



SISTEMA DE MONITOREO PARA LA PREVENCIÓN DE LA MUERTE SUBITA DEL LACTANTE

(PROTOTIPO)

SUSTENTANTES:
CARLO PINEDO SUAREZ
FELIPE DE JESÚS GARCIA RANGEL

PLANTEL:
COLOMOS

CARRERA:
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

ASESOR:
MGPES. ANA KAREN MARGAIN PEREZ

Agradecimientos.....	7
Dedicatoria.....	8
Introducción.....	9
Antecedentes.....	10
Problemática.....	12
Solución.....	15
Justificación.....	16
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Interés científico y tecnológico.....	18
Alcances y limitaciones.....	20
Capítulo I. Fundamentos.....	21
Estado de la técnica.....	21
Patentes relacionadas.....	22
Patente 1: “Intelligent Crib”.....	22
Patente 2: “Cuna inteligente”.....	22
Patente 3: “Automatic baby’s craddle”.....	23
Patente 4: “Electric Cradle for babys”.....	23
Patente 5: “Intelligence Crib control System”.....	24
Productos relacionados en el mercado.....	24
Producto 1: “Angel Care AC401”.....	24
Producto 2: “Angel Care AC701”.....	25
Producto 3: “Angel Care AC1100”.....	25
Producto 4: “Infant Optics DXR-8 Monitor de video para bebé”.....	25
Producto 5: “Monitor de Apnea Bebé Mimo 0-3”.....	26
Marco conceptual.....	27
Marco teórico.....	30
Marco histórico.....	31
Capítulo II. Diseño del prototipo.....	33
Descripción del diseño por etapas.....	33
Etapa 1: Temperatura.....	36

Diagrama eléctrico.....	36
Cálculos.....	37
Simulación.....	40
Diagrama electrónico.....	43
Etapa 2: Respiración.....	45
Diagrama eléctrico.....	48
Cálculos.....	49
Diagrama electrónico.....	50
Etapa 3: Cámara: Análisis de la posición.....	52
Algoritmo para configurar al microcontrolador, la cámara y el servidor web.	53
.....	53
Diagrama de flujo.	54
Código.	54
Algoritmo para definir la interfaz del servidor web.	54
Diagrama de flujo.	57
Código.	58
Algoritmo para la lectura y procesamiento de la imagen.	58
Diagrama de flujo.	60
Código.	60
Interfaz.....	60
Etapa 4: Unidad central de procesamiento.....	62
Cálculos.....	62
Algoritmos.....	64
Diagramas de flujo.....	65
Código.	66
Diagrama electrónico.....	66
Modificaciones posteriores.	67
Etapa 5: Módulo de alarma.....	68
Diagrama eléctrico.....	68
Algoritmos.....	69
Diagramas de flujo.....	70
Código.	71
Diagrama electrónico.....	71

Capítulo III. Desarrollo y resultados.....	73
Desarrollo del sistema por etapas.....	73
Experimentación.....	74
Adquisición de las señales.....	74
Temperatura.....	74
Respiración.....	76
Procesamiento digital.....	78
Adquisición y procesamiento digital de imágenes.....	81
Etapas acopladas.....	87
Elaboración de la PCB.....	87
PCB situada en la cuna.....	87
PCB situada en el módulo de alerta.....	90
Elaboración de prototipo.....	91
Montaje.....	92
Pruebas finales.....	95
Primera prueba.....	95
Segunda prueba.....	96
Tercera prueba.....	96
Adecuaciones y/o modificaciones.....	98
Conclusiones.....	99
Recomendaciones y mejoras.....	100
Aplicaciones y uso futuro.....	102
Referencias bibliográficas.....	103
Apéndices.....	108
Apéndice A. Manual de usuario.....	108
Prefacio.....	109
Introducción.....	109
Síndrome de muerte súbita del lactante.....	109
Guía de instalación.....	114
Guía de uso.....	116
Función de Monitor.....	116
Función de análisis de posición.....	117

Módulo de alarma.....	118
Posibles errores	119
Error 1: Activación del buzzer con ningún LED activo.	119
Error 2: No se muestra ningún parpadeo en el módulo bluetooth de la cuna.	
.....	120
Error 3: No se muestra respuesta en el módulo Bluetooth del llavero.	121
Error 4: Errores durante la ejecución del programa en MATLAB.....	121
Error 5: Servidor no encontrado.	123
Error 6: No se muestra la imagen en el servidor.	124
Error 7: La alarma de respiración se mantiene activa permanentemente. 124	
Error 8: La alarma de temperatura se mantiene activa permanentemente.	
.....	125
Error 9: Cualquier LED, con excepción del D4 se activa sin que lo haga así el Buzzer.....	125
Mantenimiento preventivo.....	126
Sistema.....	126
Objetivo.	126
Recursos humanos.....	126
Frecuencia.....	126
Duración.....	127
Material y equipo requerido.	127
Conjunto de actividades a realizar.....	127
Formato para el control de mantenimientos preventivos de Smart Crib... ..	128
Apéndice B. Administración del proyecto.....	129
Lista de requerimientos.....	129
Diagrama general de tiempos del proyecto.....	130
Lista de actividades.....	131
Ruta crítica.....	132
Diagrama de Gantt.....	132
Lista de materiales y precios.....	133
Etapa de detección de respiración	133
Etapa de detección de temperatura.....	133
Etapa de procesamiento digital.	134

Etapa de alarma.....	134
Etapa de procesamiento de imágenes.....	134
Otros materiales.....	135
Lista de herramientas utilizadas.....	137
Apéndice C. Código: Etapa de procesamiento de señales.....	138
Apéndice D. Código: Módulo de alerta.....	140
Apéndice E. Código: Configuración del servidor web.....	142
Apéndice F. Código: Interfaz del servidor web.....	144
Apéndice G. Código: Adquisición y procesado de imágenes.....	156
Apéndice H. Índice de figuras.....	160
Apéndice I. Índice de ecuaciones.....	162
Apéndice J. Índice de tablas.....	163
Apéndice K. Glosario.....	164
Anexos.....	167
Anexo 1: Hoja de datos del microcontrolador AT89S52.....	167
Anexo 2: Manual del 8051.....	170
Anexo 3: Hoja de datos del sensor HB100.....	184
Anexo 4: Hoja de datos del amplificador operacional LM358.....	187
Anexo 5: Hoja de datos del 74LS32.....	191

Agradecimientos.

Emprender la realización de un proyecto siempre implica la confrontación de obstáculos, y por lo general, la obtención de recursos económicos, espaciales, temporales o sapienciales representan las barreras a las que hago referencia, afortunadamente hemos contado con muchos guías que nos han sabido orientar y apoyar, y que mencionaré brevemente por separado a continuación:

Los profesores y almacenistas, que han prestado su tiempo para invertirlo en nuestra supervisión y que nos han brindado también los espacios, materiales y herramientas que hemos requerido para realizar pruebas y llevar a cabo el proceso de implementación del proyecto, a veces en momentos poco ortodoxos, cabe mencionar.

Nuestros familiares, que desde lo personal puedo decir que han tenido que soportar mis ideas pronunciadas en voz alta espontáneamente, y que han podido satisfacer nuestros caprichos en cuanto a transporte y economía.

Con temor a haber pasado por alto algún aspecto, quiero generalizar y agradecer a todas aquellas personas que se han involucrado en este proceso lleno de altibajos llamado titulación.

Dedicatoria.

Este trabajo está dedicado a todas aquellas personas que han influenciado la realización de este proyecto en especial a nuestras familias las cuales han sido un impulso a la finalización de este mediante formas de apoyo las cuales van desde la aportación de recursos hasta la ayuda emocional, los cuales fueron el empujón necesario en distintos momentos ya sea en los fáciles como en todos aquellos en los que sentimos que ya no había una solución.

Se espera que los esfuerzos de todas aquellas personas mencionadas, no queden guardados sino que alcancen a otras personas y así mejoren o ayuden en alguna ocasión lo que son sus vidas.

Introducción.

El Síndrome de Muerte Súbita del Lactante o SMSL es una causa de muerte en niños lactantes que hasta en la actualidad sigue siendo estudiada y desmitificada.

Diversos estudios han atribuido a este síndrome algunos factores que implican un aumento en las probabilidades de incidencia del mismo, estos factores se pueden aglomerar en 3 estratos: los factores genéticos, los factores prenatales y los postnatales, que son altamente evitables.

El presente proyecto se enfoca en erradicar precisamente los factores de riesgo postnatales, se buscará lograrlo midiendo una serie de variables físicas del entorno del bebé que brinden indicios de una situación que favorezca la presencia de este síndrome en el neonato.

A pesar de que se tocan temas relacionados a conceptos referentes al síndrome de muerte súbita infantil, no debe olvidarse que este texto no lleva por finalidad el brindar información relacionada a este tema, no más de la necesaria para entender y justificar cada una de las funcionalidades del prototipo que se diseñará, siendo esta la tarea concerniente de textos, como este, enfocados en la investigación e implementación de un prototipo.

El presente documento se ha desarrollado en tres grandes bloques, en donde se tratan los conceptos básicos relativos al SMSL en el capítulo I “Fundamentos”; para después pasar a explicar el proceso de diseño del prototipo en el que se centra este trabajo en el capítulo II “Diseño del prototipo”; y la forma en que se llevó a cabo la implementación del proyecto, en el capítulo III “Desarrollo y resultados”.

Antecedentes.

La naturaleza de la definición del síndrome de muerte súbita del lactante provoca que no se conozcan con exactitud las razones que llevan a que suceda esta complicación, fuera de los datos que los estudios epidemiológicos¹ y patogénicos² observacionales arrojan.

Se sabe simplemente que un conjunto de factores, evitables o no, contribuyen a una muerte aparentemente sin causa en los primeros meses de vida. Destáquese de esto dos cosas: Que se habla de consecuencias negativas a la salud de relevancia como lo es la muerte, y que el hecho de que las causas sean desconocidas sugiere que al nacer, todos tenemos probabilidades de perecer por este desorden.

Con el gran problema de que un niño que pierde la vida por este síndrome suele dar señales de ser un niño sano hasta que es encontrado muerto en su cuna, no se ha podido establecer una causa que indique que el lactante³ tiene riesgo de fallecer, pero se han podido observar factores que predisponen o sugieren que el niño está en riesgo de padecer una complicación.

Hasta el siglo pasado, el desconocimiento en cuanto al tema era aún mayor, sin embargo, en las últimas décadas, después de varios estudios se ha determinado que existen factores intrínsecos⁴ y extrínsecos⁵ en el bebé que dan lugar a que este pierda la vida.

¹ Epidemiológico: Referente al tratado de las epidemias. (Real Academia Española, 2018).

² Patogénico: Referente a la parte de la patología que estudia cómo se originan y desarrollan las enfermedades. (Real Academia Española, 2018).

³ Lactante: Se le denomina así a los niños cuya edad está comprendida dentro del rango de los 28 días al año 11 meses. (NOM-008-SSA2, 1994).

⁴ Factores de riesgo intrínsecos: Son los factores genéticos o ambientales que afectan la susceptibilidad de un niño a padecer el SMSL. (Izquierdo, Zorio, Molina y Marín, 2013).

⁵ Factores de riesgo extrínsecos: Factor de estrés físico próximo a la muerte que puede aumentar el riesgo de SMSL en un niño vulnerable. (Izquierdo, et. al., 2013).

Entre los factores no evitables, encontramos la mayor incidencia del síndrome de muerte súbita del lactante entre los bebés de madres afroamericanas, de la India, maoríes, aborígenes australianos y de ascendencia mixta en Cabo Town, Sudáfrica. (Izquierdo, Zorio, Molina y Marín, 2013).

Siguiendo la línea de los factores no evitables, se ha observado que el género masculino, la prematuridad y la edad entre 2 y 4 meses representan un alza en el riesgo de deceso. (Ídem).

Uno de los más grandes avances en cuanto a la erradicación del síndrome de muerte súbita del lactante es la relación entre la posición decúbito prono⁶ para dormir y la incidencia de la tragedia. (Ídem).

Además se ha observado que otros factores en la condición de su entorno pueden afectar a la salud del niño, entre dichos aspectos se encuentran: La estacionalidad o meses fríos, exposición al humo de tabaco, alimentación con fórmula adaptada en lugar de lactancia, temperatura de la habitación elevada, ropa de cama en exceso, colchón blando, colecho⁷, dormir en un sofá y presencia de objetos o juguetes sueltos en la cuna, como almohadas o peluches. (Ídem).

De esta manera se observa que muchas son las condiciones que hacen más propenso a un niño de sufrir un problema, empero debe recalcarse que una gran parte de las causas mencionadas son evitables, por lo que debe hacerse hincapié en el importante papel que desempeña la responsabilidad de los padres sobre la seguridad de la vida de sus hijos.

⁶ Posición decúbito prono: Boca abajo. (Camarasa, 2013).

⁷ Colecho: Cuando el niño duerme con sus padres. (Asociación Española de Pediatría, 2012).

Problemática.

Cada uno de los individuos sobre el planeta estamos diseñados biológicamente para reproducirnos, no todos somos capaces de conseguirlo, sin embargo, el posible número de nuevas vidas, y por tanto, de nuevas paternidades es muy alto; no sería incorrecto decir que todos estamos ligados de alguna manera a una persona que desempeña su papel como tutor y conocemos que un recién nacido requiere de especiales atención y cuidado.

Si se reconoce a todo recién nacido como una posible víctima del síndrome de muerte súbita del lactante, entonces en potencialidad el problema es gigantesco, y debe ser atacado no únicamente por la cantidad de posibles afectados, sino también por la magnitud de las consecuencias que conlleva, después de todo, son vidas en peligro sobre lo que estamos hablando.

Queda claro que el problema abordado nos concierne a casi todos los seres humanos, sin embargo, hablar de las repercusiones globales que pueda tener la solución del problema es un poco complejo, sobre todo considerando que la población mundial en la actualidad es excesiva.

Siguiendo las razones éticas que llevan a todo médico a velar por las vidas de sus pacientes sin importar su papel en la sociedad, debe protegerse la integridad física y el derecho a la vida de cualquier ser viviente, en estos planteamientos reside la importancia de corregir las condiciones que exponen a un bebé a riesgos relacionados a la muerte de cuna.

Uno de los aspectos importantes de la salud que son considerados en un deceso infantil es el bienestar psicológico de los padres, desgraciadamente, el término de la vida del niño no marca el término de las afectaciones que pueda tener este desagradable suceso, sino que envuelve un complejo conjunto de reacciones que repercuten en la calidad de vida de los más próximos a la víctima.

Las repercusiones que la muerte súbita del lactante acarrea consigo van más allá de la vida en riesgo de un nuevo ser humano, puede tener afectaciones en el estilo de vida mental, social y conductual de los tutores. Englobar en pocas las implicaciones que suelen tener esta clase de sucesos es inútil, debe verse como un problema con consecuencias basta.

Podemos notar que el impacto de la temática elegida es muy amplio, pero desglosando las raíces que dan origen a este problema nos encontramos con 3 tipos de factores que atribuyen a la ocurrencia de este padecimiento (Izquierdo, et al., 2013):

- Factores riesgo genéticos. Que son no modificables, por ejemplo, se han observado más casos de SMSL en niños varones y en lactantes pertenecientes a razas determinadas como la afroamericana o maorí.
- Factores de riesgo prenatales. En donde se incluyen las costumbres de la madre como si suele fumar o consumir alcohol y las características del parto o del embarazo.
- Factores de riesgo postnatales. Son altamente evitables. Los estudios epidemiológicos han evidenciado que la posición decúbito prono es una condición muy importante para el incremento de las posibilidades de sufrir el síndrome. También se mencionan otras características del entorno como la temperatura de la habitación, el colecho, la textura del colchón blanda, entre otras.

Con el constante crecimiento tecnológico que el mundo ha sufrido en las últimas décadas, el desarrollo en los métodos de cuidado de los niños recién nacidos se ha incrementado de forma abundante, no obstante, actualmente es necesaria la atención de los tutores para constatar que la seguridad de los menores sea la adecuada; esta participación por parte de los padres conlleva problemas que pueden incurrir en consecuencias nocivas o letales.

Así pues, se podría decir que la participación humana en el proceso de desarrollo del niño se plantea como un problema en general, esta afirmación es justificada en casos específicos como lo es la desatención del monitoreo del recién nacido ocasionada por el descuido durante el tiempo requerido para actividades de necesidad básica por parte de los responsables de atestar las óptimas condiciones para el ambiente de desarrollo del niño.

Es imprescindible señalar a otros factores participes de la culpabilidad en las repercusiones negativas en la salud de los niños. Y es que, aunque se ha señalado el qué cuidados son o no destinados, no se ha mencionado el cuándo y el cómo la ejecución de esos cuidados, como la alimentación o posición del niño, es causa de problemáticas desencadenadoras de situaciones similarmente riesgosas.

El escuchar o mencionar sucesos tan trágicos y en gran medida evitables, invita a cuestionarnos si hay una forma de asegurar constantemente la vigilancia de los niños.

Solución.

El desarrollo de un proyecto asistente en la prevención del SMSL se ejecutó bajo la premisa de que el uso de tecnología ayuda a corregir los factores de riesgo de sufrimiento de muerte súbita del lactante.

El valorar la posición, la temperatura y los movimientos respiratorios de un bebé dan indicios de su susceptibilidad a una muerte en su cuna. El conocimiento de los padres de la disposición de un niño a perecer por estas causas, le permite tomar acciones para revertir las condiciones peligrosas.

Se pretende dar solución al problema en secciones anteriores del documento mencionado interpretando comportamientos y características del entorno, los cuales serán obtenidos a través del uso de un dispositivo que transforme una determinada manifestación de energía de entrada: temperatura, luz o imagen, movimiento, etc. en otra de salida que se manifieste de forma que se pueda interpretar una síntesis de las variables de entrada.

Se pretende también que este dispositivo se mantenga transmitiendo de forma constante esta información al tutor, para así asegurarse la seguridad del sujeto.

El sistema servirá como forma de comunicación entre las variables que tengan relación directa con la probabilidad de incidencia del SMSL y un conjunto de componentes electrónicos organizados para ser capaces de procesar la información para después representarla en un sistema diádico⁸ de datos para que el usuario se entere de cualquier situación del estudiado sin necesidad de que tenga algún conocimiento técnico.

⁸ Diádico: Relativo o referente a dos cosas vinculadas entre sí. (Real Academia Española, 2018).

Justificación.

Dejando de lado los efectos que pueda, o no tener la existencia de este problema, debemos enfocarnos en el cuidado de la salud del niño, sobre todo considerando que hay factores evitables implicados dentro de las causas que se reconocen del síndrome.

La automatización de los procesos ayuda a cumplir con funciones que en ocasiones nosotros pasamos por alto, en nuestro contexto, esas situaciones podrían ser los cuidados que un niño necesita para que los factores de riesgo evitables del síndrome se vean disminuidos.

La electrónica puede conseguir el comportamiento automático que ayude a asegurarnos de que no pasemos por alto ninguna precaución en cuanto al bienestar de nuestros hijos, es pertinente entonces de tecnólogos en electrónica desarrollar en un dispositivo las funciones que atribuyan a la solución de problemas como estos.

A pesar de que la tecnología a baja escala de adquisición o producción suele ser muy limitada, en el ámbito de la electrónica deberán ajustarse los recursos disponibles para que se genere un prototipo base para un sistema óptimo y económico, la viabilidad de desarrollo del proyecto, considerando los recursos disponibles, se apoya entonces en los enunciados anteriores.

Objetivos.

Objetivo General.

Construir un dispositivo que permita observar e interpretar las condiciones físicas en las que el recién nacido y su entorno se encuentran.

Objetivos Específicos.

- Ayudar con el monitoreo del bebé provisto por los padres, para que esto se traduzca en un ahorro del tiempo destinado a esta acción.
- Utilizar diferentes herramientas de la electrónica como ciencia para desarrollar un dispositivo funcional orientado al cuidado del bebé.
- Confirmar la seguridad del niño mediante el monitoreo constante de su situación.

Interés científico y tecnológico.

Por un lado, se ha mencionado que el SMSL es un padecimiento hasta hace unas décadas poco importante y lleno de mitos, esto facilita el aporte del proyecto a estudios en ese campo, sin embargo, se ha planteado como objetivo del proyecto el utilizar las herramientas brindadas por la electrónica y sus diversas ramas científicas para conseguir un comportamiento que atienda las necesidades generadas por el problema planteado.

Con la finalidad de describir estas herramientas, la siguiente sección se orientará a puntualizar cada una de las ramas de la electrónica involucradas, y a su vez aspirará a explicar la manera en que los conocimientos desarrollados previamente pueden aplicarse a la implementación del proyecto.

La relevancia científica y tecnológica propuesta por el proyecto nace de la consideración de que el uso de cualquier instrumento para el que se ha llevado a cabo un proceso de desarrollo puede sufrir un progreso científico como consecuencia de su aplicación en actividades de investigación, como lo es el presente proyecto, a pesar de, y resaltando, que el enfoque principal de éste es únicamente brindar soluciones reales a complicaciones actuales.

En la aplicación del producto, naturalmente se ve involucrada la electrónica que es la parte de la física que estudia el cambio y movimiento de electrones libres, y que a su vez se divide en muchas otras ramas como lo son las telecomunicaciones y la electrónica digital, algunas de las cuales se abordarán posteriormente como parte de los medios utilizados para lograr el funcionamiento del sistema.

Como característica inherente de las variables físicas a leer en el proyecto, está la determinación de valores continuos para sus magnitudes, implicando una serie de valores con dichas características en su transducción a señales

eléctricas, de forma que durante el proceso de lectura tanto de la presencia respiratoria como de la posición y de la temperatura, se involucrará el análisis de señales que por sus particularidades involucran a la electrónica analógica.

Una tecnología importante considerada en la detección de los parámetros es la del procesamiento digital de imágenes, y es que a pesar de que es una tecnología sólida y extendida, no se encuentra muy comúnmente en aplicaciones similares a la del proyecto.

La electrónica digital y los sistemas de codificación para señales eléctricas que brinda, son indispensables para cualquier dispositivo con funciones de interpretación complejas, y lo será también para el sistema propuesto como solución. Es importante puntualizar también la participación de esta rama de la electrónica en la interacción con el usuario, ya que es indispensable usar indicadores que trabajan con señales que varían entre estados lógicos.

Un último punto, es la transferencia de datos mediante una comunicación inalámbrica, incluyendo así también el área de las telecomunicaciones a la que se había aludido.

Alcances y limitaciones.

En el caso de la etapa de respiración el proyecto es capaz de detectar una apnea y enviar una alerta en caso de que se mantenga en un tiempo riesgoso para el individuo, sin embargo debido a la tecnología usada no es posible detectar una alteración en la frecuencia normal para lo cual es pensada la realización del proyecto.

La etapa de temperatura detecta dos niveles distintos, una temperatura muy alta y una muy baja, y envía la señal al alcanzarlos, esta se ve limitada al momento de querer saber o modificar otras mediciones distintas a las establecidas en el programa diseñado.

La etapa de alimentación proporciona una alerta cada determinado tiempo para recordarle al usuario portador del módulo de alarma el momento de darle de comer al niño.

Para detectar la posición del niño se tendrán varias fotos de muestra predeterminadas en el programa del circuito y con estas se hará una comparación con una nueva fotografía para determinar el parecido y enviar una señal en caso de ser necesario.

Capítulo I. Fundamentos.

Donde se tratan algunos asuntos y conceptos relacionados a la problemática, a su forma de abordarse en la actualidad y a través de la historia y otras consideraciones importantes para la comprensión de la información que se presentará en otros capítulos.

Estado de la técnica.

La electrónica como ciencia es joven sin embargo, las aplicaciones que se han desarrollado en el ámbito del cuidado de la salud han sido bastante amplias, y es que el ser humano ha sabido aplicar el concepto de tecnología a cualquier oportunidad de mejora, a pesar de que desde siempre se ha confiado en la atención humana como un recurso satisfactorio en el desempeño de actividades cotidianas.

Con la introducción y el crecimiento del internet, en la última década se ha mencionado con mucha frecuencia un concepto interesante en cuanto a la relación que tiene con este proyecto, ese concepto es el internet de las cosas, que resalta la importancia del uso de tecnologías de comunicación, diagnóstico y procesamiento de datos para lograr llevar un control total sobre los objetos que nos rodean.

El internet de las cosas planea asignar a una computadora la tarea de administración de cada objeto y su relación con otros objetos presentes en nuestro entorno. En pos del crecimiento de dicha concepción se han fabricado una gran cantidad de dispositivos capaces de analizar el desarrollo de muchas actividades humanas. En nuestro caso, se plantea la construcción de un sistema que aporte a la ejecución de la tarea del cuidado de los bebés.

En un enfoque más cercano a la idea de nuestro proyecto, y dejando de lado la conectividad que representa el internet de las cosas, los monitores para bebé han evolucionado y han pasado de ser un simple transmisor de audio que permitiera al tutor conocer si el bebé se encontraba despierto, a ser un complejo sistema de sensores que brindara apoyo más certero a la hora de definir el estado del bebé.

Justificando su relevancia en la estrecha relación que guarda con el proyecto a continuación, se presentan algunos dispositivos similares al mismo:

Patentes relacionadas.

Patente 1: “Intelligent Crib”.

Este dispositivo está enfocado en la calidad del aire que se encuentra en la habitación del niño, cuenta con sensores de humedad y purificadores de aire que ayudan en la interpretación de las características del entorno del bebé. Tiene la capacidad de reproducir audios que ayuden a arrullar al bebé, y además cuenta con una lámpara cuya intensidad es regulable. (Zhiguo y Naiming, 2015).

La descripción de la patente hace énfasis en la administración de la calidad del aire como una mejora con respecto a algunos otros dispositivos similares, entre ellos, este proyecto, que no está planeado para interactuar activamente con el ambiente del bebé sino únicamente interpretar sus condiciones. (Ídem).

Patente 2: “Cuna inteligente”.

Una descripción del invento indica que varios sensores y cámaras estarán incrustadas en diferentes partes de la cuna inteligente para mantener un registro de cosas como el peso y los movimientos del niño, así como la temperatura del cuarto y los niveles de monóxido de carbono. Los micrófonos en la cuna también ayudarán a escuchar si el bebé llora o está despierto. (King, 2016).

Los padres pueden poner un dispositivo de entretenimiento y programarlo para reproducir música o proyectar caricaturas en el techo si detecta que el niño está llorando. (Ídem).

Es uno de los dispositivos más completos en el ámbito que le corresponde, causando gran revuelo en la fecha del registro de su patente. Además de las variables mencionadas, los desarrolladores mencionan que la importancia de evitar el riesgo por objetos cerca de la cuna tiene una ponderación grande en relación al resto de las variables. (Ídem).

Patente 3: “Automatic baby’s craddle”.

La invención cuenta con circuitos para detección de humedad, de detección de llanto y de reproducción de música, la principal función de este dispositivo es el constante monitoreo con respecto al llanto del bebé, que al ser detectado, permite al circuito de control mecer la cuna y reproducir canciones que ayuden a consolar y subir el ánimo del niño para ayudar a tranquilizarlo o a conciliar su sueño. (Wang, Dong y Xiaoyu, 2010).

Cuenta con un panel de control para los padres con una pantalla táctil para el control del movimiento de la cuna, en dicho panel se representa también la temperatura de la habitación del bebé. (Ídem).

Nuevamente se aprecia en la descripción de las características del dispositivo que el enfoque principal de la cuna es permitir a los padres deslindarse de tener que atender al niño cada vez que llora, dejando en segundo plano la seguridad del bebé, siendo este el principal enfoque de nuestro proyecto. (Ídem).

Patente 4: “Electric Cradle for babys”.

El objetivo del aparato es prevenir el retraso en el horario de los padres, la falta de descanso de los padres por la noche y el cuidado en general provisto

durante las inconveniencias Su funcionamiento consiste en mecer al bebé cuando se detecte que está llorando, fuera de ello no tiene ninguna aplicación de monitoreo. (Mukhiti, 2009).

Patente 5: “Intelligence Crib control System”.

Es un tipo de cuna con sistemas de control inteligentes, incluidos el sistema de recopilación de información de monitoreo, un sistema de retroalimentación que procesa información, un módulo *WiFi*, un sistema de suministro de energía, y un terminal móvil para los tutores. (Huan, Tengfei, Hao, Yang Kai y Qilin, 2015).

En primera instancia, el dispositivo se encarga de la recopilación de información. Posteriormente se somete a un sistema de procesamiento de información, que brinda retroalimentación y toma parte en las acciones. Cuenta con un módulo *WiFi* para la conexión entre la cuna y el terminal para los tutores. (Ídem).

Como comparación con las características de nuestro proyecto, este dispositivo es capaz de controlar el movimiento de la cuna, y la terminal para el tutor no está tan estrechamente comprometida a asegurar la atención del mismo. (Ídem).

Productos relacionados en el mercado.

Producto 1: “Angel Care AC401”

Este producto trata de una almohadilla que se coloca debajo del colchón de la cuna, esta misma posee detectores de movimiento a los cuales se les puede ajustar la sensibilidad, también cuenta con un micrófono que detecta cualquier sonido proveniente de la habitación del bebé y una pantalla que indica la temperatura alrededor de este (Angelcare, s.f.).

Entre las características no convenientes se encuentran el uso de cables cerca del individuo y el uso de pilas recargables necesarias si se desea el encendido del receptor, el cual no es portable para el tutor (Ídem).

Producto 2: “Angel Care AC701”.

Una almohadilla con sensores de movimiento con una luz de noche utilizada para guiar a una persona si es que necesita entrar a la habitación y esta se encuentra oscura, posee un receptor táctil que funciona con baterías recargables e indica la temperatura en la habitación del niño, igualmente tiene una gran desventaja al tener que utilizar cable alrededor del niño (Angelcare, s.f.).

Finalmente cuenta con un micrófono y bocina que permite hablarle al niño desde otro lugar no cercano (Ídem).

Producto 3: “Angel Care AC1100”.

Otra almohadilla con cables que rodean al individuo con un receptor el cual indica los sonidos de la habitación y el movimiento, la diferencia de este producto con los anteriores mencionados es una cámara y una pantalla las cuales permiten monitorear constantemente al bebé, no de forma automática (Angelcare, s.f.).

Producto 4: “Infant Optics DXR-8 Monitor de video para bebé”

Monitor con capacidad de intercambiar los lentes ópticos para permitir personalizar el ángulo de visibilidad y el acercamiento. El video se reproduce en tiempo real en una pantalla LCD, además cuenta con una batería con duración de 10 horas (Infant optics, 2014).

Este producto no cuenta con alarmas las cuales te advertirán sobre anomalías en el comportamiento del sujeto (Ídem).

Producto 5: “Monitor de Apnea Bebé Mimo 0-3”

Este monitor verifica constantemente la respiración, y se coloca encima de la ropa, siendo casi indetectable, cuando hay una anomalía en la respiración después de 20 segundos se envía una alarma a una aplicación en el dispositivo móvil, la ventaja que presenta es que al portarse en la ropa permite el monitoreo fuera de la cuna (MIMO, s.f.).

Marco conceptual.

Se define al síndrome de muerte súbita del lactante al fallecimiento inesperado y repentino de un niño menor en etapa lactante (la cual puede extenderse desde los 28 días hasta los 24 meses de edad), aparentemente sano, al que no se encuentra explicación después de una investigación minuciosa⁹, incluyendo autopsia, examen del lugar de fallecimiento y revisión de sus antecedentes clínicos (Personal de Mayo clinic, 2017).

Una combinación de factores ambientales físicos y de sueño puede hacer que un bebé sea más propenso a padecer el síndrome de muerte súbita del lactante. Estos factores varían según el niño. (Ídem).

Factores físicos:

Los factores físicos relacionados con el síndrome de muerte súbita del lactante comprenden los siguientes:

- Defectos cerebrales. Algunos lactantes nacen con problemas que los hacen más propensos a morir a causa del síndrome de muerte súbita del lactante. En el caso de muchos de estos bebés, la parte del cerebro que controla la respiración y el despertar del sueño no madura lo suficiente como para funcionar de manera correcta (ídem).
- Bajo peso al nacer. El nacimiento prematuro o el haber sido parte de un parto múltiple incrementan las posibilidades de que el cerebro del bebé no haya madurado por completo, por lo que tiene menos control sobre procesos automáticos, tales como la respiración y la frecuencia cardíaca (ídem).

⁹ Minucioso: Que se detiene en las cosas más pequeñas. (Real Academia Española, 2018).

- Infección respiratoria. Muchos bebés que murieron a causa del síndrome de muerte súbita del lactante habían tenido un resfriado hace poco, lo que podría provocar problemas respiratorios (ídem).

Factores de sueño:

Los objetos que se encuentran en la cuna del bebé y su posición para dormir se pueden combinar con sus problemas físicos e incrementar el riesgo del síndrome de muerte súbita del lactante (ídem). Por ejemplo:

- Dormir boca abajo o de costado. Los bebés que se colocan en estas posiciones para dormir pueden tener más dificultad para respirar que aquellos bebés que se colocan boca arriba (ídem).
- Dormir sobre una superficie blanda. Estar acostado boca abajo sobre una manta mullida, un colchón blando o una cama de agua puede bloquear las vías respiratorias del bebé (ídem).
- Compartir la cama. Si bien el riesgo de padecer el síndrome de muerte súbita del lactante se reduce cuando el bebé duerme en la misma habitación que sus padres, el riesgo incrementa si duerme en la misma cama que los padres, los hermanos o las mascotas (ídem).
- Calor excesivo. Estar demasiado abrigado mientras duerme puede aumentar el riesgo del bebé de sufrir el síndrome de muerte súbita del lactante (ídem).

Un sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa, como temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.

En el caso de este proyecto lo que se pretende es el uso de estos para lograr hacer que el sistema perciba ciertos factores y así darles una interpretación por medio de la transducción que es la transformación de señales para luego

enviar una alerta y con esto lograr prevenir una consecuencia fatal dada por las causas antes mencionadas.

Marco teórico.

La finalidad del proyecto concreta la gran importancia de la acción de convertir energía manifestada de una forma a señales eléctricas. Una de las tecnologías importantes que se abordarán y que son necesarias para la conclusión del proyecto, es la del procesamiento y análisis digital de imágenes

Para el uso del procesamiento de imágenes se requiere pasar por distintas etapas, desde la digitalización o conversión de imagen a formas numéricas de la imagen capturada hasta la interpretación de los datos obtenidos, pasando por una serie de filtrados y segmentaciones.

Por último, queda mencionar a la que quizá sea la parte del proyecto más importante, el cerebro de todas las señales recibidas, que será un microcontrolador¹⁰, que será capaz de realizar operaciones lógicas que servirán para la interpretación de las mediciones obtenidas mediante los transductores. Se utilizará además como elemento fundamental para la satisfacción de los protocolos necesarios en la transmisión inalámbrica de la señal de alerta.

¹⁰ Microcontrolador: Procesador con memoria y periféricos integrados en el mismo chip. (Gridling y Weiss, 2007).

Marco histórico.

Un concepto interesante para abordar la historia de la evolución de la supervisión paterna a sus hijos es la heterocronía¹¹ que, en palabras de Fabrezi (2012), estudiante del instituto de Bio y Geociencias. CONICET, se define como:

“alteraciones en el tiempo de los eventos de desarrollo a través de los cuales los cambios morfológicos¹² y las novedades se originan durante la evolución de un linaje.”

Y es importante mencionarlo porque este concepto se encuentra estrechamente relacionado con el proceso de gestación de los individuos, para el caso particular del ser humano, la heterocronía ha definido a las crías humanas no aptas para sobrevivir sin apoyo paterno: el cuerpo del ser humano se prepara para dar a luz a las crías cuando su cabeza aún es demasiado grande para su cuerpo. (Fabrezi, 2012).

Incapaces los bebés de reptar, caminar o desplazarse, siempre debe haber alguien que esté pendiente de sus necesidades o peligros, de ahí nace la importancia del monitoreo del bebé. Desde hace millones de años se ha atribuido el cuidado y protección de sus crías a los padres o a tercera personas como es el caso de las nodrizas o amas de crianza, que tenían la responsabilidad de tomar cuidados sobre todo en el ámbito alimenticio del bienestar de los niños. (Ídem).

Hasta hace unos años nunca se había cuestionado la participación de un tutor para asegurar el bienestar del bebé, pero con la llegada del *streaming*¹³ de

¹¹ Heterocronía: alteraciones en el tiempo de los eventos de desarrollo a través de los cuales los cambios morfológicos y las novedades se originan durante la evolución de un linaje. (Fabrezi, 2012).

¹² Morfología: Parte de la biología que trata de la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta. (Real Academia Española, 2018).

¹³ Streaming: La actividad de escuchar o visualizar contenido multimedia directamente desde una red. (Cambridge, 2013).

audio o video, se inició el desarrollo en monitores para bebé sobre los que se han añadido una gran variedad de funciones, a pesar de que su uso inicial consistía únicamente de un transmisor de audio en tiempo real desde la habitación del bebé hacia el responsable de la integridad del niño.

Actualmente los monitores para bebé más desarrollados son capaces de interpretar el estado del bebé, son incluso también capaces de mecerlo y entretenarlo en dado caso de que se detecte llanto.

Así pues, el presente proyecto contribuirá al desarrollo de este tipo de dispositivos con funciones enfocadas a la protección de la vida del bebé. Se utilizarán tecnologías vistas en dispositivos similares y se incluirán tecnologías poco concurridas en los mismos, de ahí que el desarrollo en esta área del mercado haya sido fundamental para su aplicación en el presente proyecto.

Capítulo II. Diseño del prototipo.

Donde se describe el proceso de diseño dividido por etapas que se llevó a cabo para la implementación del proyecto.

Descripción del diseño por etapas.

A grandes rasgos se puede catalogar el proyecto en 3 etapas:

- **Adquisición de señales** dependientes de las variables físicas del entorno:

Que involucró a los sensores que sirvieron como transductores entre la unidad de procesamiento y los defectos físicos que puedan ser encontrados en el ambiente donde se encuentra la cuna. Para efectos prácticos, esta etapa debió subdividirse para el diseño del sistema que se encarga de la interpretación de las distintas variables:

- Temperatura.
- Respiración.
- Posición.

Cada uno de los sensores seleccionados para medir las variables planteadas, se incluyó en un circuito que tuviera a su salida una única señal lógica de riesgo/no riesgo.

- **Procesamiento de señales y control de alertas.** Consta de un microcontrolador que se diseñó para cumplir la tarea de interpretar las señales brindadas por la etapa anterior para determinar la información que tiene que enviar y cuándo tiene que enviarla al módulo de alerta.

- **Módulo de alerta.** Es portátil y se dedica a recibir la información de la etapa anterior para interpretarla y mostrarla de una manera entendible para el usuario.

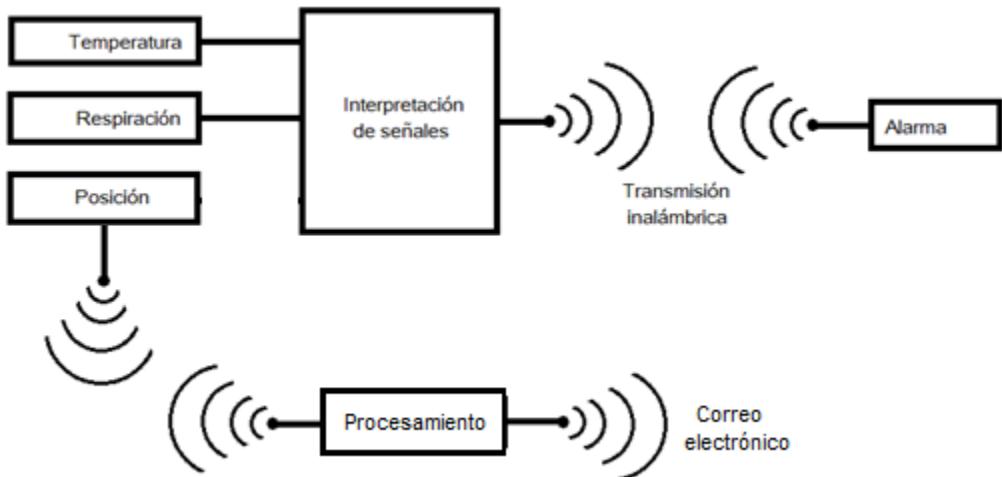


Figura 1. Diagrama por etapas del prototipo.

Imagen propia del autor.

En la figura 1 se muestra la relación que guardan entre sí las distintas etapas del proyecto, una línea sólida como unión entre bloques representa la conexión física de esas etapas.

Los rótulos de temperatura, posición y respiración hacen referencia a que se harán mediciones de anomalías en cada uno de esos 3 campos, considerando como anomalía una medición baja o alta en el ámbito de la temperatura, una ausencia de movimientos respiratorios en el bloque correspondiente y una posición favorecedora para el riesgo de muerte del bebé. Regulando cada uno de estos aspectos se espera obtener una baja en las probabilidades de muerte.

Como adición, sin ser representadas en el diagrama a bloques, están las etapas de transmisión inalámbrica y suministro de potencia que, si bien, son elementos secundarios en comparación con las principales funciones del prototipo, son fundamentales para el funcionamiento del resto del proyecto.

Para evitar las complicaciones que la regulación y el control de las alimentaciones pueda generar, todos los dispositivos a utilizar se seleccionarán considerando si pueden ser alimentados por los 5v que se utilizan en los niveles lógicos de TTL¹⁴. Esto con la finalidad de utilizar la misma fuente de alimentación de 5v directamente en todo el sistema.

¹⁴ TTL: Dispositivos lógicos hechos con transistores. (Schiavon y Crepaldo, 2009).

Etapa 1: Temperatura.

Partiendo de la idea de que la temperatura ideal en el cuarto de un niño debe estar entre los 18 y 24 grados Celsius (Parra, 2014), se diseñó un circuito basado en termistores¹⁵, aprovechando la variación de su resistencia con respecto a la temperatura ambiental.

Hay que señalar que el hecho de que se presente una alarma provocada por esta etapa, significa únicamente que se debe, si no se puede regular la temperatura de la habitación, monitorear la temperatura corporal del bebé y revisar el abrigo que el niño tiene, para descartar reacciones negativas.

Diagrama eléctrico.

Las variaciones en la resistencia del termistor son interpretadas con un Comparador y un Puente de Wheatstone¹⁶, se estableció un nivel de referencia mediante un par de divisores de voltaje conformados por dos resistores, que se compararán cada uno con un divisor de voltaje conformado por un termistor y un resistor, como se muestra en la figura 2.

¹⁵ Termistor: Tipo de semiconductor especial que varía en resistencia de forma predecible cuando la temperatura cambia. (McGee, 1988).

¹⁶ Puente de Wheatstone: Instrumento de medición de resistencia muy sensible en el que la resistencia del sensor de temperatura es comparada con la de un estándar. (Ídem).

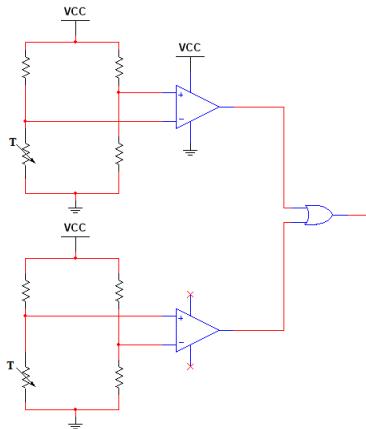


Figura 2. Diagrama eléctrico de la etapa de temperatura.

Imagen creada utilizando Multisim.

Cálculos.

Primeramente, se consiguieron los termistores que se usaron a lo largo del desarrollo del proyecto, un par de termistores NTC cuya resistencia fue medida en las condiciones límite de las temperaturas ideales, es decir, 18 y 24 grados Celsius.

Resistencia del termistor 1 a 18°C: 12.2kΩ

Resistencia del termistor 2 a 24°C: 9.28kΩ

En el primer Puente de Wheatstone, con el termistor 1, se sabe que la resistencia no debe ir más arriba de los 12kΩ medidos ya que esto supondría que la temperatura ha bajado a menos de 18°C, de esta forma se establece el nivel de referencia con un divisor de voltaje con una resistencia de 10kΩ y una de 12kΩ, mientras que el termistor se colocará en un divisor de voltaje con una resistencia de 10kΩ.

El termistor y la resistencia de 12kΩ deben estar conectados por un extremo a tierra, es decir, la resistencia de 12kΩ representa a la resistencia en la parte inferior derecha de un Puente de Wheatstone. Las resistencias de 10kΩ representan a los resistores en la parte superior del Puente de Wheatstone

Analizando el comportamiento del diseño, se sabe que en el divisor de voltaje de sólo resistores hay un voltaje fijo, mientras que el voltaje en el divisor del termistor cambia de la siguiente manera:

- Cuando la temperatura supera los 18°C, la resistencia del termistor es menor a 12kΩ y el voltaje en el termistor es menor que el voltaje presente en el otro divisor.
- Cuando la temperatura baja más allá de los 18°C la resistencia del termistor es mayor que 12kΩ y el voltaje en el termistor, consecuentemente, es mayor que el voltaje del otro divisor. Esta es la situación de alerta, que debe enviarse cuando el voltaje del divisor del termistor sea superior al voltaje del divisor de los resistores.

Interpretando un uno lógico como la señal de alerta, el divisor del termistor se conectó a la entrada no inversora (+) del amplificador operacional¹⁷ como se muestra en la figura 3, que, al estar en su configuración a lazo abierto, entrega un voltaje máximo o uno lógico a su salida, delimitado por la alimentación positiva del amplificador operacional.

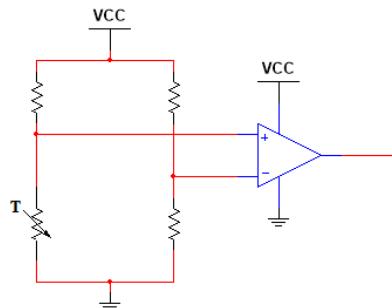


Figura 3. Puente de Wheatstone encargado de detectar las temperaturas bajas.
Imagen creada utilizando Multisim.

En el segundo Puente de Wheatstone, el divisor de resistencias se forma con una resistencia de 10kΩ y un arreglo en serie de una resistencia de 8.2kΩ y

¹⁷ Amplificador operacional: Amplificador de CD multietapa con entrada diferencial, cuyas características se aproximan a las de un amplificador ideal. (Pertence, 1991).

una de $1\text{k}\Omega$, para lograr los $9.2\text{k}\Omega$ que se utilizarán como referencia a una temperatura de 24°C .

Cuando la temperatura supera los 24°C la resistencia del termistor es más baja que la resistencia de referencia, este es el estado de alerta y el voltaje en el divisor del termistor será más bajo que el voltaje del divisor de referencia.

De esta forma, si se conecta el termistor a la entrada inversora (-) del amplificador operacional en lazo abierto, su salida se irá al extremo negativo, delimitado por la alimentación negativa del amplificador; mientras la resistencia del termistor sea mayor a $9.2\text{k}\Omega$, y por lo tanto la temperatura sea menor a 24°C .

Cuando la temperatura sea mayor a 24°C , el divisor de resistencias conectado a la entrada no inversora tendrá más voltaje que el divisor del termistor y se mostrará un uno lógico a la salida del amplificador operacional, considerado como un estado de alerta.

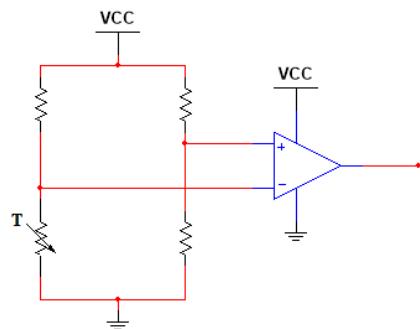


Figura 4. Puente de Wheatstone encargado de detectar las temperaturas altas.

Imagen creada utilizando Multisim.

Cada uno de los dos Puentes de Wheatstone entrega un uno lógico cuando se sale del rango de temperaturas ideales, de forma que cualquiera de las dos señales debe ser considerada, por lo que la salida de los amplificadores operacionales se conducirá a las entradas de una compuerta OR¹⁸.

¹⁸ Compuerta OR: Implementa a su salida la operación lógica OR, a su salida hay un uno, si cualquiera de sus entradas es un uno. (Gené, 2011).

El circuito integrado con las compuertas OR que se utilizará será el 74LS32 que contiene en su interior 4 compuertas OR y que trabaja con niveles TTL de 5v, puede revisarse la [Hoja de Datos del 74LS32](#) en la sección de anexos. Por su parte, el circuito integrado con los amplificadores operacionales será el LM358, cuya [Hoja de Datos](#) se encuentra en la sección de anexos, este amplificador soporta GND y 5v como sus alimentaciones positiva y negativa.

Simulación.

La simulación de la etapa de temperatura se realizó en tres secciones, considerando el estado de alerta por baja temperatura, por alta temperatura y el estado de reposo, o en temperatura ideal. En lugar de utilizar un termistor, cuya librería no se encuentra disponible en la versión de *Multisim* utilizada, se llevó a cabo la simulación mediante el uso de un par de resistencias variables.

Temperatura mayor a 24°C.

Para esta situación, la resistencia del termistor será más bien baja, en el simulador se estableció una resistencia de $7k\Omega$. Nótese que el multímetro XMM1 conectado a la salida del Puente de Wheatstone encargado de detectar las altas temperaturas, marca un voltaje que es leído como alto por la compuerta OR, y que, siguiendo su tabla de verdad entrega un nivel alto a su salida, que hace prender al LED y que puede verificarse en el multímetro XMM3.

Por el contrario, la salida del Puente de Wheatstone encargado de detectar las bajas temperaturas permanece en un estado interpretado como bajo, como se muestra en el multímetro XMM2.

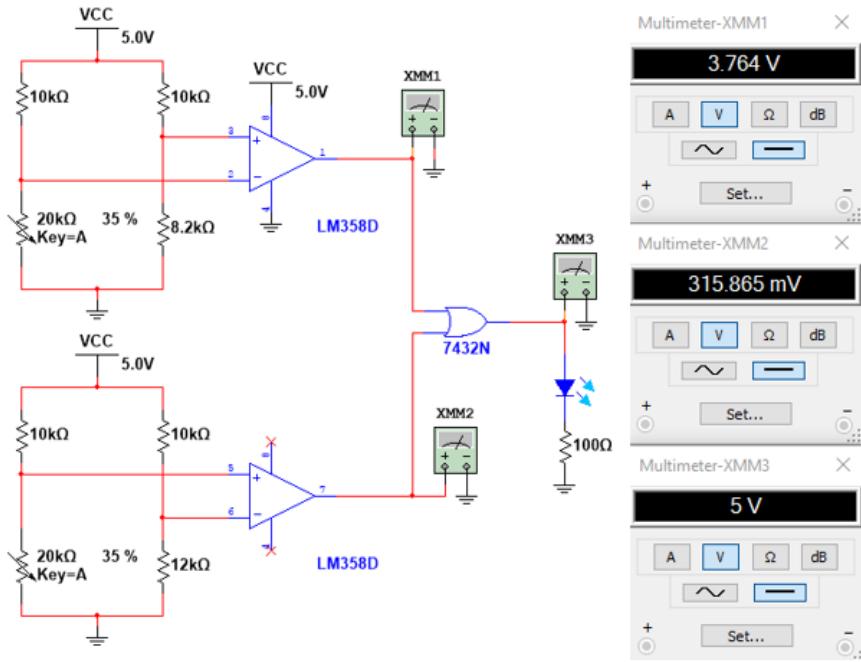


Figura 5. Simulación: Temperatura mayor a 24°C.

Imagen creada utilizando Multisim.

Temperatura ideal (18°C – 24°C)

Para esta temperatura, la resistencia del termistor se encuentra dentro del rango de 9.2kΩ a 12kΩ. Ningún Puente de Wheatstone reacciona, y los amplificadores operacionales se mantienen en estado bajo , como se observa en los multímetros XMM1 y XMM2. La compuerta OR, siguiendo su tabla de verdad, muestra un cero en su salida, que se muestra en el multímetro XMM3 y que mantiene apagado al LED.

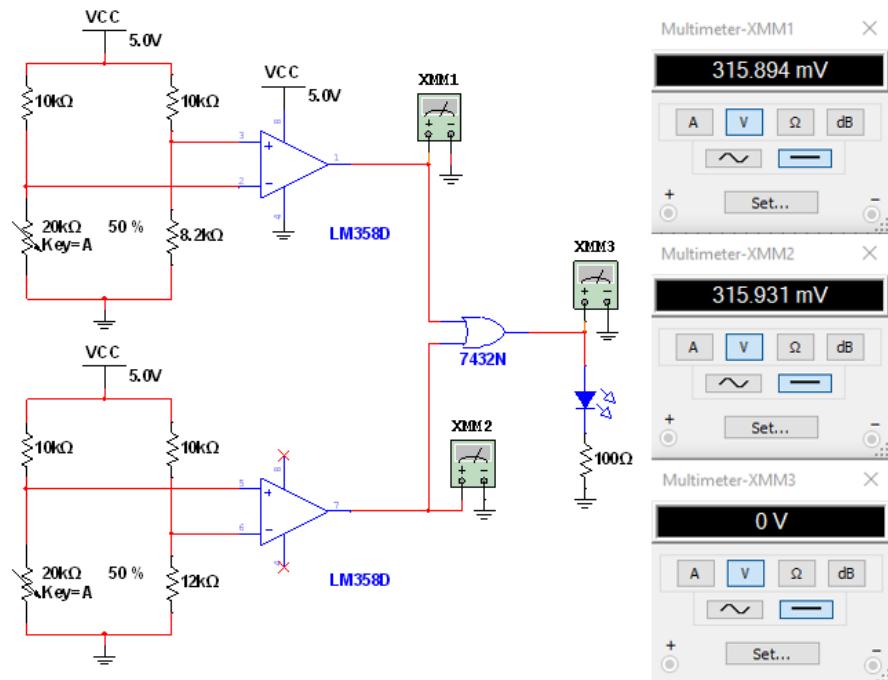


Figura 6. Simulación: Temperatura ideal.

Imagen creada utilizando Multisim.

Temperatura menor a 18°C.

La resistencia del termistor supera los $12\text{k}\Omega$ del rango ideal, y este valor ocasiona que se active la salida del Puente de Wheatstone encargado de detectar las temperaturas bajas, en el multímetro XMM2, y la compuerta OR, leyendo un estado alto, replica dicha situación en su salida, como se observa en el multímetro XMM3, prendiendo al *LED* conectado como prueba.

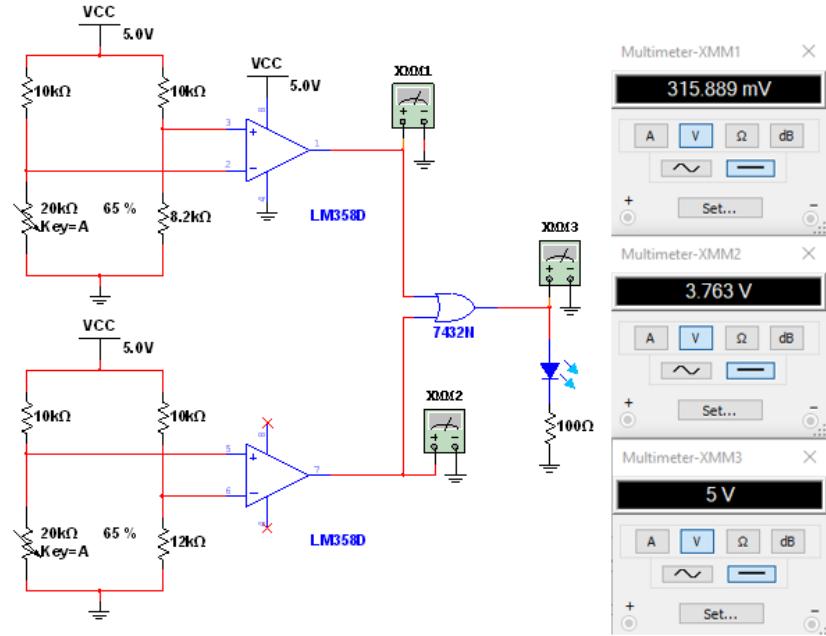


Figura 7. Simulación: Temperatura menor a 18°C.

Imagen creada utilizando Multisim.

Diagrama electrónico.

Después de puntualizar todas las consideraciones que se tomaron en cuenta para el diseño, el circuito final quedaría de la forma que se muestra en la figura 8. El LED se retiró, ya que únicamente fue utilizado como indicador luminoso del correcto funcionamiento del circuito. La conexión volante a la derecha de la figura será la señal que se conducirá al microcontrolador principal de la [etapa de unidad central de procesamiento](#).

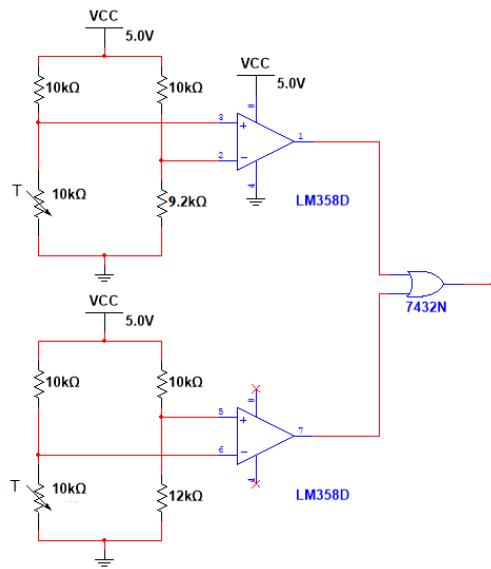


Figura 8. Circuito electrónico: Etapa de temperatura.

Imagen creada utilizando Multisim.

Etapa 2: Respiración.

En un principio se buscaba dar una mayor relevancia a la sección del proyecto encargada de detectar anomalías en las características que tienen que ver directamente con el estado de salud del niño, como lo son la frecuencia cardíaca o respiratoria, sin embargo, la complejidad de llevar a cabo un sistema funcional, no invasivo y confiable en este aspecto resultó acarrear consigo más desventajas que ventajas.

Entre las múltiples pruebas que se efectuaron para la obtención de los signos vitales hasta antes de determinar que el radar Doppler sería el definitivo a emplear, se intentó utilizar un sensor de pulso cardíaco óptico, cuyo funcionamiento consiste en analizar los cambios en la señal de un semiconductor fotosensible cuando es iluminado por un LED cuya luz atraviesa los capilares del cuerpo.

Para el uso de este sensor sacrificaríamos la no invasión del sujeto de estudio por la certeza de conocer si su frecuencia cardíaca resulta anormal, sin embargo, se descartó el uso de este dispositivo debido a su poca sensibilidad en la mayoría de las partes del cuerpo, mostrando una respuesta muy pobre incluso tomando muestras en las áreas para las que su diseño le permite trabajar.



Figura 9. Sensor de pulso cardíaco.
Recuperado de <http://www.techmake.com/00450.html>

Dentro de otra de las alternativas que se contemplaron para la obtención de signos vitales, propusimos el uso de micrófonos Electret colocados dentro del colchón, que nos permitieran escuchar el paso del aire por las vías respiratorias del bebé, con la desventaja de que, al tener que estar situados dentro del colchón, el mismo provocaría un amortiguamiento de las señales sonoras emitidas por el bebé.

A pesar de que este fue el planteamiento inicial, se observó que, sin el contacto del aire con el micrófono, y el movimiento que este generaba, era prácticamente imposible obtener una lectura de cualquier sonido respiratorio.

Se evaluó entonces la posibilidad del uso de un amplificador eléctrico y uno mecánico, para el primer campo, utilizando más amplificadores operacionales de los que ya de por sí se requerían y estetoscopios de Pinard para el segundo campo, el mecánico, colocados a manera de resortes en el colchón de la cuna, aun así, se observó que la anhelada sensibilidad no se obtenía.

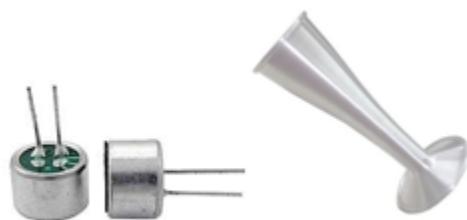


Figura 10. Micrófono Electret y estetoscopio de Pinard

Recuperado de <https://www.laleo.com/estetoscopio-pinard-p-7610.html>,
https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-622666797-micrófono-electret-capsula-czn-15e-_JM?quantity=1

Posteriormente nos encontramos con el sensor X4M200, capaz de y orientado a analizar los movimientos en la respiración de sujetos dormidos, pero fue inmediatamente descartado por su elevado precio, así que se optó por utilizar un dispositivo de tecnología similar: el radar Doppler, eso sí, sacrificando muchísima sensibilidad con respecto del X4M200.



Figura 11. Sensor XETHRU X4M200.

Recuperado de <http://www.techmake.com/00450.html>

El radar Doppler funciona emitiendo frecuencias no audibles en dirección al sujeto para evaluar el rebote de esas ondas sobre la superficie del cuerpo en movimiento, las ondas obtenidas de regreso, con su variación de frecuencia determinarían entonces si existe o no un movimiento de respiración en el sujeto de estudio.



Figura 12. Radar Doppler HB100.

Recuperado de <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/303-sensor-de-movimiento-por-radar-hb-100.html>

Este sensor entrega en su salida digital un uno lógico para cuando se detecta movimiento y un cero lógico para cuando no, a grandes rasgos, el diseño de esta sección se basó en el uso de un transistor como conmutador para permitir la carga de una red RC.

Para el caso del sensor de movimiento para la respiración se tomó en cuenta la duración de una apnea patológica, La cual es un episodio de ausencia de flujo respiratorio de duración superior a 20 segundos de la que existen 3 tipos (Fernández y García, 2013):

- Central 10-25%.

Sin flujo de aire en vías aéreas, y sin movimiento respiratorio

- Obstructiva 10-25%

Sin flujo en vías aéreas con contracción en músculos

- Mixta 50-75%

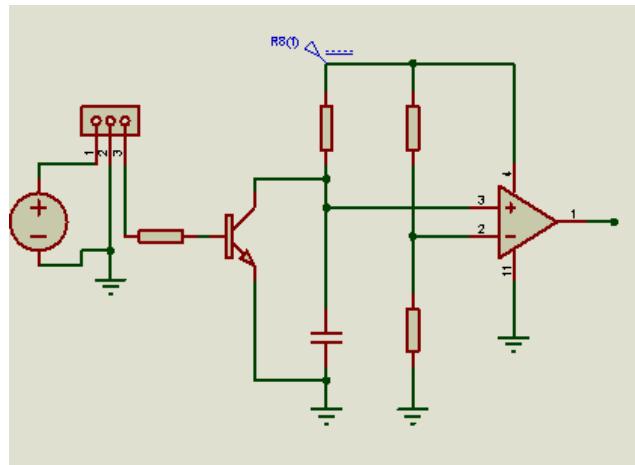
Comienza como obstructiva y termina como central

Estos 20 segundos son los que el sensor permanecerá en un estado de reposo, al excederse la cuenta, se envía una alarma.

Este Método es eficaz para detectar la patología de la apnea central, por lo que será efectivo del 75 al 100% de los casos.

Diagrama eléctrico.

Para lograr la cuenta de los 20 segundos se utilizó un sensor HB-100, se puede [Ver hoja de datos del HB-100](#) en la sección de anexos, el cual es un radar que al detectar movimiento envía un estado lógico alto, este se conectó a una red RC la cual se encarga de generar la cuenta cargando el capacitor lentamente, una vez cargado el voltaje de este se comparará conectándolo a la entrada no inversora de un amplificador operacional haciendo que este cambie de estado y así la unidad central de procesos recibirá un cambio de estado el cual dará la orden para enviar una alarma.



*Figura 13. Diagrama eléctrico de la etapa de respiración.
Imagen creada utilizando Proteus.*

Cálculos.

Primero se realizó el cálculo de la red RC que determina el tiempo de carga para un tau, Ecuación 1. Después se calculó el voltaje transitorio del capacitor, esto para saber que resistencias utilizar en el comparador, Ecuación 2. Después se tomó en cuenta el voltaje de la resistencia de R1 para hacer las igualdades que corresponden y así obtener el valor de R2, Ecuación 3.

Se propuso una R2 de 82kohms y una R1 de 33kohms.

$$t = RC = 166.2 \text{ kohms} (96.5 \mu\text{F}) = 16.03 \text{ s}$$

*Ecuación 1. Tau del capacitor.
Boylestad (2004).*

$$Vt = vf(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$Vt = 5v(1 - e^{-\frac{20}{16.03}}) = 3.5632v$$

*Ecuación 2. Voltaje transitorio del capacitor después de 20 segundos transcurridos.
Boylestad (2004).*

$$VR_1 = Vt = 3.5632v = 0.71264V_{cc} = IR(R_1) = 0.71264IR(R_1 + R_2)$$

$$\therefore R_1 = 0.71264(R_1) + 0.71264(R_2)$$

$$0.28736(R_1) = 0.71264(R_2)$$

$$R_1 = 2.48(R_2)$$

$$V_{CC} = IR(R_1 + R_2)$$

Ecuación 3. Valores de las resistencias que determinarán el nivel de referencia que la carga del capacitor debe superar.

Diagrama electrónico.

El circuito final para esta sección del proyecto se muestra en la figura 14, donde, analizando su funcionamiento observamos que cuando la salida del sensor se va a uno, y por lo tanto existe movimiento respiratorio, el transistor se va a saturación, brindando un camino de descarga inmediato para la corriente almacenada en el capacitor.

En caso de que se observe un cero lógico en la salida del sensor, el transistor se va a estado de corte y actúa como un circuito abierto, permitiendo la carga normal de corriente en el capacitor de la red RC cuyos valores capacitivo y resistivo fueron seleccionados para que se logre someter la señal después de 20 segundos del inicio de la carga a un comparador de nivel con amplificador operacional.

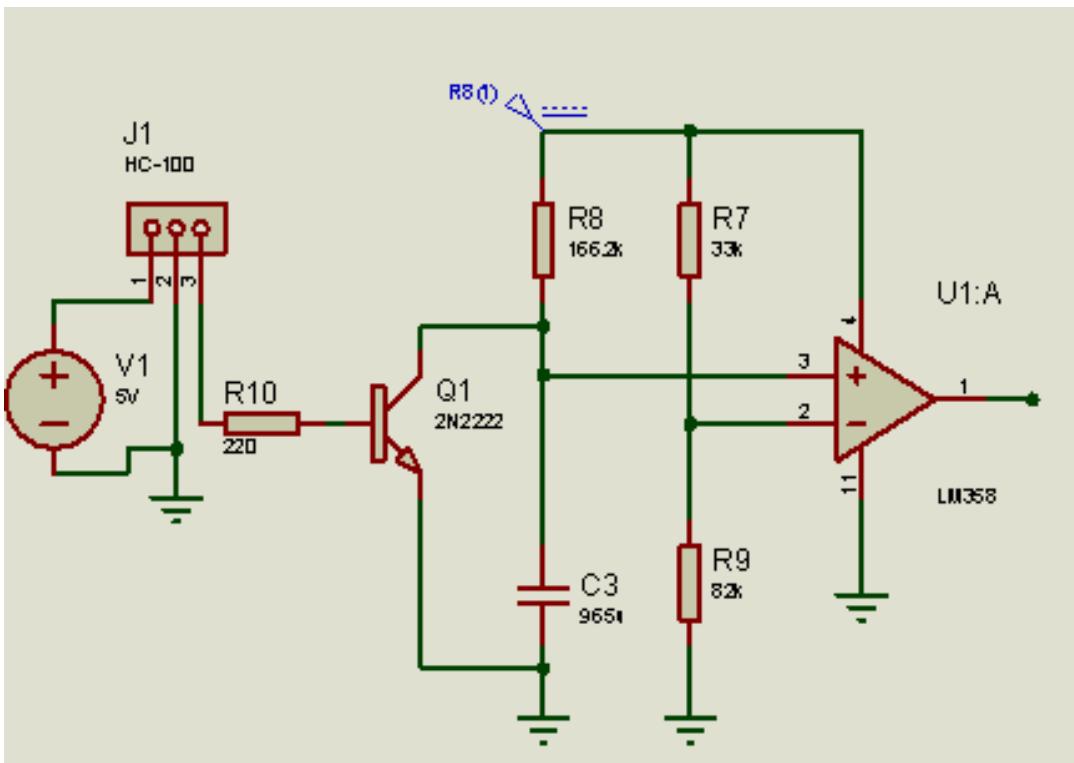


Figura 14. Diagrama electrónico de la etapa de respiración.

Imagen creada utilizando Proteus.

Etapa 3: Cámara: Análisis de la posición.

Esta etapa, constituida por la adquisición y análisis de imágenes de la cuna, pasó por varias fases de prueba en su desarrollo, en un principio se valoró la posibilidad de utilizar la cámara CMOS OV7670, que entrega un pixel en una forma de comunicación paralela a 8 bits a una velocidad de 10 MHz. Esta cámara trabaja con una resolución por defecto de 620x340 pixeles.

Considerando que cada pixel se envía en un par de bytes, el tamaño de la imagen a procesar debería ser de 421.6 Kb. Las características de velocidad y tamaño de la imagen establecieron muchas limitaciones a la hora de definir el dispositivo a utilizar.

El ESP32-CAM fue utilizado para la sección de detección de posición sin embargo se valoró la posibilidad de utilizar una FPGA, aun así se dio preferencia al ESP32-CAM porque es mucho más barato, y nos permite utilizar las herramientas *WiFi* del módulo para brindar al tutor la función de un monitor de bebé común. Con una mejora en su tamaño y su compatibilidad con el módulo utilizado, se cambió la cámara OV7670 por la cámara OV2460.

Con la obligación de interpretar el nivel de riesgo proveniente de una mala posición del niño, se utiliza el módulo ESP32-CAM equipado con la cámara OV2640 para tomar fotografías del niño y disponerlas para un script de MATLAB, donde son procesadas y se determina si debe enviarse un e-mail de alerta al tutor. Esta sección actúa también como monitor, permitiendo al padre observar un *stream* de la cuna del bebé.

El módulo ESP32-CAM ha sido diseñado para asistir a su usuario en la identificación de rostros, cuenta con capacidad de utilizar *WiFi*, que es la herramienta por medio de la cual envía fotos a una dirección IP en una red local, y

se ha desarrollado una interfaz que permite hacer *Streaming*, tomar capturas y modificar algunos elementos de las imágenes tomadas.

El *Streaming* trabaja a una velocidad de aproximadamente 30 fps, o fotogramas por segundo, y cuenta con una gama seleccionable de resoluciones entre las que se incluye QVGA, CIF y otras más.

Algoritmo para configurar al microcontrolador, la cámara y el servidor web.

Para completar la finalidad de esta etapa, fue necesario utilizar 3 diferentes entornos de desarrollo, el primero de ellos implementado en lenguaje C++ en el IDE de Arduino y que pretende configurar los pines de la cámara y comunicarla con el microcontrolador, así como leer los datos que corresponden a los pixeles de la foto que envía la cámara, inicializar un servidor web en una red local y preparar el envío de imágenes mediante *WiFi* a dicho servidor.

1. Configurar los pines de la cámara.
2. Elegir QVGA como resolución por defecto.
3. Leer contraseña y nombre de la red de internet, para acceder a ella.
4. Esperar la conexión con la red.
5. ¿El ESP32-CAM está conectado a la red de *WiFi*? Si no, ir a paso 5.
6. Imprimir “*WiFi connected*” en el monitor serie
7. Inicializar el servidor de la cámara.
8. Imprimir la dirección IP a utilizar en el monitor serie: 192.168.43.38.

Diagrama de flujo.

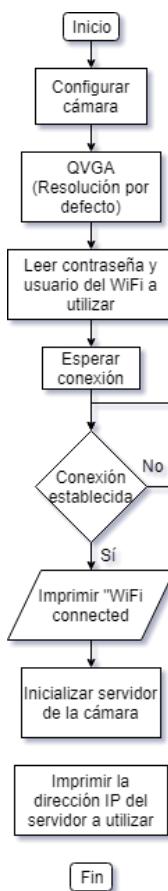


Figura 15. Diagrama de flujo: Configuraciones Etapa 3.

Imagen creada utilizando las herramientas en línea de Draw.io.

Código.

[Ver Apéndice E](#)

Algoritmo para definir la interfaz del servidor web.

En realidad, este segmento de la programación debió ser incluida como parte de la inicialización del servidor web, y de hecho, está contenido en un archivo con extensión H en su forma hexadecimal, de manera que tuvo que tomarse ese texto en hexadecimal y utilizar la herramienta en línea “CyberChef”

para obtener el código html, CSS y Java preestablecido para la presentación de las imágenes en el servidor.

Dicho código debió modificarse principalmente por dos razones:

La primera es para facilitar la lectura de las fotografías por parte de MATLAB, que se había complicado por el hecho de que los nombres de las capturas estaban definidos por la función *date.now* de Java, que regresa el número de milisegundos transcurridos desde el primero de enero de 1970, y que en MATLAB no existe, por lo que no era capaz de leer la captura que necesitaba hasta que se usó un formato más amigable.

La segunda razón por la que tuvo que hacerse un cambio fue que, en la interfaz preestablecida, los botones eran los que te permitían capturar lo que había frente al lente de la cámara, mientras que, para nuestra aplicación se requiere que este proceso se ejecute de manera automática, sin participación del tutor.

1. Definir tipo, tamaño y color de fuente, así como del fondo de todo el cuerpo de la página.
2. Insertar menú en forma de columna.
3. Establecer las características del menú.
4. Instaurar las características de ubicación espacial de las imágenes a presentar.
5. Configurar la presentación de los botones y la entrada desplegable de resolución, así como su ubicación dentro del menú en forma de columna antes creado.
6. Mostrar menú.
7. Mostrar nombre de la entrada desplegable y definir sus opciones.
8. Mostrar imagen tomada de la cámara.
9. Mostrar botón “Iniciar Stream”.
10. Añadir la dirección IP de donde se tomará la imagen de la cámara.
11. Leer configuración inicial de la cámara.

12. Actualizar el valor de las opciones de resolución.
13. Si el botón “Iniciar stream” es presionado, ir a paso 19.
14. Esperar al segundo 0, 20 o 40 de cada minuto.
15. Parar *stream*.
16. Tomar foto y guardarla dependiendo de la hora, minuto y segundo en que se tomó con el nombre “capture?_cb=HHMMSS” donde H simboliza un dígito de la hora, M un dígito del minutero y S un dígito del segundero.
17. Si se selecciona una nueva resolución, ir a paso 12.
18. Ir a paso 13.
19. Cambiar leyenda del botón por “Parar *stream*”.
20. Iniciar *stream*.
21. Si el botón de cerrar “x” es presionado, ir al paso 23.
22. Ir a paso 14.
23. Parar el *stream*.
24. Esconder la imagen.
25. Cambiar leyenda del botón por “Iniciar *stream*”.
26. Ir a paso 14.

Diagrama de flujo.

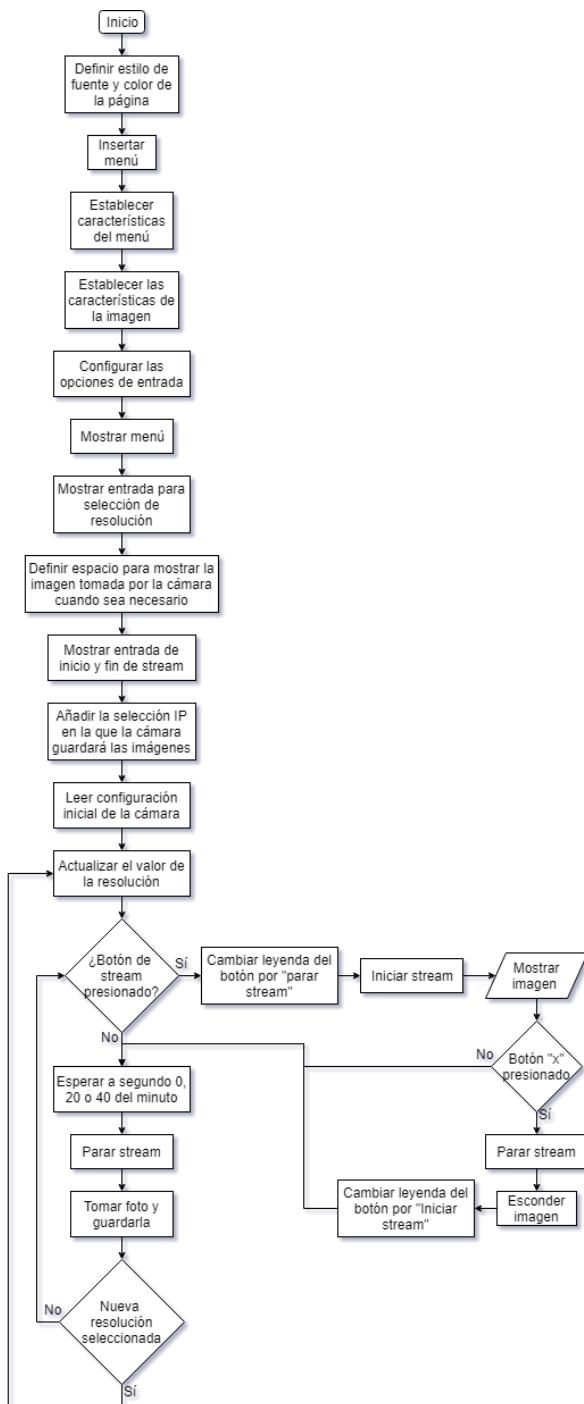


Figura 16. Diagrama de flujo: Interfaz del usuario.

Imagen creada utilizando las herramientas en línea de Draw.io.

Código.

Ver Apéndice F.

Algoritmo para la lectura y procesamiento de la imagen.

Una vez configurada la página donde se verá el *stream* del bebé, y de donde MATLAB obtendrá las capturas, debió definirse el proceso de adquisición y procesado de imágenes.

Descargada la muestra, se compara, utilizando factores de correlación, con una serie de imágenes tomadas y cargadas en el código. La situación de la imagen precargada más parecida a la muestra descargada define si se envía o no una señal de alerta, en forma de correo electrónico a la dirección de correo definida.

La imagen se compara, utilizando correlación, con un total de 21 imágenes precargadas donde 6 representan situaciones en las que el niño se encuentra boca abajo, 3 contienen imágenes de la postura ideal de un niño: supino con la cabeza orientada a un lado; y 12 con imágenes del niño en posición supina con la nuca recargada sobre el colchón de la cuna.

Esta es una de las secciones con mayor posibilidad de ser sometida a mejoras, no hay por qué estancarse en este algoritmo, sino que debe desarrollarse cada vez un detector más certero que un factor de correlación para obtener resultados precisos.

1. Cargar a MATLAB las imágenes del niño para utilizarlas como referencia.
2. Definir el número de lecturas que se van a hacer, una cada 20 segundos.
3. Si “d” es diferente de cero, ir a paso 11

4. Obtener fecha y hora actuales.
5. Convertir fecha a formato *string*.
6. Separar los elementos del *string* correspondientes al segundero, darle su ponderación respectiva a cada dígito y convertir el resultado a número decimal.
7. Si el segundero es igual a 0, 20 o 40, ir a paso 9
8. Ir a paso 3
9. “d” = 1
10. Ir a paso 3
11. Convertir las horas y minutos de formato ASCII a decimal.
12. Convertir horas, minutos y segundos de decimal a ASCII.
13. Definir un *string* con la dirección de dónde se debe bajar la imagen del servidor web, para ello debe concatenarse con el *string* de horas, minutos y segundos previamente obtenidos.
14. Leer la imagen de la dirección obtenida en el paso anterior.
15. Determinar y guardar el factor de correlación bidimensional que la imagen obtenida tiene con cada una de las imágenes de referencia.
16. Determinar cuál es el valor más alto para el factor de correlación y asociarlo a la situación en la que está el niño de esa imagen.
17. Si la imagen a la que se asocia la captura contiene una situación riesgosa, mandar correo electrónico.
18. Ir a paso 3.

Diagrama de flujo.

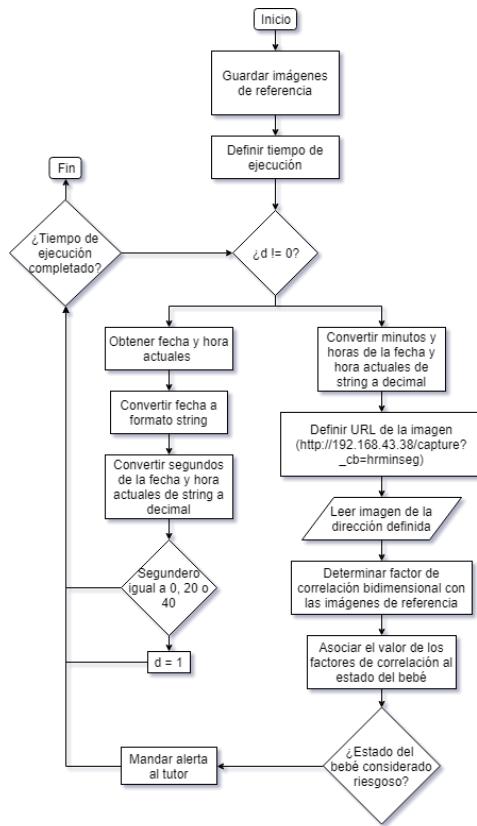


Figura 17. Diagrama de flujo: Obtención y procesado de imágenes.

Imagen creada utilizando las herramientas en línea de Draw.io.

Código.

Ver apéndice G.

Interfaz.

Como se comentaba, la imagen se guardará en un servidor web en una red local de WiFi, para acceder a dicho servidor, debe introducirse la dirección IP “192.168.43.38” que nos dirigirá a la página que se muestra en la figura 18. En la que observamos que tenemos botones disponibles para parar e iniciar el stream y para seleccionar la resolución en la que se desea trabajar.



Figura 18. Interfaz de usuario.

Imagen propia del autor.

Las imágenes pueden ser visualizadas por el usuario en forma de *stream*, con aproximadamente 30 fps, sin embargo, cada 20 segundos, en los segundos 0, 20 y 40 de cada minuto se toma una muestra del video, que no puede ser tratada como parte del *stream* porque debe ser descargada por MATLAB, por esta razón, el *stream* debe pararse en los segundos 0, 20 y 40 de cada minuto, para descargar dicha muestra.

Etapa 4: Unidad central de procesamiento.

Esta etapa consiste de un microcontrolador AT89S52 cuyas entradas están conectadas a las salidas de las 2 primeras etapas, el microcontrolador se mantiene leyendo constantemente la información brindada por las etapas anteriores y a la par, envía datos mediante *Bluetooth*¹⁹ al módulo de alarma. Haciendo referencia al proceso de comunicación que se ejecuta, se utiliza el estándar con las herramientas del UART a una velocidad de 9600 **baudios**²⁰.

Para esta etapa se decidió agregar una alarma cada 3 horas que ayude en cuanto a la temporización de la alimentación del niño utilizando la interrupción del *timer 0* del 8051 utilizado.

Resumiendo, esta etapa se encarga del control del módulo de alarma, que se activará en las siguientes situaciones: cuando sea hora de alimentar al niño, cada 3 horas; cuando la temperatura en la habitación de la cuna supere los 24°C o disminuya por debajo de los 18°C y cuando la respiración del bebé no sea detectada.

Cálculos.

Se utilizó un cristal de cuarzo de 11.0592 MHz como reloj externo para el microcontrolador con la finalidad de conseguir un *baud rate* en la transmisión de 9600 baudios con 0% de error, en el [Anexo 2: Manual 8051](#) se presentan las consideraciones para estas condiciones.

Considerando que 12 ciclos del reloj representan un ciclo máquina, el tiempo que regirá las operaciones del microcontrolador se definirá por la ecuación 4.

¹⁹ Bluetooth: tecnologías creadas para proveer comunicación inalámbrica en áreas de uso personal. (Corredor, Pedraza, Hernández, 2009).

²⁰ Baudio: Unidad de velocidad en la transmisión de información, equivalente al número de impulsos por segundo. (Real Academia Española, 2018).

$$T_{ciclo\ máquina} = \frac{12}{F_{ciclo\ del\ reloj}}$$

$$T_{ciclo\ máquina} = \frac{12}{11.059MHz}$$

$$T_{ciclo\ máquina} = 1.08506944\ \mu s$$

Ecuación 4. Tiempo de un ciclo máquina del microcontrolador AT89S52 con un cristal de 11.0592MHz

Ya que se utilizará el modo 1 del *timer* 0, cuyo funcionamiento puede revisarse en la [Manual del microcontrolador 8051](#), el temporizador contará desde 0 hasta 65,535 antes del desborde e inicio de la interrupción. Consecuentemente la interrupción se ejecutará cada cierto tiempo, determinado por la ecuación 5.

$$\text{tiempo entre interrupciones} = 65,535 * (T_{ciclo\ máquina})$$

$$\text{tiempo entre interrupciones} = 65,535 * (1.08506944\mu s)$$

$$\text{tiempo entre interrupciones} = 71.110026ms$$

Ecuación 5. Tiempo entre interrupciones.

Sabiendo el número de veces que debe repetirse la interrupción antes del envío de la señal de alarma, representado en la ecuación 6, Durante la ejecución de la subrutina de interrupción debe incrementarse una cuenta y cuando se superen las 151,877 interrupciones debe mandarse la señal de alarma de la alimentación y reiniciar la cuenta.

$$\frac{3hrs}{71.110026ms} = \frac{180minutos}{71.110026ms} = \frac{10,800s}{71.110026ms} = 151,877\ veces$$

Ecuación 6. Número de repeticiones de la interrupción del temporizador.

Algoritmos.

Algoritmo para el programa principal.

1. Esperar emparejamiento de los módulos Bluetooth.
2. Configuraciones iniciales.
3. Confirmar conexión: enviar dato 0x09.
4. Leer entradas.
5. Identificar factores de riesgo.
6. Si la salida de la etapa de respiración está activa, enviar dato 0x01.
7. Si la salida de la etapa de temperatura está activa, enviar dato 0x02.
8. Si la salida de la etapa de posición está activa, enviar dato 0x04.
9. Si la salida de la etapa de respiración y la de temperatura están activas, enviar dato 0x03.
10. Si la salida de la etapa de respiración y la de posición están activas, enviar dato 0x05.
11. Si la salida de la etapa de temperatura y la de posición están activas, enviar dato 0x06.
12. Si la salida de todas las etapas está activa, enviar dato 0x07.
13. Si la salida de ninguna etapa está activa, enviar dato 0x00.
14. Codificación y envío de la señal de alarma.
15. Ir a paso 4.

Algoritmo para la interrupción de la temporización de la alimentación.

1. Si la interrupción no ha llegado a las 151,877 repeticiones ir a paso 2, si ya llegó a este número, saltar a paso 4.
2. Incrementar cuenta.
3. Ir a paso 5.
4. Enviar alarma de temporización de alimentación: dato 0x08.
5. Regresar.

Algoritmo para envío de datos.

1. Mandar señal de alarma al puerto serie.
2. Esperar bandera de fin de transmisión.
3. Apagar bandera.
4. Esperar el procesamiento del receptor.
5. Regresar.

Diagramas de flujo.

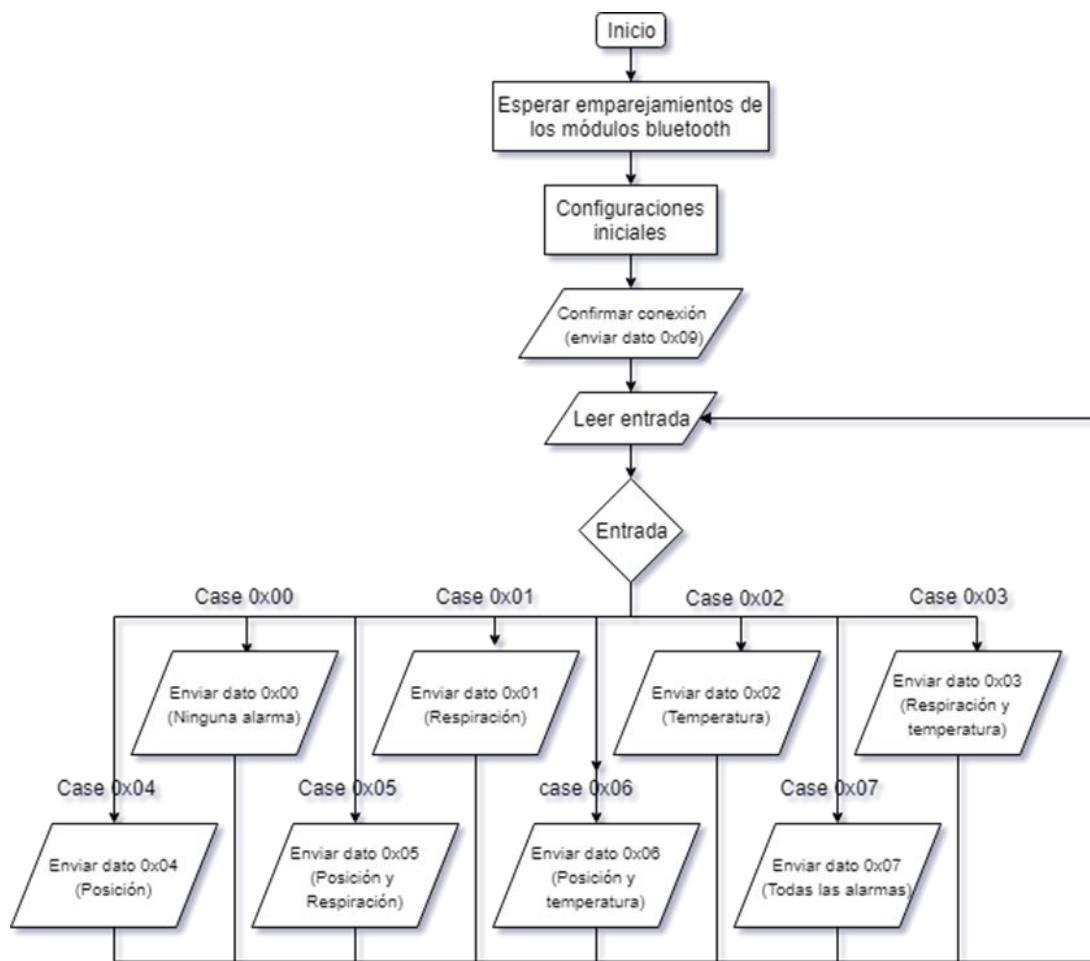


Figura 19. Diagrama de flujo: Módulo de alerta.

Imagen creada utilizando las herramientas en línea de draw.io.

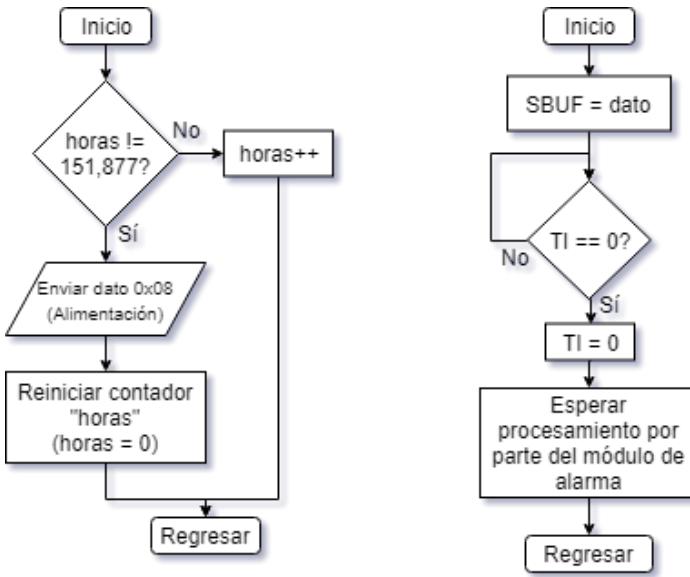


Figura 20. Diagrama de flujo: Interrupción y Proceso de envío
Imagen creada utilizando las herramientas en línea de Draw.io.

Código.

Ver [Apéndice C.](#)

Diagrama electrónico.

El diagrama electrónico definitivo quedó como se muestra en la figura 21. Obsérvese que las salidas de las etapas anteriores están conectadas a los primeros pines del puerto 1 del microcontrolador, y que el puerto 2 y el puerto 0 se mantendrán en desuso.

Los valores para el cristal y sus capacitores fueron determinados en base a los sugeridos por la [Hoja de Datos](#) y el [manual](#) que se encuentran en la sección de anexos del reporte.

La conexión a VCC del pin “EA/VPP” permite que el dispositivo trabaje como microcontrolador, recordando que los integrados de la familia del 8051 pueden desempeñar un papel como micróprocesadores o como microcontroladores.

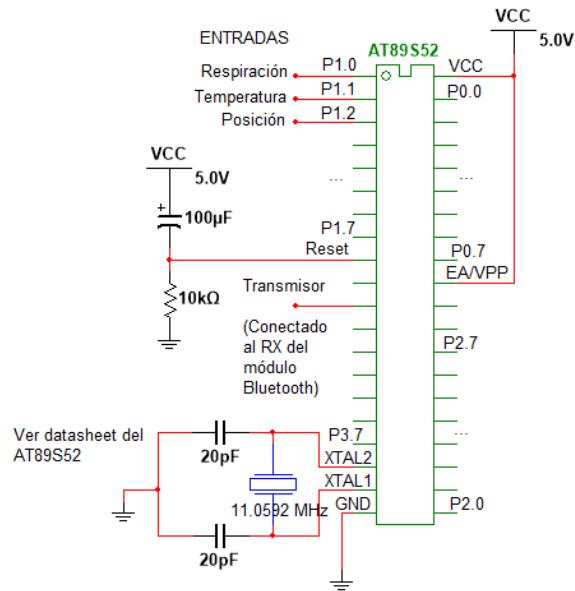


Figura 21. Diagrama electrónico: Etapa 4 Procesamiento de señales.

Imagen creada utilizando Multisim.

Modificaciones posteriores.

Se determinó que enviar una alarma para indicar la mala posición del bebé es algo ineficiente, incrementaría los costos del producto por el microcontrolador que debería agregarse. Por esta razón, se enviará un correo electrónico desde MATLAB al correo del usuario, se eliminarán completamente los pines destinados a leer la alarma de posición, y se inutilizarán los datos enviados relacionados también a este ámbito.

Etapa 5: Módulo de alarma.

Para recibir la alarma del CPU se utilizó la terminal de recepción, RX, del circuito integrado 8051 y se mostraron los datos recibidos en el puerto 1, para esto se hizo uso de la conexión asíncrona del CI mediante el UART del 8051, se utilizaron 4 bits de los 8 de envío de datos donde cada combinación representa una alarma distinta.

Diagrama eléctrico.

El siguiente es el orden del acomodo de los leds en el puerto 1 según la señal:

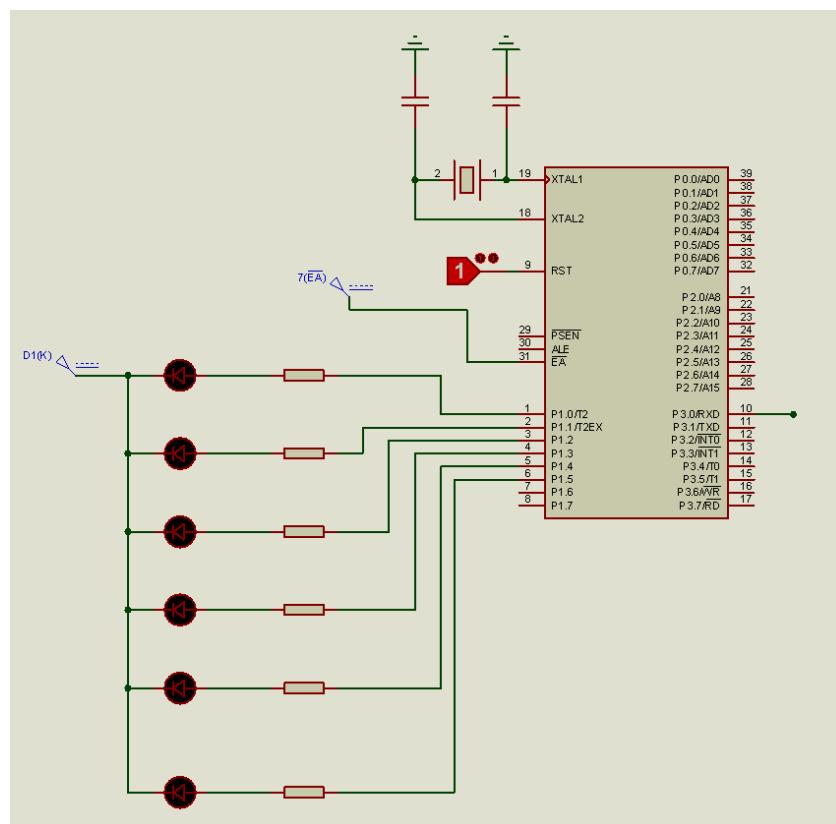


Figura 22. Diagrama eléctrico del módulo de alarma.

Imagen creada utilizando Proteus.

Algoritmos.

Algoritmo del programa principal.

1. Esperar emparejamiento de los módulos Bluetooth.
2. Configuraciones iniciales.
3. Confirmar conexión, recibir dato 0x09.
4. Recepción y decodificación de la señal de alarma.
5. Identificar factores de riesgo.
6. Si la salida de la etapa de alimentación está activa, mostrar dato 0x08.
7. Si la salida de la etapa de respiración está activa, mostrar dato 0x01.
8. Si la salida de la etapa de temperatura está activa, mostrar dato 0x02.
9. Si la salida de la etapa de posición está activa, mostrar dato 0x04.
10. Si la salida de la etapa de respiración y la de temperatura están activas, mostrar dato 0x03.
11. Si la salida de la etapa de respiración y la de posición están activas, mostrar dato 0x05.
12. Si la salida de la etapa de temperatura y la de posición están activas, mostrar dato 0x06.
13. Si la salida de todas las etapas está activa, mostrar dato 0x07.
14. Si la salida de ninguna etapa está activa, mostrar dato 0x00.
15. Ir a paso 4.

Algoritmo para recepción de datos.

1. Recibir señal de alarma.
2. Guardar datos en una variable
3. Limpiar bandera de recepción
4. Regresar

Diagramas de flujo.

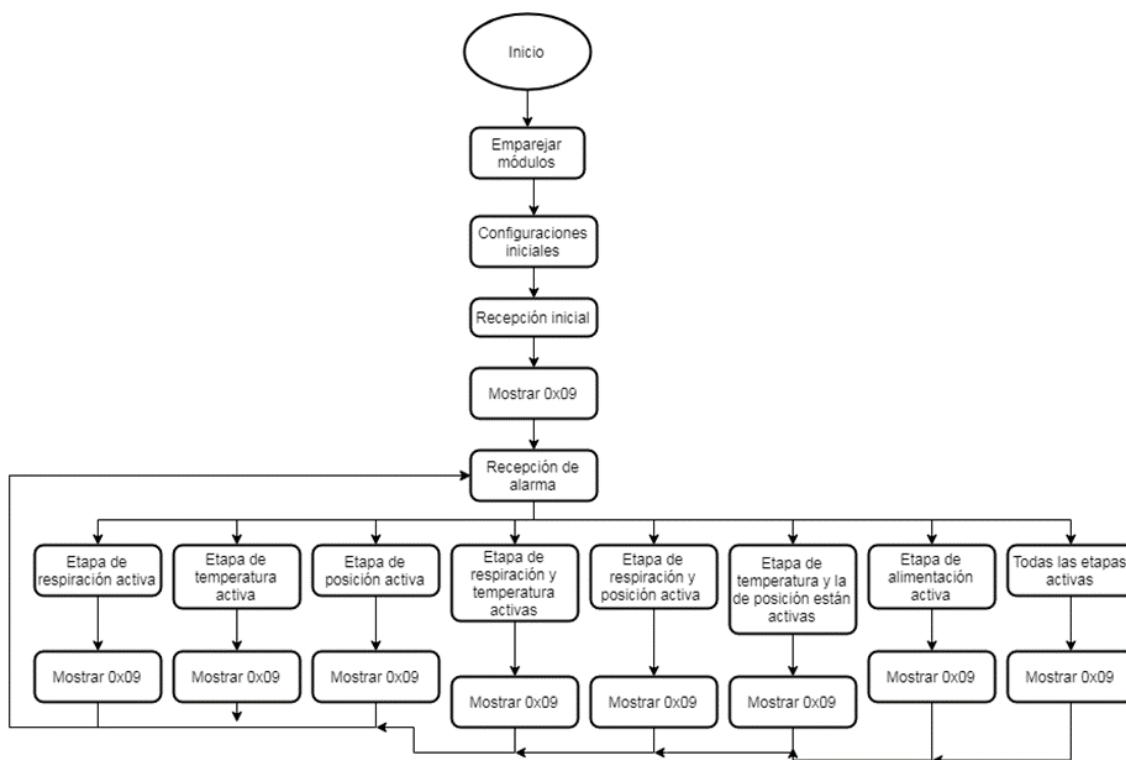


Figura 23. Diagrama de flujo: Etapa del módulo de alarma.
Imagen creada utilizando las herramientas en línea de Draw.io.

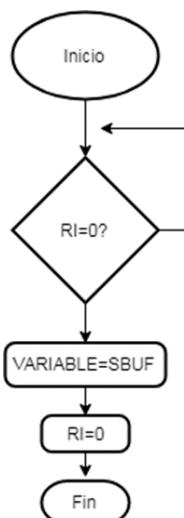


Figura 24. Diagrama de flujo: Subrutinas en la etapa del módulo de alarma.
Imagen creada utilizando Draw.io.

Código.

Ver [Apéndice D.](#)

Diagrama electrónico.

En el siguiente diagrama se muestran los componentes con valores donde los capacitores de 12pf y el cristal fueron seleccionados para configurar la velocidad de recepción a 9600 baudios, las resistencias colocadas sirven para limitar la corriente de los *LED*'s los cuales están alimentados de la fuente, usando lógica negada, se puede observar una conexión abierta en el pin 10, en esta ira conectado el módulo de Bluetooth.

P1.0 – Respiración, *LED*.

P1.1 – Temperatura, *LED*.

P1.3 – Alimentación, *LED*.

P1.4 - Buzzer.

P1.5 - Indicador de conexión, *LED*.

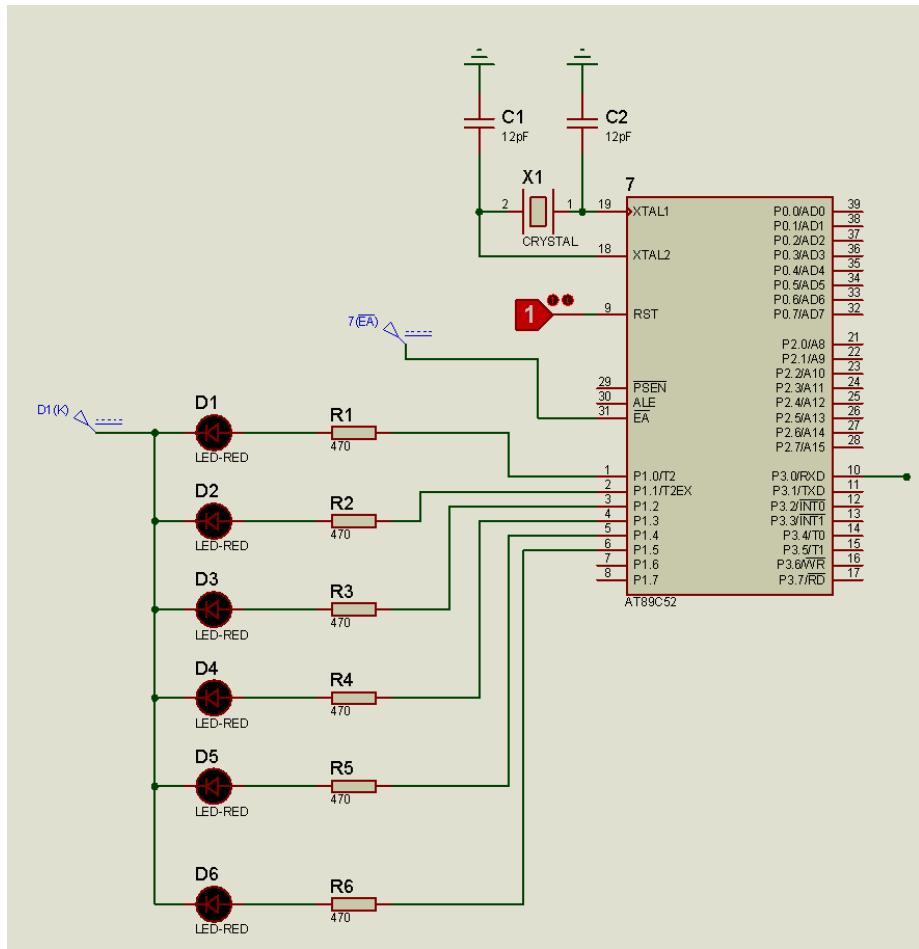


Figura 25. Diagrama electrónico: Etapa de módulo de alarma.

Imagen creada utilizando Proteus.

Capítulo III. Desarrollo y resultados.

Donde se explicarán los procesos llevados a cabo para la ejecución de los circuitos de las etapas descritas en el capítulo II.

Desarrollo del sistema por etapas.

A diferencia de este capítulo, en el capítulo II las etapas se definieron en base a la orientación de cada sección del circuito, por ejemplo, la etapa uno, de obtención de temperaturas tiene por finalidad, únicamente leer la temperatura del ambiente, mientras que de la etapa 3 se espera obtener un análisis de las fotos tomadas.

El propósito del circuito de cada etapa fue lo que definió su independencia en los apartados del segmento anterior del documento. Sin embargo, en este capítulo no se definirán las etapas siguiendo los mismos lineamientos, sino que se definirá la estadía de una sección en su etapa tomando en cuenta la relación que guarda con los demás elementos del proyecto.

Se dividió entonces el proyecto para su desarrollo en tres partes, que son importantes por la temporalidad en las que fueron llevadas a cabo, se siguieron los criterios descritos a continuación:

- Primera etapa de experimentación: Se asociarán las etapas uno y dos del capítulo II en una sola sección descrita posteriormente en el documento como “Adquisición de señales” y se unirán en esta etapa debido a que ambas requieren de un sensor como entrada y señales lógicas con características particulares en su salida.
- Segunda etapa de experimentación: Las etapas 4 y 5, unidas por el enlace inalámbrico que el Bluetooth implica, se probarán en conjunto, esta etapa se referirá a continuación como “Procesamiento digital”.

- Tercera etapa de experimentación: La etapa 3 del capítulo II se tratará por separado considerando su poca afinidad con el resto de las etapas.

Una vez obtenidos resultados positivos para los objetivos del proyecto, en cada uno los puntos anteriores, se procedió a elaborar la PCB de los circuitos para ese punto considerados como definitivos. Ya en su baquelita las etapas en conjunto fueron probadas y posteriormente montadas sobre el chasis del prototipo.

Experimentación.

Donde se describirán los resultados obtenidos después de implementar los circuitos propuestos en el capítulo II en una tarjeta de pruebas o *protoboard*.

Adquisición de las señales.

Temperatura.

Para corroborar que su funcionamiento sea el indicado, debió tenerse conocimiento de la temperatura en la que nos encontramos, por lo que se utilizó un multímetro capaz de medir temperatura, junto con un analizador lógico para observar el estado lógico de la salida del sistema y comprobar que efectivamente es dependiente de las temperaturas a las que fue evaluada la funcionalidad del circuito.

Desafortunadamente, es complicado regular la temperatura de las habitaciones o laboratorios en los que se hicieron las pruebas, debido a las altas temperaturas que la temporada durante la que se elaboró el proyecto ha traído consigo, se logró registrar con el osciloscopio la siguiente medición a la entrada, considerando como entrada del sistema la temperatura del lugar.



Figura 26. Entrada: Temperatura a la que fue realizada la medición.

Imagen propia del autor.

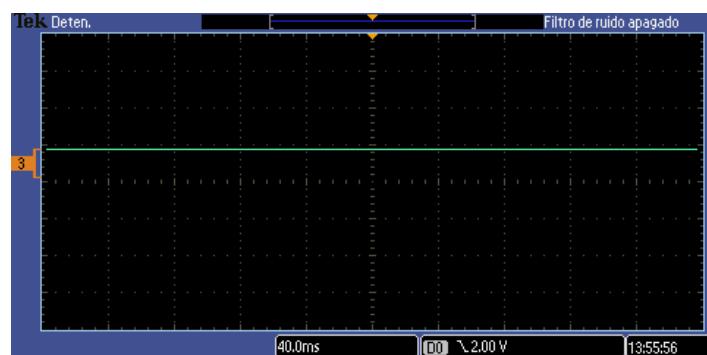


Figura 27. Salida del circuito expuesto a las condiciones de entrada de la figura 26.

Imagen propia del autor.

Nótese de las imágenes que para una temperatura de 29 grados Celsius, superior a las temperaturas del rango establecido como adecuado, se observa que en la salida se genera una señal lógica equivalente a un uno, que como se explicó anteriormente, será interpretada como una señal de alerta en la sección del procesamiento digital.

Para valores de temperatura dentro del rango, a pesar de que no fue posible presentar su medición, se observó que la salida del circuito se iba al estado de cero lógico.

Se encontraron un par de inconvenientes después de ejecutar esta sección del prototipo, una de ellas fue que el límite superior de las temperaturas se encuentra un poco por arriba del límite ideal, pero no se le da importancia a este factor, considerando que México, el país en el que se desarrolló el proyecto, es un país en el que se obtienen temperaturas muy altas en determinados períodos del año.

El otro inconveniente encontrado es que no se logra un nivel lógico estable para cuando se está cerca de los límites de temperatura, sino que, durante un rango de valores pequeño se observan niveles lógicos no válidos a la salida de la compuerta OR, este defecto también se despreció, ya que, en general no se necesita tener la certeza de una señal de alarma en una temperatura tan específica, ya que este factor no es crítico a corto plazo para la salud del lactante.

Después de razonar lo planteado anteriormente, se decidió que los resultados fueron lo suficientemente satisfactorios como para establecer los valores usados como definitivos para posteriores procesos.

Respiración.

Por sus características, este circuito fue más sencillo de experimentar y es que, en teoría sólo debe apuntarse a un humano con movimientos respiratorios, sin embargo, debe señalarse que quizá fue el peor de los fracasos para este proyecto, ya que, una vez adquirido el sensor, la primera prueba a la que se sometió tuvo el fin de examinar su sensibilidad, obteniendo resultados rotundamente desalentadores.

Se podría catalogar a este dispositivo como un sensor de movimiento sensible, desafortunadamente también se puede definir como un sensor de respiración deficiente.

Aun así, se decidió incluirlo justificando su uso bajo la premisa de que la tecnología empleada es la correcta, más no lo suficientemente sensible, y considerando también que el poner un dispositivo similar de características más finas conllevaría un incremento del costo del proyecto a más del doble de lo esperado.

La desatención de este inconveniente asimismo se justifica en que, tratar de implementar características tan sofisticadas en cuanto a la detección de los signos vitales de un niño es mal visto por los pediatras (Moreno, Leal e Izquierdo, 2013)

cuando el dispositivo no cuenta con una certificación oficial por parte de una organización reconocida, de forma que se mandó a segundo plano de importancia la característica de la interpretación de la respiración.

Se decidió describir al proyecto como un asistente en la prevención de las situaciones más riesgosas relacionadas al síndrome de muerte súbita del lactante, como lo son la posición del niño, la posible obstrucción de su cara por objetos en la cuna como peluches y almohadas o la temperatura de la habitación en la que se encuentra la cuna.

La segunda prueba, en esta ocasión implementando el [círcuito](#) del capítulo II, consistió de mantener al sensor estático para observar si después de 20 segundos, que es lo que dura un episodio de apnea, la salida del sistema es llevada a alto como señal de alarma para dejar saber a los padres que su hijo está sufriendo irregularidades respiratorias.

En la figura 28 se observa por las divisiones de tiempo, 4 segundos por división, que la salida de este circuito tarda aproximadamente 21 segundos en indicar que no se detecta ningún movimiento, este tiempo será catalogado como funcional para futuras referencias y se implementará como diseño definitivo en la baquelita.

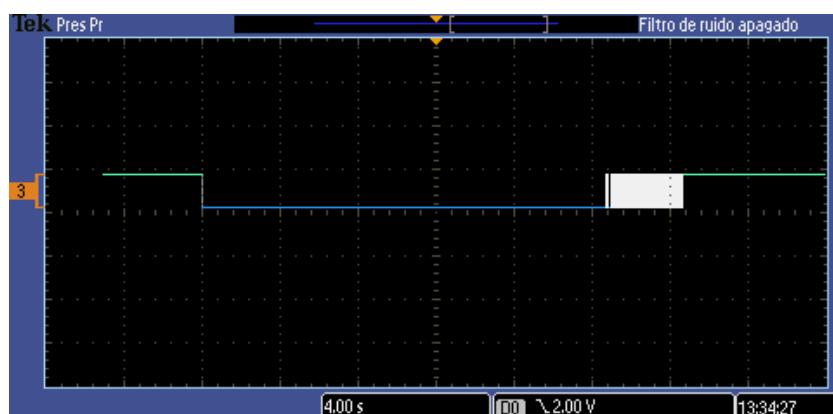


Figura 28. Salida del sistema detector de respiración.

Imagen propia del autor.

Se observa algo de ruido en el paso de bajo a alto de la señal, este ruido, idealmente no debería afectar ya que una vez detectado el primer alto se manda la señal de alerta al módulo de alarma.

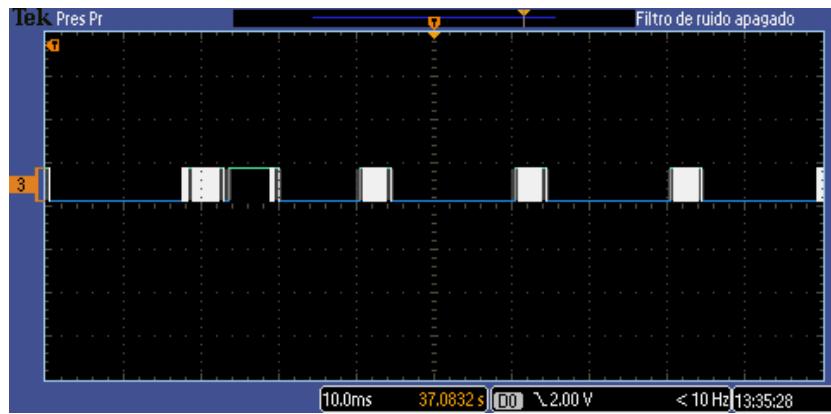


Figura 29. Ruido en la señal de salida del sensor de respiración.

Imagen propia del autor

Procesamiento digital.

Para esta etapa, se experimentaron en conjunto el emisor o unidad central de procesamiento y el receptor de datos o módulo de alarma del sistema. Para hablar del proceso de prueba, estoy obligado a mencionar que el código presentado en el capítulo II se compiló en el programa “Microvision”, de donde se obtuvo el archivo con extensión hex del código implementado.

Se utilizó el programador universal TL866A junto con el software “*MiniPro Programmer*” para grabar en ambos microcontroladores 8051 el archivo con extensión hex que se obtuvo de Microvision.

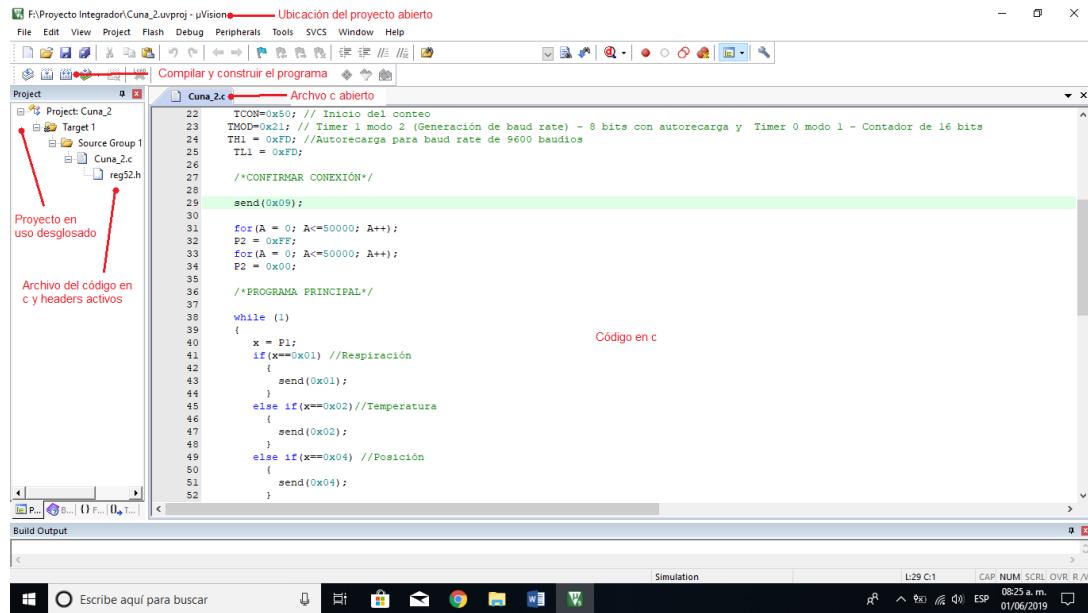


Figura 30. Entorno de desarrollo de Microvision.

Imagen propia del autor.

Una vez marcada la opción “Create HEX file” en las opciones del *target 1*, al compilar el programa se genera el archivo hex en una carpeta llamada “objects” que se encuentra en la misma ubicación donde se encuentra el proyecto. Es precisamente este archivo el que se tuvo que cargar en el software *MiniPro*.



Figura 31. Entorno del software para programación del microcontrolador.

Imagen propia del autor.

Terminando de utilizar el software descrito, los microcontroladores estuvieron listos para ser incluidos en las tarjetas de pruebas o *protoboards*

utilizados para comprobar el funcionamiento de este fragmento de la experimentación, donde se armaron los circuitos de la [etapa 4](#) y [etapa 5](#) del capítulo II.

El Rx de la unidad central de procesamiento y el Tx del módulo de alarma fueron conectados respectivamente al Tx de un módulo Bluetooth y al Rx de otro.

Las entradas de la unidad de procesamiento fueron sustituidas por un conjunto de una resistencia y un resistor configurado en modo *pull up* de forma que la variación en los estados del interruptor emularía las situaciones de alerta que la etapa anterior debe brindar.

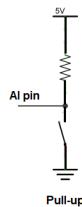


Figura 32. Configuración pull up de un interruptor

Recuperado de: <http://electronica-fix.blogspot.com/2015/12/faq-configuracion-de-las-resistencias.html>

Ya conectado lo hasta ahora descrito, con los microcontroladores programados con su respectivo archivo, debe alimentarse el circuito y ejecutarse una inspección visual de las salidas del módulo de alarma, o *LED's*, que efectivamente se iluminaron en función de los estados del interruptor, por lo que se procedió a revisar las tramas que se enviaban, que se muestran en las figuras a continuación.

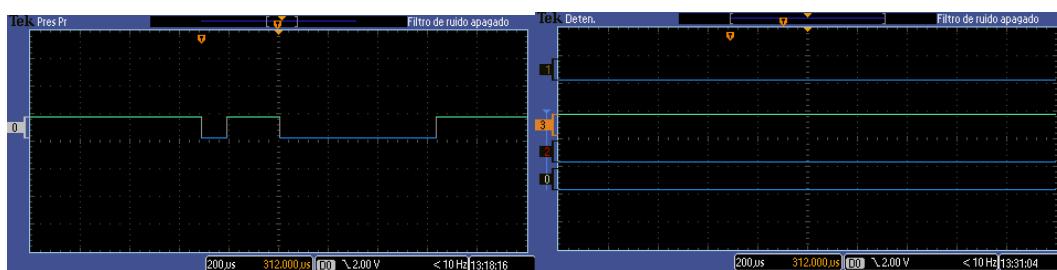


Figura 33. Ejemplo de trama / Respuesta en el módulo de alarma

Imagen propia del autor.

En la figura 33, obtenida de un analizador lógico, se observa en la trama el dato 0x03 en donde el bit menos significativo es el bit de la izquierda, después del bit de inicio, esto sugiere que las entradas de temperatura y respiración son negativas, condiciones que se pueden confirmar en los estados del interruptor usado.

A la derecha de la imagen de la trama, se encuentra la respuesta de los *LED's*, en lógica negada, del módulo de alarma, donde se aprecia que se encienden 3: El general para todas las alarmas y el correspondiente a donde se conectará un *Buzzer*, y los dos que indican estados inadecuados de temperaturas y movimientos respiratorios en el entorno de la cuna.

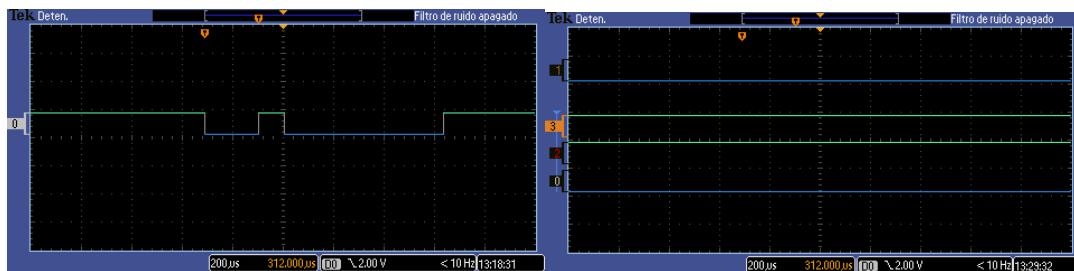


Figura 34. Ejemplo de trama / Respuesta en el módulo de alarma.

Imagen propia del autor.

En la figura 34 se observa que se envía el dato 0x02 que representa una alerta por temperatura no ideal, a su derecha se observa la respuesta en la salida del *Buzzer* y del *LED* indicador para temperaturas fuera del rango ideal que presenta una lógica negada. Tomando entonces este diseño como el definitivo, por los buenos resultados obtenidos, se decidió ejecutar la siguiente etapa.

Adquisición y procesamiento digital de imágenes.

Para configurar el servidor y su relación con la toma de fotografías de la cámara del ESP 32 – CAM se utilizó el ejemplo en el entorno de desarrollo de Arduino, sin embargo, como se mencionó antes, este ejemplo guardaba las

imágenes tomadas con un nombre difícil de repetir automáticamente, por lo que, del *header* llamado “*camera_index*” se extrajo la primera sección de datos hexadecimales ubicadas dentro de unas llaves casi al inicio del código.

La serie de datos de la que se habla se transformó al lenguaje html mediante las herramientas en línea de la página “*CyberChef*”. En la figura 35 se aprecia la configuración que se utilizó para transformar de hexadecimal a html, donde se observan los elementos “*Find / Replace*”, “*RemoveWhiteSpace*”, “*From Hex*” y “*Gunzip*” que pueden ser arrastrados después de ser encontrados en la sección izquierda de la página.

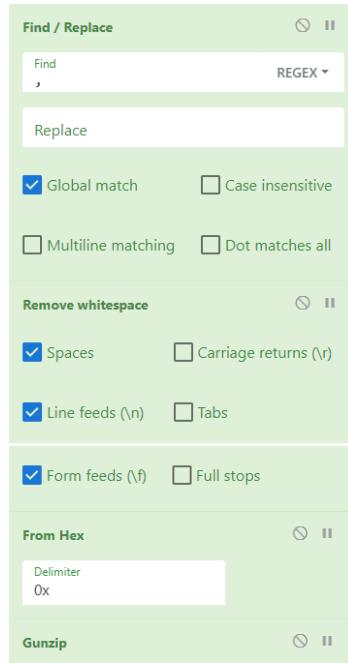


Figura 35. Configuración en CyberChef para transformar de hexadecimal a html

Recuperado de:

[https://gchq.github.io/CyberChef/#recipe=Find/_Replace\(%7B'option':'Regex','string':'%7D,',true,false,true,fal se\)Remove_whitespace\(true,true,true,true,true,false\)From_Hex\('Auto'\)Gunzip\(\).](https://gchq.github.io/CyberChef/#recipe=Find/_Replace(%7B'option':'Regex','string':'%7D,',true,false,true,fal se)Remove_whitespace(true,true,true,true,true,false)From_Hex('Auto')Gunzip().)

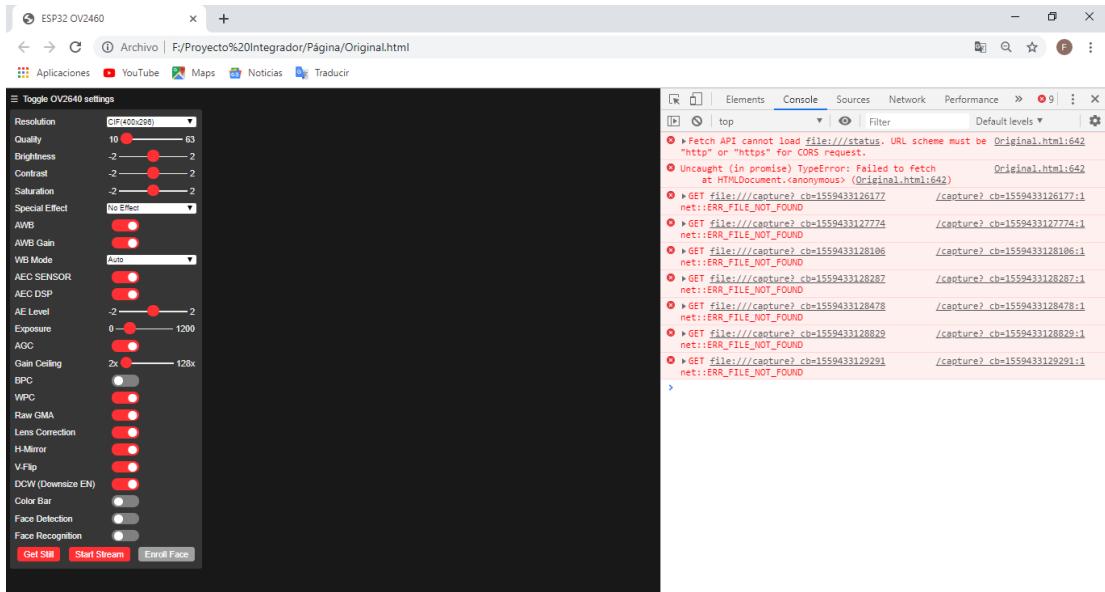


Figura 36. Interfaz predeterminada para el módulo ESP32 – CAM.

Imagen propia del autor.

En la salida de la página de *CyberChef* se mostrará el código html responsable de generar una página como la de la figura 36, a la que se le realizaron modificaciones para conseguir que los nombres de las capturas, mostrados en la parte derecha, en los mensajes de error, que se muestran porque la cámara se encuentra desconectada, puedan ser obtenidos sencillamente en MATLAB y así poder descargar la imagen desde el src en el que se encuentra.

Por motivos de estética y practicidad, se retirarán los botones y colores que no van de acuerdo al ámbito del proyecto. Además se cambió la manera en que se tomaba la captura, ya que en esta interfaz es necesario presionar “Get Still” y se sustituyó por la toma automática cada 20 segundos, y por último, se tradujeron las palabras de inglés a español para obtener una interfaz como se muestra en la figura 37 y un código como el que se brinda en el [Apéndice F.](#)

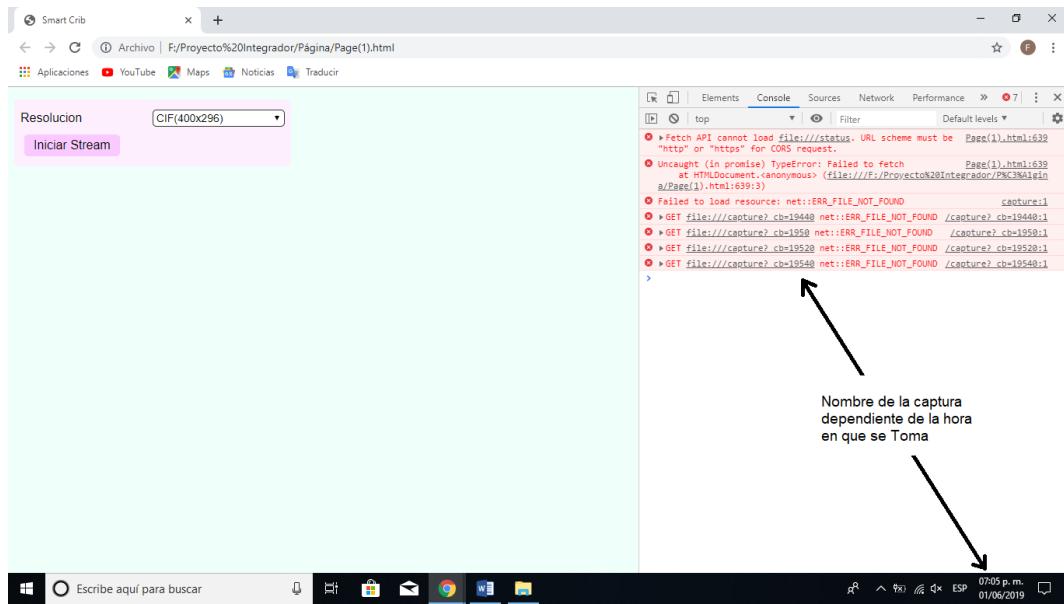


Figura 37. Interfaz modificada.

Imagen propia del autor.

Una vez establecido el código html necesario para la obtención de los resultados esperados, se utilizó de nuevo *CyberChef* bajo la configuración mostrada en la figura 38 para convertir nuestro código html a dígitos hexadecimales para sustituir los que se encontraban en el *header* “*Camera_Index*” del programa en Arduino.

De la salida de *CyberChef* también se extrajo la extensión de caracteres hexadecimales, que también debe ser especificada en el “*Camera_index*”, justo arriba de donde inicia el código hexadecimal, se cambió el 4316 presente por un 4484.

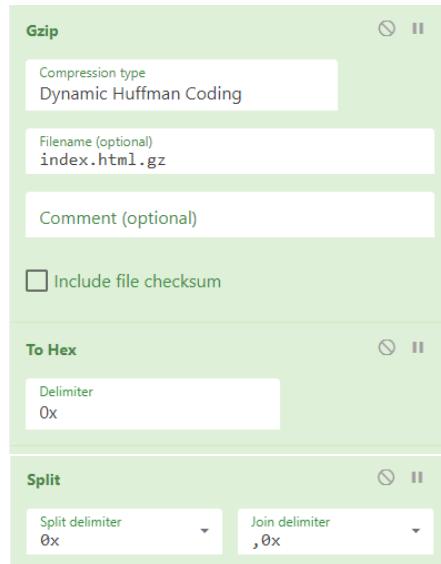


Figura 38. Configuración en CyberChef para obtener un código hexadecimal en base a uno html.

Recuperado de:

```
https://gchq.github.io/CyberChef/#recipe=Gzip('Dynamic%20Huffman%20Coding','index.html.gz',false)To_Hex('0x')Split('0x','0x')
```

Establecido el código, para el proceso de programación se utilizó un conversor USB a TTL para subir el sketch del IDE de Arduino con el código presentado en el capítulo II, la conexión que se realizó se muestra en la figura 39 pero antes de presionar el botón subir del IDE de Arduino, se presionó el botón de *reset* del módulo.

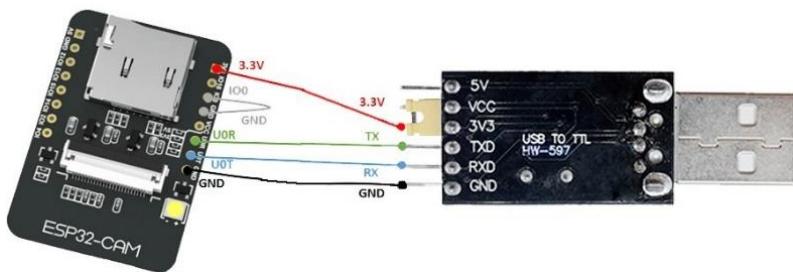


Figura 39. Conexiones para la programación del módulo ESP32 – CAM.

Recuperado de: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-671140521-esp32cam-modulo-esp32-cam-camara-ov2640-arduino-wifi-ble-_JM?quantity=1

Una vez programado el módulo, entramos a la dirección IP brindada y examinamos visualmente que los botones tuvieran efecto en la visualización de la imagen.

Para empezar el proceso de análisis de imágenes, se introdujo el código en MATLAB necesario únicamente para bajar las imágenes del servidor, es decir, hasta antes de que inicie la parte de correlación, y se corroboró que funcionase correctamente, para después pasar a la correlación y a los condicionales que determinan a qué imagen se asemeja más la captura bajada del servidor.

Por último, se aseguró que el correo electrónico funcionara correctamente como señal de alerta.

Etapas acopladas.

Después de lograr resultados exitosos en las pruebas de la sección anterior, la única conexión que debe realizarse es la sustitución de los interruptores de la unidad de procesamiento digital por las salidas de las etapas de respiración y temperatura, conectando también las tierras de los circuitos entre sí.

Se examinó, en este estado, que el módulo de la alarma reaccionara a los cambios en las variables del entorno.

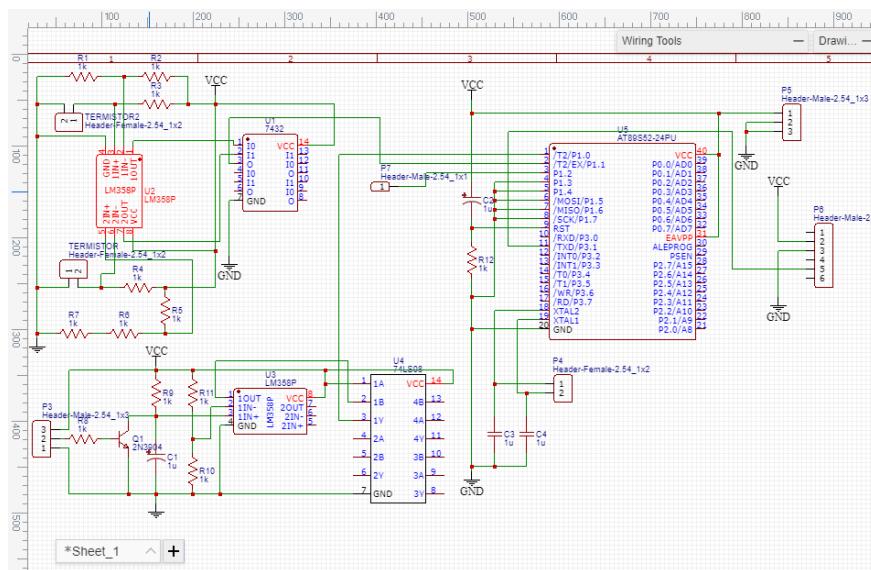


Figura 40. Esquemático de las etapas acopladas.
Imagen creada utilizando el software EasyEDA.

Elaboración de la PCB.

PCB situada en la cuna.

Se utilizó el software de EasyEDA para elaborar el diseño de una PCB en la que se contengan los elementos de respiración, temperatura y unidad procesamiento digital del proyecto, dejando las entradas del sensor de respiración como un conjunto de 3 pines en el borde de la PCB, con la finalidad de brindar flexibilidad en el posicionamiento de este sensor en la cuna.

Entre las consideraciones que se tomaron en cuenta a la hora de hacer el diseño en la PCB, se encuentran las siguientes:

- La corriente: El consumo registrado por el multímetro en la sección de etapas acopladas fue de aproximadamente 50mA por lo que la corriente, al no tener un valor de consideración es irrelevante para definir el grosor de las pistas.
- El acomodo de los elementos: Los circuito integrados, encargados de llevar a cabo procesos digitales, se colocaron lo más cerca posible del centro de baquelita, mientras que los componentes encargados de llevar a cabo procesos analógicos se situaron en los bordes. Las entradas del sistema, para el suministro de corriente y el sensor de respiración, también se ubicaron en los extremos de la tarjeta.
- La temperatura: Las bajas corrientes con las que trabaja el circuito no son capaces de traer consigo estragos significativos en la temperatura del diseño, razón por la que se decidió ubicar a los termistores dentro del diseño de la PCB.

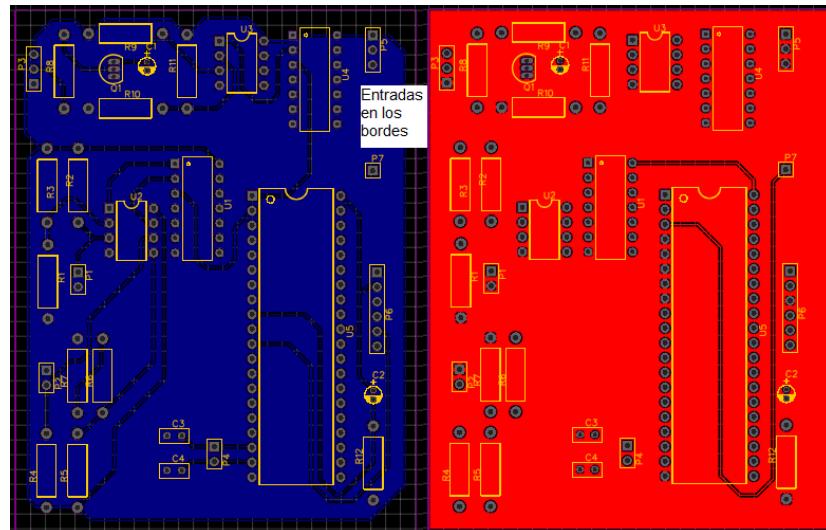


Figura 41. Imagen de la PCB con la marca de los componentes cara inferior / cara superior.
Imagen creada utilizando EasyEDA.

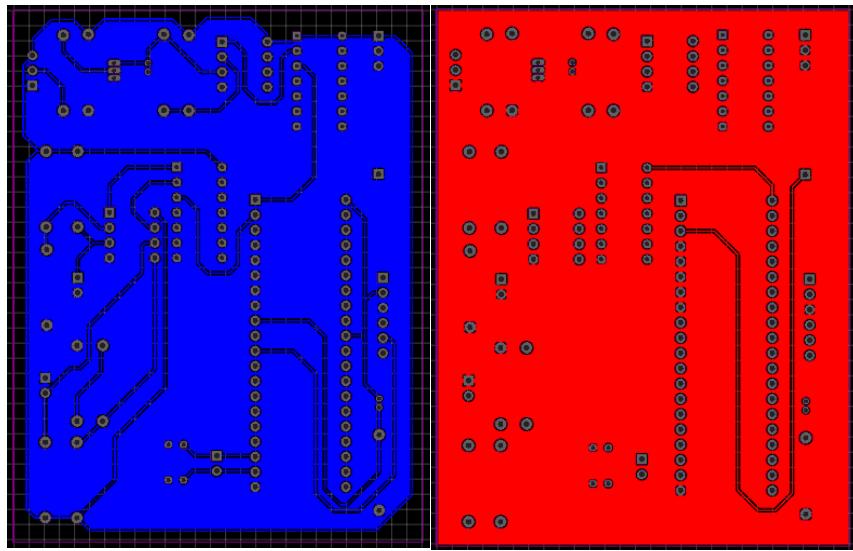


Figura 42. Imagen de la PCB cara inferior / imagen de la PCB cara superior.

Imagen creada utilizando EasyEDA.

Contando con el diseño de la PCB, el archivo *Gerber* fue enviado a la empresa JLCPCB para su elaboración. Obteniendo a su llegada la tarjeta que se muestra en la figura 43 donde se soldaron los componentes usados durante la experimentación, enlistados en el [Apéndice B](#).

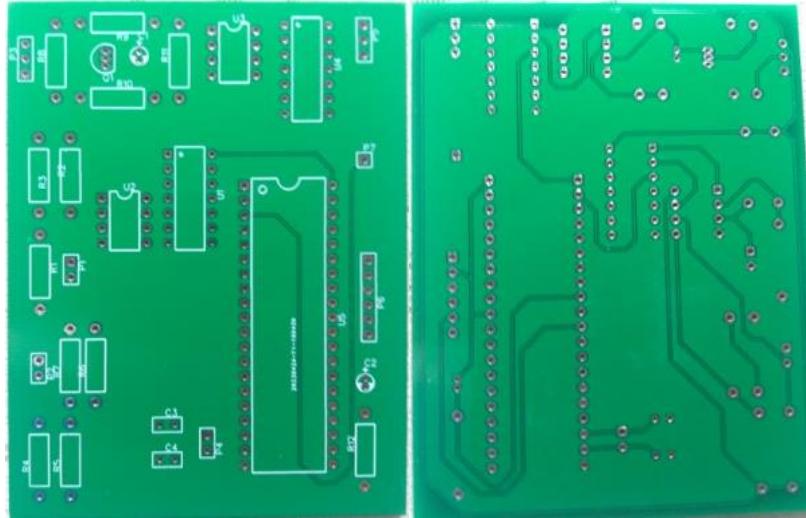


Figura 43. PCB cara superior / cara inferior.

Imagen propia del autor.

PCB situada en el módulo de alerta.

Esta PCB se elaboró utilizando easyEDA, donde después de armar el esquemático se acomodaron los elementos del circuito, que son pocos, en un espacio lo más reducido posible, obteniendo como resultado la PCB de la figura 44.

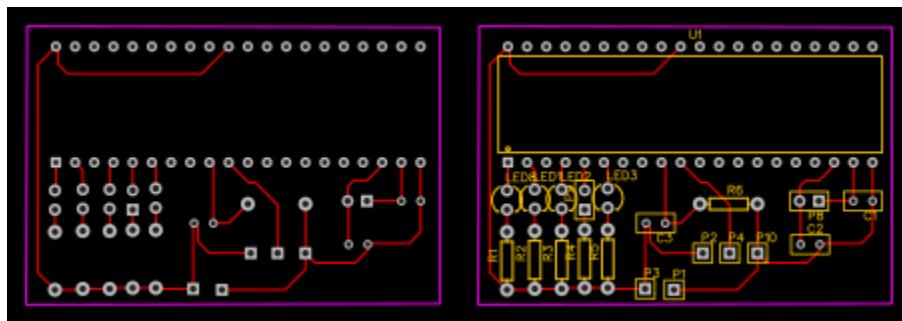


Figura 44. Imagen de la PCB cara superior con marca de componentes / imagen de la PCB cara superior sin marca de componentes.

Imagen creada utilizando EasyEDA.

Sólo se dejó espacio para los 3 pines que se utilizarán del módulo Bluetooth, brindándole a este una mayor flexibilidad en cuanto a su ubicación dentro del módulo.

El diseño se copió en un documento de *Word*, se imprimió en papel *Couché*, y valiéndonos de una plancha, se grabó el diseño en una baquelita de 5cm por 10 cm, que después fue recortada y corroída utilizando cloruro férrico, posteriormente fue perforada, y finalmente se soldaron todos los elementos del circuito a esta tarjeta, sólo considerando los espacios que se deben guardar para que el chasis fuera funcional.

Los *LED's*, que tendrán contacto con el exterior, fueron soldados de manera que sobresalieran del resto de componentes y el alambre con que se conectó el módulo Bluetooth lo suficientemente extenso para no generar problemas ni molestias a la hora de acomodarlo en un nivel inferior al de los *LED's*. También se

dejó un pin extra el cual sirve para activar un *Buzzer* con oscilador integrado que se activara cada que se active una alarma.

Elaboración de prototipo.

Para la elaboración del prototipo se usaron los componentes mencionados en la etapa de diseño en su respectiva PCB a excepción del módulo ESP32 el cual deberá montarse directamente en el chasis.

Para la tarjeta situada en la cuna y en el módulo de recepción de datos se soldaron los componentes en las pistas y pines marcados, pero en este último caso se buscó acomodar los componentes de tal manera que requirieran el menor espacio posible.

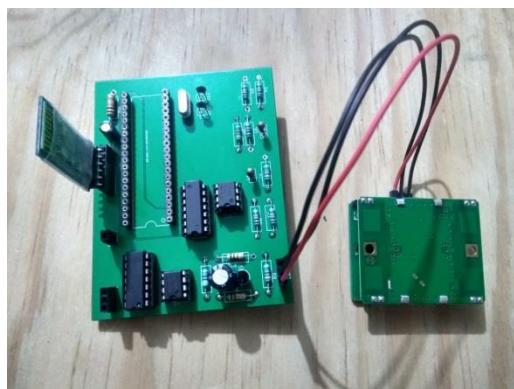


Figura 45. Imagen de la PCB con componentes ya soldados.

Imagen propia del autor.

Como se puede ver en la imagen 45 no hubo errores en el montaje de la PCB que ira montada en la cuna, la única diferencia con lo que ira montado será la colocación del radar.

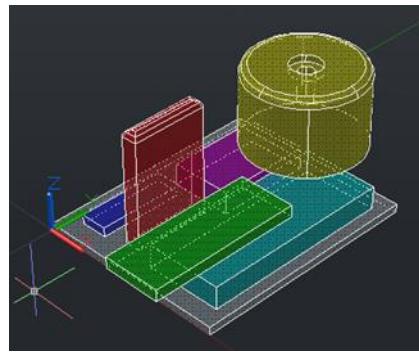


Figura 46. Acomodo de los elementos en la PCB del módulo de alarma.

Imagen creada utilizando AUTOCAD

En el caso del módulo de recepción se presentaron unos pequeños conflictos entre los cuales se encontraron la errónea colocación del circuito al momento de planchar ya que el diseño se mostraba espejado y los pines del circuito integrado 89S52 no coincidieron con sus respectivos espacios planeados por lo que se decidió colocarlo en la parte inferior de la placa.

Montaje.

Una vez funcionando todas las partes del prototipo en baquelita, se realizó el montaje de la cuna en distintas partes de esta, por lo cual se procedió al desarrollo del diseño virtual del chasis para explicar de forma más detallada la zona en donde se colocó cada componente o etapa.

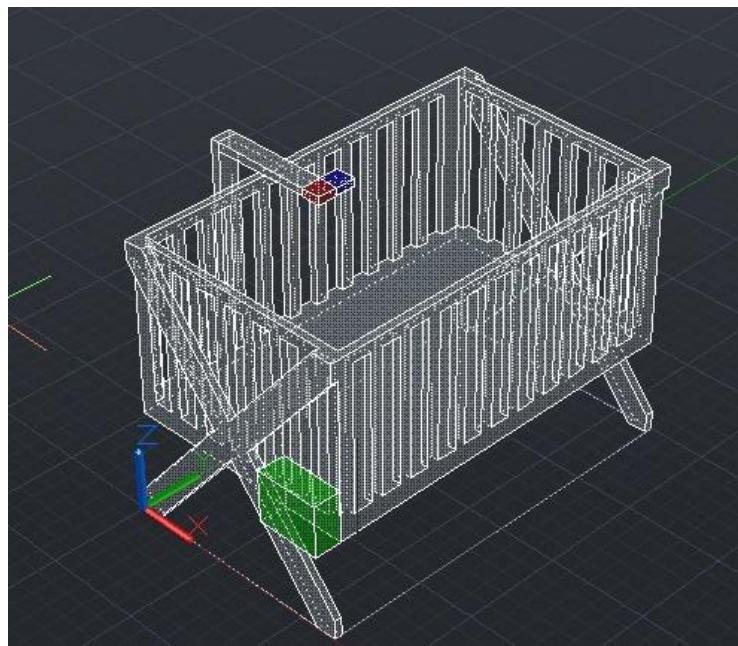


Figura 47. Imagen de la cuna con zonas de montaje marcadas.

Imagen creada utilizando AUTOCAD.

Como se puede ver en la figura 47 se eligió una distribuir los componentes de tal manera que no se afecte de alguna forma al niño, la zona marcada de color verde muestra el área donde se colocó el PCB de la placa que funge de CPU y envía las señales de alerta, la zona roja representa el lugar donde va conectado el módulo ESP32 y la zona coloreada de azul indica donde se colocó el radar que revisa el estado de la respiración.

Para ensamblar el módulo ESP32 se hizo un pequeño agujero donde esta ira embonado y conectado con cables que serán llevados hasta un regulador que a su vez va conectada a una batería de 9 volts.

La tarjeta de envío de alerta se ensambló de forma que dos tablas de madera tipo aglomerado la sostienen y fijan a la cuna por medio de piñas y tornillos, también se tuvo que hacer un pequeño orificio en la parte superior de una de las tablas para así dejar que exista espacio suficiente para el módulo de bluetooth.

Para conectar el radar el cual se colocó en la zona azul de la figura 47 se soldaron cables Dupont hembra a cable de *protoboard* que fue colocado alrededor de la cuna mediante grapas para cable coaxial hasta llegar al CPU donde se le soldaron cable Dupont macho para poder conectarse con facilidad.

Y finalmente para el módulo de recepción se decidió usar foami moldeable que debido a su maleabilidad y textura obtenida después de secarse, se convirtió en un material muy útil para la elaboración de un chasis.

Se notó que este material es un aislante a las frecuencias del Bluetooth por lo que una parte del módulo se dejó fuera del recubrimiento, se hizo un orificio para colocar una cadena y que pudiera ser una especie de llavero, en el caso de los demás componentes lo único que no fue cubierto fue el *Buzzer* y los *LED's* que son los indicadores de la alerta.

Pruebas finales.

Una vez montados todos los dispositivos sobre el chasis (la cuna) y en el llavero, las pruebas que se ejecutaron fueron las siguientes:

Primera prueba.

Con la intención de verificar que funcionara la alarma para la alimentación del neonato se mantuvo encendido el dispositivo situado en la parte inferior de la cuna durante 3 horas, midiendo el tiempo a partir de su conexión. Para dicho propósito, se registró como la hora de su conexión las 09:29 del día 04 de junio del 2019 y no fue hasta las 12:30 que se observó una respuesta en el tercer *LED*, contando de arriba hacia abajo, del llavero de alarma.

De las horas mencionadas se observa que el lapso que transcurrió entre la conexión del sistema y la activación de la alarma fue de 3 horas con 1 minuto, esta imprecisión se atribuye a la medición aproximada del tiempo, sin embargo, sabiendo que no es un error determinante se catalogaron los resultados como positivos y gracias a este experimento se confirmó también que existe una comunicación entre el sistema de la cuna y el del llavero.

Afortunadamente, el clima de junio y la transición de primavera a verano nos han permitido tener cierta diversidad muy conveniente de temperaturas durante el día. Utilizando el dispositivo en la mañana y en la tarde se observó que el dispositivo reaccionaba a los cambios en la temperatura. Asimismo se dio la oportunidad de comprobar que los dispositivos reaccionaban cuando no existía movimiento en la cuna en tiempos superiores a 20 segundos.

Se observó también que la comunicación entre los microcontroladores del llavero y de la cuna se llevó a cabo de manera asertiva para los casos en que la

temperatura y el movimiento en la cuna se interpretaban como desfavorables para el bebé.

Segunda prueba.

Con la cuna y el muñeco usado hasta el momento, se puso en ejecución el algoritmo de MATLAB y se permitió su funcionamiento durante un total de 20 comparaciones, de las cuales 10 se ejecutaron para una situación en que el muñeco se encontrase boca abajo y 10 para cuando la cara del muñeco era visible al lente de la cámara.

Para las primeras 10 pruebas, en las que la alarma debía ser enviada, se observó una omisión de ésta en 2 de las 10 ocasiones, consiguiendo así un 20% de omisiones de alerta.

Para las siguientes 10 pruebas, en las que ninguna alerta debía ser enviada, el algoritmo determinó mal la condición del lactante 3 de esas 10 ejecuciones, de manera que se obtuvo un 30% de falsas alarmas.

Conjugando los resultados de las 20 pruebas se determinó que el algoritmo implementado en la cámara funciona correctamente en un 75% de las veces en que es utilizado.

Considerando que los porcentajes de efectividad son altos la proporción obtenida no puede ser resultado de la casualidad, por lo que se dedujo que esta función del dispositivo funcionó correctamente, aun así, en el futuro, se esperan variaciones desfavorables, más imprecisiones, en este ratio ya que la prueba se ejecutó bajo las mismas condiciones de iluminación que se presentaban cuando se tomaron las imágenes de referencia.

Tercera prueba.

Consumadas las pruebas anteriores se confirmó que el dispositivo funcionaba correctamente, pero, para probar las limitaciones de distancia de los dispositivos *Bluetooth* se alejó el llavero de la cuna para observar hasta qué punto en la práctica se puede mantener la conexión entre módulos *Bluetooth*.

La desconexión se observó cuando la distancia entre el llavero y la cuna era de aproximadamente 70 metros, aunque se sabe que esta distancia queda sujeta a las condiciones de ruido electromagnético que se presente dentro de las condiciones en las que se usa el dispositivo. Se asume también que esta distancia variará dependiendo del material y el grosor de las paredes del lugar donde se usa el dispositivo.

Adecuaciones y/o modificaciones.

Se tuvieron que realizar algunos cambios con respecto el diseño inicialmente pensado ya que o no fueron posibles o eran poco viables ciertos componentes del prototipo.

Se decidió cambiar el material de fabricación de la pulsera que más tarde se hizo llavero debido a la poca practicidad y estética que esta brindaba, también se cambió el motor de vibración donde ahora está colocado el *Buzzer* ya que este consumía demasiada corriente, en las conexiones de alimentación.

En el caso de la cuna se dejó la opción de conectar libremente a la toma de corriente o a una batería de 9 volts para brindar más confiabilidad al usuario en situaciones no sustentables en cuanto a energía, finalmente el mayor cambio se muestra en el módulo ESP-32 donde se pensaba usar una FPGA spartan 6 pero debido a su poca cantidad de GPIO's se prefirió cambiar por la tarjeta kl25z que tampoco fue viable por su poca memoria y falta de velocidad, a esto último se le suma el uso de la laptop que por cuestiones de tiempo no pudo eliminarse de la presentación final del proyecto.

Conclusiones.

Por el carácter de esta investigación, la obtención de resultados se basa en el éxito que se logra en la materialización de un producto, para nuestro caso, se ha conseguido que este producto cumpla con las funciones básicas de otros dispositivos similares y agregue también otra serie de recursos de interés para el usuario.

En relación a los objetivos, se puede decir con certeza que se logró el monitoreo constante y que se aportó un producto completo en cuanto a sus funciones con respecto a los productos ya existentes en el mercado.

Se logró que el módulo de alarma señalizara una alerta en forma sonora Buzzer y visual *LED*'s cuando:

- La temperatura baja a menos de 18°C
- La temperatura sube a más de 27°C
- No se detecta ninguna clase de movimiento en la cuna durante 20 segundos, tiempo mínimo para ser catalogado este episodio de falta de respiración como una apnea.

Se logró también efectuar una comparación de imágenes para determinar situaciones de riesgo relacionadas a la posición del niño y mandar un correo electrónico a la dirección establecida cuando el bebé se encuentra boca abajo en su cuna logrando una efectividad del 75% o más, dependiendo de la sección de la cuna en la que se encuentre el bebé.

Recomendaciones y mejoras.

Son muchas las mejoras que pueden ejecutarse sobre el proyecto, y es que los recursos temporales empleados fueron muy reducidos para un proyecto tan ambicioso como el presente.

La mejora más claramente mencionable es la ampliación del rango de funcionamiento del monitor; desde que la cámara debe estar conectada a la misma red *WiFi* que la computadora donde se ejecuta el análisis de la posición y del dispositivo donde se ve el *stream*, si nos encontramos fuera de casa seríamos incapaces de utilizar la función de procesamiento de imágenes.

Otra de las mejoras claras es la solución de la dependencia del funcionamiento del análisis de posición de tener MATLAB y ejecutarlo constantemente en una computadora que debe estar prendida en todo momento.

Para solucionar esto, deben estudiarse herramientas potentes como lo son las *Raspberry Pi* y la interfaz que puede existir entre MATLAB y las *Raspberry*, para ejecutar el programa implementado en este proyecto constantemente dentro de la *Raspberry*, a pesar de que elevaría el consumo y el precio del dispositivo, resulta realmente muy práctico en comparación de la versión que este proyecto propone.

Puede incluirse también el uso de distintos sensores para lograr tener un aparato más completo, sin embargo, para este caso debe evaluarse la relación precio – beneficio que esta medida implica, lo mismo pasaría con la sensibilización del sensor de respiración, ya que puede utilizarse un sensor más sensible como lo es el X4M200 de Xethru.

Sería un mayor logro alcanzar un convenio con esta compañía para conseguir la fabricación de un equipo con sus funciones más limitadas que las del X4M200 pero que sea lo suficientemente asequible y utilizable para lograr lo que no se logró con el radar Doppler.

También sería posible disminuir el tamaño y peso del módulo de alarma, y convertirlo en lo que se esperaba de él: una pulsera, para ello, debería considerarse el consumo de corriente en dispositivos más compactos, quizás hasta de montaje superficial.

La optimización de precios es también un punto fuerte sobre del que hablar cuando se toca el tema de mejoras, porque un producto de precio reducido suele ganarse la confianza de una inversión en países como México.

Por último, mencionaré que hay una oportunidad para el proyecto para aspirar a la certificación médica para el monitoreo prescrito por el doctor en casos de niños vulnerables, para esto queda mucho camino, pero sería importante para la finalidad del proyecto dar un paso tan grande como lo es el reconocimiento por parte de una asociación de pediatras o médicos.

Aplicaciones y uso futuro.

Idealmente el precio del producto debería ser sólo un poco superior al de una cuna normal para que las personas que la compren se sientan animadas a no sólo utilizar una cuna en la crianza de sus hijos, sino también para valerse de herramientas como con las que cuenta este proyecto para determinar si el cuidado que damos a nuestros hijos es el adecuado.

Se comentaba que aspirar a una certificación médica para llevar a cabo monitoreo prescrito por un doctor en situaciones especiales de niños débiles en cuanto a su salud.

Referencias bibliográficas.

“Control de la nutrición, crecimiento y desarrollo del niño y del adolescente. Criterios y procedimientos para la prestación del servicio”. Norma Oficial Mexicana NOM-008-SSA2-1993, Diario Oficial de la Nación, Distrito Federal, México. 28 de julio de 1994.

Angelcare AC1100. (s.f) Recuperado el 9 de marzo de 2019
https://angelcarebaby.com/us_en/angelcare-ac1100-baby-monitor

Angelcare AC401 Baby Breathing Movement and Audio Monitor with Wired Sensor Pad. (s.f) Recuperado el 9 de marzo de 2019
https://angelcarebaby.com/us_en/angelcare-ac401-baby-movement-monitor-with-sound

Angelcare AC701 Baby Breathing Movement and Audio Monitor with Touch Screen Display and Wired Sensor Pad. (s.f) Recuperado el 9 de marzo de 2019 https://angelcarebaby.com/us_en/angelcare-ac701-baby-breathing-movement-and-audio-monitor-with-touch-screen-display-and-wired-sensor-pad

Anónimo. (2015). configuración de las resistencias pull-up en un Arduino. Electrónica Fix. Recuperado de: <http://electronica-fix.blogspot.com/2015/12/faq-configuracion-de-las-resistencias.html>

Asociación Española de Pediatría (2013). *Libro Blanco de la Muerte Súbita Infantil*. Madrid, España: Ediciones Ergon.

Asociación Española de Pediatría. (2012). *Colecho: ¿Es malo compartir la cama con el bebé?* España: Asociación Española de Pediatría. Recuperado de:

<https://web.archive.org/web/20121225130203/http://enfamilia.aeped.es/edades-etapas/colecho-es-malo-compartir-cama-con-bebe>

Boylestad, R. (2004). *Introducción al análisis de circuitos*. Edo. De México, México: Pearson Prentice-Hall.

Camarasa, F. (2013). Evolución histórica del síndrome de la muerte súbita del lactante en España. En AEPED (Ed.), *Libro Blanco de la Muerte Súbita Infantil*. (pp. 79-83). Madrid, España: Ediciones Ergon.

Cambridge. (2013). *Cambridge Advanced Learner's Dictionary*. Cambridge, Inglaterra, Reino Unido: Cambridge University Press.

Carceller, F. y Leal, J. (2013). Plagiocefalia posicional: nuevas recomendaciones para el diagnóstico precoz y registro en la cartilla sanitaria del niño. En AEPED (Ed.), *Libro Blanco de la Muerte Súbita Infantil*. (pp. 71-77). Madrid, España: Ediciones Ergon.

Corredor, O., Pedraza, R., Hernández C. (2009). *Tecnología bluetooth: Alternativas para redes. Celulares de voz y datos*. Revista Visión Electrónica. 3 (1), pp. 74.

Delgado, J. y García, M. y Posada, R. y Herrera, I. (2016). Itcelaya. Celaya, México. Instituto Tecnológico de Celaya. Recuperado de <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/download/612/547>

Fabrezi, M. (2012) *Heterocronía y variación morfológica en anuros* Recuperado el 08 de noviembre de 2018 de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cherp/v26n1/v26n1a04.pdf>

Fernández, J. y García, V. (2013). Apnea neonatal y su implicación en el síndrome de muerte súbita del lactante. En AEPED (Ed.), Libro Blanco de la Muerte Súbita Infantil. (pp. 95-103). Madrid, España: Ediciones Ergon.

Gené, E. (2011). *Introducción a la electrónica digital*. Cataluña, España: Generalitat de Catalunya. Recuperado de: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/54943/1/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20electr%C3%B3nica%20digital.pdf>

Gridling G. y Weiss, B. (2007). *Introduction to microcontrollers*. Vienna, Austria: Vienna University of Technology. Recuperado de: <https://ti.tuwien.ac.at/ecs/teaching/courses/mclu/theory-material/Microcontroller.pdf>

Huan, M., Tengfei, Z., Hao, C., Yang Kai, S. & Qilin, Z. (Noviembre 4, 2015) *Intelligence Crib Control System* [Traducción al español]. Recuperado el 28 de octubre de 2018 de: <https://patents.google.com/patent/CN205121288U/en?q=smart&q=crib&oq=smart+crib>

Izquierdo, M., Zorio, E., Molina, P. y Marín, P. (2013). Principales hipótesis y teorías patogénicas del síndrome de la muerte súbita del lactante. En AEPED (Ed.), Libro Blanco de la Muerte Súbita Infantil. (pp. 47-60). Madrid, España: Ediciones Ergon.

King, H. (Junio 30, 2016) *Google quiere crear una cuna inteligente para tu bebé*. Recuperado el 28 de octubre de 2018 de: <https://cnnespanol.cnn.com/2016/06/30/google-quiere-crear-una-cuna-inteligente-para-tu-bebe/>

Márquez, J. (2013) Procesamiento y Análisis Digital de Imágenes. Recuperado el 08 de diciembre de 2018 de: http://www.academicos.ccadet.unam.mx/jorge.marquez/cursos/Instrumentacion/Introd_ImageProc_Selecc.pdf

McGee, T. (1988). *Principles and methods of temperature measurement*, New York, E.U.: John Wiley & sons.

Moreno, M., Leal, J. & Izquierdo, M. (2013). Programa de monitorización domiciliaria. En AEPED (Ed.), *Libro Blanco de la Muerte Súbita Infantil*. (pp. 79-83). Madrid, España: Ediciones Ergon.

Mukhiti, G. (Octubre 30, 2009) *Electric cradle for baby* [Traducción al español] Recuperado el 28 de octubre de 2018 de: <https://patents.google.com/patent/CN201542166U/en?q=smart&q=crib&oq=smart+crib>

Parra, C. (2014). ¿A qué temperatura debe descansar tu bebé? Barcelona, España. Recuperado de: <http://www.disfrutatuembarazo.com/temperatura-descanso>.

Mayo clinic. (Julio 12, 17). Síndrome de muerte súbita del lactante. Diciembre 9, 2018, de Mayo clinic Sitio web: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/sudden-infant-death-syndrome/symptoms-causes/syc-20352800>

Pertence, A. (1991). *Amplificadores operacionales y filtros activos: teoría, proyectos y aplicaciones prácticas*. Madrid, España: Mc Graw-Hill.

Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Madrid, España: Autor.

Schiavon, M., Crepaldo, D. (2009). *Familias Lógicas*. Las Palmas, España: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Recuperado de: http://www.iuma.ulpgc.es/~jrsendra/Docencia/Electronica_Basica/download/transparencias/Familias-logicas.pdf

Wang, J., Dong, F., & Xiaoyu, C. (Septiembre 24, 2010) *Automatic baby's cradle* [Traducción al español] Recuperado el 28 de octubre de 2018 de: <https://patents.google.com/patent/CN201274923Y/en?q=smart&q=crib&oq=smart+crib>

Zhiguo, Y., & Naiming, W. (Julio 22, 2015) *Intelligent Crib* [Traducción al español] Recuperado el 28 de octubre de 2018 de: <https://patents.google.com/patent/CN204931036U/en?q=smart&q=crib&oq=smart+crib>

Apéndices.

Apéndice A. Manual de usuario.

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA INDUSTRIAL.

DIVISIÓN DE ELECTRÓNICA



MANUAL DE USUARIO.



SISTEMA DE PREVENCIÓN DE MUERTE SÚBITA DEL LACTANTE.

FELIPE DE JESÚS GARCÍA RANGEL	15300097	8°H2
CARLO PINEDO SUÁREZ	15300218	8°H2

GUADALAJARA, JALISCO, 18 DE JUNIO DEL 2019

Prefacio.

El presente documento, en su primera edición, busca regalar al usuario información referente al uso de la *Smart Crib*, así también, se tratarán otros datos que podrían ser de interés y que están estrechamente relacionados a cumplir el objetivo de este producto: cuidar la salud de los lactantes.

Dentro de las secciones que se incluirán en el texto, está una guía de instalación así como una guía de uso y una serie de instrucciones para el mantenimiento preventivo y correctivo del producto.

El texto, destinado al usuario, se desarrolla bajo la premisa de que este cuenta con conocimientos muy básicos con respecto al campo de la electrónica, por lo que este manual se redactó haciendo disposición de los conceptos mínimos necesarios para explicar lo relacionado al cometido de cada sección.

Una persona sin muchos conocimientos técnicos, de no especificarse lo contrario, será entonces capaz de ejecutar las recomendaciones y procedimientos que se explican en el desarrollo de este escrito.

Introducción.

Son muchos los cuidados que se deben brindar a un neonato, como humanos, nos hemos preparado para recibir la atención que nuestros progenitores nos brindan, a tal grado de depender vitalmente de estos, es por ello que es importante que todo padre conozca algo de información con respecto a uno de los padecimientos que aflige con frecuencia a los niños menores de un año.

Síndrome de muerte súbita del lactante.

El síndrome de muerte súbita del lactante, o SMSL, por sus siglas, es una condición que se presenta en niños menores de un año, y cuyo diagnóstico se

delibera posterior al deceso del infante, una muerte es catalogada como muerte súbita cuando, después de una autopsia no se determina la causa exacta de la muerte. (Izquierdo, et. al., 2013).

Se presenta en niños que hasta el día de su muerte presumen una salud excelente, de ahí que sea importante tomar un par de medidas para prevenir este desorden. (Ídem).

Hasta mediados del siglo pasado, la muerte de cuna era tratada por los pediatras como una situación alejada de las consideraciones importantes que sugerían a los papás, y hasta hace poco fue que se le dio la importancia que merecía esta clase de muertes. Muchos han sido los estudios patogénicos desde entonces, en los que se ha logrado detectar que hay algunas condiciones que favorecen a que los niños mueran sin aparente razón (Ídem):

- Posición decúbito prono para dormir. Se ha observado una disminución bastante considerable de la incidencia del síndrome desde que esta comenzó a ser una advertencia para los padres, sin embargo se incrementó la incidencia de plagiocefalia²¹, es decir la deformación de la cabeza del bebé, por lo que se ha determinado que la posición ideal para el sueño del niño, es en posición supina, boca arriba, con la cabeza volteada hacia un lado.
- Temperaturas altas, ya que el sistema de regulación térmica de un bebé pueda no estar bien desarrollado en sus primeros meses de vida. La temperatura ideal para la habitación del bebé es de 18° a 24 ° Celsius, fuera de ese rango debe supervisarse el abrigo del niño. El cuerpo del niño debe encontrarse cerca de los 36° y 37° Celsius.
- El colecho.
- La alimentación no basada en la lactancia materna.
- Se ha observado una mayor incidencia en niños varones.

²¹ Plagiocefalia: Deformidad craneal producida como consecuencia de la aplicación constante de fuerzas de presión sobre la parte posterior del cráneo, que es muy maleable en los niños pequeños. (Carceller y Leal, 2013).

- Textura del colchón blanda.

Evitar todas estas condiciones favorece la disminución de riesgo de muerte súbita del lactante, y *Smart Crib* busca apoyar a los padres en esta tarea, para así salvaguardar la integridad de su hijo.

Smart Crib consiste en una cuna de aproximadamente 100 por 60 centímetros de base, equipada para medir la temperatura del ambiente donde se encuentra, y capaz de analizar la posición del lactante en su cuna, esto con el fin de prevenir a los padres ante un aumento de probabilidades de perecer a causa del SMSL o muerte de cuna.

El dispositivo también se ocupará de monitorear los movimientos respiratorios del niño y alertará a los padres en lapsos de 3 horas, recomendando esta alarma para implementarse en una rutina de alimentación saludable.

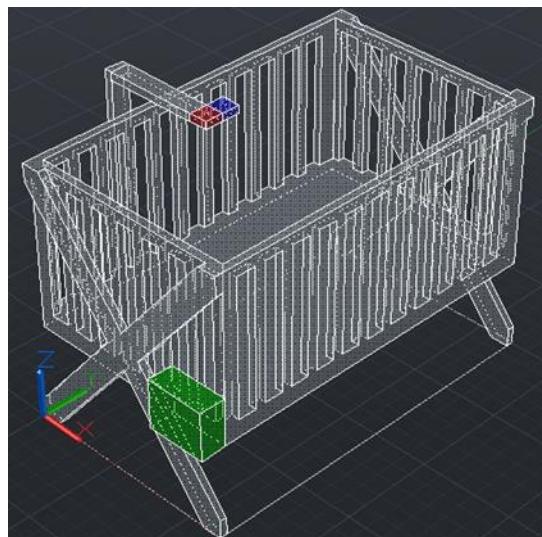


Figura 48. Esquema del dispositivo.

Imagen creada utilizando AUTOCAD.

En la imagen, el área sombreada de rojo representa la sección en donde se encuentra el módulo ESP32-CAM que cuenta con una cámara OV2460 que le permitirá al sistema desarrollar las funciones de monitor de bebé y también le permitirá analizar las imágenes adquiridas para compararlas con una serie de muestras precargadas en su computadora.

El área sombreada de azul es la sección en donde está ubicado el sensor de respiración, el radar Doppler HB100, Y por último, en el área sombreada de verde se encuentran los sensores orientados a la cuantificación de la temperatura y el dispositivo Bluetooth conectado al módulo de alarma para el tutor.



Figura 49. Módulo de alarma.

Imagen propia del autor.

El llavero que se incluye en el producto será la manera en que se alertará al tutor acerca de situaciones de riesgo, en este llavero se integran una serie de *LED*'s cada uno preparado para encender en una situación de riesgo diferente, dónde, en cada una de esas situaciones, este pequeño dispositivo hará sonar su *Buzzer* para asegurar la recepción de la señal de alerta.

- El *LED* D4 encenderá indicando la conexión *Bluetooth* entre la cuna y el llavero.
- El *LED* D3 encenderá cada 3 horas como apoyo para establecer una rutina de alimentación estable.
- Se diseñó al *LED* D2 para encender cuando la temperatura de la habitación descienda más allá de los 18°C o alcance los 27°C.

- El *LED D1* se activará cuando no se detecten movimientos respiratorios en un lapso de 20 segundos.

Para la única situación en que el problema se derive de la posición del bebé, la alerta consistirá de un correo electrónico enviado a la cuenta especificada en el código.

Guía de instalación.

Debe seguir este proceso para recibir las notificaciones de alerta por mala posición en su cuenta personal de correo electrónico, debe seguirse también en caso de que se desee configurar la **duración** del análisis de la posición del lactante.

1. Abrir MATLAB.
2. Una vez abierto MATLAB, debe presionarse el botón “Open”, sin desplegar el menú, este botón se encuentra en la parte superior izquierda del programa.

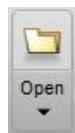


Figura 50. Botón "Open" en MATLAB.

Imagen tomada de MATLAB.

3. Se abrirá el explorador de archivos, donde debemos encontrar la ubicación donde guardamos el archivo llamado “SmartCrib.m” proporcionado por el fabricante.

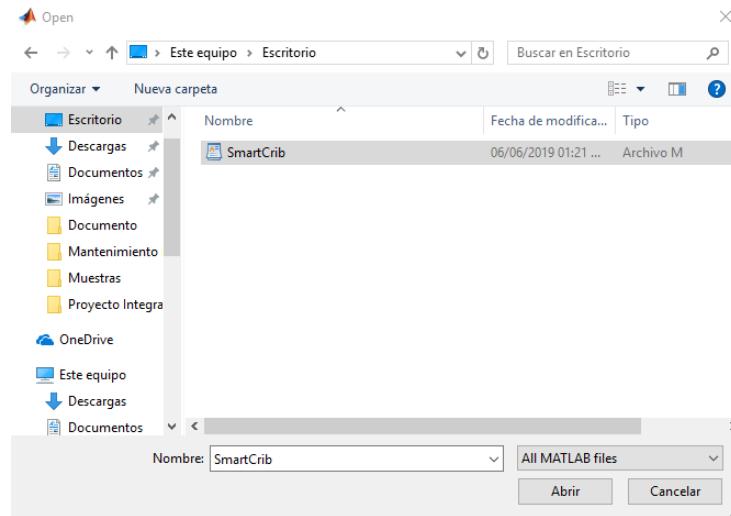


Figura 51. Explorador de archivos: Smartcrib.m.

Imagen propia del autor.

4. Una vez ubicado, lo seleccionamos y presionamos el botón de abrir para mostrar el código en el editor de MATLAB.
5. **Cambios en el tiempo de ejecución:** por defecto el programa está configurado para durar de 20 a 40 segundos, debe seguirse este paso si se desea cambiar el tiempo durante el que se ejecuta el análisis de posición:

En el editor, debe buscarse la línea 64 del código y debe cambiarse el dígito ubicado después de los dos puntos por la cantidad de minutos deseados multiplicada por 3, por ejemplo, si requiero que mi *Smart Crib* revise la posición de mi hijo mientras tomo una siesta de 30 minutos, entonces el número que debo poner en este lugar es esa cantidad de minutos multiplicada por 3: 90.

64 - for j = 0:1

Figura 52. Línea a editar para modificar el tiempo de ejecución.

Imagen tomada de MATLAB.

Logrando que Smart Crib se configure para hacer rutinas de revisión que se prolonguen durante 30 minutos.

6. **Cambios en el correo electrónico de alerta:** En la línea 208 y 210 del código se encuentra subrayado en morado y entre comillas simples la cuenta de correo a la que se envían las alertas por defecto. Debe sustituirse este campo por la cuenta de correo electrónico personal del tutor. Es importante señalar que no deben retirarse las comillas.

```
207 - | if env == 31 && st == 1
208 - |     sendmail('garcia.rangel.felipe@gmail.com',asunto,cuerpo);
209 - | elseif env == 31 && st == 0
210 - |     sendmail('garcia.rangel.felipe@gmail.com',asunto,cuerpol);
211 - | end
```

Figura 53. Líneas a editar para modificar la cuenta de correo.

Imagen tomada de MATLAB.

7. Una vez completados los cambios, debe cerrarse el archivo “SmartCrib.m” para retirarlo del editor.



Figura 54. Pestaña del script "SmartCrib".

Imagen tomada de MATLAB.

Guía de uso.

Función de Monitor.

Smart Crib incluye dentro de sus funciones la capacidad de hacer un *streaming* de lo que capta la cámara, dispone para el usuario la posibilidad de ver un video a 30 fps, frames per second o la sucesión de 30 imágenes por segundo en la pantalla, con una resolución seleccionable desde 160 por 120 pixeles hasta 1600 por 1200 pixeles.

Para hacer uso de esta función debe buscarse entre los documentos entregados por el fabricante la dirección IP del servidor donde se mostrará el *streaming*. Esta dirección IP debe introducirse en cualquier navegador conectado a la red a la que está conectada la cámara. Una vez introducida esta dirección, se nos llevará a una página como la que se muestra en la figura 55.

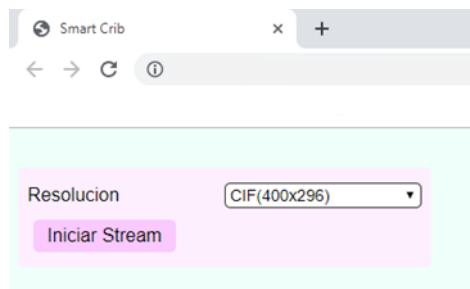


Figura 55. Interfaz de usuario.

Imagen propia del autor.

Al presionar el botón “Iniciar Stream” se puede ver un video en tiempo real de la cuna. La resolución de este video puede ser modificada en el menú desplegable que se encuentra en la parte superior. El *stream* se para cada 20 segundos para tomar una captura que puede ser usada posteriormente en el análisis posicional.

Función de análisis de posición.

Esta función de *Smart Crib* hace una comparación entre las imágenes tomadas en tiempo real e imágenes precargadas simulando condiciones en las que el lactante puede encontrarse, de aquí nace la importancia del uso de ropa de cama blanca y vestimenta del lactante azul con amarillo, para lograr una mayor precisión en las comparaciones.

En dado caso de que el resultado de la comparación arroje que la imagen tomada se parece a otra en la que la posición del lactante es incorrecta, se enviará un correo electrónico a la cuenta introducida en el archivo “*SmartCrib.m*”

Una vez configurado el tiempo de ejecución e introducido el correo a utilizar, para aplicar esta función sólo será necesario introducir la palabra “*SmartCrib*”, respetando carencia espacios, mayúsculas y minúsculas, en la ventana de comandos de MATLAB.

Una de las consideraciones importantes para garantizar el funcionamiento de esta etapa es que el servidor debe tener seleccionada la opción de resolución QVGA.

El área cubierta por la cámara se muestra sombreada en cian en la figura 56, la cara del lactante debe encontrarse en esa región.

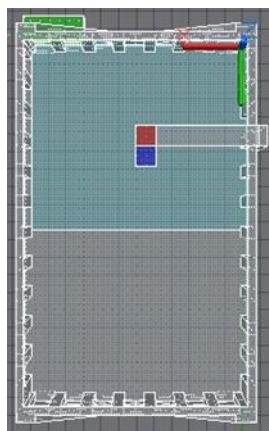


Figura 56. Región monitoreada por el lente de la cámara.

Imagen creada utilizando AUTOCAD

Módulo de alarma.

Cuando se conectan las baterías de la caja de la cuna y del módulo de alarma las tarjetas de *Bluetooth*, que puede identificarla como la que sobresale del módulo y de la cuna, comenzarán con un parpadeo rápido, esto significa que ambas están en búsqueda de una conexión o emparejamiento con otro módulo *Bluetooth*, una vez conectados, el parpadeo se reducirá a un par de repeticiones después de cada cierto tiempo.

Desde que se conecta la batería en la cuna, el programa manda el dato de confirmación de emparejamiento, si la batería del módulo de alarma aún no está

conectada cuando esto sucede, o si los módulos bluetooth tardan en emparejarse, le será complicado al microcontrolador del módulo de alarma el recibir el dato de confirmación por lo que es posible que el *LED D4* no encienda, es normal.

Para asegurar que el *LED D3* cumpla con su función de avisar en cada ocasión que se requiera alimentar al lactante, debe desconectarse la batería de la cuna y volverse a conectar inmediatamente cuando se alimente por primera vez al lactante después de haber obtenido el dispositivo.

Cuando el *LED D2* se active, significará que la temperatura del cuarto no es la adecuada, para cuando esto suceda, debe mantenerse alerta del abrigo y de la temperatura corporal del niño, si es que no se puede regular la temperatura de la habitación.

En dado caso de que el *LED D1* se active, es crítico que se revise cuanto antes el estado del lactante ya que esta activación significaría la ausencia de respiración, en dado caso de que después de la revisión se determine que todo está en orden debe reajustarse la posición del niño en la cuna, es decir, poner su pecho lo más directamente debajo del sensor de respiración posible, para lograr que esta alerta vuelva a funcionar normalmente.

Posibles errores.

Error 1: Activación del buzzer con ningún LED activo.

Esta alerta puede ser generada por un fallo en el algoritmo combinado con un problema de hardware, debe verificarse lo siguiente:

En la tarjeta ubicada en la parte inferior de la cuna hay un par de pines hembra que deben estar conectados entre sí, esta conexión se representa en color verde en la figura 57. Cuando se presenta este problema, debe verificarse

que exista esa conexión, de no existir, puede utilizarse un cable Dupont macho-macho para completar esta unión.

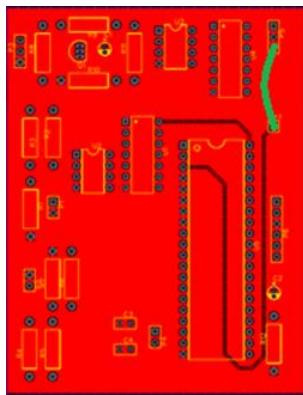


Figura 57. Conexión entre pines de la tarjeta en la cuna.

Imagen creada utilizando EasyEDA.

Error 2: No se muestra ningún parpadeo en el módulo bluetooth de la cuna.

1. Revisar que el módulo *Bluetooth* se encuentre bien encajado en su base.
2. Examinar que la cara en la que se aprecia la antena del módulo *Bluetooth* se encuentre apuntando hacia el extremo más cercano de la baquelita.
3. Corroborar que los alambres Dupont en la esquina superior derecha de la placa que se encuentra en la cuna se hallen conectados, de no estarlo, ubicar el regulador, que es como se muestra en la figura negra en la imagen, para conectar el alambre A del regulador al conector hembra más cercano a la esquina superior derecha de la placa, el cable B deberá conectarse con el conector hembra del mismo paquete de conectores.

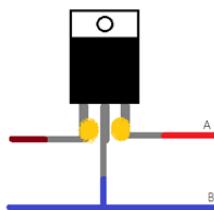


Figura 58. Regulador para la alimentación.

Imagen propia del autor.

4. Utilizar una nueva batería como alimentación.

Error 3: No se muestra respuesta en el módulo Bluetooth del llavero.

A pesar de que una gran parte de este módulo *Bluetooth* se encuentra dentro del llavero, si nos fijamos bien en la abertura que se deja en la figura podemos observar el reflejo del *LED* parpadeando, esto cuando el llavero se encuentra en condiciones normales de funcionamiento, sin embargo, la ausencia de esta luz conjugado con la ausencia de cualquier señal de funcionamiento del llavero puede ser indicador de un problema que puede atribuirse a varias causas.

La única solución ejecutable por el usuario sería el reemplazo de la batería de alimentación del llavero.

Error 4: Errores durante la ejecución del programa en MATLAB.

Caso 1.

```
Command Window
>> SmartCrib
'SmartCrib' is not found in the current folder or on the MATLAB path, but exists in:
C:\Users\one\Desktop

Change the MATLAB current folder or add its folder to the MATLAB path.
```

Figura 59. Error 4.1.

Imagen tomada de MATLAB.

Para ejecutar el contenido de un script, este debe encontrarse en la ruta en la que busca el programa, cuando este mensaje de error se imprima en la pantalla, debe seleccionarse la opción “*Change the MATLAB current folder*” mostrada en el mensaje de error y volver a introducir el comando “*SmartCrib*”.

Caso 2.



```
Command Window
Error using webread (line 122)
The connection to URL 'http://192.168.43.38/capture?_cb=223320' timed out after 5 seconds. Set options.Timeout to a higher value.

Error in SmartCrib (line 84)
original = webread(h);
```

Figura 60. Error 4.2.
Imagen tomada de MATLAB

Puede haber varios factores que desemboquen en este problema, por lo que debe verificarse lo siguiente:

1. Que la computadora en la que se ejecuta MATLAB esté conectada a la misma red WiFi a la que se encuentra conectada la cámara.
2. Que la batería conectada a la cámara se encuentre realmente conectada y que el regulador conectado a la batería luzca en buenas condiciones, sin que ningún alambre o terminal se encuentre cortado.
3. Volver a correr el código, para el caso en que no se le haya dado tiempo suficiente a la cámara para generar el servidor web.
4. Si después de verificar los puntos anteriores no desaparece el mensaje de error, cambiar la batería conectada a la cámara.

Caso 3.

```
Command Window
Error using corr2>ParseInputs (line 39)
A and B must be the same size.

Error in corr2 (line 21)
[a,b] = ParseInputs(varargin{:});

Error in SmartCrib (line 87)
ca = corr2(ma,original);
```

Figura 61. Error 4.3.
Imagen tomada de MATLAB

Verificar que en el menú desplegable del servidor se encuentre seleccionada la opción de resolución “QVGA(320x240)”.

Caso 4.

```
Command Window
Error using imread>get_full_filename (line 516)
File "E:\Proyecto Integrador\Capturas\capture.jpg" does not exist.

Error in imread (line 340)
    fullname = get_full_filename(filename);| 

Error in SmartCrib (line 20)
mal = imread('E:\Proyecto Integrador\Capturas\capture.jpg');
```

Figura 62. Error 4.4.
Imagen tomada de MATLAB.

Esto sucede porque las imágenes de muestra no se encuentran en la ruta especificada, si se imprime este mensaje en MATLAB será necesario que ubique el lugar de su computadora personal donde están guardadas las imágenes proporcionadas por el fabricante y modifique las rutas en el script de MATLAB.

Se sigue un proceso similar al de la guía de instalación, solo que en lugar de modificar las líneas 69 o 210, deberá modificar las rutas que se encuentra a partir de la línea 20.

Error 5: Servidor no encontrado.

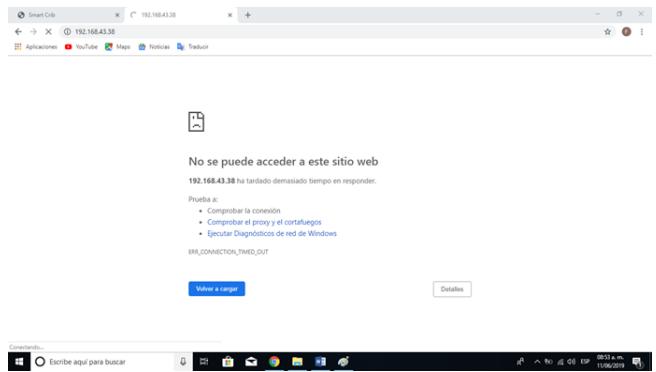


Figura 63. Error 5.
Imagen propia del autor.

Debe hacerse una inspección visual de las condiciones del regulador que alimenta a la cámara, si se detecta un trozo de alambre o terminal cortada, se debe contactar al fabricante para llegar a una solución. Si las condiciones del regulador se ven bien, debe probarse el sistema con una batería nueva.

Error 6: No se muestra la imagen en el servidor.

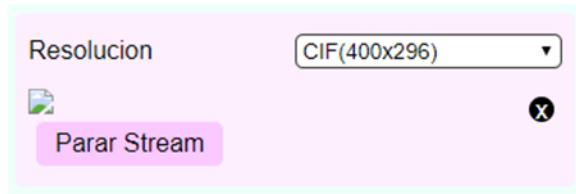


Figura 64. Error 6.
Imagen propia del autor.

Si a pesar de presionar el botón “Iniciar stream” no se observa la imagen tomada por la cámara, o sólo aparece el botón para cerrar la imagen sin que esta se presente. Debe cambiarse la batería utilizada para alimentar a la cámara.

Error 7: La alarma de respiración se mantiene activa permanentemente.

Verificar que ningún extremo de cable se encuentre volante en la placa de la cuna, si no aparenta ser así, contactar al proveedor para hacer una revisión del sistema.

Error 8: La alarma de temperatura se mantiene activa permanentemente.

Contactar directamente con el fabricante.

Error 9: Cualquier LED, con excepción del D4 se activa sin que lo haga así el Buzzer.

Puede parecer normal, sin embargo no lo es, puede significar que el *Buzzer* se dañó, o que el microcontrolador en el llavero se desprogramó. Para cualquier caso debe contactarse con el fabricante para que este efectúe las correspondientes pruebas y sustituya las partes problemáticas o reprograme el microcontrolador.

Mantenimiento preventivo.

Sistema.

Smart crib – Sistema de monitoreo para la prevención de la muerte súbita del lactante.

Objetivo.

El principal objetivo por el cual se pretende dar el mantenimiento es preservar su correcto funcionamiento, es decir, mantener la efectividad y funcionalidad para el cual fue diseñado.

Recursos humanos.

Quien realice el mantenimiento tiene que ser capaz de diferenciar el tipo de herramientas a usar y tener el conocimiento del correcto uso de estas de manera que no se dañe o descomponga los dispositivos que conforman el aparato.

Frecuencia.

Existe una variación en cuanto a la frecuencia en que se deben realizar las actividades del mantenimiento que van de acuerdo al tiempo y frecuencia de uso del sistema que cambian dependiendo de las condiciones en las que se encuentra, aquí se explica el mantenimiento en un ambiente templado, seco y cerrado por tanto la frecuencia en el cambio de baterías se deberá hacer cada 5 o 6 horas dependiendo de la calidad de estas, para el caso de la limpieza esta deberá hacerse cada semana.

Duración.

Esta depende del total de actividades a realizar.

*Tabla 1.
Duraciones del mantenimiento preventivo*

Actividad	Duración
Limpieza del polvo	2 minutos
Cambio de baterías	2 minutos

Material y equipo requerido.

- Trapo.
- Baterías de 9 volts.

Conjunto de actividades a realizar.

- Limpieza de polvo: Con un paño limpio y seco remover la suciedad con suavidad y la presión suficiente para remover indicios de materiales no pertenecientes a cada parte del sistema.
- Cambio de baterías: Para esto debe retirarse la batería con la mano teniendo cuidado de no dañar la base, y se cambiaron por las nuevas cuidando la polaridad y colocándolas con cuidado.

Formato para el control de mantenimientos preventivos de Smart Crib.

EQUIPO							
Nº SERIE:							
BIMESTRAL							
ACTIVIDAD							Comentarios
Limpieza del polvo							
Cambio de baterías							
DURACIÓN (HORAS)							
REALIZADO POR:							
REALIZADO POR:							

Figura 65. Formato de control de mantenimientos preventivos.

Imagen propia del autor.

Apéndice B. Administración del proyecto.

Lista de requerimientos.

A continuación se presentan una serie de requerimientos relacionados al problema y a la solución del mismo en un análisis de las características que debe tener el proyecto para su eficacia y funcionalidad.

1. Primordialmente, debe anteponerse la seguridad de la vida del niño.
2. Debe de ser totalmente capaz de alertar al tutor acerca de cualquier inconveniente detectado en las áreas estudiadas.
3. El proyecto debe ser competitivo comercialmente, lo que conlleva un análisis superficial del mercado, y de las ventajas del dispositivo para el usuario.
4. Debe ser genuino e innovador. A pesar de ser complicado conseguir que el producto coincida con una patente existente, se deben considerar a los dispositivos orientados a solucionar problemáticas similares. Este requerimiento está estrechamente relacionado con el anterior, sin embargo se menciona desde un enfoque legal y de interés tecnológico.
5. Es necesario tener un margen angosto de errores en mediciones para asegurar la eficacia relacionada a la preservación de la salud del niño.
6. Debe inspirar confianza al usuario. Ya que la mayoría de las personas que se relacionarán con el proyecto no serán expertas en temas de seguridad del diseño, el proyecto debe inspirar confianza y hacer sentir seguro al tutor de que su niño está más seguro bajo el monitoreo propuesto.
7. Se tendrán que requerir pocos o nulos ajustes para hacer al proyecto más amigable con cualquier tipo de usuario y no debe requerir gran habilidad de interpretación de las señales proporcionadas.

Diagrama general de tiempos del proyecto.

Como un acercamiento a la descripción de las actividades que se llevarán a cabo en la implementación del proyecto, a continuación se presenta un diagrama de flechas que contiene información con respecto al tiempo que requerirán las acciones básicas fundamentales para lograr el desarrollo del dispositivo.

Es importante considerar que el margen de tiempos es bastante impreciso por varios factores como lo son las posibles demoras en recepción de materiales, o poca especificidad en cada una de las acciones, incluso se podrían añadir etapas de control de calidad y corrección de errores.



Figura 66. Diagrama de tiempos del proyecto.

Imagen propia del autor.

Lista de actividades.

1. Definir las funciones que tendrá el dispositivo: 30 días.
2. Comprar la cuna: 10 días.
3. Investigar las posibles opciones de tecnologías a usar para la detección de las señales requeridas: 5 días.
4. Analizar ventajas y desventajas de cada método investigado, abriendo las puertas a alternativas en caso de cambios en el procedimiento de implementación: 3 días.
5. Establecer con precisión las tecnologías a utilizar: 1 día.
6. Adquirir los dispositivos seleccionados: 10 días.
7. Experimentar prácticamente los sensores seleccionados: 10 días.
8. Realizar y simular el diseño definitivo de cada sensor para adaptarlo a una entrada lógica del microprocesador: 5 días.
9. Adquirir los componentes del diseño eléctrico obtenido: 3 días.
10. Ajustar las necesidades físicas del dispositivo a un diseño de la placa o circuito permanente que se utilizará con los sensores: 2 días.
11. Aprender a utilizar el procesamiento y análisis de imágenes: 30 días.
12. Hacer el programa de procesamiento y análisis digital de imágenes: 7 días.
13. Definir el dispositivo microprocesador a utilizar: 2 días.
14. Realizar el programa que determinará cuándo existirá una señal de alerta: 7 días.
15. Definir el mecanismo de transmisión desde el procesador de datos hacia el módulo de recepción: 3 días.
16. Buscar alternativas compactas de mecanismos que vibren en respuesta a una señal: 3 días.
17. Definir las alimentaciones de los sistemas: 10 días.
18. Diseñar física y eléctricamente el módulo de alarma: 5 días.
19. Construir el módulo de alarma: 10 días.
20. Adaptar el programa a la señal que requiere el módulo de alarma: 1 día.
21. Programar el micro a utilizar y comprobar el funcionamiento: 2 días.

22. Construir la placa definitiva con el microcontrolador a utilizar: 5 días.
23. Conectar los sensores al microprocesador, verificar que se transmita cualquier señal de alerta: 5 días.
24. Insertar los dispositivos sobre la cuna: 3 días.
25. Asegurar y retocar el producto: 10 días.

Ruta crítica.

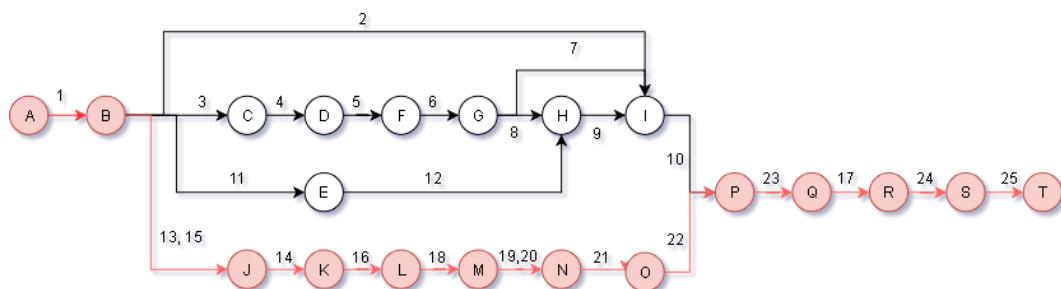


Figura 67. Ruta crítica.

Imagen creada utilizando las herramientas en línea de draw.io.

Diagrama de Gantt.

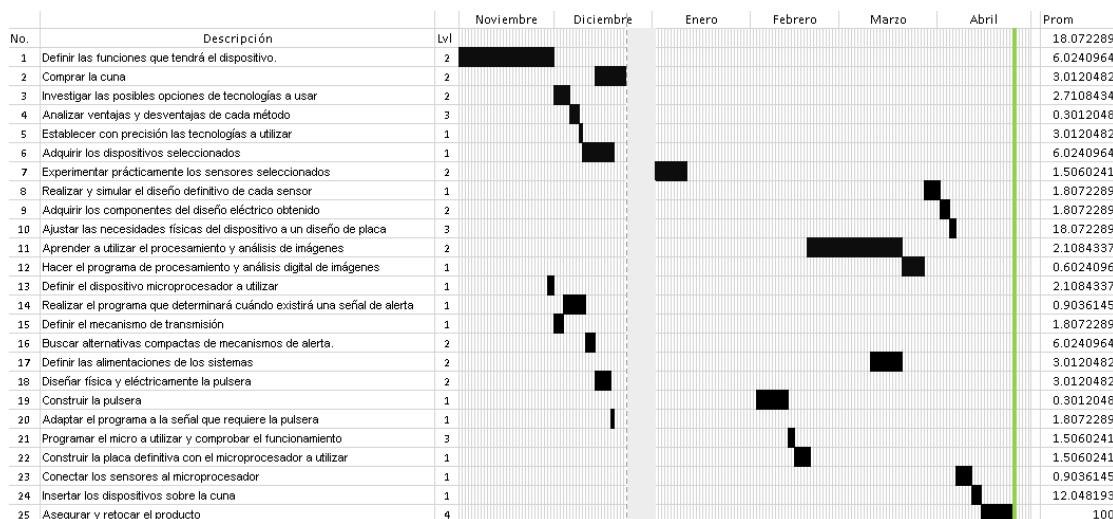


Figura 68. Diagrama de Gantt.

Imagen creada utilizando Excel.

Lista de materiales y precios.

Etapa de detección de respiración

Precios unitarios:

- (1) Radar Doppler (\$150.00) – Envío (\$85.00) (\$235.00)
- (1) Resistencia 220Ω ¼ de watt (\$0.50)
- (1) Transistor NPN 2N2222A (\$6.00)
- (1) Resistencia 180k Ω ¼ de watt (\$0.50)
- (1) Capacitor electrolítico 100µF (\$3.00)
- (1) Amplificadores operacionales LM358 (\$12.00)
- (1) Compuerta AND cuádruple 74LS08 (\$10.00)
- (1) Resistencia 1k Ω ¼ de watt (\$0.50)
- (1) Resistencia 470 Ω ¼ de watt (\$0.50)

Total: \$268.00

Etapa de detección de temperatura

Precios unitarios:

- (2) Termistor NTC 10k Ω (\$12.00)
- (4) Resistencia 10k Ω ¼ de watt (\$0.50)
- (1) Resistencia 12k Ω ¼ de watt (\$0.50)
- (1) Resistencia 8.2k Ω ¼ de watt (\$0.50)
- (1) Resistencia 1k Ω ¼ de watt (\$0.50)
- (1) Amplificador operacional LM358 (\$12.00)
- (1) Compuerta OR cuádruple 74LS32 (\$10.00)

Total: \$49.50

Etapa de procesamiento digital.

	Precio unitario:
• (1) Capacitor electrolítico 10µF	(\$3.00)
• (1) Resistencia 10k Ω ¼ de watt	(\$0.50)
• (1) Cristal de cuarzo 11.0592MHz	(\$6.00)
• (2) Capacitores cerámicos 12pF	(\$2.00)
• (1) Módulo Bluetooth HC-05	(\$199.00)
• (1) Microcontrolador AT89C52	(\$50.00)
Total: \$262.50	

Etapa de alarma.

	Precio unitario:
• (1) Capacitor electrolítico 10µF	(\$3.00)
• (1) Resistencia 10k Ω ¼ de watt	(\$0.50)
• (1) Cristal de cuarzo 11.0592MHz	(\$6.00)
• (2) Capacitores cerámicos 12pF	(\$2.00)
• (1) Módulo Bluetooth HC-05	(\$199.00)
• (1) Microcontrolador AT89S52	(\$50.00)
• (4) LED's rojos 3mm	(\$2.00)
• (4) Resistencias 470 Ω ¼ de watt	(\$0.50)
• (1) Buzzer con oscilador integrado	(\$36.00)
Total: \$298.50	

Etapa de procesamiento de imágenes.

	Precio unitario:
• (1) Convertidor USB-TTL	(\$60.00)
• (1) Módulo ESP32-CAM (\$199.00) – Envío(\$93.00)	(\$292.00)
Total: \$352.00	

Otros materiales.

	Precio unitario:
• (1) Cuna	(\$300.00)
• (1) Colchón	(\$160.00)
• (12) Pija para madera 1 in.	(\$0.50)
• (4) Tornillo 2 in.	(\$0.50)
• (2) Tornillo 1 ¼ in.	(\$0.50)
• (2) Tornillo ¾ in.	(\$0.50)
• (20) Tuercas	(\$0.50)
• (1) Pegamento blanco	(\$12.00)
• (2) Porta batería tipo D	(\$8.00)
• (1) Broche para batería tipo D	(\$6.00)
• (3) Reguladores L7805	(\$8.00)
• (6) Capacitores 100nF	(\$2.00)
• (1) Broca 1/8 in.	(\$12.00)
• (1) Broca 3/16 in.	(\$12.00)
• (1) Broca 1/32 in.	(\$12.00)
• (1) Segueta para madera	(\$16.00)
• (4) Lijas para madera granulado grueso	(\$8.00)
• (1) Tabla de triplay 40cm por 40cm	(\$15.00)
• (1) Batería tipo D uniross	(\$45.00)
• (2) Batería tipo D volteck	(\$27.00)
• (1) Batería tipo D duracell	(\$120.00)
• (1) Batería tipo D Eveready	(\$32.00)
• (1) Baquelita 5cm por 10cm	(\$14.00)
• (1) Placa	(\$39.23)
• (1) Tubo de soldadura	(\$32.00)
• (1) Recipiente de pasta para soldar	(\$18.00)
• (2) Bases para encapsulado PDIP 14 terminales	(\$9.00)

- (2) Bases para encapsulado PDIP 8 terminales (\$6.00)
- (2) Tira de pines maquinados (\$12.00)
- (1) Tira de pines hembra (\$10.00)
- (13) Cable dupont (\$2.50)

Total: \$1099.73

Precio total: \$2330.23

Lista de herramientas utilizadas.

- Taladro.
- Fuente de alimentación.
- Eliminador 5.1v.
- Analizador lógico.
- Cautín.
- Multímetro capaz de medir la temperatura.
- Programador universal MiniPro TL866A.
- MiniPro programmer
- Multisim 14.0
- CyberChef (<https://gchq.github.io/CyberChef/>)
- Draw.io (<https://www.draw.io/>)
- Proteus 8.0
- MATLAB R2017b
- EasyEDA
- Microvision 5
- Arduino IDE 1.8.9
- Desarmador de cruz
- AUTOCAD

Apéndice C. Código: Etapa de procesamiento de señales.

```
#include<reg52.h>

void send(unsigned char alarma);
unsigned char horas = 0; //Inicializar horas en cero, será una variable global
//para que pueda ser modificada posteriormente en la interrupción
unsigned int A = 0;

void main ()
{
/*CONFIGURACIONES INICIALES*/

unsigned char x; // Dato

for(A = 0; A<=50000; A++); //Esperar emparejamiento de los módulos Bluetooth
for(A = 0; A<=50000; A++);

IE=0x82; // Activar interrupcion del Timer 0
SCON = 0x50; // Modo 1 del puerto serie: Bit de inicio(0)-bit de parada (1)-8 bits de datos
//primero el menos significativo - baud rate dependiente del timer 1
TCON=0x50; // Inicio del conteo
TMOD=0x21; // Timer 1 modo 2 (Generación de baud rate) - 8 bits con autorecarga y Timer 0
//modo 1 - Contador de 16 bits
TH1 = 0xFD; //Autorecarga para baud rate de 9600 baudios
TL1 = 0xFD;

/*CONFIRMAR CONEXIÓN*/
send(0x09);
for(A = 0; A<=50000; A++);
for(A = 0; A<=50000; A++);

/*PROGRAMA PRINCIPAL*/

while (1)
{
x = P1;
if(x==0x01) //Respiración
{
send(0x01);
}
else if(x==0x02) //Temperatura
{
send(0x02);
}
else if(x==0x04) //Posición
{
send(0x04);
}
else if (x==0x03)
{
send(0x03);
}
else if(x==0x05)
{
send(0x05);
}

else if(x==0x06)
{
send(0x06);
}
else if(x==0x07)
```

```

{
send(0x07);
}
else if(x==0x00)
{
send(0x08);
}
}
}

/*INTERRUPCIÓN DEL TIMER 0*/

void reloj () interrupt 1
{
if (horas!=151875) // El contador debe desbordarse 151875 veces para que se mande la señal
{
horas++;
}
else
{
send(0x00); // Alimentación
horas = 0; //Una vez mandada la señal, reiniciar la cuenta
}
}

void send(unsigned char alarma)
{
SBUF = alarma;
while(TI == 0);
TI = 0;
for(A = 0; A<=50000; A++);
for(A = 0; A<=50000; A++);
}

```

Apéndice D. Código: Módulo de alerta.

```
#include <REG52.h>
unsigned int A = 0;
void main()
{
    unsigned char dato = 0x00;

    SCON = 0x50;
    TR1 = 1;
    TMOD = 0X20;
    TH1 = 0xFD;
    TL1 = 0xFD;
    P1 = 0xFF;

    while(1)
    {
        while(RI == 0);
        dato = SBUF;
        RI = 0;
        for(A = 0; A<=10000; A++);
            P2 = 0xFF;
            for(A = 0; A<=10000; A++);
            P2 = 0x00;
        switch(dato)
        {
            case 0x00:
                P1 = 0xE7;
                break;
            case 0x01:
                P1 = 0xEE;
                break;
            case 0x02:
                P1 = 0xED;
                break;
            case 0x03:
                P1 = 0xEC;
                break;
            case 0x04:
                P1 = 0xEB;
                break;
            case 0x05:
                P1 = 0xEA;
                break;
            case 0x06:
                P1 = 0xE9;
                break;
            case 0x07:
                P1 = 0xE8;
                break;
            case 0x08:
                P1 = 0xFF;
                break;
            case 0x09:
                P1 = 0xDF;
                break;
            default:
                P1 = 0xC0;
                break;
        }
    }
}
```


Apéndice E. Código: Configuración del servidor web.

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
//
// WARNING!!! Make sure that you have either selected ESP32 Wrover Module,
// or another board which has PSRAM enabled
// Select camera model
#ifndef CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
#define CAMERA_MODEL_ESP_EYE
#ifndef CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM
#define CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER
#include "camera_pins.h"
const char* ssid = "Moto G4 play";
const char* password = "garf001127";
void startCameraServer();

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.setDebugOutput(true);
    Serial.println();

    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
    config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
    config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
    config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
    //init with high specs to pre-allocate larger buffers
    if(psramFound()) {
        config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
        config.jpeg_quality = 10;
        config.fb_count = 2;
    } else {
        config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
        config.jpeg_quality = 12;
        config.fb_count = 1;
    }

#if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)
    pinMode(13, INPUT_PULLUP);
    pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif

    // camera init
    esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
    if (err != ESP_OK) {
        Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
        return;
    }

    sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
```

```

//initial sensors are flipped vertically and colors are a bit saturated
if (s->id.PID == OV3660_PID) {
    s->set_vflip(s, 1); //flip it back
    s->set_brightness(s, 1); //up the brightness just a bit
    s->set_saturation(s, -2); //lower the saturation
}
//drop down frame size for higher initial frame rate
s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);

#if defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE)
    s->set_vflip(s, 1);
    s->set_hmirror(s, 1);
#endif

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

startCameraServer();

Serial.print("Camera Ready! Use 'http://");
Serial.print(WiFi.localIP());
Serial.println("' to connect");
}

void loop() {
    delay(10000);
}

```

Apéndice F. Código: Interfaz del servidor web.

```
<!doctype html>
<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
    <title>Smart Crib</title>
    <style>
      body {
        font-family: Arial,Helvetica,sans-serif;
        background: #FFFFF9;
        color: #000000;
        font-size: 16px
      }

      h2 {
        font-size: 18px
      }

      section.main {
        display: flex
      }

      #menu,section.main {
        flex-direction: column
      }

      #menu {
        display: none;
        flex-wrap: nowrap;
        min-width: 340px;
        background: #FEEFFF;
        padding: 8px;
        border-radius: 4px;
        margin-top: -10px;
        margin-right: 10px;
      }

      #content {
        display: flex;
        flex-wrap: wrap;
        align-items: stretch
      }

      figure {
        padding: 0px;
        margin: 0;
        -webkit-margin-before: 0;
        margin-block-start: 0;
        -webkit-margin-after: 0;
        margin-block-end: 0;
        -webkit-margin-start: 0;
        margin-inline-start: 0;
        -webkit-margin-end: 0;
        margin-inline-end: 0
      }

      figure img {
        display: block;
        width: 100%;
        height: auto;
        border-radius: 4px;
        margin-top: 8px;
      }

      @media (min-width: 800px) and (orientation:landscape) {
        #content {

```

```

        display:flex;
        flex-wrap: nowrap;
        align-items: stretch
    }

    figure img {
        display: block;
        max-width: 100%;
        max-height: calc(100vh - 40px);
        width: auto;
        height: auto
    }

    figure {
        padding: 0 0 0 0px;
        margin: 0;
        -webkit-margin-before: 0;
        margin-block-start: 0;
        -webkit-margin-after: 0;
        margin-block-end: 0;
        -webkit-margin-start: 0;
        margin-inline-start: 0;
        -webkit-margin-end: 0;
        margin-inline-end: 0
    }
}

section#buttons {
    display: flex;
    flex-wrap: nowrap;
    justify-content: space-between
}

#nav-toggle {
    cursor: pointer;
    display: block
}

#nav-toggle-cb {
    outline: 0;
    opacity: 0;
    width: 0;
    height: 0
}

#nav-toggle-cb:checked+#menu {
    display: flex
}

.input-group {
    display: flex;
    flex-wrap: nowrap;
    line-height: 22px;
    margin: 5px 0
}

.input-group>label {
    display: inline-block;
    padding-right: 10px;
    min-width: 47%
}

.input-group input,.input-group select {
    flex-grow: 1
}

.range-max,.range-min {
    display: inline-block;
    padding: 0 5px
}

```

```

button {
    display: block;
    margin: 5px;
    padding: 0 12px;
    border: 0;
    line-height: 28px;
    cursor: pointer;
    color: #000;
    background: #F9C9FF;
    border-radius: 5px;
    font-size: 16px;
    outline: 0
}

button:hover {
    background: #F4DEFC
}

button:active {
    background: #F4DEFC
}

button.disabled {
    cursor: default;
    background: #a0a0a0
}

input[type=range] {
    -webkit-appearance: none;
    width: 100%;
    height: 22px;
    background: #363636;
    cursor: pointer;
    margin: 0
}

input[type=range]:focus {
    outline: 0
}

input[type=range]::-webkit-slider-runnable-track {
    width: 100%;
    height: 2px;
    cursor: pointer;
    background: #EFEFEF;
    border-radius: 0;
    border: 0 solid #EFEFEF
}

input[type=range]::-webkit-slider-thumb {
    border: 1px solid rgba(0,0,30,0);
    height: 22px;
    width: 22px;
    border-radius: 50px;
    background: #ff3034;
    cursor: pointer;
    -webkit-appearance: none;
    margin-top: -11.5px
}

input[type=range]:focus::-webkit-slider-runnable-track {
    background: #EFEFEF
}

input[type=range]::-moz-range-track {
    width: 100%;
    height: 2px;
    cursor: pointer;
    background: #EFEFEF;
    border-radius: 0;
    border: 0 solid #EFEFEF
}

```

```

}

input[type=range]::-moz-range-thumb {
    border: 1px solid rgba(0,0,30,0);
    height: 22px;
    width: 22px;
    border-radius: 50px;
    background: #ff3034;
    cursor: pointer
}

input[type=range]::-ms-track {
    width: 100%;
    height: 2px;
    cursor: pointer;
    background: 0 0;
    border-color: transparent;
    color: transparent
}

input[type=range]::-ms-fill-lower {
    background: #EFEFEF;
    border: 0 solid #EFEFEF;
    border-radius: 0
}

input[type=range]::-ms-fill-upper {
    background: #EFEFEF;
    border: 0 solid #EFEFEF;
    border-radius: 0
}

input[type=range]::-ms-thumb {
    border: 1px solid rgba(0,0,30,0);
    height: 22px;
    width: 22px;
    border-radius: 50px;
    background: #ff3034;
    cursor: pointer;
    height: 2px
}

input[type=range]:focus::-ms-fill-lower {
    background: #EFEFEF
}

input[type=range]:focus::-ms-fill-upper {
    background: #363636
}

.switch {
    display: block;
    position: relative;
    line-height: 22px;
    font-size: 16px;
    height: 22px
}

.switch input {
    outline: 0;
    opacity: 0;
    width: 0;
    height: 0
}

.slider {
    width: 50px;
    height: 22px;
    border-radius: 22px;
    cursor: pointer;
    background-color: grey
}

```

```

        }

    .slider,.slider:before {
        display: inline-block;
        transition: .4s
    }

    .slider:before {
        position: relative;
        content: "";
        border-radius: 50%;
        height: 16px;
        width: 16px;
        left: 4px;
        top: 3px;
        background-color: #fff
    }

    input:checked+.slider {
        background-color: #ff3034
    }

    input:checked+.slider:before {
        -webkit-transform: translateX(26px);
        transform: translateX(26px)
    }

    select {
        border: 1px solid #363636;
        font-size: 14px;
        height: 22px;
        outline: 0;
        border-radius: 5px
    }

    .image-container {
        position: relative;
        min-width: 160px
    }

    .close {
        position: absolute;
        right: 5px;
        top: 5px;
        background: #000000;
        width: 16px;
        height: 16px;
        border-radius: 100px;
        color: #fff;
        text-align: center;
        line-height: 18px;
        cursor: pointer
    }

    .hidden {
        display: none
    }

```

</style>

</head>

<body>

<section class="main">

<div id="logo">

<label for="nav-toggle-cb" id="nav-toggle">☰&nbsp&nbspToggle

OV2640 settings</label>

</div>

<div id="content">

<div id="sidebar">

<input type="checkbox" id="nav-toggle-cb" checked="checked">

<nav id="menu">

<div class="input-group" id="framesize-group">

<label for="framesize">Resolucion</label>

```

        <select id="framesize" class="default-action">
            <option value="10">UXGA(1600x1200)</option>
            <option value="9">SXGA(1280x1024)</option>
            <option value="8">XGA(1024x768)</option>
            <option value="7">SVGA(800x600)</option>
            <option value="6">VGA(640x480)</option>
            <option value="5" selected="selected">CIF(400x296)</option>
            <option value="4">QVGA(320x240)</option>
            <option value="3">HQVGA(240x176)</option>
            <option value="0">QQVGA(160x120)</option>
        </select>
    </div>
    <figure>
        <div id="stream-container" class="image-container hidden">
            <div class="close" id="close-stream">x</div>
            <img id="stream" src="">
        </div>
    </figure>
    <div id="no_interesante">
        <div class="input-group" id="quality-group">
            <input type="range" id="quality" min="10" max="63" value="10" class="default-action">
        </div>
        <div class="input-group" id="brightness-group">
            <input type="range" id="brightness" min="-2" max="2" value="0" class="default-action">
        </div>
        <div class="input-group" id="contrast-group">
            <input type="range" id="contrast" min="-2" max="2" value="0" class="default-action">
        </div>
        <div class="input-group" id="saturation-group">
            <input type="range" id="saturation" min="-2" max="2" value="0" class="default-action">
        </div>
        <div class="input-group" id="special_effect-group">
            <select id="special_effect" class="default-action">
                <option value="0" selected="selected">No Effect</option>
                <option value="1">Negative</option>
                <option value="2">Grayscale</option>
                <option value="3">Red Tint</option>
                <option value="4">Green Tint</option>
                <option value="5">Blue Tint</option>
                <option value="6">Sepia</option>
            </select>
        </div>
        <div class="input-group" id="awb-group">
            <input type="checkbox" id="awb" class="default-action" checked="checked">
        </div>
        <div class="input-group" id="awb_gain-group">
            <label for="awb_gain">AWB Gain</label>
            <div class="switch">
                <input id="awb_gain" type="checkbox" class="default-action" checked="checked">
                <label class="slider" for="awb_gain"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="wb_mode-group">
            <label for="wb_mode">WB Mode</label>
            <select id="wb_mode" class="default-action">
                <option value="0" selected="selected">Auto</option>
                <option value="1">Sunny</option>
                <option value="2">Cloudy</option>
                <option value="3">Office</option>
                <option value="4">Home</option>
            </select>
        </div>
    </div>

```

```

<div class="input-group" id="aec-group">
    <label for="aec">AEC SENSOR</label>
    <div class="switch">
        <input id="aec" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
            <label class="slider" for="aec"></label>
        </div>
    </div>
    <div class="input-group" id="aec2-group">
        <label for="aec2">AEC DSP</label>
        <div class="switch">
            <input id="aec2" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
                <label class="slider" for="aec2"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="ae_level-group">
            <label for="ae_level">AE Level</label>
            <div class="range-min">-2</div>
            <input type="range" id="ae_level" min="-2" max="2"
value="0" class="default-action">
                <div class="range-max">2</div>
            </div>
            <div class="input-group" id="aec_value-group">
                <label for="aec_value">Exposure</label>
                <div class="range-min">0</div>
                <input type="range" id="aec_value" min="0" max="1200"
value="204" class="default-action">
                    <div class="range-max">1200</div>
                </div>
                <div class="input-group" id="agc-group">
                    <label for="agc">AGC</label>
                    <div class="switch">
                        <input id="agc" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
                            <label class="slider" for="agc"></label>
                        </div>
                    </div>
                    <div class="input-group hidden" id="agc_gain-group">
                        <label for="agc_gain">Gain</label>
                        <div class="range-min">1x</div>
                        <input type="range" id="agc_gain" min="0" max="30"
value="5" class="default-action">
                            <div class="range-max">31x</div>
                        </div>
                        <div class="input-group" id="gainceiling-group">
                            <label for="gainceiling">Gain Ceiling</label>
                            <div class="range-min">2x</div>
                            <input type="range" id="gainceiling" min="0" max="6"
value="0" class="default-action">
                                <div class="range-max">128x</div>
                            </div>
                            <div class="input-group" id="bpc-group">
                                <label for="bpc">BPC</label>
                                <div class="switch">
                                    <input id="bpc" type="checkbox" class="default-
action">
                                        <label class="slider" for="bpc"></label>
                                    </div>
                                </div>
                                <div class="input-group" id="wpc-group">
                                    <label for="wpc">WPC</label>
                                    <div class="switch">
                                        <input id="wpc" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
                                            <label class="slider" for="wpc"></label>
                                        </div>
                                    </div>
                                    <div class="input-group" id="raw_gma-group">
                                        <label for="raw_gma">Raw GMA</label>
                                        <div class="switch">

```

```

                <input id="raw_gma" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
                <label class="slider" for="raw_gma"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="lenc-group">
            <label for="lenc">Lens Correction</label>
            <div class="switch">
                <input id="lenc" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
                <label class="slider" for="lenc"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="hmirror-group">
            <label for="hmirror">H-Mirror</label>
            <div class="switch">
                <input id="hmirror" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
                <label class="slider" for="hmirror"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="vflip-group">
            <label for="vflip">V-Flip</label>
            <div class="switch">
                <input id="vflip" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
                <label class="slider" for="vflip"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="dcw-group">
            <label for="dcw">DCW (Downsize EN)</label>
            <div class="switch">
                <input id="dcw" type="checkbox" class="default-
action" checked="checked">
                <label class="slider" for="dcw"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="colorbar-group">
            <label for="colorbar">Color Bar</label>
            <div class="switch">
                <input id="colorbar" type="checkbox" class="default-
action">
                <label class="slider" for="colorbar"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="face_detect-group">
            <label for="face_detect">Face Detection</label>
            <div class="switch">
                <input id="face_detect" type="checkbox">
                <label class="slider" for="face_detect"></label>
            </div>
        </div>
        <div class="input-group" id="face_recognize-group">
            <label for="face_recognize">Face Recognition</label>
            <div class="switch">
                <input id="face_recognize" type="checkbox">
                <label class="slider" for="face_recognize"></label>
            </div>
        </div>
    </div>
    <section id="buttons">
        <div id="no_interesante1">
            <button id="get-still">Captura</button>
        </div>
        <button id="toggle-stream" align="center" >Iniciar
Stream</button>
        <button id="face_enroll" class="disabled"
disabled="disabled">Enroll Face</button>
    </section>

```

```

        </nav>
    </div>

    </div>
</section>
<script>

document.addEventListener('DOMContentLoaded', function (event) {
    var baseHost = document.location.origin
    var streamUrl = baseHost + ':81'

    const hide = el => {
        el.classList.add('hidden')
    }

    hide(logo)
    hide(no_interesante)
    hide(face_enroll)
    hide(no_interesante1)

    const show = el => {
        el.classList.remove('hidden')
    }

    const disable = el => {
        el.classList.add('disabled')
        el.disabled = true
    }

    const enable = el => {
        el.classList.remove('disabled')
        el.disabled = false
    }

    const updateValue = (el, value, updateRemote) => {
        updateRemote = updateRemote == null ? true : updateRemote
        let initialValue
        if (el.type === 'checkbox') {
            initialValue = el.checked
            value = !value
            el.checked = value
        } else {
            initialValue = el.value
            el.value = value
        }

        if (updateRemote && initialValue !== value) {
            updateConfig(el);
        } else if(!updateRemote){
            if(el.id === "aec"){
                value ? hide(exposure) : show(exposure)
            } else if(el.id === "agc"){
                if (value) {
                    show(gainCeiling)
                    hide(agcGain)
                } else {
                    hide(gainCeiling)
                    show(agcGain)
                }
            } else if(el.id === "awb_gain"){
                value ? show(wb) : hide(wb)
            } else if(el.id === "face_recognize"){
                value ? enable(enrollButton) : disable(enrollButton)
            }
        }
    }

    function updateConfig (el) {
        let value
        switch (el.type) {

```

```

        case 'checkbox':
            value = el.checked ? 1 : 0
            break
        case 'range':
        case 'select-one':
            value = el.value
            break
        case 'button':
        case 'submit':
            value = '1'
            break
        default:
            return
    }

const query = `${baseHost}/control?var=${el.id}&val=${value}`

fetch(query)
    .then(response => {
        console.log(`request to ${query} finished, status: ${response.status}`)
    })
}

document
    .querySelectorAll('.close')
    .forEach(el => {
        el.onclick = () => {
            hide(el.parentNode)
        }
    })
}

// read initial values
fetch(`${baseHost}/status`)
    .then(function (response) {
        return response.json()
    })
    .then(function (state) {
        document
            .querySelectorAll('.default-action')
            .forEach(el => {
                updateValue(el, state[el.id], false)
            })
    })
}

const view = document.getElementById('stream')
const viewContainer = document.getElementById('stream-container')
const stillButton = document.getElementById('get-still')
const streamButton = document.getElementById('toggle-stream')
const enrollButton = document.getElementById('face_enroll')
const closeButton = document.getElementById('close-stream')

const stopStream = () => {
    window.stop();
    streamButton.innerHTML = 'Iniciar Stream'
    hide(viewContainer)
}

const startStream = () => {
    view.src = `${streamUrl}/stream`
    show(viewContainer)
    streamButton.innerHTML = 'Parar Stream'
}

// Attach actions to buttons
stillButton.onclick = () => {
    stopStream()
    view.src = `${baseHost}/capture`
    show(viewContainer)
}

closeButton.onclick = () => {

```

```

        stopStream()
        hide(viewContainer)
    }

streamButton.onclick = () => {
    const streamEnabled = streamButton.innerHTML === 'Parar Stream'
    if (streamEnabled) {
        stopStream()
    } else {
        startStream()
    }
}

enrollButton.onclick = () => {
    updateConfig(enrollButton)
}

// Attach default on change action
document
    .querySelectorAll('.default-action')
    .forEach(el =>
        el.onchange = () => updateConfig(el)
    )
}

// Custom actions
// Gain
const agc = document.getElementById('agc')
const agcGain = document.getElementById('agc_gain-group')
const gainCeiling = document.getElementById('gainceiling-group')
agc.onchange = () => {
    updateConfig(agc)
    if (agc.checked) {
        show(gainCeiling)
        hide(agcGain)
    } else {
        hide(gainCeiling)
        show(agcGain)
    }
}

// Exposure
const aec = document.getElementById('aec')
const exposure = document.getElementById('aec_value-group')
aec.onchange = () => {
    updateConfig(aec)
    aec.checked ? hide(exposure) : show(exposure)
}

// AWB
const awb = document.getElementById('awb_gain')
const wb = document.getElementById('wb_mode-group')
awb.onchange = () => {
    updateConfig(awb)
    awb.checked ? show(wb) : hide(wb)
}

const timerUpdate = setInterval( () => {
    var af = new Date();
    var bf = af.getHours();
    var cf = af.getMinutes();
    var df = af.getSeconds();
    if (df==0 || df==20 || df==40){
        stopStream()
        view.src = `${baseHost}/capture?_cb=${bf}${cf}${df}`
    }
},1000)
// Detection and framesize
const detect = document.getElementById('face_detect')
const recognize = document.getElementById('face_recognize')
const framesize = document.getElementById('framesize')
framesize.onchange = () => {
    updateConfig(framesize)
}

```

```

        if (framesize.value > 5) {
            updateValue(detect, false)
            updateValue(recognize, false)
        }
    }
detect.onchange = () => {
    if (framesize.value > 5) {
        alert("Please select CIF or lower resolution before enabling this feature!");
        updateValue(detect, false)
        return;
    }
    updateConfig(detect)
    if (!detect.checked) {
        disable(enrollButton)
        updateValue(recognize, false)
    }
}
recognize.onchange = () => {
    if (framesize.value > 5) {
        alert("Please select CIF or lower resolution before enabling this feature!");
        updateValue(recognize, false)
        return;
    }
    updateConfig(recognize)
    if (recognize.checked) {
        enable(enrollButton)
        updateValue(detect, true)
    } else {
        disable(enrollButton)
    }
}
</script>
</body>
</html>

```

Apéndice G. Código: Adquisición y procesado de imágenes.

```
clc

env = 30;

asunto = 'My Smart Crib: Alerta';
cuerpo = 'Mantener a tu hijo con su nuca recargada sobre el colchón favorece en él el desarrollo de plagiocefalia';
cuerpol = 'Por favor, revisa las condiciones en las que se encuentra tu hijo';
mail = 'a15300097@ceti.mx';
pswd = 'garf001127hj';
st = 2;
setpref('Internet','E_mail',mail);
setpref('Internet','SMTP_Server','smtp.gmail.com');
setpref('Internet','SMTP_Username',mail);
setpref('Internet','SMTP_Password',pswd);
props = java.lang.System.getProperties();
props.setProperty('mail.smtp.auth','true');
props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.class','javax.net.ssl.SSLSocketFactory');
props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.port','465');

mal = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture.jpg');
mbl = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (1).jpg');
mc1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (2).jpg');
mdl = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (3).jpg');
mel = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (4).jpg');
mf1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (5).jpg');
mg1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (6).jpg');
mh1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (7).jpg');
mi1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (8).jpg');
mj1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (9).jpg');
mk1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Capturas\capture (10).jpg');
ml1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra0.jpg');
mm1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra1.jpg');
mn1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra2.jpg');
mo1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra3.jpg');
mp1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra4.jpg');
mq1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra5.jpg');
mr1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra6.jpg');
ms1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra7.jpg');
mt1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra8.jpg');
mu1 = imread('F:\Proyecto Integrador\Muestras2\Muestra9.jpg');

ma = rgb2gray (mal);
mb = rgb2gray (mbl);
mc = rgb2gray (mc1);
md = rgb2gray (mdl);
me = rgb2gray (mel);
mf = rgb2gray (mf1);
mg = rgb2gray (mg1);
mh = rgb2gray (mh1);
mi = rgb2gray (mi1);
mj = rgb2gray (mj1);
mk = rgb2gray (mk1);
ml = rgb2gray (ml1);
mm = rgb2gray (mm1);
mn = rgb2gray (mn1);
mo = rgb2gray (mo1);
mp = rgb2gray (mp1);
mq = rgb2gray (mq1);
mr = rgb2gray (mr1);
ms = rgb2gray (ms1);
mt = rgb2gray (mt1);
mu = rgb2gray (mu1);

for j = 0:1
pause(1)
```

```

d = 0;
while d == 0

a = datetime('now');
b = datestr(a);
c = str2num(b(1,19))*10 + str2num(b(1,20));
if (c == 0) || (c == 20) || (c == 40)
    d = 1;
end
end
e = str2num(b(1,16))*10 + str2num(b(1,17));
f = str2num(b(1,13))*10 + str2num(b(1,14));
sec = num2str(c);
min = num2str(e);
hr = num2str(f);
g = 'http://192.168.43.38/capture?_cb=';
h = strcat(g,hr,min,sec);

original = webread(h);
original = rgb2gray(original);

ca = corr2(ma,original);
cb = corr2(mb,original);
cc = corr2(mc,original);
cd = corr2(md,original);
ce = corr2(me,original);
cf = corr2(mf,original);
cg = corr2(mg,original);
ch = corr2(mh,original);
ci = corr2(mi,original);
cj = corr2(mj,original);
ck = corr2(mk,original);
cl = corr2(ml,original);
cm = corr2(mm,original);
cn = corr2(mn,original);
co = corr2(mo,original);
cp = corr2(mp,original);
cq = corr2(mq,original);
cr = corr2(mr,original);
cs = corr2(ms,original);
ct = corr2(mt,original);
cu = corr2(mu,original);

R = [ca,cb,cc,cd,ce,cf,cg,ch,ci,cj,ck,cl,cm,cn,co,cp,cq,cr,cs,ct,cu];
R1 = sort(R,'descend');
R2 = R1(1,1);

switch R2
    case ca
        disp('Alerta')
        st = 0;
        if env == 31
            env = 0;
        else
            env = env + 1;
        end
    case cb
        disp('Alerta')
        st = 0;
        if env == 31
            env = 0;
        else
            env = env + 1;
        end
    case cc
        disp('Alerta')
        st = 0;
        if env == 31
            env = 0;
        else

```

```

        env = env + 1;
    end
case cd
    disp('Alerta')
    st = 0;
    if env == 31
        env = 0;
    else
        env = env + 1;
    end
case ce
    disp('Alerta')
    st = 0;
    if env == 31
        env = 0;
    else
        env = env + 1;
    end
case cf
    disp('Alerta')
    st = 1;
    if env == 31
        env = 0;
    else
        env = env + 1;
    end
case cg
    disp('Alerta')
    st = 1;
    if env == 31
        env = 0;
    else
        env = env + 1;
    end
case ch
    disp('Alerta')
    st = 1;
    if env == 31
        env = 0;
    else
        env = env + 1;
    end
case ci
    disp('OK')
case cj
    disp('OK')
case ck
    disp('OK')
case cl
    disp('OK')
case cm
    disp('OK')
case cn
    disp('OK')
case co
    disp('OK')
case cp
    disp('OK')
case cq
    disp('OK')
case cr
    disp('OK')
case cs
    disp('OK')
case ct
    disp('OK')
case cu
    disp('OK')
end

if env == 31 && st == 1

```

```
    sendmail('garcia.rangel.felipe@gmail.com',asunto,cuerpo);
elseif env == 31 && st == 0
    sendmail('garcia.rangel.felipe@gmail.com',asunto,cuerpol);
end
end
```

Apéndice H. Índice de figuras.

Figura 1. Diagrama por etapas del prototipo.....	34
Figura 2. Diagrama eléctrico de la etapa de temperatura.	37
Figura 3. Puente de Wheatstone encargado de detectar las temperaturas bajas.	38
Figura 4. Puente de Wheatstone encargado de detectar las temperaturas altas. .	39
Figura 5. Simulación: Temperatura mayor a 24°C.	41
Figura 6. Simulación: Temperatura ideal.....	42
Figura 7. Simulación: Temperatura menor a 18°C.	43
Figura 8. Circuito electrónico: Etapa de temperatura.	44
Figura 9. Sensor de pulso cardíaco.....	45
Figura 10. Micrófono Electret y estetoscopio de Pinard	46
Figura 11. Sensor XETHRU X4M200.....	47
Figura 12. Radar Doppler HB100.....	47
Figura 13. Diagrama eléctrico de la etapa de respiración.	49
Figura 14. Diagrama electrónico de la etapa de respiración.	51
Figura 15. Diagrama de flujo: Configuraciones Etapa 3.	54
Figura 16. Diagrama de flujo: Interfaz del usuario.....	57
Figura 17. Diagrama de flujo: Obtención y procesado de imágenes.	60
Figura 18. Interfaz de usuario.....	61
Figura 19. Diagrama de flujo: Módulo de alerta.....	65
Figura 20. Diagrama de flujo: Interrupción y Proceso de envío.....	66
Figura 21. Diagrama electrónico: Etapa 4 Procesamiento de señales.	67
Figura 22. Diagrama eléctrico del módulo de alarma.	68
Figura 23. Diagrama de flujo: Etapa del módulo de alarma.	70
Figura 24. Diagrama de flujo: Subrutinas en la etapa del módulo de alarma.	70
Figura 25. Diagrama electrónico: Etapa de módulo de alarma.....	72
Figura 26. Entrada: Temperatura a la que fue realizada la medición.	75
Figura 27. Salida del circuito expuesto a las condiciones de entrada de la figura 26.	75
Figura 28. Salida del sistema detector de respiración.....	77
Figura 29. Ruido en la señal de salida del sensor de respiración.	78
Figura 30. Entorno de desarrollo de Microvision.	79
Figura 31. Entorno del software para programación del microcontrolador.	79
Figura 32. Configuración pull up de un interruptor	80
Figura 33. Ejemplo de trama / Respuesta en el módulo de alarma.....	80
Figura 34. Ejemplo de trama / Respuesta en el módulo de alarma.....	81
Figura 35. Configuración en CyberChef para transformar de hexadecimal a html	82
Figura 36. Interfaz predeterminada para el módulo ESP32 – CAM.....	83
Figura 37. Interfaz modificada.	84
Figura 38. Configuración en CyberChef para obtener un código hexadecimal en base a uno html.....	85

Figura 39. Conexiones para la programación del módulo ESP32 – CAM.....	85
Figura 40. Esquemático de las etapas acopladas.....	87
Figura 41. Imagen de la PCB con la marca de los componentes cara inferior / cara superior.....	88
Figura 42. Imagen de la PCB cara inferior / imagen de la PCB cara superior.....	89
Figura 43. PCB cara superior / cara inferior.....	89
Figura 44. Imagen de la PCB cara superior con marca de componentes / imagen de la PCB cara superior sin marca de componentes	90
Figura 45. Imagen de la PCB con componentes ya soldados.....	91
Figura 46. Acomodo de los elementos en la PCB del módulo de alarma.....	92
Figura 47. Imagen de la cuna con zonas de montaje marcadas.....	93
Figura 48. Esquema del dispositivo.....	111
Figura 49. Módulo de alarma.....	112
Figura 50. Botón "Open" en MATLAB.....	114
Figura 51. Explorador de archivos: Smartcrib.m.....	115
Figura 52. Línea a editar para modificar el tiempo de ejecución.....	115
Figura 53. Líneas a editar para modificar la cuenta de correo.....	116
Figura 54. Pestaña del script "SmartCrib".....	116
Figura 55. Interfaz de usuario.....	117
Figura 56. Región monitoreada por el lente de la cámara.....	118
Figura 57. Conexión entre pines de la tarjeta en la cuna.....	120
Figura 58. Regulador para la alimentación.....	121
Figura 59. Error 4.1.....	121
Figura 60. Error 4.2.....	122
Figura 61. Error 4.3.....	123
Figura 62. Error 4.4.....	123
Figura 63. Error 5.....	124
Figura 64. Error 6.....	124
Figura 65. Formato de control de mantenimientos preventivos.....	128
Figura 66. Diagrama de tiempos del proyecto.....	130
<i>Figura 67. Ruta crítica.....</i>	132
<i>Figura 68. Diagrama de Gantt.....</i>	132

Apéndice I. Índice de ecuaciones.

Ecuación 1. Tau del capacitor.....	49
Ecuación 2. Voltaje transitorio del capacitor después de 20 segundos transcurridos.....	49
Ecuación 3. Valores de las resistencias que determinarán el nivel de referencia que la carga del capacitor debe superar.	50
Ecuación 4. Tiempo de un ciclo máquina del microcontrolador AT89S52 con un cristal de 11.0592MHz.....	63
Ecuación 5. Tiempo entre interrupciones.	63
Ecuación 6. Número de repeticiones de la interrupción del temporizador.....	63

Apéndice J. Índice de tablas.

Tabla 1. Duraciones del mantenimiento preventivo..... 127

Apéndice K. Glosario.

Epidemiológico: Referente al tratado de las epidemias. (Real Academia Española, 2018).

Patogénico: Referente a la parte de la patología que estudia cómo se originan y desarrollan las enfermedades. (Real Academia Española, 2018).

Lactante: Se le denomina así a los niños cuya edad está comprendida dentro del rango de los 28 días al año 11 meses. (NOM-008-SSA2, 1993).

Factores de riesgo intrínsecos: Son los factores genéticos o ambientales que afectan la susceptibilidad de un niño a padecer el SMSL. (Izquierdo, Zorio, Molina y Marín, 2013).

Factores de riesgo extrínsecos: Factor de estrés físico próximo a la muerte que puede aumentar el riesgo de SMSL en un niño vulnerable. (Izquierdo, et. al., 2013).

Posición decúbito prono: Boca abajo. (Camarasa, 2013)

Colecho: Cuando el niño duerme con sus padres. (Asociación Española de Pediatría, 2012).

Diádico: Relativo o referente a dos cosas vinculadas entre sí. (Real Academia Española, 2018).

Minucioso: Que se detiene en las cosas más pequeñas. (Real Academia Española, 2018).

Microcontrolador: Procesador con memoria y periféricos integrados en el mismo chip. (Gridling y Weiss, 2007).

Heterocronía: alteraciones en el tiempo de los eventos de desarrollo a través de los cuales los cambios morfológicos y las novedades se originan durante la evolución de un linaje. (Fabrezi, 2012).

Morfología: Parte de la biología que trata de la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta. (Real Academia Española, 2018).

Streaming: La actividad de escuchar o visualizar contenido multimedia directamente desde una red. (Cambridge, 2013).

TTL: Dispositivos lógicos hechos con transistores. (Schiavon y Crepaldo, 2009).

Termistor: Tipo de semiconductor especial que varía en resistencia de forma predecible cuando la temperatura cambia. (McGee, 1988).

Puente de Wheatstone: Instrumento de medición de resistencia muy sensible en el que la resistencia del sensor de temperatura es comparada con la de un estándar. (Ídem).

Amplificador operacional: Amplificador de CD multietapa con entrada diferencial, cuyas características se aproximan a las de un amplificador ideal.

Compuerta OR: Implementa a su salida la operación lógica OR, a su salida hay un uno, si cualquiera de sus entradas es un uno. (Gené, 2011).

Bluetooth: tecnologías creadas para proveer comunicación inalámbrica en áreas de uso personal. (Corredor, Pedraza, Hernández, 2009).

Baudio: Unidad de velocidad en la transmisión de información, equivalente al número de impulsos por segundo. (Real Academia Española, 2018).

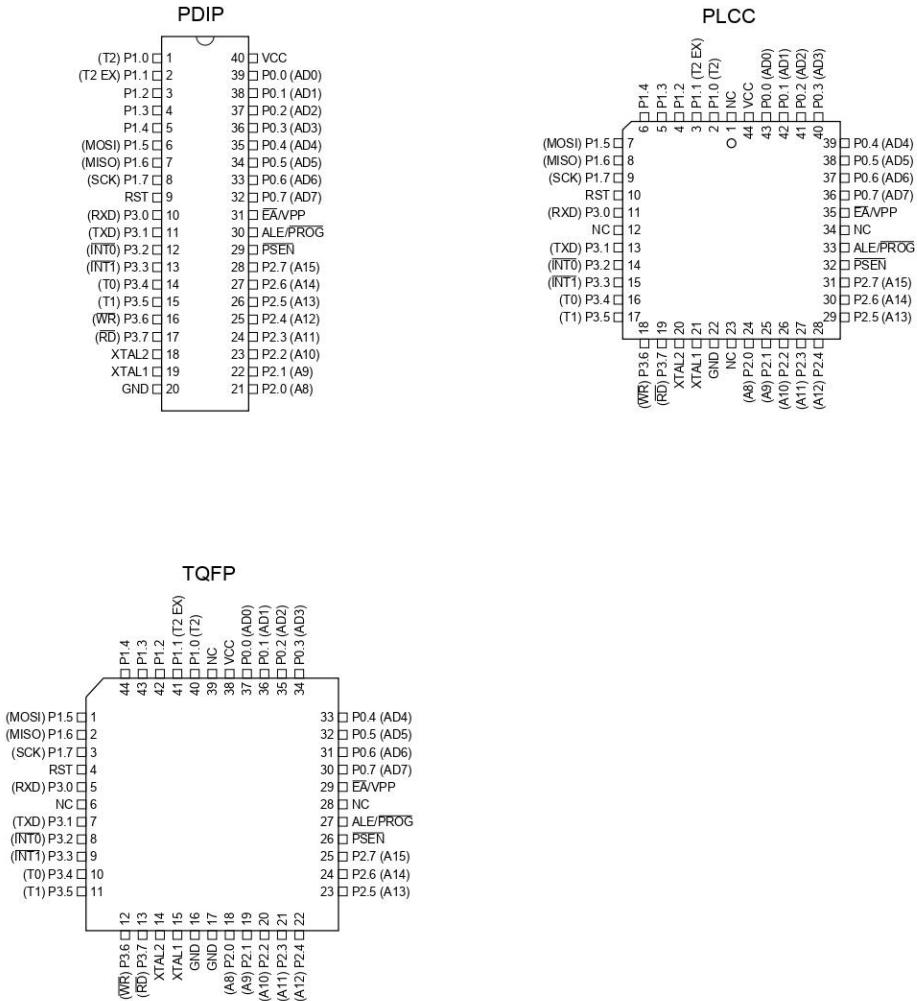
Plagiocefalia: Deformidad craneal producida como consecuencia de la aplicación constante de fuerzas de presión sobre la parte posterior del cráneo, que es muy maleable en los niños pequeños. (Carceller y Leal, 2013).

Anexos.

Anexo 1: Hoja de datos del microcontrolador AT89S52.



Pin Configurations



AT89S52

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 11. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 12. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

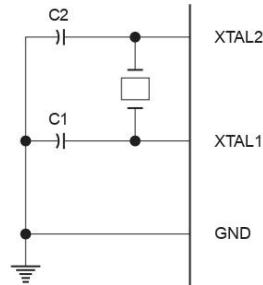
Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power-down Mode

In the Power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes Power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power-down mode is terminated. Exit from Power-down mode can be initiated either by a hardware reset or by an enabled external interrupt. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held

active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 11. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 12. External Clock Drive Configuration

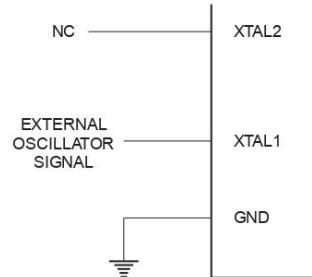


Table 6. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data





Pin Configurations

PDIP

(T2) P1.0	□ 1	40 □ VCC
(T2 EX) P1.1	□ 2	39 □ P0.0 (AD0)
P1.2	□ 3	38 □ P0.1 (AD1)
P1.3	□ 4	37 □ P0.2 (AD2)
P1.4	□ 5	36 □ P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	□ 6	35 □ P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	□ 7	34 □ P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	□ 8	33 □ P0.6 (AD6)
RST	□ 9	32 □ P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	□ 10	31 □ EA/VPP
(TXD) P3.1	□ 11	30 □ ALE/PROG
(INT0) P3.2	□ 12	29 □ PSEN
(INT1) P3.3	□ 13	28 □ P2.7 (A15)
(T0) P3.4	□ 14	27 □ P2.6 (A14)
(T1) P3.5	□ 15	26 □ P2.5 (A13)
(WR) P3.6	□ 16	25 □ P2.4 (A12)
(RD) P3.7	□ 17	24 □ P2.3 (A11)
XTAL2	□ 18	23 □ P2.2 (A10)
XTAL1	□ 19	22 □ P2.1 (A9)
GND	□ 20	21 □ P2.0 (A8)

PLCC

(MOSI) P1.5	□ 7	6 □ P1.4
(MISO) P1.6	□ 8	5 □ P1.3
(SCK) P1.7	□ 9	4 □ P1.2
RST	□ 10	3 □ P1.1 (T2 EX)
(RXD) P3.0	□ 11	2 □ P1.0 (T2)
NC	□ 12	1 □ NC
(TXD) P3.1	□ 13	39 □ P0.4 (AD4)
(INT0) P3.2	□ 14	38 □ P0.5 (AD5)
(INT1) P3.3	□ 15	37 □ P0.6 (AD6)
(T0) P3.4	□ 16	36 □ P0.7 (AD7)
(T1) P3.5	□ 17	35 □ EA/VPP
(WR) P3.6	□ 18	34 □ NC
(RD) P3.7	□ 19	33 □ ALE/PROG
XTAL2	□ 20	32 □ PSEN
XTAL1	□ 21	31 □ P2.7 (A15)
GND	□ 22	30 □ P2.6 (A14)
NC	□ 23	29 □ P2.5 (A13)
(A8) P2.0	□ 24	28 □ NC
(A9) P2.1	□ 25	27 □ ALE/PROG
(A10) P2.2	□ 26	26 □ PSEN
(A11) P2.3	□ 27	25 □ P2.7 (A15)
(A12) P2.4	□ 28	24 □ P2.6 (A14)
	□ 29	23 □ P2.5 (A13)
O 1 □ VCC		44 □ VCC
43 □ P0.0 (AD0)		42 □ P0.1 (AD1)
41 □ P0.2 (AD2)		40 □ P0.3 (AD3)

TQFP

(MOSI) P1.5	□ 1	44 □ P1.4
(MISO) P1.6	□ 2	43 □ P1.3
(SCK) P1.7	□ 3	42 □ P1.2
RST	□ 4	41 □ P1.1 (T2 EX)
(RXD) P3.0	□ 5	40 □ P1.0 (T2)
NC	□ 6	39 □ NC
(TXD) P3.1	□ 7	38 □ P0.4 (AD4)
(INT0) P3.2	□ 8	37 □ P0.5 (AD5)
(INT1) P3.3	□ 9	36 □ P0.6 (AD6)
(T0) P3.4	□ 10	35 □ P0.7 (AD7)
(T1) P3.5	□ 11	34 □ EA/VPP
(WR) P3.6	□ 12	33 □ NC
(RD) P3.7	□ 13	32 □ PSEN
XTAL2	□ 14	31 □ P2.7 (A15)
XTAL1	□ 15	30 □ P2.6 (A14)
GND	□ 16	29 □ P2.5 (A13)
GND	□ 17	28 □ NC
(A8) P2.0	□ 18	27 □ ALE/PROG
(A9) P2.1	□ 19	26 □ PSEN
(A10) P2.2	□ 20	25 □ P2.7 (A15)
(A11) P2.3	□ 21	24 □ P2.6 (A14)
(A12) P2.4	□ 22	23 □ P2.5 (A13)

Anexo 2: Manual del 8051.

2.1 REGISTROS DE FUNCIONES ESPECIALES (SFR)

En el capítulo anterior habíamos visto que los SFR se encuentran en la parte alta (128 bytes) de la memoria RAM interna del 8051. Las direcciones de los SFR es mostrado en la Tabla 2.

SÍMBOLO	NOMBRE	DIRECCIÓN
ACC	Acumulador	0EOH
B	Registro B	0F0H
PSW	Program Status Word (Palabra de estado del programa)	0DOH
SP	Stack Pointer (apuntador de apilamiento)	81H
DPTR	Data Pointer (apuntador de datos)16bits	
DPL	Data Pointer low byte	82H
DPH	Data Pointer high byte	83H
P0	Puerto 0	80H
P1	Puerto 1	90H
P2	Puerto 2	0A0H
P3	Puerto 3	0B0H
IP	Control de Prioridad de Interrup.	0B8H
IE	Control de Validación de Interrup.	0A8H
TMOD	Modo de control Timer/Contador	89H
TCON	Control del Timer/Contador	88H
T2CON(8052)	Control 2 del Timer/Contador	OC8H
TH0	Byte alto del T/C 0	8CH
TL0	Byte bajo del T/C 0	8AH
TH1	Byte alto del T/C 1	8DH
TL1	Byte bajo del T/C 1	8BH
TH2(8052)	Byte alto del T/C 2	0CDH
TL2(8052)	Byte bajo del T/C 2	0CCH
RCAP2H(8052)	Byte alto del registro de captura T/C2	0CBH
RCAP2L(8052)	Byte bajo del registro de capt. del T/C2	0CAH
SCON	Control serie	98H
SBUF	Buffer de datos serie	99H
PCON	Control de Potencia	87H

Tabla 2 Espacio de los registros de funciones especiales.

En la Fig. 2.1 se muestra el mapa de memoria correspondiente a los registros de funciones especiales.

Mapa de memoria de los SFR (registros de funciones especiales)

F8									FF
F0	B								F7
E8									EF
E0	ACC								E7
D8									DF
D0	PSW								D7
C8	T2CON	RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2				CF
C0									C7
B8	IP								BF
B0	P3								B7
A8	IE								AF
A0	P2								A7
98	SCON	SBUF							9F
90	P1								97
88	TCON	TMOD	TLO	TL1	TH0	TH1			8F
80	P0	SP	DPL	DPH				PCON	87

Fig. 2.1 Mapa de memoria de los SFR

A continuación veremos con mayor detalle cada uno de los principales registros de control del 8051.

2.2 REGISTRO DE PALABRA DEL ESTADO DEL PROGRAMA (PROGRAM STATUS WORD)

El registro de palabra del estado del programa contiene algunos bits que reflejan el estado del CPU en ese instante. El PSW se muestra en la fig.2.2.

CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

Fig. 2.2 Registro PSW (Palabra de Estado del Programa)

CY	PSW.7 Bandera del carry
AC	PSW.6 Bandera del carry auxiliar (operaciones en BCD)
F0	PSW.5 Bandera 0 para usos generales
RS1	PSW.4 Bit 1 selector del banco de registros
RS0	PSW.3 Bit 0 selector del banco de registros
OV	PSW.2 Bandera del overflow
-	PSW.1 Bandera sin definir
P	PSW.0 Bandera de paridad, establece/limpia por hardware, indica si el número de 1's en el acumulador es par o impar.

Este registro como ya se vio, reside en el espacio SFR. El registro contiene; el bit de Carry, El bit Auxiliar (para operaciones BCD), los dos bits de selección del banco de registros, la bandera de overflow, el bit de paridad y dos banderas sin definir.

El bit de Paridad refleja el número de 1's, en el acumulador:

P=1, si el Acumulador contiene un número impar de 1's
 P=0, si el Acumulador contiene un número par de 1's, es decir el número de 1's, en el acumulador más P es siempre par.

2.3. REGISTRO DE CONTROL DE POTENCIA (CONSUMO DE ENERGIA).

En la fig.2.3 tenemos el registro PCON, el cual a excepción de la bandera SMOD, sirve para controlar, principalmente el consumo de energía, el cual es utilizado sólo por los dispositivos fabricados con la tecnología CHMOS que permite disminuir dicho consumo de energía, en estados de espera. La bandera PCON.7 (SMOD) sirve para dividir la frecuencia de transmisión o de recepción por el puerto serie, proporcionada ya sea, por la fase 2 de los estados, (1/2 de la frecuencia del oscilador en la transmisión serie en modo 2), o bien, por el timer 1 en los modos 1 y 3.

SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL
-------------	---	---	---	------------	------------	-----------	------------

Fig.2.3 PCON (Registro de control de potencia)

SMOD	Dobra el "BAUD RATE" para el puerto serie cuando se utiliza el timer para generar el BAUD RATE.
GF1	Propósitos generales
GF0	Propósitos generales
PD	Bajo consumo de energía }
IDL	Bajo consumo de energía }

80C51BH CHMOS

2.4. REGISTROS DE INTERRUPCIONES.

Las interrupciones son controladas mediante la escritura en los registros IE (Interruption Enable) e IP (Interruption Priority) los cuales son físicamente representados en la fig.2.4.

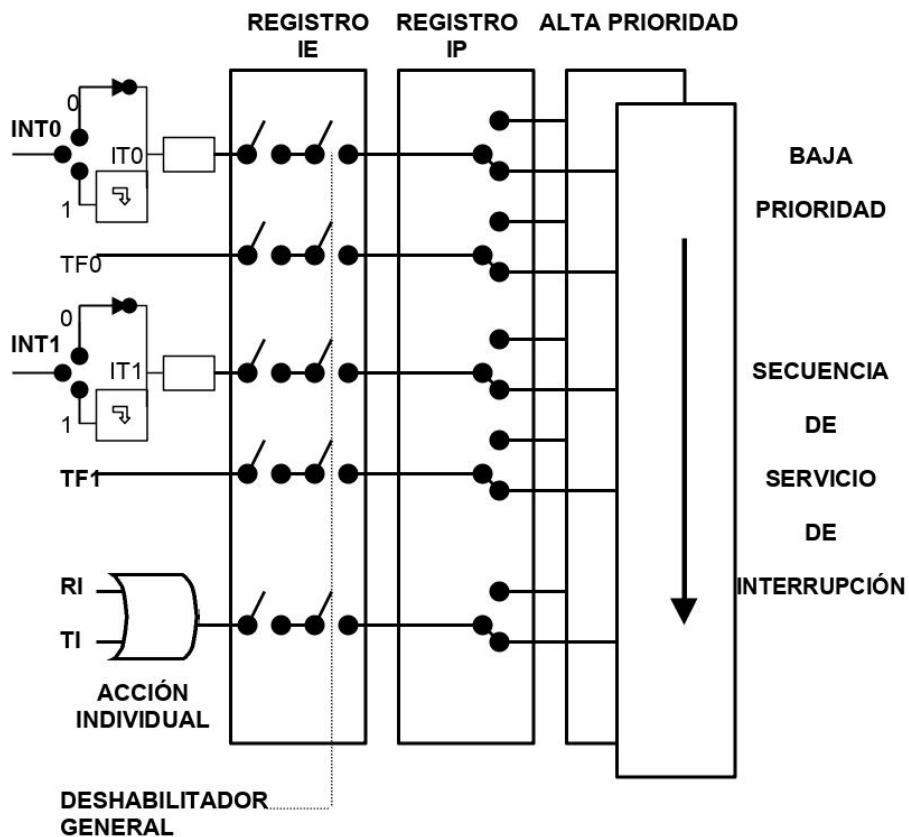


Fig. 2.4 Sistema de control de interrupciones

2.4.1 REGISTRO HABILITADOR DE INTERRUPCIONES (IE).

La desactivación general de las interrupciones es efectuada mediante la escritura de un 0 lógico, en la bandera EA (IE.7).

Con la bandera EA=1, el 8051 está en condiciones de aceptar interrupciones, aunque la verdadera aceptación es realizada cuando se escribe un 1 lógico, en la bandera de la interrupción correspondiente del registro de interrupciones, IE (fig.2.5).

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
-----------	---	------------	-----------	------------	------------	------------	------------

Fig. 2.5 Registro IE (Interruption Enable)

EA	IE.7	Desactiva todas las INTERRUPCIONES EA=0.
ET2	IE.5	Activa la interrupción causada por el timer2 (ET2=1)
ES	IE.4	Activa la interrupción causada por el puerto serial.
ET1	IE.3	Activa la interrupción de sobreflujos causada por el timer 1.
EX1	IE.2	Activa la interrupción causada externamente en INT1.
ET0	IE.1	Activa la interrupción de sobreflujos causada por el timer 0.
EX0	IE.0	Activa la interrupción causada externamente en INT 0.

2.4.2 REGISTRO DE PRIORIDAD.

El 8051 tiene dos planos de prioridad para trabajar las interrupciones, llamadas alto y bajo, respectivamente. En la inicialización, todas las interrupciones trabajan en el plano de baja prioridad. Para pasar del plano de baja prioridad al de alta, es necesario escribir un 1 lógico en las banderas correspondientes a las interrupciones que se desean aumentar de prioridad, ubicadas dentro del registro IP (fig.2.6.)

-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
---	---	------------	-----------	------------	------------	------------	------------

Fig. 2.6 Registro de Prioridad de Interrupciones

PT2	IP.5	Timer 2 PT2=1 mayor prioridad.
PS	IP.4	Define el nivel de prioridad de la interrupción del puerto serial.
PT1	IP.3	Define el nivel de prioridad de la interrupción del Timer 1.
PX1	IP.2	Define el nivel de prioridad de la interrupción externa 1.
PT0	IP.1	Define el nivel de prioridad de la interrupción del Timer 0.
PX0	IP.0	Define el nivel de prioridad de la interrupción externa 0.

Aunque los registros de control de los puertos del Timer / Contador y Serie pertenecen a los registros de funciones especiales les vamos a dedicar un capítulo completo a cada uno de ellos debido a la importancia que presentan para el desarrollo e interconexión con sistemas periféricos.

3.1 TIMER / CONTADOR .

El 8051 tiene 2 timer/contadores de 16 bits cada uno, llamados Timer 0 y el Timer 1 respectivamente. Ambos pueden ser configurados para operar como temporizadores (timers) o como contadores (counters).

Cuando se trabaja como contador, el registro interno del contador, es incrementado cada vez que existe una transición negativa (de 1 a 0) por la línea de entrada correspondiente a T0 ó T1. En cambio, cuando funciona como temporizador "Timer", el registro es incrementado cada 12 períodos de oscilación es decir su frecuencia de conteo es 1/12 de la frecuencia del oscilador.

En el momento que los bits del registro del contador pasan de todos 1's a todos 0's, se activa la línea de interrupción interna correspondiente a TF0 o TF1, generándose, (si ha sido permitida) una interrupción.

3.2 REGISTRO DE CONTROL DEL PUERTO TIMER/CONTADOR.

El registro de control del Timer/Contador de la fig. 3.1 es direccionable por Bit, para activar o desactivar cada una de sus banderas.

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fig. 3.1 Registro del control del Timer/Contador

TF1 TCON.7 Bandera de sobreflujo (overflow) del registro del Timer 1. Activada por hardware cuando el registro que guarda la cuenta del Timer/Contador 1, incrementa su contenido pasando todos sus bits de 1's a 0's. Limpiado por hardware cuando existe el procesamiento de los vectores del servicio de las rutinas de interrupción.

TR1 TCON.6 Bit de control de activación del timer 1. Habilitado/Deshabilitado por software para colocar el Timer/Contador en Encendido/Apagado.

TF0 TCON.5 Bandera de sobreflujo (overflow) del registro del Timer 0. Activada por hardware cuando el registro que guarda la cuenta del timer/contador 0, incrementa su contenido pasando todos sus bits de 1's a 0's. Limpiado por hardware cuando existe el procesamiento de los vectores del servicio de las rutinas de interrupción.

TR0 TCON.4 Bit de control de activación del timer 0. Habilitado/Deshabilitado por software para colocar el Timer/Contador en Encendido/Apagado.

IE1 TCON.3 Bandera de transición de la interrupción externa 1. Activada por hardware cuando una transición (de 1 a 0) en la línea de interrupción externa 1, es detectada. Limpia por hardware cuando la interrupción es procesada. (solamente se acciona si se programó la aceptación de la interrupción por transiente, IT1=1).

IT1 TCON.2 Bit de control del Interrup 1. Activado/Limpiado por software para especificar el tipo de interrupción, por nivel bajo (IT1= 0) o por transiente negativo (IT1=1).

IE0 TCON.1 Bandera de transición de la interrupción externa 0 Activada por hardware cuando una transición (de 1 a 0) en la línea de interrupción externa 0, es detectada. Limpia por hardware cuando la interrupción es procesada. (solamente se acciona si se programó la aceptación de la interrupción por transiente, IT0=1).

IT0 TCON.0 Bit de control del Interrup 0. Activado/Limpiado por software para especificar el tipo de interrupción, por nivel bajo (IT0= 0) o por transiente negativo (IT0=1). 3.3 registro de modo de control del timer/contador.

3.3 REGISTRO DE MODO DE CONTROL DEL TIMER/CONTADOR

Este registro permite especificar si se van a trabajar como Temporizadores (Timers) o como Contadores (Counters), los puertos denominados Timer 0 y Timer 1.

Existen 4 modos de trabajo para estos puertos, los cuales son definidos por la escritura en los bits M1 y M0 de TMOD fig 3.2.

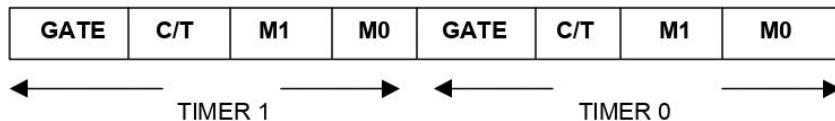


Fig.3.2 TMOD: Registro del Modo de Control del Timer/Counter

GATE Cuando TRx (en TCON) está activada y GATE=1, TIMER/COUNTERx correrá solamente si la línea INTx está en posición alta (control por hardware). Cuando GATE=0, TIMER/COUNTERx correrá solamente si TRx=1 (control por software)

C/T Selector de Timer o de Contador. Es limpiado por la operación del Timer (entrada del reloj del sistema interno). Es activada por la operación del Contador (entrada de la línea Tx)

M1 Bit selector del modo.
M0 Bit selector del modo.

M1	M0	MODO	ESPECIFICACIÓN
0	0	0	Timer/contador de 13 bits
0	1	1	Timer/contador de 16 bits
1	0	2	Timer/contador de 8 bits recargables
1	1	3	Timer 0, TL0 Timer/contador de 8 bits, controlado por los bits de control del Timer 0. TH0 Timer de 8 bits controlado por los bits de Control del timer 1. (El Timer 1 no se utiliza)

3.3.1 MODO 0, DEL TIMER/CONTADOR.

En este modo, cualquiera de los 2 Timers, 0 ó 1, trabajan como un contador de 8 bits, al cual le antecede un previsor de la frecuencia de conteo. En la fig.3.3 se muestra el modo de operación 0 para el timer 1.

El registro del Timer 1 está configurado como un registro de 13 bits, que consisten de los 8 bits de TH1 y los 5 bits menos significativos de TL1. Los 3 bits más significativos de TL1 no se utilizan en este modo.

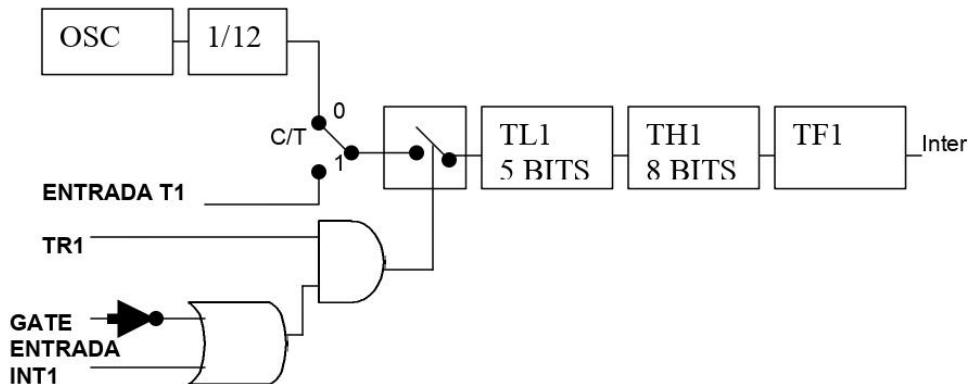


Fig. 3.3 Modo 0, contador de 13 bits con el Timer1

El valor de la cuenta se puede apreciar en el registro TH1, dado que TL1 solamente actúa como divisor de frecuencia, TH1 se puede cargar con cualquier valor, de 1 a 256 cuentas, pudiendo obtener de esta forma varios retardos, solamente detectando la bandera se sobreflujo (overflow TF1).

3.3.2 MODO 1 DEL TIMER/CONTADOR

Este modo es utilizado por cualquiera de los 2 Timers, se caracteriza principalmente por ser un Timer/contador de 16 bits cuyos valores se encuentran cargados en los registros TH y TL de cada uno de los Timers.

En la fig. 3.4 se puede apreciar la disposición de estos registros que se asemejan al modo 0, solo que en el modo 1, actúan en cascada.

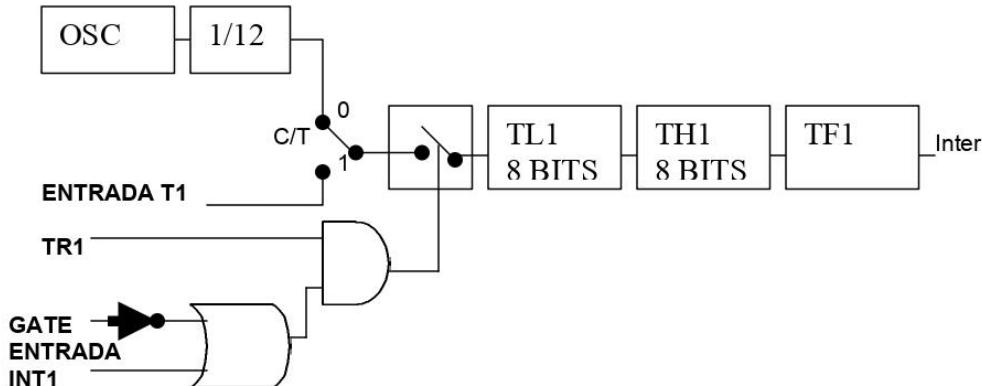


Fig. 3.4 Modo 1 contador de 16 bits con Timer/Contador 1

3.3.3 MODO 2 DEL TIMER/CONTADOR

Este modo puede ser utilizado tanto por el timer 0 como por el 1, tienen un registro de conteo de 8 bits (TLx).

En la figura 3.5 se presenta el manejo del Timer 1, en el modo 2. El registro TL1 es cargado automáticamente con el contenido de TH1, cuando se produce el sobreflujo en TL1, el cual además establece la bandera de TF1.

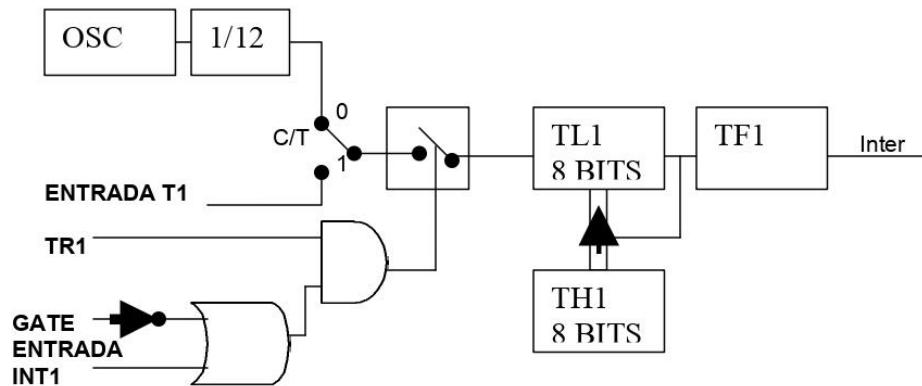


Fig. 3.5 Modo 2, registro de 8 bits autorecargable

3.3.4 MODO 3 DEL TIMER/CONTADOR

El Timer 1, en el modo 3 mantiene su cuenta, es decir, tiene el mismo efecto que cuando se establece la bandera TR1=0.

El Timer 0, en éste modo, establece TL0 y TH0 como dos contadores separados. La figura 3.6 muestra la lógica para el modo 3. TL0 utiliza los bits de control (C/T, GATE, TR0, INT0) del Timer 0. TH0 es bloqueado como temporizador "Timer", el cual emplea las señales de control del Timer 1, TR1 y TF1.

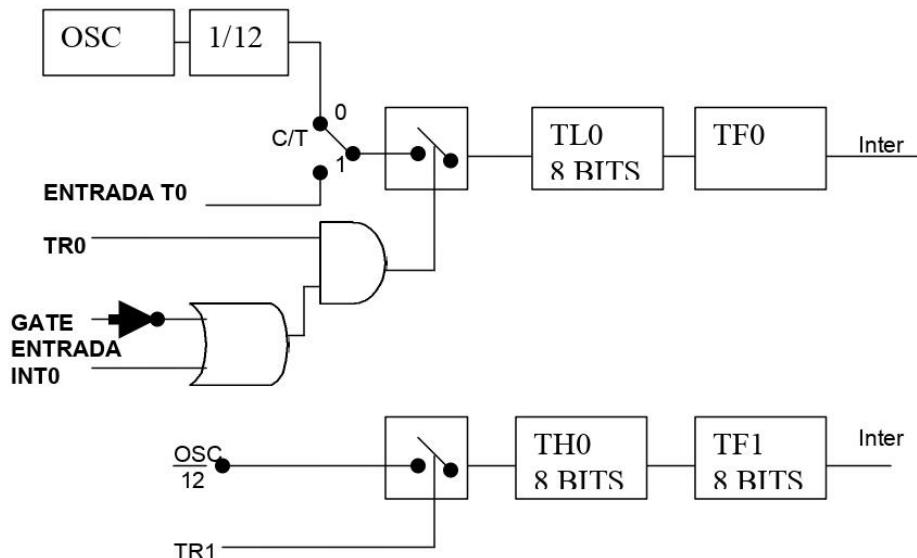


Fig. 3.6 Modo 3, 2 timers de 8 bits

El Timer 1 puede ser activado o desactivado con solo salir o entrar al modo 3 respectivamente o puede permanecer siendo utilizado por el puerto Serie cuando

está generando la frecuencia de oscilación "Baud rate", o en efecto en cualquier aplicación que no se requiere una interrupción.

3.4 UTILIZACIÓN DEL TIMER 1 COMO GENERADOR DEL "BAUD RATE" PARA LA TRANSMISIÓN SERIAL.

El Timer 1 es usado para generar la frecuencia de transmisión / Recepción de datos en serie, cuando el puerto es programado para trabajar en el modo 1 ó 3. La frecuencia de transmisión es obtenida a partir del valor almacenado en TH1 y el valor de SMOD mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Baud Rate} = \frac{2^{\text{SMOD}} \times \text{Frec. Del Oscilador}}{32 \times 12 \times [256 - (\text{TH1})]}$$

El valor $2^{\text{SMOD}} / 32$, es debido a los circuitos divisores de frecuencia que se encuentran en la etapa de control del Puerto Serie, los cuales dividen entre 16 ó 32 dependiendo del bit 7 (SMOD) del registro de control PCON y la frecuencia que nos proporciona la salida del Timer 1 (overflow).

El valor 12 que divide a la frecuencia del oscilador proviene del divisor, que se encuentra en la etapa de control del Timer 1, cuando éste es utilizado como temporizador.

NOTA: Cabe recalcar que el valor que se almacena en TH1 es el valor negativo de la cuenta que se desea, debido a que, el contador se incrementa cada vez que un pulso es detectado, de ahí que en la ecuación se representa como 256-(TH1).

La interrupción del Timer 1 en éste caso no tendría mucha aplicación por lo que se podría deshabilitar.

El Timer 1 actúa en modo 2, es decir en modo recargable, el valor de conteo se encuentra fijo en el registro TH1, el cual se recarga cada vez que existe un overflow.

La figura 3.7 muestra una tabla de valores de TH1, para generar el Baud Rate, tomando en cuenta la frecuencia del oscilador.

BAUD RATE	F osc	SMOD	TIMER1		
			C/T	MODO	VALOR DE TH1
19.2 kHz	11.059 MHz	1	0	2	FDH
9.8 kHz	11.059 MHz	0	0	2	FDH
4.8 kHz	11.059 MHz	0	0	2	FAH
2.4 kHz	11.059 MHz	0	0	2	F4H
1.2 kHz	11.059 MHz	0	0	2	E8H
137.5 Hz	11.986 MHz	0	0	2	1DH
110 Hz	6.000 MHz	0	0	2	72H

FIG. 3.7 Tabla de valores para generar el Baud Rate

4.1 PUERTO SERIE

El puerto serie es un puerto "FULL DUPLEX", lo cual significa que puede transmitir y recibir datos simultáneamente. El receptor contiene un almacén "Buffer", que le permite comenzar a recibir un segundo dato sin necesidad de que el primero haya sido completamente leído del registro Buffer. Sin embargo si el primer byte permanece sin ser leído hasta el final de la recepción del segundo dato, éste se perderá.

El dato de la Recepción y de la Transmisión se encuentra en el registro SBUF del SFR (espacio de funciones especiales).

4.2 REGISTRO DE CONTROL DEL PUERTO SERIE SCON

El puerto Serie puede ser operado en 4 modos diferentes que son especificados mediante la escritura en los bits SM0 y SM1 del registro de Control del Puerto Serie (Fig. 4.1)

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------

Fig. 4.1 Registro de control del puerto serie. Bit direccionables.

SM0 SCON.7	Especifica el modo de control del puerto serie.
SM1 SCON.6	Especifica el modo de control del puerto serie.
SM2 SCON.5	Habilita la comunicación del tipo "multiprocesador" utilizado en los modos 2 y 3. En estos modos, si SM2 = 1, RI no es activado si el noveno dato recibido (RB8) es 0. En modo 1, RI no es activado si no se recibe un bit de stop. En el modo 0, SM2 será 0.
REN SCON.4	Establece la recepción serie, cuando REN = 0 se desactiva la recepción (por software).
TB8 SCON.3	Almacena el noveno bit que será transmitido en los modos 2 y 3 .
RB8 SCON.2	Es el noveno bit que fue recibido en los modos 2 y 3 . En el modo 1, si SM = 0, RB8 es el bit de stop recibido. En el modo 0 RB8 no es usado.
TI SCON.1	Bandera de interrupción de la transmisión. Activada por hardware al final del octavo bit en el modo 0, o al principio del bit de stop en los otros modos. Debe ser limpiado por software.
RI SCON.0	Bandera de interrupción de la recepción. Activada por hardware al final del octavo bit en el modo 0, o al medio tiempo de transmitido el bit de stop en los otros modos. Debe ser limpiado por software.

SM0	SM1	MODO	ESPECIFICACIÓN	BAUD RATE
0	0	0	Registro de corrimiento	F. Osc. /12
0	1	1	UART 8 bits	Variable.
1	0	2	UART 9 bits	F.Osc./32 o /64
1	1	3	UART 9 bits	Variable.

Descripción del funcionamiento de cada modo.

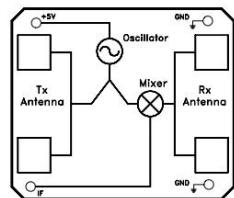
- MODO 0:** Los datos de recepción o transmisión son enviados mediante 8 corrimientos con una frecuencia de 1/12 de la frecuencia de oscilación.
- MODO 1:** 10 bits son los que se transmiten por la línea (Tx) o se reciben por línea (Rx). Un bit de inicio (Start bit de nivel 0 lógico). En recepción el bit de Fin (Stop), se almacena en RB8 de SCON, si SM2=0. El Baud Rate (frecuencia de transmisión o recepción) es variable.
- MODO 2:** 11 bits son transmitidos (Tx) o recibidos (Rx), un bit de inicio (Start bit de nivel 0 lógico), 8 bits de datos, un noveno bit de datos programable, en la transmisión es TB8, en la recepción es RB8 de SCON, y un bit de Fin (Stop bit). Su Baud Rate es de 1/32 o 1/64 de la frecuencia de oscilación.
- MODO 3:** 11 bits son transmisión (Tx) o recibidos (Rx), en la misma forma que el modo 2, sólo que aquí la frecuencia de transmisión/recepción (Baud Rate) es variable. Se utiliza el Timer 1 para generar el Baud Rate.

En los 4 modos, la transmisión es inicializada cuando SBUF es utilizado como registro destino. La recepción en el modo 0 comienza cuando RI=0, en los otros modos, cuando se detecta el bit de inicio (START) si REN=1.

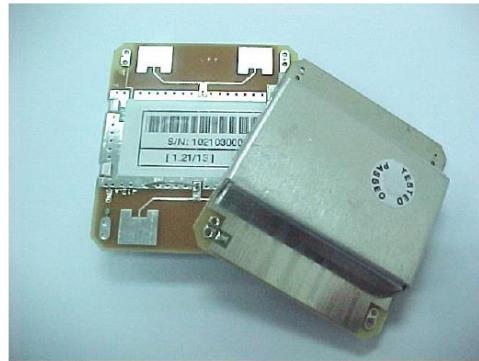
Anexo 3: Hoja de datos del sensor HB100.

HB 100 Microwave Sensor Module

10.525GHz Microwave Motion Sensor Module



Block diagram and connection



Description

HB100 Miniature Microwave Motion Sensor is a X-Band Bi-Static Doppler transceiver module. Its built-in Dielectric Resonator Oscillator (DRO) and a pair of Microstrip patch antenna array, make it ideal for OEM usage in motion detection equipment.

This module is ideally suitable for false alarms reduction in intruder detectors when work together with Passive Infrared (PIR) sensor. It can also be used for auto-door opening and vehicle speed measurement.

Features

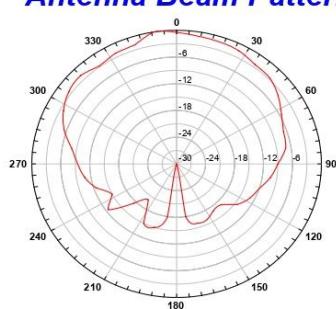
- Low current consumption
- CW or Pulse operation
- Flat profile
- Long detection range

Applications

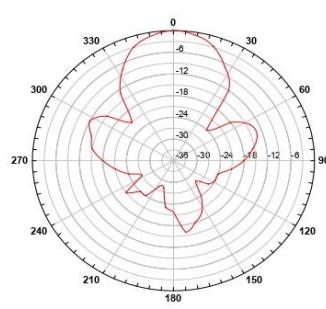
microwave Sensors From Agilis

- Microwave-PIR motion detector
- Speed measurement
- Lighting control

Antenna Beam Pattern



Azimuth



Elevation



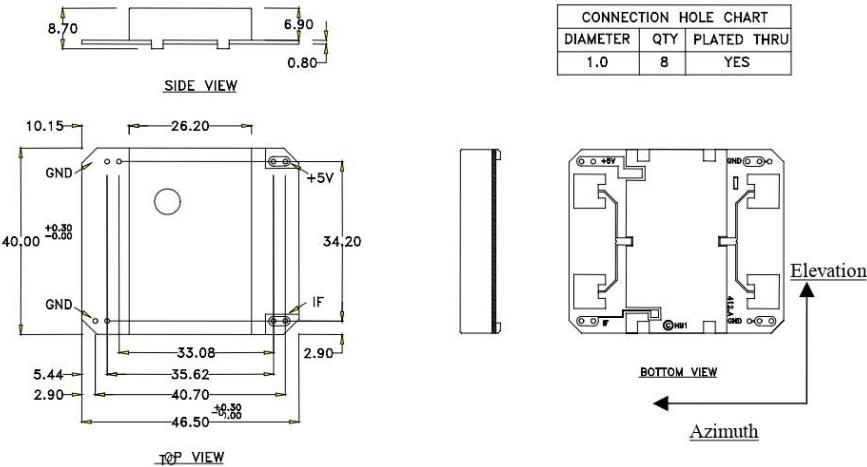
CERT. NO.: 94-1-0033
SS ISO 9001 : 2000

Agilisense
Microwave Sensors From Agilis
www.agilsense.com

Technical Specifications

Outline diagram

(All dimensions in mm)



Unless noted otherwise, the specifications are measured with +5VDC, CW operation, 12 kΩ load at ambient temperature of +25°C.

Parameter	Notes	Min	Typ.	Max	Units
Frequency Setting	1	10.520	10.525	10.530	GHz
Radiated Power (EIRP)	1	12	15	20	dBm
Spurious Emission	1			-7.3	dBm
Settling Time			3	6	μSec
Received Signal Strength	2		200		μVp-p
Noise	3			5	μVrms
Antenna Beam-width (3 dB) - Azimuth			80		°
Antenna Beam-width (3 dB) - Elevation			40		°
Supply Voltage		4.75	5.00	5.25	VDC
Current Consumption			30	40	mA
Pulse Repetition Frequency	4		2		KHz
Pulse Width	4	10			μSec
Operating Temperature		-15		55	°C
Weight			8		gm

Note 1: The radiated emissions of HB100 is designed to meet the requirements of Federal Communications Commission (FCC) rules, Part 15, Section 15.245 (use within a building or to open building door)

Note 2: The Received Signal Strength (RSS) is measured at the total 2 ways path loss of 93dB.

Note 3: The noise voltages are measured from 10 Hz to 100 Hz at the output port, inside an Anechoic chamber.

Note 4: Pulse operation.

Note 5: The design, manufacturing process and specifications of this device are subjected to change without prior notice.

Note 6: **CAUTION: ELECTROSTATIC SENSITIVE DEVICE.** Observe precautions for handling and storage.

VER 1.02

Satcom & Sensor Systems

ST Electronics (Satcom & Sensor Systems) Pte Ltd

100 Jurong East Street 21, ST Electronics Jurong East Building Level 4, Singapore 609602

Tel : (65) 6567 6791 Fax : (65) 6567 6370 Email: agilsense@stee.stengg.com

Website : www.agilsense.com (Regn: 199103901W)

Singapore Technologies Electronics

A company of Singapore Technologies Engineering

Anexo 4: Hoja de datos del amplificador operacional LM358.

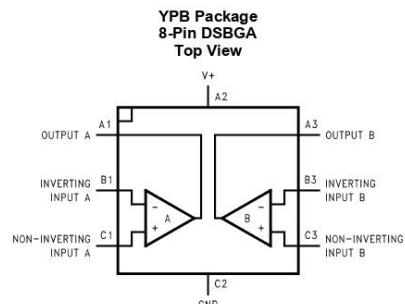
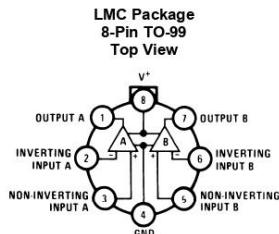
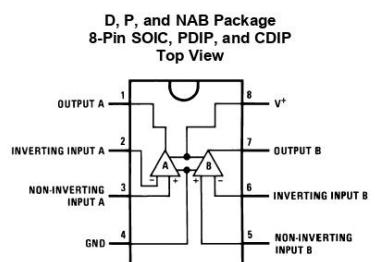


www.ti.com

LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N

SNOSBT3I—JANUARY 2000—REVISED DECEMBER 2014

5 Pin Configuration and Functions



Pin Functions

PIN			TYPE	DESCRIPTION
D/P/LMC NO.	DSBGA NO.	NAME		
1	A1	OUTA	O	Output , Channel A
2	B1	-INA	I	Inverting Input, Channel A
3	C1	+INA	I	Non-Inverting Input, Channel A
4	C2	GND / V-	P	Ground for Single supply configurations. negative supply for dual supply configurations
5	C3	+INB	I	Output, Channel B
6	B3	-INB	I	Inverting Input, Channel B
7	A3	OUTB	O	Non-Inverting Input, Channel B
8	A2	V+	P	Positive Supply

Copyright © 2000–2014, Texas Instruments Incorporated

[Submit Documentation Feedback](#)

3

Product Folder Links: [LM158-N](#) [LM258-N](#) [LM2904-N](#) [LM358-N](#)

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

See ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾.

		LM158, LM258, LM358, LM158A, LM258A, LM358A	LM2904		UNIT
		MIN	MAX	MIN	MAX
Supply Voltage, V ⁺			32	26	V
Differential Input Voltage			32	26	V
Input Voltage		-0.3	32	-0.3	V
Power Dissipation ⁽⁴⁾	PDIP (P)		830	830	mW
	TO-99 (LMC)		550		mW
	SOIC (D)		530	530	mW
	DSBGA (YPB)		435		mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) ⁽⁵⁾	V ⁺ ≤ 15 V and T _A = 25°C		Continuous	Continuous	
Input Current (V _{IN} < -0.3V) ⁽⁶⁾			50	50	mA
Temperature		-55	125		°C
	PDIP Package (P): Soldering (10 seconds)		260	260	°C
	SOIC Package (D)	Vapor Phase (60 seconds)	215	215	°C
	Infrared (15 seconds)		220	220	°C
Lead Temperature	PDIP (P): (Soldering, 10 seconds)		260	260	°C
	TO-99 (LMC): (Soldering, 10 seconds)		300	300	°C
Storage temperature, T _{stg}		-65	150	-65	150
					°C

- (1) *Absolute Maximum Ratings* indicate limits beyond which damage to the device may occur. *Recommended Operating Conditions* indicate conditions for which the device is intended to be functional, but specific performance is not ensured. For ensured specifications and the test conditions, see the Electrical Characteristics.
- (2) Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.
- (3) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.
- (4) For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a 125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for PDIP, 182°C/W for TO-99, 189°C/W for SOIC package, and 230°C/W for DSBGA, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.
- (5) Short circuits from the output to V⁺ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V⁺. At values of supply voltage in excess of +15 V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.
- (6) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V⁺/voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.3 V (at 25°C).

6.2 ESD Ratings

		VALUE	UNIT
V _(ESD)	Electrostatic discharge Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	±250	V

(1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	MIN	MAX	UNIT
Supply Voltage ($V_+ - V_-$): LM158, LM258, LM358	3 (± 1.5)	32 (± 16)	V
Supply Voltage ($V_+ - V_-$): LM2904	3 (± 1.5)	26 (± 13)	V
Operating Temperature: LM158	-55	125	°C
Operating Temperature: LM258	-25	85	°C
Operating Temperature: LM358	0	70	°C
Operating Temperature: LM2904	-40	85	°C

6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾	LM158-N, LM258-N, LM358-N	LM158-N	LM2904-N, LM358-N			UNIT
	LMC	NAB	YPB	D	P	
	8 PINS					
R_{JA} Junction-to-ambient thermal resistance	155	132	230	189	120	°C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#).

6.5 Electrical Characteristics: LM158A, LM358A, LM158, LM258

$V^+ = +5.0$ V, See⁽¹⁾, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM158A			LM358A			LM158, LM258			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$I_{IN(+)} = 2 \mu A$, $T_A = 25^\circ C$	1	2		2	3		2	5	mV	
Input Bias Current	$I_{IN(+)} = I_{IN(-)}$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0$ V, ⁽³⁾	20	50		45	100		45	150	nA	
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0$ V, $T_A = 25^\circ C$		2	10		5	30		3	30	nA
Input Common-Mode	$V^+ = 30$ V, ⁽⁴⁾										
Voltage Range	(LM2904, $V^+ = 26$ V), $T_A = 25^\circ C$	0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$	V	
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps										
	$V^+ = 30$ V (LM2904 $V^+ = 26$ V)	1	2		1	2		1	2	mA	
	$V^+ = 5$ V	0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2	mA	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15$ V, $T_A = 25^\circ C$, $R_L \geq 2$ k Ω , (For $V_O = 1$ V to 11 V)	50	100		25	100		50	100	V/mV	
Common-Mode	$T_A = 25^\circ C$,										
Rejection Ratio	$V_{CM} = 0$ V to $V^+ - 1.5$ V	70	85		65	85		70	85		
Power Supply	$V^+ = 5$ V to 30 V										
Rejection Ratio	(LM2904, $V^+ = 5$ V to 26 V), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		

- (1) These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM158/LM158A. With the LM258/LM258A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$, the LM358/LM358A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq 70^\circ C$, and the LM2904 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$.
- (2) $V_O = 1.4$ V, $R_S = 0$ Ω with V^+ from 5 V to 30 V, and over the full input common-mode range (0 V to $V^+ - 1.5$ V) at $25^\circ C$. For LM2904, V^+ from 5 V to 26 V.
- (3) The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- (4) The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5$ V (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to 32 V without damage (26 V for LM2904), independent of the magnitude of V^+ .

Electrical Characteristics: LM158A, LM358A, LM158, LM258 (continued)
 $V^+ = +5.0 \text{ V}$, See⁽¹⁾, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM158A			LM358A			LM158, LM258			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Power Supply	$V^+ = 5 \text{ V}$ to 30 V				65	100		65	100		
Rejection Ratio	(LM2904, $V^+ = 5 \text{ V}$ to 26 V), $T_A = 25^\circ\text{C}$							65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1 \text{ kHz}$ to 20 kHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred), See ⁽⁵⁾				-120			-120			dB
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1 \text{ V}$,									
		$V_{IN}^- = 0 \text{ V}$,									
		$V^+ = 15 \text{ V}$,									
		$V_O = 2 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$									
Sink		$V_{IN}^- = 1 \text{ V}$, $V_{IN}^+ = 0 \text{ V}$									
		$V^+ = 15 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$,									
		$V_O = 2 \text{ V}$									
		$V_{IN}^- = 1 \text{ V}$,									
		$V_{IN}^+ = 0 \text{ V}$									
		$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_O = 200 \text{ mV}$,									
		$V^+ = 15 \text{ V}$									
Short Circuit to Ground		$T_A = 25^\circ\text{C}$, See ⁽⁶⁾ , $V^+ = 15 \text{ V}$			40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage		See ⁽²⁾				4			5		
Input Offset Voltage Drift		$R_S = 0\Omega$			7	15		7	20		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current		$ I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$				30		75			nA
Input Offset Current Drift		$R_S = 0\Omega$			10	200		10	300		pA/ $^\circ\text{C}$
Input Bias Current		$ I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$			40	100		40	200		nA
Input Common-Mode Voltage Range		$V^+ = 30 \text{ V}$, See ⁽⁴⁾ (LM2904, $V^+ = 26 \text{ V}$)			0	V^+-2		0	V^+-2		V
Large Signal Voltage Gain		$V^+ = +15 \text{ V}$									
		$(V_O = 1 \text{ V}$ to 11 V)			25			15			
		$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$							25		V/mV
Output	V_{OH}	$V^+ = +30 \text{ V}$	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$		26			26			V
Voltage		$(LM2904, V^+ = 26 \text{ V})$	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$		27	28		27	28		V
Swing	V_{OL}	$V^+ = 5\text{V}$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$			5	20		5	20		mV
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = +1 \text{ V}$, $V_{IN}^- = 0 \text{ V}$,						10	20		
		$V^+ = 15 \text{ V}$, $V_O = 2 \text{ V}$							10	20	
Sink		$V_{IN}^- = +1 \text{ V}$, $V_{IN}^+ = 0 \text{ V}$,			10	15		5	8		
		$V^+ = 15 \text{ V}$, $V_O = 2 \text{ V}$							5	8	

- (5) Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.
- (6) Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of +15 V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Anexo 5: Hoja de datos del 74LS32.

DM74LS32 Quad 2-Input OR Gate

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

June 1986
Revised March 2000

DM74LS32
Quad 2-Input OR Gate

General Description
This device contains four independent gates each of which performs the logic OR function.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS32M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS32SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS32N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram

Function Table

$$Y = A + B$$

Inputs	Output	
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level

© 2000 Fairchild Semiconductor Corporation DS006361 www.fairchildsemi.com

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V _{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I _{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I _{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _i = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max V _{IL} = Min	2.7	3.4		V
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max V _{IL} = Max I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min		0.35	0.5	V
I _i	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _i = 7V			0.1	mA
I _{IH}	HIGH Level Input Current	V _{CC} = Max, V _i = 2.7V			20	µA
I _{IL}	LOW Level Input Current	V _{CC} = Max, V _i = 0.4V			-0.36	mA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 3)	-20		-100	mA
I _{OCH}	Supply Current with Outputs HIGH	V _{CC} = Max		3.1	6.2	mA
I _{OCL}	Supply Current with Outputs LOW	V _{CC} = Max		4.9	9.8	mA

Note 2: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Switching Characteristics

at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C

Symbol	Parameter	R _L = 2 kΩ				Units	
		C _L = 15 pF		C _L = 50 pF			
		Min	Max	Min	Max		
t _{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	3	11	4	15	ns	
t _{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	3	11	4	15	ns	