



ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Departamento de Matemática Aplicada II

PROYECTO FIN DE CARRERA

Memoria descriptiva y objetivos

Estudio analítico y numérico de las oscilaciones
en un circuito de tipo Puente de Wien
con característica lineal a trozos

Realizado por:

Samuel Lama Muñoz

para la obtención del título de Ingeniero Técnico Industrial especialidad en Electrónica Industrial

Directores del proyecto:

Dr. D. Victoriano Carmona Centeno

Dr. D. Francisco Javier Ros Padilla

Sevilla, Septiembre 2007

Este proyecto se enmarca dentro del estudio analítico y numérico del comportamiento dinámico y de bifurcaciones de los sistemas autónomos de ecuaciones diferenciales que vienen definidos por funciones lineales a trozos. Nos apoyamos fuertemente en el análisis pionero del Grupo de Investigación *Sistemas Dinámicos en Ingeniería* del Departamento de Matemática Aplicada II de la Universidad de Sevilla. Este grupo, dirigido desde su formación por el Catedrático D. Emilio Freire Macías, lleva más de 10 años analizando la dinámica de los sistemas lineales a trozos desde el punto de vista matemático, siempre teniendo presente que tales sistemas son capaces de modelar de manera fiel el comportamiento de diferentes dispositivos y fenómenos físicos. Así, muchos de los resultados matemáticos que se obtienen sobre la dinámica y el conjunto de bifurcaciones para algunos de estos sistemas han tenido una aplicación casi directa en diferentes dispositivos y circuitos electrónicos, pudiendo establecer en algún caso el diagrama de bifurcaciones completo y, por tanto, el conocimiento íntegro del comportamiento del dispositivo.

De las investigaciones realizadas por diferentes miembros del grupo de investigación cabe destacar las siguientes tres Tesis Doctorales:

- *Comportamiento Dinámico de Osciladores Electrónicos del Tipo Van der Pol–Duffing.*
Autor: Francisco Rodrigo Muñoz.
Directores: Emilio Freire Macías y Francisco Torres Peral.
Año: 1997
Calificación: Sobresaliente Cum Laude.
- *Bifurcaciones en Sistemas Dinámicos Lineales a Trozos.*
Autor: Victoriano Carmona Centeno.
Directores: Emilio Freire Macías y Francisco Torres Peral.
Año: 2002.
Calificación: Sobresaliente Cum Laude.
- *Estudio del Comportamiento Dinámico de Sistemas Autónomos Tridimensionales Lineales a Trozos.*
Autor: Francisco Javier Padilla.
Directores: Emilio Freire Macías y Enrique Ponce Núñez.
Año: 2003.
Calificación: Sobresaliente Cum Laude.

Debemos señalar que la segunda de estas tesis doctorales obtuvo el premio a la mejor Tesis Doctoral del curso 2001-2002 en al área científico-técnica otorgado por el Excelentísimo Ayuntamiento de Sevilla.

La financiación del grupo de investigación parte principalmente de entidades públicas como la Junta de Andalucía y el Ministerio de Educación y Ciencia. Las partidas de esta financiación se consiguen con Proyectos de Investigación aprobados por el Ministerio de Educación y Ciencia y Ayudas recibidas desde la Junta de Andalucía, tales como:

Proyectos de Investigación:

- Dinámica compleja y bifurcaciones de sistemas no lineales en ingeniería (PB98-1152)
- Continuación y bifurcaciones en sistemas dinámicos (BFM2003-00336)
- Complejidad dinámica y bifurcaciones en sistemas de evolución temporal (EXC/2005/FQM-872)
- Problemas de bifurcación en sistemas disipativos y conservativos (MTM2006-00847)

Ayudas Complementarias:

- Ayuda a la Consolidación del Grupo de Investigación TIC-130 . Años: 1997-2006.

Por otra parte, también queremos destacar que las investigaciones del grupo han quedado plasmadas en diferentes publicaciones de alto nivel. De ellas, y relacionadas con los sistemas dinámicos lineales a trozos, podemos citar las siguientes:

- Emilio Freire Macias, Enrique Ponce Nuñez, Francisco Rodrigo Muñoz, Francisco Torres Peral:
Bifurcation Sets of Continuous Piecewise Linear Systems With Two Zones. International Journal of Bifurcation and Chaos . Vol. 8. Núm. 11. 1998. Pag. 2073-2097.
- Emilio Freire Macias, Enrique Ponce Nuñez, Francisco Javier Ros Padilla:
Limit Cycle Bifurcation From Center in Symmetric Piecewise- Linear Systems. International Journal of Bifurcation and Chaos . Vol. 9. Núm. 5. 1999. Pag. 895-907.
- Victoriano Carmona Centeno, Emilio Freire Macias, Enrique Ponce Nuñez, Francisco Torres Peral:
On Simplifying and Classifying Piecewise-Linear Systems. IEEE Transactions on Circuits and Systems Part 1:Fundamental Theory and Applications. Vol. 49. Núm. 5. 2002. Pag. 609-620.
- Victoriano Carmona Centeno, Emilio Freire Macias, Enrique Ponce Nuñez, Francisco Javier Ros Padilla, Francisco Torres Peral:
Limit Cycle Bifurcation in 3d Continuous Piecewise Linear Systems With Two Zones. Application to Chua's Circuit. International Journal of Bifurcation and Chaos . Vol. 15. Núm. 10. 2005. Pag. 3153-3164.
- Emilio Freire Macias, Enrique Ponce Nuñez, Francisco Javier Ros Padilla:
The Focus-Center-Limit Cycle Bifurcation in Symmetric 3d Piecewise Linear Systems. Siam Journal of Applied Mathematics . Vol. 65. Núm. 6. 2005. Pag. 1933-1951.

Varias de las anteriores publicaciones se centran en el análisis de las oscilaciones automantendidas estables en circuitos electrónicos con una característica de saturación que puede modelarse mediante una función lineal a trozos con dos o tres zonas de linealidad. El estudio en estos trabajos proporciona, en primer lugar, condiciones para garantizar la oscilación y, si es posible, expresiones analíticas para la amplitud y el periodo de la oscilación en función de los valores de las componentes del circuito. En este marco debemos centrar el trabajo que pretendemos realizar; esto es, nuestra intención es el análisis de las condiciones para las oscilaciones en el circuito en puente de Wien polarizado en forma asimétrica que se muestra en la Figura 1.

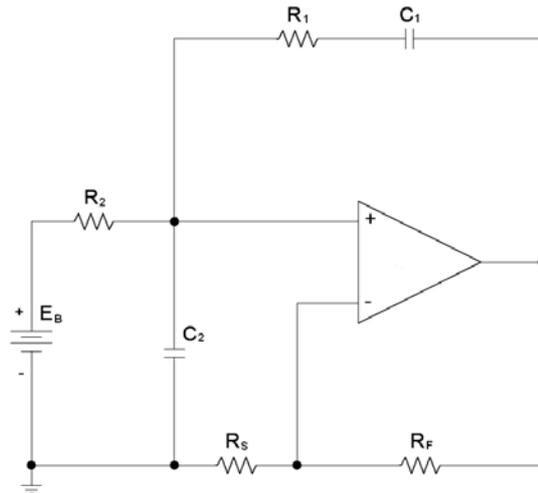


Figura 1. Circuito en Puente deWien Polarizado de forma Asimétrica

Queremos señalar que, salvando las distancias en el tiempo y, naturalmente, en el avance tecnológico, el circuito electrónico mostrado es similar al primer producto comercializado por la empresa HP en el año 1939, el HP200A. También debemos indicar que el circuito consta de dos variables de estado y tres zonas de linealidad, pero nuestro análisis comienza, como es lógico, con el estudio de las oscilaciones que se manifiestan sólo en dos de estas zonas. Estas oscilaciones se denominan bizonales.

De este modo, queremos dar condiciones sobre las componentes del circuito para garantizar las oscilaciones bizonales y observar si es posible el nacimiento de éstas a partir de la conocida bifurcación foco-centro-ciclo límite que con frecuencia suele aparecer en sistemas dinámicos planos.

Seguidamente, buscaremos expresiones para la amplitud y el periodo de la oscilación bizonal e intentaremos ver si la oscilación ocupa, en algún momento, las tres zonas de linealidad o desaparece por algún fenómeno de bifurcación.

También compararemos las expresiones y condiciones encontradas con la experimentación en el laboratorio y la simulación. De este modo, podremos validar la elección del modelo lineal a trozos que estudiamos.

Para llevar al cabo el trabajo es necesario contar con el siguiente soporte informático:

1. Ordenador de sobremesa con las siguientes características.

Procesador: Intel Core 2 Duo E4400

Velocidad del Procesador: 2,0 GHz

Memoria RAM: 2048 MB.

Tipo de memoria RAM: SDRAM DDR2

Disco Duro: 320 GB.

Controladora Disco Duro: SATA 3G a 7.200 rpm

Unidad Óptica: DVD-writer SATA DVD RAM y doble capa.

Tarjeta Gráfica: NVIDIA GeForce 7300 LE TurboCache con tecnología PureVideo.

S.O. Windows XP/Vista.

Monitor 19 pulgadas

Precio: 1000 euros

2. Programa MATLAB para Windows 98/XP/Vista. Licencia académica individual. Precio: 500 euros
3. Scientific WorkPlace 5.5 para Windows. Licencia académica individual. Precio: 530 euros.
4. PSPICE versión estudiantil. Gratuita.