



Universitat
de les Illes Balears

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INFLUENCIA DE LA LACTANCIA EN EL VÍNCULO DEL APEGO, EN EL RITMO SUEÑO-VIGILIA Y EN LA CALIDAD DE SUEÑO DURANTE LOS PRIMEROS SEIS MESES DE VIDA: DISEÑO EXPERIMENTAL CON RESULTADOS INICIALES

Maria Teresa Pons Monjo

Grado de Biología

Facultad de Ciencias

Año Académico 2022-23

INFLUENCIA DE LA LACTANCIA EN EL VÍNCULO DEL APEGO, EN EL RITMO SUEÑO-VIGILIA Y EN LA CALIDAD DE SUEÑO DURANTE LOS PRIMEROS SEIS MESES DE VIDA: DISEÑO EXPERIMENTAL CON RESULTADOS INICIALES

Maria Teresa Pons Monjo

Trabajo de Fin de Grado

Facultad de Ciencias

Universidad de las Illes Balears

Año Académico 2022-23

Palabras clave del trabajo:

Lactancia, apego, ritmo circadiano sueño-vigilia, calidad de sueño, depresión posparto.

Nom del tutor / la tutora del treball Dra. María Cristina Nicolau Llobera

Nom del tutor / la tutora (si escau)

Autoritz la Universitat a incloure aquest treball en el repositori institucional per consultar-lo en accés obert i difondre'l en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Autor/a		Tutor/a	
Sí	No	Sí	No
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutora Cristina Nicolau por guiarme y confiar en el proyecto.

Agradecer al doctor José Ángel Rubiño Díaz y a María de Fátima Céspedes Ballona su ayuda.

Dar las gracias a las madres que han participado en el estudio, ya que sin ellas nada de esto habría sido posible.

Y, finalmente, dedicar este trabajo a mis padres. Gracias por ser mi mayor apoyo durante todos estos años.

Muchas gracias por todo.

ÍNDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Lactancia	6
1.1.1. Fisiología de la lactancia materna	6
1.1.2. Lactancia materna y lactancia artificial	8
1.2. Apego.....	9
1.3. Ritmos biológicos. Sueño-vigilia	10
1.4. Depresión posparto.....	12
2. PROPUESTA DISEÑO EXPERIMENTAL	13
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	13
2.1. Metodología	14
2.1.1. Participantes	14
2.1.2. Instrumentos y materiales.....	14
2.1.3. Análisis de datos	18
3. PUESTA A PUNTO Y RESULTADOS INICIALES	19
3.1. Participantes e Institución	20
3.2. Procedimiento	20
3.3. Resultados iniciales y discusión	22
4. LIMITACIONES Y RELEVANCIA DEL PROYECTO	28
5. CONCLUSIONES	29
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXOS	

RESUMEN

Los mamíferos presentan un comportamiento único y exclusivo dentro del reino animal, en relación con el desarrollo de las glándulas mamarias, y por tanto a la acción de lactar. La conducta maternal, en este grupo, está altamente condicionada por este comportamiento de cuidado. La lactancia materna ofrece múltiples beneficios tanto a la madre como al bebé. En el momento de amamantar-mamar se establece una conexión madre-hijo que condicionarán su relación futura, puesto que la lactancia asienta las bases de la generación del vínculo del apego, iniciándose en el momento del parto e incrementando su intensidad a lo largo del tiempo. Además, la correcta instauración del vínculo materno-filial tiene claros efectos protectores frente a la depresión posparto. Por otro lado, otro impacto positivo de la lactancia materna es que puede ayudar a la consolidación del ritmo sueño-vigilia, paralela a maduración del núcleo supraquiasmático en los bebés, mejorando su calidad de sueño. Así, en el tipo de lactancia, factores como el desarrollo del vínculo materno-filial, la depresión postparto y la maduración del ritmo sueño-vigilia y calidad de sueño, son importantes a tener en cuenta.

Con estos antecedentes se ha propuesto un diseño experimental que contempla estos factores y se ha llevado a cabo un estudio con una muestra reducida de madres y sus bebés que ha permitido valorar la efectividad del diseño.

RESUM

Els mamífers presenten un comportament únic i exclusiu dins del regne animal, en relació amb el desenvolupament de les glàndules mamàries, i per tant a l'acció de alletar. La conducta maternal, en aquest grup, està altament condicionada per aquest comportament de cura. La lactància materna ofereix múltiples beneficis tant a la mare com al nadó. En el moment d'alletar-mamar s'estableix una connexió mare-fill que condicionaran la seva relació futura, ja que la lactància assenta les bases de la generació del vincle matern-filial, iniciant-se en el moment del part i incrementant la seva intensitat al llarg del temps. A més, la correcta instauració del vincle matern-filial té clars efectes protectors enfront de la depressió postpart. D'altra banda, un altre impacte positiu de la lactància materna és que pot ajudar a la consolidació del ritme somni-vigília, paral·lela a maduració del nucli supraquiasmàtic en els nadons, millorant la seva qualitat de somni. Així, en el tipus de lactància, factors com el desenvolupament del vincle matern-filial, la depressió postpart i la maduració del ritme somnio-vigília i qualitat de somni, són importants a tenir en compte.

Amb aquests antecedents s'ha proposat un disseny experimental que contempla aquests factors i s'ha dut a terme un estudi amb una mostra reduïda de mares i els seus fills que ha permès valorar l'efectivitat del disseny.

ABSTRACT

Mammals present a unique and exclusive behavior within the animal kingdom, in relation to the development of the mammary glands, and therefore to the action of breastfeeding. Maternal behavior, in this group, is highly conditioned by this nurturing behavior. Breastfeeding offers multiple benefits to both mother and baby. At that moment, a mother-child connection is established that will condition their future relationship, since breastfeeding lays the foundations for the generation of the attachment bond, beginning at the moment of birth and increasing in intensity over time. In addition, the correct establishment of the maternal-filial bond has clear protective effects against postpartum depression. On the other hand, another positive impact of breastfeeding is that it can help to consolidate the sleep-wake rhythm, parallel to the maturation of the suprachiasmatic nucleus in infants, improving their sleep quality. Thus, in the type of breastfeeding, factors such as the development of the maternal-filial bond, postpartum depression and the maturation of the sleep-wake rhythm and sleep quality are important to take into account.

With this background, an experimental design has been proposed that takes these factors into account and a study has been carried out with a small sample of mothers and their babies to evaluate the effectiveness of the design.

ABREVIATURAS

LM: Lactancia materna

LA: Lactancia artificial

LMX: Lactancia mixta

Ox: Oxitocina

Pr: Prolactina

NSQ: Núcleo supraquiasmático

TP: Temperatura periférica

TCC: Temperatura corporal central (TCC)

DPP: Depresión posparto

HUSE: Hospital Universitario Son Espases

CER: Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de las Islas Baleares

1. INTRODUCCIÓN

La conducta parental engloba al conjunto de comportamientos que llevan a cabo los padres, enfocados al cuidado y supervivencia de sus crías. Esta conducta está extendida entre todos los vertebrados homeotermos, sin embargo, en las hembras de los mamíferos, el desarrollo de las glándulas mamarias la convierten en un caso único que asienta las bases del vínculo materno-filial. La expresión de una serie de patrones conductuales motores; desplegados al final de la gestación, durante y después del parto, proveen de la alimentación y protección, entre otros, necesarios para el desarrollo de la prole (Melo, A. I., & Fleming, A. S., 2006), generando una fuerte interacción madre-cría. Se cree que la conducta maternal surge como consecuencia de una serie de cambios neuroendocrinos que hacen que se originen variaciones en el comportamiento (Rogers & Bales, 2019).

La conducta maternal se desarrolla gracias a la neuroplasticidad del cerebro materno a lo largo de toda esta etapa, que se inicia en el embarazo. De esta forma, entre el primer, tercer y cuarto mes de posparto, se produce un aumento del volumen de la materia gris en el córtex prefrontal (área integradora de información y encargada de la toma de decisiones) así como, alteraciones en diversas áreas del hipotálamo como: el área preóptica medial (motivación maternal y reconocimiento olfativo del bebe), en la *substancia nigra* (regula el sistema de recompensa), el hipocampo (mejora del aprendizaje y la memoria) y la amígdala (procesamiento emocional) (Kinsley, & Meyer, 2010; Escolano-Perez, E., 2013). Además, de cambios neurales, también se producen múltiples variaciones endocrinas, que estimulan la conexión materno-filial. La oxitocina (Ox) y prolactina (Pr) son los neuropéptidos implicados de las vías neurobiológicas subyacentes al inicio y mantenimiento de la conducta maternal. Ambas hormonas están involucradas en la lactancia y parece que facilitan los procesos fisiológicos que ayudan a la adaptación materna en el período posparto (Grattan, 2001; Grattan et al., 2001; Levine, 2007; Gordon, 2010; Bridges, 2015). Destaca el papel de la Ox, durante el trabajo de parto, en la lactancia materna y, junto con la dopamina, constituye el sistema de recompensa-placer. Además, la Ox no solamente tiene efectos sobre la madre, sino que diversos estudios demuestran que esta hormona durante el periodo neonatal tiene un efecto organizativo en el sistema nervioso central (Mex, G. O., 2014).

1.1. Lactancia

1.1.1. Fisiología de la lactancia materna

Como hemos dicho, uno de los rasgos diferenciales de los mamíferos, y que los convierte en un caso único de comportamiento maternal, es la presencia de glándulas

mamarias, responsables de la producción de leche para alimentar a las crías durante su etapa más vulnerable. Éstas, están constituidas por: un tejido glandular, compuesto de alvéolos (formados por células secretoras de leche o lactocitos) y conductos; y un tejido de soporte. La región del pezón y de la areola son zonas altamente inervadas y compuestas por un tejido eréctil, que permitirá adaptarse a la boca del lactante (Valdés, V., & Pérez, A., 2015).

Es a lo largo del embarazo que se culmina el crecimiento y maduración de las mamas. Durante esta etapa se produce: un incremento de las ramificaciones de los conductos, el desarrollo de los galactocitos y de las glándulas de Montgomery, que son unas glándulas que permiten que el lactante se dirija hacia el pecho al secretar un líquido oleoso que produce un olor particular y les permite el reconocimiento de su madre.

En el momento del parto, la Ox provoca las contracciones del útero debido al aumento de los niveles de estradiol y la disminución de los de progesterona. Tras la expulsión de la placenta, se suprime la acción inhibitoria que tienen los esteroides sobre la Pr y se elevan sus niveles por lo que la producción de calostro aumenta rápidamente. Y, es la Ox, que, tras el parto, provoca la eyección de leche por el estímulo de succión. (González Gutiérrez, M. Á., 2020).

La composición de la leche materna, en macro y microelementos, es variable en cada madre (en función de su perfil genético y su estilo de vida), lo que le confiere una configuración exclusiva y única para cada bebé. Además, se ha demostrado su variabilidad circadiana a lo largo del día (Sánchez et al., 2013).

La lactancia materna (LM) es la base de la alimentación, recomendablemente durante los seis primeros meses del bebé, aportándole innumerables efectos beneficiosos, tanto físicos como psicológicos. Ayuda a proteger a los lactantes contra una amplia variedad de infecciones; ayuda a reducir el riesgo de enfermedades alérgicas y autoinmunes, contribuye a disminuir el riesgo de sufrir obesidad y sus complicaciones asociadas; y, además, se ha asociado con mejores resultados en pruebas de desarrollo cognitivo (Wilson & Ogra, 2011). Se ha demostrado el efecto regulador de la lactancia sobre la respuesta al estrés de las madres lactantes, con aumentos de los niveles de Ox plasmática y cerebral y con reducciones paralelas de hormona liberadora de corticotropina (eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal contribuyendo al cuidado materno (Carter et al., 2001; Neumann 2008). Al lactar, se secreta mayor cantidad de Ox y, ésta, controla las reacciones al estrés, además de reforzar el vínculo del apego, con cada toma de lactancia materna.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2017), el porcentaje de bebés alimentados con lactancia materna durante las primeras seis semanas era de un 73,9%; en los primeros tres meses se reducía a un 63,9% y, finalmente, a los seis meses un

39,0%. Por los datos obtenidos, podemos decir que la alimentación a través de lactancia materna es mayoritariamente superior a la lactancia artificial. Aunque tiene una elevada tasa de abandono a medida que transcurren las semanas debido a situaciones que dificultan el mantenimiento y consolidación de ésta.

1.1.2. Lactancia materna vs lactancia artificial

La composición de la leche de cada especie es diferente y está adaptada a las necesidades de sus crías. La leche humana aporta todos los elementos nutritivos que necesita el niño en los 6 primeros meses de vida y sigue siendo un alimento esencial hasta los dos años, complementada con otros alimentos no lácteos. Constituye un fluido vivo y cambiante, capaz de adaptarse a los diferentes requerimientos del niño a lo largo del tiempo (modificando su composición y volumen) y que facilita su adaptación a la vida extrauterina.

Se reconocen tres grandes períodos de lactación en los que la composición de la leche también varía considerablemente:

- Calostro: Leche de los primeros 4-5 días después del parto. Está adaptada a las necesidades específicas del neonato. Presenta un gran contenido en proteínas de fácil absorción, leucocitos y lactoferrinas; y es rico en vitaminas y sustancias bactericidas e inhibidoras de gérmenes.
- Leche de transición: Leche producida durante las 2-3 primeras semanas. Su composición se asemeja a la de la leche madura, aunque contiene una menor concentración de inmunoglobulinas y proteínas.
- Leche madura: Leche a partir de la tercera semana después del parto. Es la que presenta la mayor proporción de proteínas, vitaminas liposolubles y carotenos (García-López, 2011).

También son importantes las oscilaciones que se dan a lo largo del día, que dependen tanto del patrón de dieta de la madre, como de sus ritmos endógenos (variaciones circadianas). Así, la concentración de proteínas y de cortisol (hormona que promueve el estado de alerta) es más elevada durante el día. Y, por otro lado, los niveles de triptófano y/o melatonina son más elevados durante la noche (Sánchez et al., 2013), lo que le confiere un efecto inductor del sueño. Además, parece que se tiene más cantidad de leche y con más grasa por la mañana, cuando han podido pasar más horas desde la última toma. Uno de los componentes relacionados con el sueño que muestra variaciones circadianas es el triptófano, precursor de la melatonina. En el recién nacido la concentración plasmática de triptófano es considerablemente más elevada que la de su madre. El calostro y la leche transitoria contienen concentraciones de triptófano más elevadas que la leche humana del último periodo de lactancia. Además, el contenido de triptófano en la leche materna presenta variaciones circadianas con un contenido

máximo alrededor de las tres de la madrugada. Estos niveles fluctuantes del precursor de la melatonina ayudan a consolidar el ritmo sueño-vigilia ya que conducen a un aumento en los niveles de melatonina excretada por el lactante (Cubero et al., 2005) y pueden suponer una ventaja de la leche materna respecto a la leche artificial, que posee un contenido similar a la leche materna, pero sin las fluctuaciones de ésta. También se ha descrito como la melatonina en la leche materna exhibe un pronunciado ritmo diario con altos niveles durante la noche e indetectables durante el día. Hay que tener en cuenta que durante los dos o tres primeros meses de vida, aunque la glándula pineal del recién nacido es capaz de sintetizar melatonina, lo hace en cantidades muy bajas y su síntesis no responde a los cambios en el ciclo de luz/oscuridad.

Es decir, que una importante característica de la leche materna que a veces se olvida, es que no sólo presenta un contenido nutricional adecuado para el lactante, sino que además las sustancias presentes en la leche varían en concentración a lo largo del día.

1.2. Apego

El apego es el vínculo que se genera entre madre e hijo, y que conlleva consigo una intensa emocionalidad. El apego, o vínculo materno-filial, se inicia en el embarazo y se extiende hasta los primeros años de vida del niño; y condicionará toda nuestra vida, ya que en función del apego establecido se construirá nuestra personalidad y nuestro carácter. En la generación de este tipo de vínculo (Brody, 1981) hay que diferenciar dos conceptos: por un lado, encontramos el concepto de “bonding” (Klaus y Kennell, 1970) que se refiere del vínculo que se genera en las primeras horas de vida del recién nacido (vínculo temprano) y, por otro lado, el concepto de “attachment” (Bowlby, 1986). Este último, se centra en el vínculo que se instaura en los primeros seis meses de vida del bebé, el apego en sí.

Durante el proceso de parto la madre libera toda una serie de endorfinas que le permiten evadirse del dolor del trabajo de parto y, que más tarde, favorecerán la consolidación del vínculo del apego. Además, durante la última fase del parto segregan cortisol y adrenalina, que les permite mantener el estado de alerta. Y, es una vez que el bebé ha salido del útero que, éste, entra en el periodo sensitivo. Este periodo, se considera el inicio del vínculo del apego materno-filial. Minutos después de nacer, el bebé inicia un estado de alerta tranquila que se prolongará hasta unos 60 minutos (Sánchez, M., 2013). Debido a la liberación de cortisol, durante este tiempo, el bebé se mantendrá con los ojos abiertos y las pupilas dilatadas con la mirada atenta en su madre. Es importante que madre e hijo estén en contacto piel con piel, para que así se vayan reconociendo mutuamente y, además, el bebé puede iniciar la lactancia materna a

través de la reptación hacia el pezón de su madre. Centrándonos en el inicio del vínculo, el contacto piel con piel (Brody, 1981) será clave en la instauración de éste, ya que el contacto directo con la madre reduce la tensión generada durante el proceso de parto, creando una sensación placentera que, tanto la madre como el bebé, querrán repetir de forma instintiva. Existen estudios que demuestran que el contacto piel con piel, en el periodo posparto influye positivamente (a corto y largo plazo) en la interacción madre-hijo y a la autorregulación infantil, en comparación con las rutinas posparto que implican la separación de la madre y el bebé (Bystrova, K., et al., 2009). Por ello, es de gran relevancia respetar los procesos fisiológicos naturales durante el parto, para el inicio del establecimiento del vínculo del apego (Pinto, 2007) y también para la instauración exitosa de la lactancia materna (Gerçek et al., 2017).

1.3. Ritmos biológicos. Sueño-vigilia

El dinamismo, de los componentes de la leche materna, puede tener claros efectos en el favorecimiento de la consolidación de los ritmos circadianos durante los tres primeros meses de vida (Wilson, et. al., 2011). Los ritmos circadianos son ritmos de 24 horas o próximos a 24 horas, adaptados a las oscilaciones de los ritmos día/noche o luz/oscuridad y son endógenos, es decir, que el cuerpo es capaz de regularlos sin ninguna fuente externa. La ritmicidad circadiana se controla por los NSQ, un grupo de neuronas localizadas en el hipotálamo, en posición dorsal al quiasma óptico (Cermakian & Boivin, 2009; Kennaway, 2002) (Figura 1).

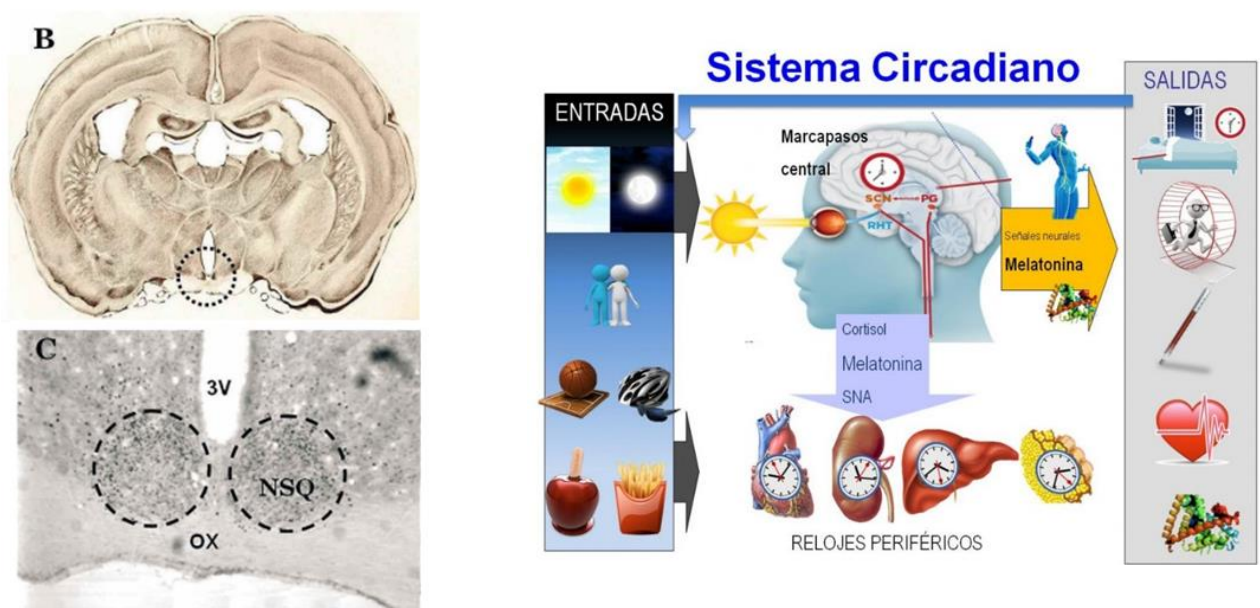


Figura 1. **A la izquierda** localización del NSQ. **B:** Representación de un corte coronal, donde se puede ver la localización del núcleo supraquiasmático, en el círculo con líneas discontinuas. **C:** Fotografía del núcleo supraquiasmático (círculo con líneas discontinuas) junto con el tercer ventrículo (3V) y el quiasma óptico (OX). **A la derecha** representación del sistema circadiano formado por el NSQ como reloj principal y los relojes periféricos. Las entradas y salidas del reloj organizan los ritmos circadianos. *Adaptado de: Guadarrama-Ortiz, et al. (2014). International Journal of Morphology.*

Este ritmo endógeno se reajusta de forma continua por los sincronizadores o “zeitgebers”, agentes externos o internos capaces de encarrilar un ritmo endógeno (Madrid & Rol, 2006), el sincronizador más importante es el ciclo luz-oscuridad (Fuentes Hernández S., 2017) (Figura 1).

Los ritmos circadianos de los bebés se desarrollan paralelamente a la maduración del NSQ, que ocurre en un periodo que va de los 3 a los 6 meses de edad y que hace que el ritmo sueño-vigilia pase de ritmo ultradiano a circadiano (Paavonen et al., 2020; Zornoza-Moreno et al., 2011). El desarrollo del ritmo sueño/vigilia de los bebés va paralelo al ritmo de temperatura corporal central (TCC) y es gradual a lo largo del primer año. El ritmo de TCC se puede considerar así un parámetro indicador del ritmo sueño-vigilia y puede utilizarse para demostrar su asentamiento y evolución (Waterhouse et al., 1999). La TCC se mide de forma viable con sondas rectales, pero es un sistema incómodo y difícil. Un método más cómodo es medir la temperatura de la piel o temperatura periférica (TP) y además se ha demostrado que es más fiable. Si bien la TCC es un buen indicador del inicio o finalización del sueño, se ha demostrado que la probabilidad de dormir tiene una relación temporal más estrecha con el pico de temperatura de la piel distal que con la TCC, lo que sugiere que la somnolencia está más relacionada con la TP (Van Someren, 2004; Raym ann et al., 2007; Zornoza-Moreno et al., 2011) siendo un marcador fiable del sueño.

Desde la semana 30 de gestación, los ritmos circadianos fetales han podido ser observados intra-útero junto con los ritmos de la madre. Al nacer, debe sincronizarse con el entorno exterior mediante importantes señales, como son: ciclo luz/oscuridad, el momento de la alimentación y la exposición a componentes bioactivos como la melatonina, presente en la leche materna, que transfieren información cronobiológica de madre a hijo para ayudar al establecimiento del reloj biológico. La interrupción de estas señales puede afectar el desarrollo de dichos ritmos e influir en la supervivencia y la función en el período neonatal, con el potencial de afectar la salud y el bienestar a lo largo de la vida adulta.

Pocos estudios han comparado la lactancia materna y la lactancia artificial en relación con la consolidación del ritmo de sueño-vigilia (Henderson et al., 2010; Hahn-Holbrook et al., 2019). El diseño experimental propuesto en este trabajo y los primeros resultados pretenden profundizar en el conocimiento del ritmo sueño-vigilia en los bebés en relación a su consolidación y su estabilidad a lo largo de la maduración del núcleo supraquiasmático (NSQ), y observar si la lactancia materna puede contribuir a ello. Cabe esperar que, si la composición de la leche materna varía de forma circadiana en relación a componentes como el triptófano y el péptido inductor del sueño, en comparación con

la leche artificial, los niños alimentados con leche materna presentarán una consolidación del ritmo más rápida y unos patrones de sueño más fisiológicos, con una menor fragmentación en los primeros meses, junto con la adaptación del patrón de la temperatura corporal a un ritmo circadiano (Fuentes-Hernández, 2017). Además, el amamantamiento también contribuye al apego materno-filial, por lo que éste se verá también influido.

1.4. Depresión posparto

El embarazo es una de las etapas más vulnerables, psicológicamente, de la vida de la mujer. Todas las fluctuaciones hormonales convierten esta etapa en un periodo lleno de ansiedades, miedos, inseguridades y cambios psicosociales. Según un estudio sobre la prevalencia global de depresión posparto (Wang, Z., 2021), una de cada cinco mujeres desarrolla depresión posparto (DPP). Concretamente, en España la prevalencia de mujeres con depresión posparto es de 9,09%, una de las cifras más bajas de entre los 80 países que participaron en el estudio.

La depresión posparto se define como la depresión que sufre una mujer tras dar a luz. Mayoritariamente, ocurre dentro de los primeros tres meses después del parto, aunque puede prolongarse hasta un año más tarde. Algunos de los síntomas que ponen de manifiesto la DPP son: el insomnio, cambios de humor, tristeza, ansiedad, culpa y temor, cefaleas e incluso, en los casos más graves ideas suicidas. Algunos de los factores que incrementan el riesgo a sufrirla son: el estrés en general, la falta de apoyo, malos resultados obstétricos (abortos anteriores, el tipo de parto, que el neonato haya sufrido complicaciones tras el parto...), problemas con la lactancia, edad gestacional, antecedentes psiquiátricos, alteraciones en el sueño, cambios hormonales...(Gómea Ayala A.E., 2007).

Debido a la gravedad de los efectos de la DPP queremos dar voz a esta problemática que sufren muchas mujeres y determinar el efecto que presenta la lactancia en ésta. Aunque, actualmente, aún existe cierta controversia sobre si la lactancia es un factor que incrementa el riesgo a padecer este trastorno o, por otro lado, sobre si la lactancia materna protege frente a ésta; Hamdan et. al. (2012), encontraron una relación inversa significativa entre la lactancia materna y la depresión posparto a los 2 y a los 4 meses. Las mujeres que amamantaron a sus hijos experimentaron tasas más bajas de depresión posparto. Se piensa que las mujeres que no amamantan al principio del embarazo corren un mayor riesgo de padecer este trastorno. Los resultados de este estudio indican la importancia de la lactancia materna tanto para la madre como para el bebé. Aunque los mecanismos de la relación entre estas variables, no está claro, se cree que la lactancia materna podría ser un factor protector contra la DPP.

Con estos antecedentes se propuso llevar a cabo un estudio para determinar la influencia de la lactancia en la determinación del vínculo de apego y en la maduración del ritmo sueño-vigilia y calidad de sueño de los bebés. Para poner en marcha el estudio se han tenido muchas dificultades en dos sentidos, el número de madres participantes (que ha sido bajo por el poco tiempo de que se disponía) y el carecer de un número suficiente de ellas para seleccionar tres grupos en base al tipo de lactancia, debido a que la lactancia materna completa, en todos los casos se ha abandonado al primer mes, lo que ha supuesto no poder hacer comparaciones entre los tipos de lactancia y sus vinculaciones sobre el apego o el ritmo sueño-vigilia. En base a ello el estudio se presenta como propuesta de diseño experimental añadiendo los resultados iniciales del reducido número de madres y bebés participantes.

2. PROPUESTA DE DISEÑO EXPERIMENTAL

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

A partir de los antecedentes, cabe suponer que el tipo de lactancia durante los seis meses de vida, puede influir sobre el vínculo materno-filial, la maduración y consolidación del ritmo sueño-vigilia y la calidad de sueño del bebé, así como la posible aparición de depresión postparto (DPP).

A partir de esta hipótesis, se proponen los siguientes objetivos:

- ✓ Evaluar el vínculo afectivo materno-filial en una muestra de madres, inicialmente después del parto y durante un periodo de 6 meses posteriores, en función del tipo de lactancia que deciden dar a sus bebés: materna, artificial o mixta.
- ✓ Evaluar la maduración y consolidación del ritmo circadiano sueño-vigilia de los bebés nacidos de las madres que forman la muestra, inicialmente y durante un periodo de 6 meses, en relación al tipo de lactancia recibida.
- ✓ Evaluar la calidad de sueño de los bebés nacidos de las madres seleccionadas inicialmente y durante un periodo de 6 meses, en relación al tipo de lactancia recibida.
- ✓ Evaluar el posible desarrollo de depresión posparto en las madres que forman parte de la muestra en función del tipo de parto y del tipo de lactancia que decidan dar a sus bebés.

2.1. Metodología

Se propone un estudio observacional, descriptivo, transversal y prospectivo.

Variables dependientes: apego, parámetros circadianos de temperatura periférica, calidad de sueño y depresión posparto.

Variables independientes: tipo de lactancia (materna, artificial y mixta), tiempo transcurrido (primer mes, tercer mes y sexto mes) y tipo de parto (vaginal y cesárea).

2.1.1. Participantes

Las madres se seleccionarán en relación con el tipo de parto y la decisión de dar lactancia materna, artificial o mixta al principio y en un periodo de 6 meses. Para diferenciar los distintos tipos de lactancia, materna, artificial o mixta, se considerará que ésta se lleva a cabo en un período como mínimo de 6 meses seguidos desde el inicio. Este criterio se toma en función de que la maduración del ritmo circadiano sueño-vigilia y su repercusión sobre la calidad de sueño en bebés se manifiesta entre los 3 y 6 meses de edad (Zornoza-Moreno, M., 2011). El reclutamiento se llevará a cabo en centros hospitalarios con intervención de las matronas y en su caso de los pediatras y de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Criterios de Inclusión:
Madres y bebés nacidos entre las semanas 37-41 de gestación. Madres primíparas o múltiparas y que, además, decidan dar lactancia materna, artificial o mixta, y que persistan en el tipo de lactancia durante todo el periodo definido.
- Criterios de exclusión:
Madres y bebés con alguna patología orgánica o neuropsiquiátrica, y que hubiesen presentado consumo de alcohol u otras sustancias de abuso durante el embarazo.

A las madres seleccionadas se les informará del estudio y firmarán el correspondiente consentimiento informado (CI) (**Anexo 1**).

Se asegurará la privacidad y protección de los datos, cumpliéndose la normativa nacional aplicable en cuanto a protección de datos se refiere (Ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos de carácter personal y garantía de los derechos digitales).

2.1.2. Instrumentos y materiales

-Evaluación de vínculo materno-filial, apego

Para evaluar la emocionalidad y el apego entre las madres y los bebés (vínculo materno-filial), se utilizarán dos tests, autoinformados, que evaluarán el desarrollo del apego durante el primer mes, muy relacionado con el tipo de parto y el contacto inmediato piel con piel y el mantenimiento del vínculo a lo largo del periodo definido:

- *Attachment between parientes and newborn children* (validación en español, Vásquez, A. N. V., & Torres, M. P. P., 2020), cuestionario del vínculo entre padres e hijos recién nacidos. (Ver **Anexo 2**)
- *Maternal and paternal postnatal attachment scales, MPAS* (validación española, Riera et al., 2018), cuestionario que analiza el vínculo materno-filial postnatal. (Ver **Anexo 2**).

El primer cuestionario, “*Attachment between parientes and newborn children*”, adaptación española *Maternal Attachment Inventory (MAI)* de Mary Müller, evalúa el vínculo durante el primer mes de vida del bebé y se pasa durante los quince primeros días de vida. Permite determinar la calidad de la instauración del vínculo del apego desde el inicio y es un indicador fiable para la evaluación del vínculo. La adaptación española cuenta con 24 ítems, con una escala de medición de tipo Likert, con cinco opciones de respuesta que se valoran entre 0 y 4. Siendo 0 un nulo vínculo afectivo y 4 un alto vínculo afectivo. Las preguntas se agrupan en base cuatro factores definidos por conceptos:

- Factor 1: Concepto Emocionalidad. Hace referencia a sentirse amado, cuidado y comprendido. Dentro de este factor se incluyen los ítems: 7,14,15,16,19 y 24.
- Factor 2: Concepto Unión-Interacción. Hace referencia al proceso de generación del vínculo madre-hijo. Se incluyen los ítems: 1,2,3,4,5,6 y 20.
- Factor 3: Concepto Apoyo Informativo. Ayuda a la madre a solucionar problemas por si sola, aportándole información útil. Incluye los ítems: 10, 11, 12, 13, 21 y 23.
- Factor 4: Concepto Estrés. Se abordan sucesos de la vida (positivos o negativos) y variables ambientales. Incluye los ítems: 8, 9, 17, 18 y 22.

Para la interpretación de los resultados obtenidos se tiene que analizar por separado las respuestas en función del factor al que pertenezcan. Además, se determina que los resultados que presenten una puntuación total (con los 4 factores) menor o igual a 85 indica un vínculo afectivo entre el neonato y la madre bajo. Mientras que al puntuar un valor igual o superior a 90 indica que el vínculo afectivo entre el neonato y la madre es alto (Vásquez, A. N. V., 2020).

El segundo cuestionario, “*Maternal and paternal postnatal attachment scales, MPAS and PPAS*”, adaptación española (del original del MPAS, evalúa el vínculo postnatal. Se pasa durante los 6 meses posteriores al nacimiento y en tres momentos que coinciden con el proceso de maduración del ritmo sueño-vigilia: al final del primer mes, al final del tercer mes y a finales del sexto mes de vida del bebé. Cuenta con 15 ítems, divididos en tres factores. El primer factor se corresponde con “la calidad del vínculo”.

Es decir, cuánta satisfacción o confort le proporciona a la madre la interacción con su hijo. El segundo factor es “la ausencia de hostilidad”; que se define como la falta de sentimientos negativos hacia su bebé. Y, finalmente, el tercer factor es “el placer en la interacción”, definido como cuanto desea la madre volver a compartir tiempo con el bebé, por los sentimientos que le hace experimentar el vínculo (Riera et al., 2018).

Las puntuaciones van de 1 a 5 para cada factor según representen mayor o menor vínculo madre-hijo: desde 1 punto (grado de unión madre-hijo baja) a 5 (grado de unión madre-hijo alta). Se obtiene la puntuación final sumando los resultados de las puntuaciones de los 3 factores (entre 75 y 15 puntos). Cuanto más alta es la puntuación significa que el vínculo madre-hijo es más intenso.

-Evaluación de la posible manifestación de depresión posparto

Para analizar la aparición de depresión posparto se utilizará la Escala de depresión posparto de Edimburgo (EPDS: Cox, Holden y Sagovsky, 1987) (Riera et al., 2018). Este cuestionario se pasará una sola vez a las madres participantes, durante el primer mes tras el parto. El cuestionario consta de 10 ítems con una escala de valoración que va desde el 0 (no hay síntomas de DPP) a 3 (indica que hay síntomas de DPP). (Ver **Anexo 3**)

-Evaluación de la maduración y consolidación del ritmo sueño-vigilia



Figura 2. Fotografía real del iButton

Se analizará utilizando el registro de la temperatura periférica (TP) que, como se ha mencionado, es un buen marcador cronobiológico de la maduración y consolidación del ritmo sueño-vigilia. Para ello se utilizará un sistema de registro ambulatorio, mediante el dispositivo Datalogger (Termochron iButton. DS1291H, Maxim Integrated Products, Sunnyvale, CA) (ver características en **Anexo 4**).

El dispositivo registra la TP cada 10 minutos obteniendo el ritmo circadiano de temperatura, parámetro marcador del ritmo sueño-vigilia. El dispositivo es un pequeño botón que se adhiere fácilmente a un tejido (Figura 2). El dispositivo se colocará en contacto con arteria tibial del bebé en el tobillo, mediante un calcetín especial (Figura 3) que se pondrá a disposición de los bebés.



Figura 3. Fotografía real de la colocación del dispositivo Termochron iButton en el tobillo de los bebés. Señalado con una flecha y un círculo es donde se encuentra el dispositivo.

Se registrará la TP durante un periodo de tres días, al finalizar el primer, tercer y sexto mes de vida del bebé.

-Evaluación de la calidad de sueño

Para evaluar la calidad subjetiva de sueño del bebé, paralelo al estudio del ritmo de TP, se utilizará el cuestionario de Calidad de Sueño adaptado a bebés (*Adaptado de A. Sadeh. BISQ. Brief Infant Sleep Questionnaire*), que cumplimentarán los padres. Se pasará al final del primer, tercer y sexto mes de vida del bebé (ver **Anexo 6**). El BISQ detecta las rutinas de sueño de los lactantes, siendo una herramienta válida para la valoración del sueño en niños menores de 30 meses (Sanz et al., 2013). Este cuestionario presenta cinco medidas: 1) Duración del sueño nocturno (a partir de las 21 de la noche), 2) Duración del sueño diurno (a partir de las 9 de la mañana), 3) Tiempo de asentamiento (tiempo de latencia en quedarse dormido por la noche), 4) Número de despertares nocturnos y 5) Tiempo en que esta el bebé despierto durante la noche (en horas) (Sadeh, A., 2004). Además, contiene una serie de preguntas específicas para completar esta información: 1) ¿Cómo duerme el bebé? 2) ¿Cómo suele dormir el bebé? 3) ¿Cómo se duerme su niño/a? Y 4) ¿Considera que el sueño de su hijo/a es un problema?

Para complementar la información obtenida con el cuestionario se utilizará también una agenda de sueño (Figura 4) a cumplimentar por los padres, que recoge las horas de actividad y sueño de día y de noche, siendo un método cuantitativo y obteniendo información específica sobre el sueño del bebé como son, el tiempo de sueño nocturno y diurno y el número de despertares. Cualquier observación adicional sobre el tiempo de sueño o vigilia del bebé se añadirá a la información de la agenda.

FECHA:

7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00

19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00

Figura 4. Fotografía de la Agenda de sueño utilizada.

2.1.3. Análisis de datos

Se utilizará el programa Microsoft® Excel 2021 para la organización de los datos de las variables dependientes y la estadística descriptiva.

Para analizar los cuestionarios se categorizarán numéricamente las respuestas obtenidas mediante tablas descriptivas.

A partir del registro obtenido con el sensor de temperatura iButton, los datos se analizarán con el programa "Circadianware" (v7.1.1.) (Campos et al., 2010), para el análisis de las variables circadianas. Este programa calcula los valores promedio a lo largo de las 24 horas del día. Después, se procede a integrar los datos de TP para obtener los resultados conjuntos de las distintas variables durante el ritmo sueño-vigilia. Así, el software permite llevar a cabo un análisis paramétrico, análisis del coseno, obteniendo los principales parámetros del ritmo: el méSOR (valor mediano de la variable estudiada), la acrofase (hora del día en la que se registra el valor máximo) y la amplitud (diferencia entre el méSOR y el valor máximo), así como el test de Rayleigh que se puede considerar como una medida de la estabilidad del ritmo durante días sucesivos (Díez-Noguera et al., 2006; Haffen, 2009) (Figura 5).

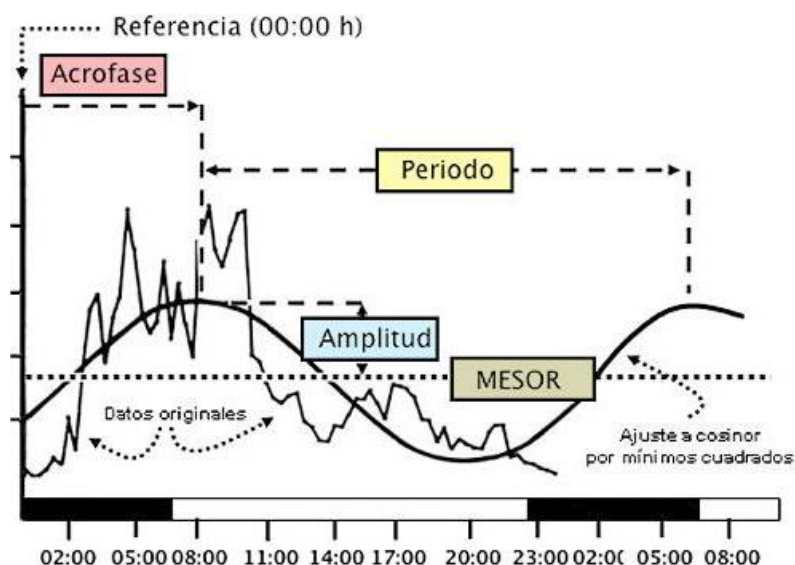


Figura 5. Diagrama de los parámetros que definen un ritmo circadiano
Adaptado de Touitou & Haus, 1994

El software permite, además, llevar a cabo análisis no paramétrico de los resultados, obteniendo el cálculo de variables adicionales (Ortiz-Tudela, 2010):

- **IE (Índice Estabilidad Interdiaria):** cuantifica la regularidad del patrón rítmico. Varía entre 0 y 1 (siendo 0 una estabilidad nula y 1 una estabilidad perfecta).
- **IV (Índice Variabilidad Intradía):** cuantifica la fragmentación del ritmo y varía entre 0 cuando la onda es sinusoidal y 2 para la curva gaussiana.
- **AR (Amplitud Relativa):** se calcula como la diferencia de 5 horas consecutivas de valores máximos y 10 horas consecutivas de valores mínimos dividida por la suma de las dos.
- **CFI (Índice de Función Circadiana):** calculado a partir del promedio de las tres variables, IE, IV y AR y oscila entre 0 (ausencia de ritmicidad circadiana) y 1 (un ritmo circadiano robusto) (Ortiz-Tudela et al., 2010).

3. PUESTA A PUNTO Y RESULTADOS INICIALES.

Para hacer una puesta a punto del diseño experimental propuesto se llevó a cabo un estudio inicial con un número reducido de madres embarazadas y sus bebés, que, si bien no permitió obtener resultados objeto de análisis estadístico, si permitió valorar el funcionamiento y detectar posibles incidencias y aspectos de mejora.

3.1. Participantes e Institución

Se seleccionaron cinco madres embarazadas que dieron a luz en el servicio de ginecología del Hospital Universitario Son Espases, entre octubre y noviembre de 2022, (según criterios de inclusión y exclusión mencionados en el apartado 2.1.1). El Hospital Universitario Son Espases (HUSE) pertenece al Servicio de Salud, adscrito al Sector Sanitario Ponent. Es el hospital público de referencia para más de 330.000 habitantes de Palma y los municipios de Andratx, Calvià y Esporles. Se trata de un hospital de nivel III para atender aproximadamente a un millón de habitantes de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares.

En las Tablas 1 y 2 se describen los datos de las madres participantes y de los bebés.

Tabla 1. Características de la muestra de estudio (n=5: M1 a M5). (*Set. de gestación, semana de gestación; C.U., cesárea de urgencia; Ex del parto, experiencia del parto; MB, muy buena; B, buena; R, regular*).

	Edad	Set. Gestación	Primer parto	Tipo de parto		Piel con piel	Tipo de lactancia			Ex. del parto		
				Eutóxico	C. U		Materna	Artificial	Mixta	MB	B	R
M1	38	39+4	Si		-	Diferido	*		-			-
M2	29	39	Si	-		Si	*	-			-	
M3	36	40+2	Si		-	Diferido			-	-		
M4	38	39+1	No	-		Si		-			-	
M5	35	40+5	Si		-	Diferido		-				-

Nota: (*) durante el primer mes optaron por dar lactancia materna, pero al tercer mes cambiaron a lactancia mixta y a lactancia artificial, respectivamente.

Tabla 2. Características de los bebés de la muestra de estudio (n=5).

Madre	Sexo	Fecha de nacimiento	Peso al nacer
M1	F	29/10/2022	3135
M2	F	19/11/2022	2850
M3	M	15/11/2022	3160
M4	M	18/11/2022	2920
M5	M	30/10/2022	3530

3.2. Procedimiento

Se puso en marcha el diseño experimental propuesto mediante un protocolo que se dividió en las siguientes fases:

Fase 1: Preparación de la documentación e información a los servicios implicados. En septiembre de 2022, se realizaron los trámites con la Comisión de Investigación del HUSE, el Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de las Islas Baleares (CER) y la Dirección de enfermería del HUSE. Se llevaron a cabo las reuniones pertinentes para establecer el plan de trabajo y cronograma en la UH1N (Servicio de Ginecología y Obstetricia del HUSE) (ver **Anexo 1**). Se obtuvieron los

informes favorables tanto de la Comisión de Investigación del HUSE como del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de las Islas Baleares (CI-HUSE/ CI-686-22 y CEI-UIB/ n 293CER22). La identidad de los participantes estuvo codificada en los documentos del estudio y se informó a los participantes de manera expresa, precisa e inequívoca de que sus datos se incluirían en una base de datos, utilizada únicamente con fines de investigación, sin identificar a los participantes de ninguna manera.

Fase 2: Reclutamiento. La primera toma de contacto con las madres y sus bebés fue llevada a cabo por las matronas del hospital, durante los primeros días en que mantenían el ingreso hospitalario, en seguimiento por la UH1N. Se les explicó los objetivos del estudio y el plan de trabajo y las mujeres decidieron libre y voluntariamente su participación en el estudio y firmaron el consentimiento informado (ver **Anexo 1**). Este reclutamiento se llevó a cabo durante los meses de octubre y noviembre de 2022.

Fase 3: Recogida de datos. A principios de los meses de noviembre y de diciembre se hicieron reuniones presenciales con los padres y madres para explicarles detalladamente el proyecto y, entregarles el dispositivo Datalogger iButton.

La colocación de los sensores y la cumplimentación de los diferentes cuestionarios se llevó a cabo en dos tandas: *i.* a partir de la segunda quincena de noviembre (mes 1, noviembre; mes 3, enero; mes 6, abril). *ii.* a partir de la segunda quincena de diciembre (mes 1, diciembre; mes 3, febrero; mes 6, mayo). Todos los cuestionarios se pusieron a disposición de los padres vía en línea o en papel, a su preferencia: “Test del vínculo entre padres e hijos recién nacidos”; “Cuestionario apego postnatal” (se realizaba sólo una vez al final del primer, tercer y sexto) y “Cuestionario de calidad del sueño”. El “Cuestionario de la evaluación de depresión posparto” se pasó solo una vez a todas las madres durante el primer mes. Los cuestionarios, al ser autoinformados, se cumplimentaban en el domicilio.

Paralelamente, y al inicio de los periodos descritos, se colocaba el dispositivo de temperatura a los bebés que lo llevaban durante 5 días (ver Figura 3). Es importante remarcar que durante todo el periodo en que, los bebés llevaban el dispositivo debían cumplimentar también la agenda de sueño.

Fase 4: Análisis de los datos. Los datos recogidos de las diferentes variables se analizaron mediante estadística descriptiva. Este proceso se inició el mes de mayo y junio de 2023.

Se puede ver el cronograma descrito en el **Anexo 7**.

3.3. Resultados iniciales y discusión

- Cuestionario de apego madre-recién nacido

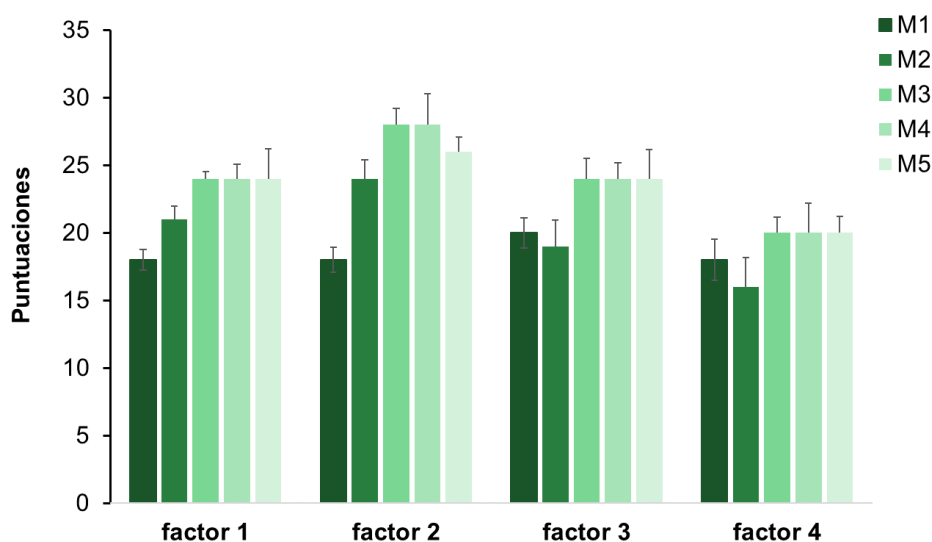


Figura 1. Resultados del cuestionario de apego madre-recién nacido (*“Attachment between parientes and newborn children”*) (puntuaciones \pm SEM).

En la Figura 1 podemos observar las puntuaciones globales obtenidas, por las cinco madres, en el test del establecimiento del vínculo materno-filial. Las puntuaciones hacen referencia a los distintos factores de agrupación de las respuestas: factor 1, emocionalidad; factor 2, unión-interacción; factor 3; apoyo informativo; factor 4, estrés (descritas en el apartado 2.1.2). Se puede hacer un análisis descriptivo: observamos que existe cierta homogeneidad entre las puntuaciones obtenidas entre M3, M4 y M5 en relación con casi todos los factores y además con las puntuaciones más elevadas. M1 y M2 son las que presentan las puntuaciones más bajas y también coincidentes en la mayoría de factores. El factor 2 es el que presenta mayor heterogeneidad y sigue siendo la M1 la que obtiene menor puntuación y M3 y M4 con las puntuaciones más elevadas en relación con los demás factores. Este factor, hace referencia, en concreto, al establecimiento del vínculo, por lo que podemos deducir que, en todos los casos, el inicio del vínculo es favorable. Aunque las puntuaciones totales que presentan M3, M4 y M5 (superiores a 90) representan un vínculo afectivo más intenso si las comparamos con M1 y M2 (por debajo de 90). M1 y M2 dieron lactancia materna (Tabla 1), pero solo el primer mes, con lo cual desafortunadamente no es posible establecer diferencias con el resto de madres en este sentido.

-Cuestionario de depresión postparto (DPP)

Muchos autores describen la influencia del estado psíquico de la madre en el establecimiento correcto del vínculo materno-filial. Factores como el grado de ansiedad materna (Allison et al., 2011; Talge et al., 2007), la presencia de depresión (Alhusen et al., 2013), el estrés percibido (DiPietro, 2012), incluso los factores socio-económicos poco favorables (Alhusen et al., 2012), pueden influir en el desarrollo del apego. En relación a ello puede ser interesante comparar los resultados anteriores con el test de depresión postparto (DPP) pasado a las madres (Figura 2). M2 y M5 son las que presentan una puntuación más elevada (a mayor puntuación mayor propensión a la DPP). Si bien estos resultados podrían estar relacionados con las menores puntuaciones de apego en M2, no es así con M5 (Figura 1).

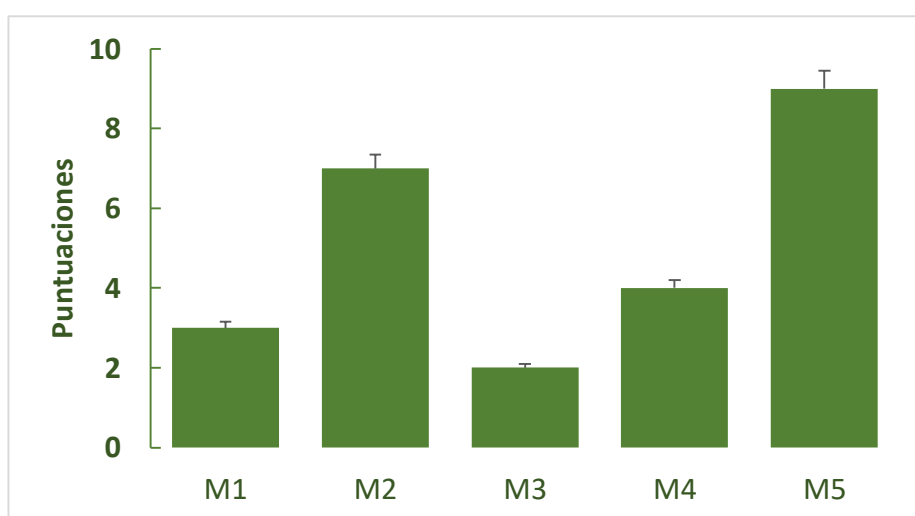


Figura 2: Resultados test DPP, “Escala de depresión postparto de Edimburgo” (puntuaciones \pm SEM).

Cuestionario de apego postnatal (MPAS)

Por otro lado, tampoco los resultados de DPP parecen condicionar la consolidación del vínculo a largo plazo como puede observarse en la Figura 3, y según lo que opinan ciertos autores que afirman que las mujeres que han desarrollado la empatía y la sensibilidad en el momento del nacimiento tienden a manifestar un vínculo más estrecho y una mayor capacidad para ofrecer una respuesta adecuada y contingente a las necesidades del recién nacido (Siddiqui & Hägglöf, 2000), siendo muy dependiente del estado psicológico de la madre (Roncallo et al., 2015). Así, la Figura 3 presenta los resultados obtenidos del *Maternal and paternal postnatal attachment scales*, MPAS que evalúa el vínculo postnatal. Esta Figura presenta los resultados obtenidos con el test y su evolución a lo largo de los seis meses de vida del bebé. Las madres M1 y M2 presentan los valores más bajos en comparación con el resto. Estos resultados parecen estar de acuerdo con los obtenidos en el vínculo de apego del recién

nacido (Figura 1), en que las madres M1 y M2 también eran bajas. El vínculo se mantiene o incluso aumenta en algunos casos respecto al primer mes, aunque no es así para la madre M3 o incluso M4. Parece no haber vinculación con los resultados de DPP, en que las madres M2 y M5 presentaban los resultados más elevados. De forma global, en todos los casos se ve una evolución favorable del vínculo materno-filial, durante de los seis primeros meses.

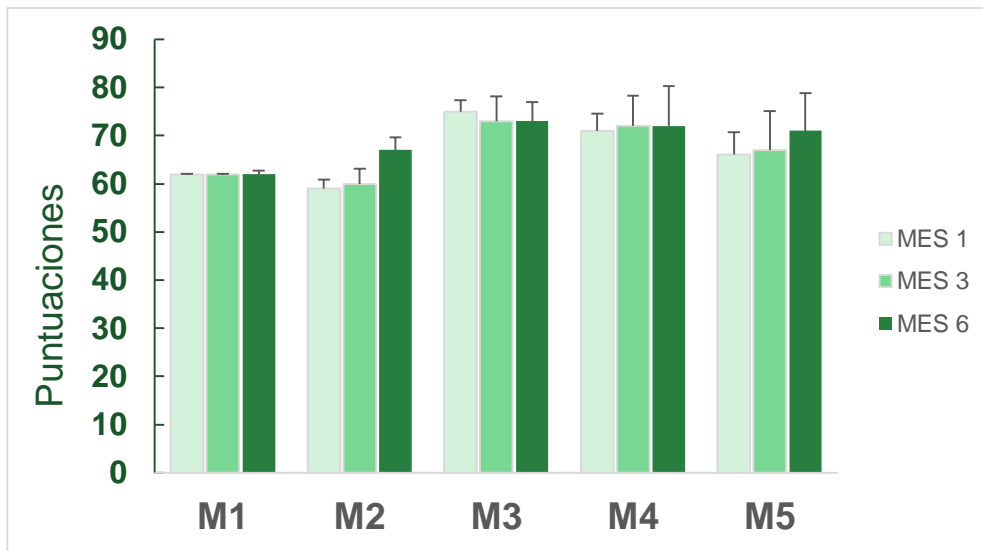


Figura 3. Resultados del cuestionario de apego que analiza el vínculo materno-filial (*“Maternal and paternal postnatal attachment scales, MPAS”*).

Maduración y consolidación del ritmo sueño-vigilia

Para el estudio de la maduración de los ritmos circadianos se pueden analizar los parámetros de temperatura obtenidos. Los resultados de los registros de TP permiten analizar el ritmo sueño-vigilia y su posible maduración a lo largo de los 6 meses en que se obtuvieron los registros, como ya se ha mencionado anteriormente (Figura 4).

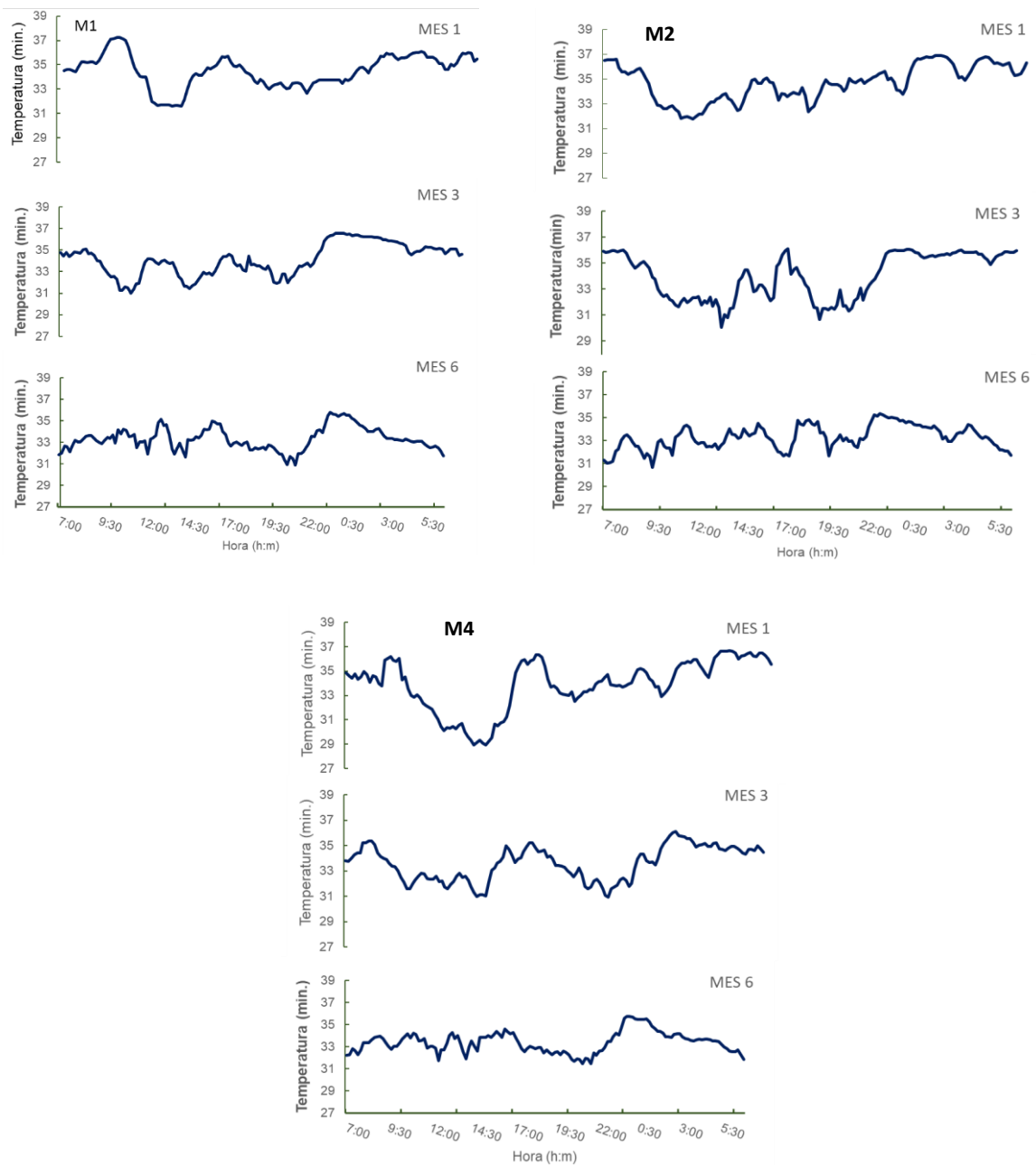


Figura 4. Resultados del registro de TP en 24 horas (ritmo circadiano) a lo largo de los seis primeros meses, de las madres M1, M2 y M4

Se trataba de observar la posible maduración del ritmo sueño-vigilia de los recién nacidos a lo largo de los 6 meses paralelamente a la maduración del NSQ. El objetivo era comparar la lactancia materna con la lactancia artificial y comprobar si la maduración del ritmo de TP se producía de forma más rápida en el caso de la lactancia materna. Resultados iniciales (Zornoza et al., 2011) demostraban que la maduración en condiciones normales se produce alrededor del sexto mes de vida, sin diferenciar entre el tipo de lactancia. En la introducción hemos mencionado que la leche materna posee una serie de componentes, entre ellos el triptófano, con concentraciones variables a lo

largo de 24 horas, ayudando a conciliar el sueño. Contamos con los resultados de TP de solo tres niños (nacidos de las madres M1, M2 y M4) y además con poca consistencia respecto a la lactancia de continuidad. Así, las madres M1 y M2 optaron por la LM solo durante el primer mes, cambiando a LMX y LA respectivamente. La madre M4 dio LA desde el primer mes. En estas condiciones solo nos permite hacer un estudio descriptivo de la evolución del ritmo de TP. Observando la Figura 4, podemos ver que en el primer mes parece que ya presentan unas oscilaciones de temperaturas correctas. Hay que recordar que la TP posee el valor máximo coincidiendo con el mínimo de actividad y la mayor tendencia al sueño (entre las 3:00 y las 4:00h de la noche) y el mínimo a media mañana (entre las 12:00 y las 14:00h), a la inversa de lo que pasa con la temperatura central (TC). Observando las tres gráficas, ya durante el primer mes se puede inferir el ritmo entre el día y la noche, más acentuado en el caso del hijo de M4. El ritmo va definiéndose mejor a lo largo del tercer mes, sin embargo, a lo largo del 6º mes los hijos de las madres M1 y M2 parece que presentan una ritmicidad menor. Los resultados de las gráficas se pueden analizar numéricamente a partir del software “Circadianware” (v7.1.1.) (Campos et al., 2010), que permite analizar los valores de las variables circadianas mediante técnicas no paramétricas (Tabla 3), obteniendo aquellos parámetros numéricos que definen el ritmo.

Tabla 3. Parámetros Circadianware.

		PARÁMETROS CIRCADIANOS (TP)								
		Mesor	Amplitud	Acrofase	Rayleigh	% Ritmo	IE	IV	AR	CFI
M1	MES 1	34,67 ± 0,214	0,95 ± 0,30	4:56	0,64	11,55	0,52	0,11	0,033	0,50
	MES 3	34,067 ± 0,19	1,6 ± 0,27	1:29	0,64	25,3	0,48	0,10	0,048	0,49
	MES 6	33,67 ± 0,15	0,32 ± 0,21	2:30	0,54	3,31	0,34	0,20	0,020	0,42
M2	MES 1	34,98 ± 0,15	1,27 ± 0,22	2:54	0,97	22,24	0,40	0,12	0,035	0,46
	MES 3	34,083 ± 0,24	1,74 ± 0,33	3:42	0,35	26,15	0,44	0,077	0,045	0,48
	MES 6	33,77 ± 0,18	0,81 ± 0,25	0:43	0,69	4,84	0,30	0,14	0,028	0,42
M4	MES 1	33,89 ± 0,23	1,75 ± 0,33	3:17	0,58	26,45	0,53	0,08	0,05	0,52
	MES 3	33,59 ± 0,21	1,023 ± 0,30	3:30	0,55	9,53	0,35	0,14	0,03	0,44
	MES 6	33,67 ± 0,15	0,32 ± 0,21	2:30	0,54	3,31	0,34	0,20	0,020	0,42

Si atendemos a lo descrito en la literatura (Zornoza et al., 2011), se debería observar una disminución del mesor o temperatura media a lo largo de los 6 meses, hecho que sí ocurre en los tres casos, pero en los otros parámetros obtenidos la evolución hacia una mayor maduración del ritmo parece que no ocurre. Deberíamos encontrar una mayor amplitud y amplitud relativa (AR), una mayor estabilidad del ritmo (IE) y una menor fragmentación (IV), lo que indicaría una tendencia a la consolidación del ritmo. El CFI, uno de los parámetros que mejor definen la estabilidad del ritmo, tampoco parece que siga la tendencia hacia una mejor consolidación. Contamos con muy pocos registros que además no se pueden diferenciar según el tipo de lactancia,

para poder sacar conclusiones. Algunos factores, como la temperatura ambiental o la actividad pueden enmascarar el ritmo. Tal vez hubiera sido importante descartar aumentos de temperatura ambiental o tener en cuenta aquellos bebés que duermen con los padres.

Si bien no contamos con resultados fiables o concluyentes en relación al ritmo sueño-vigilia, sí que contamos con los resultados de calidad de sueño a partir del cuestionario BISQ (*Brief Infant Sleep Questionnaire*). Los resultados se presentan en la Tabla 4

Tabla 4. Resultados del cuestionario de calidad de sueño (BISQ). A la derecha se presentan los resultados de una muestra control.

		SD	SN	DN	AS
1 MES	M1	7,5	10	2,5	0,75
	M2	8	10,5	3	0,17
	M3	7,5	6,5	2	1,0
	M4	6	8	3	0,5
	M5	7	9	2	0,4

3 MES	M1	4,5	9,5	1	0,83
	M2	5,5	9,5	1	0,25
	M3	4	9,0	0	0,8
	M4	7,5	7,5	0	0,2
	M5	6	10	2	0,5

6 MES	M1	2	9	0	0,08
	M2	3,5	9,0	0	0,3
	M3	3,5	9,0	0	0,3
	M4	5	9	0	0,3
	M5	4,5	9,5	1,5	0,5

Medidas BISQ	Muestra Control
Duración sueño nocturno, h	9.67 ± 1.08
Duración sueño diurno, h	2.32 ± 0.79
Tiempo de asentamiento, h	0.38 ± 0.33
Despertares nocturnos, h	0.34 ± 0.34

SD= Duración sueño diurno, h; SN= Duración sueño nocturno, h; DN= Despertares nocturnos, h; AS= Tiempo de asentamiento, h

Podemos observar que en todos los casos a lo largo de los meses hay un aumento de las horas de sueño nocturno, en el sexto mes duermen un promedio de 9,1 horas por la noche y un promedio de 3,7 horas por la mañana (duración algo mayor de lo normal) Asimismo, hay una disminución del número y el tiempo de despertares nocturnos a medida que pasa el tiempo. Estos datos pueden hacer pensar que la calidad de sueño aumenta, aunque no se corresponda con el patrón de TP. Sin embargo, la evolución a lo largo de los meses en las 5 madres no permite afirmar que se produzca una maduración del ritmo (Tabla 4). Se compararon estos resultados con los obtenidos de las agendas de sueño (datos no presentados) sin observar cambios a destacar.

4. LIMITACIONES Y RELEVANCIA DEL PROYECTO

A continuación, se detalla las limitaciones que se encontraron al ejecutar este trabajo:

-En primer lugar, no fue posible encontrar el número de participantes deseados y en algún momento del estudio, algunos de los participantes abandonaron (principalmente por motivos de tensión en el cuidado del bebé).

-Otra de las grandes limitaciones del estudio, es la nula representación de lactancia materna, debido a que muchas madres al principio deciden dar lactancia materna exclusiva, pero a lo largo de los meses debido al desarrollo de complicaciones (mala instauración de la lactancia, problemas de succión del bebé, aparición de dolencias en la madre, incompatibilidad con el trabajo, etc.) optan por cambiar a lactancia mixta o a lactancia artificial. O, por otro lado, durante el análisis de los resultados, tener que rechazar la utilización de algunos datos debido a que eran erróneos, posiblemente, por fallos en los dispositivos de registro de la temperatura.

Como ya se ha mencionado, en la puesta en marcha del diseño hay que contar con un número de madres mayor y que estas puedan mantener una continuidad en el tipo de lactancia. Esta será la mayor dificultad. Para esto y paralelamente a la puesta en marcha del diseño hay que instaurar programas de estímulo una lactancia materna de éxito. Si se solventa, el trabajo presentado es relevante porque puede demostrar los efectos beneficios sobre el apego y el sueño y por tanto el bienestar del bebé y de la madre. De ello dependerá también la difusión de los resultados en el sentido de aportar más información sobre el sueño de los bebés y sus repercusiones tanto sobre el bebé como también sobre los padres.

5. CONCLUSIONES

-La propuesta de diseño experimental descrita en este estudio ha contemplado aquellos aspectos que pueden influir en el desarrollo del vínculo del apego y de la maduración del ritmo sueño-vigilia (a través del ritmo de temperatura) en relación al tipo de lactancia.

-La puesta a punto del diseño propuesto ha permitido descubrir aquellos aspectos que van a necesitar de mejoras o de cambios: 1. Si bien la Lactancia Materna (LM) tiene una alta incidencia en la población, no ocurre así cuando se trata de la continuidad de la misma. Hay que contemplar este hecho en la selección de una muestra representativa de madres de cada tipo de lactancia. 2. La maduración del ritmo de sueño-vigilia en el bebé no parece que se complete a los 6 meses, a pesar de la literatura existente. Según los resultados obtenidos en este estudio, parece que se requiere de un tiempo mayor, por lo que un estudio adecuado debería contemplar analizar el ritmo de los bebés hasta 1 año de edad. 3. Se debería profundizar más en el desarrollo de DPP evaluando otros factores que pueden incidir en el desarrollo de la depresión y por tanto en la vinculación con el apego y con el éxito de la LM. 4. Deberían tenerse en cuenta otros factores que pueden influir en la calidad de sueño del bebé, como analizar el sueño de los padres, las horas de alimentación del bebé, la actividad motora y la intensidad de luz recibida.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhusen, J. L., Gross, D., Hayat, M. J., Rose, L. y Sharps, P. (2012). The role of mental health on Maternal-Fetal attachment in Low-Income women. *Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing*, 41, E71-E81.
- Alhusen, J. L., Hayat, M. J. y Gross, D. (2013). A longitudinal study of maternal attachment and infant developmental outcomes. *Archives of Women's Mental Health*, 16, 521-529.
- Allison, S. J., Stafford, J. y Anumba, D. O. (2011). The effect of stress and anxiety associated with maternal prenatal diagnosis on feto-maternal attachment. *BMC Women's Health*, 11, 33.
- Bowlby, J. (1986). Vínculos afectivos. *Madrid: Ediciones Morata*.
- Bridges, R. S. (2015). Neuroendocrine regulation of maternal behavior. *Frontiers in neuroendocrinology*, 36, 178-196.
- Brody, S. (1981). The concepts of attachment and bonding. *Journal of the American Psychoanalytic Association*, 29(4), 815-829.
- Buckley, S. J. (2015). Hormonal physiology of childbearing: Evidence and implications for women, babies, and maternity care.
- Bystrova, K., Ivanova, V., Edhborg, M., Matthiesen, A. S., Ransjö-Arvidson, A. B., Mukhamedrakhimov, R., ... & Widström, A. M. (2009). Early contact versus separation: effects on mother-infant interaction one year later. *Birth*, 36(2), 97-109.
- Campos, M., Morales, R., Madrid, J. A., Rol, M. A., Sosa, J., & Sosa, M. (2010). Circadianware. *Spain Patent* 8, 183
- Carter, C. S., Altemus, M., & Pchrousos, G. (2001). Neuroendocrine and emotional changes in the post-partum period. *Progress in brain research*, 133, 241-249.
- Cermakian N, Boivin DB. (2009). The regulation of central and peripheral circadian clocks in humans. *Obes. Rev.* 10:25-36.
- Cubero, J., Valero, V., Sánchez, J., Rivero, M., Parvez, H., Rodríguez, A. B., & Barriga, C. (2005). The circadian rhythm of tryptophan in breast milk affects the rhythms of 6-sulfatoxymelatonin and sleep in newborn. *Neuroendocrinology Letters*, 26(6), 657-662.
- Díez-Noguera, A., Madrid-Pérez, J. A., & Rol de Lama, M. A. (2006). Representación gráfica y análisis de datos en *Cronobiología. Cronobiología básica y clínica*. Madrid: Editec@ red SL, 102-107.
- DiPietro, J. A. (2010). Psychological and psychophysiological considerations regarding the maternal-fetal relationship. *Infant and Child Development*, 19, 27-38.
- Escolano-Pérez, E. (2013). Maternal brain and its implications for the human development. *Revista de Neurología*, 56(2), 101-108.
- García-López, R. (2011). Composición e inmunología de la leche humana. *Acta pediátrica de México*, 32(4), 223-230.
- Gerçek, E., Sarıkaya Karabudak, S., Ardiç Çelik, N., & Saruhan, A. (2017). The relationship between breastfeeding self-efficacy and LATCH scores and affecting factors. *Journal of clinical nursing*, 26(7-8), 994-1004.
- Gómea Ayala AE. (2007) Depresión en el embarazo y el posparto. *Offarm* ; 26(1):44-53.

González Gutiérrez, M. Á. (2020). Aportaciones a la lactancia de éxito desde un enfoque cronobiológico.

Grattan, D. R. (2001). The actions of prolactin in the brain during pregnancy and lactation. *Progress in brain research*, 133, 153-171.

Grattan, D. R., Pi, X. J., Andrews, Z. B., Augustine, R. A., Kokay, I. C., Summerfield, M. R., ... & Bunn, S. J. (2001). Prolactin receptors in the brain during pregnancy and lactation: implications for behavior. *Hormones and Behavior*, 40(2), 115-124.

Guadarrama-Ortiz, P., Ramírez-Aguilar, R., Madrid-Sánchez, A., Castillo-Rangel, C., Carrasco-Alcántara, D., & Aguilar-Roblero, R. (2014). Controladores del tiempo y el envejecimiento: núcleo Supraquiásmático y glándula pineal. *International Journal of Morphology*, 32(2), 409-414.

Hahn-Holbrook, J., Saxbe, D., Bixby, C., Steele, C., & Glynn, L. (2019). Human milk as "chrononutrition": implications for child health and development. *Pediatric research*, 85 (7), 936-942.

Hamdan, A., & Tamim, H. (2012). The relationship between postpartum depression and breastfeeding. *The International Journal of Psychiatry in Medicine*, 43(3), 243-259.

Henderson, J. M., France, K. G., Owens, J. L., & Blampied, N. M. (2010). Sleeping through the night: the consolidation of self-regulated sleep across the first year of life. *Pediatrics*, 126(5), e1081-e1087.

Kennaway DJ. (2002). Programming of the fetal suprachiasmatic nucleus and subsequent adult rhythmicity. *Trends Endocrinol. Metab.* 13:398–402.

Kinsley, C. H., & Meyer, E. A. (2010). The construction of the maternal brain: Theoretical comment on Kim et al.(2010).

Klaus, M. H., Kennell, J. H., Plumb, N., & Zuehlke, S. (1970). Human maternal behavior at the first contact with her young. *Pediatrics*, 46(2), 187-192.

Levine, A., Zagoory-Sharon, O., Feldman, R., & Weller, A. (2007). Oxytocin during pregnancy and early postpartum: individual patterns and maternal–fetal attachment. *peptides*, 28(6), 1162-1169.

Melo, A. I., & Fleming, A. S. (2006). La conducta maternal como modelo para estudiar el desarrollo del sistema nervioso. *Revista Cinvestav*, 1(3), 10-15.

Mex, G. O. (2014). Oxitocina, la hormona que todos utilizan y que pocos conocen. *Ginecol Obstet Mex*, 82, 472-482.

Neumann, I. D. (2008). Brain oxytocin: a key regulator of emotional and social behaviours in both females and males. *Journal of neuroendocrinology*, 20(6), 858-865.

Ogra, P. L. (2020). Immunology of human milk and lactation: historical overview. *Milk, Mucosal Immunity and the Microbiome: Impact on the Neonate*, 94, 11-26.

Ortiz-Tudela, E., Martínez-Nicolas, A., Campos, M., Rol, M. Á., & Madrid, J. A. (2010). A new integrated variable based on thermometry, actimetry and body position (TAP) to evaluate circadian system status in humans. *PLoS computational biology*, 6(11), e1000996.

Paavonen, E. J., Morales-Muñoz, I., Pölkki, P., Paunio, T., Porkka-Heiskanen, T., Kylliäinen, A., ... & Saarenpää-Heikkilä, O. (2020). Development of sleep–wake rhythms during the first year of age. *Journal of Sleep Research*, 29(3), e12918.

Pinto, F. (2007). Apego y lactancia natural. *Revista chilena de pediatría*, 78, 96-102.

Raymann, R. J., Swaab, D. F., & Van Someren, E. J. (2007). Skin temperature and sleep-onset latency: changes with age and insomnia. *Physiology & behavior*, *90*(2-3), 257-266.

Riera-Martín, A., Oliver-Roig, A., Martínez-Pampliega, A., Cormenzana-Redondo, S., Clement-Carbonell, V., & Richart-Martínez, M. (2018). A single Spanish version of maternal and paternal postnatal attachment scales: validation and conceptual analysis. *PeerJ*, *6*, e5980.

Rogers, F. D., & Bales, K. L. (2019). Mothers, fathers, and others: neural substrates of parental care. *Trends in neurosciences*, *42*(8), 552-562.

Roncallo, C. P., Sánchez de Miguel, M., & Arranz Freijo, E. (2015). Vínculo materno-fetal: implicaciones en el desarrollo psicológico y propuesta de intervención en atención temprana. *Escritos de psicología (Internet)*, *8*(2), 14-23.

Sadeh, A. (2004). A brief screening questionnaire for infant sleep problems: validation and findings for an Internet sample. *Pediatrics*, *113*(6), e570-e577.

Sánchez, C. L., Cubero, J., Sánchez, J., Franco, L., Rodríguez, A. B., Rivero, M., & Barriga, C. (2013). Evolution of the circadian profile of human milk amino acids during breastfeeding. *Journal of Applied Biomedicine*, *11*(2), 59-70.

Sánchez, M. (2013). Adaptación neurosensitiva del recién nacido desde el vínculo materno-filial. *Revisión Bibliográfica*.

Sanz, I. C. N. M. M., & Urda, N. P. (2013). Trastornos del sueño infantil. Herramientas de valoración para el pediatra de Atención Primaria.

Siddiqui, A., & Hägglöf, B. (2000). Does maternal prenatal attachment predict postnatal mother-infant interaction?. *Early human development*, *59*(1), 13-25.

Talge, N. M., Neal, C. y Glover, V. (2007). Antenatal maternal stress and long-term effects on child neurodevelopment: How and why? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *48*, 245-261.

Touitou, Y., & Haus, E. (1994). Aging of the Human Endocrine and Neuroendocrine Time Structure a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *719*(1), 378-397.

Valdés, V., & Pérez, A. (2015). Fisiología de la glándula mamaria y lactancia. *UNICEF Chile*.

Van Someren, E. J. (2004). Sleep propensity is modulated by circadian and behavior-induced changes in cutaneous temperature. *Journal of Thermal Biology*, *29*(7-8), 437-444.

Vásquez, A. N. V., & Torres, M. P. P. (2020). Internal consistency and validity of the instrument Attachment between parents and newborn children. *Enfermería Global*, *19*(3), 271-285.

Wang Z, Liu J, Shuai H, Cai Z, Fu X, ..., Yang BX. (2021) Mapping global prevalence of depression among postpartum women. *Transl Psychiatry*, *11*(1):640.

Waterhouse, J., Edwards, B., Mugarza, J., Flemming, R., Minors, D., Calbraith, D., ... & Reilly, T. (1999). Purification of masked temperature data from humans: some preliminary observations on a comparison of the use of an activity diary, wrist actimetry, and heart rate monitoring. *Chronobiology international*, *16*(4), 461-475.

Wilson, C. B., & Ogra, P. L. (2011). Human milk. *Infectious Diseases of the Fetus and Newborn*, 191.

Zornoza-Moreno, M., Fuentes-Hernández, S., Sánchez-Solis, M., Rol, M. Á., Larqué, E., & Madrid, A. J. A. (2011). Assessment of circadian rhythms of both skin temperature and motor activity in infants during the first 6 months of life. *Chronobiology international*, *28*(4), 330-337.

ANEXOS

ANEXO 1: HOJA DE INFORMACIÓN, CONSENTIMIENTO INFORMADO Y PERMISOS DE LAS COIMISIONES DE ÉTICA



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ADULTOS¹

INFLUÈNCIA DE LA LACTÀNCIA SOBRE EL VINCLE AFECTIU MATERNOFILIAL, QUALITAT DE SON I RITME SON-VIGÍLIA

Nombre y apellidos del participante: _____

Objetivo del estudio:

El objetivo principal del estudio es evaluar si el establecimiento del apego entre ustedes los padres y su hijo-a recién nacido-a está relacionado con el tipo de lactancia elegida y al mismo tiempo si la organización del ritmo circadiano sueño-vigilia de su hijo-a se lleva a cabo durante los primeros 6 meses de vida, pasando durante este tiempo de unos horarios de sueño desorganizados del recién nacido a unos horarios de sueño-vigilia parecidos a los del adulto, en relación también al tipo de lactancia elegida para alimentar a su bebe.

Para ello les solicitaremos lo siguiente:

1. Que cumplimente un cuestionario de evaluación del apego entre ustedes y su hijo-a tras el nacimiento, durante la segunda semana. El cuestionario es autoinformado y podrá elegir si lo quiere cumplimentar on-line o en papel.
2. Que cumplimente un segundo cuestionario que evalúa el desarrollo de apego postnatal entre ustedes y su hijo-a entre el primer y sexto mes de vida de su bebé. Así, este cuestionario se les pasará al final del primer, tercer y sexto mes de vida de su bebé. El cuestionario es autoinformado y podrá elegir si lo quiere cumplimentar on-line o en papel.
3. Que su hijo-a lleve un pequeño dispositivo, en forma de botón, que solo permite el registro de la temperatura periférica o temperatura de la piel, y que estará en contacto con la piel del tobillo mediante un calcetín, durante 5 días (la última semana del primer, tercer y sexto mes de vida de su bebé). Que mientras lleve el dispositivo cumplimente una agenda de sueño (5 días) sobre el sueño de su bebe, anotando el tiempo de sueño y de vigilia,
4. Que cumplimente el cuestionario de sueño BISQ sobre la calidad de sueño del bebé al final de mes 1, 3 y 6 que coincide con el periodo en que lleva el dispositivo. El cuestionario es autoinformado y podrá elegir si lo quiere cumplimentar on-line o en papel.

PAG

Responsable y correo electrónico de contacto: IP: Dra. Maria Cristina Nicolau Llobera, mail: cristina.nicolau@uib.es. Co-IP: Dr. José Ángel Rubiño Díaz, mail: joseangel.rubino@uib.es

Riesgos y beneficios del proyecto: La participación en el estudio no supone ningún riesgo. No implica remuneración económica.

COMPRENDO QUE: mi participación es voluntaria al principio y mientras dure el estudio, de manera que puedo retirarme en cualquier momento y sin tener que dar explicaciones. Además, soy consciente de que se garantiza la confidencialidad de mis datos y los de mi bebé en estos términos:

- (1) estos datos serán tratados respetando la confidencialidad y de acuerdo con la normativa de protección de datos vigente; (2) sobre estos datos, me asisten todos los derechos legales que se detallan y especifican a pie de página de este consentimiento; (3) estos datos únicamente los utilizará el equipo responsable para fines científicos y nunca serán cedidos a terceros, excepto por obligación legal; además, se conservarán durante 5 años a partir de la firma de este consentimiento; y (4) la legitimación del proyecto se basa en la recogida de datos por consentimiento informado (art. 6.1a del Reglamento general de protección de datos, RGPD), y el tratamiento de los datos, tal y como se ha expuesto, es la única manera de cumplir los objetivos del proyecto de investigación (art. 6.1.e del RGPD).



DECLARO QUE: he leído la parte informativa del estudio incluida en la parte superior de este documento y he estado informado. Además, he podido hacer preguntas sobre los objetivos y la metodología aplicada en el proyecto. Por tanto:

1. Otorgo el consentimiento de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento, por cualquier razón, sin dar explicaciones ni exponer los motivos, y sin ninguna repercusión negativa para mí.

2. Finalmente, estoy de acuerdo en participar en el proyecto y he recibido una copia de este consentimiento.

Fecha (dd/mm/aaaa): _____

El participante	El investigador responsable

«En cumplimiento de lo que dispone la Ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales, le informamos que los datos recogidos se incluirán en uno o más ficheros gestionados por la UIB en el registro de la actividad de tratamiento habilitado a tal efecto, la finalidad de los cuales es poder llevar a cabo la investigación en curso. Los datos solicitados son necesarios para conseguir la finalidad citada y, por lo tanto, el hecho de no obtenerlos impide que se adquiera.

»La UIB es la responsable del tratamiento de los datos y, como tal, le garantiza el derecho de acceso, rectificación, oposición, supresión, portabilidad, limitación del tratamiento y de no ser objeto de decisiones individuales automatizadas en cuanto a los datos facilitados y tratados. Para ejercer los derechos indicados, se puede dirigir por escrito a: Universitat de les Illes Balears, Secretaría General, a la atención de la delegada de protección de datos, ctra. de Valldemossa, km 7.5, 07122 Palma (Illes Balears), o a la dirección de correo electrónico <dpo@uib.es>. También tiene derecho a reclamar ante la autoridad de control a: <<https://www.aepd.es>>. De la misma manera, la UIB se compromete a respetar la confidencialidad de sus datos y a utilizarlos de acuerdo con la finalidad para la cual fueron recogidos».

President :

Antonio Oliver
Microbiología 75148
antonio.oliver@ssib.es

Vicresident :

Borja Cosío
Neumología 64513
borja.cosio@ssib.es

CI-686-22

Palma, 2 de septiembre de 2022

Vocals :

Carmen Sanclémete
Directora Servicios Médicos
mariadelcarmen.sanclémete@ssib.es

Joana M. Ferrer
Inmunología 65340
juanam.ferrer@ssib.es

Damian Heine
Genética 65494
damian.heine@ssib.es

Antonia Barcelo
Análisis clínicos 65488
antonia.barcelo@ssib.es

Miguel Fiol
D. Científico Idisba 75234
miguel.fiol@ssib.es

Antonio Gutiérrez
Hematología 65118
antoniom.gutierrez@ssib.es

Cristófol Vives-Bauzá
UNI-Neurociencias 66309
cristofol.vives@ssib.es

Gwendolyn Barceló Coblijn
UNI-Lípidos 66300
gwendolyn.barcelo@ssib.es

Pilar Andreu Rodrigo
Subdirección de Enfermería,
Docencia, investigación e Innovación.
65320
pilar.andreu@ssib.es

Enrique C. Pieras
Urología 76742
enriquec.pieras@ssib.es

José Angel Rubiño Díaz
Urgencias 42715
josea.rubino@ssib.es

Mercedes García Gasalla
M.Interna
mgarcia5@ssib.es

Lucia Silva Fernández
Reumatología
lucia.silva@ssib.es

La COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN del Hospital Universitario Son Espases de Palma de Mallorca, ha evaluado la solicitud de PROYECTO de MARÍA DE FÁTIMA CÉSPEDES BALLONA adscrita al SERVICIO de OBSTETRICIA Y GINECOLOGÍA del Hospital Universitario Son Espases, titulado: **“Influencia del parto y la lactancia materna en el desarrollo del vínculo afectivo maternofilial y a la consolidación del ritmo circadiano sueño-vigilia”**.

Revisada la documentación, informa favorablemente dicha petición por considerarla de interés para el HOSPITAL.



Dr. A. Oliver Palomo

Pres. Comisión Investigación



Dra. Carmen Sanclémete

Directora Médica



Benvolguda companya,

A la reunió del Comitè de dia 19 de setembre de 2022 es va resoldre informar favorablement el projecte titulat *INFLUÈNCIA DE LA LACTÀNCIA SOBRE EL VINCLE AFECTIU MATERNOFILIAL, QUALITAT DE SON I RITME SON-VIGÍLIA*. Però abans hauríeu de modificar la sol·licitud i el consentiment informat.

Els progenitors o les persones que ostentin la pàtria potestat del nadó han de donar el consentiment per a la col·locació del sensor de temperatura en el turmell. Per això poden modificar el consentiment informat que ens han fet arribar.

En el consentiment s'ha d'assegurar als progenitors, que el dispositiu registra únicament la temperatura.

Per altra banda, aquest comitè voldria veure el consentiment de l'hospital per a efectuar el reclutament de les participants a les seves dependències.

Un cop aclarides aquestes qüestions i modificada la documentació, la podeu d'enviar a Laura Arbona (laura.arbona@uib.es) perquè siguin incorporada a l'expedient i així poder procedir a la signatura de l'informe corresponent.

Atès l'Acord normatiu que regula el Comitè d'Ètica de la Recerca de la UIB, el termini de resolució de dos mesos queda suspès fins que doneu resposta a aquesta petició d'informació.

Palma, 25 de setembre de 2022

El president del Comitè d'Ètica de la Recerca,

**Firmado digitalmente por MIRALLES
SOCIAS ANTONIO - DNI 42976237R
Fecha: 2022.09.25 19:41:53 +02'00'**

Antoni Miralles

Sra. Maria Cristina Nicolau Llobera

ANEXO 2: CUESTIONARIOS VÍNCULO MATERNO-FILIAL

Item
1. Siento amor por mi bebé
2. Siento ternura por mi bebé
3. Siento felicidad con mi bebé
4. Hago planes futuros con mi bebé
5. Sé que mi bebé necesita de mi
6. Siento felicidad cuando mi bebé esta alegre
7. Siento que mi bebé está seguro conmigo
8. Siento que mi bebé es bonito
9. Estoy contento (a) de que este bebé sea mío
10. Siento felicidad cuando mi bebé hace cosas nuevas
11. Disfruto tener a mi bebé cerca de mi
12. Siento que soy importante para mi bebé
13. El tiempo que paso con mi bebé es especial
14. Me gusta tener contacto con mi bebé
15. Les hablo a los demás sobre mi bebé
16. Disfruto estar con mi bebé
17. Pienso en mi bebé
18. Reconozco las expresiones y gestos de mi bebé
19. Es fácil expresarle amor a mi bebé
20. Me da gusto sentir a mi bebé
21. Estoy orgulloso (a) de mi bebé
22. Estoy pendiente de los cuidados de mi bebé
23. Estoy pendiente de mi bebé mientras duerme
24. Consuelo a mi bebé cuando llora

Cuestionario “Attachment between parientes and newborn children”.

“Maternal and paternal postnatal attachment scales, MPAS” (validación española, Riera et al., 2018)

ANEXO 3: CUESTIONARIO DEPRESIÓN POSPARTO

Escala de Depresión de Post-Parto de Edinburgo (EPDS)

Obtenido de la *British Journal of Psychiatry* [Revista Británica de Psiquiatría] Junio de 1987, Volumen 150 por J.L. Cox, J.M. Holden, R. Sagovsky

Aunque suele pasar inadvertida, un gran porcentaje de mujeres experimenta la denominada depresión postparto. Normalmente, se caracteriza por síntomas como tristeza, llanto, cambios repentinos de humor, extrema sensibilidad, fatiga, dificultad para conciliar el sueño y pérdida de apetito. Cuando los síntomas aparecen en los primeros días postparto y desaparecen en no más de 10 días, es denominada depresión postparto suave o *blues maternity*. El postparto constituye un período de mayor vulnerabilidad, en el que el riesgo de padecer este trastorno es el doble que en cualquier otra etapa.

Queremos saber cómo se siente si está embarazada o ha tenido un bebé recientemente. Por favor marque la respuesta que más se acerque a cómo se ha sentido en LOS ÚLTIMOS 7DÍAS, no solamente cómo se sienta hoy.

1. He sido capaz de reír y ver el lado bueno de las cosas

- Tanto como siempre
- No tanto ahora
- Mucho menos
- No, no he podido

6. Las cosas me oprimen o agobian

- Sí, la mayor parte de las veces
- Sí, a veces
- No, casi nunca
- No, nada

2. He mirado el futuro con placer

- Tanto como siempre
- Algo menos de lo que suelo
- Definitivamente menos
- No, nada

7. Me he sentido tan infeliz que he tenido dificultad para dormir

- Sí, la mayoría de veces
- Sí, a veces
- No, muy a menudo
- No, nada

3. Me he culpado sin necesidad cuando las cosas no salían bien

- Sí, la mayoría de veces
- Sí, algunas veces
- No muy a menudo
- No, nunca

8. Me he sentido triste y desgraciada

- Sí, casi siempre
- Sí, bastante a menudo
- No muy a menudo
- No, nada

4. He estado ansiosa y preocupada sin motivo

- No, para nada
- Casi nada
- Sí, a veces
- Sí, a menudo

9. He sido tan infeliz que he estado llorando

- Sí, casi siempre
- Sí, bastante a menudo
- Solo en ocasiones
- No, nunca

5. He sentido métrico y pánico sin motivo alguno

- Sí, bastante
- Sí, a veces
- No, no mucho
- No, nada

10. He pensado en hacerme daño a mí misma

- Sí, bastante a menudo
- A veces
- Casi nunca
- No, nunca

ANEXO 4: iBUTTON

DS1921H/DS1921Z High-Resolution Thermochron iButton Devices

SPECIAL FEATURES

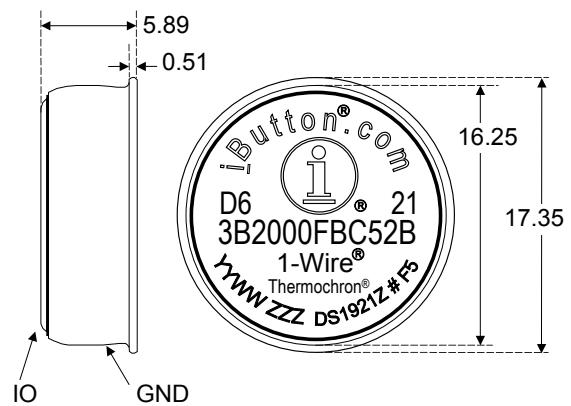
- Digital thermometer measures temperature in 1/8°C increments with ±1°C accuracy
- Built-in real-time clock (RTC) and timer has accuracy of ±2 minutes per month from 0°C to +45°C
- Water resistant or waterproof if placed inside DS9107 iButton® capsule (Exceeds Water Resistant 3 ATM requirements)
- Automatically wakes up and measures temperature at user-programmable intervals from 1 to 255 minutes
- Logs consecutive temperature measurements in 2KB of datalog memory
- Records a long-term temperature histogram with 1/2°C resolution
- Programmable temperature-high and temperature-low alarm trip points
- Records up to 24 time stamps and durations when temperature leaves the range specified by the trip points
- 512 bytes of general-purpose battery-backed SRAM
- Communicates to host with a single digital signal at 15.4kbits or 125kbits per second using 1-Wire® protocol
- Fixed range: H: +15°C to +46°C;
Z: -5°C to +26°C

COMMON iButton DEVICE FEATURES

- Digital identification and information by momentary contact
- Unique, factory-lasered and tested 64-bit registration number (8-bit family code + 48-bit serial number + 8-bit CRC tester) assures absolute traceability because no two parts are alike
- Multidrop controller for 1-Wire net
- Chip-based data carrier compactly stores information
- Data can be accessed while affixed to object

- Button shape is self-aligning with cup-shaped probes
- Durable stainless steel case engraved with registration number withstands harsh environments
- Easily affixed with self-stick adhesive backing, latched by its flange, or locked with a ring pressed onto its rim
- Presence detector acknowledges when reader first applies voltage

PIN CONFIGURATION



All dimensions are shown in millimeters.

ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
DS1921H-F5#	+15°C to +46°C	F5 Can
DS1921Z-F5#	-5°C to +26°C	F5 Can

#Denotes a RoHS-compliant device that may include lead(Pb) that is exempt under the RoHS requirements.

EXAMPLES OF ACCESSORIES

DS9096P	Self-Stick Adhesive Pad
DS9101	Multi-Purpose Clip
DS9093RA	Mounting Lock Ring
DS9093A	Snap-In Fob
DS9092	iButton Device Probe

iButton DEVICE DESCRIPTION

The DS1921H/Z Thermochron® iButton devices are rugged, self-sufficient systems that measure temperature and record the result in a protected memory section. The recording is done at a user-defined rate, both as a direct storage of temperature values as well as in the form of a histogram. Up to 2048 temperature values taken at equidistant intervals ranging from 1 to 255 minutes can be stored. The histogram provides 64 data bins with a resolution of 0.5°C. If the temperature leaves a user-programmable range, the DS1921H/Z will also record when this happened, for how long the temperature stayed outside the permitted range, and if the temperature was too high or too low. Additional 512 bytes of general-purpose battery-backed SRAM allow storing information pertaining to the object to which the DS1921H/Z is associated. Data is transferred serially via the 1-Wire protocol, which requires only a single data lead and a ground return. Every DS1921H/Z is factory-lasered with a guaranteed unique electrically readable 64-bit registration number that allows for absolute traceability. The durable stainless steel package is highly resistant to environmental hazards such as dirt, moisture, and shock. Accessories permit the DS1921H/Z to be mounted on almost any object, including containers, pallets, and bags.

APPLICATION

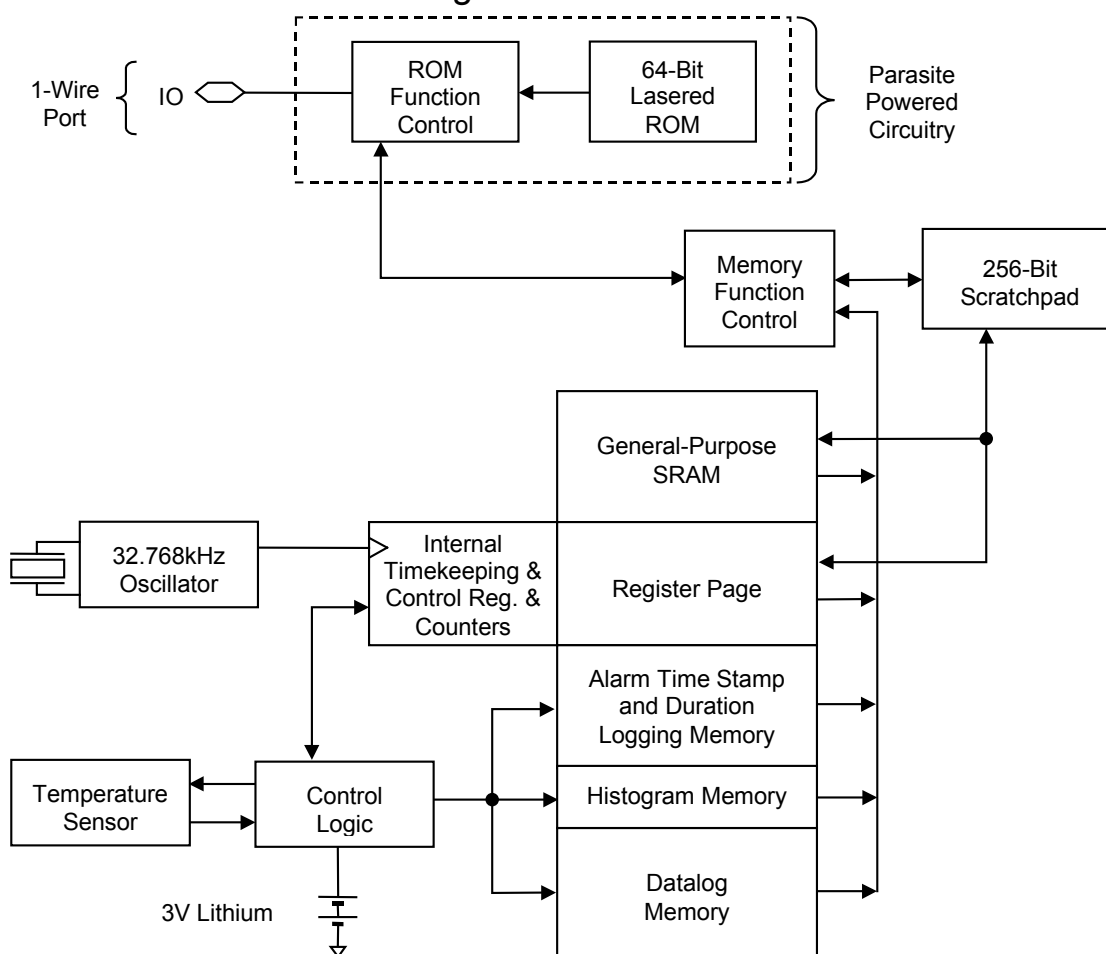
The DS1921Z is an ideal device to monitor the temperature of any object it is attached to or shipped with, such as fresh produce, medical drugs and supplies. It is also ideal for use in refrigerators. The DS1921H is intended for monitoring the body temperature of humans and animals and for monitoring temperature critical processes such as curing, powder coating, and painting. Alternatively, the DS1921H can be used for monitoring the temperature of clean rooms, and computer and equipment rooms. It can also aid in calculating the proportional share of heating cost of each party in buildings with central heating. The DS1921H has a fixed range of +15°C to +46°C. The DS1921Z has a fixed range of -5°C to +26°C. The high resolution makes the DS1921H and DS1921Z suitable for scientific research and development. The general-purpose battery-backed SRAM can store information such as shipping manifests, dates of manufacture, or other relevant data written as ASCII or encrypted files. Note that the initial sealing level of DS1921H/Z achieves the equivalent of IP56. Aging and use conditions can degrade the integrity of the seal over time, so for applications with significant exposure to liquids, sprays, or other similar environments, it is recommended to place the Thermochron in the DS9107 iButton capsule. The DS9107 provides a watertight enclosure that has been rated to IP68 (refer to Application Note 4126).

OVERVIEW

The block diagram in Figure 1 shows the relationships between the major control and memory sections of the DS1921H/Z. The device has seven main data components: 1) 64-bit lasered ROM; 2) 256-bit scratchpad; 3) 4096-bit general-purpose SRAM; 4) 256-bit register page of timekeeping, control, and counter registers; 5) 96 bytes of alarm time stamp and duration logging memory; 6) 128 bytes of histogram memory; and 7) 2048 bytes of datalog memory. Except for the ROM and the scratchpad, all other memory is arranged in a single linear address space. All memory reserved for logging purposes, counter registers and several other registers are read-only for the user. The timekeeping and control registers are write-protected while the device is programmed for a mission.

The hierarchical structure of the 1-Wire protocol is shown in Figure 2. The bus master must first provide one of the seven ROM function commands: 1) Read ROM; 2) Match ROM; 3) Search ROM; 4) Conditional Search ROM; 5) Skip ROM; 6) Overdrive-Skip ROM; or 7) Overdrive-Match ROM. Upon completion of an Overdrive ROM command byte executed at standard speed, the device will enter Overdrive mode, where all subsequent communication occurs at a higher speed. The protocol required for these ROM function commands is described in Figure 13. After a ROM function command is successfully executed, the memory functions become accessible and the master may provide any one of the seven available commands. The protocol for these memory function commands is described in Figure 10. **All data is read and written least significant bit first.**

DS1921H/Z BLOCK DIAGRAM Figure 1



PARASITE POWER

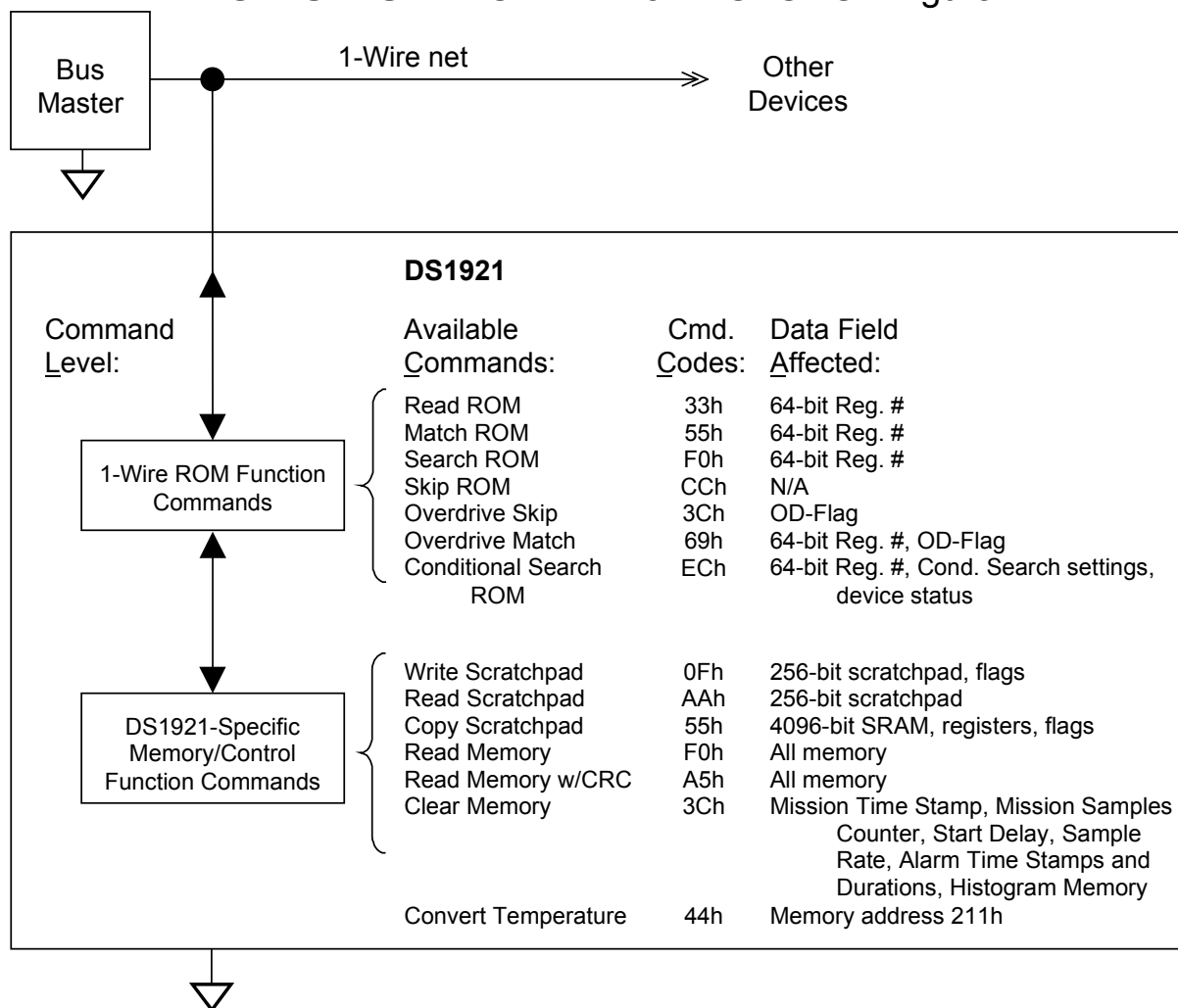
The block diagram (Figure 1) shows the parasite-powered circuitry. This circuitry “steals” power whenever the IO input is high. IO will provide sufficient power as long as the specified timing and voltage requirements are met. The advantages of parasite power are two-fold: 1) By parasiting off this input, battery power is not consumed for 1-Wire ROM function commands, and 2) if the battery is exhausted for any reason, the ROM may still be read normally. The remaining circuitry of the DS1921 is solely operated by battery energy. As a consequence, if the battery is exhausted, all memory data is lost including the data of the last mission, and no new mission can be started. Application Note 5057: *OneWireViewer Tips and Tricks* explains how to check the battery status.

64-BIT LASERED ROM

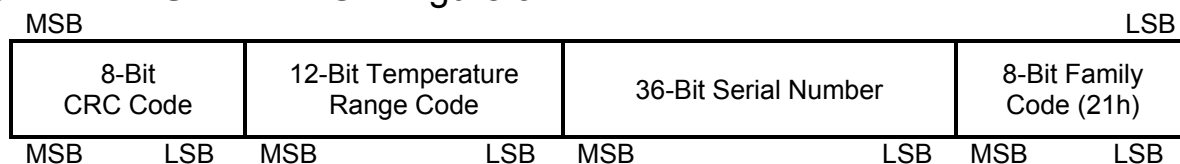
Each DS1921 contains a unique ROM code that is 64 bits long. The first eight bits are a 1-Wire family code. The next 36 bits are a unique serial number. The next 12 bits, called temperature range code, allow distinguishing the DS1921H and DS1921Z from each other and from other DS1921 versions. The last eight bits are a CRC of the first 56 bits. See Figure 3 for details. The 1-Wire CRC is generated using a polynomial generator consisting of a shift register and XOR gates as shown in Figure 4. The polynomial is $X^8 + X^5 + X^4 + 1$. Additional information about the Maxim 1-Wire Cyclic Redundancy Check is available in Application Note 27.

The shift register bits are initialized to 0. Then starting with the least significant bit of the family code, one bit at a time is shifted in. After the eighth bit of the family code has been entered, then the serial number followed by the temperature range code is entered. After the range code has been entered, the shift register contains the CRC value. Shifting in the eight bits of CRC returns the shift register to all 0s.

HIERARCHICAL STRUCTURE FOR 1-Wire PROTOCOL Figure 2

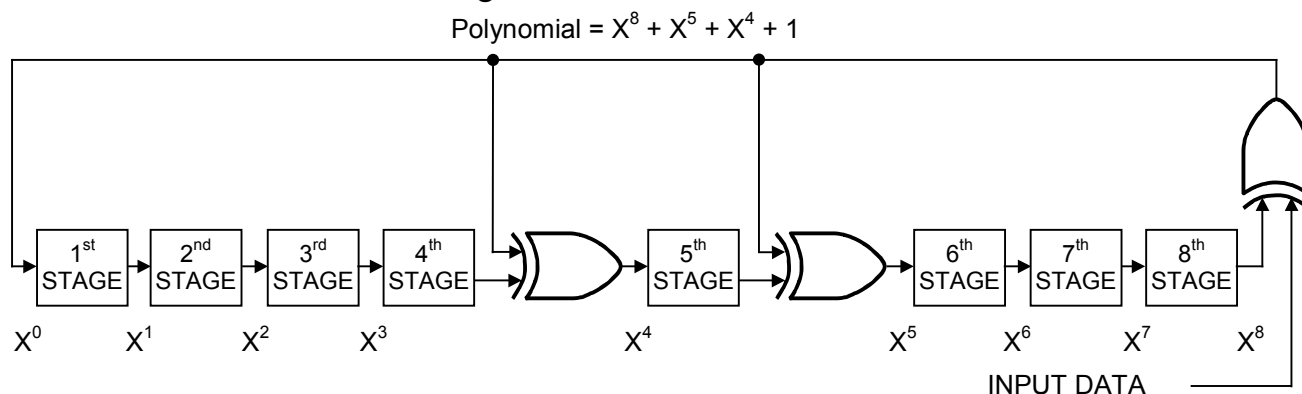


64-BIT LASERED ROM Figure 3



DEVICE	TEMP. RANGE (°C)	RESOLUTION (°C)	TEMP. RANGE CODE			HEX. EQUIVALENT
DS1921H-F5	+15 to +46	0.125	0100	1111	0010	4F2
DS1921Z-F5	-5 to +26	0.125	0011	1011	0010	3B2

1-Wire CRC GENERATOR Figure 4



MEMORY

The memory map of the DS1921H/Z is shown in Figure 5. The 4096-bit general-purpose SRAM make up pages 0 through 15. The timekeeping, control, and counter registers fill page 16, called Register Page (see Figure 6). Pages 17 to 19 are assigned to storing the alarm time stamps and durations. The temperature histogram bins begin at page 64 and use up to four pages. The datalog memory covers pages 128 to 191. Memory pages 20 to 63, 68 to 127, and 192 to 255 are reserved for future extensions. The scratchpad is an additional page that acts as a buffer when writing to the SRAM or the register page. The memory pages 17 and higher are read-only for the user. They are written to or erased solely under supervision of the on-chip control logic.

DS1921H/Z MEMORY MAP Figure 5

32-Byte Intermediate Storage Scratchpad		
ADDRESS		
0000h to 01FFh	General-Purpose SRAM (16 Pages)	Pages 0 to 15
0200h to 021Fh	32-Byte Register Page	Page 16
0220h to 027Fh	Alarm Time Stamps and Durations	Pages 17 to 19
0280h to 07FFh	(Reserved for Future Extensions)	Pages 20 to 63
0800h to 087Fh	Temperature Histogram Memory	Pages 64 to 67
0880h to 0FFFh	(Reserved for Future Extensions)	Pages 68 to 127
1000h to 17FFh	Datalog Memory (64 Pages)	Pages 128 to 191
1800h to 1FFFh	(Reserved for Future Extensions)	Pages 192 to 255

DS1921H/Z REGISTER PAGE MAP Figure 6

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	Function	Access*
0200h	0	10 Seconds			Single Seconds				Real-Time Clock Registers	R/W; R/W**
0201h	0	10 Minutes			Single Minutes					
0202h	0	12/24	20h. AM/PM	10h.	Single Hours					
0203h	0	0	0	0	0	Day of Week				
0204h	0	0	10 Date		Single Date					
0205h	CENT	0	0	10m.	Single Months					
0206h	10 Years			Single Years						
0207h	MS	10 Seconds Alarm			Single Seconds Alarm				Real-Time Clock Alarm Registers	R/W; R/W**
0208h	MM	10 Minutes Alarm			Single Minutes Alarm					
0209h	MH	12/24	10ha. A/P	10h. alm.	Single Hours Alarm					
020Ah	MD	0	0	0	0	Day of Week Alarm				
020Bh	Temperature Low Alarm Threshold								Temp. Alarms	R/W; R/W**
020Ch	Temperature High Alarm Threshold									
020Dh	Number of Minutes Between Temperature Conversions								Sample Rate	R/W; R**
020Eh	<u>EO</u> SC	EMCLR	0	<u>EM</u>	RO	TLS	THS	TAS	Control	R/W; R/W**
020Fh	(no function, reads 00h)								(N/A)	R; R**
0210h	(no function, reads 00h)								(N/A)	R; R**
0211h	Temperature Read Out (Forced Conversion)								Temp.	R; R**
0212h	Low Byte								Start Delay	R/W; R/W**
0213h	High Byte									
0214h	<u>TC</u> B	MEMCLR	MIP	SIP	0	TLF	THF	TAF	Status	R/W; R/W
0215h	Minutes								Mission Time Stamp	R; R
0216h	Hours									
0217h	Date									
0218h	Month									
0219h	Year									
021Ah	Low Byte								Mission Samples Counter	R; R
021Bh	Center Byte									
021Ch	High Byte									
021Dh	Low Byte								Device Samples Counter	R; R
021Eh	Center Byte									
021Fh	High Byte									

*The first entry in column ACCESS is valid between missions. The second entry shows the applicable access mode while a mission is in progress.

**While a mission is in progress, these addresses can be read. The first attempt to write to these registers (even read-only ones), however, will end the mission and overwrite selected writeable registers.

TIMEKEEPING

The RTC/alarm and calendar information is accessed by reading/writing the appropriate bytes in the register page, address 200h to 206h. Note that some bits are set to 0. These bits will always read 0 regardless of how they are written. The contents of the time, calendar, and alarm registers are in the Binary-Coded Decimal (BCD) format.

RTC and RTC Alarm Register Bitmap

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0200h	0	10 Seconds			Single Seconds			
0201h	0	10 Minutes			Single Minutes			
0202h	0	12/24	20h. AM/PM	10h.	Single Hours			
0203h	0	0	0	0	0	Day of Week		
0204h	0	0	10 Date		Single Date			
0205h	CENT	0	0	10m.	Single Months			
0206h	10 Years				Single Years			
0207h	MS	10 Seconds Alarm			Single Seconds Alarm			
0208h	MM	10 Minutes Alarm			Single Minutes Alarm			
0209h	MH	12/24	10ha. A/P	10h. alm.	Single Hours Alarm			
020Ah	MD	0	0	0	0	Day of Week Alarm		

RTC/Calendar

The RTC of the DS1921H/Z can run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the Hours Register (address 202h) is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic 1 being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the 20-hour bit (20 to 23 hours).

To distinguish between the days of the week the DS1921H/Z includes a counter with a range from 1 to 7. The assignment of counter value to the day of week is arbitrary. Typically, the number 1 is assigned to a Sunday (U.S. standard) or to a Monday (European standard).

The calendar logic is designed to automatically compensate for leap years. For every year value that is either 00 or a multiple of 4 the device will add a 29th of February. This will work correctly up to (but not including) the year 2100.

The DS1921H/Z is Y2K-compliant. Bit 7 (CENT) of the Months Register at address 205h serves as a century flag. When the Year Register rolls over from 99 to 00 the century flag will toggle. It is recommended to write the century bit to a 1 when setting the RTC to a time/date between the years 2000 and 2099.

RTC Alarms

The DS1921H/Z also contains a RTC alarm function. The alarm registers are located in registers 207h to 20Ah. The most significant bit of each of the alarm registers is a mask bit. When all of the mask bits are logic 0, an alarm will occur once per week when the values stored in timekeeping registers 200h to 203h match the values stored in the time of day alarm registers. Any alarm will set the Timer Alarm Flag (TAF) in the device's Status Register (address 214h). The bus master may set the Search Conditions in the Control Register (address 20Eh) to identify devices with timer alarms by means of the Conditional Search function (see *ROM Function Commands*).

RTC Alarm Control

ALARM REGISTER MASK BITS (Bit 7 of 207h to 20Ah)				
MS	MM	MH	MD	
1	1	1	1	Alarm once per second.
0	1	1	1	Alarm when seconds match (once per minute).
0	0	1	1	Alarm when minutes and seconds match (once every hour).
0	0	0	1	Alarm when hours, minutes and seconds match (once every day).
0	0	0	0	Alarm when day, hours, minutes, and seconds match (once every week).

TEMPERATURE CONVERSION

The DS1921H and DS1921Z measure temperatures with a resolution of 1/8th of a degree Celsius. Temperature values are represented in a single byte as an unsigned binary number, which translates into a range of 32°C. The possible values are 0000 0000 (00h) through 1111 1111 (FFh). The codes 01h to FEh are considered valid temperature readings. Since the DS1921H and DS1921Z have different starting temperatures, the meaning of a binary temperature code depends on the device.

If a temperature conversion yields a temperature that is out-of-range, it will be recorded as 00h (if too low) or FFh (if too high). Since out-of-range results are accumulated in histogram bins 0 and 63 the data in these bins is of limited value (see the *Temperature Logging and Histogram* section). For this reason the specified temperature range of the DS1921H and DS1921Z is considered to begin at code 04h and end at code FBh, which corresponds to histogram bins 1 to 62.

With T[7..0] representing the decimal equivalent of a temperature reading, the temperature value is calculated as

$$\vartheta (\text{°C}) = T[7\dots 0] / 8 + 14.500 \text{ (DS1921H)}$$

$$\vartheta (\text{°C}) = T[7\dots 0] / 8 - 5.500 \text{ (DS1921Z)}$$

This equation is valid for converting temperature readings stored in the datalog memory as well as for data read from the forced temperature conversion readout Register (address 211h).

To specify the high or low temperature alarm thresholds, this equation needs to be resolved to

$$T[7\dots 0] = 8 * \vartheta (\text{°C}) - 116 \text{ (DS1921H)}$$

$$T[7\dots 0] = 8 * \vartheta (\text{°C}) + 44 \text{ (DS1921Z)}$$

A value of 23°C, for example, thus translates into 68 decimal or 44h for the DS1921H, and 228 decimal or E4h for the DS1921Z. This corresponds to the binary patterns 0100 0100 and 1110 0100 respectively, which could be written to a Temperature Alarm Register (address 020Bh and 020Ch, respectively).

Temperature Alarm Register Map

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
020Bh	Temperature Low Alarm Threshold							
020Ch	Temperature High Alarm Threshold							

SAMPLE RATE

The content of the Sample Rate Register (address 020Dh) determines how many minutes the temperature conversions are apart from each other during a mission. The sample rate may be any value from 1 to 255, coded as an unsigned 8-bit binary number. If the memory has been cleared (Status Register bit MEMCLR = 1) and a mission is enabled (Status Register bit \overline{EM} = 0), writing a non-zero value to the Sample Rate Register will start a mission. For a full description of the correct sequence of steps to start a temperature-logging mission see sections *Missioning* or *Missioning Example*.

Sample Rate Register Map

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
020Dh	Sample Rate							

CONTROL REGISTER

The DS1921H/Z is set up for its operation by writing appropriate data to its special function registers that are located in the register page. Several functions that are controlled by a single bit only are combined into a single byte called Control Register (address 20Eh). This register can be read and written. If the device is programmed for a mission, writing to the Control Register will **end the mission** and change the register contents.

Control Register Bitmap

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
020Eh	\overline{EOSC}	EMCLR	0	\overline{EM}	RO	TLS	THS	TAS

The functional assignments of the individual bits are explained in the table below. Bit 5 has no function. It always reads 0 and cannot be written to 1.

Control Register Details

BIT DESCRIPTION	BIT(S)	DEFINITION
\overline{EOSC} : Enable Oscillator	b7	This bit controls the crystal oscillator of the RTC. When set to logic 0, the oscillator will start operation. When written to logic 1, the oscillator will stop and the device is in a low-power data retention mode. This bit must be 0 for normal operation. The RTC must have advanced at least 1 second before a mission start will be accepted.
EMCLR: Memory Clear Enable	b6	This bit needs to be set to logic 1 to enable the Clear Memory function, which is invoked as a memory function command. The Time-Stamp, Histogram Memory as well as the Mission Time Stamp, Mission Samples Counter, Mission Start Delay and Sample Rate will be cleared only if the Clear Memory command is issued with the next access to the device . The EMCLR bit will return to 0 as the next memory function command is executed.
\overline{EM} : Enable Mission	b4	This bit controls whether the DS1921H/Z will begin a mission as soon as the sample rate is written. To enable the device for a mission, this bit must be 0.
RO: Rollover Enable/Disable	b3	This bit controls whether the datalog memory is overwritten with new data or whether data logging is stopped once the memory is filled with data during a mission. Setting this bit to a 1 enables the rollover and data logging continues at the beginning overwriting previously collected data. Clearing this bit to 0 disables the rollover and no further temperature values will be stored in the datalog memory once it is filled with data. This will not stop the mission. The device will continue measuring temperatures and updating the histogram and alarm time stamps and durations.

BIT DESCRIPTION	BIT(S)	DEFINITION
TLS: Temperature Low Alarm Search	b2	If this bit is 1, the device will respond to a Conditional Search command if during a mission the temperature has reached or is lower than the Low Temperature Threshold stored at address 020Bh.
THS: Temperature High Alarm Search	b1	If this bit is 1, the device will respond to a Conditional Search command if during a mission the temperature has reached or is higher than the High Temperature Threshold stored at address 020Ch.
TAS: Timer Alarm Search	b0	If this bit is 1, the device will respond to a Conditional Search command if during a mission a timer alarm has occurred. Since a timer alarm cannot be disabled, the TAF flag usually reads 1 during a mission. Therefore it may be advisable to set the TAS bit to a 0, in most cases.

Mission Start Delay Counter

The content of the Mission Start Delay Counter determines how many minutes the device will wait before starting the logging process. The mission start delay value is stored as unsigned 16-bit integer number at addresses 212h (low byte) and 213h (high byte). The maximum delay is 65535 minutes, equivalent to 45 days, 12 hours, and 15 minutes.

For a typical mission, the Mission Start Delay is 0. If a mission is too long for a single DS1921H/Z to store all temperature readings at the selected sample rate, one can use several devices, staggering the Mission Start Delay to record the full period. In this case, the RO bit in the control register (address 020Eh) must be set to 0 to prevent overwriting of the recorded temperature log after the datalog memory is full. See *Mission Start and Logging Process* description and flow chart for details.

Status Register

The Status Register holds device status information and alarm flags. The register is located at address 214h. Writing to this register will not necessarily end a mission.

Status Register Bitmap

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0214h	TCB	MEMCLR	MIP	SIP	0	TLF	THF	TAF

The functional assignments of the individual bits are explained in the table below. The bits MIP, TLF, THF and TAF can only be written to 0. All other bits are read-only. Bit 3 has no function.

Status Register Details

BIT DESCRIPTION	BIT(S)	DEFINITION
TCB: Temperature Core Busy	b7	If this bit reads 0 the DS1921H/Z is currently performing a temperature conversion, either self-initiated because of a mission being in <u>progress</u> or initiated by a command when a mission is not in progress. The TCB bit goes low just before a conversion starts and returns to high just after the result is latched into the readout register at address 0211h.
MEMCLR: Memory Cleared	b6	If this bit reads 1, the memory pages 17 and higher (alarm time stamps/durations, temperature histogram, excluding datalog memory), as well as the Mission Time Stamp, Mission Samples Counter, Mission Start Delay and Sample Rate have been cleared to 0 from executing a Clear Memory function command. The MEMCLR bit will return to 0 as soon as writing a non-0 <u>value</u> to the Sample Rate Register starts a new mission, provided that the EM bit is also 0. The memory has to be cleared in order for a mission to start.

BIT DESCRIPTION	BIT(S)	DEFINITION
MIP: Mission in Progress	b5	If this bit reads 1 the DS1921H/Z has been set up for a mission and this mission is still in progress. A mission is started if the EM bit of the Control Register (address 20Eh) is 0 and a non-zero value is written to the Sample Rate Register, address 20Dh. The MIP bit returns from logic 1 to logic 0 when a mission is ended. A mission will end with the first write attempt (Copy Scratchpad command) to any register in the address range of 200h to 213h. Alternatively, a mission can be ended by directly writing to the Status Register and setting the MIP bit to 0. The MIP bit cannot be set to 1 by writing to the status register.
SIP: Sample in Progress	b4	If this bit reads 1 the DS1921H/Z is currently performing a temperature conversion as part of a mission in progress. The mission samples occur on the seconds rollover from 59 to 00. The SIP bit will change from 0 to 1 approximately 250ms before the actual temperature conversion begins allowing the circuitry of the chip to wake-up. A temperature conversion including a wake-up phase takes maximum 875ms. During this time read accesses to the memory pages 17 and higher are permissible but may reveal invalid data.
TLF: Temperature Low Flag	b2	Logic 1 in the Temperature Low Flag bit indicates that a temperature measurement during a mission revealed a temperature equal to or lower than the value in the Temperature Low Threshold Register. The Temperature Low Flag can be cleared at any time by writing this bit to 0. This flag must be cleared before starting a new mission.
THF: Temperature High Flag	b1	Logic 1 in the Temperature High Flag bit indicates that a temperature measurement during a mission revealed a temperature equal to or higher than the value in the Temperature High Threshold Register. The Temperature High Flag can be cleared at any time by writing this bit to 0. This flag must be cleared before starting a new mission.
TAF: Timer Alarm Flag	b0	If this bit reads 1, a RTC alarm has occurred (see section <i>TIMEKEEPING</i> for details). The Timer Alarm Flag can be cleared at any time by writing this bit to logic 0. Since the timer alarm cannot be disabled, the TAF flag usually reads 1 during a mission. This flag should be cleared before starting a new mission.

MISSION TIME STAMP

The Mission Time Stamp indicates the time and date of the first temperature conversion of a mission. Subsequent temperature conversions will take place as many minutes apart from each other as specified by the value in the Sample Rate Register. Mission samples occur on minute boundaries.

Mission Time Stamp Register Bitmap

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0215h	0	10 Minutes			Single Minutes			
0216h	0	12/24	20h. AM/PM	10h.	Single Hours			
0217h	0	0	10 Date		Single Date			
0218h	0	0	0	10m.	Single Months			
0219h	10 Years				Single Years			

MISSION SAMPLES COUNTER

The Mission Samples Counter indicates how many temperature measurements have taken place during the current mission in progress (if MIP = 1) or during the latest mission (if MIP = 0). The value is stored as an unsigned 24-bit integer number. This counter is reset through the Clear Memory command.

Mission Samples Counter Register Map

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
021Ah	Low Byte							
021Bh	Center Byte							
021Ch	High Byte							

DEVICE SAMPLES COUNTER

The Device Samples Counter indicates how many temperature measurements have taken place since the device was assembled at the factory. The value is stored as an unsigned 24-bit integer number. The maximum number that can be represented in this format is 16777215, which is higher than the expected lifetime of the DS1921H/Z devices. This counter cannot be reset under software control.

Device Samples Counter Register Map

ADDR	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
021Dh	Low Byte							
021Eh	Center Byte							
021Fh	High Byte							

TEMPERATURE LOGGING AND HISTOGRAM

Once setup for a mission, the DS1921H/Z logs the temperature measurements simultaneously byte after byte in the datalog memory as well as in histogram form in the histogram memory. The datalog memory is able to store 2048 temperature values measured at equidistant time points. The first temperature value of a mission is written to address location 1000h of the datalog memory, the second value to address location 1001h and so on. Knowing the starting time point (Mission Time Stamp), the interval between temperature measurements, the Mission Samples Counter, and the rollover setting, one can reconstruct the time and date of each measurement stored in the datalog.

There are two alternatives to the way the DS1921H/Z will behave after the 2048 bytes of datalog memory is filled with data. With rollover disabled (RO = 0), the device will fill the datalog memory with the first 2048 mission samples. Additional mission samples are not logged in the datalog, but the histogram, and temperature alarm memory continue to update. With rollover enabled (RO = 1), the datalog will wrap around, and overwrite previous data starting at 1000h for the every 2049th mission sample. In this mode the device stores the last 2048 mission samples.

For the temperature histogram, the DS1921H/Z provides 64 bins that begin at memory address 0800h. Each bin consists of a 16-bit, non-rolling-over binary counter that is incremented each time a temperature value acquired during a mission falls into the range of the bin. The least significant byte of each bin is stored at the lower address. Bin 0 begins at memory address 0800h, bin 1 at 0802h, and so on up to 087Eh for bin 63, as shown in Figure 7. The number of the bin to be updated after a temperature conversion is determined by cutting off the two least significant bits of the binary temperature value. Out of range values are range locked and counted as 00h or FFh.

HISTOGRAM BIN AND TEMPERATURE CROSS-REFERENCE Figure 7

TEMPERATURE READING	DS1921H TEMP. EQUIV. IN °C	DS1921Z TEMP. EQUIV. IN °C	HISTOGRAM BIN NUMBER	HISTOGRAM BIN ADDRESS
00h	14.500	-5.500	0	800h to 801h
01h	14.625	-5.375	0	800h to 801h
02h	14.750	-5.250	0	800h to 801h
03h	14.875	-5.125	0	800h to 801h
04h	15.000	-5.000	1	802h to 803h
05h	15.125	-4.875	1	802h to 803h
06h	15.250	-4.750	1	802h to 803h
07h	15.375	-4.625	1	802h to 803h
08h	15.500	-4.500	2	804h to 805h
F7h	45.375	25.375	61	87Ah to 87Bh
F8h	45.500	25.500	62	87Ch to 87Dh
F9h	45.625	25.625	62	87Ch to 87Dh
FAh	45.750	25.750	62	87Ch to 87Dh
FBh	45.875	25.875	62	87Ch to 87Dh
FCh	46.000	26.000	63	87Eh to 87Fh
FDh	46.125	26.125	63	87Eh to 87Fh
FEh	46.250	26.250	63	87Eh to 87Fh
FFh	46.375	26.375	63	87Eh to 87Fh

Since each data bin is 2 bytes it can increment up to 65535 times. Additional measurements for a bin that has already reached its maximum value will not be counted; the bin counter will remain at its maximum value. With the fastest sample rate of one sample every minute, a 2-byte bin is sufficient for up to 45 days if all temperature readings fall into the same bin.

TEMPERATURE ALARM LOGGING

For some applications it may be essential to not only record temperature over time and the temperature histogram, but also record when exactly the temperature has exceeded a predefined tolerance band and for how long the temperature stayed outside the desirable range. The DS1921H/Z can log high and low durations. The tolerance band is specified by means of the Temperature Alarm Threshold Registers, addresses 20Bh and 20Ch in the register page. One can set a high and a low temperature threshold. See section *Temperature Conversion* for the data format the temperature has to be written in. As long as the temperature values stay within the tolerance band (i.e., are higher than the low threshold and lower than the high threshold), the DS1921H/Z will not record any temperature alarm. If the temperature during a mission reaches or exceeds either threshold, the DS1921H/Z will generate an alarm and set either the Temperature High Flag (THF) or the Temperature Low Flag (TLF) in the Status Register (address 214h). This way, if the search conditions (address 20Eh) are set accordingly, the master can quickly identify devices with temperature alarms by means of the Conditional Search function (see *ROM Function Commands*). The device also generates a time stamp of when the alarm occurred and begins recording the duration of the alarming temperature.

Time stamps and durations where the temperature leaves the tolerance band are stored in the address range 0220h to 027Fh, as shown in Figure 8. This allocation allows recording 24 individual alarm events

and periods (12 periods for too hot and 12 for too cold). The date and time of each of these periods can be determined from the Mission Time Stamp and the time distance between each temperature reading.

ALARM TIME STAMPS AND DURATIONS ADDRESS MAP Figure 8

ADDRESS	DESCRIPTION	ALARM EVENT
0220h	Mission Samples Counter Low Byte	Low Alarm 1
0221h	Mission Samples Counter Center Byte	
0222h	Mission Samples Counter High Byte	
0223h	Alarm Duration Counter	
0224h to 0227h	Alarm Time Stamp and Duration	Low Alarm 2
0228h to 024Fh	Alarm Time Stamp and Durations	Low Alarms 3 to 12
0250h	Mission Samples Counter Low Byte	High Alarm 1
0251h	Mission Samples Counter Center Byte	
0252h	Mission Samples Counter High Byte	
0253h	Alarm Duration Counter	
0254h to 0257h	Alarm Time Stamp and Duration	High Alarm 2
0258h to 027Fh	Alarm Time Stamp and Durations	High Alarms 3 to 12

The alarm time stamp is a copy of the Mission Samples Counter when the alarm first occurred. The least significant byte is stored at the lower address. One address higher than the time stamp the DS1921H/Z maintains a 1-byte duration counter that stores the number of samples the temperature was found to be beyond the threshold. If this counter has reached its limit after 255 consecutive temperature readings and the temperature has not yet returned to within the tolerance band, the device will issue another time stamp at the next higher alarm location and open another counter to record the duration. If the temperature returns to normal before the counter has reached its limit, the duration counter of the particular time stamp will not increment any further. Should the temperature again cross this threshold, it will be recorded at the next available alarm location. This algorithm is implemented for the low as well as for the high temperature threshold.

MISSIONING

The typical task of the DS1921H/Z is recording the temperature of a temperature-sensitive object. Before the device can perform this function, it needs to be configured. This procedure is called missioning.

First of all, DS1921H/Z needs to have its RTC set to valid time and date. This reference time may be UTC (also called GMT, Greenwich Mean Time) or any other time standard that was chosen for the application. The clock must be running (EOSC = 0) for at least one second. Setting a RTC alarm is optional. The memory assigned to storing alarm time stamps and durations, temperature histogram, as well as the Mission Time Stamp, Mission Samples Counter, Mission Start Delay, and Sample Rate must be cleared using the Memory Clear command. In case there were temperature alarms in the previous mission, the TLF and THF flags need to be cleared manually. To enable the device for a mission, the EM flag must be set to 0. These are general settings that have to be made regardless of the type of object to be monitored and the duration of the mission.

Next, the low temperature and high temperature thresholds to specify the temperature tolerance band must be defined. How to convert a temperature value into the binary code to be written to the threshold registers is described under *Temperature Conversion* earlier in this document.

The state of the Search Condition bits in the Control Register does not affect the mission. If multiple devices are connected to form a 1-Wire net, the setting of the search condition will enable devices to participate in the conditional search if certain events such as timer or temperature alarm have occurred. Details on the search conditions are found in the section *ROM Function Commands* later in this document and in the Control Register description.

The setting of the RO bit (rollover enable) and sample rate depends on the duration of the mission and the monitoring requirements. If the most recent temperature history is important, the rollover should be enabled (RO = 1). Otherwise, one should estimate the duration of the mission in minutes and divide the number by 2048 to calculate the value of the sample rate (number of minutes between temperature conversions). If the estimated duration of a mission is 10 days (= 14400 minutes) for example, then the 2048-byte capacity of the datalog memory would be sufficient to store a new value every 7 minutes. If the datalog memory of the DS1921H/Z is not large enough to store all temperature readings, one can use several devices and set the Mission Start Delay to values that make the second device start recording as soon as the memory of the first device is full, and so on. The RO-bit needs to be set to 0 to disable rollover that would otherwise overwrite the recorded temperature log.

After the RO bit and the Mission Start Delay are set, the Sample Rate Register is the last element of data that is written. The sample rate may be any value from 1 to 255, coded as an unsigned 8-bit binary number. As soon as the sample rate is written, the DS1921H/Z will set the MIP flag and clear the MEMCLR flag. After as many minutes as specified by the Mission Start Delay are over, the device will wait for the next minute boundary, then wake up, copy the current time and date to the Mission Time Stamp Register, and make the first temperature conversion of the mission. This increments both the Mission Samples Counter and Device Samples Counter. All subsequent temperature measurements are taken on minute boundaries specified by the value in the Sample Rate Register. One may read the memory of the DS1921H/Z to watch the mission as it progresses. Care should be taken to avoid memory access conflicts. See section *Memory Access Conflicts* for details.

MEMORY/CONTROL FUNCTION COMMANDS

The *Memory/Control Function Flow Chart* (Figure 10) describes the protocols necessary for accessing the memory and the special function registers of the DS1921H/Z. An example on how to use these and other functions to set up the DS1921H/Z for a mission is included at the end of this document, preceding the *Electrical Characteristics* section. The communication between master and DS1921H/Z takes place either at regular speed (default, OD = 0) or at Overdrive Speed (OD = 1). If not explicitly set into the Overdrive mode, the DS1921H/Z assumes regular speed. Internal memory access during a mission has priority over external access through the 1-Wire interface. This can affect the Read Memory commands described below. See section *Memory Access Conflicts* for details.

ADDRESS REGISTERS AND TRANSFER STATUS

Because of the serial data transfer, the DS1921H/Z employs three address registers, called TA1, TA2, and E/S (Figure 9). Registers TA1 and TA2 must be loaded with the target address to which the data will be written or from which data will be sent to the master upon a Read command. Register E/S acts like a byte counter and transfer status register. It is used to verify data integrity with Write commands. Therefore, the master only has read access to this register. The lower 5 bits of the E/S Register indicate the address of the last byte that has been written to the scratchpad. This address is called Ending Offset. Bit 5 of the E/S Register, called PF or “partial byte flag,” is set if the number of data bits sent by the master is not an integer multiple of 8. Bit 6 is always a 0. Note that the lowest 5 bits of the target address also determine the address within the scratchpad, where intermediate storage of data will begin. This address is called

byte offset. If the target address for a Write command is 13Ch, for example, then the scratchpad will store incoming data beginning at the byte offset 1Ch and will be full after only 4 bytes. The corresponding ending offset in this example is 1Fh. For best economy of speed and efficiency, the target address for writing should point to the beginning of a new page, (i.e., the byte offset will be 0). Thus, the full 32-byte capacity of the scratchpad is available, resulting also in the ending offset of 1Fh. However, it is possible to write 1 or several contiguous bytes somewhere within a page. The ending offset together with the Partial and Overflow Flag is mainly a means to support the master checking the data integrity after a Write command. The highest valued bit of the E/S Register, called AA or Authorization Accepted, indicates that a valid copy command for the scratchpad has been received and executed. Writing data to the scratchpad clears this flag.

ADDRESS REGISTERS Figure 9

Bit #	7	6	5	4	3	2	1	0
Target Address (TA1)	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0
Target Address (TA2)	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
Ending Address with Data Status (E/S) (Read Only)	AA	0	PF	E4	E3	E2	E1	E0

WRITING WITH VERIFICATION

To write data to the DS1921H/Z, the scratchpad has to be used as intermediate storage. First, the master issues the Write Scratchpad command to specify the desired target address, followed by the data to be written to the scratchpad. In the next step, the master sends the Read Scratchpad command to read the scratchpad and to verify data integrity. As preamble to the scratchpad data, the DS1921H/Z sends the requested target address TA1 and TA2 and the contents of the E/S Register. If the PF flag is set, data did not arrive correctly in the scratchpad. The master does not need to continue reading; it can start a new trial to write data to the scratchpad. Similarly, a set AA flag indicates that the Write command was not recognized by the device. If everything went correctly, both flags are cleared and the ending offset indicates the address of the last byte written to the scratchpad. Now the master can continue verifying every data bit. After the master has verified the data, it has to send the Copy Scratchpad command. This command must be followed exactly by the data of the three address registers TA1, TA2 and E/S as the master has read them verifying the scratchpad. As soon as the DS1921H/Z has received these bytes, it will copy the data to the requested location beginning at the target address.

Write Scratchpad Command [0Fh]

After issuing the Write Scratchpad command, the master must first provide the 2-byte target address, followed by the data to be written to the scratchpad. The data will be written to the scratchpad starting at the byte offset (T4:T0). The ending offset (E4:E0) will be the byte offset at which the master stops writing data. Only full data bytes are accepted. If the last data byte is incomplete, its content will be ignored and the partial byte flag (PF) will be set.

When executing the Write Scratchpad command, the CRC generator inside the DS1921H/Z (see Figure 16) calculates a CRC of the entire data stream, starting at the command code and ending at the last data

byte sent by the master. This CRC is generated using the CRC16 polynomial by first clearing the CRC generator and then shifting in the command code (0Fh) of the Write Scratchpad command, the Target Addresses TA1 and TA2 as supplied by the master and all the data bytes. The master may end the Write Scratchpad command at any time. However, if the ending offset is 11111b, the master may send 16 read time slots and will receive an inverted CRC16 generated by the DS1921H/Z.

The range 200h to 213h of the register page is protected during a mission. See Figure 6, *Register Page Map*, for the access type of the individual registers between and during missions.

Read Scratchpad Command [AAh]

This command is used to verify scratchpad data and target address. After issuing the Read Scratchpad command, the master begins reading. The first 2 bytes will be the target address. The next byte will be the ending offset/data status byte (E/S) followed by the scratchpad data beginning at the byte offset (T4:T0), as shown in Figure 9. Regardless of the actual ending offset, the master may read data until the end of the scratchpad after which it will receive an inverted CRC16 of the command code, Target Addresses TA1 and TA2, the E/S byte, and the scratchpad data starting at the target address. After the CRC is read, the bus master will read logical 1s from the DS1921H/Z until a reset pulse is issued.

Copy Scratchpad [55h]

This command is used to copy data from the scratchpad to the writable memory sections. Applying Copy Scratchpad to the Sample Rate Register can start a mission provided that several preconditions are met. See *Mission Start and Logging Process* description and the flow chart in Figure 11 for details. After issuing the Copy Scratchpad command, the master must provide a 3-byte authorization pattern, which can be obtained by reading the scratchpad for verification. This pattern must exactly match the data contained in the three address registers (TA1, TA2, E/S, in that order). If the pattern matches, the AA (Authorization Accepted) flag will be set and the copy will begin. A pattern of alternating 1s and 0s will be transmitted after the data has been copied until the master issues a reset pulse. While the copy is in progress any attempt to reset the part will be ignored. Copy typically takes 2 μ s per byte.

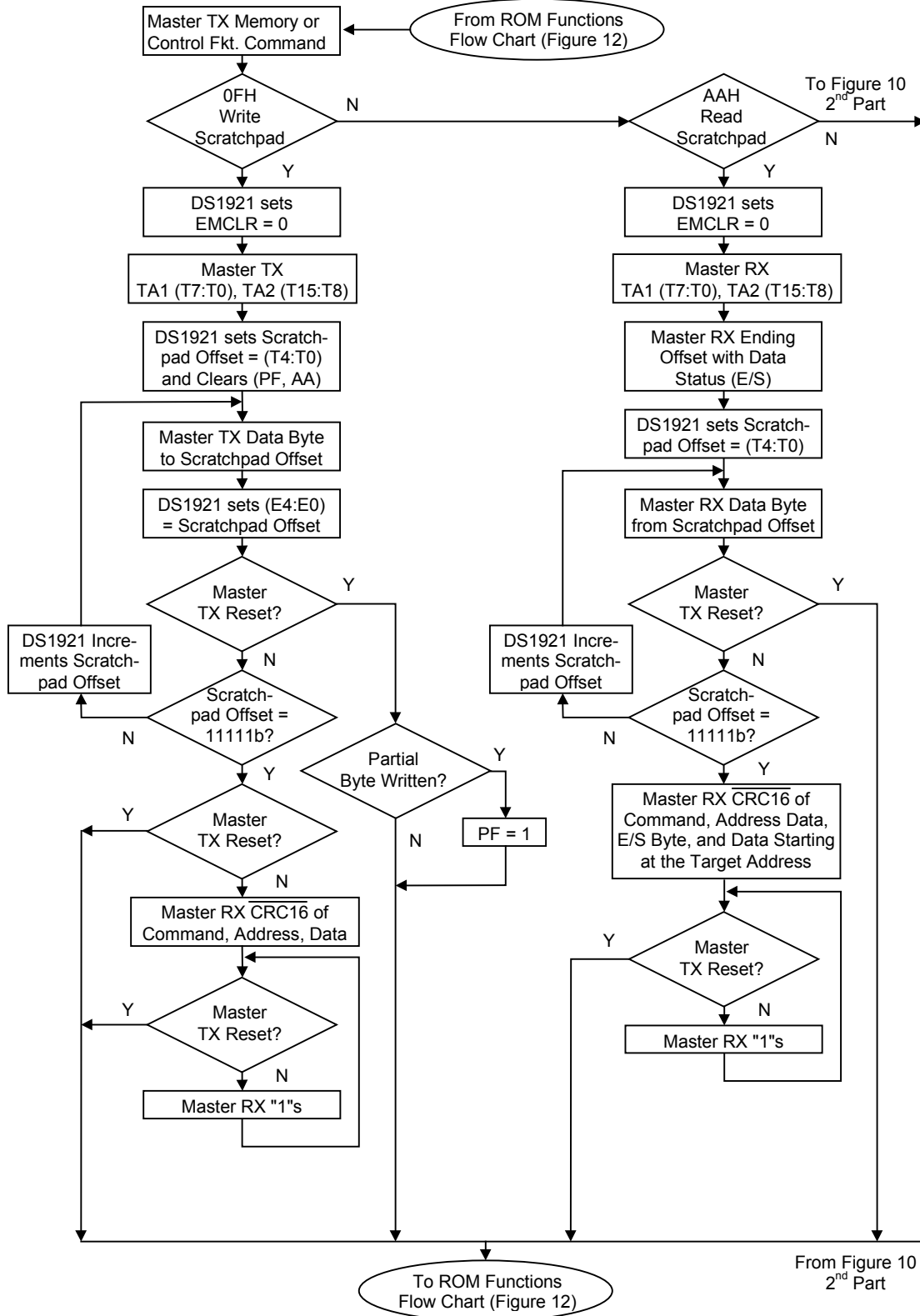
The data to be copied is determined by the three address registers. The scratchpad data from the beginning offset through the ending offset will be copied, starting at the target address. Anywhere from 1 to 32 bytes may be copied to memory with this command. The AA flag will remain at logic 1 until it is cleared by the next Write Scratchpad command. Note that Copy Scratchpad when applied to the address range 200h to 213h during a mission will end the mission.

Read Memory [F0h]

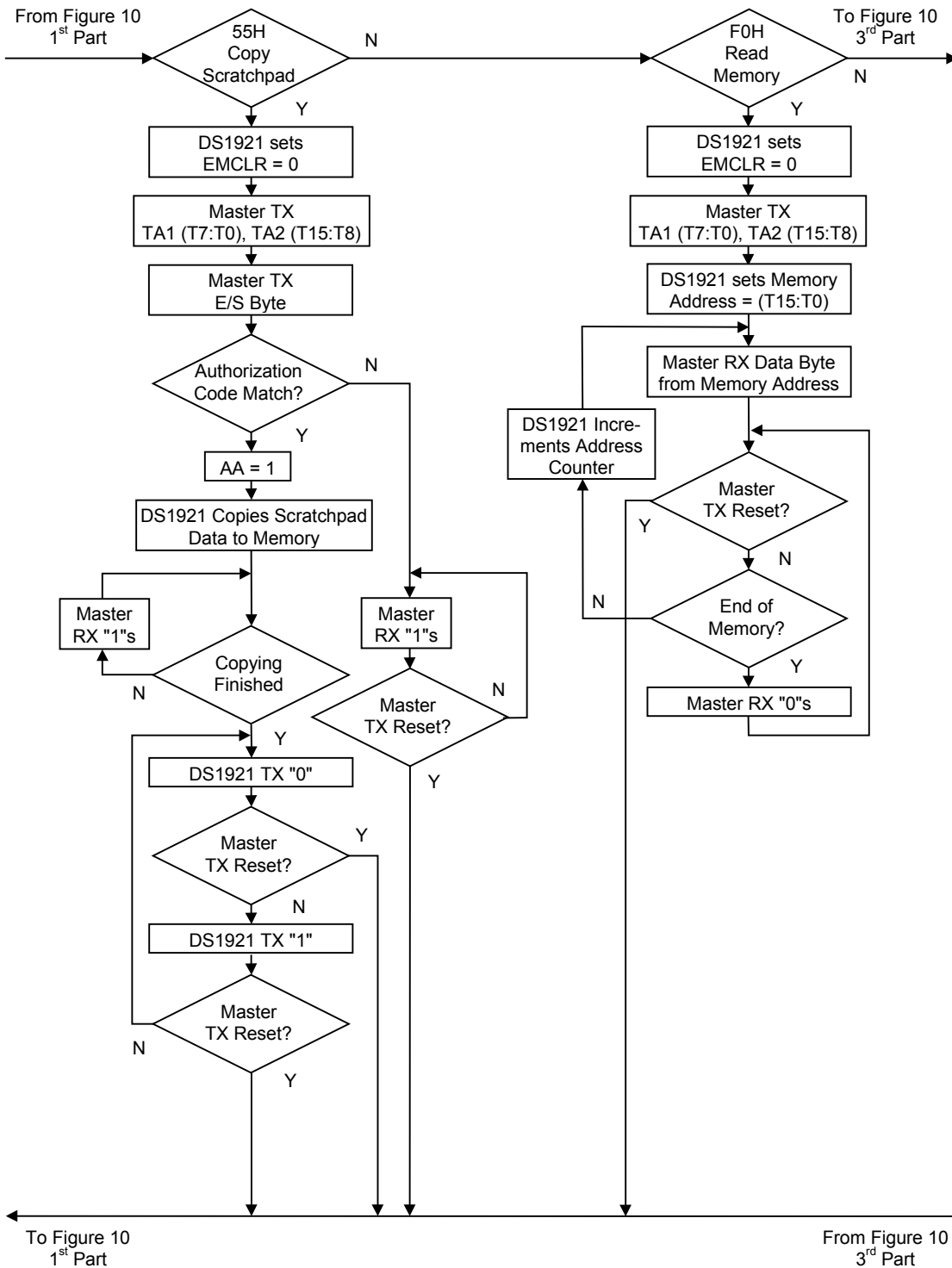
The Read Memory command may be used to read the entire memory. After issuing the command, the master must provide the 2-byte target address. After the 2 bytes, the master reads data beginning from the target address and may continue until the end of memory, at which point logic 0s will be read. It is important to realize that the target address registers will contain the address provided. The ending offset/data status byte is unaffected.

The hardware of the DS1921H/Z provides a means to accomplish error-free writing to the memory section. To safeguard data in the 1-Wire environment when reading and to simultaneously speed up data transfers, it is recommended to packetize data into data packets of the size of one memory page each. Such a packet would typically store a 16-bit CRC with each page of data to ensure rapid, error-free data transfers that eliminate having to read a page multiple times to verify whether if the received data is correct. (See *Application Note 114* for the recommended file structure.)

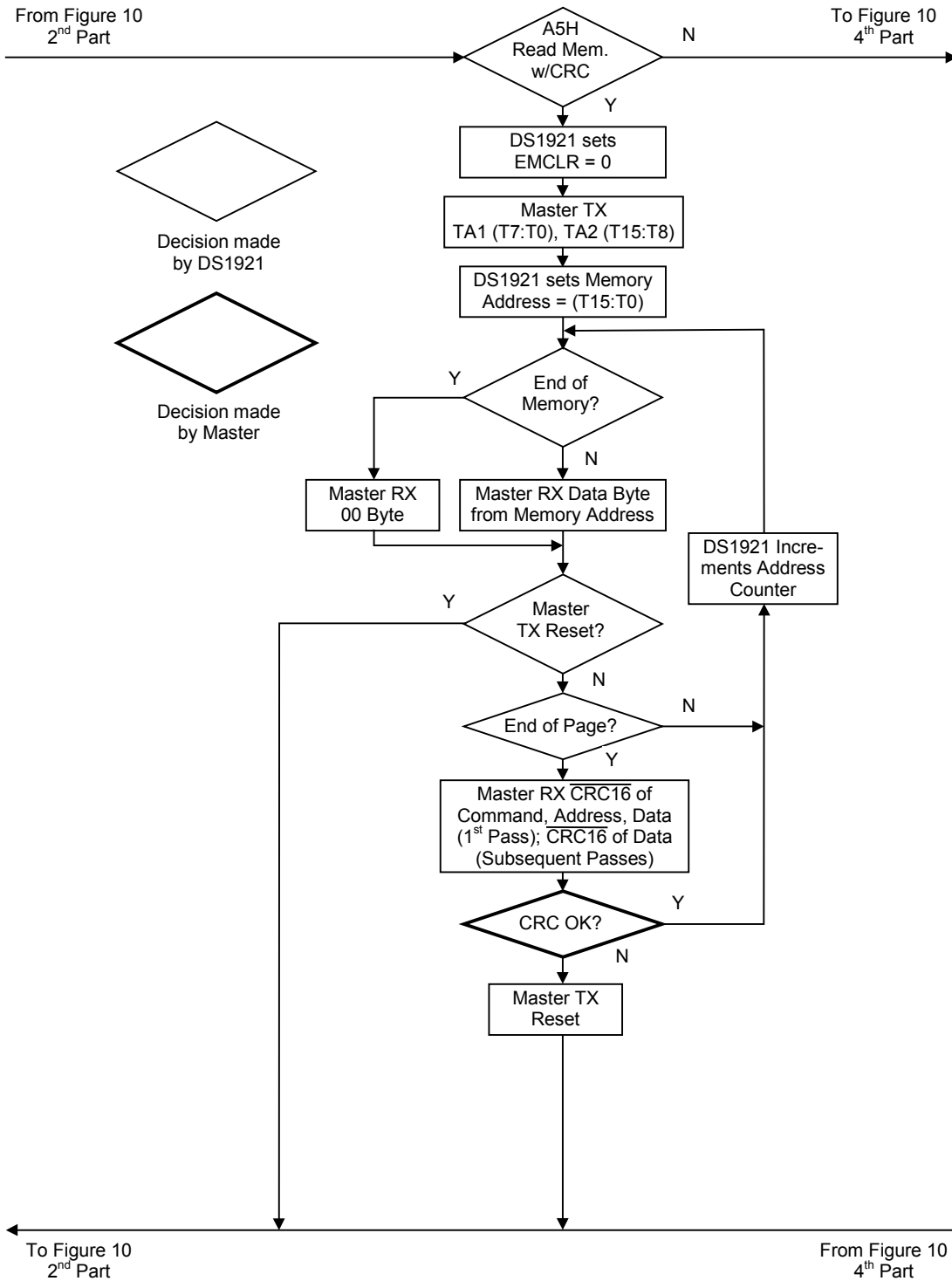
MEMORY/CONTROL FUNCTION FLOW CHART Figure 10-1



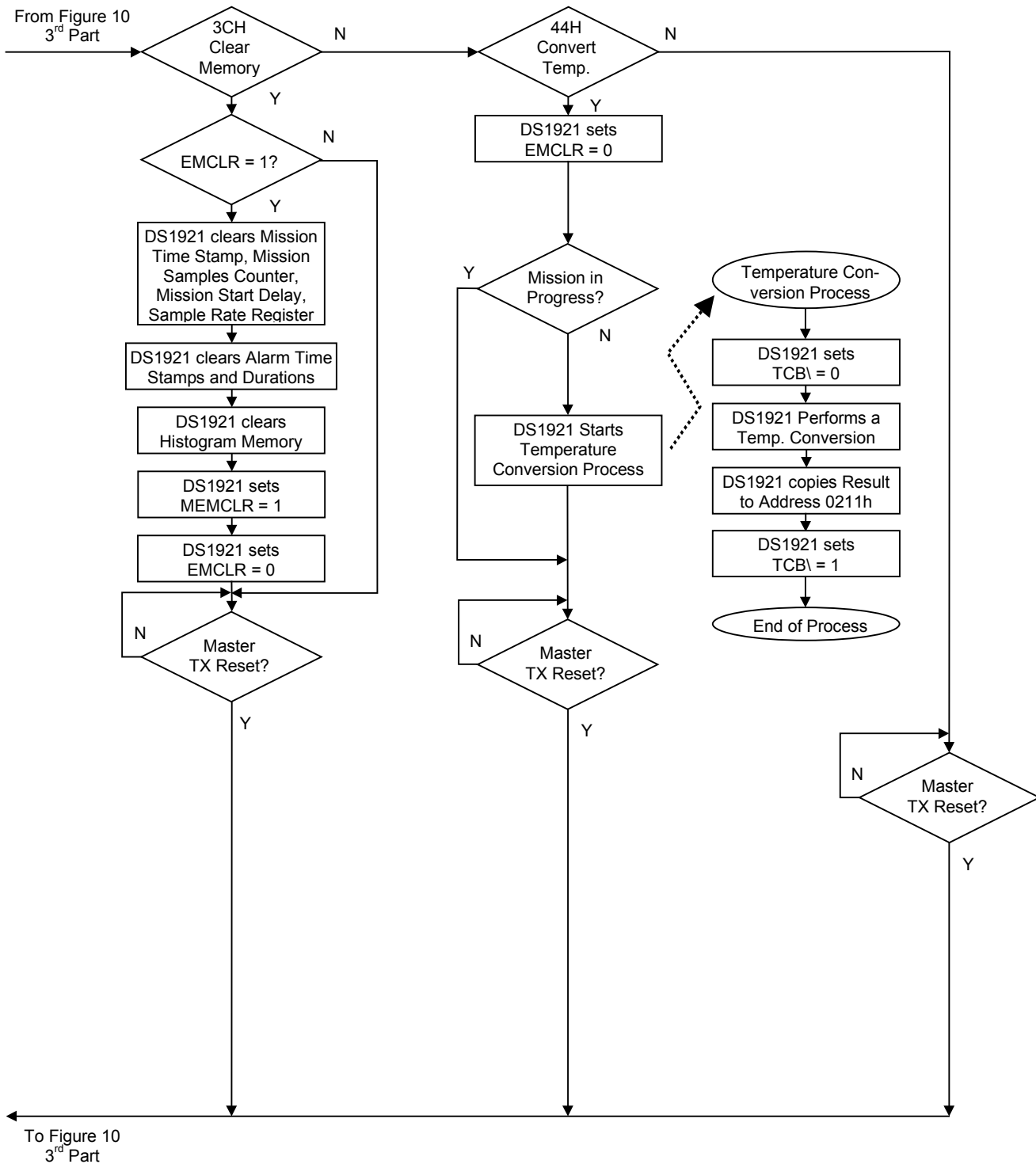
MEMORY/CONTROL FUNCTION FLOW CHART Figure 10-2



MEMORY/CONTROL FUNCTION FLOW CHART Figure 10-3



MEMORY/CONTROL FUNCTION FLOW CHART Figure 10-4



Read Memory with CRC [A5h]

The Read Memory with CRC command is used to read memory data that cannot be packetized, such as the register page and the data recorded by the device during a mission. The command works essentially the same way as the simple Read Memory, except for the 16-bit CRC that the DS1921H/Z generates and transmits following the last data byte of a memory page.

After having sent the command code of the Read Memory with CRC command, the bus master sends a 2-byte address (TA1 = T7:T0, TA2 = T15:T8) that indicates a starting byte location. With the subsequent read data time slots the master receives data from the DS1921H/Z starting at the initial address and continuing until the end of a 32-byte page is reached. At that point the bus master will send 16 additional read data time slots and receive an inverted 16-bit CRC. With subsequent read data time slots the master will receive data starting at the beginning of the next page followed again by the inverted CRC for that page. This sequence will continue until the bus master resets the device.

With the initial pass through the Read Memory with CRC flow, the 16-bit CRC value is the result of shifting the command byte into the cleared CRC generator followed by the two address bytes and the contents of the data memory. Subsequent passes through the Read Memory with CRC flow will generate a 16-bit CRC that is the result of clearing the CRC generator and then shifting in the contents of the data memory page. After the 16-bit CRC of the last page is read, the bus master will receive logical 0s from the DS1921H/Z and inverted CRC16s at page boundaries until a reset pulse is issued. The Read Memory with CRC command sequence can be ended at any point by issuing a reset pulse.

Clear Memory [3Ch]

The Clear Memory command is used to clear the Sample Rate, Mission Start Delay, Mission Time Stamp, and Mission Samples Counter in the register page and the Temperature Alarm Memory and the Temperature Histogram Memory. These memory areas must be cleared for the device to be set up for another mission. The Clear Memory command does not clear the datalog memory or the temperature and timer alarm flags in the Status Register. The RTC oscillator must be on and have counted at least 1 second, before issuing the command. For the Clear Memory command to function the EMCLR bit in Control Register must be set to 1, and the Clear Memory command must be issued with the very next access to the device's memory functions. Issuing any other memory function command will reset the EMCLR bit. The Clear Memory process takes 500 μ s. When the command is completed the MEMCLR bit in the Status Register will read 1 and the EMCLR bit will be 0.

Convert Temperature [44h]

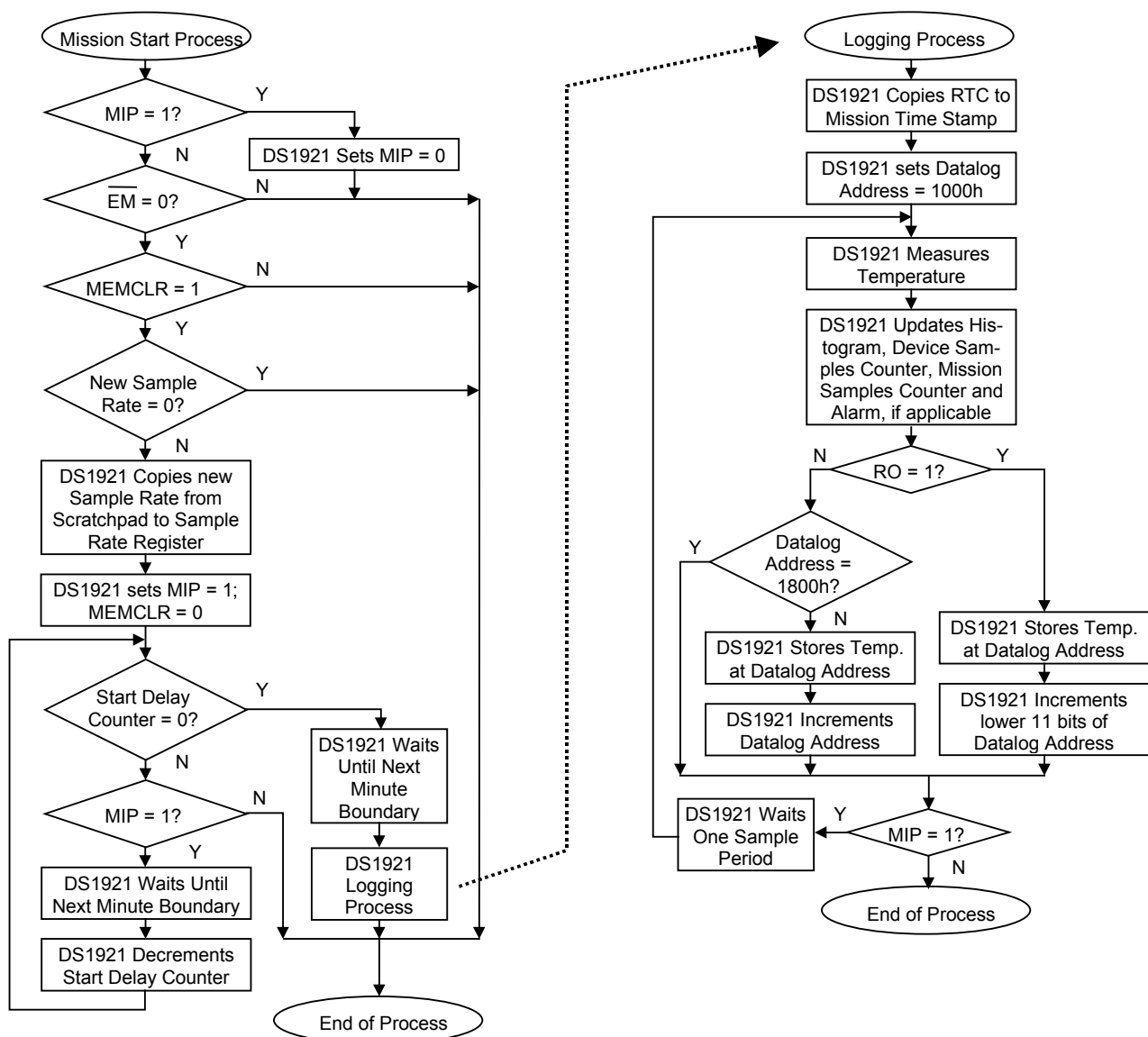
If a mission is not in progress (MIP = 0) the Convert Temperature command can be issued to measure the current temperature of the device. The result of the temperature conversion will be found at memory address 211h in the register page. This command takes maximum 360ms to complete. During this time the device remains fully accessible for memory/control and ROM function commands.

Mission Start and Logging Process

The DS1921H/Z does not use a special command to start a mission. Instead, a mission is started by writing a non-zero value to the Sample Rate Register using the Copy Scratchpad command. As shown in Figure 11, a new mission can only be started if the previous mission has been stopped (MIP = 0), the memory is cleared (MEMCLR = 1) and the mission is enabled (EM = 0). If the new sample rate is different from zero, the value will be copied to the sample rate register. At the same time the MIP bit will be set and the MEMCLR bit will be cleared to indicate that the device is on a mission. Next the Mission Start Delay counter will start decrementing every minute until it is down to 0. Now the DS1921H/Z will wait until the next minute boundary and start the logging process, which as its first action copies the applicable RTC registers to the Mission Time Stamp.

MISSION START AND LOGGING PROCESS Figure 11

The Mission Start Process is invoked when the Copy Scratchpad function is used to set a new sample rate by writing to the Sample Rate Register at address 020Dh. One minute after the start delay countdown is over, the Logging Process begins and the Mission Start Process ends.



Stop Mission

The DS1921H/Z does not have a special command to stop a mission. A mission can be stopped at any time by writing to any address in the range of 0200h to 0213h or by writing the MIP bit of the Status Register at address 0214h to 0. Either approach involves the use of the Copy Scratchpad command. There is no need for the Mission Start Delay to expire before a mission can be stopped (see Figure 11).

MEMORY ACCESS CONFLICTS

While a mission is in progress, periodically a temperature sample is taken and stored in the datalog, histogram, and potentially alarm memory. This “internal activity” has priority over a Read Memory or Read Memory with CRC access to these pages. If a conflict occurs, the data read may be invalid, even if the CRC value matches the data. To ensure that the data read is valid, it is recommended to first read the SIP bit of the Status Register. If the SIP bit is set, delay reading the datalog, histogram, and alarm memory until SIP is 0. The interference is more likely to be seen with a high sample rate (1 sample every minute). Since all mission samples occur on the seconds rollover (59 to 00), memory conflicts can be avoided by first reading the RTC seconds counter. For example, if it takes two seconds to read the datalog, then avoid starting the memory read if the seconds counter is 58, 59 or 00. Alternatively, one can read the affected memory section twice and accept the data only if both readings match. In any case, when writing driver software, it is important to know about the possibility of interference and to take measures to work around it.

1-WIRE BUS SYSTEM

The 1-Wire bus is a system that has a single bus master and one or more slaves. In all instances the DS1921H/Z is a slave device. The bus master is typically a microcontroller. The discussion of this bus system is broken down into three topics: hardware configuration, transaction sequence, and 1-Wire signaling (signal types and timing). The 1-Wire protocol defines bus transactions in terms of the bus state during specific time slots that are initiated on the falling edge of sync pulses from the bus master.

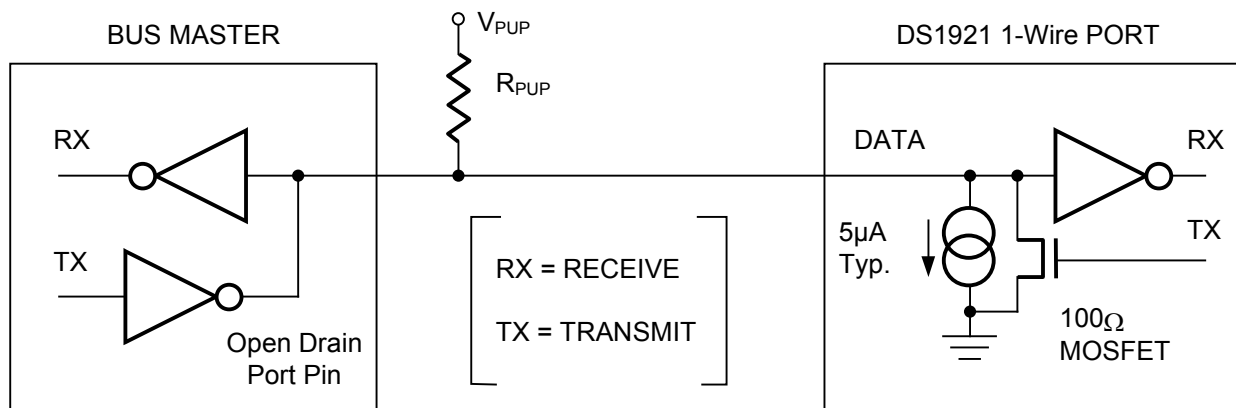
HARDWARE CONFIGURATION

The 1-Wire bus has only a single line by definition; it is important that each device on the bus be able to drive it at the appropriate time. To facilitate this, each device attached to the 1-Wire bus must have open drain or tri-state outputs. The 1-Wire port of the DS1921H/Z is open-drain with an internal circuit equivalent to that shown in Figure 12.

A multidrop bus consists of a 1-Wire bus with multiple slaves attached. At standard speed the 1-Wire bus has a maximum data rate of 16.3kbits per second. The speed can be boosted to 142kbits per second by activating the Overdrive mode. The DS1921H/Z is not guaranteed to be fully compliant to the iButton device standard. Its maximum data rate in standard speed mode is 15.4kbits per second and 125kbits per second in Overdrive. The value of the pull-up resistor primarily depends on the network size and load conditions. The DS1921H/Z requires a pull-up resistor of maximum 2.2k Ω at any speed.

The idle state for the 1-Wire bus is high. If for any reason a transaction needs to be suspended, the bus must be left in the idle state if the transaction is to resume. If this does not occur and the bus is left low for more than 16 μ s (Overdrive speed) or more than 120 μ s (standard speed), one or more devices on the bus may be reset. Note that the DS1921H/Z does not quite meet the full 16 μ s maximum low time of the normal 1-Wire bus Overdrive timing. With the DS1921H/Z the bus must be left low for no longer than 15 μ s at Overdrive speed to ensure that no DS1921H/Z on the 1-Wire bus performs a reset. The DS1921H/Z will communicate properly when used in conjunction with a DS2480B or DS2490 1-Wire driver and adapters that are based on these driver chips.

HARDWARE CONFIGURATION Figure 12



TRANSACTION SEQUENCE

The protocol for accessing the DS1921H/Z via the 1-Wire port is as follows:

- Initialization
- ROM Function Command
- Memory/Control Function Command
- Transaction/Data

INITIALIZATION

All transactions on the 1-Wire bus begin with an initialization sequence. The initialization sequence consists of a reset pulse transmitted by the bus master followed by presence pulse(s) transmitted by the slave(s). The presence pulse lets the bus master know that the DS1921H/Z is on the bus and is ready to operate. For more details, see the *1-Wire Signaling* section.

ROM FUNCTION COMMANDS

Once the bus master has detected a presence, it can issue one of the seven ROM function commands. All ROM function commands are eight bits long. A list of these commands follows (refer to flowchart in Figure 13).

Read ROM [33h]

This command allows the bus master to read the DS1921H/Z's 8-bit family code, temperature range code, plus unique 36-bit serial number and 8-bit CRC. This command can only be used if there is a single slave on the bus. If more than one slave is present on the bus, a data collision will occur when all slaves try to transmit at the same time (open drain will produce a wired-AND result). The resultant family code and temperature range code plus 36-bit serial number will result in a mismatch of the CRC.

Match ROM [55h]

The Match ROM command, followed by a 64-bit ROM sequence, allows the bus master to address a specific DS1921H/Z on a multidrop bus. Only the DS1921H/Z that exactly matches the 64-bit ROM sequence will respond to the following memory function command. All other slaves will wait for a reset pulse. This command can be used with a single or multiple devices on the bus.

Search ROM [F0h]

When a system is initially brought up, the bus master might not know the number of devices on the 1-Wire bus or their registration numbers. By taking advantage of the wired-AND property of the bus, the master can use a process of elimination to identify the registration numbers of all slave devices. For each bit of the registration number, starting with the least significant bit, the bus master issues a triplet of time slots. On the first slot, each slave device participating in the search outputs the true value of its registration number bit. On the second slot, each slave device participating in the search outputs the complemented value of its registration number bit. On the third slot, the master writes the true value of the bit to be selected. All slave devices that do not match the bit written by the master stop participating in the search. If both of the read bits are zero, the master knows that slave devices exist with both states of the bit. By choosing which state to write, the bus master branches in the romcode tree. After one complete pass, the bus master knows the registration number of a single device. Additional passes identify the registration numbers of the remaining devices. Refer to App Note 187: *1-Wire Search Algorithm* for a detailed discussion, including an example.

Conditional Search [ECh]

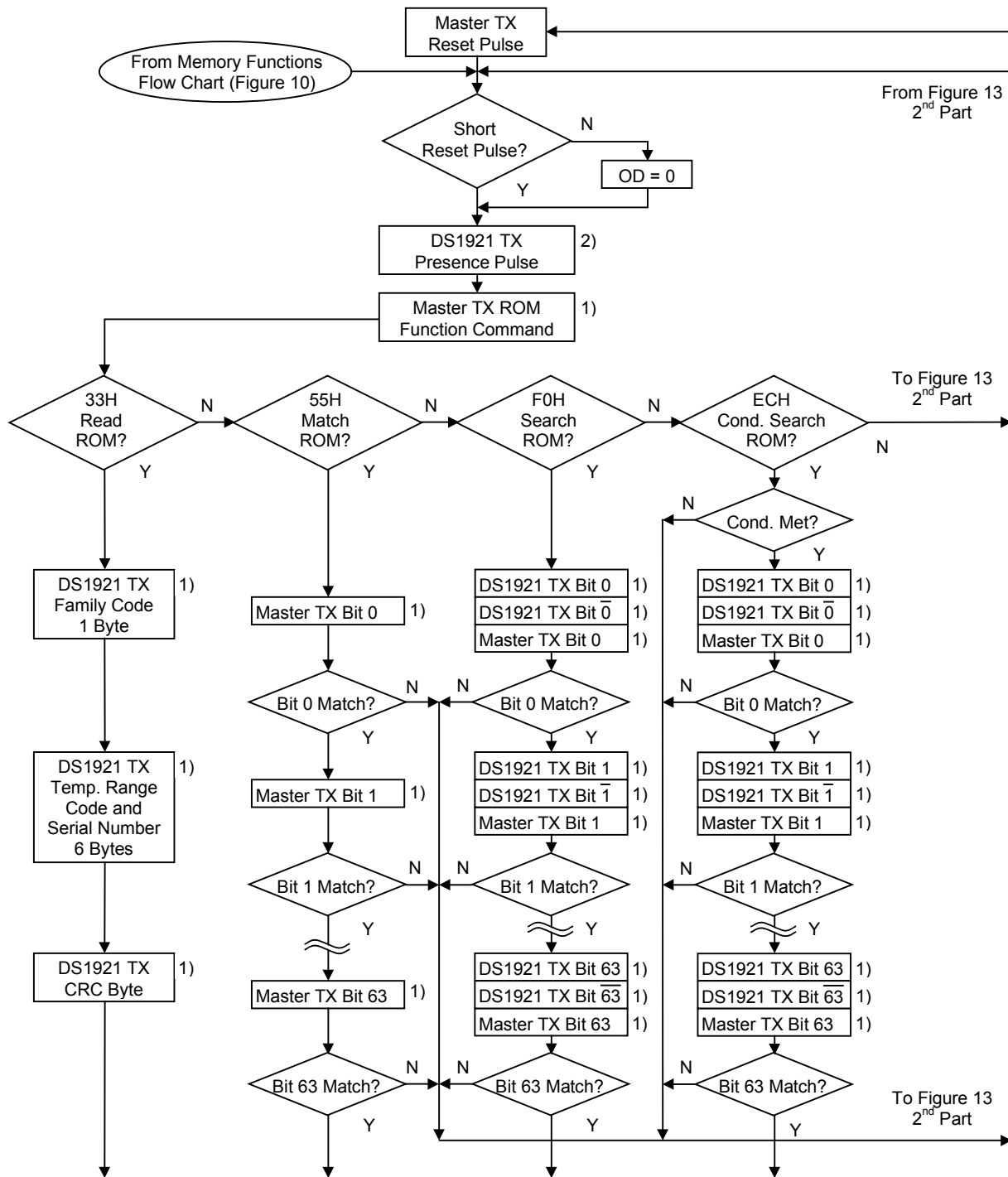
The Conditional Search ROM command operates similarly to the Search ROM command except that only devices fulfilling the specified condition will participate in the search. The condition is specified by the bit functions TAS, THS, and TLS in the Control Register, address 20Eh. The Conditional Search ROM provides an efficient means for the bus master to determine devices on a multidrop system that have to signal an important event, such as a temperature leaving the tolerance band. After each pass of the conditional search that successfully determined the 64-bit ROM code for a specific device on the multidrop bus, that particular device can be individually accessed as if a Match ROM had been issued, since all other devices will have dropped out of the search process and will be waiting for a reset pulse.

For the conditional search, one can select any combination of the three search conditions by writing the associated bit to a logical 1. These bits correspond directly to the flags in the Status Register of the device. If the flag in the status register reads 1 and the corresponding bit in the Control Register is a logical 1 too, the device will respond to the Conditional Search command. If more than one bit search condition is selected, the first event occurring will make the device respond to the Conditional Search command.

Skip ROM [CCh]

This command can save time in a single-drop bus system by allowing the bus master to access the memory functions without providing the 64-bit ROM code. If more than one slave is present on the bus and, for example, a Read command is issued following the Skip ROM command, data collision will occur on the bus as multiple slaves transmit simultaneously (open drain pull-downs will produce a wired-AND result).

ROM FUNCTIONS FLOW CHART Figure 13-1

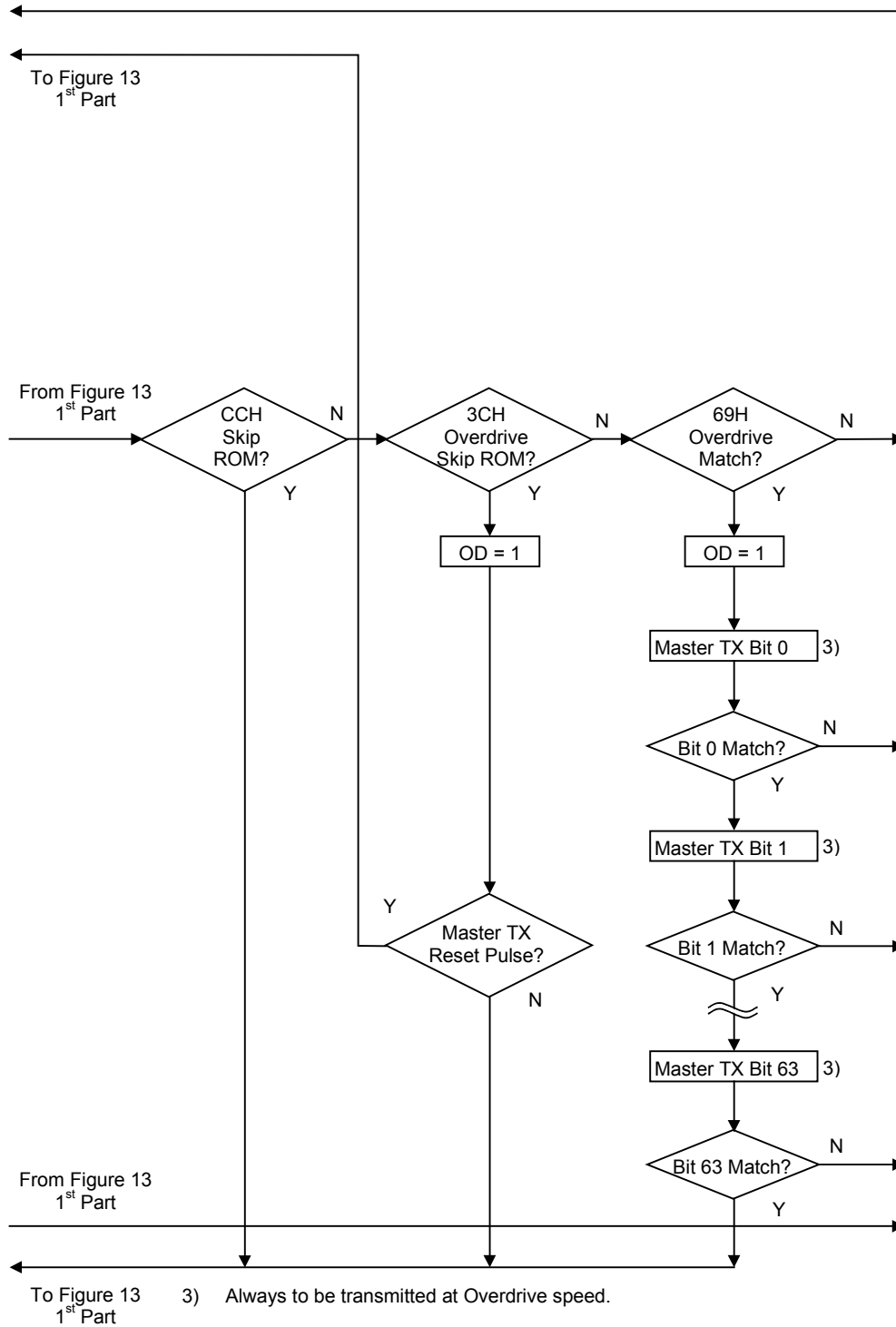


- 1) To be transmitted or received at Overdrive speed if OD = 1.
- 2) The Presence Pulse will be short if OD = 1.

To Memory Functions Flow Chart (Figure 10)

From Figure 13 2nd Part

ROM FUNCTIONS FLOW CHART Figure 13-2



Overdrive Skip ROM [3Ch]

On a single-drop bus this command can save time by allowing the bus master to access the memory/control functions without providing the 64-bit ROM code. Unlike the normal Skip ROM command, the Overdrive Skip ROM sets the DS1921H/Z in the Overdrive mode (OD = 1). All communication following this command has to occur at Overdrive speed until a reset pulse of minimum 480 μ s duration resets all devices on the bus to standard speed (OD = 0).

When issued on a multidrop bus this command will set all Overdrive-supporting devices into Overdrive mode. To subsequently address a specific Overdrive-supporting device, a reset pulse at Overdrive speed has to be issued followed by a Match ROM or Search ROM command sequence. This will speed up the time for the search process. If more than one slave supporting Overdrive is present on the bus and the Overdrive Skip ROM command is followed by a Read command, data collision will occur on the bus as multiple slaves transmit simultaneously (open-drain pull-downs will produce a wired-AND result).

Overdrive Match ROM [69h]

The Overdrive Match ROM command followed by a 64-bit ROM sequence transmitted at Overdrive Speed allows the bus master to address a specific DS1921H/Z on a multidrop bus and to simultaneously set it in Overdrive mode. Only the DS1921H/Z that exactly matches the 64-bit ROM sequence will respond to the subsequent memory/control function command. Slaves already in Overdrive mode from a previous Overdrive Skip or successful Overdrive Match command will remain in Overdrive mode. All overdrive-capable slaves will return to standard speed at the next Reset Pulse of minimum 480 μ s duration. The Overdrive Match ROM command can be used with a single or multiple devices on the bus.

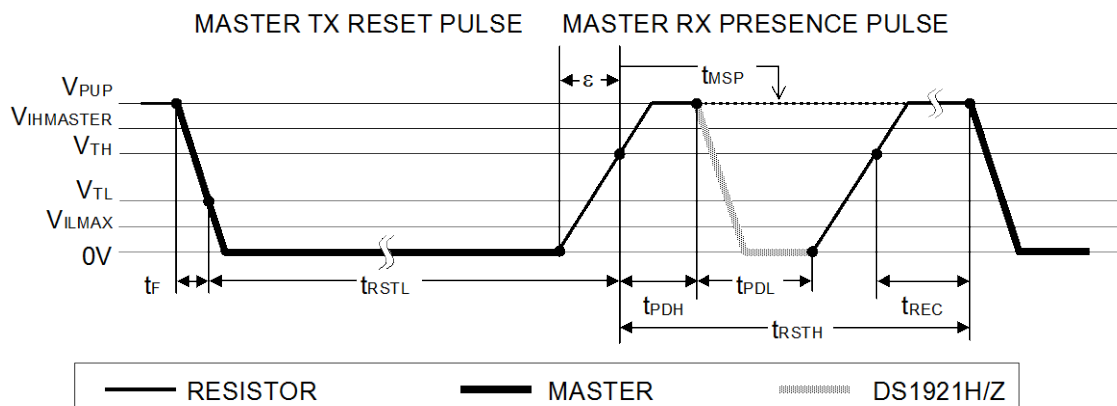
1-WIRE SIGNALING

The DS1921H/Z requires strict protocols to ensure data integrity. The protocol consists of four types of signaling on one line: Reset Sequence with Reset Pulse and Presence Pulse, Write 0, Write 1, and Read Data. Except for the presence pulse the bus master initiates all these signals. The DS1921H/Z can communicate at two different speeds: standard speed and Overdrive speed. If not explicitly set into the Overdrive mode, the DS1921H/Z will communicate at standard speed. While in Overdrive mode the fast timing applies to all waveforms.

To get from idle to active, the voltage on the 1-Wire line needs to fall from V_{PUP} below the threshold V_{TL} . To get from active to idle, the voltage needs to rise from V_{ILMAX} past the threshold V_{TH} . The time it takes for the voltage to make this rise is seen in Figure 14 as ‘ ϵ ’ and its duration depends on the pull-up resistor (R_{PUP}) used and capacitance of the 1-Wire network attached. The voltage V_{ILMAX} is relevant for the DS1921H/Z when determining a logical level, but not for triggering any events.

The initialization sequence required to begin any communication with the DS1921H/Z is shown in Figure 14. A Reset Pulse followed by a Presence Pulse indicates the DS1921H/Z is ready to receive data, given the correct ROM and memory function command. If the bus master uses slew-rate control on the falling edge, it must pull down the line for $t_{RSTL} + t_F$ to compensate for the edge. A t_{RSTL} duration of 480 μ s or longer will exit the Overdrive mode returning the device to standard speed. If the DS1921H/Z is in Overdrive mode and t_{RSTL} is no longer than 80 μ s, the device will remain in Overdrive mode.

INITIALIZATION PROCEDURE (RESET AND PRESENCE PULSES) Figure 14



After the bus master has released the line it goes into receive mode (RX). Now, the 1-Wire bus is pulled to V_{PUP} via the pull-up resistor or, in case of a DS2480B driver, by active circuitry. When the threshold V_{TH} is crossed, the DS1921H/Z waits for t_{PDH} and then transmits a presence pulse by pulling the line low for t_{PDL} . To detect a presence pulse, the master must test the logical state of the 1-Wire line at t_{MSP} .

The t_{RSTH} window must be at least the sum of t_{PDHMAX} , t_{PDLMAX} , and t_{RECMIN} . Immediately after t_{RSTH} is expired, the DS1921H/Z is ready for data communication. In a mixed population network, t_{RSTH} should be extended to minimum 480 μ s at standard speed and 48 μ s at Overdrive speed to accommodate other 1-Wire devices.

Read/Write Time Slots

Data communication with the DS1921H/Z takes place in time slots that carry a single bit each. Write time slots transport data from bus master to slave. Read time-slots transfer data from slave to master. The definitions of the write and read time slots are illustrated in Figure 15.

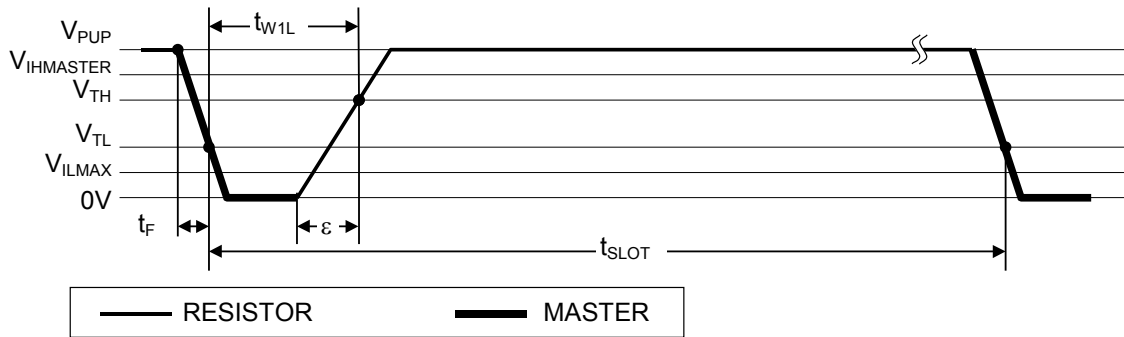
All communication begins with the master pulling the data line low. As the voltage on the 1-Wire line falls below the threshold V_{TL} , the DS1921H/Z starts its internal timing generator that determines when the data line will be sampled during a write time slot and how long data will be valid during a read time slot.

Master to Slave

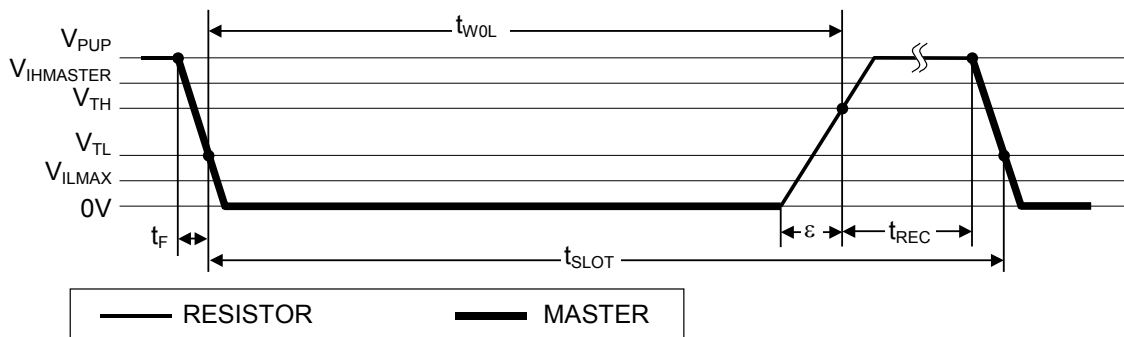
For a **write-one** time slot, the voltage on the data line must have crossed the V_{TH} threshold after the write-one low time t_{WILMAX} is expired. For a **write-zero** time slot, the voltage on the data line must stay below the V_{TH} threshold until the write-zero low time t_{WOLMIN} is expired. The voltage on the data line should not exceed V_{ILMAX} during the entire t_{WOL} or t_{WIL} window. After the V_{TH} threshold has been crossed, the DS1921H/Z needs a recovery time t_{REC} before it is ready for the next time slot.

READ/WRITE TIMING DIAGRAM Figure 15

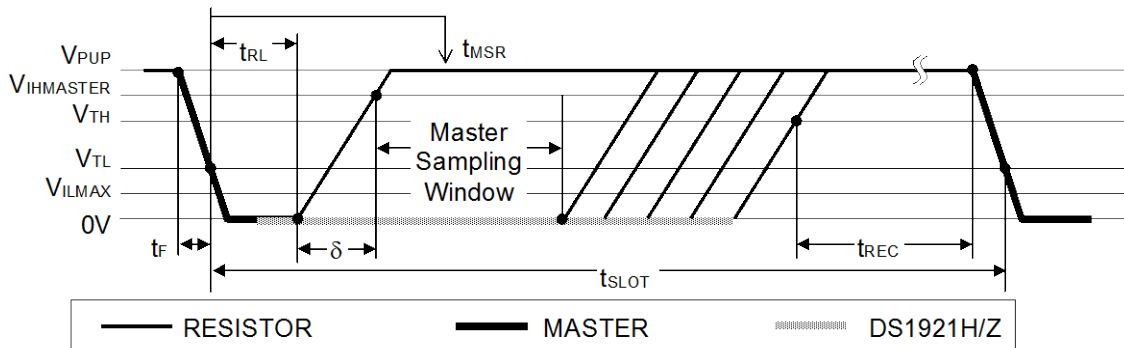
Write-One Time Slot



Write-Zero Time Slot



Read-Data Time Slot



Slave to Master

A **read-data** time slot begins like a write-one time slot. The voltage on the data line must remain below V_{TL} until the read low time t_{RL} is expired. During the t_{RL} window, when responding with a 0, the DS1921H/Z will start pulling the data line low; its internal timing generator determines when this pull-down ends and the voltage starts rising again. When responding with a 1, the DS1921H/Z will not hold the data line low at all, and the voltage starts rising as soon as t_{RL} is over.

The sum of $t_{RL} + \delta$ (rise time) on one side and the internal timing generator of the DS1921H/Z on the other side define the master sampling window (t_{MSRMIN} to t_{MSRMAX}) in which the master must perform a read from the data line. For most reliable communication, t_{RL} should be as short as permissible and the master should read close to but no later than t_{MSRMAX} . After reading from the data line, the master must wait until t_{SLOT} is expired. This guarantees sufficient recovery time t_{REC} for the DS1921H/Z to get ready for the next time slot.

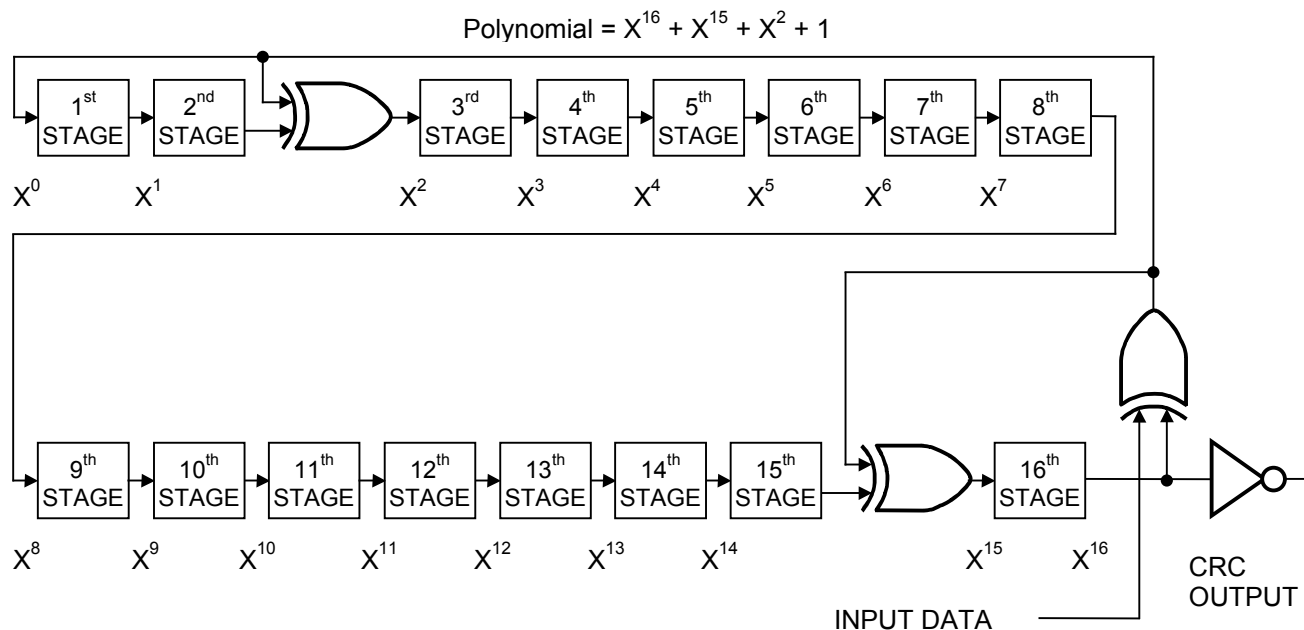
CRC GENERATION

With the DS1921H/Z there are two different types of Cyclic Redundancy Checks (CRCs). One CRC is an 8-bit type and is stored in the most significant byte of the 64-bit ROM. The bus master can compute a CRC value from the first 56 bits of the 64-bit ROM and compare it to the value stored within the DS1921H/Z to determine if the ROM data has been received error-free. The equivalent polynomial function of this CRC is $X^8 + X^5 + X^4 + 1$. This 8-bit CRC is received in the true (noninverted) form. It is computed at the factory and lasered into the ROM.

The other CRC is a 16-bit type, generated according to the standardized CRC16-polynomial function $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$. This CRC is used for error detection when reading data memory using the Read Memory with CRC command and for fast verification of a data transfer when writing to or reading from the scratchpad. In contrast to the 8-bit CRC, the 16-bit CRC is always communicated in the inverted form. A CRC-generator inside the DS1921H/Z chip (Figure 16) will calculate a new 16-bit CRC as shown in the command flow chart of Figure 10. The bus master compares the CRC value read from the device to the one it calculates from the data and decides whether to continue with an operation or to reread the portion of the data with the CRC error. With the initial pass through the Read Memory with CRC flow chart, the 16-bit CRC value is the result of shifting the command byte into the cleared CRC generator, followed by the 2 address bytes and the data bytes. Subsequent passes through the Read Memory with CRC flow chart will generate a 16-bit CRC that is the result of clearing the CRC generator and then shifting in the data bytes.

With the Write Scratchpad command the CRC is generated by first clearing the CRC generator and then shifting in the command code, the target addresses TA1 and TA2 and all the data bytes. The DS1921H/Z will transmit this CRC only if the data bytes written to the scratchpad include scratchpad ending offset 11111b. The data may start at any location within the scratchpad.

With the Read Scratchpad command the CRC is generated by first clearing the CRC generator and then shifting in the command code, the target addresses (TA1 and TA2), the E/S byte, and the scratchpad data starting at the target address. The DS1921H/Z will transmit this CRC only if the reading continues through the end of the scratchpad, regardless of the actual ending offset. For more information on generating CRC values see *Application Note 27*.

CRC-16 HARDWARE DESCRIPTION AND POLYNOMIAL Figure 16**Command-Specific 1-Wire Communication Protocol — Legend**

Symbol	Description
RST	1-Wire Reset Pulse generated by master
PD	1-Wire Presence Pulse generated by slave
Select	Command and data to satisfy the ROM function protocol (Skip ROM, Search ROM, etc.)
WS	Command "Write Scratchpad"
RS	Command "Read Scratchpad"
CPS	Command "Copy Scratchpad"
RM	Command "Read Memory"
RMC	Command "Read Memory with CRC"
CM	Command "Clear Memory"
CT	Command "Convert Temperature"
TA	Target Address TA1, TA2
TA-E/S	Target Address TA1, TA2 with E/S byte
<data to EOS>	Transfer of as many data bytes as are needed to reach the scratchpad offset 1Fh
<data to EOP>	Transfer of as many data bytes as are needed to reach the end of a memory page
<data to EOM>	Transfer of as many data bytes as are needed to reach the end of the datalog memory
<00 to EOP>	Transfer of as many 00h bytes as are needed to reach a memory page boundary
<32 bytes>	Transfer of 32 bytes
<data>	Transfer of an undetermined amount of data
CRC16\	Transfer of an inverted CRC16
FF loop	Indefinite loop where the master reads FFh bytes
AA loop	Indefinite loop where the master reads AAh bytes
Busy	Interval during Copy Scratchpad where the DS1921H/Z does not respond. Any bits read during this time are logic 1.
00 loop	Indefinite loop where the master reads 00h bytes

Command-Specific 1-Wire Communication Protocol — Color Codes

Master to slave	Slave to master
-----------------	-----------------

Write Scratchpad, reaching the end of the Scratchpad

RST	PD	Select	WS	TA	<data to EOS>	CRC16\	FF loop
-----	----	--------	----	----	---------------	--------	---------

Write Scratchpad, not reaching the end of the Scratchpad

RST	PD	Select	WS	TA	<data>	RST	PD
-----	----	--------	----	----	--------	-----	----

Read Scratchpad

RST	PD	Select	RS	TA-E/S	<data to EOS>	CRC16\	FF loop
-----	----	--------	----	--------	---------------	--------	---------

Copy Scratchpad (success)

RST	PD	Select	CPS	TA-E/S	Busy	AA loop
-----	----	--------	-----	--------	------	---------

Copy Scratchpad (invalid TA-E/S)

RST	PD	Select	CPS	TA-E/S	FF loop
-----	----	--------	-----	--------	---------

Read Memory (success)

RST	PD	Select	RM	TA	<data to EOM>	00 loop
-----	----	--------	----	----	---------------	---------

Read Memory (invalid address)

RST	PD	Select	RM	TA	00 loop
-----	----	--------	----	----	---------

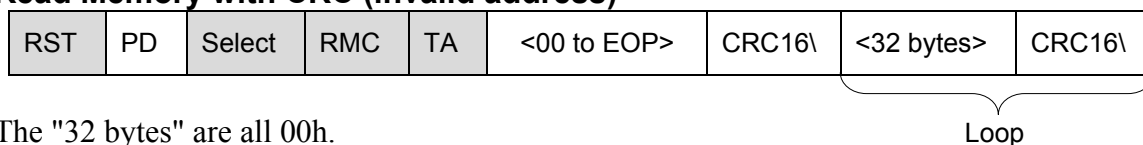
Reading reserved pages 20 through 63 or 68 through 127 or pages 192 and higher (beyond datalog memory) will result in 00h bytes.

Read Memory with CRC (success)

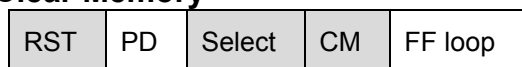
RST	PD	Select	RMC	TA	<data to EOP>	CRC16\	<32 bytes>	CRC16\
-----	----	--------	-----	----	---------------	--------	------------	--------

Loop

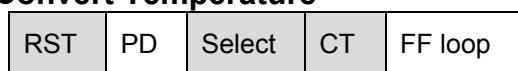
The "32 bytes" are either valid page data or 00h bytes when reading reserved pages 20 through 63 or 68 through 127 or pages 192 and higher (beyond datalog memory).

Read Memory with CRC (invalid address)

The "32 bytes" are all 00h.

Clear Memory

To verify success, read the Status Register at address 0214h. If MEMCLR is 1, the command was executed successfully.

Convert Temperature

To read the result and to verify success, read the addresses 0211h (result) and the Device Samples Counter at address 021Dh to 021Fh. If the count has incremented, the command was executed successfully.

MISSION EXAMPLE: PREPARE AND START A NEW MISSION

Assumption: The previous mission has come to an end. To end an ongoing mission write the MIP bit in the Status Register to 0.

The preparation of a DS1921H/Z for a mission including the start of the mission requires up to four steps:

Step 1: set the RTC (if it needs to be adjusted)

Step 2: clear the data of the previous mission

Step 3: set the search condition and mission start delay, clear alarm flags

Step 4: set the temperature alarms and write the sample rate to start the mission

STEP 1

Let the actual time be 15:30:00 hours on Monday, the 1st of April in 2002. This results in the following data to be written to the RTC registers:

Address:	200h	201h	202h	203h	204h	205h	206h
Data:	00h	30h	15h	01h	81h	04h	02h

With only a single DS1921H/Z connected to the bus master, the communication of step 1 is as follows:

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	(Reset)	Reset pulse (480µs to 960µs)
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	0Fh	Issue Write Scratchpad command
TX	00h	TA1, beginning offset = 00h
TX	02h	TA2, address = 0200h
TX	<7 data bytes>	Write 7 bytes of data to scratchpad
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	AAh	Issue Read Scratchpad command
RX	00h	Read TA1, beginning offset = 00h
RX	02h	Read TA2, address = 0200h
RX	06h	Read E/S, ending offset = 6h, flags = 0h
RX	<7 data bytes>	Read scratchpad data and verify
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	55h	Issue Copy Scratchpad command
TX	00h	TA1
TX	02h	TA2 (AUTHORIZATION CODE)
TX	06h	E/S
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse

STEP 2

Set the EMCLR bit to 1, enable the RTC and then execute the Clear Memory command. The RTC oscillator must be stable before the Clear Memory command is issued. Wait 500 μ s after issuing the Clear Memory command before proceeding to Step 3. This results in the following data to be written to the Status Register:

Address:	20Eh
Data:	40h

With only a single DS1921H/Z connected to the bus master, the communication of step 2 is as follows:

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	(Reset)	Reset pulse (480 μ s to 960 μ s)
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	0Fh	Issue Write Scratchpad command
TX	0Eh	TA1, beginning offset = 0Eh
TX	02h	TA2, address = 020Eh
TX	40h	Write status byte to scratchpad
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	AAh	Issue Read Scratchpad command
RX	0Eh	Read TA1, beginning offset = 0Eh
RX	02h	Read TA2, address = 020Eh
RX	0Eh	Read E/S, ending offset = 0Eh, flags = 0h
RX	40h	Read scratchpad data and verify
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	55h	Issue Copy Scratchpad command
TX	0Eh	TA1
TX	02h	TA2 (AUTHORIZATION CODE)
TX	0Eh	E/S
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	3Ch	Issue Clear Memory command
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse

STEP 3

In this example, the rollover is disabled and the search condition is set for a high temperature only. The mission is to start with a delay of 90 (005Ah) minutes and the alarm flags TLF, THF, and TAF are cleared. This results in the following data to be written to the special function registers:

Address:	20Eh	20Fh	210h	211h	212h	213h	214h
Data:	02h	00h*	00h*	00h*	5Ah	00h	00h

* Writing through address locations 20Fh to 211h is faster than accessing the Mission Start Delay Register in a separate cycle. The write attempt has no effect on the contents of these registers.

With only a single DS1921H/Z connected to the bus master, the communication of step 3 is as follows:

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	(Reset)	Reset pulse (480µs to 960µs)
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	0Fh	Issue Write Scratchpad command
TX	0Eh	TA1, beginning offset = 0Eh
TX	02h	TA2, address = 020Eh
TX	<7 data bytes>	Write 7 bytes of data to scratchpad
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	AAh	Issue Read Scratchpad command
RX	0Eh	Read TA1, beginning offset = 0Eh
RX	02h	Read TA2, address = 020Eh
RX	14h	Read E/S, ending offset = 14h, flags = 0h
RX	<7 data bytes>	Read scratchpad data and verify
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	55h	Issue Copy Scratchpad command
TX	0Eh	TA1
TX	02h	TA2 (AUTHORIZATION CODE)
TX	13h	E/S
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse

STEP 4

In this example, the temperature alarms are set to 0°C for the low temperature threshold and 10°C for the high temperature threshold, assuming it is a DS1921Z device. The sample rate is once every 10 minutes, allowing the mission to last up to 14 days. This results in the following data to be written to the special function registers:

Address:	20Bh	20Ch	20Dh
Data:	2Ch	7Ch	0Ah

With only a single DS1921H/Z connected to the bus master, the communication of step 4 is as follows:

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	(Reset)	Reset pulse (480µs to 960µs)
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	0Fh	Issue Write Scratchpad command
TX	0Bh	TA1, beginning offset = 0Bh
TX	02h	TA2, address = 020Bh
TX	<3 data bytes>	Write 3 bytes of data to scratchpad
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	AAh	Issue Read Scratchpad command
RX	0Bh	Read TA1, beginning offset = 0Bh
RX	02h	Read TA2, address = 020Bh
RX	0Dh	Read E/S, ending offset = 0Dh, flags = 0h
RX	<3 data bytes>	Read scratchpad data and verify
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse
TX	CCh	Issue Skip ROM command
TX	55h	Issue Copy Scratchpad command
TX	0Bh	TA1
TX	02h	TA2 (AUTHORIZATION CODE)
TX	0Dh	E/S
TX	(Reset)	Reset pulse
RX	(Presence)	Presence pulse

If step 4 was successful, the MIP bit in the Status Register will be 1, the MEMCLR bit will be 0, and the mission start delay will be counting down.

PHYSICAL SPECIFICATION

Size	See mechanical drawing
Weight	3.3g

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

IO Voltage to GND	-0.5V, +6V
IO Sink Current	20mA
Temperature Range DS1921H, DS1921Z	-40°C to +85°C**
Storage Temperature Range	-40°C to +50°C**

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

** Storage or operation above 50°C significantly reduces battery life.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{PUP} = 2.8V$ to $5.25V$, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
IO pin general data							
1-Wire Pull-Up Resistance	R_{PUP}				2.2	k Ω	1, 2
Input Capacitance	C_{IO}			100	800	pF	3, 16
Input Load Current	I_L	IO pin at V_{PUP}			10	μA	4
High-to-Low Switching Threshold	V_{TL}	$V_{PUP} > 4.5V$	1.14		2.70	V	5, 6, 7, 16
			0.71		2.70		
Input Low Voltage	V_{IL}				0.30	V	1, 5, 8
Low-to-High Switching Threshold	V_{TH}	$V_{PUP} > 4.5V$	1.00		2.70	V	5, 6, 9, 16
			0.66		2.70		
Output low voltage at 4mA	V_{OL}				0.4	V	5, 10
Recovery Time	t_{REC}	Standard Speed, $R_{PUP} = 2.2k\Omega$	5			μs	1, 16
		Overdrive Speed, $R_{PUP} = 2.2k\Omega$	2				
		Overdrive Speed, directly prior to reset pulse; $R_{PUP} = 2.2k\Omega$	5				
Timeslot Duration	t_{SLOT}	Standard Speed	65			μs	1, 15
		Overdrive Speed	8				
IO pin, 1-Wire Reset, Presence Detect Cycle							
Reset Low Time	t_{RSTL}	Standard Speed, $V_{PUP} > 4.5V$	480		640	μs	1, 15
		Standard Speed	540		640		
		Overdrive Speed	48		80		

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Presence Detect High Time	t_{PDH}	Standard Speed	15		60	μs	15
		Overdrive Speed	1.1		6		
Presence Detect Low Time	t_{PDL}	Standard Speed	60		270	μs	15
		Overdrive Speed	7.5		24		
Presence Detect Sample Time	t_{MSP}	Standard Speed	60		75	μs	1, 16
		Overdrive Speed	6		8.6		
IO pin, 1-Wire Write							
Write-0 Low Time	t_{W0L}	Standard Speed	60		120	μs	1, 11, 15
		Overdrive Speed	6		15		
Write-1 Low Time	t_{W1L}	Standard Speed	5		15	μs	1, 11
		Overdrive Speed	1		2		
IO pin, 1-Wire Read							
Read Low Time	t_{RL}	Standard Speed	5		$15 - \delta$	μs	1, 12
		Overdrive Speed	1		$2 - \delta$		
Read Sample Time	t_{MSR}	Standard Speed	$t_{RL} + \delta$		15	μs	1, 12
		Overdrive Speed	$t_{RL} + \delta$		2		
Real-Time Clock							
Frequency Deviation	Δ_F	-5°C to +46°C	-48		+46	PPM	
Temperature Converter							
Tempcore Operating Range	T_{TC}	DS1921H	15		46	°C	
		DS1921Z	-5		+26		
Conversion Time	t_{CONV}		75		360	ms	
Thermal Response Time Constant	τ_{RESP}			130		s	13
Conversion Error	$\Delta\theta$		-1		+1	°C	17, 18
Number of Conversions	N_{CONV}		(see lifetime graphs)			—	14, 16

NOTES

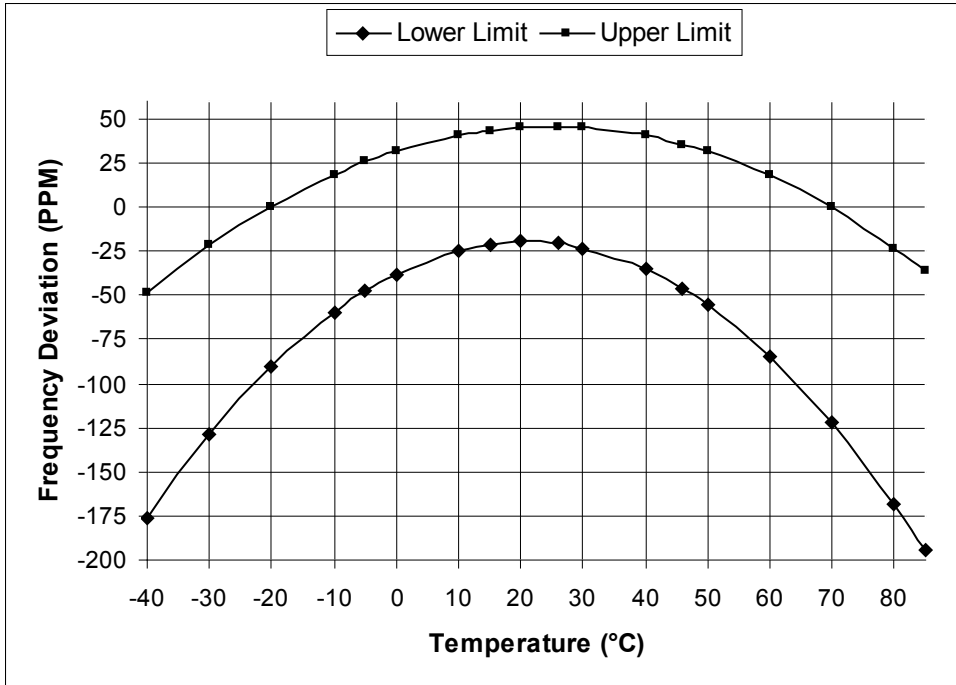
- System Requirement.
- Maximum allowable pull-up resistance is a function of the number of 1-Wire devices in the system and 1-Wire recovery times. The specified value here applies to systems with only one device and with the minimum 1-Wire recovery times. For more heavily loaded systems, an active pull-up such as that found in the DS2480B may be required.
- Capacitance on IO could be 800pF when power is first applied. If a 2.2k Ω resistor is used to pull up the data line, 2.5 μs after V_{PUP} has been applied the parasite capacitor will not affect normal communication.
- Input load is to ground.
- All voltages are referenced to ground.
- V_{TL} and V_{TH} are functions of the internal supply voltage, which is a function of V_{PUP} and the 1-Wire recovery times. The V_{TH} and V_{TL} maximum specifications are valid at $V_{PUP} = 5.25\text{V}$. In any case, $V_{TL} < V_{TH} < V_{PUP}$.
- Voltage below which, during a falling edge on IO, a logic 0 is detected.
- The voltage on IO needs to be less or equal to V_{ILMAX} whenever the master drives the line low.
- Voltage above which, during a rising edge on IO, a logic 1 is detected.
- The I-V characteristic is linear for voltages less than 1V.

- 11) ε in Figure 15 represents the time required for the pull-up circuitry to pull the voltage on IO up from V_{IL} to V_{TH} . The actual maximum duration for the master to pull the line low is $t_{WILMAX} + t_F - \varepsilon$ and $t_{WOLMAX} + t_F - \varepsilon$, respectively.
- 12) δ in Figure 15 represents the time required for the pull-up circuitry to pull the voltage on IO up from V_{IL} to the input high threshold of the bus master. The actual maximum duration for the master to pull the line low is $t_{RLMAX} + t_F$.
- 13) This number was derived from a test conducted by Cemagref in Antony, France, in July of 2000. <http://www.cemagref.fr/English/index.htm> Test Report No. E42
- 14) The number of temperature conversions (= Samples) possible with the built-in energy source depends on the operating and storage temperature of the device. When not in use for a mission, the RTC oscillator should be turned off and device should be stored at a temperature not exceeding +25°C. Under this condition the shelf life time is 10 years minimum.
- 15) Highlighted numbers are not in compliance with the published iButton device standards. See comparison table below.
- 16) These values are derived from simulation across process, voltage, and temperature and are not production tested.
- 17) Total accuracy is $\Delta 9$ plus 1/16°C quantization due to the 1/8°C digital resolution of the device.
- 18) **WARNING:** Maxim data logger products are 100% tested and calibrated at time of manufacture to ensure that they meet all data sheet parameters, including temperature accuracy. As with any sensor-based product, user shall be responsible for occasionally rechecking the temperature accuracy of the product to ensure it is still operating properly. Furthermore, as with all products of this type, when deployed in the field and subjected to handling, harsh environments, or other hazards/use conditions, there may be some extremely small but non-zero logger failure rate. In applications where the failure of any logger is a concern, user shall assure that redundant (or other primary) methods of testing and determining the handling methods, quality, and fitness of the articles and products are implemented to further mitigate any risk.

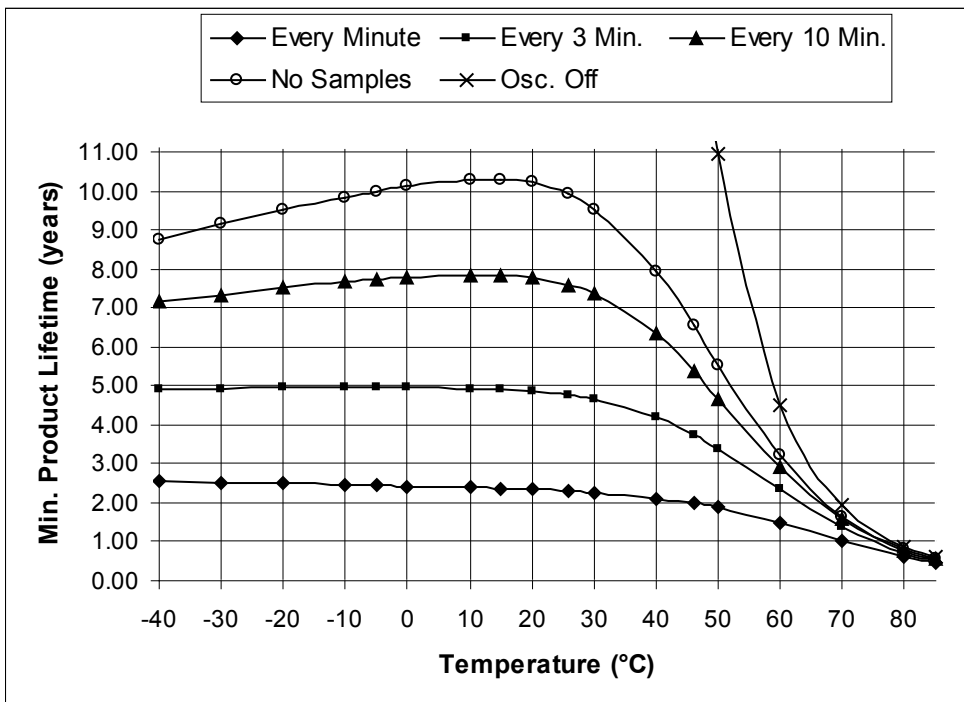
Parameter Name	Standard Values				DS1921H/Z Values			
	Standard Speed		Overdrive Speed		Standard Speed		Overdrive Speed	
	min	max	min	max	min	max	min	max
t_{SLOT} (incl. t_{REC})	61 μ s	(undef.)	7 μ s	(undef.)	65 μ s ¹⁾	(undef.)	8 μ s ¹⁾	(undef.)
t_{RSTL}	480 μ s	(undef.)	48 μ s	80 μ s	540 μ s	640 μ s	48 μ s	80 μ s
t_{PDH}	15 μ s	60 μ s	2 μ s	6 μ s	15 μ s	60 μ s	1.1 μ s	6 μ s
t_{PDL}	60 μ s	240 μ s	8 μ s	24 μ s	60 μ s	270 μ s	7.5 μ s	24 μ s
t_{WOL}	60 μ s	120 μ s	6 μ s	16 μ s	60 μ s	120 μ s	6 μ s	15 μ s

- 1) Intentional change, longer recovery time between time slots.

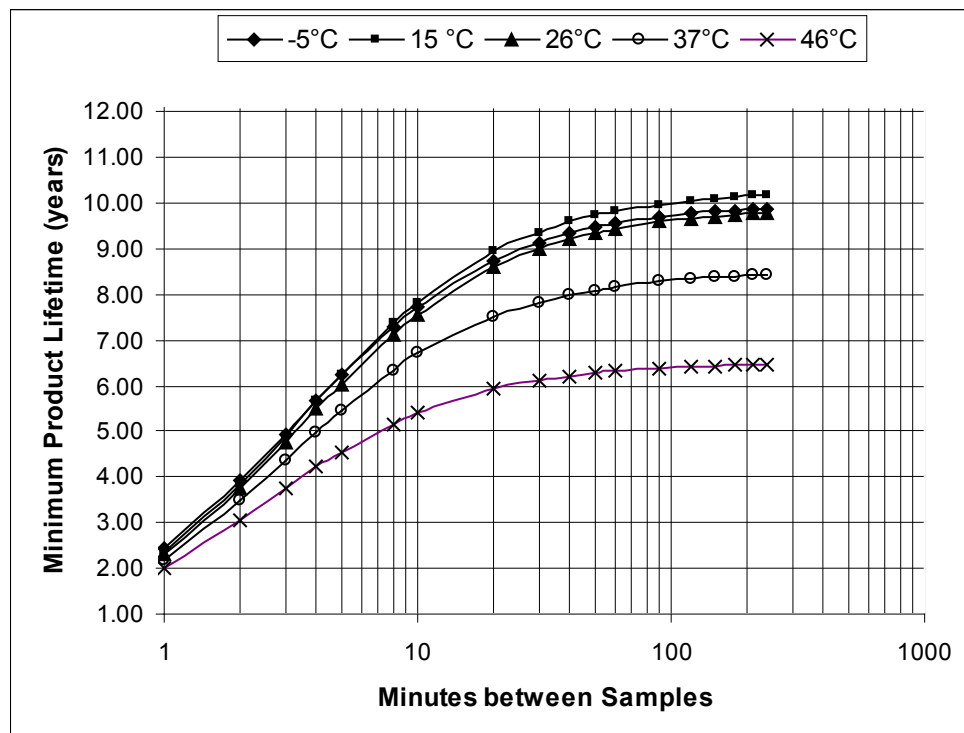
RTC Frequency Deviation vs Temperature



Minimum Product Lifetime vs Temperature at Different Sample Rates



Minimum Product Lifetime vs Sample Rate at Different Temperatures



PACKAGE INFORMATION

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to www.maximintegrated.com/packages. Note that a “+”, “#”, or “-” in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	OUTLINE NO.	LAND PATTERN NO.
F5 Can	IB#5CP	21-0266	—

REVISION HISTORY

REVISION DATE	DESCRIPTION	PAGES CHANGED
020402	Initial release	—
091202	Various updates to the <i>Electrical Characteristics</i> table, note 16 added.	36, 37, 38
100703	Branding change from <i>Dallas</i> to <i>iButton</i> , style updates, more detailed register page map, various text updates regarding mission start and 1-Wire communication, added sections <i>Mission Start and Logging Process</i> plus graphic, <i>Memory Access Conflicts</i> and <i>Command-Specific 1-Wire Communication Protocol</i> , note 17 added to <i>Electrical Characteristics</i> table.	various
121003	Corrected the location of the CENT bit.	6, 7
051104	Added note 18 to <i>Electrical Characteristics</i> table.	42
110504	Extended note 18 of the <i>Electrical Characteristics</i> table.	42
082906	Changed UL text (from “application pending” to “designed to meet...”); deleted row “Safety” from physical specification.	1 40
120407	Added bullet “Water resistant or waterproof if placed inside DS9107 iButton capsule (Exceeds Water Resistant 3 ATM requirements)”.	1
	Add text to <i>Application</i> section: Note that the initial sealing level of DS1921H/Z achieves IP56. Aging and use conditions can degrade the integrity of the seal over time, so for applications with significant exposure to liquids, sprays, or other similar environments, it is recommended to place the Thermochron in the DS9107 iButton capsule. The DS9107 provides a watertight enclosure that has been rated to IP68 (See www.maxim-ic.com/AN4126).	2
8/09	Added the # sign to the Part Numbers in the <i>Ordering Information</i> table, indicating RoHS-compliant packages.	1
	Removed the UL#913 bullet from the <i>Common iButton Features</i> section.	1
12/11	Marking updated for RoHS.	1
	Revised the last sentence of the Parasite Power section for more clarity.	3
	In the <i>Electrical Characteristics</i> table, deleted ϵ from the t_{W1L} specification, applied Note 11 to the t_{W0L} specification, added more details notes 6, 11 and 12.	41, 42
	Added the <i>Package Information</i> section and completed the <i>Revision History</i> .	44, 45
3/12	Added terminology updates for consistency with similar products.	1, 2, 5, 9
	Added more details to the <i>Parasite Power</i> section.	3
6/13	Reworded the <i>Electrical Characteristics</i> table Note 18.	42
11/13	Added the Busy state during Copy Scratchpad to the <i>Command-Specific 1-Wire Communication Protocol—Legend</i> and examples sections	33, 34

ANEXO 5: AGENDA DE SUEÑO

Los padres, marcarán con un **x** las horas en que el bebé esté **durmiendo**. Y pueden añadir cualquier comentario relevante sobre el sueño del bebé (si el bebé ha estado toda la noche sin dormir, se ha despertado muchas veces, se ha tenido que retirar el botón para la temperatura, etc.)

Se deberá realizar este registro de sueño **durante los 5 días** en los que el bebé lleve el botón.

FECHA:

7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00

19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00

Comentarios:

ANEXO 6: CUESTIONARIO SOBRE LA CALIDAD DEL SUEÑO DEL RECIÉN NACIDO (BISQ)

Breve Cuestionario de Sueño.

(Adaptado de A. Sadeh. BISQ. Brief Infant Sleep Questionnaire:)

Debe contestar una única respuesta, la que le parezca más apropiada.

Nombre de la persona que rellena la encuesta:

Parentesco con el niño:

Fecha:

Nombre del niño/a:

Fecha de nacimiento:

Niño Niña

Como duerme:

En cuna en su habitación <input type="checkbox"/>	En cuna en la habitación de los padres <input type="checkbox"/>
En la cama con los padres <input type="checkbox"/>	En cuna en la habitación de hermanos <input type="checkbox"/>
Otra <input type="checkbox"/> (especificar):	

Como suele dormir

Boca arriba <input type="checkbox"/>	De costado <input type="checkbox"/>	Boca abajo <input type="checkbox"/>
--------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

Cuanto tiempo duerme su hijo/a por la noche: (a partir de las 9 de la noche)

Horas: Minutos:

Cuanto tiempo duerme su hijo/a por el día: (a partir de las 9 de la mañana)

Horas: Minutos:

Cuanto tiempo está su hijo/a despierto por la noche (de 12 a 6 de la mañana)

Horas: Minutos:

Cuántas veces se despierta por la noche:

Cuanto tiempo le cuesta coger el sueño por la noche (desde que se le acuesta para dormir):

Horas: Minutos:

A que hora se suele quedar dormido/a por la noche (primer sueño)

Horas: Minutos:

Como se duerme su niño/a:

Mientras come <input type="checkbox"/>	Acunandolo <input type="checkbox"/>	En brazos <input type="checkbox"/>
El solo/a en su cuna <input type="checkbox"/>	El solo/a en presencia de la madre/padre <input type="checkbox"/>	

¿Considera que el sueño de su hijo/a es un problema?

Sí. Muy importante <input type="checkbox"/>	Sí. Poco importante <input type="checkbox"/>	No es un problema <input type="checkbox"/>
---	--	--

ANEXO 7: CRONOGRAMA

TAREAS	SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
	01/09/22 a 14/09/22	15/09/22 a 30/09/22	01/10/22 a 14/10/22	15/10/22 a 31/10/22
Preparación documentación y trámites pertinentes				
Reclutamiento muestras				
Cuestionario vínculo padres y recién nacidos				
Cuestionario vínculo afectivo post-natal				
Llevar el dispositivo Datalogger Termochron iButton				
Agenda alimentación				
Agenda sueño				
Análisis de los datos				
Exposición del proyecto				
	NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	01/11/22 a 14/11/22	15/11/22 a 30/11/22	01/12/22 a 14/12/22	15/12/22 a 31/12/22
Preparación documentación y trámites pertinentes				
Reclutamiento muestras				
Cuestionario vínculo padres y recién nacidos				
Cuestionario vínculo afectivo post-natal				
Llevar el dispositivo Datalogger Termochron iButton				
Agenda alimentación				
Agenda sueño				
Análisis de los datos				
Exposición del proyecto				
	ENERO		FEBRERO	
	01/01/23 a 14/01/23	15/01/23 a 31/01/23	01/02/23 a 14/02/23	15/02/23 a 28/02/23
Preparación documentación y trámites pertinentes				
Reclutamiento muestras				
Cuestionario vínculo padres y recién nacidos				
Cuestionario vínculo afectivo post-natal				
Llevar el dispositivo Datalogger Termochron iButton				
Agenda alimentación				
Agenda sueño				
Análisis de los datos				
Exposición del proyecto				
	MARZO	ABRIL		
		01/04/23 a 14/04/23	15/04/23 a 30/04/23	
Preparación documentación y trámites pertinentes				
Reclutamiento muestras				
Cuestionario vínculo padres y recién nacidos				
Cuestionario vínculo afectivo post-natal				
Llevar el dispositivo Datalogger Termochron iButton				
Agenda alimentación				
Agenda sueño				
Análisis de los datos				
Exposición del proyecto				
	MAYO		JUNIO	
	1/05/23 a 14/05/23	15/05/22 a 31/05/23	1/06/23 a 14/06/23	15/06/22 a 31/06/23
Preparación documentación y trámites pertinentes				
Reclutamiento muestras				
Cuestionario vínculo padres y recién nacidos				
Cuestionario vínculo afectivo post-natal				
Llevar el dispositivo Datalogger Termochron iButton				
Agenda alimentación				
Agenda sueño				
Análisis de los datos				
Exposición del proyecto				