

Fuente de corriente estabilizada para láseres semiconductores con monitoreo de potencia óptica salida.

Stabilized current source for semiconductors laser with optical output power sensing.

Jefferson Alberto Gómez Valdéz (1).
Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
jealgv@gmail.com.

Jorge Luis Camas Anzueto (2), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, jcamas@ittg.edu.mx.

Madain Pérez Patricio (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, mperez@ittg.edu.mx.

Vicente León Orozco (4), I.T. de Tuxtla Gutiérrez, vleon@ittg.edu.mx.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (5). I.T. de Tuxtla Gutiérrez, aguilarc@ittg.edu.mx.

Martha Luz Paniagua Chávez (6), I.T. de Tuxtla Gutiérrez, mpaniagua@ittg.edu.mx.

Artículo recibido en julio 11, 2015; aceptado en agosto 07, 2015 .

Resumen.

Este artículo presenta el diseño y desarrollo de una fuente estabilizada en corriente con la finalidad de proveer una corriente de calidad a un diodo láser semiconductor con acople de fibra óptica. El diseño se centra en la implementación de un sistema de monitoreo y control de la corriente suministrada al diodo láser para operar de forma óptima dentro de su rango de potencia emitida máxima. Así como la incorporación de un sistema de control de acceso para la modificación de parámetros físicos que incluyen la etapa de protección del láser semiconductor. El sistema de control se encarga de procesar los datos provenientes del sensor de corriente que constantemente se encuentra monitoreando la corriente que fluye a través del láser semiconductor, y mediante el ajuste de la curva del sistema de transferencia del sistema y control PID se genera una cadena de bits que son interpretados por un convertidor digital analógico, estableciendo un voltaje directamente proporcional a la corriente deseada a través de una resistencia shunt.

Palabras clave: Corriente estabilizada, Diodo laser de fibra, sensor de monitoreo.

Abstract.

This paper presents the design and development of a stabilizes current source with the objective to provide a quality current to a pigtail semiconductor laser diode of fiber optic. The design focuses on the implementation of a system for monitoring and controlling the current supplied to the laser diode to operate optimally in the range of maximum output power, and the incorporation of an access control system for modifying physical parameters including the protecting stage of the semiconductor laser. The control system takes care of processing the data from current sensor that is constantly monitoring the current flowing through the semiconductor laser. By adjusting the curve of the transfer system and PID control system, a bit string is generated and is interpreted by an analog digital converter, establishing a voltage directly proportional to the desired current through a shunt resistor.

Keywords: Stabilized current, Fiber laser diode, monitoring sensor.

1. Introducción.

El desarrollo de sensores de fibra óptica es la actual área de investigación en óptica que está revolucionando los métodos y técnicas de medición de variables físicas como químicas en diferentes áreas de la ciencia aplicada. Esta nueva tecnología de sensores utilizan haces de luz láser, provenientes de láseres semiconductores (*LS*) de calidad. Cabe mencionar que los láseres de semiconductor operan en un estado estable y continuo durante el proceso de sensado, por lo que es importante que un *LS* no presente variaciones en la potencia óptica que sean provocados por variaciones de corriente cuando sea utilizado como fuente de luz en los sensores de fibra óptica (*SFO*), ya que cualquier perturbación en la corriente puede ocasionar variaciones en la potencia de emisión y comportamiento errático en el *SFO*, no obstante las variaciones de potencia son altamente críticas, ya que la potencia es la magnitud esencial durante la caracterización de un *SFO*. Esto ha llevado a que un laboratorio donde se encuentren desarrollando *SFO's*, contar con fuentes de calidad que se encuentren estabilizada en corriente. Una forma de estabilizar la emisión de la potencia de un *LS*, es mediante la colocación del láser en contacto térmico con un disipador y un enfriador controlado que estabiliza la temperatura de funcionamiento de manera de alcanzar una emisión estable en longitud de onda. Generalmente, un *LS* contiene un enfriador termo-eléctrico de estado sólido que funciona por efecto Peltier y también incorpora la electrónica de control para estabilizar la temperatura, ya que los *LS's* son dispositivos extremadamente sensibles al ruido eléctrico y se pueden dañar fácilmente (R.N. Hall, et al., 1962). Esto ha llevado a que se hayan realizado estudios de como la potencia óptica de un *LS* se ve afectado por variaciones térmicas (J. Švarný, 2008). Algunos autores han utilizado técnicas ópticas para estabilizar la longitud de onda (S. H. Lee, et al., 2010; Yu-Chia Hsu, et al., 2005). En este artículo se presenta un diseño de una fuente estabilizada en corriente simple, confiable y barato, para que se utilizado como fuente de alimentación eléctrica en láseres semiconductores. El circuito es básicamente una fuente de corriente *Howland* con un amplificador de corriente conectado a la salida de un amplificador operacional. La corriente que fluye hacia el láser semiconductor es sensada mediante la diferencia de mediciones de voltaje que se encuentra en las terminales de una resistencia *Shunt* conectada en serie con el láser semiconductor. Además, se utiliza un sensor de temperatura con la finalidad de proporcionar un valor de tensión en función de la temperatura en tiempo real. Resultados preliminares fueron publicados en TECNOLASER 2012 (J. Gómez V., et al., 2012).

2. Desarrollo del Diseño Propuesto.

En esta parte del artículo se describirá cada una de las etapas que conforma el diseño electrónico de la fuente estabilizada en corriente. Partiendo de la hoja de datos de los diodos láseres semiconductores *pigtails LPS-630-FC*, *LPS-805-FC* (figura 1) y algunos otros modelos, se obtuvo información de valores convencionales de operación de dicho dispositivos semiconductores. Estos valores de operación fueron tomados en cuenta para el diseño de la fuente de corriente estabilizada. El diseño electrónico se encuentra constituido por la adquisición de datos de temperatura, potencia de emisión del láser mediante la utilización de reflexión de luz, y monitoreo de corriente en el *LS*. Estos valores fueron visualizados en una pantalla de *LCD*, además de su visualización en una *PC* mediante la elaboración de un programa en *MATLAB*. La comparación de estabilización se caracterizó con un osciloscopio de alta resolución como lo es el *DPO7000* de la marca *TEKTRONIX* con un ancho de banda de 500 MHz. Esto corroboró la estabilidad de la corriente cuando se encuentra en funcionamiento la fuente. Finalmente, se hizo la prueba con los *pigtails* conectado al dispositivo monitoreando cada uno de los parámetros para evitar daño en el láser *pigtail*.



Figura 1. Fotografía de un láser semiconductor modelo LPS-830-FC de la compañía Thorlabs.

2.1. Etapa de estabilización.

En la figura 2 se presenta el diagrama electrónico de la etapa de estabilización de corriente, donde se encuentra conectado el *LS*. Esta etapa está constituida por una fuente de corriente *Howland* (T.M. Quist, et al.,1962). La corriente que fluye hacia el *LS* es sensada mediante la diferencia de mediciones de voltaje que se encuentra en las terminales de una resistencia *Shunt* conectada en serie con el láser semiconductor. Cabe notar que esta resistencia presenta un valor muy próxima a cero, evitando así una caída de voltaje significativa en ella por ello es casi despreciable el efecto que esta puede ejercer en el funcionamiento del dispositivo. En el circuito propuesto, para el control y estabilización de la corriente, procederemos a encontrar la función de transferencia que relaciona el voltaje de entrada de un convertidor digital-analógico (*digital to analog converter, DAC*) en una corriente proporcional a la misma, mediante análisis de nodos.

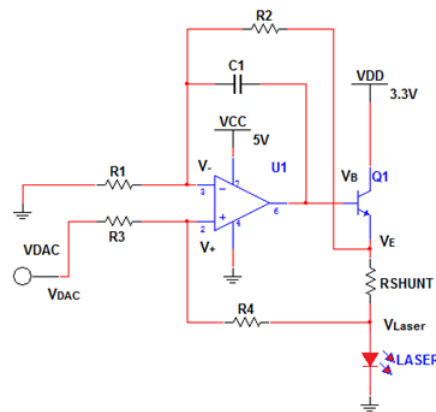


Figura 2. Circuito electrónico principal para el diseño de la fuente de corriente.

Utilizando la teoría de nodos y simplificación algebraica, se obtuvo la función de transferencia que se presenta en la ecuación (1):

$$\frac{V_{DAC}}{I_{LASER}} = \frac{R_{SHUNT} \cdot R_1}{R_4} \quad (1)$$

Donde V_{DAC} es el voltaje proveniente del convertidor digital-analógico, I_{LASER} es la corriente que circula por el *LS*, R_{SHUNT} es la resistencia *Shunt* que se encuentra en serie con el *LS* y debe tener un valor tan pequeño como sea posible, para que no influya drásticamente en el consumo de la corriente pero que si logre el objetivo de linealizar el flujo de la misma como también lograr la protección del dispositivo láser, disipando los excedentes de corriente en forma de calor, R_1 es la resistencia que se encuentra conectada en la entrada (-) del amplificador operacional (*operational amplifier, OP-AMP*) y R_4 es la resistencia que retroalimenta al *LS*. Proponiendo valores máximo de

corriente que circulará por el *LS* de 500 mA , voltaje de $V_{DAC} = 2.5$ V, una resistencia *Shunt* de 0.33Ω , se puede encontrar una razón $\frac{R_1}{R_4} = 15.15$. El OP-AMP debe de cumplir ciertos parámetros tales como un *Voffset* tan pequeño como sea posible, recomendando para éste diseño cercanamente a 1 mV, de alta respuesta de aproximadamente 500 MHz, y con una corriente de salida de 500 mA, Todos estos parámetros son indispensables para la estabilidad y demanda de la aplicación que esta desempeñara. El amplificador operacional *OPA350UA* de la compañía Texas Instruments fue el ideal en comparación con otros de diferentes compañías de uso comercial.

Con la finalidad de asegurar una corriente en el *LS* con un porcentaje de error de $\pm 1\mu A$, se acopló una etapa de monitoreo al circuito electrónico de la figura 1. Este monitoreo se obtuvo a partir de tomar la diferencia de voltaje que se obtiene de las terminales de la resistencia *Shunt*. El diseño electrónico de ésta etapa se presenta en la figura 3. Teóricamente se plantea que el voltaje en las terminales inversora y no inversora de un *OP-AMP* siempre tendrá el mismo potencial en ambas terminales, por lo que se considera que $V_+ = V_-$. El voltaje de salida del *OP-AMP* va directo a un convertidor analógico digital para que se realice la adquisición de señal y se encuentre retroalimentando constantemente. El voltaje se obtiene a partir de la ecuación (2):

$$V_{ADC} = \frac{-R_3[(I_{Laser} * R_{Shunt})]}{R_1} \quad (2)$$

Donde V_{ADC} es el voltaje de salida que va hacia el convertidor analógico-digital, R_1 es la resistencia que se encuentra conectada a la parte (-) del *OP-AMP* y R_3 proporciona una configuración de ganancia en el amplificador.

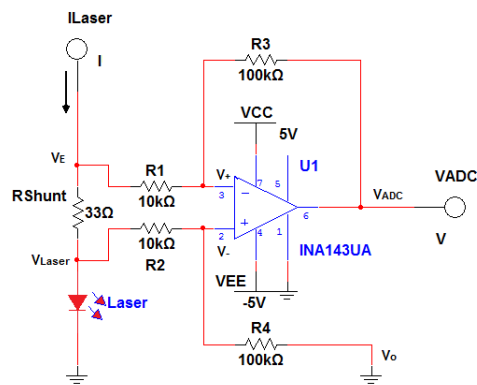


Figura 3. Circuito electrónico para el monitoreo de la corriente estabilizada que circula por el láser semiconductor.

Dado que algunos de los *LS*'s traen intrínsecamente un fotodetector con la finalidad de que sea utilizado para el monitoreo en tiempo real de la potencia óptica que el *LS* está emitiendo, es necesario diseñar un circuito electrónico para ésta etapa y así tener el controlado el monitoreo de las variaciones de la potencia óptica del *LS*. La señal de salida de un fotodiodo se puede medir en forma de tensión o de corriente, siendo esta última la que presenta mejores características de linealidad, *offset* y ancho de banda. La fotocorriente generada ha de ser convertida a tensión usando una configuración de amplificador de transimpedancia (N. Holonyak, et al., 1962). Como *OP-AMP* se utilizó el *OPA350*, que por sus características lo hacen bastante idóneo para este tipo de montajes, ya que esta compensado en frecuencia internamente para ganancia unitaria y posee bajo *offset* de entrada. En la figura 4 se presenta la configuración del amplificador de transimpedancia.

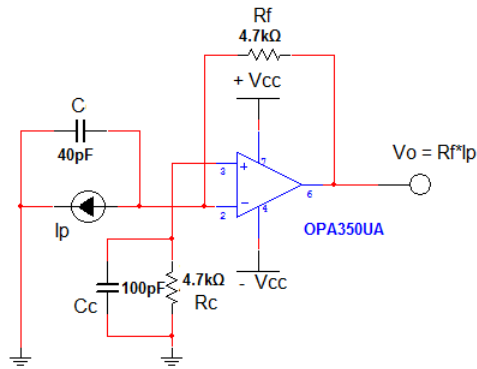


Figura 4. Circuito de acondicionamiento para el monitoreo de la potencia óptica de salida en el láser, utilizando el fotodiodo intrínseco del láser con la capacitancia C en paralelo.

Para calcular el valor de R_f , se utilizan las características del fotodiodo interno que trae el láser semiconductor (LPS-830-FC). La fotocorriente generada es de $579.8 \mu\text{A}$ y como la tensión máxima que se requiere a la salida del amplificador es de 2.5 V , el valor de R_f es de $4,311 \text{ K}\Omega$; por las limitaciones de valores comerciales se usará una de $4.7 \text{ K}\Omega$. Para corregir el error de continua debido a las corrientes de polarización se conecta una resistencia R_c en la entrada no inversora del *OP-AMP* del mismo valor que R_f . No obstante, esta resistencia produce un efecto pernicioso, ya que el ruido en la entrada no inversora del operacional resulta amplificado. Para evitarlo (limitando el ancho de banda del ruido) se conecta un condensador en paralelo C_c con la resistencia de compensación R_c de valor de 100 pF . Aunque puede parecer que el fotodiodo podría ser considerado como una fuente de corriente ideal, hay que tener en cuenta que tiene una capacidad parasita que, según el fabricante, es de 40 pF . Esta capacitancia introduce un polo en el circuito realimentado que tiende a disminuir la estabilidad relativa disminuyendo el margen de fase del circuito.

Finalmente, un factor muy importante a considerar en los *LS's* es la temperatura, ya que un electrón puede ser generado por variaciones de temperatura produciendo una variación en corriente y por consiguiente una variación en la potencia óptica del *LS*, afectando su estabilidad y desempeño. Por consiguiente es necesario, si se busca estabilidad y reducir al máximo el ruido que podría producirse internamente al encendido y apagado de los disipadores. Por ello la elección del diseño de un control *PID* para el monitoreo y encendido proporcional de los disipadores cuando estos sean necesarios (Steven, 1999). Para diseñar el monitoreo de temperatura, se utilizó el sensor *LM35* modelo *TO-92*, el cual es un sensor de temperatura con precisión en escala Celsius. Este dispositivo transforma la temperatura del ambiente en voltaje, del orden de mV . El *LM35* entrega a la salida una resolución de 10 mV por cada grado centígrado. Empleándolo solo sin ninguna configuración en especial, el dispositivo presenta un rango de medición de 2 a $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Las especificaciones técnicas del sensor especifican que el comportamiento del sensor es lineal por lo que la función de transferencia puede definirse por medio de la ecuación (3):

$$V_t = T * \frac{dV}{dT} \quad (3)$$

Donde V_t es el voltaje de salida del sensor de temperatura *LN35*, T es la temperatura que se está sensando y $\frac{dV}{dT}$ es la razón de cambio proporcionado por el fabricante cuyo valor es de $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$. El voltaje V_t va directamente hacia el convertidor analógico-digital del microcontrolador con una resolución de 10 bits, por lo que la ecuación característica para la conversión de voltaje a digital se da por medio de la ecuación (4):

$$T_D = (V_{ADC} * V_{DD} * E_{sc}) / \text{Resolución} \quad (4)$$

Donde T_D es la temperatura convertida en digital, V_{ADC} Voltaje leído, V_{DD} voltaje de alimentación y E_{sc} escala de temperatura en grados centígrados.

2.2. Etapa de adquisición de datos.

Se implementó la lógica de programación con el compilador *CCS* con la finalidad de configurar el dispositivo en modo *CDC (Communication Device Class)*, el cual es inicializado y enumerado por la computadora, para la toma de muestras de los diferentes sensores que conforman la unidad de control y procesamiento. Posteriormente mediante interrupciones de tipo *UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitte)* se inicia la transmisión de datos a través del puerto *USB* hacia la computadora, como se aprecia en el diagrama de flujo siguiente. Esto se ve resumido de forma general en el algoritmo que muestra en la figura 5a. Además, se diseñó el software en Visual C#, utilizando el *API (Application Programming Interface)* desarrollado por Microchip para utilizar el puerto *USB*, el cual gestiona el envío y recepción de datos (figura 5b). Los drivers para Windows son proporcionados por Microchip junto con la *API*. Esta última contiene funciones de inicialización, recepción y transmisión de datos incorporados en *mpusbapi.dll*.

El diseño del software proporcionó una interfaz gráfica de fácil acceso a la adquisición de datos provenientes del módulo de procesamiento que se encuentra en contacto con las variables de interés a medir. Al iniciar el monitoreo de la variable de interés además de crear un documento de tipo **.txt* se puede visualizar los cambios que ocurren en función del tiempo de la variable de interés en tiempo real, como la visualización del número de muestras que se han realizado desde el periodo de inicio hasta el instante que se mantenga en operación el monitoreo de la variable deseada. Para mayor comodidad para el usuario se ha incorporado un menú de herramientas el cual cuenta con las acciones de mayor importancia como:

1. Abrir: Abre documentos previamente guardados de tipo **.txt*.
2. Salir: Cierra la aplicación de adquisición de datos.
3. Editar: Edición de la corriente de operación mediante *password*.
4. Operador: Controla la comunicación serial, mediante apertura o cierre de puertos *COM*.
5. Ayuda: Se definen tips de ayuda por si ocurriera una situación inesperada, como la dirección electrónica para la asistencia de técnica o reporte de *bugs* que pudieran presentarse en el software.

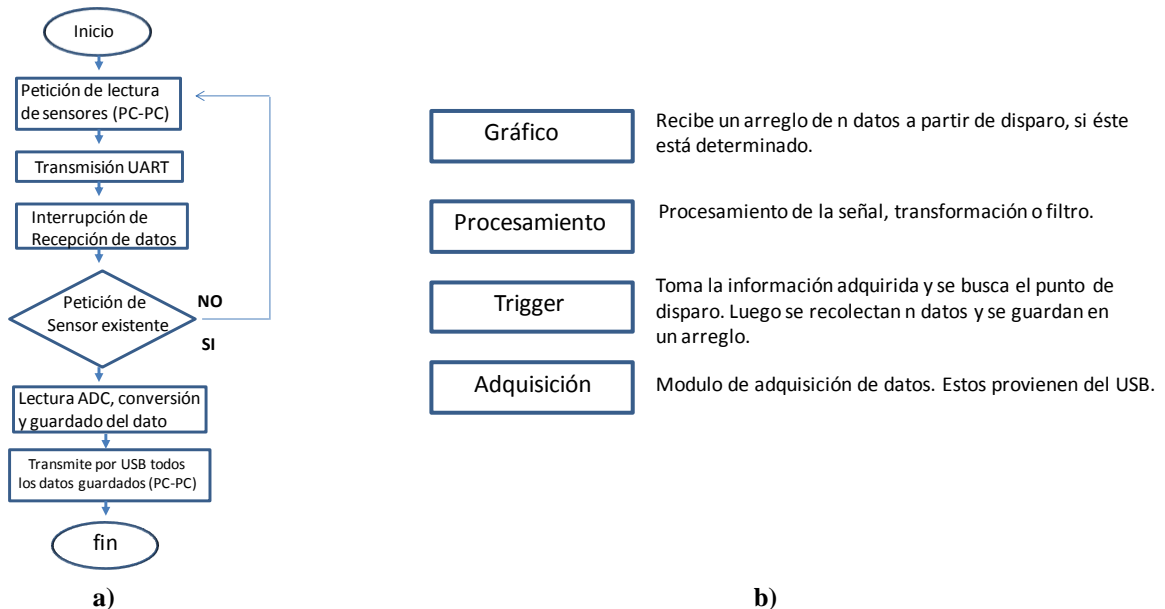


Figura 5. a) Diagrama de flujo para la conversión de datos y transmisión por USB, b) Modelo de capas para el software.

3. Caracterización.

El láser semiconductor *LPS-635-FC* se sometió a dos tipos de pruebas experimentales, la primera de ellas consistió en el nivel de estabilidad del voltaje y corriente cuando el dispositivo opera por debajo de la corriente de umbral, y la segunda cuando la corriente suministrada es la máxima ideal proporcionada por el fabricante. Las especificaciones técnicas de los dispositivos en el laboratorio de optomecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (véase tabla 1), varían ligeramente de las hojas de datos proporcionados por la compañía Thorlabs en su sitio web, por la naturaleza de tratarse de un semiconductor.

Tabla 1. Datos de los puntos de operación específica del LPS-635-FC empleado.

LPS-635-FC	
Potencia óptica de salida	2.91 mW
Corriente de operación	61.8 mA
Corriente de umbral	47.1 mA
Voltaje de operación	2.5 V
Longitud de onda de emisión	830 nm

Como primera prueba se posicionó como corriente de operación 9 mA, magnitud muy por debajo de la corriente de umbral para poder observar el desempeño de la estabilidad corriente-voltaje de la fuente diseñada. El voltaje de operación observado mediante el osciloscopio *DPO7054* fue de 4.48 V que se mantuvo estable durante todo el desarrollo experimental, mientras que las ligeras perturbaciones son creadas por el ruido electromagnético del entorno y no por la fuente misma. Información que fue corroborada mediante el sistema de adquisición de datos *LD001J*, con un mínimo de error de 1 mV por cada lectura almacenada con un tiempo de adquisición de 10 ms por muestra. Los datos de muestreo se almacenaron en un archivo *.txt, los cuales se graficaron posteriormente en el software. Las variaciones de la corriente con respecto al punto de operación preseleccionado fue de 0.486 mA, información que se puede observar en la figura 6. Se posicionó el fotodetector *PM320E* tan cercano cómo fue posible al láser semiconductor sin dañar la superficie sensible a la luz, cerca de 1 mm de separación entre los dispositivos. El fotodetector tiene un campo de visión de 300 nm a 1200 nm, prácticamente todo el espectro visible y cercano al infrarrojo, por lo que cualquier fuente de luz externa al láser podría causar alteraciones en la medición de la potencia así como cualquier tipo de vibración que se encuentre cercano al área de experimentación, y como dato final no se logró un acople ideal láser-fotodetector debido a la incompatibilidad de los conectores de los dispositivos. Debido al acople no ideal, una gran cantidad de potencia se disperso al entrar en contacto la luz con el aire debido a las impurezas que este contiene, absorbiendo parte de la luz emitida disminuyendo la potencia de emisión, sin embargo la poca potencia captada por el fotodetector es suficiente para demostrar que la estabilidad de la corriente es proporcional a la estabilidad de la potencia emitida, y ello puede observarse en la figura 7. Los resultados obtenidos hacen mención que la potencia captada por el fotodetector es de 0.2199 mW, si consideramos que la potencia ideal del *LPS-635-FC* es de 2.91 mW, tenemos una pérdida cercana de 2.69 mW por falta de un acoplador láser-fotodetector, debido a las impurezas que se encuentran en el ambiente donde se desarrolló la experimentación.

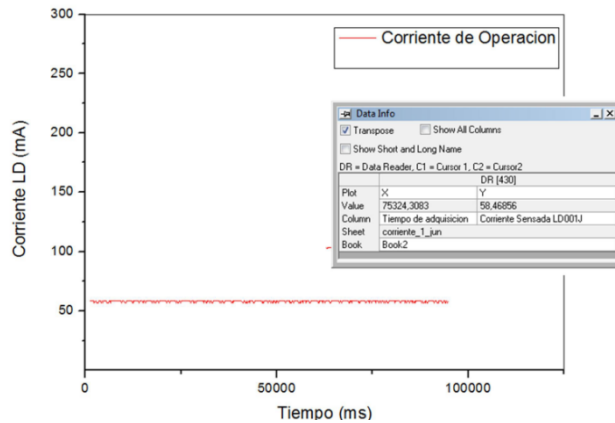


Figura 6. Comportamiento de la corriente que circula por el láser.

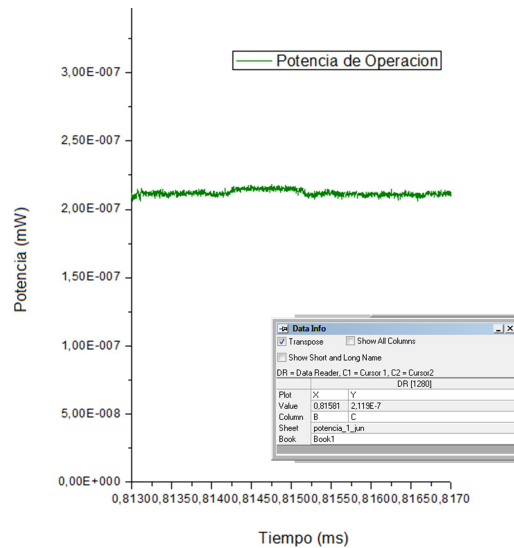


Figura 7. Monitoreo de la potencia emitida por el láser.

Conclusión.

El presente trabajo tiene la factibilidad de estabilizar la corriente de operación de diferentes láseres semiconductores, en corriente directa, ya que estos tipos de dispositivos forman parte de arreglos experimentales que se realizan en el laboratorio de optomecatrónica. Conociendo los puntos de operación de corriente ideal de los láseres semiconductores es posible controlar la magnitud de corriente inducida al dispositivo, para salvaguardar la integridad del mismo, como la obtención de la potencia máxima ideal estable, de cada uno de ellos. Obteniendo como resultado un dispositivo de instrumentación optoelectrónico el cual cumple con las expectativas específicas que se emplearon en su diseño. Además, teniendo como principal objetivo la estabilidad de la corriente suministrada, se logró la reducción de costos de hasta una quinta parte del valor de una fuente de corriente comercial mínima como el LD1100.

Créditos.

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por el financiamiento de los proyectos con clave de registro TGZ-IMCT-2012-123 y 5469.14-P ante la dirección general de educación superior tecnológica del Tecnológico Nacional de México.

Referencias Bibliográficas.

- J. Gómez V., J. Camas A., L. García F., W. Torres, S. Mendoza, M. Pérez P., A. Medina S.** (2012). Fuente programable de corriente estabilizada para diodos láseres de fibra óptica, *VII Taller Internacional Tecnoláser y III Reunión de Óptica Vida y Patrimonio*, La Habana, Cuba 2012.
- J. Švarný.** (2008). Evaluation of optical power fluctuation of thermally stabilized laser source, *2008 International Biennial Baltic Electronics Conference (BEC2008)*, Tallinn, Estonia, 1-4.
- N. Holonyak Jr. and S.F. Bvacqua.** (1962). *Appl. Phys. Rev. 1*, 82.
- R.N. Hall, G.E. Fenner, J.D. Kingsley, T.J. Satys and R.O. Carlson.** (1962). *Phys. Rev. Lett.*, 9, 366.
- S. H. Lee, H. Y. Ryu, Y. P. Kim, H. S. Suh, and T. B. Eom.** (2010). CW visible standard source generated by second harmonic of injection locked DFB to optical frequency comb seeded with 13C2H2 stabilized laser, *Conference on Precision Electromagnetic Measurements*, Daejeon Convention Center, Daejeon, Korea, 13-18.
- Steven W. Smith.** (1999). *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. 2^o edition – California Technical Publishing – San Diego, California 1997-1999.*
- T.M. Quist, R.H. Rediker, R.J. Keyes, W.E. Krag, B. Lax, A.L. McWhorter and H.J. Zeiger.** (1962). *Appl. Phys. Rev. 1*, 1145.
- Yu-Chia Hsu, Huang-Cuang Lin, Shyh-Lin Tsao.** (2005). A Polarization-Stabilized Fiber-Optical Output Infrared Laser Source, *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 26, 6, 921-935.

Información de los autores.



Jefferson Alberto Gómez Valdéz es egresado de la carrera en Ingeniería en Electrónica desde noviembre de 2011 y egresado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica desde Noviembre de 2013 por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Su área de interés es sistemas de control optomecatrónico y metrología optoelectrónica.



Jorge Luis Camas Anzueto es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y de la carrera en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



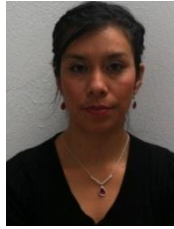
Madain Perez Patricio es graduado como Doctor en Ciencias en Automatización y computación industrial en 2005, por la Universidad de Ciencias y Tecnologías de Lille, Francia. Investigador- Docente desde 1997 en el Departamento de Posgrado y la Carrera en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés incluye visión por computadora y computación reconfigurables.



Vicente León Orozco es graduado como Ingeniero Eléctrico Por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Diplomado en Telecomunicaciones por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, y Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Toluca. Actualmente presidente de la Academia de Electrónica y Docente de la carrera en Ingeniería Electrónica. Su área de interés es desarrollo de sistemas optoelectrónicos, sistemas de comunicaciones y fibras ópticas.



Aldo Esteban Aguilar Castillejos Aldo Esteban Aguilar Castillejos, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011. Actualmente es parte del cuerpo académico del ITTG y universidades privadas, con desarrollos de proyectos financiados por CONACyT y empresas privadas. Con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.



Martha Luz Paniagua Chávez es graduada como Ingeniero Eléctrico por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2001 y tiene la formación en la Maestría en Ciencias en dispositivos y sistemas (SIDS). Opción: Componentes y Sistemas Eléctricos por la Universidad Claude Bernard Lyon 1, (Francia) en 2006. Ha sido docente en el departamento de Ciencias Básicas en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010. Su área de interés es transferencia de calor, dispositivos de control y ciencias básicas.