

## SISTEMA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DEL MÉTODO DE DESINFECCIÓN SOLAR DE AGUA – SODIS

### SYSTEM FOR IMPROVING - SWDIS RELIABILITY. SOLAR WATER DISINFECTION METHOD

Ariel Quezada Castro (1)

#### RESUMEN

La Desinfección Solar del Agua (SODIS) es un método para el tratamiento de agua para consumo humano a nivel doméstico. El método utiliza la energía solar para destruir los microorganismos patógenos que causan enfermedades transmitidas por el agua y de esa manera mejora la calidad del agua utilizada para el consumo humano.

El presente artículo trata sobre el desarrollo de un sistema para medir la temperatura del agua en un recipiente expuesto a la luz solar con el método SODIS. El sistema se alimenta con energía solar y de acuerdo a la temperatura del agua y el tiempo transcurrido, determina si se han cumplido las condiciones para lograr la desinfección del agua, y almacena el estado final.

**Palabras clave:** Método SODIS. Desinfección solar de agua. Microcontrolador. Termistor. Medición de temperatura.

#### ASBTRACT

Solar Water Disinfection (SWDIS) is a method for treating water for human consumption domestically. The method uses solar energy to destroy pathogenic microorganisms that cause waterborne and thus improves the quality of water used for human consumption diseases.

The present paper is about a system development for measuring water temperature inside a sun light exposed container with SWDIS method. The system operates with solar energy and according to water

temperature and time elapsed, determines if water disinfection conditions have been achieved, and stores the final state.

**Keywords:** SWDIS method. Solar water disinfection. Microcontroller. Thermistor, temperature measurement.

#### INTRODUCCIÓN

La Desinfección Solar del Agua (SODIS) es un método para el tratamiento de agua para consumo humano a nivel doméstico. El método utiliza la energía solar para destruir los microorganismos patógenos que causan enfermedades transmitidas por el agua y de esa manera mejora la calidad del agua utilizada para el consumo humano (1).

Los microorganismos patógenos son vulnerables a dos efectos de la luz solar: la radiación en el espectro de luz UV-A y el calor (incremento en la temperatura del agua). La combinación de estos dos efectos es mucho mayor que el efecto de cada uno de ellos de manera independiente. La mortalidad de los microorganismos se incrementa cuando están expuestos a la temperatura elevada y a la luz UV-A de manera simultánea (1).

Sin embargo, si el agua no se calienta lo suficiente durante un tiempo mínimo, la desinfección no es adecuada, y no hay una forma precisa de saber si se han cumplido los requerimientos mínimos de exposición a la luz solar.

Se ha desarrollado un sistema electrónico, simple y de bajo costo, alimentado con energía solar, capaz de

medir la temperatura del agua en el recipiente contenedor, contabilizar el tiempo transcurrido, y determinar e indicar si se cumplen o no las condiciones mínimas de exposición solar, para una adecuada desinfección. Cuando se han cumplido las condiciones de desinfección, el microcontrolador del sistema almacena de manera permanente este resultado, hasta que se inicia un nuevo proceso de desinfección.

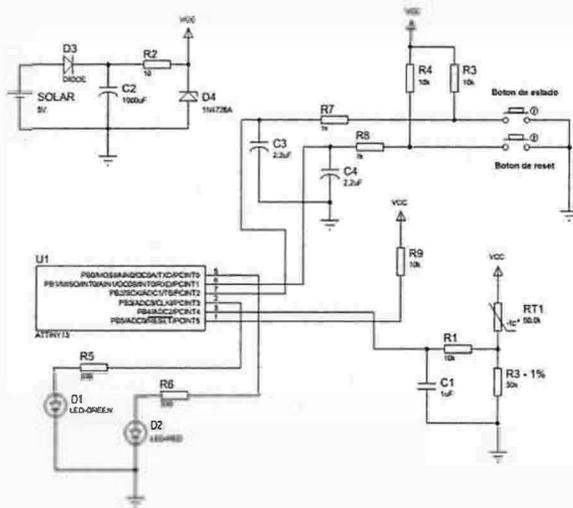
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Hardware

Se utiliza el microcontrolador ATtiny13A de Atmel que tiene un empaque de 8 pines, convertidor analógico digital de 10 bits, puertos de entrada-salida, 1 [Kbyte] de memoria FLASH, 64 bytes de memoria RAM, 64 bytes de memoria EEPROM, temporizador de 8 bits y oscilador interno (2).

El sensor de temperatura utilizado es un termistor de coeficiente negativo respecto a la temperatura (NTC), que tiene una resistencia de 50 [kΩ] a una temperatura de 25 [°C]. Haciendo mediciones de temperatura y resistencia, se determina que para una temperatura de 30 [°C], el termistor tiene una resistencia de alrededor de 43 [kΩ]. El diagrama esquemático se muestra en la Figura N° 1.

Figura N° 1. Diagrama esquemático



Fuente: elaboración propia. Diciembre 2014.

Para la alimentación del circuito, se utiliza un panel solar, que pasa por un diodo D3, que sirve de protección ante una inversión de polaridad, además de bloquear la descarga del capacitor C2 hacia el panel solar.

El capacitor C2 almacena energía y estabiliza el voltaje de alimentación. El diodo zener D4 y la resistencia R2, fijan un voltaje máximo de operación, que protege al sistema de una tensión demasiado elevada.

Se utilizan dos botones o pulsadores, conectados mediante resistencia de pull-up (R3 y R4) y filtros paso bajo para evitar el efecto de rebote que suelen presentar los pulsadores. Estos filtros están formados por los circuitos RC R7-C3 y R8-C4. Los pulsadores se conectan a dos pines del microcontrolador, que se configuran como entradas.

Dos pines del microcontrolador se configuran como salidas y se conectan a dos LEDs (D1 y D2), a través de dos resistencias (R5 y R6) para limitar la corriente.

### Software

El ATtiny13A se configura para trabajar con el oscilador interno a 4,8 [MHz] (fusibles CKSEL [1:0]), que luego mediante programa se divide entre 256, dando una frecuencia de operación de 18.750 [Hz] (48.000.00/256).

Cuanto menor sea la frecuencia de operación del microcontrolador, menor será su consumo de energía, por lo que se configura el oscilador interno a la menor frecuencia posible. Al usar el oscilador interno se reduce el número de componentes, y se mantiene la precisión en la temporización.

El tiempo se controla usando el Timer 0 en modo CTC (Clear Timer on Compare Match), que pone a 0 el valor del contador (TCNT0) cuando éste llega al valor del registro OCR0A, que define el tope o máximo para el contador (3).

Se define una frecuencia objetivo de 75 [Hz], con una frecuencia de entrada de 18.750 [Hz], dando un valor tope de 249 para el registro OCR0A (cuenta de Timer 0), sin división de reloj para el Timer 0 (Prescaler = 1). De esta manera, el Timer 0 generará una interrupción con una frecuencia de 75 [Hz]. Para lograr un tiempo de 1 [s], se utiliza un contador que cuenta hasta 75. Cada vez que este contador llega a 75, ha transcurrido 1 [s].

Cada vez que pasa 1 [s], se realizan 16 conversiones con el convertidor A/D, se saca el promedio y se compara esta lectura con el valor de referencia, equivalente a la temperatura deseada. Si la temperatura (lectura del convertidor A/D) es mayor que el valor deseado, se incrementa un contador. Si este contador llega al tiempo requerido (en segundos), se graba un valor en la memoria EEPROM, que indica que se ha cumplido con el tiempo requerido, a una temperatura

deseada.

Cuando el valor del convertidor A/D es mayor al valor deseado, se enciende el LED verde durante 300 [ms], y cuando este valor es menor, se enciende el LED rojo durante 300 [ms]. Cuando se presiona el botón de estado, si el sistema ha permanecido encima de la temperatura mínima por un tiempo igual o mayor al tiempo mínimo, se enciende el LED verde durante 1 [s]. De lo contrario, se enciende el LED rojo durante 1 [s]. Cuando se presiona el botón de reset, se borra el estado guardado en la memoria EEPROM, y el sistema está listo para iniciar un nuevo proceso de temporización y lectura de temperatura.

### RESULTADOS

Se ha realizado la adquisición de la temperatura del agua usando el termistor del sistema, en paralelo con un sensor de temperatura DS18B20. Las temperaturas se registraron durante varios días, con condiciones diversas de nubosidad. Se pudo observar que en los días nublados, la temperatura difícilmente supera los 30 [°C], pero en días soleados puede llegar a valores mucho más altos a los 30 [°C]. En días con suficiente radiación solar, el sistema registra que se ha alcanzado la condición de temperatura y tiempo mínimos, y esta información se comprueba con los registros paralelos de temperatura del DS18B20.

### DISCUSIÓN

El sistema funciona de acuerdo a lo esperado, y permite determinar si el agua en el recipiente ha alcanzado la temperatura mínima durante un tiempo mínimo, para lograr una adecuada desinfección del agua. El sistema puede ampliarse para trabajar con más de una combinación de tiempo y temperatura, no solamente con los valores utilizados de 30 [°C] durante 5 [horas], sino agregar otras opciones como 50 [°C] durante 1 [hora], y combinaciones intermedias, puesto que a mayor temperatura, menor el tiempo requerido para la desinfección. Se puede reducir la cantidad de componentes, eliminando los filtros RC de los botones, y utilizando en su lugar una rutina de antirebote por programación.(1)

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) FUNDACIÓN SODIS (julio de 2005). Desinfección solar del agua – Guía de aplicación. La Paz; Weinberg; 2005.
- (2) ATMEL CORPORATION. ATtiny13A. 2012. [www.atmel.com/Images/doc8126.pdf](http://www.atmel.com/Images/doc8126.pdf). (Diciembre de 2014).
- (3) CAMERA D. Newbie's Guide to AVR Timer's. 2014. <http://www.fourwalledcubicle.com/AVRArticles.php>. (Diciembre de 2014).

**Fuentes de financiamiento:** Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2015 Ariel Quezada Castro.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)