

**CONTROLADOR DE TEMPERATURA CON MICROPROCESADOR
PARA INCUBADORAS DE RECIEN NACIDOS**

Perez Ruiz J.

Lezama Flores E.

Rodríguez G.

Rodríguez M.

Depto. de Instrumentación-Inst.Nac.-Cardiol."Ignacio Chavez"

Resumen

Se presenta un controlador de temperatura (CONTEMP-DZ) para incubadoras infantiles basado en una microcomputadora de propósito general previamente diseñada (MIC-DZ).

El controlador presenta las siguientes características de funcionamiento: Dos modos de operación (servo o Normal), cinco funciones de alarma, despliegue numérico de temperaturas, inhibidor temporal de alarma, rango de control de temperatura: 25.5 a 39.9 grados centígrados, resolución: 0.1 grados, variación de temperatura: ± 0.2 grados centígrados.

INTRODUCCION

El cuidado de los recién nacidos y prematuros a menudo requiere que sean colocados en un medio ambiente en el cual la temperatura es preestablecida y controlada por que ellos son incapaces de regular su propia temperatura, lograndose ademas minimizar las grandes demandas de oxigeno del infante ya que en muchos casos sus pulmones son insuficientes para abastecer sus altos requerimientos de oxigenacion, siendo éste un punto especialmente importante para los prematuros pues son mas suceptibles a problemas respiratorios que los niños con un tiempo de gestacion normal.

Este medio ambiente de temperatura controlada es encontrado en una incubadora infantil que puede describirse de mejor manera como un aparato provisto de una camara cerrada que mantiene a temperatura constante, en atmosfera filtrada y humedecida a los recién nacidos hasta alcanzar un desarrollo normal.

La gran mayoría de las incubadoras existentes en hospitales y producidas por empresas mexicanas, utilizan sistemas analogicos anticuados para el control de temperatura, presentando ciertas desventajas frente a modelos computarizados de importación, los cuales cada vez son mas costosos, y representan una fuga de divisas muy importante para nuestro país.

Bajo este principio la compañía Narcomed solicitó desarrollar un sistema de control de temperatura para incubadoras de recién nacidos, que cumpla con las normas nacionales, que sea cien por ciento industrializable, competitivo tecnológicamente y de más bajo costo que las incubadoras de importación y que se adapte a

un modelo de producción ya establecido.

DESCRIPCION GENERAL

Una incubadora consta por lo general de tres partes principales: cúpula, caja de control y gabinete.

La cúpula es de plástico transparente grueso, con cinco caras: anterior, posterior, superior y dos laterales; en su interior se aloja al paciente para mantenerlo bajo condiciones controladas.

La cara anterior y posterior tienen dos ventanas grandes, cada una esta cerrada por medio de tela plástica que permite el cambio de ropa y alimentación del infante.

La caja de control esta separada de la cúpula por una charola de aluminio, en ella se alojan los controles para el manejo de la incubadora, el recipiente para introducir hielo o agua y los circuitos electrónicos de control.

El gabinete constituye el sosten de la incubadora, puede ser abierto o cerrado y tiene ruedas en la parte inferior para su transporte.

El funcionamiento básico de una incubadora para recién nacidos se debe a la acción de un ventilador que "empuja" el aire proveniente de un microfiltro hacia un elemento calefactor, el cual calienta el aire a cierta temperatura para posteriormente ser humedecido al contacto con la superficie del agua contenida en un recipiente.

Una vez que el aire ha sido calentado y humedecido, éste pasa al interior de la cúpula y por efectos fisiológicos se estabilizará la temperatura corporal del paciente con la del interior de la cúpula.

Cuando el sistema de control de temperatura sensa la temperatura del aire que rodea al paciente dentro de la cúpula, lo compara contra la temperatura seleccionada por el usuario y en función de dicha comparación se aumenta o disminuye la temperatura del aire: a este proceso se le denomina operación en modo NORMAL.

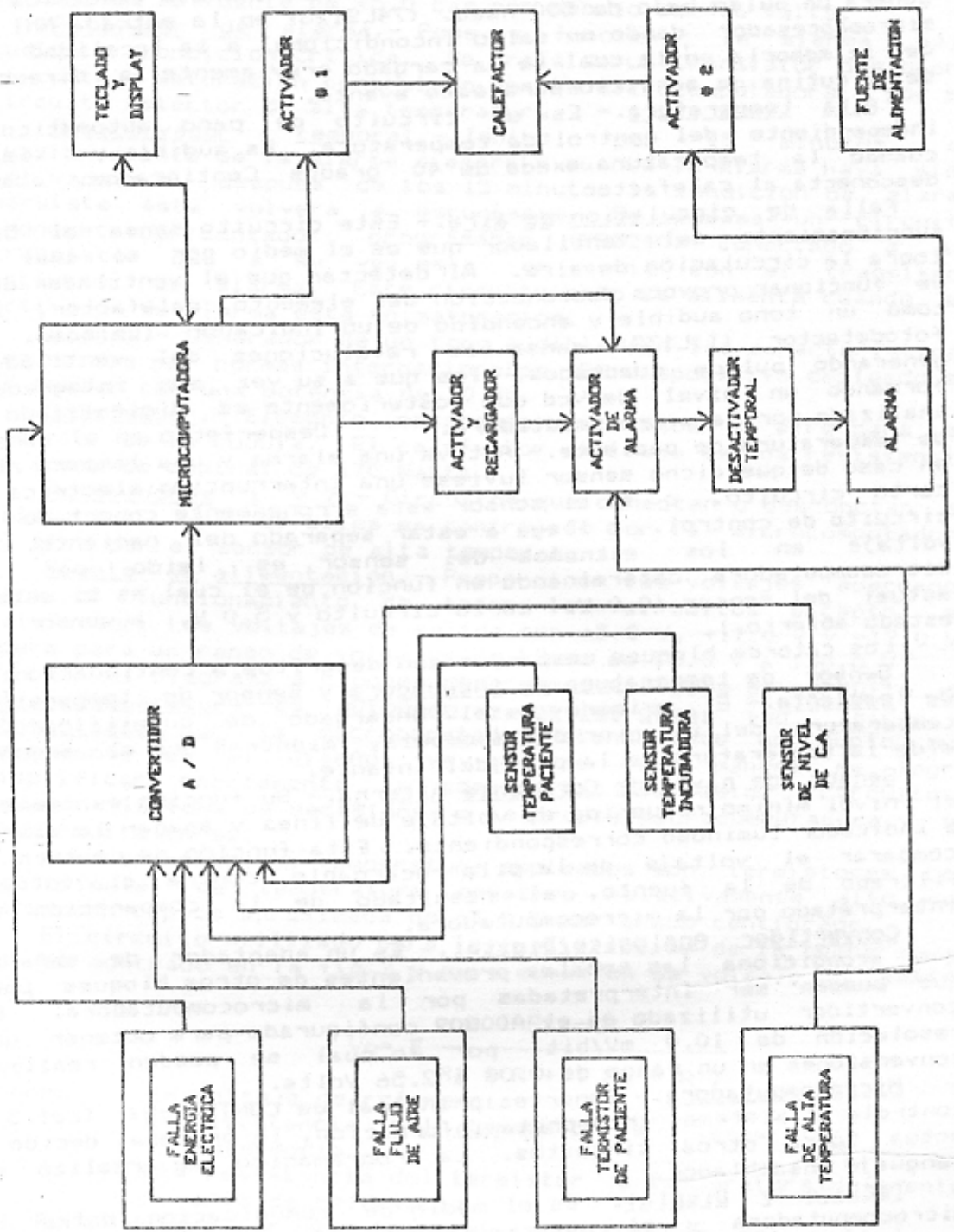
Sin embargo, existe otro modo de operación en el cual en lugar de monitorear la temperatura del aire se cuantifica la temperatura de la piel del infante para ser procesada como en el modo de operación normal y poder elevar o reducir la temperatura del aire del interior de la cúpula. Este modo de operación se utiliza en el área de cuidados intensivos y es denominado operación en modo SERVO.

El sistema CONTEMP-DZ está diseñado para controlar la temperatura de la incubadora, en los modos de operación servo y normal, además es capaz de detectar diferentes eventos que podrían poner en peligro la vida del paciente y que normas nacionales [ref.3,4] establecen que deben de estar previstas en este tipo de controladores.

En la figura 1 se muestra el diagrama a bloques de CONTEMP-DZ, se puede ver que está constituido por 18 bloques de los cuales 4 están marcados con doble recuadro para indicar que son los sensores para casos de alarma: falta de energía eléctrica, alta temperatura, falla de flujo de aire imperfecto en el sensor de paciente.

Falta de energía eléctrica.- El circuito correspondiente a

FIG.1 DIAGRAMA A BLOQUES DE CONTEMP-DZ



este bloque es capaz de sensar fallas de energía eléctrica milisegundos antes de que la fuente de alimentación del sistema deje de funcionar. El circuito provoca la activación de una batería recargable, de una alarma y de una lámpara indicadora.

Cuando se produce una interrupción de energía eléctrica se genera un pulso bajo de 500 nseg. (74LS123) en la entrada NMI del microprocesador dando un salto incondicional a la localidad 66H de la memoria en la cual se ha cargado previamente la dirección de la rutina de servicio para este evento.

Alta temperatura.- Es un circuito de paro automático e independiente del control de temperatura. Es audible y visual cuando la temperatura excede de 40 grados Centígrados, además desconecta al calefactor.

Falla de circulación de aire.- Este circuito sensa el buen funcionamiento del ventilador que es el medio por el cual se logra la circulación de aire. Al detectar que el ventilador deja de funcionar provoca desconexión del elemento calefactor, así como un tono audible y encendido de un indicador luminoso. Un fotodetector (TIL139) sensa las revoluciones del ventilador, generando pulsos cuadrados, los que a su vez son integrados, formando un nivel de Vcd que posteriormente es digitalizado y analizado por la microcomputadora. Desperfecto en el sensor de temperatura de paciente.- Activa una alarma y una lámpara roja en caso de que dicho sensor tuviese una interrupción eléctrica o corto circuito, o si el sensor está erróneamente conectado al circuito de control, o llega a estar separado del paciente. El voltaje en los extremos del sensor es leído por la microcomputadora determinando en función de él cual es el estado actual del sensor (0.0 V. corto circuito y 5.0 V. a sensor en estado abierto.)

Los catorce bloques restantes son descritos a continuación:

Sensor de temperatura de incubadora y Sensor de temperatura de paciente.- El primero es el encargado de cuantificar la temperatura del interior de la cúpula, mientras que el segundo mide la temperatura de la piel del infante.

Sensor de nivel de Corriente Alterna.- Su función es sensar el nivel mínimo requerido de voltaje de línea y apagar la alarma e indicador luminoso correspondiente. Esta función se realiza al comparar el voltaje de la pila recargable contra el voltaje filtrado de la fuente, el resultado de la comparación es interpretado por la microcomputadora.

Convertidor Analógico/Digital.- Es un adaptador de señales que acondiciona las señales provenientes de otros bloques para que puedan ser interpretadas por la microcomputadora. El convertidor utilizado es el AD0809 configurado para obtener una resolución de 10.0 mV/bit, por lo cual se pueden realizar conversiones en un rango de 0.00 a 2.56 Volts.

Microcomputadora.- Soporte principal de CONTEMP-DZ [ref.5], controla al sistema, interpreta información, la procesa, decide y actúa sobre otros circuitos. La programación se realizó en lenguaje ensamblador.

Teclado y Display.- Es el medio de comunicación entre la microcomputadora y el usuario [ref.5]. A través de ellos el usuario programa el tipo de funcionamiento requerido de la incubadora.

Activador y recargador de batería. - Su función consiste en recargar una batería eléctrica y ponerla en funcionamiento cuando exista falla de energía eléctrica. El activador y recargador es un arreglo de diodos rectificadores, la pila es de Niquel-Cadmio de 12 Volts y 1.9 Ah. La pila entra en funcionamiento cuando el voltaje en la fuente de +5.0 cae por debajo de 4.6 Volts.

Activador de alarma. - Pone a funcionar la alarma bajo cualquier condición crítica. Se trata de un transistor que opera en corte o saturación controlado por la microcomputadora y por el circuito detector de alta temperatura.

Desactivador temporal. - Inhibe por 15 minutos el funcionamiento de la alarma siempre y cuando la alarma haya sido activada, si después de los 15 minutos la condición de alarma persiste ésta volverá a escucharse. Se emplea un circuito cronometrador/contador programable (XR2240) conectado a un transistor que a su vez está en serie con el transistor activador de alarma. Este circuito solo se alimenta cuando el activador de alarma está en saturación.

Alarma. - Generador de un tono audible con las características requeridas por normas internacionales. El dispositivo empleado es un buzzer con una potencia de 70 db.

Calefactor. - Elemento encargado de calentar el aire para el interior de la cúpula. El calefactor empleado es una resistencia en forma de espiral de 170 Watts.

Activadores 1 y 2. - Circuitos que conectan o desconectan al calefactor. Uno de ellos es controlado por la microcomputadora el otro por el sensor de alta temperatura.

Fuente de alimentación. - Proporciona los voltajes adecuados para el funcionamiento de todos los circuitos excepto el calefactor. Los voltajes de salida son +5.0 V, +12.0 V y -12.0 V. Opera para un rango de voltajes de línea de 90.0 V a 130.0 V.

En el diagrama a bloques observamos que sólo el circuito de alta temperatura es autónomo y que los demás son leídos o controlados por la microcomputadora siendo este un punto muy importante en el diseño, ya que de esta manera se logra simplificar enormemente la complejidad de estos circuitos, dejando la toma de decisiones a la propia microcomputadora y no al circuito en sí.

Los sensores de temperatura empleados son termistores con coeficiente de temperatura negativo relativamente alto con variación típica aproximada de -4.0 % por grado centígrado.

El circuito utilizado para la cuatificación de la temperatura es el mostrado en la fig.2 y cuya ecuación de voltaje de salida es:

$$V_o = E \frac{(R_t - R)}{R_1 + R + (R_t - R)}$$

donde:

- E= Voltaje de referencia
- R= Resistencia del termistor a temperatura de referencia
- R_t= Resistencia del termistor a temperatura diferente a la de referencia

Para determinar la temperatura en función del voltaje y compensar la falta de linealidad de los termistores se realiza una conversión analógica-digital, luego este valor es buscado en

una tabla de datos (grabados en EPROM) y dependiendo de la posición que guarde dentro de la misma, obtenemos la temperatura correspondiente.

Como activadores del calefactor se utilizan triacs controlados por optoacopladores (fig.3) que a su vez son gobernados por la microcomputadora y por el circuito detector de alta temperatura (40.0 grados centígrados). El circuito detector de alta temperatura funciona de la siguiente manera; a temperaturas menores a 40.0 grados centígrados el voltaje en los extremos del termistor es superior al voltaje de referencia proporcionado por el diodo zener, por lo que la salida del comparador adoptará un nivel alto de voltaje manteniendo al optoacoplador correspondiente en estado activo, cuando la temperatura es igual o mayor a 40.0 grados centígrados el comparador pasa a estado bajo debido a que el voltaje en el termistor es menor a 2.4 volts, desactivando con ello al optoacoplador.

El programa además de mantener el control de la temperatura y funciones de alarma permite al usuario elegir el modo de operación (servo o normal), programar la temperatura adecuada para el infante, así como la elección del despliegue de la temperatura (recién nacido, incubadora o temperatura programada) requerida en el display de la microcomputadora.

CONCLUSIONES

El diseño del controlador se realizó con componentes de fácil adquisición dentro del mercado nacional excepto los termistores que son de importación.

CONTEMP-DZ se adapta perfectamente a las necesidades de Narcomed ya que ocupa el mismo espacio y lugar que el antiguo controlador empleado por ellos, pero con la diferencia de cubrir un mayor número de funciones de alarma y operación, además de ser mas barato que otros de características similares.

Actualmente el sistema CONTEMP-DZ se encuentra en la etapa de pruebas en campo y se ha iniciado la ingeniería de producción.

A continuación se resumen las principales características del controlador:

- Dos modos de operación; Servo y Normal
- Alta temperatura (≥ 40 grados centígrados)
- Falta de energía eléctrica
- Falla del ventilador
- Desperfecto en el sensor de temperatura de paciente
- Inhibidor temporal de alarma
- Características térmicas de funcionamiento:
- Rango de medición de temperaturas: 25.5 a 40.0 grados centígrados
- Variabilidad de temperatura control: 25.5 a 39.0 grados centígrados
- Precisión: ± 0.2 grados centígrados
- Resolución: 0.1 grados centígrados
- Variación de la temperatura: 0.2 grados centígrados

REFERENCIAS

- 1.- Coughlin, Frederick: Circuitos integrados, Prentice Hill, 1987.

- 2.- Deboo, Burrous: Circuitos integrados, Marcombo, 1980.
- 3.- IMSS: Norma Equipo Medico. IMSS, 1985
- 4.- Narcomed: Información Técnica. Narcomed, 1988.
- 5.- Rodríguez Espinosa M.: Microcomputadora Basica de desarrollo. Rev. Mex. Ing. Biomedica. 1987

FIG.2 CIRCUITO PUENTE BASICO

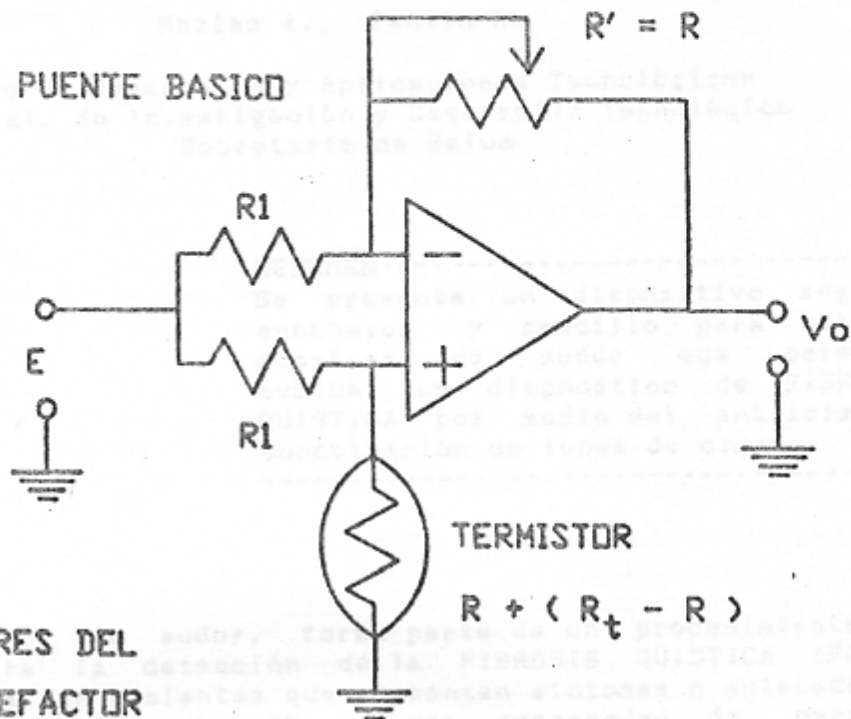


FIG.3 ACTIVADORES DEL CALEFACTOR

