

Sistema de iluminación automatizado para cuarto de crecimiento de cultivos vegetales

Gustavo Alberto Ríos Cortes¹, Santiago Sánchez Escobar²
Rubén Darío Cárdenas Espinosa³

Fecha de recepción: 17 de noviembre del 2016 / **Fecha de aceptación:** 8 de marzo del 2017

Resumen

El presente proyecto pretende diseñar y desarrollar el prototipo de un sistema de iluminación, en el cual se pueda programar el tiempo por separado de encendido de cada una de las lámparas. El proyecto parte de la necesidad de que los cultivos vegetales, para su manutención, necesitan estar expuestos a la luz por ciertos periodos de tiempo, dependiendo de las características de cada cultivo.

Los sistemas que hay en la actualidad son totalmente manuales y los tiempos que deben estar encendidas las lámparas deben ser monitoreados por los usuarios, debido a que tienen un sistema de temporización mecánico. Dada esta falta de control en la iluminación, no se obtienen los resultados esperados y se retrasan ciertos procesos específicos de los estudios sobre las plántulas.

La metodología empleada en el proyecto corresponde a una investigación experimental y se enmarca en un enfoque empírico analítico de carácter descriptivo y de corte transversal, en el proceso del desarrollo del proyecto en la línea electrónica y de telecomunicaciones, del programa TecnoParque Nodo Manizales, SENA, Regional Caldas. El resultado esperado es desarrollar un equipo con el cual se pueda automatizar el sistema de iluminación y controlar el tiempo de encendido/apagado de cada una de las lámparas por separado, al configurar el tiempo por medio de una interfaz sencilla para el usuario final, a través de un teclado y de un display, donde se verán los datos ingresados

Palabras claves: sistema de iluminación, prototipo, automatización, micro controladores, vegetales, tecnoParque.

Lighting control system for grow rooms

Abstract

The current project aims to design and develop a lighting control system prototype with which the separate programming of each of the grow lights will be setup. This project intends to meet the crops needs that require to be exposed to light for certain periods of time for their maintenance, which may vary depending on each sown field conditions.

The current illumination devices are manual; this means that the periods of time in which the lights have to be turned on must be monitored by the users due to the fact that such lights' temporizers are mechanical. Owing to this lack of control in the illumination, the results expected are not met and some specific procedures in the studies on seedlings are delayed.

This is an empirical research; its methodology is empirical-descriptive performed by an analytical-transversal study and as a part of the development project of the program TecnoParque Nodo Manizales in the line of research of Electronics and Communication. With this project, it is intended to develop some machinery in order to automate the timing of turning on and off of each of the lights, setting up such timings throughout a user-friendly interface operated by a keyboard and a display to make possible to observe the data uploaded on it.

Keywords: lighting control system, prototype, automation, microcontrollers, vegetable, tecnoparque.

¹ Ingeniero Biomédico de la Universidad Autónoma de Manizales, gustavoarc16@gmail.com

² TecnoParque Nodo Manizales. Gestor de Línea Electrónica y Telecomunicaciones, SENA Regional Caldas, ssanchez522@misena.edu.co

³ Instructor del centro metalmecánico, SENA Distrito Capital, rdcardenas75@misena.edu.co

Introducción

En el presente artículo se presenta el análisis y el desarrollo de un proyecto basado en realizar un prototipo funcional para un sistema automatizado que regule el encendido y el apagado de un sistema de iluminación, para un cuarto de crecimiento de tejidos vegetales, el cual fue desarrollado en TecnoParque Nodo Manizales. En primer lugar, se presentará el marco teórico, el cual parte de unos conceptos técnicos apoyados en autores contemporáneos, metodología empleada, resultados y conclusiones.

El objetivo general es resolver la problemática presentada por los laboratorios de tejidos vegetales, al no tener un control automático e independiente de cada una de las lámparas que se encuentran en los sistemas de almacenamiento, para así optimizar el desarrollo y el avance en las investigaciones en el área de botánica, y mejorar el desempeño de los cultivos de la región.

Actualmente, para la resolución de este problemática se encuentran soluciones pertenecientes a los sistemas eléctricos, los cuales solo tienen un control ON/OFF (encendido/apagado) para la totalidad de un sistema eléctrico, donde se realiza el corte de la energía cuando el tiempo culmina mediante un relé.

Existen sistemas electrónicos para el control de iluminación de este tipo, pero son fabricados en el exterior y sus costos, tanto de importación como de implementación, son elevados.

Al aprovechar los nuevos sistemas electrónicos, tanto para controlar y manipular señales, se vuelve una excelente opción para este tipo de implementación, además de promover la red TecnoParque, cuyos objetivos son impulsar la innovación y el emprendimiento de nuevos talentos, a través del desarrollo de prototipos funcionales que tengan la posibilidad de ofrecer nuevos dispositivos al mercado que brinden excelentes soluciones a bajos costos.

Marco teórico

El cultivo de tejidos vegetales o cultivo *in vitro* de tejidos vegetales es una técnica de reproducción en condiciones totalmente asépticas, en la que a partir de un pequeño segmento inicial de tejido es posible regenerar, en poco tiempo, miles o millones de plantas genéticamente iguales a la planta madre, cuando a este tejido se le aplica un estímulo por medio de variables físicas y químicas controladas en un medio de cultivo.

A diferencia de las técnicas tradicionales de cultivo, esta poderosa herramienta permite la propagación de grandes volúmenes de plantas en menor tiempo; así como el manejo de las mismas en espacios reducidos. Por otro lado, la técnica es de gran utilidad en la obtención de plantas libres de patógenos; plantas homocigotas en la producción de plantas en peligro de extinción, en estudios de ingeniería genética, etc. (Rubio & Hernández, SF).

Las variables que afectan directamente el crecimiento de cualquier vegetal son: temperatura ambiente, humedad, cantidad y calidad de luz (irradiación y composición espectral) y los nutrientes que la planta absorba en sus diferentes fases de crecimiento (Romero & Hernández, 2003).

Generalmente, la heterogeneidad ambiental en experimentos *in vitro* se subestima, al aducir que existe un control de condiciones (iluminación y temperatura) bajo las cuales se obtienen respuestas. Esto no está suficientemente respaldado en otras publicaciones y generalmente no se indica la cantidad de variación explicada en los tratamientos (coeficiente de variación).

Se sabe que si se siembra simultáneamente en tubos adyacentes el mismo tipo de explante con el mismo medio, esto produce resultados diferentes, entre las principales causas de esa falta de consistencia figuran los gradientes de iluminación y de temperatura dentro de

las cámaras y los cuartos de crecimiento. En estas condiciones es acertado caracterizar la heterogeneidad ambiental, lo que puede ser un prerrequisito para la elección de técnicas de alta precisión.

Muchas veces, los investigadores se enfrentan a un diseño inapropiado del cuarto de cultivo, por errores de construcción o de ubicación de equipos. Factores como localización de puertas, unidades de aire acondicionado, el calor desprendido por las lámparas, el tipo de estanterías y el tipo de iluminación, influyen en la creación de gradientes en las condiciones básicas.

En la agricultura, cualquier sistema de cultivo *in vitro* debe lograr como producto final la regeneración de las plantas enteras. La elección de un explante apropiado constituye el primer paso para el establecimiento de los cultivos; en primera instancia, dicha elección está determinada por el objetivo perseguido y la especie vegetal utilizada (Mroginski & Roca, 1991).

La agroindustria, al igual que otras áreas de producción, se ha visto impactada por el amplio uso de tecnologías que buscan mejorar la eficiencia en la producción, mediante el reemplazo de la mano de obra por tecnología electrónica y automatizada para ciertas labores (Baggio, 2005).

Actualmente, para implementar estos sistemas automatizados para controlar la iluminación se están usando métodos embebidos, los cuales hacen referencia a un circuito electrónico digital capaz de realizar operaciones de computación, generalmente en tiempo real, las cuales sirven para cumplir una tarea específica en un producto (Salas, 2015).

La tecnología en sistemas embebidos ha tenido un progreso significativo, tanto en la parte comercial como en investigación, ya que

permite que los usuarios realicen sus propias implementaciones, bajo los licenciamientos de *open hardware* y *open software*, en lo que se refiere a las especificaciones de diseños o de objetos físicos, lo cual ha sido licenciado para el caso de que dicho objeto pueda ser estudiado, modificado, creado y distribuido por cualquier persona (Opensource, 2016).

Metodología

La metodología empleada corresponde a una investigación cuantitativa con enfoque empírico analítico, de carácter descriptivo y de corte transversal, el cual se hizo en tres fases: análisis, diseño e implementación.

Enfoque empírico-analítico. Este tipo de enfoque está representado por la elaboración de explicaciones a los fenómenos de la realidad que se buscan sean controlados o transformados por el hombre. Se pretende, igualmente, que determinado el tipo de experiencias que han resultado particularmente productivas se puedan replicar en condiciones relativamente nuevas. Para esta investigación se realizó un análisis y prueba.

Investigación descriptiva. Es descriptiva porque selecciona una serie de factores técnicos, tecnológicos e ingenieriles que son aplicables a las necesidades del sistema de iluminación desarrollado.

Investigación de corte transversal. La investigación es de corte transversal porque a la hora de la recolección de información se hizo de una sola vez e inmediatamente se procedió a su descripción o al análisis de dicha información.

El presente estudio es de corte transversal porque permite implementar un prototipo del sistema de iluminación automatizado, para obtener el control de la variabilidad de la iluminación.

Análisis: selección de dispositivos

Se realizó un estudio detallado del marco teórico en los temas referentes a las aplicaciones del proyecto y la selección del sistema embebido, los elementos para realizar el control del tiempo, el cómo ingresar los datos para programar el sistema y la etapa de potencia necesaria para realizar el encendido y apagado de las lámparas.

La selección de los dispositivos con los cual se realizó el prototipo debe cumplir con unas características que satisfagan el funcionamiento y que resuelvan la problemática presentada.

Entre los sistemas embebidos, el dispositivo seleccionado es el Arduino® Mega, el cual está diseñado bajo los licenciamientos de open hardware y open software.

Arduino® es una plataforma electrónica de prototipos de código abierto que basa su funcionamiento en *hardware* y *software* modificables, en estas características es donde reside su versatilidad y su fácil funcionamiento e implementación para resolver problemas específicos (Artero, 2013). El funcionamiento de esta plataforma se basa en microcontroladores de la marca Atmel, el microcontrolador es el encargado de realizar las tareas que fueron

ordenadas en las líneas de código por el programador, ya sea leer las entradas o generar una salida. El microcontrolador es programado usando el *Arduino Programming Language* (basado en Wiring) y el *Arduino Development Environment* (basado en Processing) (Herrador, 2009). Los proyectos que se crean para la plataforma pueden ser autónomos o pueden llegar a comunicarse con otros Arduinos por medio de radiofrecuencia, *bluetooth* o con computadores o móviles por medio de puertos seriales o Wi-Fi.

Como se ve en la figura 1, el Arduino estaría en la etapa de procesamiento y control, y tendría una interacción por medio de sensores que pueden obtener lecturas de variables físicas como presión, humedad, temperatura o lecturas de teclados, y pantallas táctiles. Con el procesamiento que el Arduino hace de estas entradas puede actuar sobre el entorno al encender luces, dar alertas, activar motores o generar acciones en equipos de cómputo o móviles, como enviar mensajes de alertas.

Para el sistema de control de tiempo se utilizó una unidad de tiempo real, alimentada con una batería independiente para que de modo siga en funcionamiento en caso de haber una desconexión del sistema. Este control del tiempo es independiente al del sistema embebido,

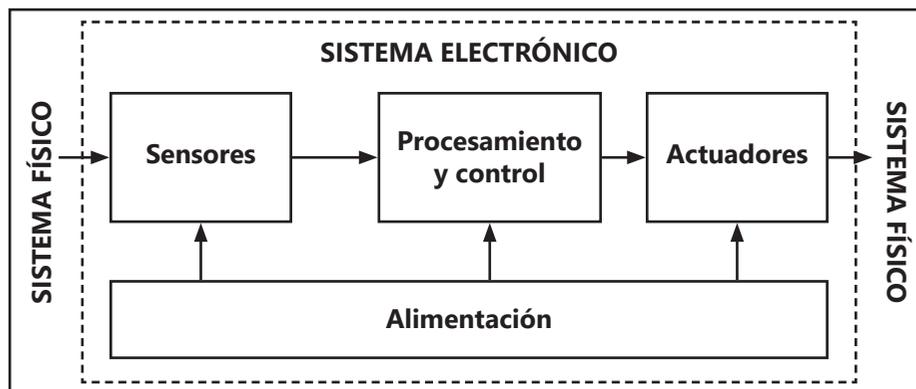


Figura 1. Esquema de un sistema electrónico.

Fuente: Artero, 2013.

debido a que se requiere su procesamiento en la determinación de variables y no en el conteo del tiempo necesario en la programación de las lámparas, al liberar memoria y cantidad de procesos al microcontrolador.

Para la etapa de potencia se utilizaron relés activados con cinco voltios de corriente directa, los cuales pueden controlar la corriente necesaria para el encendido de las lámparas. Se

escogió esta tecnología debido a su larga vida útil y a su estabilidad; además de esto, este sistema se aisló de la etapa de potencia mediante opto acopladores.

Implementación

A continuación se realiza el montaje del sistema (figura 2) con los componentes elegidos para comenzar a realizar pruebas.

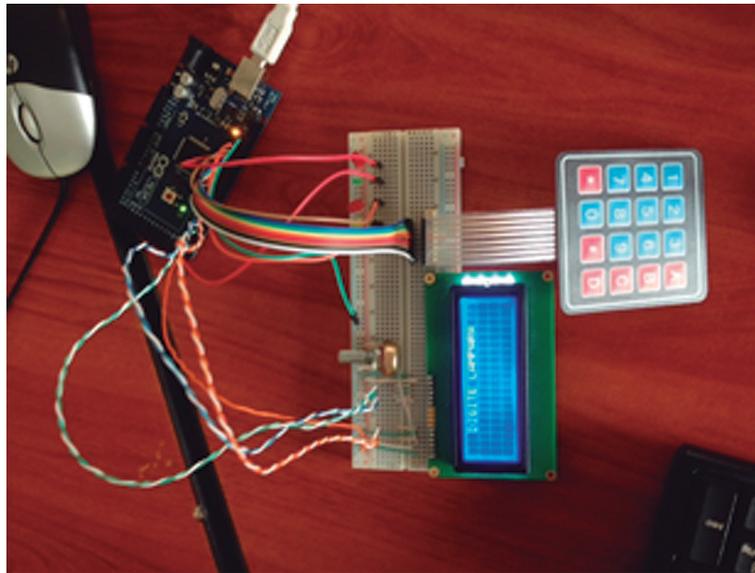


Figura 1. Implementación del circuito en Protoboard.

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados

El sistema de iluminación que se tiene actualmente en el laboratorio cuenta con un único temporizador eléctrico para controlar todas las luces de los estantes, en los cuales se encuentran las plántulas, por lo tanto, no tiene la eficiencia energética y funcional para el sistema, ya que no todas las plántulas necesitan la misma cantidad de luz para su crecimiento, haciendo que el control de las luminarias sea manual a la hora de apagar las que necesitan una cantidad menor a la programada en el temporizador eléctrico.

Para la solución del proyecto, el sistema embebido seleccionado fue Arduino® Mega (figura 3), diseñado para proyectos complejos. Está basado en una board con un microcontrolador ATmega2560 y un cristal de cuarzo con una frecuencia de oscilación de 16MHz. Entre sus principales características tiene:

- 54 entradas/salidas digitales, de las cuales 15 son con PWM (*pulse-width modulation*).
- 16 entradas análogas.

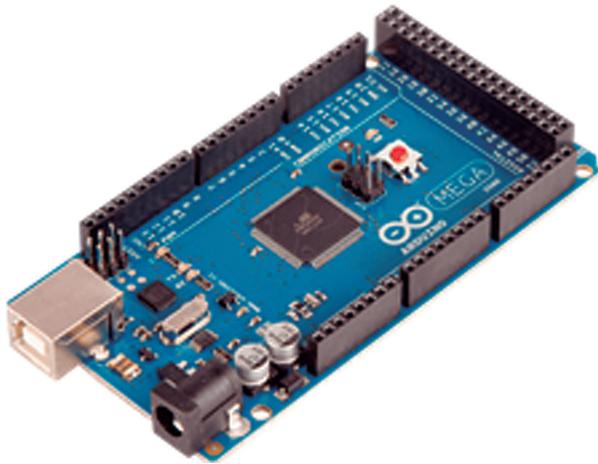


Figura 3. Arduino® Mega 2560.

Fuente: Arduino, s.f.



Figura 4. Teclado matricial de 4x4.

Fuente: Arduino, s.f.

- 4 UART (*hardware serial ports*).
- Memoria de 8 kb para almacenamiento de programas.

Ya que el sistema se diseña para tener la posibilidad de controlar un número de 30 lámparas y para evitar una gran cantidad de pulsadores, se usa un teclado matricial, el cual es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos. Un teclado matricial de 4x4 (figura 4) solamente ocupa cuatro líneas de un puerto para las filas y otras cuatro para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas al utilizar solamente ocho líneas de un microcontrolador.

Después de realizar la validación respectiva del diseño en campo y al evaluar varias alternativas de solución, se seleccionó la adición de la unidad de tiempo real, la cual realiza el conteo de tiempo sin saturar la memoria del Arduino y no genera perturbaciones al sistema.

Una reloj en tiempo real o RTC (figura 5) es un circuito integrado especializado, cuya

función es mantener la hora y la fecha actual en un microcontrolador en otro tipo de CPU, normalmente este tipo de circuitos integrados son mucho más precisos que los temporizadores (*timers*), con los que cuentan algunos microcontroladores, además necesitan de variables que ocupan menos espacio de almacenamiento; en el caso de los temporizadores, estos necesitan de variables más grandes y suelen desbordarse y producir errores.

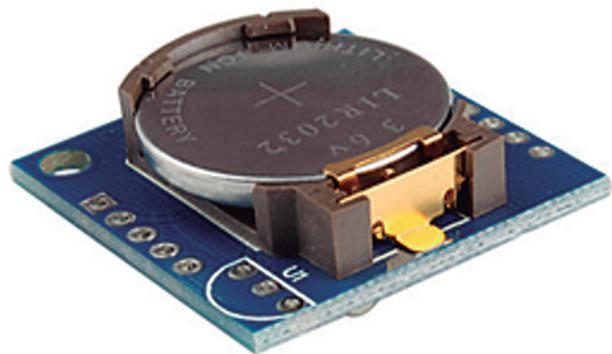


Figura 5. Unidad de tiempo real (RTC).

Fuente: Ruben, 2015.

Este tipo de circuitos integrados son ampliamente usados, debido a que se conectan por medio del protocolo I2C, para la cual el Arduino cuenta con una librería especializada y solo necesita de la conexión de dos pines en la placa de Arduino. Los RTC pueden ser configurados para que tomen la hora y la fecha del equipo de donde es subido el programa, lo cual garantiza que su hora se pueda actualizar fácilmente si esta llega a ser errada alguna vez. Otra característica favorable es que en su mayoría cuentan con una fuente de alimentación auxiliar, lo cual permite que si el microcontrolador se queda sin alimentación este pueda funcionar por su parte (Ruben, 2015).

Se realizó la interface de control electrónico microcontrolado (figura 6) con arquitectura Arduino, con la cual se permite al usuario seleccionar el espacio de almacenamiento y los subsectores de este (figura 7), los cuales tienen una iluminación independiente según las plántulas a cultivar.



Figura 6. Control electrónico implementado.

Fuente: Elaboración Propia.

Así, se realizó el diseño y el cálculo de las cargas en las instalaciones eléctricas de iluminación, al tener en cuenta los lineamientos establecidos por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público —Retilap— (Castaño & Rojas, 2011). Se diseñó un prototipo a escala para posibilitar la vigilancia y la manipulación de las variables del sistema.



Figura 7. Estantes a los que se va a implementar el sistema.

Fuente: Elaboración Propia.

Conclusiones

- Se realizó el diseño del prototipo funcional, el cual realiza las siguientes operaciones:
 - Selección de encendido o apagado de cualquier lámpara del sistema por etapa (estante) y módulo (entrepaño).
 - Temporización. Se ajusta a la caracterización y ficha técnica del cultivo, suministrada por el experto del laboratorio.
 - Control de interfaces de entrada y salida. Se ajusta de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- Se validó en campo y se le hicieron los ajustes pertinentes según las necesidades del laboratorio.
- La implementación realizada cumple con las necesidades planteadas por el cliente, pero si se requieren ajustes o modificaciones para otras aplicaciones, se debe hacer primero el análisis de carga y modificar la interfaz o el módulo de potencia respectivo.
- Si se desean cambiar los tiempos de operación, no se requiere el cambio del algoritmo de programación, ya que con el teclado implementado se seleccionan el módulo y el tiempo requerido por el cliente, lo cual es permitido gracias al módulo externo de tiempo real.

Referencias

- ARDUINO (s.f.). *Arduino Mega 2560*. Recuperado de: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- Baggio, A. (2005). Wireless sensor networks in precision agriculture. In *ACM Workshop on Real-World Wireless Sensor Networks*.

Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.120.46&rep=rep1&type=pdf>

Artero, Ó. T. (2013). *Arduino: curso práctico de formación*. Madrid, España: RC libros.

Cárdenas Espinosa, R. D. (2007). *Los microcontroladores una tecnología que aporta en la construcción de la economía del conocimiento*. Caldas, Colombia: Atlantic International University.

Castaño, J. A. y Rojas, E. (2011). *Inspección eléctrica y de iluminación a la Institución Educativa Bosques de la Acuarela*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Cedeño, J., Zambrano, M. y Medina, C. (2014). Redes inalámbricas de sensores eficientes para la agroindustria. En *Prisma tecnológico*. (5) 1. Pp. 22-25.

Circuitos Electrónicos. (2011). *Teclado matricial 4x4*. Recuperado de: <http://www.circuitoselectronicos.org/2011/03/teclado-matricial-4x4.html>

Hernández Espinoza, G. y Acosta Márquez, J. D. J. (2014). *Diseño de iluminación inteligente para una tienda comercial*. (Doctoral dissertation). Mexico: Instituto Politécnico Nacional Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica Unidad profesional "Adolfo López Mateos".

Herrador, R. E. (2009). *Guía de usuario de Arduino*. España: Universidad de Córdoba.

Mroginski, L. A. y Roca, W. M. (1991). Establecimiento de cultivos de tejidos vegetales in vitro. *Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y Aplicaciones*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste.

- Opensource. (2016). What is open hardware? In *Opensource.com*. Recuperado de: <https://opensource.com/resources/what-open-hardware>
- Ruben, J. (2015). *Tutorial DS1307 Tiny RTC con Arduino*. Recuperado de: <http://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/ds1307-en-tinyrtc-con-arduino/>
- Rubio, J. L. A. y Hernández, J. H. (s.f.) Propagación comercial de plantas ornamentales por cultivo in vitro de tejidos vegetales para beneficio social de la comunidad. México: Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas de la Universidad Veracruzana IIESCAUV Colegio Profesional de Biólogos del Estado de Veracruz
- Romero, M. M., Fernando, H. R. y Domingo, R. M. (s.f.). Sistema Inteligente para Automatizar el cultivo hidropónico de tomate. México: Universidad Tecnológica de Querétaro
- Salas, S. (2015). *Todo sobre sistemas embebidos*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. No. 54, Banco de la República, marzo.