TECANA AMERICAN UNIVERSITY
Accelerated Degree Program
Bachelor of Science in Electronic Engineering

INFORME Nº 1

"INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y MATEMÁTICAS BÁSICAS PARA INGENIERÍA ELECTRÓNICA"

Zarahima Y. Isea González

"Por la presente juro y doy fe que soy el/la único (a) autor (a) del presente informe y que su contenido es fruto de mi trabajo, experiencia e investigación académica".

Caracas, 6 de Mayo de 2.009

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

La electrónica se inicia con los trabajos de varios destacados físicos, tales como Coulomb, Ampere, Gauss, Faraday, Henry y Maxwell. Estos trabajos quedaron recogidos, en 1865, en el marco formal de la teoría del electromagnetismo, formulada por Maxwell, dicha teoría debió esperar hasta 1888 para ser demostrada por Hertz con la generación, en el laboratorio, de ondas electromagnéticas. En 1896, Marconi logro transmitir y detectar estas ondas hertzianas y abrió el camino a posteriores avances tan importantes como la televisión y las telecomunicaciones. El nacimiento de la electrónica como rama de la ciencia, puede situarse en 1895, año en el que Lorentz postulo la existencia de partículas cargadas llamadas electrones, lo cual fue demostrado, experimentalmente, por Thomson dos años más tarde. Braun, en 1897, hizo pública su invención del primer tubo electrónico, rudimentario antecesor de los tubos de rayos catódicos que forman parte de los televisores.

Unas cuantas décadas que han seguido a la introducción del transistor, hacia finales de los años cuarenta, han sido testigo de un cambio asombroso en la industria de la electrónica. La miniaturización que se ha logrado nos deja sorprendidos de sus alcances. Sistemas completos aparecen ahora sobre una oblea de silicio, miles de veces más pequeña que un solo elemento de las redes iniciales. Las ventajas asociadas con los sistemas actuales, comparados con las redes de bulbos de los años anteriores, resultan, en su mayor parte, obvias de inmediato: son más pequeños y ligeros, no tienen requerimientos de calentamiento o disipación de calor, tienen una construcción más robusta, son más eficientes y no requieren un periodo de calentamiento.

La miniaturización desarrollada en los años recientes ha dado por resultado sistemas tan pequeños que ahora el propósito básico del encapsulado sólo es obtener algunos medios para manipular el dispositivo y asegurar que las conexiones permanezcan fijas en forma adecuada en la base del semiconductor. Los límites de la miniaturización dependen de tres factores: la calidad del material semiconductor, la técnica del diseño de redes y los límites de la manufactura y el equipo de procesamiento.

Los ingenieros utilizan el conocimiento de la ciencia y la matemática y la experiencia apropiada para encontrar las mejores soluciones a los problemas concretos, creando los modelos matemáticos apropiados de los problemas que les permiten analizarlos rigurosamente y probar las soluciones potenciales. Si existen múltiples soluciones razonables, los ingenieros evalúan las diferentes opciones de diseño sobre la base de sus cualidades y eligen la solución que mejor se adapta a las necesidades.

Existe evidencia de que una transformación matemática ha sido usada para simplificar la solución de un problema. Por ejemplo, los logaritmos son usados para simplificar problemas de multiplicación y división. Para multiplicar o dividir dos números, los transformamos en sus logaritmos, sumamos o restamos y después realizamos el antilogaritmo para obtener el producto o cociente de los números originales.

El informe se encuentra estructurado en dos capítulos los cuales se dividen de la siguiente manera: Capitulo I: Introducción a la Ingeniería Electrónica, Historia, Campo de aplicación de la electrónica; Capitulo II: Algebra de Boole, Algebra Booleana y circuitos electrónicos, Integrales impropias, Transformada de Fourier, Transformada de Laplace, Aplicaciones, Series de Fourier.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

La ingeniería electrónica es el estudio práctico de la electrónica que incorpora principalmente los conocimientos teóricos/científicos; asimismo los de índole técnico/práctica sobre los semiconductores, además de los dispositivos eléctricos y distintos campos del saber humano como son dibujo y técnicas de planificación entre otros.

Existen aproximaciones esenciales entre la ingeniería electrónica y la ingeniería eléctrica, ya que ambas tienen como base de disertación el fenómeno eléctrico. Es importante destacar que la primera se especializa en circuitos de bajo voltaje entre ellos los semiconductores, los cuales tienen como componente fundamental al transistor o el comportamiento de las cargas en el vacío como en el caso de las viejas válvulas termoiónicas. La segunda se especializa en circuitos eléctricos de alto voltaje como se ve en las líneas de transmisión y en las estaciones eléctricas. Estas dos ingenierías conservan atributos comunes como pueden ser los fundamentos matemáticos y físicos, la teoría de circuitos, el estudio del electromagnetismo y la planificación de proyectos.

La ingeniería electrónica se enfoca en el uso de la energía eléctrica para transmitir, recibir y procesar información, siendo esta la base de la ingeniería de telecomunicación, de la ingeniería informática y la ingeniería de control automático. El punto semejante de las ingenierías eléctrica y electrónica es el área de potencia. La electrónica se usa para convertir la forma de onda de los voltajes que sirven para transmitir la energía eléctrica; la ingeniería eléctrica estudia y diseña sistemas de generación, distribución y conversión de la energía eléctrica, en suficientes proporciones para alimentar y activar equipos, redes de electricidad de edificios y ciudades entre otros.

En relación a la Ingeniería electrónica, electromecánica y la informática estas utilizan una gran variedad de dispositivos, desde las válvulas termoiónicas hasta los semiconductores. El diseño y la construcción de circuitos electrónicos para resolver problemas prácticos forman parte de los campos en el diseño de software para su control. El estudio de nuevos dispositivos semiconductores y su tecnología se suele considerar una rama de la Física y química relativamente.

Historia

Los científicos a finales del siglo XIX y principios del XX, desarrollaron experimentos en relación a los fenómenos eléctricos y electromagnéticos los cuales fueron asentando las bases para lo que en poco tiempo seria una nueva especialidad, primero de la física, y seguidamente de la ingeniería.

Se plantea que la electrónica comenzó con el diodo de vacío inventado por John Ambrose Fleming en 1904. El funcionamiento de este dispositivo está basado en el efecto Edison. Edison fue el primero que observó en 1883 la emisión termoiónica, al colocar una lámina dentro de una bombilla para evitar el ennegrecimiento que producía en la ampolla de vidrio el filamento de carbón. Cuando se polarizaba positivamente la lámina metálica respecto al filamento, se producía una pequeña corriente entre el filamento y la lámina. Este hecho se producía porque los electrones de los átomos del filamento, al recibir una gran cantidad de energía en forma de calor, escapaban de la atracción del núcleo (emisión termoiónica) y, atravesando el espacio vacío dentro de la bombilla, eran atraídos por la polaridad positiva de la lámina.

Lee De Forest inventó el triodo en 1906. Este dispositivo es fundamentalmente como el diodo de vacío, pero se le añadió una rejilla de control situada entre el cátodo y la placa, con el objeto de modificar la nube electrónica del cátodo, variando así la corriente de placa. Convirtiéndose en el avance primordial para la elaboración de los primeros amplificadores de sonido, receptores de radio, televisores, etc.

Las válvulas de vacío en el transcurso del tiempo se fueron perfeccionando y mejorando, apareciendo otros tipos, como los tetrodos (válvulas de cuatro electrodos), los pentodos (cinco electrodos), otras válvulas para aplicaciones de alta potencia, etc. Entre las correcciones de las válvulas se encontraba su miniaturización.

En el año 1948 aparece definitivamente el transistor, creado por Bardeen y Brattain, de la Bell Telephone, cuando se permitió aún una mayor miniaturización de aparatos tales como las radios. El transistor de unión surge en 1949. Este dispositivo es el utilizado actualmente para la mayoría de las aplicaciones de la electrónica. Sus ventajas respecto a las válvulas son entre otras: menor tamaño y fragilidad, mayor rendimiento energético, menores tensiones de alimentación, etc. El transistor no funciona en vacío como las válvulas, sino en un estado sólido semiconductor (silicio), razón por la que no necesita centenares de voltios de tensión para funcionar.

Sin embargo a pesar de la expansión de los semiconductores, todavía se continúa utilizando las válvulas en pequeños círculos audiófilos, debido a que constituyen uno de sus mitos más extendidos.

El transistor posee tres terminales (el emisor, la base y el colector) y se asemeja a un triodo: la base sería la rejilla de control, el emisor el cátodo, y el colector la placa. Polarizando adecuadamente estos tres terminales se consigue controlar una gran corriente de colector a partir de una pequeña corriente de base.

El primer circuito integrado se desarrolló en 1958, el cual colocaba seis transistores en un único chip. En 1959 la IBM presentó el primer ordenador (el 7090) de estado sólido, es decir, con transistores. Actualmente, los componentes con semiconductor como el transistor, han sustituido casi por completo a los tubos de vacío. Estos últimos únicamente se emplean en algunas aplicaciones particulares, en las que hacen parte microondas, o con tensiones de funcionamiento muy altas.

Kilby, de la Texas Instrument, y de Noyce y Moore, de la Fairchild Semiconductor Company, a finales de los años cincuenta introducen en la electrónica el circuito integrado. La idea fue incluir un circuito completo en una sola pastilla de semiconductor: el Chip, y hacer de las conexiones entre los dispositivos parte integrante de su proceso de producción, reduciendo así las dimensiones, peso y el costo con relación al número de elementos activos. El desarrollo de la microelectrónica, como se denomina la electrónica de los circuitos integrados es impresionante. A partir de su comercialización (1961), el número máximo de componentes integrados en un chip se duplicó cada año desde los 100 iniciales. En la segunda mitad de los años setenta, al introducirse la integración a gran escala (VLSI) y superar los 10.000 componentes, en la actualidad, es normal encontrar varios millones de componentes integrados en un chip muy pequeño, por ejemplo en los microprocesadores de los ordenadores personales.

Con respecto a lo antes planteado, los campos de desarrollo de la electrónica son tan vastos que se ha dividido en varias disciplinas especializadas. La mayor división es la que distingue la electrónica analógica de la electrónica digital.

En este sentido la electrónica es una de las ramas de la ingeniería con mayor proyección en el futuro, junto con la informática.

Campo de aplicación de la electrónica

Las áreas específicas donde el Ingeniero Electrónico desarrolla sus habilidades se mencionan a continuación:

- **Computadores** o **electrónica digital**: La automatización creciente de sistemas y procesos que conlleva necesariamente a la utilización eficiente de los computadores digitales. El ingeniero se desempeña en las áreas: redes de computadores, sistemas operativos y diseño de sistemas basado en microcomputadores o microprocesadores, incluyendo diseñar programas y sistemas basados en componentes electrónicos. Ejerciendo sus funciones en empresas relacionadas con estos tópicos o en aquellas que suministran equipos y desarrollan proyectos computacionales así como en las empresas e instituciones de servicios.

- **Control de Procesos Industriales:** La actividad del ingeniero especialista en control se centra en la planificación, diseño, supervisión y explotación de sistemas de control automático en líneas de montaje y procesos de sistemas industriales. Entre las empresas que requieren los servicios de estos profesionales se pueden mencionar las mineras, las de pulpa y papel, las pesqueras, las textiles, las de manufacturas, entre otras. El control automático moderno emplea en forma intensiva y creciente computadores en variados esquemas. Además, la disciplina incluye sistemas de índoles no convencionales tales como robótica, sistemas expertos, sistemas neuronales, sistemas difusos, sistemas artificiales evolutivos y otros tipos de control avanzado.
- **Electrónica Industrial:** El uso eficaz de la energía requiere de la planificación, diseño y administración de los sistemas de instrumentación, automatización y control de la energía eléctrica en una gran variedad de procesos entre los cuales resaltan los que se localizan en empresas papeleras, pesqueras, minería, industrias manufactureras y empresas de servicios.
- **Telecomunicaciones:** El procesamiento y transmisión masiva de la información necesita planificación, diseño y administración de los sistemas de radiodifusión, televisión, telefonía, redes de computadores, redes de fibra óptica, las redes satelitales y en forma cada vez más significativa los sistemas de comunicación inalámbricos, como la telefonía celular y personal.

- **Ingeniería de componentes:** La mayoría de los procesos de producción de las empresas de electricidad y electrónica están relacionados con el diseño de circuitos. Este proceso es de gran importancia para el conocimiento especializado de los componentes, lo que ha dado origen a una especialidad dentro de la ingeniería electrónica denominada ingeniería de componentes. En esta especialidad el ingeniero deberá encargarse de una serie de funciones en las que cabe destacar las siguientes:
    - *Asesorar a los diseñadores:* Para ello deberá tener conocimientos profundos sobre componentes tanto a nivel teórico como práctico. Asimismo deberá estar constantemente al día para conocer las novedades del mercado así como sus tendencias.
    - *Redactar normas:* Relacionadas con el manejo de los componentes desde que entran en la empresa hasta que pasan a la cadena de montaje.
    - *Elaborar* una lista de componentes preferidos.
    - *Seleccionar componentes*: Deberá elegirlo de entre la lista de preferidos y si no está, realizar un estudio de posibles candidatos. Con ello se persigue mejorar los diseños.
    - *Relacionarse con los proveedores*: Para resolver problemas técnicos o de cualquier otro tipo.

    En esta ingeniería de componentes se tiene en cuenta los materiales empleados así como los procesos de fabricación, por lo que el ingeniero deberá tener conocimientos al respecto.

Equipos de medición: Los equipos de medición de electrónica se utilizan para crear estímulos y medir el comportamiento de los Dispositivos Bajo Prueba (DUT por sus siglas en inglés). A continuación se mencionan una lista de los más equipos de medición más importantes:

- *Galvanómetro:* mide el cambio de una determinada magnitud, como la intensidad de corriente o tensión (o voltaje). Se utiliza en la construcción de Amperímetros y Voltímetros analógicos.
- *Amperímetro y pinza amperimétrica*: miden la intensidad de corriente eléctrica.
- *Óhmetro o puente de Wheatstone*: miden la resistencia eléctrica. Cuando la resistencia eléctrica es muy alta (sobre los 1 M-ohm) se utiliza un Meggómetro o Medidor de aislamiento.
- *Voltímetro*: mide la tensión.
- *Multímetro o polímetro:* mide las tres magnitudes citadas arriba, además de continuidad eléctrica y el valor B de los Transistores (tanto PNP como NPN).
- *Vatímetro:* mide la potencia eléctrica. Está compuesto de un amperímetro y un voltímetro, y, a depender de la configuración de conexión, puede entregar distintas mediciones de potencia eléctrica.
- *Osciloscopio:* miden el cambio de la corriente y el voltaje respecto al tiempo.
- *Analizador lógico*: prueba circuitos digitales.

- *Analizador de espectro:* mide la energía espectral de las señales.
- *Analizador vectorial de señales*: como el analizador espectral pero con más funciones de demodulación digital.
- *Electrómetro:* mide la carga eléctrica.
- *Frecuencímetro o contador de frecuencia*: mide la frecuencia.
- *Reflectómetro de dominio de tiempo (TDR):* prueba la integridad de cables largos.
- *Capacímetro:* Mide la capacidad eléctrica o capacitancia.
- *Vatihorímetro o contador eléctrico*: Mide el consumo eléctrico.

CAPITULO II

MATEMÁTICAS BÁSICAS PARA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Algebra de Boole

Todas las variables y constantes del Álgebra booleana, admiten sólo uno de dos valores en sus entradas y salidas: Sí/No, 0/1 o Verdadero/Falso. Estos valores bivalentes y opuestos pueden ser representados por números binarios de un dígito (bits), por lo cual el Álgebra booleana se puede entender cómo el Álgebra del Sistema Binario. Al igual que en álgebra tradicional, también se trabaja con letras del alfabeto para denominar variables y formar ecuaciones para obtener el resultado de ciertas operaciones mediante una ecuación o expresión booleana. Evidentemente los resultados de las correspondientes operaciones también serán binarios.

Todas las operaciones (representadas por símbolos determinados) pueden ser materializadas mediante elementos físicos de diferentes tipos (mecánicos, eléctricos, neumáticos o electrónicos) que admiten entradas binarias o lógicas y que devuelven una respuesta (salida) también binaria o lógica. Ejemplos de dichos estados son: Abierto/Cerrado (interruptor), Encendida/Apagada (bombilla), Cargado/Descargado (condensador), Nivel Lógico 0/Nivel lógico 1 (salida lógica de un circuito semiconductor), etcétera.

Los dispositivos con los cuales se implementan las funciones lógicas son llamados puertas (o compuertas) y, habitualmente, son dispositivos electrónicos basados en transistores. Estos dispositivos son los que permiten el diseño, y la ulterior implementación, de los circuitos de cualquier ordenador moderno, así como de muchos de los elementos físicos que permiten la existencia de las telecomunicaciones modernas, el control de máquinas, etcétera.

El álgebra booleana es un sistema matemático deductivo centrado en los valores cero y uno (falso y verdadero). Un operador binario " º " definido en éste juego de valores acepta un par de entradas y produce un solo valor booleano, por ejemplo, el operador booleano AND acepta dos entradas booleanas y produce una sola salida booleana.

Para cualquier sistema algebraico existen una serie de postulados iníciales, de aquí se pueden deducir reglas adicionales, teoremas y otras propiedades del sistema, el álgebra booleana a menudo emplea los siguientes postulados:

- Cerrado. El sistema booleano se considera cerrado con respecto a un operador binario si para cada par de valores booleanos se produce un solo resultado booleano.
- Conmutativo. Se dice que un operador binario " º " es conmutativo si A º B = B º A para todos los posibles valores de A y B.
- Asociativo. Se dice que un operador binario " º " es asociativo si (A º B) º C = A º (B º C) para todos los valores booleanos A, B, y C.
- Distributivo. Dos operadores binarios " º " y " % " son distributivos si A º (B % C) = (A º B) % (A º C) para todos los valores booleanos A, B, y C.
- Identidad. Un valor booleano I se dice que es un elemento de identidad con respecto a un operador binario " º " si A º I = A.

- Inverso. Un valor booleano I es un elemento inverso con respecto a un operador booleano " º " si A º I = B, y B es diferente de A, es decir, B es el valor opuesto de A.

El álgebra booleana se puede basar en el siguiente juego de operadores y valores:

- Los dos posibles valores en el sistema booleano son cero y uno, a menudo llamaremos a éstos valores respectivamente como falso y verdadero.

- El símbolo · representa la operación lógica AND. Cuando se utilicen nombres de variables de una sola letra se eliminará el símbolo ·, por lo tanto AB representa la operación lógica AND entre las variables A y B, a esto también se conoce como el producto entre A y B.

- El símbolo "+" representa la operación lógica OR, decimos que A+B es la operación lógica OR entre A y B, también llamada la suma de A y B.

- El complemento lógico, negación ó NOT es un operador unitario, en éste texto utilizaremos el símbolo " ' " para denotar la negación lógica, por ejemplo, A' denota la operación lógica NOT de A.

- Si varios operadores diferentes aparecen en una sola expresión booleana, el resultado de la expresión depende de la procedencia de los operadores, la cual es de mayor a menor, paréntesis, operador lógico NOT, operador lógico AND y operador lógico OR. Tanto el operador lógico AND como el OR son asociativos por la izquierda. Si dos operadores con la misma procedencia están adyacentes, entonces se evalúan de izquierda a derecha. El operador lógico NOT es asociativo por la derecha.

Álgebra Booleana y circuitos electrónicos

La relación que existe entre la lógica booleana y los sistemas de cómputo es fuerte, de hecho se da una relación uno a uno entre las funciones booleanas y los circuitos electrónicos de compuertas digitales. Para cada función booleana es posible diseñar un circuito electrónico y viceversa, como las funciones booleanas solo requieren de los operadores AND, OR y NOT se pueden podemos construir nuestros circuitos utilizando exclusivamente éstos operadores utilizando las compuertas lógicas homónimas.

Un hecho interesante es que es posible implementar cualquier circuito electrónico utilizando una sola compuerta, ésta es la compuerta NAND. Para probar que podemos construir cualquier función booleana utilizando sólo compuertas NAND, necesitamos demostrar cómo construir un inversor (NOT), una compuerta AND y una compuerta OR a partir de una compuerta NAND, ya que como se dijo, es posible implementar cualquier función booleana utilizando sólo los operadores booleanos AND, OR y NOT. Para construir un inversor simplemente conectamos juntas las dos entradas de una compuerta NAND. Una vez que tenemos un inversor, construir una compuerta AND es fácil, sólo invertimos la salida de una compuerta NAND, después de todo, NOT (NOT (A AND B)) es equivalente a A AND B. Por supuesto, se requieren dos compuertas NAND para construir una sola compuerta AND, nadie ha dicho que los circuitos implementados sólo utilizando compuertas NAND sean lo óptimo, solo se ha dicho que es posible hacerlo. La otra compuerta que necesitamos sintetizar es la compuerta lógica OR, esto es sencillo si utilizamos los teoremas de DeMorgan, que en síntesis se logra en tres pasos, primero se reemplazan todos los "·" por "+" después se invierte cada literal y por último se niega la totalidad de la expresión:

A OR B

A AND B.......................Primer paso para aplicar el teorema de DeMorgan

A' AND B'.....................Segundo paso para aplicar el teorema de DeMorgan

(A' AND B')'..................Tercer paso para aplicar el teorema de DeMorgan

(A' AND B')' = A' NAND B'.....Definición de OR utilizando NAND

Si se tiene la necesidad de construir diferentes compuertas de la manera descrita, bien hay dos buenas razones, la primera es que las compuertas NAND son las más económicas y en segundo lugar es preferible construir circuitos complejos utilizando los mismos bloques básicos. Es posible construir cualquier circuito lógico utilizando sólo compuertas de tipo NOR (NOR = NOT(A OR B)). La correspondencia entre la lógica NAND y la NOR es ortogonal entre la correspondencia de sus formas canónicas. Mientras que la lógica NOR es útil en muchos circuitos, la mayoría de los diseñadores utilizan lógica NAND.

Integrales Impropias

En cálculo, una integral impropia es el límite de una integral definida cuando uno o ambos extremos del intervalo de integración se acercan a un número real específico, a ∞, o a −∞.

Si la función f al ser integrada de a a c tiene una discontinuidad en c, especialmente en la forma de una asíntota vertical, o si c = ∞, entonces la integral

$$\int_a^c f(x)\,dx$$

Puede ser más conveniente redefinirla de la siguiente forma:

$$\lim_{b\to c^-} \int_a^b f(x)\,dx.$$

En algunos casos, la integral de a a c ni siquiera está definida, puesto que las integrales de la parte positiva y negativa de f(x) dx entre a y c son ambas infinitas, sin embargo el límite puede existir. Estos casos corresponden a las llamadas "integrales impropias", es decir, aquellas cuyos valores no pueden definirse excepto como límites.

La integral

$$\int_0^\infty \frac{dx}{1+x^2}$$

puede interpretarse como

$$\lim_{b\to\infty} \int_0^b \frac{dx}{1+x^2},$$

pero desde el punto de vista del análisis matemático no es obligatorio interpretarla de tal manera, ya que puede interpretarse como una integral de Lebesgue sobre el intervalo (0, ∞). Por otro lado, el uso del límite de integrales definidas en intervalos finitos es útil, aunque no sea como forma de calcular su valor.

En contraste al caso anterior,

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin(x)}{x}\,dx$$

no puede ser interpretada como una integral de Lebesgue, ya que

$$\int_0^{\infty} \left|\frac{\sin(x)}{x}\right|\,dx = \infty.$$

Ésta es una "verdadera" integral impropia, cuyo valor está dado por

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin(x)}{x}\,dx = \lim_{b\to\infty} \int_0^{b} \frac{\sin(x)}{x}\,dx = \frac{\pi}{2}.$$

Llamamos singularidades de una integral impropia a los puntos de la recta extendida de números reales en los cuales debemos utilizar límites.

Tales integrales son frecuentemente escritas en forma simbólica de igual forma que una integral definida, utilizando un infinito como límite de integración. Esto no hace más que "ocultar" el debido proceso de calcular los límites de la integral. Utilizando la más avanzada integral de Lebesgue en lugar de una integral de Riemann, uno puede a veces evitar tal operación. Pero si sólo se desea evaluar el límite para obtener un valor definido, tal mecanismo pudiera no resultar de ayuda. El concepto de integral de Lebesgue es más o menos esencial en el tratamiento teórico de la transformada de Fourier que hace uso extensivo de integrales sobre el total de la recta real.

Límites infinitos de integración

Las integrales impropias más básicas son integrales como:

$$\int_0^\infty \frac{dx}{x^2+1}.$$

Como se planteo anteriormente éstas no necesitan ser definidas como una integral impropia, ya que pueden ser construidas como una integral de Lebesgue. Sin embargo, para propósitos de computar esta integral, es más conveniente tratarla como un integral impropia, i.e., evaluarla cuando el límite superior de integración es finito y entonces coger el límite ya que este límite se acerca a ∞. La primitiva de la función que está siendo integrada es arctan x. La integral es

$$\lim_{b\to\infty}\int_0^b \frac{dx}{1+x^2} = \lim_{b\to\infty} \arctan b - \arctan 0 = \pi/2 - 0 = \pi/2.$$

Asíntotas verticales en los límites de integración

Considera

$$\int_0^1 \frac{dx}{x^{2/3}}.$$

Esta integral involucra una función con una asíntota vertical en x = 0.

Uno puede obtener el de valor esta integral evaluándola desde b a 1, y entonces tomando el límite como b tendiendo a 0. Nótese que la antiderivada de la anterior función es

3x1 / 3,

la cual puede ser evaluada por sustitución directa para dar el valor

$$3 \cdot (1 - b^{1/3}).$$

El límite cuando b → 0 es 3 − 0 = 3.

Valores principales de Cauchy

Considera la diferencia en los valores de dos límites:

$$\lim_{a \to 0+} \left(\int_{-1}^{-a} \frac{dx}{x} + \int_{a}^{1} \frac{dx}{x} \right) = 0,$$

$$\lim_{a \to 0+} \left(\int_{-1}^{-a} \frac{dx}{x} + \int_{2a}^{1} \frac{dx}{x} \right) = -\ln 2.$$

La primera es el valor principal de Cauchy

$$\int_{-1}^{1} \frac{dx}{x} \ \ (\text{que da } -\infty + \infty).$$

Similarmente, tenemos

$$\lim_{a \to \infty} \int_{-a}^{a} \frac{2x\,dx}{x^2+1} = 0,$$

pero

$$\lim_{a\to\infty}\int_{-2a}^{a}\frac{2x\,dx}{x^2+1} = -\ln 4.$$

La primera es el valor principal

$$\int_{-\infty}^{\infty}\frac{2x\,dx}{x^2+1} \ \text{(que da } -\infty+\infty).$$

Todos los límites anteriores son casos de la forma de indeterminación ∞ – ∞.

Carácter y valor de las Integrales Impropias

Si la integral que nos ocupa es de fácil resolución podemos determinar su carácter mediante el cálculo de la integral impropia. Según el resultado que obtengamos sabremos si es convergente o divergente. Primero clasifiquemos las integrales en 3 tipos:

1-Primera especie

Son del tipo: $\int_{a}^{\infty} f(x)\,dx$ ó $\int_{-\infty}^{b} f(x)\,dx$

Para poder determinar su carácter realizamos la siguiente operación (suponemos el primer caso de primera especie, con el segundo es equivalente):

Si existe el $\lim_{b\to\infty}\int_a^b f(x)\,dx$ y es finito y en ese caso $\int_a^\infty f(x)\,dx = \lim_{b\to\infty}\int_a^b f(x)\,dx$, entonces se dice que la integral es convergente o que la integral converge. Se dice que es divergente si $\lim_{b\to\infty}\int_a^b f(x)\,dx$ es + ó - infinito, y se dice que es una integral oscilante si el limite no existe.

2-Segunda Especie

Son del tipo: $\int_a^b f(x)\,dx$ y que f(x) no está definida en el intervalo de integración o en los extremos de integración.

Para poder determinar su carácter realizamos la siguiente operación (suponemos que el punto conflictivo se encuentra en x = a):

Si el $\lim_{c\to a}\int_c^b f(x)\,dx$ existe y es finito y en este caso $\int_a^b f(x)\,dx = \lim_{c\to a}\int_c^b f(x)\,dx$, entonces se dice que la integral es convergente o que la integral converge. Se dice que es divergente en cualquier otro caso.

3-Tercera Especie

Son mezclas de los dos tipos anteriores, es decir, que presentan un infinito en los extremos de integración y la función se hace infinito en uno o más puntos del intervalo de integración.

Este tipo de integrales impropias se pueden dividir en suma de dos integrales: una de primera especie y otra de segunda especie. Por lo tanto deberemos seguir los pasos anteriores para determinar su carácter, y tener en cuenta que para que sea convergente tanto la integral de primera especie como la de segunda especie tienen que ser convergentes, si no, en cualquier otro caso, diverge.

Series de Fourier

Una serie de Fourier es una serie infinita que converge puntualmente a una función continua y periódica. Las series de Fourier constituyen la herramienta matemática básica del análisis de Fourier empleado para analizar funciones periódicas a través de la descomposición de dicha función en una suma infinitesimal de funciones senoidales mucho más simples (como combinación de senos y cosenos con frecuencias enteras). El nombre se debe al matemático francés Jean-Baptiste Joseph Fourier que desarrolló la teoría cuando estudiaba la ecuación del calor. Fue el primero que estudió tales series sistemáticamente, y publicando sus resultados iniciales en 1807 y 1811.
Es una aplicación usada en muchas ramas de la ingeniería, además de ser una herramienta sumamente útil en la teoría matemática abstracta. Áreas de aplicación incluyen análisis vibratorio, acústica, óptica, procesamiento

de imágenes y señales, y compresión de datos. En ingeniería, para el caso de los sistemas de telecomunicaciones, y través del uso de los componentes espectrales de frecuencia de una señal dada, se puede optimizar el diseño de un sistema para la señal portadora del mismo.

Las series de Fourier tienen la forma:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)]$$

El análisis de señales en el dominio del tiempo se realiza a través de las series de Fourier, por cuanto es muy común, reemplazar la variable x por ωt, resultando las componentes:

$$C_k = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} f(t) e^{-j\omega kt}\, dt$$

Donde a_n y b_n se denominan coeficientes de Fourier de la serie de Fourier de la función $f(x)$

Por lo tanto:

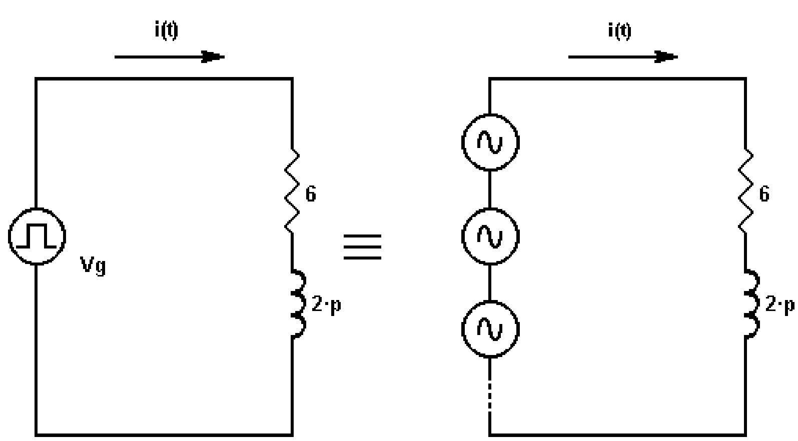
$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} C_k e^{j\omega kt}$$

Aplicaciones

- Generación de formas de onda de corriente o tensión eléctrica por medio de la superposición de senoides generados por osciladores electrónicos de amplitud variable cuyas frecuencias ya están determinadas.
- Análisis en el comportamiento armónico de una señal
- Reforzamiento de señales.
- Estudio de la respuesta en el tiempo de una variable circuital eléctrica donde la señal de entrada no es senoidal o cosenoidal, mediante el uso de transformadas de Laplace y/o senoidal en el dominio de la frecuencia.

Ejemplo 1:

Aplicaciones en circuitos, de forma senoidal



la serie de fourier tiene el siguiente aspecto

$$f(t)=\frac{a_0}{2}+a_1\cdot\cos(\omega_0)+a_2\cdot\cos(2\cdot\omega_0)+a_3\cdot\cos(2\cdot\omega_0)+\ldots+b_1\cdot\operatorname{sen}(\omega_0)+b_2\cdot\operatorname{sen}(2\cdot\omega_0)+$$
$$+b_3\cdot\operatorname{sen}(3\cdot\omega_0)+\ldots+b_n\cdot\operatorname{sen}(n\cdot\omega_0)$$

$a_0 / 2$ □ <u>valor</u> medio

$a_{1,}$ $a_{2,}$ $b_{1,}$ b_2, ... □ coeficientes de Fourier

□ $_0$ ... □ frecuencia (2·□ /T)

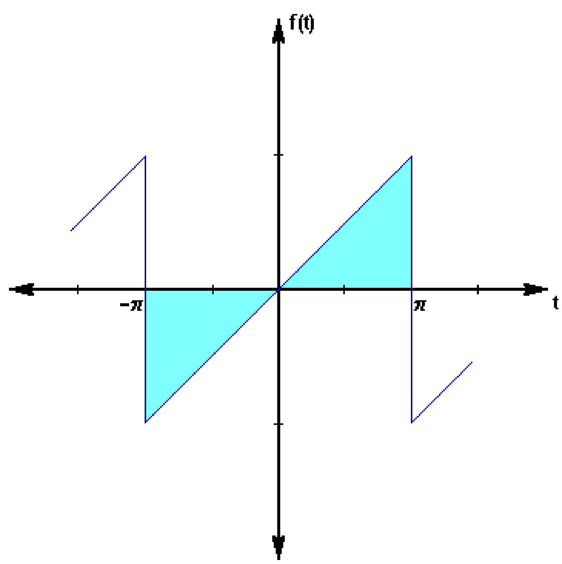
n · □ $_0$ ... □ harmónicos

$$\frac{a_0}{2}=\frac{1}{T}\cdot\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\cdot dt$$

$$coef.\cos\Rightarrow a_n=\frac{2}{T}\cdot\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\cdot\cos(n\cdot\omega_0\cdot t)\cdot dt$$

$$coef.sin\Rightarrow b_n=\frac{2}{T}\cdot\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\cdot sin(n\cdot\omega_0\cdot t)\cdot dt$$

Ejemplo 2:



$$\frac{a_0}{2}=\frac{1}{T}\cdot\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\cdot dt=\frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\int_{-\pi}^{\pi} t\cdot dt=\frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\left[\frac{t^2}{2}\right]_{-\pi}^{\pi}=0$$

$$coef.\cos\Rightarrow a_n=\frac{2}{T}\cdot\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\cdot\cos(n\cdot\omega_0\cdot t)\cdot dt=\frac{2}{2\cdot\pi}\cdot\int_{-\pi}^{\pi} t\cdot\cos(n\cdot t)\cdot dt=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\int_{-\pi}^{\pi} n\cdot t\cdot\cos(n\cdot t)\cdot n\cdot dt$$

$$=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[\cos(n\cdot t)\right]_{-\pi}^{\pi}=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[\cos(n\cdot t)\right]_{-\pi}^{\pi}=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[\cos(n\cdot\pi)-\cos(n\cdot(-\pi))\right]_{-\pi}^{\pi}=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[0\right]_{-\pi}^{\pi}=0$$

$$\int u\cdot\cos u\cdot du=\cos u+u\cdot\operatorname{sen}u$$

$$\omega_0=2\cdot\pi\cdot f=2\cdot\pi\cdot\frac{1}{2\cdot\pi}=1$$

$$coef.sin\Rightarrow b_n=\frac{2}{2\cdot\pi}\cdot\int_{-\pi}^{\pi} t\cdot\operatorname{sen}(n\cdot t)\cdot dt=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\int_{-\pi}^{\pi} n\cdot t\cdot\operatorname{sen}(n\cdot t)\cdot n\cdot dt=$$

$$=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[\operatorname{sen}(n\cdot t)-(n\cdot t)\cdot\cos(n\cdot t)\right]_{-\pi}^{\pi}=$$

$$=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[\operatorname{sen}(n\cdot\pi)-(n\cdot\pi)\cdot\cos(n\cdot\pi)-\operatorname{sen}(n\cdot(-\pi))+(n\cdot(-\pi))\cdot\cos(n\cdot(-\pi))\right]=$$

$$=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[-(n\cdot\pi)\cdot\cos(n\cdot\pi)+(n\cdot(-\pi))\cdot\cos(n\cdot(-\pi))\right]=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[-(n\cdot\pi)\cdot\left[\cos(n\cdot\pi)+\cos(n\cdot(-\pi))\right]\right]=$$

$$=\frac{1}{\pi\cdot n^2}\cdot\left[-(n\cdot\pi)\cdot\left[\cos(n\cdot\pi)+\cos(n\cdot(-\pi))\right]\right]==-\frac{1}{n}\cdot\left[2\cdot\cos(n\cdot\pi)\right]=-\frac{2}{n}\cdot(-1)^n$$

$$\int u\cdot\operatorname{sen}u\cdot du=\operatorname{sen}u-u\cdot\cos u$$

f(t)=2·sen t – sen(2·t) + (2/3)·sen (3·t) - 1/2·sen (4·t) +2/5 sen (5·t)+....

Transformada de Laplace

Los métodos de la transformada de Laplace tienen un papel clave en el enfoque moderno al análisis y diseño en los sistemas de ingeniería. El incentivo para desarrollar estos métodos fue el trabajo pionero del ingeniero electricista inglés Oliver Heaviside (1850 – 1925) que desarrollo un método para la solución sistemática de ecuaciones diferenciales ordinarias con coeficientes constantes. Heaviside estuvo interesado en la resolución de problemas prácticos y su método fue basado principalmente en la intuición, faltándole rigor matemático; por consiguiente fue criticado por los teóricos de su tiempo. No obstante, Heavisade no estaba interesado en las demostraciones rigurosas y estuvo satisfecho con que sus métodos dieran los resultados correctos. Esto condujo a muchos resultados nuevos en campos tales como la propagación de corrientes y voltajes a lo largo de líneas de transmisión.

Debido a que trabajo en la práctica, el método de Heaviside fue ampliamente aceptado por los ingenieros. Como su poder la resolución de problemas se volvió más y más evidente, el método atrajo la atención de los matemáticos, quienes se encargaron de justificarlo. Esto proporciono el estimulo para rápidos desarrollos en muchas ramas de las matemáticas, incluyendo las integrales impropias, las series asintóticas y la teoría de las transformaciones. La investigación sobre el problema continúo por muchos años antes de que finalmente fuera reconocido que la transformación integral desarrollada por el matemático francés Pierre Simón de Laplace (1749 – 1827) casi un siglo antes proporcionaba los fundamentos teóricos del trabajo de Heaviside. También fue reconocido que el uso de esta transformación integral proporcionaba una alternativa más sistemática para la investigación de ecuaciones diferenciales que el método propuesto por Heaviside.

La transformada de Laplace es un ejemplo de una clase llamada transformación integral y toma una función f(t) de una variable t (la cual se refiere al tiempo) en una función F(s) de otra variable s (la frecuencia compleja). Otra transformación integral usada ampliamente por los ingenieros es la transformada de Fourier. La transformada de Laplace para resolver acciones diferenciales es que las condiciones iniciales juegan un papel esencial en el proceso de la transformación, así están automáticamente incorporadas en la solución. Por tanto, la transformada de Laplace es una herramienta ideal para resolver problemas con valor inicial tales como los que aparecen en la investigación de circuitos eléctricos y vibraciones mecánicas.

La transformada de Laplace encuentra una aplicación particular en el campo de las señales y el análisis de sistemas lineales. Una característica sobresaliente en un sistema es que cuando esta sujeto a una excitación (entrada), produce una respuesta (salida). Cuando la entrada *u*(t) y la salida *x*(t) son funciones de una sola variable t, que representa al tiempo, es normal referirse a ellas como señales.

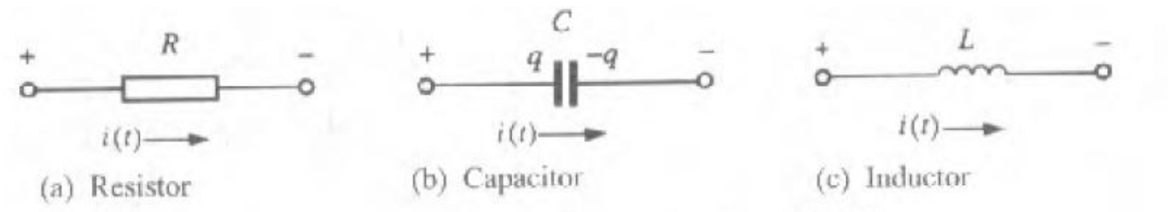
Aplicaciones de la Transformada de Laplace

- ***Circuitos Eléctricos***

Los Circuitos Eléctricos pasivos son construidos con tres elementos básicos: Resistores (que tiene resistencia *R*, medida en ohms Ω) capacitares (que tienen capacitancia *C*, medida en faradios F) e inductores (que tiene inductancia *L*, medida en henrys H), con las variables asociadas corriente i(t) medida en amperes A) y voltaje v(t) (medido en volts V). El flujo de corriente en el circuito está relacionado con la carga q(t) (medida en coulombs C) mediante la relación:

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$$

Convencionalmente, los elementos básicos se representan simbólicamente como en la figura siguiente:



Elementos de un circuito eléctrico

Las relaciones entre el flujo de corriente i(t) y la caída de voltaje v(t) a través de estos elementos en el tiempo son:

Caída de voltaje a través de la resistencia= Ri (Ley de Ohm)

Caída de voltaje a través del capacitor = $\frac{1}{C}\int i\,\mathrm{d}t = \frac{q}{C}$

La interacción entre los elementos individuales que forman un circuito eléctrico está determinado por las Leyes de Kirchhoff:

Ley 1

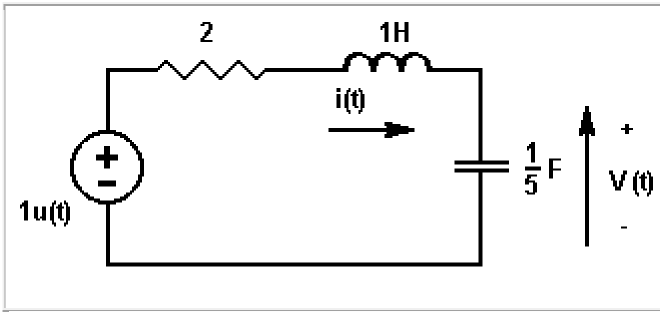
La suma algebraica de todas las corrientes que entran a cualquier unión (o nodo) de un circuito es cero.

Ley 2

La suma algebraica de la caída de voltaje alrededor de cualquier curva cerrada (o trayectoria) en un circuito es cero.

El uso de estas leyes nos lleva a las ecuaciones de circuito, las cuales pueden ser analizadas usando las técnicas de la Transformada de Laplace.

Aplicación de la transformada en Circuitos eléctricos

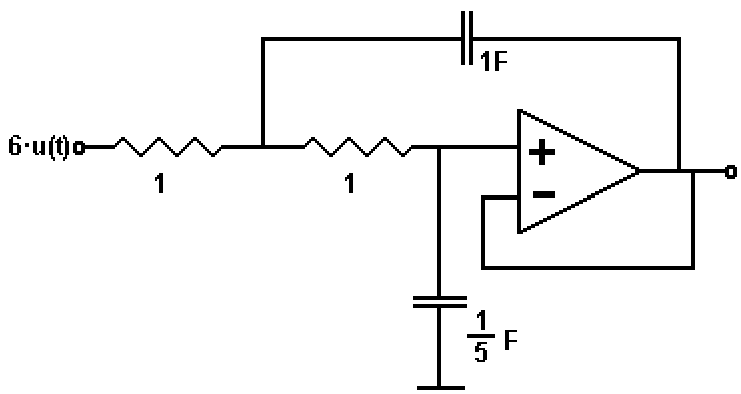


$$u(t) = 2\cdot i(t) + \frac{di}{dt} + 5\cdot\int_0^t i(t)\cdot dt$$

$$\frac{1}{s} = 2\cdot I(s) + s\cdot I(s) + 5\cdot\frac{I(s)}{s}$$

$$I(s) = \frac{1}{s^2+2\cdot s+5} = \frac{1}{(s+1)^2+4} \Rightarrow i(t) = \frac{1}{2}\cdot e^{-t}\cdot \text{sen}\,2\cdot t\cdot u(t)$$

$$\left(L\{e^{-at}\cdot \text{sen}\,b\cdot u(t)\} = \frac{b}{(s+a)^2+b^2}\right)$$



$$\left.\begin{aligned} &\frac{v_1-6\cdot u(t)}{1}+\frac{v_1-v}{1}+\frac{d}{dt}(v_1-v)=0\\ &\frac{v_1-v}{1}=\frac{1}{5}\cdot\frac{dv}{dt}\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} &v_1-6\cdot u(t)+v_1-v+\frac{d}{dt}(v_1-v)=0\\ &v_1-v=\frac{1}{5}\cdot\frac{dv}{dt}\end{aligned}\right\}$$

$$2\cdot v_1(s)-\frac{6}{s}-V(s)+L\left[\frac{d}{dt}v_1+\frac{dv}{dt}\right]$$

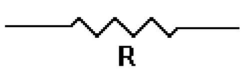
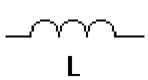
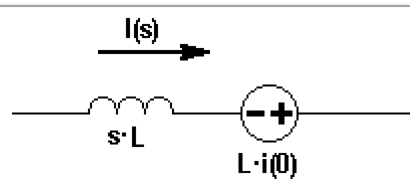
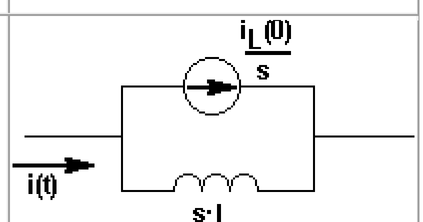
$$\left.\begin{array}{l} 2\cdot v_1(s)-\dfrac{6}{s}-V(s)+5\cdot v_1(s)-v_1(0)-s\cdot V(s)+v(0)=0 \\ v_1(s)-V(s)=\dfrac{1}{5}\cdot s\cdot V(s)-\dfrac{1}{5}\cdot v(0) \end{array}\right\}$$

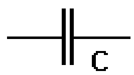
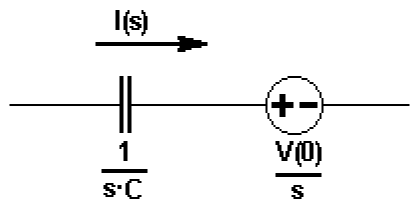
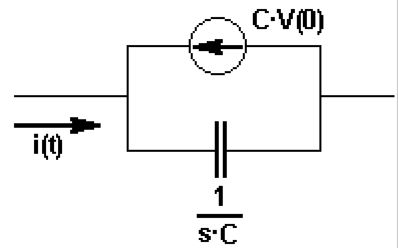
$$\left.\begin{array}{l} (2+s)\cdot v_1(s)-(s+1)\cdot V(s)-\dfrac{6}{s}-2=0 \\ v_1(s)=\left(\dfrac{s}{5}+1\right)\cdot V(s)-\dfrac{2}{5} \end{array}\right\} V(s)=\frac{2\cdot s^2+14\cdot s+30}{s\cdot\left(s^2+2\cdot s+5\right)}$$

$$V(s)=\frac{2\cdot s^2+14\cdot s+30}{s\cdot\left(s^2+2\cdot s+5\right)}=\frac{A}{s}+\frac{K}{s+1+2j}+\frac{K^*}{s+1-2j}$$

$$V(t)=\left[6-4\cdot e^{-t}\cdot\cos(2\cdot t)+3\cdot e^{-t}\cdot\operatorname{sen}(2\cdot t)\right]\cdot u(t)$$

Transformadas de Circuitos:

	Análisis de la Caída de Tensión	*Análisis para Corriente*
Resistencia 	$v=i\cdot R\rightarrow L\rightarrow V(s)=I(s)\cdot R$	$v=i\cdot R\rightarrow L\rightarrow V(s)=I(s)\cdot R$
Inductancia 	 $v=L\cdot\frac{di}{dt}\rightarrow L\rightarrow L\left[L\cdot\frac{di}{dt}\right]$ $v_L(s)=L\cdot s\cdot I(s)-L\cdot i(0)$	 $i=\frac{1}{L}\cdot\int v(t)\cdot dt+i_L(0)\rightarrow L\rightarrow$ $I_L(s)=\frac{1}{s\cdot L}\cdot V(s)+\frac{I_L(0)}{s}$

<table>
<tr>
<td>Capacitor
</td>
<td>
$v = \frac{1}{C} \cdot \int i(t) \cdot dt \rightarrow L \rightarrow L\left[\frac{1}{C} \cdot \int i(t)\right.$
$v_L(s) = \frac{1}{s \cdot C} \cdot I(s) + \frac{V(0)}{s}$</td>
<td>
$i = C \cdot \frac{dv}{dt} \rightarrow L \rightarrow I_C(s)$
$I_C(s) = C \cdot s \cdot V(s) - C \cdot V(0)$</td>
</tr>
</table>

Transformada de Fourier

La transformada de Fourier es una aplicación que hace corresponder a una función *f* con valores complejos y definida en la recta, otra función *g* definida de la manera siguiente:

$$g(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-i\xi x} dx$$

Donde *f* es L^1, o sea *f* tiene que ser una función integrable en el sentido de la integral de Lebesgue. El factor, que acompaña la integral en definición facilita el enunciado de algunos de los teoremas referentes a la transformada de Fourier. Aunque esta forma de normalizar la transformada de Fourier es la más comúnmente adoptada, no es universal.

La transformada de Fourier así definida goza de una serie de propiedades de continuidad que garantizan que puede extenderse a espacios de funciones mayores e incluso a espacios de funciones generalizadas.

Además, tiene una multitud de aplicaciones en muchas áreas de la ciencia e ingeniería: la física, la teoría de los números, la combinatoria, el procesamiento de señales (electrónica), la teoría de la probabilidad, la estadística, la óptica, la propagación de ondas y otras áreas. En procesamiento de señales la transformada de Fourier suele considerarse como la descomposición de una señal en componentes de frecuencias diferentes, es decir, g corresponde al espectro de frecuencias de la señal f.

La rama de la matemática que estudia la transformada de Fourier y sus generalizaciones es denominada análisis armónico.

La transformada de Fourier se utiliza para pasar al dominio frecuencial una señal para así obtener información que no es evidente en el dominio temporal. Se demuestra matemáticamente que una señal periódica se puede descomponer en una suma de senos y cosenos formando una base ortogonal, de esta forma, señales como la voz o las ondas se pueden descomponer en un sumatorio de señales trigonométricas. El conjunto de constantes que multiplican a cada frecuencia forman el espectro de frecuencias. De esta forma se pueden llegar a diversos experimentos muy interesantes:

1. La voz humana recorre el espectro de los 100Hz a los 5000Hz.
2. Si conocemos la densidad espectral de un sistema y la entrada podemos conocer la densidad espectral de la salida. Esto es muy útil para el diseño de filtros de radiotransistores.

CONCLUSIONES

La electrónica se encuentra presente en todos los dispositivos, mecanismos y sistemas que contribuyen en la búsqueda del mejoramiento del bienestar social, cultural y económico de la sociedad en general.

Los diversos instrumentos electrónicos que se emplean en la captación, medición, procesamiento, manejo, almacenamiento, análisis, reproducción y transmisión de la información, han permitido los grandes avances que se han obtenido en la educación e investigación; la tranquilidad y protección del ser humano, se han visto incrementados a través de la aplicación de los sistemas globales de posicionamiento, en cuya estructura de todos ellos se encuentra inherente la electrónica.

La electrónica ha sido un factor determinante en el desarrollo de todas las actividades productivas de la comunidad mundial, haciendo que estas se realicen de manera más eficiente, a través del fortalecimiento y optimización en el control y automatización en todos los procesos de estas actividades; la globalización y la interactividad de la sociedad no han sido ajenas a la influencia de la electrónica, ya que esta ha contribuido en la universalidad de los sistemas de telecomunicaciones móviles, en el auge de las comunicaciones satelitales, en la implementación y funcionamiento de las constelaciones satelitales, en el vertiginoso adelanto de la informática y de los sistemas de información y telecomunicaciones, convirtiéndola en una sociedad de la información y del conocimiento.

Así mismo los servicios y entretenimientos que se utilizan en la actualidad, se encuentran en estructuras soportadas por la electrónica. La electrónica ha sido y seguirá siendo un agente preponderante en casi todos las actividades, comportamiento y desarrollo de la sociedad.

La Ingeniería Electrónica se ha convertido en un factor de vanguardia en el que hacer de la sociedad contemporánea y en su desarrollo y proyección. La microelectrónica, la opto-electrónica, la robótica, la digitalización, la cibernética, la telemática, la conmutación, la telefonía móvil celular, la inteligencia artificial, la ergonomía, la bio-ingeniería, la internet, las wi-fi´s, las wi- max´s, las bluetooth´s, en general todas las wíreless, por mencionar algunos de los sistemas y tecnologías de punta de la electrónica, se encuentran actualmente en pleno apogeo de su aplicabilidad.

La nanoelectrónica es uno de los retos ya fundamentado de la Ingeniería Electrónica, que permitirá incrementar aún más la compactación de los dispositivos electrónicos aumentando su rendimiento y confiabilidad, y reduciendo sustancialmente su volumen, peso, consumo y costos. La futura implementación y aplicabilidad de la inteligencia emocional, en los autómatas, requiere de un gran esfuerzo investigativo por parte de la Ingeniería Electrónica.

La convergencia en las redes, servicios y aplicaciones tienen su futuro cimentado en las plataformas y medios de accesibilidad, movilidad e interactividad que en tal sentido conciba, diseñe e implante la Ingeniería Electrónica.

BIBLIOGRAFIA

Edwin Kreyszig. (2003) Matemática Avanzadas para Ingeniería.Vol. I (3era Edición) México. Limusa Wiley

Glyn James ( ) Matemática Avanzada para Ingeniería (2da Edición) México. Prentice Hall

Churchill (1977) Series de Fourier y Problemas de Contorno (2da Edición) México. Mc Graw – Hill Book Company

http://www.wikilearning.com/monografia/una_aproximacion_a_los_procesos_de_formacion_de_ingenieros-referencias_bibliograficas/19378-9

http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_electr%C3%B3nica

Referencias ↑ Kite, Thomas (2001). «Signal Processing Seminar: Debunking Audio Myths». The Embedded Signal Processing Laboratory - University of Texas at Austin.

http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica

http://acbielectronica.blogspot.com/2008/01/historia-de-la-electronica.html

http://www.geocities.com/bdsp1626/electronica.htm

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/fourier/Fourier.html