en el aprendizaje de la guitarra, ya que además de permitirnos escuchar la canción podemos ver la tablatura y la partitura, además de un esquema de con la posición de los dedos en el mástil de la guitarra

⁵⁴ Conformación de deficiones en base a propuestas de internet en forma principal <http://www.scribd.com/doc/7842926/Capitulo4-Directivas-y-Software-Del-AVR-Studio-espanol>



efectos sintéticos, y otros efectos, contando con un total de 127 instrumentos posibles.

Desde la versión 5, guitar pro incluye un nuevo sistema llamado RSE (Realistic Sound Engine) para reproducir el audio de las partituras en vez del formato MIDI usado por las versiones anteriores. Este sistema consiste en la reproducción de sonidos de instrumentos reales previamente grabados, lo que ofrece un sonido muy similar al de un instrumento real. Este método de reproducción tiene como inconveniente que consume gran cantidad de recursos del sistema.

Posee además una útil herramienta para la construcción de acordes. Cuenta con herramientas para afinación de guitarras eléctricas y clásicas, herramientas para la práctica de escalas, metrónomo, entrenador de velocidad entre otros.

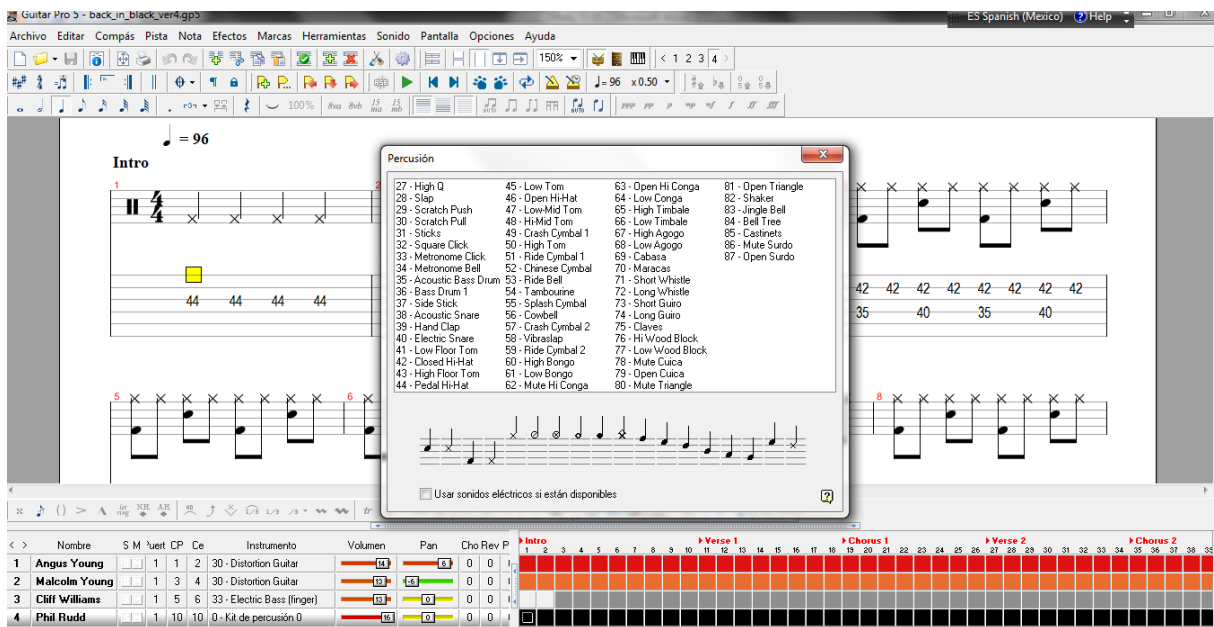


Figura Entorno de Guitar Pro5, con indicación a Percusiones

METRÓNOMO DIGITAL TEMPO PERFECTO

⁵⁵TempoPerfect es un metrónomo con el que podrás marcar el ritmo de un modo eficiente, preciso y totalmente personalizado.

El entorno de TempoPerfect incluye las funciones necesarias para cargar ritmos predefinidos o definir uno nuevo desde cero. Permite definir el tempo exacto entre notas, cambiar el número de notas e incluso definir subdivisiones.

⁵⁵ Referencia tomada de algunas paginas de descarga <http://tempoperfect.softonic.com/>



Además de las notas acústicas, TempoPerfect incluye un indicador digital del tempo y una barra de leds virtuales con la evolución de las notas en el tiempo.

Ventajas

- Patrones predefinidos
- Múltiples opciones para personalizar los ritmos



TempoPerfect Metronome Software *Distributed by:*
Figura Metrónomo utilizado Tempo Perfecto

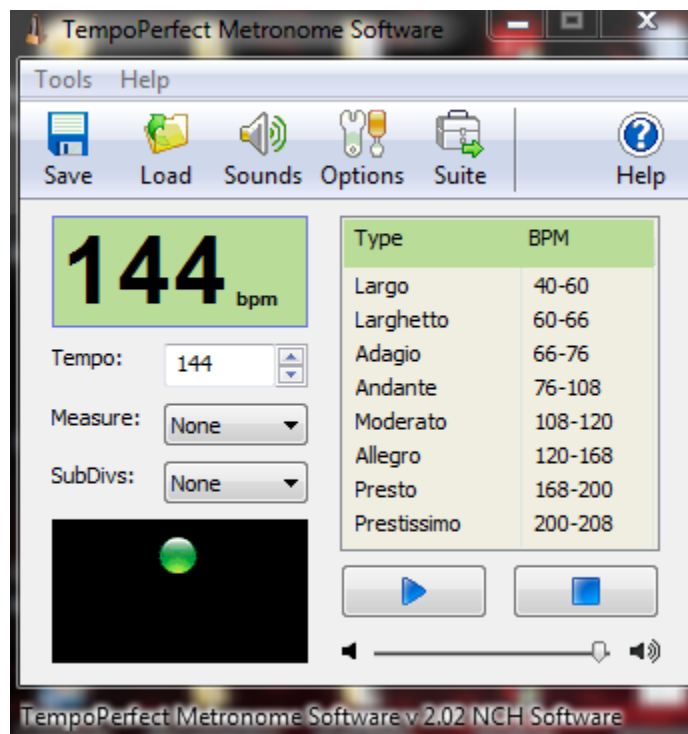
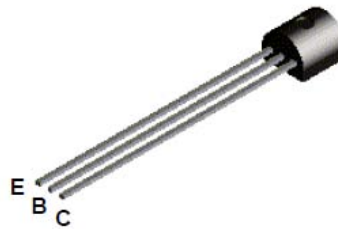


Figura Software Tempo Perfecto

Dispositivo Utilizado para la implementación
BC548B
NPN General Purpose Amplifier BC548B

⁵⁶NPN General Intentan Amplificador BC548B

Este dispositivo esta diseñado para el empleo como amplificadores de objetivo generales e interruptores que requieren corrientes de colector a 300 mA. Sourced Proceso 10. Ver PN100A para características



This device is designed for use as general purpose amplifiers

Absolute Maximum Ratings* TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	30	V
V_{CES}	Collector-Base Voltage	30	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	500	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Tabla características Eléctricas de BC548B

⁵⁶ Traducción Realizada de Data sheet BC548B



Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
--------	-----------	-----------------	-----	-----	-------

OFF CHARACTERISTICS

$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0$	30		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_E = 0$	30		V
$V_{(BR)CES}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_E = 0$	30		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_C = 0$	5.0		V
I_{CBO}	Collector Cutoff Current	$V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0, T_A = +150 \text{ } ^\circ\text{C}$		15 5.0	nA μA

ON CHARACTERISTICS

h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$	548 548A 548B 548C	110 110 200 420	800 220 450 800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$ $I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$			0.25 0.60	V V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$ $V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$		0.58	0.70 0.77	V V

SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

h_{fe}	Small-Signal Current Gain	$I_C = 2.0 \text{ mA}, V_{CE} = 5.0 \text{ V},$ $f = 1.0 \text{ kHz}$		125	900	
NF	Noise Figure	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 200 \text{ } \mu\text{A},$ $R_S = 2.0 \text{ k}\Omega, f = 1.0 \text{ kHz},$ $B_W = 200 \text{ Hz}$			10	dB

BATERÍA UTILIZADA

Batería Estandar de marca Premier y de serie Cabria PK, que representa una buena opción en el nivel de entrada. Cabria PK tambores proporcionan un gran sonido, el rendimiento y todo lo que son necesarios para quien quiere iniciar en el mundo musical.

Esta constituida por un doble de hardware, Trono, brazos y una selección de cuatro acabados de alta calidad plástico durable.

La Cabria Jazz PK 20 paquetes cáscara incluye;

- 10 "x 8" Tom
- 12 "x 9" Tom
- 14 "x 14" Tom de piso



20 "x 16" Bombo
14 "x 5.5" Snare

Doble titular de Tom y doble pack preparó hardware incluido:
Tambor de pie, equipo de soporte-hat, soporte de la pluma (x2) y pedal de bombo.

El rango de Cabria PK presenta una gran selección de acabados de plástico de cuatro atractivos para elegir. Estos acabados de alta calidad plástico durable experto se aplica a cada tambor dándoles una apariencia magnífica.

Referencias

Antecedentes históricos

Historia de la música

<http://www.corazonistas.edurioja.org/haro/recursos/hmusica/index.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos5/mudipe/mudipe.shtml>

Instrumentos electrónicos

<http://hagaselamusica.com/ficha-instrumentos/otros-instrumentos/mecanicos-y-electricos/>

http://html.rincondelvago.com/instrumentos-musicales_6.html

<http://electroinstrumentos.blogspot.com/>

Características Batería Utilizada.

<http://www.premier-percussion.co.uk/catalogue.asp?id=111>

Libros Utilizados.

Método de Batería de rock Patrick Wilson Ediciones MD

Métodos Rítmicos II

Apuntes Curso Básico FERMATTA lectura inicial

Manual AVR

Data sheet BC548B

http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/B/C/5/4/BC548B.shtml

Antecedentes históricos

Personal

*Conceptos básicos de Acústica Musical definidos por el Maestro Javier platas

