



Informe Técnico

Fuentes de Corriente para LED UV y Diodos Láser desarrolladas para el grupo Fotónica de Microondas del ICAT

M. I. Raúl Ruvalcaba Morales

Febrero de 2021

Tipo de Proyecto: Desarrollo

Financiamiento interno

Fuentes de corriente para LED UV y diodos Láser desarrolladas para el grupo Fotónica de Microondas del ICAT

M. I. Raúl Ruvalcaba Morales

Fotónica de Microondas, ICAT - UNAM

Resumen

Este informe técnico tiene como objetivo mostrar y comparar cuatro fuentes de corriente que durante los últimos años se han estado desarrollando para energizar diodos emisores de luz con radiación ultravioleta (LED UV) y Láser Semiconductor o Diodos Láser (LD) también para ese mismo espectro de luz. Estos dispositivos se utilizan en las distintas líneas de investigación relacionadas con la radiación UV-Vis-NIR que se llevan a cabo en el grupo Fotónica de Microondas del ICAT. El desarrollo de estas fuentes de corriente, además de apoyar la investigación, han logrado minimizar los costos sobre la adquisición de este tipo de instrumentación. Primero se presentan dos desarrollos elementales bajo el principio de conversión de fuentes de voltaje a fuentes de corrientes, posteriormente se muestran dos fuentes de corrientes desarrolladas bajo el principio de estabilización de corriente.

Índice

Introducción

1.	Fuente de Corriente No. 1 por conversión básica de Fuente de Tensión Variable a Fuente de Corriente	7
1.1	Propuesta de diseño de la Fuente de Corriente No. 1	7
1.2	Diseño de la Fuente de Corriente No. 1	8
2	Fuente de Corriente No. 2 por conversión básica de Fuente de Tensión Fija a Fuente de Corriente	9
2.1	Propuesta de diseño de la Fuente de Corriente No. 2	10
2.2	Diseño de la Fuente de Corriente No. 2	11
3	Fuente de Corriente No. 3 utilizando un regulador de tensión variable	12
3.1	Propuesta de diseño de la Fuente de Corriente No. 3	12
3.2	Diseño de la Fuente de Corriente No. 3	12
4	Fuente de Corriente No. 4 utilizando un Amplificador Operacional	14
4.1	Propuesta de diseño de la Fuente de Corriente No. 4	14
4.2	Diseño de la Fuente de Corriente No. 4	15
5	Resultados	16

Conclusiones		19
---------------------	-------	-----------

Referencias Bibliográficas		20
-----------------------------------	-------	-----------

Nomenclatura

<i>DC</i>	<i>Corriente Directa</i>
<i>LED</i>	<i>Diodo Láser</i>
<i>LD</i>	<i>Diodo Emisor de Luz</i>
<i>Op Amp</i>	<i>Amplificador Operacional</i>
<i>TBJ</i>	<i>Transistor Bipolar de Juntura</i>
<i>UV</i>	<i>Ultravioleta</i>
<i>UV-NIR</i>	<i>Ultravioleta – Infrarrojo Cercano</i>

Introducción

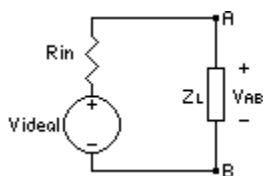
El objetivo principal de desarrollar estas Fuentes de Poder fue dar soluciones particulares, eficientes, rápidas y económicas para energizar los Diodos Láser (LD) y Diodos Emisores de Luz UV (LED UV) para cada uno de los trabajos de investigación del grupo Fotónica de Microondas.

Estos dispositivos requieren para su funcionamiento un control estable sobre la corriente nominal de operación que circula a través de ellos para lograr una emisión fotónica adecuada, para ello, es necesaria la utilización de fuentes de corriente.

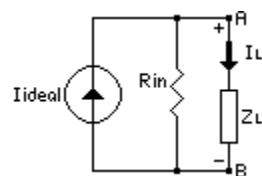
Como antecedente sabemos que existen dos tipos de fuentes de poder: Las fuentes de tensión regulada y las fuentes de corriente regulada.

Las fuentes de tensión regulada proporcionan un voltaje constante entre sus terminales, siendo la carga la que le demanda la corriente que requiere para su funcionamiento, esto es, el voltaje en la carga se mantiene constante, mientras que la corriente que fluye a través de ella varía dependiendo de sus características de fabricación.

Las fuentes de corriente proporcionan una corriente constante entre sus terminales, siendo la carga la que demanda el voltaje que requiere para su funcionamiento, esto es, la corriente en la carga se mantiene constante, mientras que el voltaje presente en sus terminales varía dependiendo de sus características de fabricación.



(a) Fuente de tensión



(b) Fuente de corriente

Figura 1. Fuentes de poder ideal

Como se puede ver en la figura 1(a), las fuentes de tensión se caracterizan por tener entre sus terminales A y B, una fuente de tensión ideal (V_{ideal}) en serie con una

resistencia interna ($R_{interna}$). El cálculo del voltaje de salida (V_{AB}) cuando se conecta una impedancia de carga (Z_L) en sus terminales, se realiza con la ecuación (1):

$$V_{AB} = \left(\frac{Z_L}{Z_L + R_{interna}} \right) V_{ideal} \quad (1)$$

La potencia total (P_T) entregada a la carga Z_L se calcula con la ecuación (2):

$$P_T = \frac{V_{ideal}^2}{R_{interna} + Z_L} \quad (2)$$

Como la resistencia interna $R_{interna}$ consume potencia, entonces la potencia útil (P_U) entregada a la carga Z_L se calcula con la ecuación (3):

$$P_U = \left(\frac{V_{ideal}^2}{(R_{interna} + Z_L)^2} \right) Z_L \quad (3)$$

Para determinar el rendimiento (η) de la fuente, se aplica la ecuación (4):

$$\eta = \frac{P_U}{P_T} = \frac{Z_L}{R_{interna} + Z_L} \quad (4)$$

Otro parámetro para determinar la eficiencia de la fuente es considerar el porcentaje de regulación de voltaje (%RV) que se da entre las relaciones de voltajes de salida con carga y sin carga, el cálculo se realiza con la ecuación (5):

$$\%RV = \frac{V_{AB \sin carga} - V_{AB \sin carga}}{V_{AB \sin carga}} \times 100 \quad (5)$$

Por otra parte, como se puede ver en la figura 1(b), las fuentes de corriente se caracterizan por tener entre sus terminales una fuente de corriente ideal (I_{ideal}) en paralelo con una resistencia interna ($R_{interna}$). El cálculo de la corriente de carga (I_L) cuando se conecta una impedancia de carga (Z_L) en sus terminales, se realiza con la ecuación (6):

$$I_L = \left(\frac{R_{interna}}{Z_L + R_{interna}} \right) I_{ideal} \quad (6)$$

La potencia total (P_T) entregada a la carga Z_L , se calcula con la ecuación (7):

$$P_T = (Z_L + R_{interna})I_{ideal}^2 \quad (7)$$

Como la resistencia interna ($R_{interna}$) consume potencia, entonces la potencia útil (P_U) entregada a la carga Z_L se determina con la ecuación (8):

$$P_U = \left(\frac{R_{interna}}{Z_L + R_{interna}} \right) I_{ideal}^2 (Z_L + R_{interna}) \quad (8)$$

Para determinar el rendimiento (η) de la fuente, se aplica la ecuación (9):

$$\eta = \frac{P_U}{P_T} = \frac{R_{interna}}{Z_L + R_{interna}} \quad (9)$$

Otro parámetro para determinar la eficiencia de la fuente es considerar el porcentaje de regulación de corriente (%RI), dada entre la relación de las corrientes de salida ideal con la corriente de la carga (I_L), el cálculo se realiza con la ecuación (10):

$$\%RI = \frac{I_{ideal} - I_L}{I_L} \times 100 \quad (10)$$

Para desarrollar las fuentes de corriente presentadas en este informe, se aplicaron los siguientes métodos:

- Método 1: Utilizando la transformación de fuentes de tensión a fuentes de corriente
- Método 2: Diseñando las fuentes de corriente por estabilización de corriente.

Para el caso de las dos primeras fuentes de corriente, se sabe que cuando se coloca una resistencia (R) en serie con la carga (LED UV o LD), la corriente que fluye a través de ella estará en función del valor de esa resistencia, la figura 2 muestra el esquema representativo de este método.

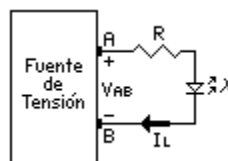


Figura 2. Transformación de fuente de tensión a fuente de corriente

Para el caso de las otras dos fuentes de corriente, estas se diseñaron con control de estabilización de corriente utilizando circuitos integrados lineales. La *figura 3* muestra el esquema representativo de este método.

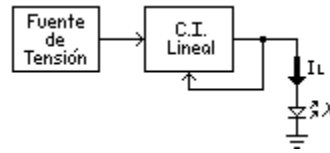


Figura 3. Fuente de corriente con estabilización de corriente

1 Fuente de corriente No. 1 por conversión básica de fuente de tensión variable a fuente de corriente

La fuente de corriente No. 1, diseñada por conversión de fuente de tensión variable a fuente de corriente, fue la primera que se implementó con la finalidad de energizar un diodo Láser de 375nm @ 70 mW.

El propósito de esta fuente fue apoyar en la caracterización de la potencia óptica del LD para evaluar los valores mínimo y máximo de su corriente nominal de operación.

Como antecedente, se puede mencionar que inicialmente la alimentación del LD se realizaba con una fuente comercial de tensión variable no regulada, a la cual se le conectó un potenciómetro en serie para ajustar su corriente nominal y evitar dañar el componente electrónico.

Sin embargo, con el tiempo dicha fuente se dañó y para continuar con el trabajo de investigación se decidió diseñar la nueva fuente basada con el mismo principio que la anterior, pero ahora con una fuente de tensión lineal, regulada y variable.

1.1 Propuesta de diseño de la fuente de corriente No. 1

Dado que la emisión fotónica del LD depende principalmente de la corriente nominal de operación establecida por el fabricante, se decidió diseñar una fuente de poder lineal con tensión regulada y variable para después transformarla en una fuente de corriente por medio de un potenciómetro.

La propuesta de desarrollo para la fuente de corriente No. 1 la conforman 5 etapas, mismas que se muestran en el diagrama de bloques de la *figura 4*.

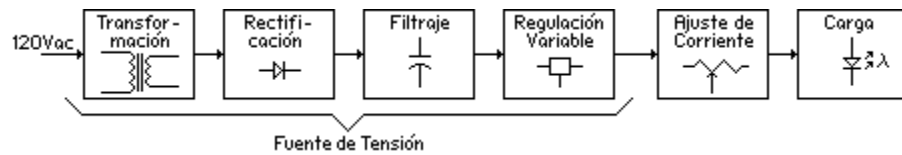


Figura 4. Diagrama de bloques de la fuente de corriente No. 1

Una de las condiciones para el diseño de esta fuente de corriente con regulador de tensión variable se basó con el objetivo de que eventualmente se pudiera utilizar también para otro tipo de LD con voltajes de operación distintos a los del LD del proyecto inicial.

1.2 Diseño de la Fuente de Corriente No. 1

El primer paso para desarrollar esta fuente consistió en diseñar e implementar una fuente de tensión variable de 1.2V a 15V @ 1A y luego colocar un potenciómetro para ajustar y limitar la corriente de trabajo del LD. La configuración del sistema electrónico que se diseñó se muestra en el circuito A de la figura 5.

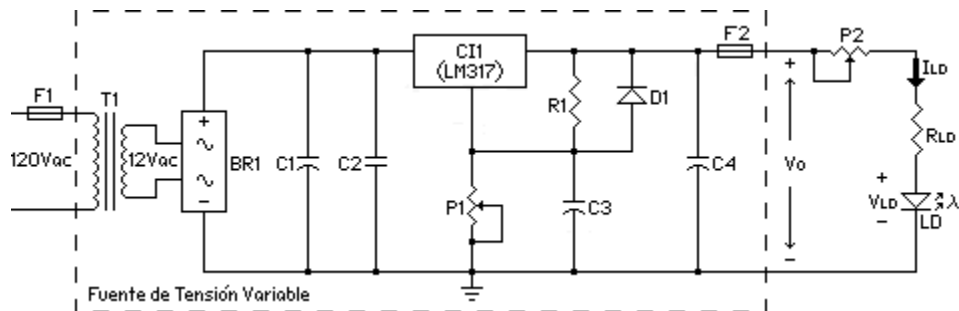


Figura 5. Circuito A. Fuente de corriente No. 1

Las características eléctricas del diodo Láser se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones eléctricas del diodo Láser L375P70MLD de Thorlabs[1]

	Min.	Typical	Max.
λ_o	370 nm	375 nm	380 nm
P_o	-	70 mW	-
I_{op}	80 mA	110 mA	140 mA
I_{TH}	30 mA	50 mA	75 mA
V_{op}	4.6 V	5.4 V	6.0 V

El Voltaje de salida (V_o) de la fuente de tensión se diseñó para 12V y fue determinado por la ecuación 11, obtenida del dispositivo LM317 de National Semiconductor[2], quedando de la siguiente forma:

$$V_o = V_{REF} \left(1 + \frac{P_1}{R_1} \right) I_{ADJ} V_o R_2 \quad (11)$$

Para el cálculo de los valores del potenciómetro P_2 y de la resistencia R_{LD} , se utilizó la ecuación 12 obtenida de la malla de salida del circuito A, quedando como sigue:

$$P_2 + R_{LD} = \frac{V_o - V_{LD}}{I_{LD}} \quad (12)$$

De esta manera, se propuso un valor para la resistencia R_{LD} , y se tomaron los valores típicos de V_{LD} y I_{LD} , finalmente se determinó el valor del potenciómetro P_2 para que cubriera los valores de la corriente de operación mínima y máxima del LD.

2 Fuente de Corriente No. 2 por conversión básica de fuente de tensión fija a fuente de corriente

La fuente de corriente No. 2, diseñada por conversión de fuente de tensión fija a fuente de corriente, fue la segunda que se implementó con la finalidad de energizar los diodos Láser de 355 nm @ 84 mW y 375nm @ 70 mW.

El propósito de esta fuente fue apoyar en la caracterización de la potencia óptica de ambos LD para evaluar sus valores mínimos y máximos de sus corrientes nominales de operación.

Como antecedente, se tiene la experiencia del desarrollo de la fuente de corriente No. 1, pero a diferencia de esta, ahora se decidió utilizar un circuito integrado regulador de tensión fija.

Las características eléctricas del LD de 375 nm@ 70 mW, son los mismos que se mostraron en la tabla 1.

Las características eléctricas del LD de 355 nm @ 84 mW se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones eléctricas del Diodo Láser LXTO46355C de LUMEX[3]

	Min.	Typical	Max.
λ_o	353 nm	355 nm	360 nm
P_o	-	84 mW	-
I_{op}	-	20 mA	120 mA
V_{op}	-	3.6 V	4.2 V

2.1 Propuesta de diseño de la fuente de corriente No. 2

Con la premisa de que la emisión fotónica del LD depende de la corriente nominal de trabajo establecida por el fabricante, se decidió diseñar esta fuente con una fuente de poder lineal con tensión regulada y fija a +12V para después transformarla en una fuente de corriente por medio de un potenciómetro.

Al igual que la fuente de corriente No. 1, la propuesta de desarrollo para la fuente de corriente No. 2 también la conforman 5 etapas, las cuales se muestran en el diagrama de bloques de la figura 6.

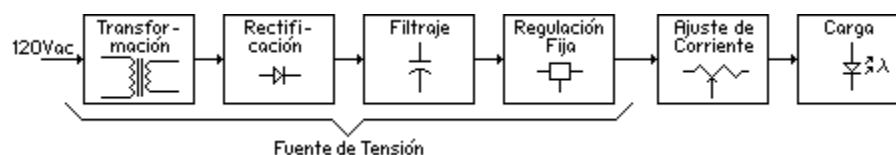


Figura 6. Diagrama de bloques de la fuente de corriente No. 2

El objetivo de diseñar esta fuente de corriente con un regulador de tensión fija radica en que los LD que se están utilizando para los proyectos de investigación no sobrepasan los +6V de polarización ni de una corriente de trabajo mayor a 1A.

2.2 Diseño de la fuente de corriente No. 2

El primer paso para desarrollar la segunda fuente consistió en diseñar una fuente de tensión fija a +12V @ 1A, esta fuente utiliza un regulador lineal fijo MCT7812[4] y un potenciómetro que permite ajustar y limitar la corriente de trabajo de los LD. La configuración del sistema electrónico que se diseñó se muestra en el circuito B de la figura 7.

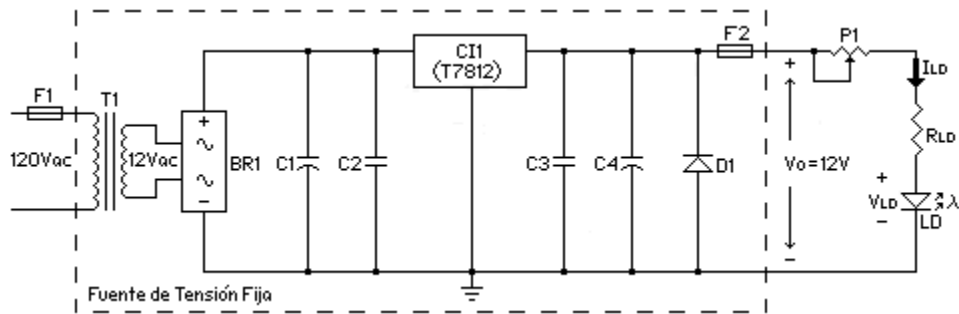


Figura 7. Circuito B. Fuente de corriente No. 2

Para el cálculo de los valores del potenciómetro P_1 y de la resistencia R_{LD} , se utilizó la ecuación 13 obtenida de la malla de salida del circuito B, quedando como sigue:

$$P_1 + R_{LD} = \frac{V_O - V_{LD}}{I_{LD}} \quad (13)$$

De esta manera, se propuso un valor para la resistencia R_{LD} , y se tomaron los valores típicos de V_{LD} y I_{LD} de ambos LD y finalmente se determinó el valor del potenciómetro P_1 para que cubriera los valores de la corriente de operación mínima y máxima de cada LD.

Para este caso, dado que los diodos Láser que se están utilizando no requieren un voltaje nominal de trabajo mayor a +6V, se decidió diseñar una versión similar a la fuente de corriente No. 1 basado en el mismo principio, pero ahora con una fuente de tensión lineal, regulada y fija a +12V.

3 Fuente de corriente No. 3 utilizando un regulador de tensión variable

La fuente de corriente No. 3, diseñada con un regulador de tensión variable, fue la tercera que se implementó con la finalidad de energizar los LED UV-NIR con longitudes de onda que van desde 377 nm hasta 640 nm.

Para este caso, debido a que los LED UV utilizados no requieren corrientes de trabajo mayores a 250 mA, se decidió diseñar una fuente de corriente basada en el principio de control de estabilización de corriente.

3.1 Propuesta de diseño de la fuente de corriente No. 3

Para analizar el comportamiento de la emisión fotónica de estos LED UV se decidió desarrollar una fuente de corriente con control de estabilización de corriente utilizando como elemento de control un regulador lineal variable, la propuesta de desarrollo de esta fuente la conforman 3 etapas, las cuales se muestran en el diagrama de bloques de la *figura 8*.

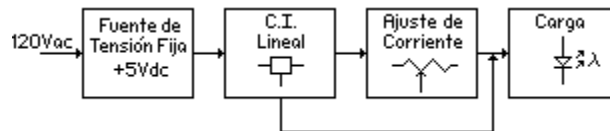


Figura 8. Diagrama de bloques de la fuente de corriente No. 3

El objetivo de diseñar esta fuente de corriente radica en que los LED UV utilizados radiarán su energía donde se requiere tener una iluminación constante, para ello, la fuente debe mantener la corriente nominal de operación estable a través de compensación de corriente dado por un circuito integrado lineal

3.2 Diseño de la fuente de corriente No. 3

El primer paso para desarrollar la tercera fuente consistió en diseñar una fuente de tensión fija a +9V @ 1A, esta fuente utiliza un regulador lineal fijo T7809[5] y un regulador lineal de tensión variable LM317. Debido a que la corriente de ajuste (I_{adj}) de la terminal de ajuste del regulador variable representa un término de error, se decidió

utilizar esta característica para minimizar la corriente y lograr que la corriente I_{LED} sea más constante a los cambios que se puedan producir por las variaciones de la carga, por tal motivo se decidió utilizar de un potenciómetro para ajustar y limitar la corriente de operación de los LD. La configuración del sistema electrónico que se diseñó se muestra en el circuito C de la figura 9.

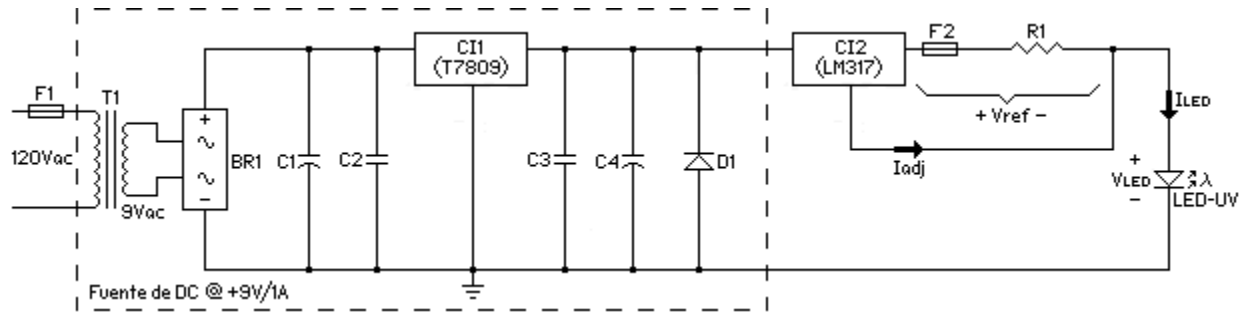


Figura 9. Circuito C. Fuente de corriente No. 3

Algunas de las características eléctricas del LM317 se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones eléctricas del LM317 de National Instruments[2]

	Min.	Typical	Max.
V_{REF}	1.225 V	1.25 V	1.27 V
I_{ADJ}	-	50 μ A	100 μ A
I_O	1.5 A	2.2 A	3.4 A
V_{IN}	1.2 V	-	37 V

Para el cálculo de la resistencia R_1 , se utilizó la ecuación 14 obtenida de la malla de salida del circuito, quedando de la siguiente forma:

$$R_1 = \frac{V_{REF}}{I_{LED} + I_{ADJ}} \quad (14)$$

De esta manera, se consideran $V_{REF}=1.25$ V, $I_{ADJ}=50$ μ A y se toman los valores típicos de I_{LED} de cada uno de los LD y finalmente se determinan los valores de las resistencias R_1 para que cubran los valores de la corriente de operación mínima y máxima de cada uno de ellos.

4 Fuente de corriente No. 4 utilizando un Amplificador Operacional

La fuente de corriente No. 4, diseñada con un Amplificador Operacional (Op Amp), se implementó con el objetivo de dar una solución alterna para energizar los LED UV-NIR con longitudes de onda que van desde 377 nm hasta 640 nm.

Al igual que para la fuente de corriente No. 3, los LED UV utilizan corrientes de trabajo no mayores de 250 mA, por tal motivo se decidió diseñar una fuente de corriente que se basa en el principio de control de estabilización de corriente que utiliza como elemento de control un Op Amp apoyado con un transistor TBJ.

4.1 Propuesta de diseño de la Fuente de Corriente No. 4

Para analizar el comportamiento de la emisión fotónica de estos LED se decidió desarrollar una fuente de corriente con control de estabilización de corriente utilizando como elemento de control un Amplificador Operacional. Como antecedente se sabe las sus características ideales son tener impedancia de entrada infinita e impedancia de salida igual a cero, con estas referencias la propuesta de desarrollo de esta fuente la conforman 2 etapas que se muestran en el diagrama de bloques de la *figura 10*.

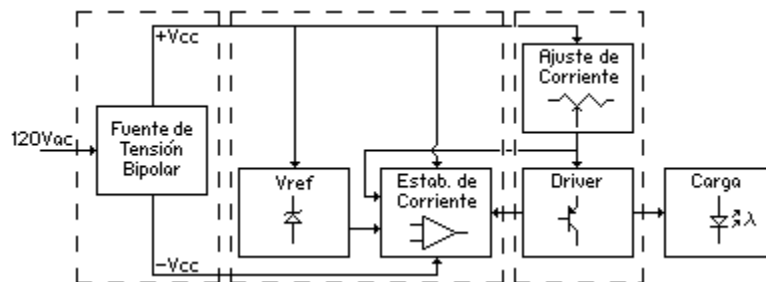


Figura 10. Diagrama de bloques de la fuente de corriente No. 4

Puesto que fue una fuente de corriente alternativa de la fuente de corriente No. 3, el objetivo de diseñarla radica en que los LED UV utilizados radiarán su energía donde se requiere tener una iluminación constante, para ello, la fuente debe mantener la corriente nominal de operación estable a través de estabilidad de corriente fijando la tensión constante en una resistencia de limitación de corriente de cada LED UV, debido a la interacción entre un diodo Zener y el Op Amp.

4.2 Diseño de la fuente de corriente No. 4

La configuración del sistema electrónico que se diseñó se muestra en el circuito D de la figura 11.

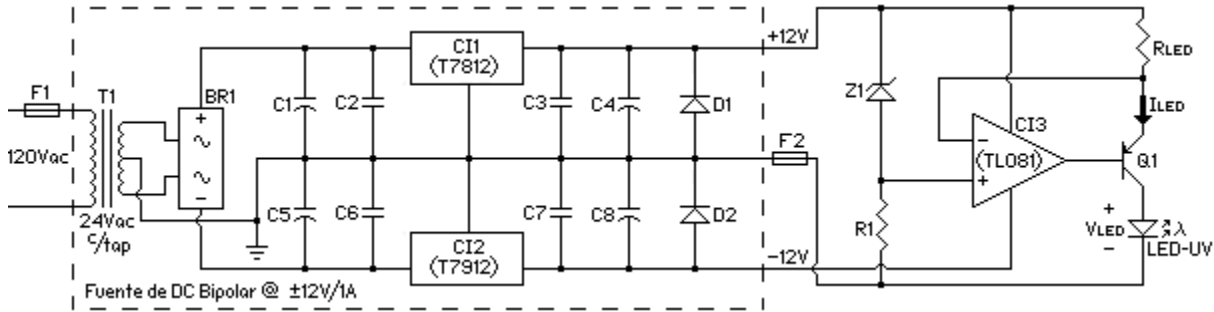


Figura 11. Circuito D. Fuente de corriente No. 4

Se diseñó una fuente de DC bipolar de $\pm 12V @ 1A$, utilizando los reguladores fijos y lineales MCT7812 y LM7912[6], con la finalidad de polarizar al Amplificador Operacional TL081[7] y energizar a los LED UV-NIR.

El diodo Zener (Z_1) es un 1N4733A ($V_Z=5.1$)[8], para LED con corriente de trabajo de 20 mA, se utiliza el TBJ 2N4433[9], mientras que para LED con corriente de trabajo de 250 mA se utiliza el TBJ BD136[10].

El Amplificador Operacional TL081 tiene una impedancia de entrada ideal que tiende a un valor infinito, esta característica provoca que el voltaje de Zener (V_Z) se vea reflejado en la resistencia R_{LED} . Por otra parte, como ambos transistores TBJ PNP (Q_1) tienen una ganancia $\beta \gg 100$, se asume que la corriente que entra por su emisor (I_e) es aproximadamente igual a la corriente que sale por su colector (I_c). Esta consideración se muestra en la ecuación 15.

$$I_e \approx I_c \quad (15)$$

Para determinar el valor de la resistencia R_{LED} , se utilizó la ecuación 16 obtenida de la Ley de Ohm, quedando de la siguiente forma:

$$R_{LED} = \frac{V_Z}{I_{LED}} \quad (16)$$

De esta manera, se toman de las especificaciones eléctricas los voltajes de Zener (V_Z) según sea el caso y también se toman los valores típicos de la corriente de LED (I_{LED}) de cada uno de ellos.

Por último, se debe tomar en cuenta la consideración dada en la ecuación 17 para lograr que el voltaje en la juntura b-c de Q_1 sea positivo y se puedan tener activados a los transistores TBJ.

$$V_{LED} < (+V_{CC} - V_Z) \quad (17)$$

5 Resultados

Se presentan los resultados obtenidos de las cuatro fuentes de corriente diseñadas e implementadas físicamente, con el objetivo de establecer una comparación del desempeño de cada una de ellas.

La tabla 4, muestra los resultados de la fuente de corriente No. 1 diseñada para energizar el diodo Láser L375P70MLD (375 nm @ 70 mW)[1]:

Tabla 4. Resultados de la fuente No. 1

Valor calculado	
P_2	100 Ω -1 W
R_{LD}	39 Ω -1 W

Valores reales	
P_2	100 Ω -1 W
R_{LD}	47 Ω -1 W
$(I_{LD})_{\min}$	44.1 mA
$(I_{LD})_{\text{typ}}$	109 mA
$(I_{LD})_{\max}$	132 mA
$(V_{LD})_{\min}$	5.53 V
$(V_{LD})_{\text{typ}}$	5.73 V
$(V_{LD})_{\max}$	5.78 V
%R.I.	1%

La tabla 5, muestra los resultados de la fuente de corriente No. 2 diseñada para energizar el diodo Láser L375P70MLD (375 nm @ 70 mW)[1]:

Tabla 5. Resultados de la fuente No. 2

Valor calculado	
P_2	100 Ω -1 W
R_{LD}	39 Ω -1 W

Valores reales	
P_2	100 Ω -1 W
R_{LD}	47 Ω -1 W
$(I_{LD})_{\min}$	44.1 mA
$(I_{LD})_{\max}$	132 mA
$(I_{LD})_{\text{typ}}$	111 mA
$(V_{LD})_{\min}$	5.53 V
$(V_{LD})_{\text{typ}}$	5.73 V
$(V_{LD})_{\max}$	5.78 V
% R.I.	1%

La tabla 6, muestra los resultados de la fuente de corriente No. 2 diseñada para energizar el diodo Láser LXTO46355C (355 nm @ 84 mW)[3]:

Tabla 6. Resultados de la fuente No. 2

Valor calculado	
P_2	100 Ω -1 W
R_{LD}	39 Ω -1 W

Valores reales	
P_2	100 Ω -1 W
R_{LD}	47 Ω -1 W
$(I_{LD})_{\min}$	56 mA
$(I_{LD})_{\text{typ}}$	79 mA
$(I_{LD})_{\max}$	167 mA
$(V_{LD})_{\min}$	3.77 V
$(V_{LD})_{\text{typ}}$	4.2 V
$(V_{LD})_{\max}$	4.1 V
% R.I.	1.2%

La tabla 7, muestra los resultados de la fuente de corriente No. 3 diseñada para energizar el LED VAOL-SB1XAX-SA-VCC (550 nm @ 18 mW)[11]:

Tabla 7. Resultados de la fuente No. 3

Valor calculado	
R_{LD}	62.34 Ω -24 mW

Valores reales	
R_{LD}	62 Ω -0.5 W
I_{LD}	20.2 mA
V_{LD}	3.36 V
% R.I.	1%

La tabla 8, muestra los resultados de la fuente de corriente No. 3 diseñada para energizar el LED LRCP7P-JRJT-1-0-OSRAM (625 nm @160 mW)[12]:

Tabla 8. Resultados de la fuente No. 3

Valor calculado	
R_{LD}	4.99 Ω -319 mW

Valores reales	
R_{LD}	4.7 Ω -0.5 W
I_{LD}	266 mA
V_{LD}	3 V
% R.I.	6%

La tabla 9, muestra los resultados de la fuente de corriente No. 4 diseñada para energizar el LED VAOL-SB1XAX-SA-VCC (550 nm @ 18 mW)[11]:

Tabla 9. Resultados de la fuente No. 4

Valor calculado	
R_{LD}	255 Ω -102 mW

Valores reales	
R_{LD}	240 Ω -0.5 W
I_{LD}	20.9 mA
V_{LD}	3.36 V
% R.I.	4.3%

La tabla 10, muestra los resultados de la fuente de corriente No. 4 diseñada para energizar el LED VAOL-ST1XAX-SA-VCC (535 nm @ 90 mW)[12]:

Tabla 10. Resultados de la fuente No. 4

Valor calculado	
R_{LD}	20.4 Ω -2.275 W

Valores reales	
R_{LD}	20 Ω -2 W
I_{LD}	245 mA
V_{LD}	4.13 V
% R.I.	2%

Conclusiones

Las fuentes tienen una eficiencia en corriente entre el 1% y 6%, esto debido a que se han utilizado valores de resistencias (R_{LED}) fijas y comerciales, esta eficiencia se puede reducir hasta el 1% utilizando preset de calibración para acercar el valor de las corrientes de operación de los LED o LD dados por los fabricantes, sin embargo, los valores reales de la corriente de operación de estos dispositivos se definen a la hora de que se empieza a trabajar con ellos, lo importante es que las fuentes mantienen constante esa corriente y esa es la estabilidad que se busca a la hora de transferir la radiación fotónica.

Las cuatro fuentes de corriente diseñadas y desarrolladas a lo largo de este tiempo han logrado energizar los distintos LD y LED UV utilizados en los trabajos de investigación del grupo Fotónica de Microondas del ICAT.

Las fuentes de corriente No. 1 y No. 2, tienen un costo de fabricación más elevado que las fuentes No. 3 y No. 4, esto debido a que utilizan como elemento para controlar y ajustar la corriente de operación de los LED, un potenciómetro de alambre y tan solo este tipo de dispositivos, tienen un costo de entre \$500.00 MXN y \$1000.00 MXN.

En cuanto a las fuentes No. 3 y No. 4, están diseñadas con control de estabilización de corriente, haciéndolas más eficientes que las dos anteriores, no involucran potenciómetros de alambre y sus costos de fabricación se reducen hasta en un 70%.

Referencias Bibliográficas

[1] <https://www.thorlabs.com/drawings/a68c355415988e29-553ADC6E-FF34-579F-E15BE49A586EAE12/L375P70MLD-SpecSheet.pdf>

[2] <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/nationalsemiconductor/DS009063.PDF>

[3] <https://www.mouser.mx/datasheet/2/244/SSL-LXTO46355C-1177181.pdf>

[4] y [5] <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/motorola/MCT7809BD2T.pdf>

[6] <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/nationalsemiconductor/LM7912.pdf>

[7]

<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/SGSThompsonMicroelectronics/mXyzuwru.pdf>

[8] <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/1N4733A.pdf>

[9] <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/2N4403.pdf>

[10] <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/BD136.pdf>

[11] <https://www.mouser.mx/datasheet/2/423/vaolsx1xaxsaserie-1211188.pdf>

[12] <file:///C:/Users/Ra%C3%BAI/Downloads/LR%20CP7P.pdf>