



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR
CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO
FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA
LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JESUS RENE CORONEL RUBIO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR
CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO
FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA
LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JESUS RÉNE CORONEL RUBIO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. BENJAMÍN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO

: 
Ing. ABELARDO LEÓN MIRANDA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

ASESOR DE TESIS

: 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES P-19



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 231-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de junio de 2024

VISTOS:

El OFICIO N° 009-2024-UANCV.FICP.EPIET. del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°164-2024 de fecha 04 de mayo de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO DE FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA;** y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **JESUS RENE CORONEL RUBIO;** ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO DE FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA,** para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico,** y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : Dr. **BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO**
- * **1er Miembro** : Ing. **ABELARDO LEON MIRANDA**
- * **2do Miembro** : Ing. **CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS**
- * **Asesor** : Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **JESUS RENE CORONEL RUBIO;** rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO DE FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA,** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 05 de junio de 2024
- * **HORA** : 10:00
- * **LUGAR** : Aula 205 - FICP

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones,** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c. Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAÍN PARILLO ROSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 96531



RESOLUCIÓN DECANAL N° 164-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de mayo de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 065-2024-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, **INFORME N° 001-2024-UI-CI-EPIET-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 952-2022-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **19 de setiembre de 2022** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **16 de abril de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, con el tema titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO DE FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **JESUS RENE CORONEL RUBIO**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO DE FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO**
- * **1er Miembro** : **Ing. ABELARDO LEON MIRANDA**
- * **2do Miembro** : **Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO DE FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 277-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO DE FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **JESUS RENE CORONEL RUBIO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO DE FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.**

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

cc
archivo 2024
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.I.D. 17700



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN HUILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
C.I.D. 17701



RESOLUCIÓN DECANAL N° 669 - 2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 26 de julio de 2023

VISTOS.-

El, **Expediente N° 2023-CU-08996** presentando por el (la) bachiller; **JESUS RENE CORONEL RUBIO** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quien solicita rectificación de **RESOLUCIÓN DECANAL N° 952-2022-D-FICP-UANCV** del título del **Proyecto de Investigación**, del tema titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR OSCILADOR CONTROLADO POR UN PLL TSA5511 Y MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico**, y;

CONSIDERANDO:

Que, en la **RESOLUCIÓN DECANAL N°952-2022-D-FICP-UANCV**, el título del **Proyecto de Investigación** ha sido aprobado de la siguiente manera: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR OSCILADOR CONTROLADO POR UN PLL TSA5511 Y MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA**.

Que, conforme a la **RESOLUCION N° 0296-2023-CU-R**, donde indicia en la parte resolutive en vía de regularización y de forma excepcional, el trámite de grados y títulos con observaciones de aspectos formales para la presentación de trabajos de investigación como: “comillas, abreviaturas y siglas”, de expedientes sustentados solo hasta el 28 de abril del 2023, por los egresados y bachilleres de pre y posgrado de la Universidad “Andina Néstor Cáceres Velásquez” de JULIACA;

Que, según disposición de la Oficina de Investigación, perteneciente al Vicerrectorado de Investigación de la UANCV; de acuerdo al Reglamento Institucional y reglas de redacción gramatical: los títulos de investigación o tesis; no deberán contener ni llevar **ABREVIATURA, SIGLAS, COMILLAS NI PUNTO AL FINAL DEL TITULO**; y,

Estando, en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR, la **RECTIFICACIÓN** del título del **Proyecto de Investigación** presentado por el (la) bachiller: **JESUS RENE CORONEL RUBIO**, debiendo considerarse a partir de la fecha con el título siguiente: **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA**, el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO**
- * **1er Miembro** : **Ing. ABELARDO LEON MIRANDA**
- * **2do Miembro** : **Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS**
- * **Asesor (a)** : **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**

ARTICULO SEGUNDO. - Disponer a los miembros de la sub comisión de evaluación designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del proyecto de investigación, trabajo de investigación (tesis) o sustentación de tesis, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución Decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO CUARTO. - La Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**, el Secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANGA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP/95531



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 952-2022-D-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de setiembre de 2022

VISTOS:

El INFORME N° 424-2022-D-UI-FICP.UANCV. del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 008-2022-UANCV-FICP-UI-EPIET del responsable del Comité de Investigación, la opinión técnica N° 002-2022-UANCV-FICP-UI-CI del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y el ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha 06 de setiembre de 2022, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, con el tema titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR OSCILADOR, CONTROLADO POR UN PLL TSA5511 Y MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: JESUS RENE CORONEL RUBIO, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR OSCILADOR, CONTROLADO POR UN PLL TSA5511 Y MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO
- * **1er Miembro** : Ing. ABELARDO LEON MIRANDA
- * **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR OSCILADOR, CONTROLADO POR UN PLL TSA5511 Y MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA, correspondiente a la línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, presentado por el (la) Bachiller: JESUS RENE CORONEL RUBIO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, con el Tema Titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR OSCILADOR, CONTROLADO POR UN PLL TSA5511 Y MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA.

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS



Mgtr. MILTHON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS



Dr. EFRAN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP/95531

cc.
archivo 2022
interesado (a)
/nyq.



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	inaoe.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	7%
2	cip.org.pe Fuente de Internet	3%
3	robots-argentina.com.ar Fuente de Internet	2%
4	www.electrogeekshop.com Fuente de Internet	2%
5	docplayer.es Fuente de Internet	1%
6	kipdf.com Fuente de Internet	1%
7	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%



Metadatos Complementarios

Título de la Tesis	
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jesus René Coronel Rubio
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02395491
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-4648-3128
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Adwar Ranulfo Sanchez Carreon
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Benjamin Chuquimamani Quinto
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Abelardo León Miranda.
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	40198643
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Carlos Alejandro Cáceres Vargas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de las telecomunicaciones - P19
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Financiamiento propio
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Longitud: -70.2059038 Latitud: -15.4868369 https://www.google.com.pe/maps/place/Juliaca/@-15.4868521,-70.1235007,12z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x9167f3e5361625b9:0x2a1629113760cbfc!8m2!3d-15.4996879!4d-70.129653!16zL20vMDJ2N2s5
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Septiembre 2022 - abril 2024
URL de disciplinas OCDE	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.00 Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Efraín Pacillo Sosa
DIRECTOR



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JESUS RÉNE CORONEL RUBIO identificado con DNI Nro. 02395491 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA.

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 05 de Julio 2024

Firma del Asesor (Obligatoria)

Firma del estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

La presente Tesis de investigación ofrezco a Dios que me ha dado tanto, en el depósito toda mi fe en cada escena de la que hago en mi vida y me da fuerzas para seguir adelante en mi camino.

A mis padres Zenobio y Felipa que han sufrido reído, amado ellos que me dieron la dicha de ser su hijo y formar una familia conmigo por su amor, su experiencia en la vida que me dieron y desde el cielo se sentirán satisfechos. A ellos dedico esta obra con la que finalizo una etapa importante de mi vida y comienzo otra.

A mi Familia, a mi amada esposa Georgina y a mi hijo querido Jorge que son los motores de mi vida, por su apoyo en todo momento, sus sabios concejos, su ayuda, sus valores y por su motivación constante, pero ante todo su amor y comprensión en alentarme para seguir adelante para terminar mi proyecto de vida que me he propuesto culminar.

A mis hermanos Viviano, Flavio, Juliana, Flor y María Y A mis suegros queridos Mario y Clorinda.



AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por haberme dado la oportunidad de obtener una carrera y por darme la salud durante estos años de estudio.

A mi asesor Ing. Adward Sánchez por brindarme su apoyo

A mis jurados, director de la carrera Mg. Giovanni Supo, Ing. Abelardo León Miranda, Ing. Carlos Cáceres Vargas.

A la UANCV por abrirme las puertas al conocimiento y formar mi carácter profesional, por su aporte de ser una gran casa de estudios en donde encontré Maestros y amigos que me apoyaron y creyeron en mí para lograr esta etapa importante de mi vida.

Gracias a todos por hacer este proyecto realidad.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.2.1. Problema general.....	1
1.2.2. Problemas específicos.....	1
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. Objetivos generales.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación del estudio.....	2
1.5. Hipótesis.....	3
1.5.1. Hipótesis general:.....	3



- 1.5.2. Hipótesis específicas3
- 1.6. Variables3
 - 1.6.1. Variable dependiente.....3
 - 1.6.2. Variable independiente.....3
 - 1.6.3. Variables Intervinientes.....3
- 1.7. Operacionalización de variables.....4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

- 2.1. Antecedentes de la investigación5
 - 2.1.1. Antecedentes internacionales.....5
 - 2.1.2. Antecedentes nacionales6
- 2.2. Marco teórico inicial7
 - 2.2.1. La señal de para radio7
 - 2.2.2. Que es la propagación de RF.....9
 - 2.2.3. Comunicación multidireccional y sus efectos.....9
 - 2.2.4. Frecuencia modulada9
- 2.3. Osciladores.....14
 - 2.3.1. Oscilador de rf.14
 - 2.3.2. PLL (PHASE LOCKED LOOP)14
 - 2.3.3. Esquema básico de un oscilador, (criterio de Barkhausen)14
 - 2.3.4. Criterio de Barkhausen.....15
 - 2.3.5. Características de un oscilador:16
 - 2.3.6. Tipos básicos de osciladores.....17



2.3.7. Sintetizadores de frecuencia.....	17
2.4. Osciladores de lazo de amarre de fase a PLL.....	19
2.5. Diodo varactor (Varicap).	20
2.5.1. EL PLL-TSA5511	21
2.5.2. Diagrama de bloques del circuito interno (TSA-5511)	22
2.5.3. El microcontrolador	23
2.5.4. Periféricos	23
2.5.5. Memoria de datos	24
2.5.6. Arquitectura del PIC.....	24
2.5.7. Memoria de datos	25
2.5.8. El Bus I2C.....	26
2.5.9. Las señales del bus de comunicación:	26
2.5.10. Protocolo de comunicación del bus I2C	27
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EN LA COMUNICACIÓN I2C:	29
2.5.11. Transistores.....	31
2.5.12. Clases de transistores	31
2.5.13. Clases de amplificadores (PA)	31
2.6. Definición de los parámetros importantes del oscilador a PLL y amplificador.	35
2.7. Amplificador. (PA)	36
2.7.1. Consideraciones básicas para el diseño.	36
2.7.2. Las características de un amplificador y su clasificación.....	37
2.7.3. Como elegir el transistor.	37
2.7.4. Elección del punto de trabajo.	38



2.7.5. Red de adaptación.....38

2.7.6. Transistor de RF cargada con una red sintonizada.38

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño aplicado a la investigación40

3.2. Método.40

3.3. Técnicas e instrumentos.40

3.4. Proceso método lógico:41

 3.4.1. Pre-énfasis.....41

 3.4.2. Oscilador VCO41

 3.4.3. Realimentación de los circuitos de osciladores y determinar su
 análisis de estabilidad.42

 3.4.4. Función de transferencia.....44

 3.4.5. Separador, driver45

 3.4.6. Amplificador de 30 DBM.....46

 3.4.7. PREESCALER46

 3.4.8. Fuente de alimentación46

 3.4.9. Visualizador de frecuencia46

 3.4.10. Pulsadores de mando.....46

 3.4.11. El Pre-énfasis.47

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación.....50



4.1.1. Hallando el valor de la inductancia para el VCO	50
4.1.2. Como funciona el inductor	50
4.2. Análisis del oscilador	54
4.3. Amplificación, etapa de transistores:	58
4.4. Diseño del amplificador	59
4.4.1. Análisis del transistor BJT en DC.....	60
4.4.2. Gráfico de recta de carga estática	62
4.4.3. Análisis en AC	63
4.5. Amplificador de salida de 30 DBM (1 Watts).....	67
4.6. Desarrollo del software para controlar el PLL.....	68
4.6.1. Software de desarrollo y programa de control para el PLL	68
4.6.2. Desarrollo del programa para el microcontrolador	68
4.6.3. Consideraciones para realizar el programa para microcontrolador....	70
4.6.4. Programación del circuito integrado TSA-5511	71
4.6.5. La división en frecuencia.....	72
4.6.6. Pruebas utilizando un analizador de señales.....	75
4.7. Transistor de potencia	77
4.8. Discusión	79
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	85



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Señal de modulación, de amplitud modulada y frecuencia modulada.....	7
Figura 2 Señal de radiodifusión o señal moduladora.....	10
Figura 3 Modulación de señal de portadora	10
Figura 4 Señal de modulación.....	10
Figura 5 Señal modulada.	12
Figura 6 Señal de FM en banda angosta y banda.....	13
Figura 7 Diagrama de un oscilador básico	15
Figura 8 Diagrama de un circuito Oscilador a PLL	19
Figura 9 Diodo varactor.....	20
Figura 10 PLL-TSA5511	21
Figura 11 Microcontrolador PIC 16f628A	23
Figura 12 Disposición de periféricos en el microcontrolador.....	23
Figura 13 Arquitectura del microcontrolador.....	25
Figura 14 Configuración Maestro- Esclavo I2C	26
Figura 15 Secuencia de para envió de datos en Bus I2C	27
Figura 16 Señal de lectura y escritura en I2C.....	28
Figura 17 Secuencia de parada	29
Figura 18 Amplificador por división de tensión, Tipo A	33
Figura 19 Amplificador clase B.....	33
Figura 20 Amplificador clase C	34
Figura 21 Amplificador clase D	34
Figura 22 Clasificación de amplificadores de potencia.	35
Figura 23 Red de adaptación	38
Figura 24 Diagrama del proceso para controlar frecuencia en banda de FM.	41
Figura 25 Función de transferencia.....	42
Figura 26 Circuito de retroalimentación.....	43
Figura 27 Diagrama de Realimentación negativa a baja	44



Figura 28 Preénfasis del Oscilador47

Figura 29 Comportamiento de la bobina en la banda de FM52

Figura 30 Marcadores mostrando rango de trabajo de la bobina para VCO.....52

Figura 31 Marcadores con valor de bobina en frecuencia53

Figura 32 Respuesta en frecuencia de Inductor en Banda de FM mostrada en Nano-VNA ...53

Figura 33 Diagrama esquemático del Oscilador para el VCO54

Figura 34 Señal de Oscilador para "VCO" en osciloscopio.....54

Figura 35 Parámetros de muestreo.....55

Figura 36 Simulación con análisis de estabilidad56

Figura 37 Análisis de estabilidad.....57

Figura 38 Tipos de clasificación de un amplificador58

Figura 39 Diseño de Amplificador para análisis.....60

Figura 40 Simulación del transistor como amplificada clase AB.....62

Figura 41 Recta de carga y punto de operación del transistor.....62

Figura 42 Modelo del transistor para el Análisis en AC63

Figura 43 Análisis de la malla en AC.....63

Figura 44 Simulación del amplificador.....64

Figura 45 Simulación del amplificador.....65

Figura 46 Simulación del amplificador en Osciloscopio.....65

Figura 47 Respuesta en frecuencia del transistor66

Figura 48 Nueva hoja de trabajo69

Figura 49 Crear nuevo proyecto.....69

Figura 50 Ventana donde se selecciona el microcontrolador a utilizar70

Figura 51 Direcciones de memoria del PLL.....72

Figura 52 Simulación del programa en entorno virtual.73

Figura 53 Envío de datos por I2C Debug74

Figura 54 Señales de control, mostradas en Osciloscopio74

Figura 55 Pruebas de comunicación por protocolo I2C en osciloscopio HANTEK.....75



Figura 56 Pruebas de protocolo de comunicación en osciloscopio HANTEK	75
Figura 57 Analizador de señales	76
Figura 58 Ventana donde se muestra datos de comunicación	77
Figura 59 Amplificación de transistor en clase C.....	78
Figura 60 Señal de salida de amplificador.....	78



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de las variables</i>	4
Tabla 2 <i>Valores para bobina en el VCO</i>	53



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Imagen del sintetizador a PLL.....	100
ANEXO B: Receptor Digital comercial.....	100
ANEXO C: Vatímetro marca BIRD mostrando potencia de 1 Watts	101
ANEXO D: Imagen de analizador de Espectro en PC	102
ANEXO E: Imagen de analizador de Espectro Tiny SA.....	102
ANEXO F: Imagen en analizador de Espectro HP 8924C	103
ANEXO G: Imagen de señal del sintetizador en A. Espectro HP 8924C.....	104
ANEXO H: Pruebas de Laboratorio del Sintetizador a PLL 97.1 MHZ.....	105
ANEXO I: DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PREÉNFASIS	106
ANEXO J: DIAGRAMA ESQUEMATICO DE OSCILADOR	107
ANEXO K: DIAGRAMA ESQUEMATICO DE OSCILADOR DE 30 Dbm	108
ANEXO L: DISEÑO DE LA PLACA CON SPRINT LAYOUT (PCB).....	109



RESUMEN

Los osciladores TTL (Transistor-Transistor Logic) son circuitos electrónicos utilizados para generar señales periódicas, como señales de reloj o de sincronización, en sistemas digitales. Estos osciladores se basan en la retroalimentación positiva de puertas lógicas TTL para generar una señal de salida.

Sin embargo, los osciladores TTL presentan algunas limitaciones. Una de ellas es que la frecuencia de salida puede variar si presentan un cambio por ejemplo de temperatura o tensión, este puede afectar el rendimiento y la precisión de los sistemas digitales. Además, los osciladores TTL suelen requerir varios componentes adicionales, como resistencias y condensadores, para ajustar la frecuencia y garantizar la estabilidad.

Para superar estas limitaciones, se desarrolló el circuito PLL que es un sistema que puede controlar mediante una combinación de elementos de frecuencia y este puede controlarse por voltaje, mediante un divisor de frecuencia y un comparador de fase, para generar una señal de salida estable y precisa.

El VCO del PLL genera una frecuencia y se relaciona con una que ingresa por la entrada hacia el comparador de fase y hace una comparación con la frecuencia que tiene el VCO, con la fase de referencia proporcionada por el divisor de frecuencia. Si hay una diferencia en la fase, el comparador envía una señal de corrección al VCO para ajustar su frecuencia y mantenerla en sincronía con la señal de entrada.

En resumen, los osciladores TTL fueron reemplazados por los circuitos PLL debido a que estos últimos ofrecen una mayor estabilidad y precisión en la generación de señales periódicas. El PLL es capaz de corregir automáticamente las variaciones de frecuencia, esto nos dice que tiene una óptima aplicación cuando se necesita una sincronización precisa y estable en sistemas digitales.

Palabras claves: Osciladores, TTL, circuito PLL, retroalimentación positiva, estabilidad, precisión, frecuencia de salida, VCO, comparador de fase, sincronización precisa, sistemas digitales.



ABSTRACT

TTL (Transistor-Transistor Logic) oscillators are electronic circuits used to generate periodic signals, such as clock or timing signals, in digital systems. These oscillators rely on positive feedback from TTL logic gates to generate an output signal.

However, TTL oscillators have some limitations. One of them is that the output frequency can vary if there is a change, for example in temperature or voltage, this can affect the performance and precision of digital systems. Additionally, TTL oscillators typically require several additional components, such as resistors and capacitors, to adjust the frequency and ensure stability.

To overcome these limitations, the PLL circuit was developed, which is a system that can be controlled by a combination of frequency elements and can be controlled by voltage, using a frequency divider and a phase comparator, to generate a stable output signal and precise.

The VCO of the PLL generates a frequency and is related to one that enters through the input to the phase comparator and makes a comparison with the frequency that the VCO has, with the reference phase provided by the frequency divider. If there is a difference in phase, the comparator sends a correction signal to the VCO to adjust its frequency and keep it in sync with the input signal.

In summary, TTL oscillators were replaced by PLL circuits because the latter offer greater stability and precision in the generation of periodic signals. The PLL is capable of automatically correcting frequency variations, this tells us that it has an optimal application when precise and stable synchronization is needed in digital systems.

Keywords: TTL oscillators, PLL circuit, positive feedback, stability, precision, output frequency, VCO, phase comparator, precise synchronization, digital systems.



INTRODUCCIÓN

En nuestro país, a nivel nacional se empezó con el ensamblaje de transmisores de FM de baja potencia algunos modelos con cristal a frecuencia fija, también se desarrollaron los transmisores de FM con sintetizadores para banda corrida, estos podían cambiar su frecuencia desde 88.50 a

108.00 Mhz y tenían que ser programados a una frecuencia deseada, estos equipos no podían ser homologados por el MTC ya que no contaban con los parámetros requeridos para su fabricación y también por la escases de componentes que hay en el mercado de dispositivos electrónicos, lo cual me llevo a desarrollar este proyecto aplicando criterios y conceptos básicos de ingeniería para radiofrecuencia, con criterios de programación aplicados a los micro controladores PIC para controlar este dispositivo mediante un protocolo de comunicación I2C y así el PLL pueda cambiar su frecuencia.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. *Análisis de la situación problemática*

Para elaborar un transmisor de FM se requiere un conjunto de componentes electrónicos que conforman un oscilador de frecuencia variable el cual puede tener estabilidad de frecuencia y poder ser emitida una señal de frecuencia modulada en el espectro de radiofrecuencia.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. *Problema general*

Este proceso requiere de parámetros de fabricación que son solicitados para su fabricación y su homologación. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2020). Cartilla de orientación-Solicitud de homologación para equipos y aparatos de telecomunicaciones.

1.2.2. *Problemas específicos.*

- ✓ ¿Cómo realizar el análisis y diseño de un transmisor oscilador, controlado por PLL TSA5511 Y un microcontrolador para la banda de frecuencia modulada?
- ✓ ¿Cómo realizar el mejoramiento del control de frecuencia de un PLL para la banda frecuencia Modulada?



1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. *Objetivos generales*

- Diseñar, implementar un oscilador controlado por un PLL TSA5511 con un microcontrolador para la banda de Frecuencia Modulada.

1.3.2. *Objetivos específicos.*

Objetivo específico 1.

- Hacer equipos más modernos y mejorar la calidad de fabricación nacional.

Objetivo específico 2.

- Reducir los costos de fabricación, comparados con los transmisores importados que ingresan al Perú con elevados costos.

Objetivo específico 3.

- Hacer un prototipo que tenga los parámetros de fabricación para ser homologado por el MTC.

1.4. Justificación del estudio.

Las telecomunicaciones en Perú son cada vez más innumerables con el avance de las tecnologías componentes que salen a al mercado mundial e ingresan al mercado nacional en menor escala, el diseño tiene como finalidad reducir los costos en su fabricación.

En nuestro país, como también dar las recomendaciones de los parámetros, apropiados para posteriores diseños transmisores que cumplan con la normatividad, establecida que exige el MTC del estado peruano para que garantice su funcionamiento, y su homologación. Este diseño desarrollado es una alternativa para el uso de los sistemas de radio frecuencia.



1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general:*

Para el diseño que se propone se utiliza un circuito sintetizador a PLL con μC 16F628A y un PLL con código TSA5511, que sirve para el control de frecuencias del transmisor de FM en la banda comercial también se puede controlar desde 48 Mhz hasta 1.2 Ghz (En banda 2 - 3 - 4 -5) para televisión VHF, UHF y en osciladores Pin de microondas.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

- Controlar transmisores de FM en el espectro radio eléctrico banda comercial.
- Hacer un equipo más robusto y compacto para emisiones de RF.
- Aplicar un sistema de prototipo al área de radio difusión comercial en telecomunicaciones.

1.6. Variables

1.6.1. *Variable dependiente*

- ✓ La frecuencia del oscilador del PLL (Que depende del micro controlador).

1.6.2. *Variable independiente*

- ✓ VCO (Oscilador controlado por voltaje)
- ✓ Emisión de toda la banda comercial, de 88.5 a 108.0 Mhz.

1.6.3. *Variables Intervinientes.*

- Software de programación desarrollado en lenguaje CCS Compiler, diseño y asesoría.



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente	Diseño de la tarjeta del Oscilador	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño del Oscilador • Microcontrolador PIC y PLL TSA5511 • Circuito del oscilador VCO • Frecuencia de oscilación
VCO (oscilador controlado por voltaje)	Diseño del Oscilador a utilizando un PLL	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa de amplificación • Transmisor oscilador de
Variable Dependiente	Diseño del amplificador de R.F de 30 Dbm	<ul style="list-style-type: none"> • corto alcance, con frecuencia, variable para la banda de FM. • Simulador (Proteus) • Saleae, Analizador de señales • Nano VNA.
Etapas de Amplificación del Oscilador y Frecuencias variables.	La frecuencia del oscilador depende del PLL(TSA5511) y esta depende del micro controlador	<ul style="list-style-type: none"> • Analizador de espectros Tiny SA.
Variables Intervinientes	<ul style="list-style-type: none"> • Software de programación desarrollado en lenguaje, • La amplificación de la potencia del transmisor. 	<ul style="list-style-type: none"> • CCS Compiler, Diseño y asesoría.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En estos últimos tiempos en países de Sur América se empezaron a desarrollar equipos transmisores de FM Homologados, algunos con las normas internacionales. En el Perú se comenzó a desarrollar equipos de Transmisión en FM a frecuencia fija o cristal y otros con osciladores variables que se podía variar la frecuencia y no tenían estabilidad, se empezaron a desarrollar los sintetizadores a PLL, con circuitos integrados a (TTL) construidos con componentes importados.

Según Vázquez y Moscoso (2011):

Se encuentran escasos de encontrar en el mercado nacional algunos de ellos Homologados y cumplen las normas peruanas por el MTC. La mayoría no siendo estos últimos construidos de manera empírica o informal sin tener en cuenta los criterios básicos, para la fabricación de radiofrecuencia. (p. 9).

2.1.1. Antecedentes internacionales

(Mares Rodríguez, 2016), DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR AM, FM Y ATSC EN RADIO DEFINIDA POR SOFTWARE PARA DOCENCIA, MEXICO, [TESIS DE LICENCIATURA - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO].



<https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000744598>.

- ✓ (GIRALDO ZULUAGA, 2001). EMISORA PORTÁTIL DE FM ESTEREO.PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA, UNIVERSIDAD DEL VALLE, CALI-COLOMBIA [TRABAJO DE GRADO - UNIVERSIDAD DEL VALLE].
<https://docplayer.es/10310827-Emisora-portatil-fm-estereo-jose-eliseo-giraldo-zuluaga.html>.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Se encontró 02 antecedentes nacionales:

(Álvarez Morales, 2007), DETECCION DE LA EMISION RADIOELECTRICA EN FM Y LOCALIZACION DEL SISTEMA RADIANTE DE UNA ESTACION RADIODIFUSORA NO AUTORIZADA POR EL MTC UTILIZANDO SISTEMAS DE RADIOMETRIA MOVIL, LIMA- PERÚ [TRABAJO DE GRADO - PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/245/ALVAREZ_MORALES_CARLOS_DETECCION_EMISION_RADIOELECTRICA_FM_SISTEMA_IRRADIANTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

(Vásquez Barrios & Moscoso Chanca, 2011), UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA, ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA TEMA: "DISEÑO DE 2 CIRCUITO SINTETIZADORES PLL, PIC 16F628 - LM7001 Y PLL PIC 16F876-SAA1057, PARA EL CONTROL DE FRECUENCIA DE TRANSMISORES FM DE BANDA COMERCIAL", ICA-PERÚ [TRABAJO DE GRADO – UNIVERSIDAD NACIONAL SAL LUIS GONZAGA DE ICA]. <https://xdocs.pl/doc/plan-de-tesis-fm-08p4ym9pyq8v>

2.2. Marco teórico inicial

2.2.1. La señal de para radio

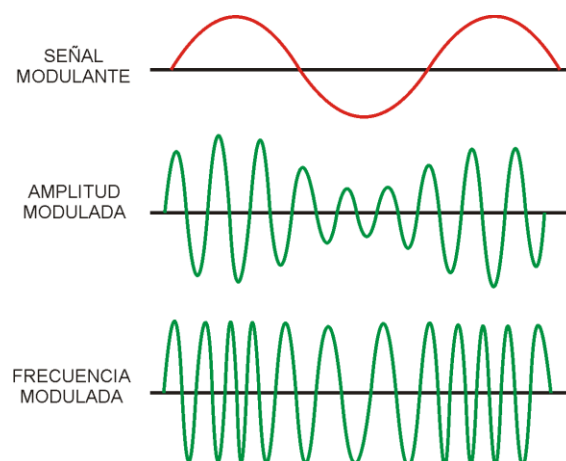
Una onda electromagnética es una forma de energía que se compone de un material eléctrico y un campo magnético. Estas ondas están relacionadas con la transmisión de información y pueden viajar a través del aire, recorriendo largas distancias. Son utilizadas en diversos programas y se propagan para llevar la información de un lugar a otro.

Vázquez y Moscoso afirman (2011):

Las señales de radio también son conocidas como señales de RF (Radio Frecuencia). Una señal de RF sin información se le llama portadora, viaja por el aire como un vehículo vacío; una señal de radio con información se le llama RF modulada y equivale a un vehículo cargado que transporta alguna información que puede ser datos, voz, música o video. (P.14)

Figura 1

Señal de modulación, de amplitud modulada y frecuencia modulada





Existen diferentes categorías de señales de radio basadas en su rango de frecuencias en la banda de FM utilizadas en la radiodifusión, esta abarca desde 88 hasta 108Mhz.

Cada frecuencia tiene una longitud de onda λ como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\lambda = \frac{C}{F} \quad - \quad (1)$$

Se sabe que:

λ = Longitud de onda.

C = Velocidad de la luz = 3×10^8 m/s

F = Frecuencia.

Vásquez y Moscoso (2011):

Existen dos categorías: FM de banda ancha y FM de banda angosta (NBFM). La diferencia entre éstas, se da en la máxima desviación de frecuencia aceptable de la portadora cuando el transmisor se modula totalmente.

Los radios de banda móvil usan NBFM con una desviación que puede alcanzar los 8 KHz. La FM de banda ancha se utiliza para la radiodifusión comercial; su desviación máxima normal es de ± 75 KHz. La forma de controlar esta desviación, es restringiendo el nivel de la señal moduladora o banda base en el transmisor (TX), Si se utiliza una desviación muy alta, el espectro de frecuencia se extiende produciendo interferencia y sobrepasando el límite de banda permitido y si por el contrario se limita demasiado la desviación, en el receptor se percibe una señal pobre, con bajo volumen y muy limitada en frecuencia, afectando su fidelidad. (P.16).



2.2.2. Que es la propagación de RF.

Es la transmisión de señales a través de radiofrecuencia ocurre cuando una señal se propaga desde el emisor al receptor dentro de un rango de frecuencia que va desde los 30 MHz hasta los 300 GHz. La comunicación no siempre requiere una línea de visión directa entre el emisor y el receptor, y la señal puede experimentar diferentes efectos al llegar a su destino.

2.2.3. Comunicación multidireccional y sus efectos.

Se considera que hay "línea de vista" cuando no hay obstáculos entre un transmisor y el receptor en una ruta directa. En el caso de una transmisión de tipo "multirruta". La señal experimenta efectos como difracción, refracción, reflexión y dispersión, lo que provoca que la comunicación entre el transmisor y el receptor se lleve a cabo a través de diferentes trayectorias.

2.2.4. Frecuencia modulada

La frecuencia modulada (FM) es una técnica de telecomunicaciones que transmite información variando la frecuencia de una onda portadora. A diferencia de la modulación de amplitud (AM), donde se varía la amplitud de la onda mientras que la frecuencia se mantiene constante, en FM la frecuencia instantánea de la señal modulada es proporcional al valor instantáneo de la señal moduladora. Esta técnica se utiliza en radiofrecuencias de muy alta frecuencia para transmitir música y voz con alta fidelidad. En aplicaciones analógicas, se emplea un tipo de banda estrecha para comunicaciones de voz en radioaficionados y banda ciudadana. La FM también se utiliza en radiodifusión, donde el tipo "ancho" o W-FM se utiliza comúnmente. En sistemas de dos vías, se emplea la banda estrecha o N-FM para optimizar el uso del espectro y también para enviar señales al espacio.

Figura 2

Señal de radiodifusión o señal moduladora

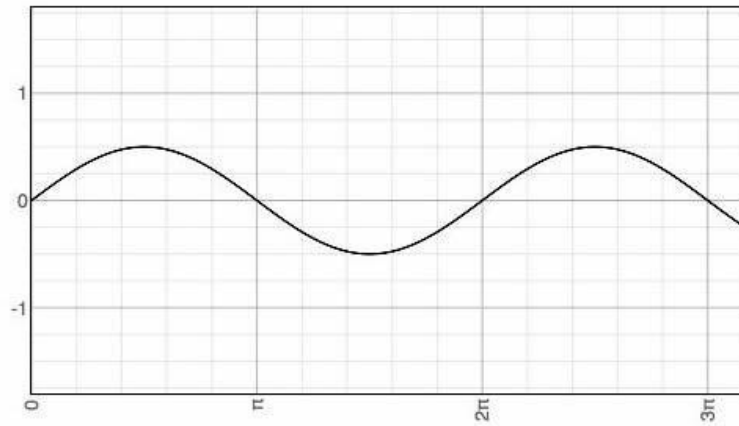


Figura 3

Modulación de señal de portadora

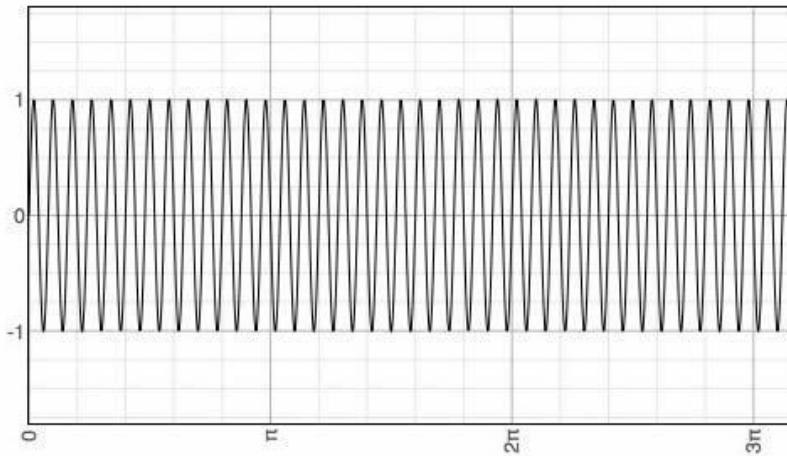
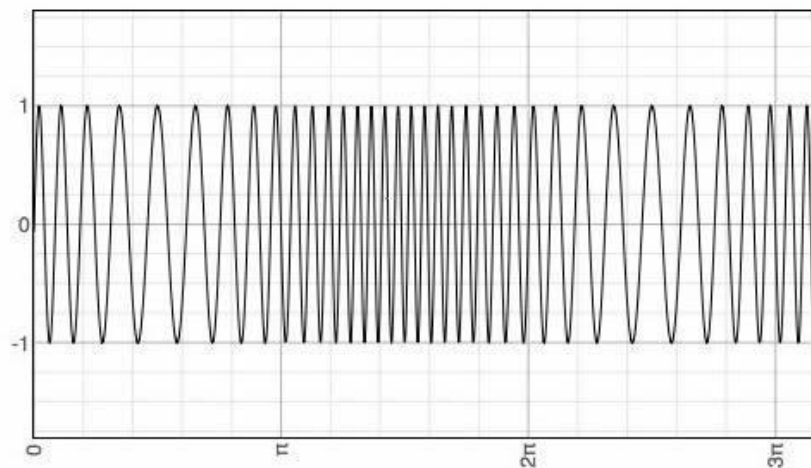


Figura 4

Señal de modulación





Se muestra la Expresión matemática de una señal portadora:

$$Vp(t) = VpSen(2\pi f_p t) \tag{2}$$

Cuando:

Vp = muestra el valor pico de una señal portadora.

Fp = muestra la frecuencia de una señal portadora.

Se muestra la expresión matemática de una señal moduladora:

$$Vm(t) = VmSen(2\pi f_m t) \tag{3}$$

Vm = Valor pico señal

Fm = Frecuencia moduladora

La frecuencia de una señal modulada variará alrededor de la frecuencia de la señal en la portadora como se ve en la expresión.

$$f = f_p + \Delta f Sen(2\pi f_m t) \tag{4}$$

La ecuación matemática de la señal modulada:

$$Vp(t) = VpSen [2\pi(f_p + \Delta f sen(2\pi f_m t))t] \tag{5}$$

La desviación de frecuencia, representada por Δf , es el cambio máximo de frecuencia que puede experimentar la señal portadora. La oscilación de la portadora se refiere a la variación total de frecuencia desde el punto más bajo al más alto.

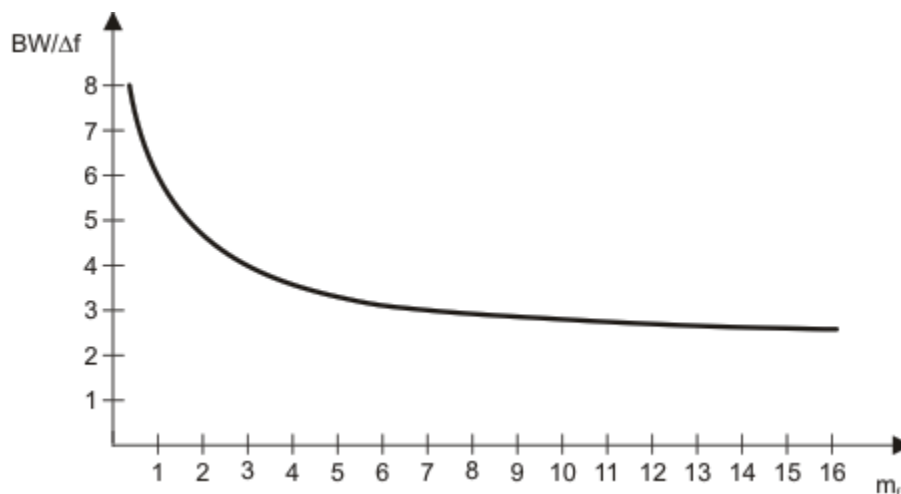
En el caso de una señal moduladora con picos tanto positivos como negativos, como una señal senoidal pura, la oscilación de la portadora será igual a dos veces la desviación de frecuencia. Una señal modulada en frecuencia puede quedarse como:

$$V(t) = VpSen(2\pi f_p t + \Delta f_m Cos(2\pi f_m t)) \tag{6}$$

Lo que se observa al analizar el espectro de frecuencias de una señal modulada en frecuencia es que hay un número infinito de frecuencias laterales, separadas por la frecuencia de modulación, alrededor de la frecuencia de la señal portadora. Sin embargo, la mayoría de estas frecuencias laterales tienen una amplitud baja, lo que sugiere que no contienen una cantidad significativa de potencia. El análisis de Fourier indica que el número de frecuencias laterales que contienen una cantidad significativa de potencia depende del índice de modulación de la señal modulada y por lo tanto el ancho de banda efectivo también dependerá de este índice. Se puede considerar una gráfica para determinar el ancho de banda que se necesita para transmitir una señal de frecuencia modulada.

Figura 5

Señal modulada.



Para la banda ancha y también para la banda angosta se puede obtener una gráfica donde se puede apreciar que cuando tienen los valores altos, la curva tiene tendencia a ser asíntota y para valores bajos tiene tendencia a ser una asíntota vertical.

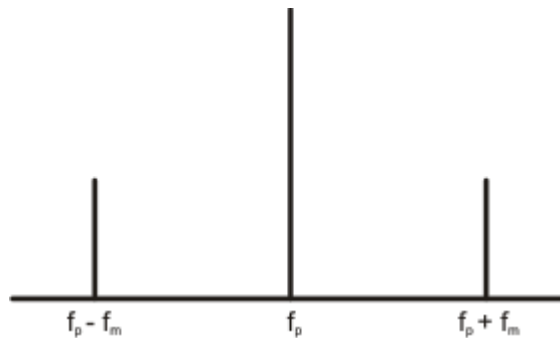
La señal indicaría que el ancho de banda necesario para transmitir una señal sería $m_f < \frac{\pi}{2}$ y dependería fundamentalmente de la frecuencia y de una señal moduladora.

Para un análisis completo se podría considerar que el ancho de banda necesario para enviar una señal de FM o que pueda transmitirla se basa en m_f la frecuencia en la señal moduladora.

Cada vez que hay una frecuencia moduladora, se generan dos frecuencias laterales, una debajo y otra encima de la frecuencia de la señal portadora. Estas frecuencias están separadas de la portadora y por un valor de modulación en frecuencia y esto ocurre debido a la limitación del ancho de banda.

Figura 6

Señal de FM en banda angosta y banda



Aunque en las señales en el espectro de frecuencia en AM y FM de la banda angosta podrían parecer similares, utilizando el análisis de Fourier se puede mostrar que en las relaciones de magnitud y fase de las señales en AM y FM son completamente distintas.

En la banda ancha de FM, se muestra que tiene menor ruido y una disminución en la potencia de la señal portadora a medida que aumenta la señal, esto nos permite concentrar la máxima potencia en las bandas laterales es decir, donde se encuentra la información.



2.3. Osciladores

Es un dispositivo electrónico que genera una forma de onda que se repite y su frecuencia y amplitud producen una señal de salida como resultado de la alimentación de una fuente de corriente continua. El oscilador básico puede convertir la corriente continua en corriente alterna que varía periódicamente en el tiempo y las formas de onda pueden ser sinusoidales también de pulso cuadrado y triangular entre otras.

2.3.1. Oscilador de rf.

Es un dispositivo formado por componentes electrónicos que pueden modificar y genera una tensión que puede ser oscilante, para frecuencias típicas de utilizadas en radiofrecuencia.

2.3.2. PLL (PHASE LOCKED LOOP)

Que en castellano significa "**BUCLE DE FASE BLOQUEADA**", esta es una técnica de control que utiliza la señal de frecuencia en la salida para sincronizar la frecuencia de salida de oscilador con la frecuencia de entrada de una señal de referencia, esta señal de referencia se compara con la señal de salida y se ajusta para que ambas estén en fase y también en frecuencia, esto permite que el oscilador genere una señal estable y precisa.

2.3.3. Esquema básico de un oscilador, (criterio de Barkhausen)

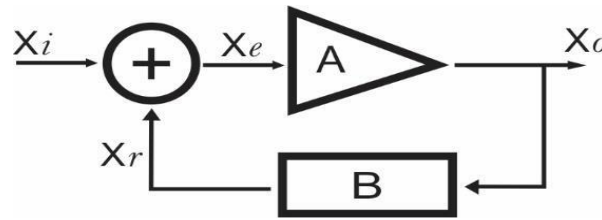
Segun Ricardez Trejo (2017):

El esquema básico, es un circuito amplificador con una realimentación positiva donde X_1 , x_0 son entrada, y salida mientras que x_r y x_e , son señales de error respectivamente, A es la ganancia del amplificador, B es el factor de realimentación y $A \cdot B$ es la ganancia del lazo, la ganancia total del circuito realimentado es. (p.5)

$$\frac{X_o}{X_i} = \frac{A}{1-A\beta} \quad (9)$$

Figura 7

Diagrama de un oscilador básico



Nota. Ricardez Trejo, 2017, Cap. 1, P.5

2.3.4. Criterio de Barkhausen.

El diagrama mostrado en la figura demuestra cómo el voltaje X_i en la entrada produce una salida del amplificador $X_0 = A X_i$ y después de la etapa de retroalimentación, el voltaje se convierte en $X_0 = \beta (A x_i)$. Si tanto el amplificador como la red de realimentación proporcionan una $A\beta$ con la magnitud y fase correctas, entonces X_0 puede igualarse a X_i . Esto significa que el circuito puede seguir operando incluso si se elimina el voltaje de entrada X_i , ya que el voltaje de realimentación es suficiente para controlar el amplificador y mantener la operación del circuito.

En ausencia de la señal de entrada X_i , que es la situación de los osciladores, la condición para que exista una salida X_0 es $A\beta = 1$. Si el circuito presenta $|A\beta| > 1$ la señal de entrada es prescindible debido a que el ruido siempre presente contiene componentes a todas las frecuencias. La componente de ruido a la frecuencia en la que se cumple esta condición, conocida como condición de arranque, se amplifica indefinidamente hasta la saturación del amplificador o hasta que el circuito auxiliar consiga que para esa frecuencia $A\beta = 1$. A partir de entonces, la amplitud de la oscilación se mantiene. Esta condición para que un circuito oscile se conoce como criterio de "Barkhausen".



La operación del diagrama mostrado en la figura se describe de la siguiente manera: cuando el voltaje X_i se aplica a la entrada, el amplificador produce una salida $X_0 = A X_i$, y después de la etapa de retroalimentación, la salida se convierte en $X_0 = \beta (A x_i)$. Si los circuitos del amplificador básico y la red de realimentación proporcionan un valor $A\beta$ con la magnitud y fase correctas, entonces X_0 puede igualarse a X_i . Por lo tanto, si se elimina X_i , el circuito seguirá funcionando debido a que el voltaje de realimentación es suficiente para controlar el amplificador y la realimentación, lo que resulta en un voltaje de entrada apropiado para mantener la operación del circuito.

En el caso de los osciladores, cuando no hay señal de entrada X_i , la condición para que exista una salida X_0 es $A\beta=1$. Si el valor $|A\beta|$ es mayor a 1, la señal de entrada se vuelve innecesaria debido a que el ruido siempre presente contiene componentes a todas las frecuencias. La componente de ruido en la frecuencia que cumple esta condición conocida como condición de arranque, esta se amplifica indefinidamente hasta que el amplificador se satura o hasta que un circuito auxiliar logra que $A\beta=1$ para esa frecuencia. A partir de ese momento la amplitud de la oscilación se mantiene. Este criterio para que un circuito oscile es conocido como el criterio de "Barkhausen".

2.3.5. Características de un oscilador:

- ✓ Genera frecuencias en margen a lo calculado.
- ✓ Tiene mayor estabilidad, cuando es mayor el factor de calidad "Q", la red de realimentación en potencias de salida sobre 50 ohm y su rendimiento se calcula como (Potencia de señal/ potencia de alimentación).
- ✓ El nivel de armónicos y espurias son potencias relativas de uno o más armónicos con respecto a la relación a la señal fundamental.
- ✓ Pulling es la estabilidad frente a la carga de alimentación y el uso de reguladores de tensión.
- ✓ El ruido en el espectro se debe fundamentalmente a ruido en la fase.



2.3.6. Tipos básicos de osciladores.

Hay muchas clases de osciladores entre los cuales están los siguientes:

- ✓ Oscilador HARTLEY.
- ✓ Oscilador COLPITS.
- ✓ Oscilador LC (Frecuencia Variable).
- ✓ Oscilador Controlador por tensión (VCO).
- ✓ Oscilador a Cristal.

Pero la principal función de un oscilador sobre la estabilidad en la frecuencia, se refiere a la capacidad de mantenerse estable.

2.3.7. Sintetizadores de frecuencia

Un sistema de control llamado lazo de amarre de fase (Phase Locked Loop o PLL) permite que se pueda generar señales de radiofrecuencia (RF) con buena estabilidad al compararlas en fase y frecuencia.

Compara una señal de referencia con una señal proveniente de un "VCO", Esta comparación produce una señal de error que es procesada y comparada por un filtro de lazo y la salida de este filtro se retroalimenta para controlar el funcionamiento del "VCO" obteniendo la generación de una señal estable y con un mínimo nivel de ruido en la fase. También se puede decir que un PLL está compuesto por 5 bloques básicos.

➤ Señal de referencia:

Es un oscilador de baja frecuencia que posee alta estabilidad y pureza espectral. Por lo general, se basa en cristales resonantes lo que le otorga una gran estabilidad.

➤ Detector de fase (PFD):

Es un circuito digital que facilita la comparación entre la fase y frecuencia, obteniendo una señal de error lineal dentro de un rango específico en la variación de fase.



➤ Filtro de lazo (PLL):

Es un filtro electrónico de tipo pasa bajas que procesa la señal de error de fase proveniente del circuito PFD. Su función es eliminar las componentes de alta frecuencia en la salida del PFD, proporcionando un voltaje de control de baja frecuencia para fijar y estabilizar el punto de operación del VCO.

➤ Oscilador controlado por voltaje (VCO):

El circuito puede generar una señal en radiofrecuencia a través de un pequeño voltaje de corriente continua. Se utiliza en función a la frecuencia y al voltaje para establecer el punto de operación en el que trabajara el VCO, la señal de respuesta del filtro del lazo de un circuito PLL permite estabilizar la frecuencia generada.

➤ Divisor de frecuencia:

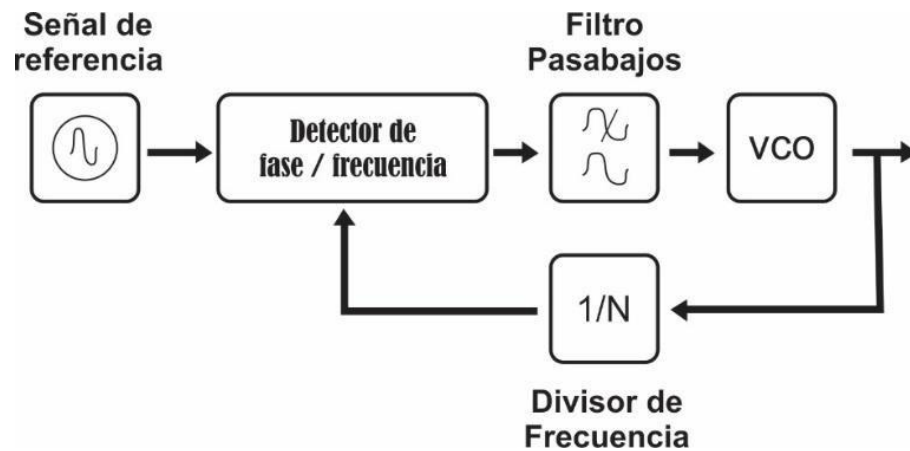
Es un circuito que en una configuración divide la frecuencia de salida del VCO para que se ajuste a la frecuencia de referencia. Los generadores de RF que están basados en PLL generan frecuencias mayormente estables que son determinadas por la relación entre la señal dividida del VCO y la frecuencia de referencia.

Se pueden clasificar en: Según Ricardez Trejo (2017):

- PLL Lineal (LPLL): Se constituyen mediante circuitos analógicos.
- PLL Digital (DPLL): Únicamente comparador de fase es digital.
- PLL Totalmente digital (ALL-DPLL): La totalidad de los bloques son digitales.
- PLL Programable (Software PLL): Se configura mediante un programa de computadora. (p.20)

Figura 8

Diagrama de un circuito Oscilador a PLL



2.4. Osciladores de lazo de amarre de fase a PLL.

Según Ricardez Trejo (2017):

En la actualidad uno de los métodos más utilizados para la generación de RF en FM, VHF y Microondas, se basa en la técnica de lazo de amarre de fase (PLL). Un lazo de amarre de fase es un esquema retroalimentado que iguala las fases y frecuencias de dos señales, una de referencia y otra de un oscilador controlado por voltaje (VCO).

La estabilidad de frecuencia de un PLL depende del amarre de fase o frecuencia y está determinada por la calidad de la señal de referencia, la cual proviene de un oscilador de cristal de alta estabilidad. En un sistema PLL, los parámetros como ruido de fase, estabilidad y pureza espectral dependen principalmente de la señal de referencia.

El oscilador PLL está compuesto por un detector de fase, un filtro pasabajos, un oscilador controlador por voltaje y un divisor de frecuencia. (pp.15-16).

2.5. Diodo varactor (Varicap).

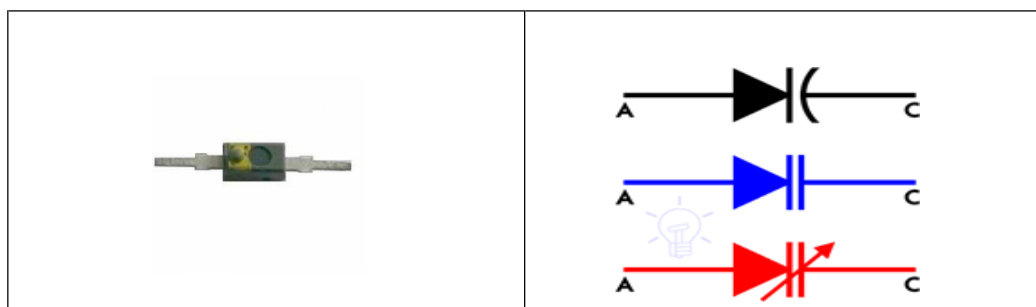
Un diodo varactor es un tipo de diodo de unión PN cuya capacitancia varía en respuesta a cambios en el voltaje inverso aplicado. La capacitancia interna del diodo varactor es esencialmente una capacitancia de unión que está influenciada por el ancho de la unión PN. Debido a que el ancho de la región de agotamiento cambia con el voltaje inverso aplicado, la capacitancia del diodo varactor también cambia en función del voltaje aplicado.

El diodo varactor es un componente que responde al voltaje, y su salida está directamente relacionada con el voltaje de entrada. Se utiliza como un tipo de capacitor variable que controla su capacitancia al ajustar el voltaje inverso aplicado.

El símbolo utilizado para representar los diodos varactores es similar al de los diodos y condensadores convencionales, ya que tiene dos terminales: ánodo y cátodo. Este símbolo puede dividirse claramente en una sección que representa un diodo y otra que representa un capacitor, con el ánodo ubicado en el lado del diodo y el cátodo en el lado del capacitor, como se muestra en la figura.

Figura 9

Diodo varactor

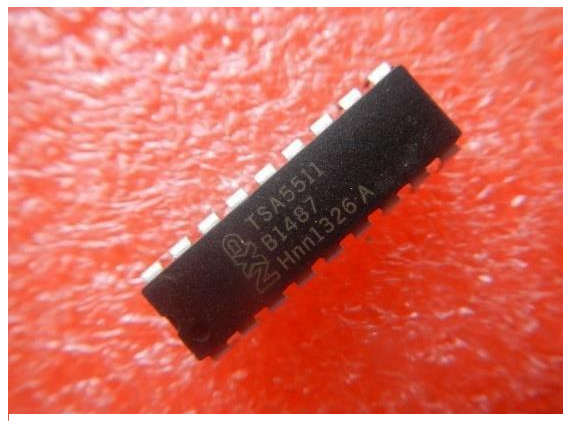


2.5.1. EL PLL-TSA5511

Es un sintetizador de frecuencia PLL receptor de radiofrecuencia de alta sensibilidad (RF) diseñado para su uso en sistemas de telecomunicaciones inalámbricos. Este circuito tiene un pre-escaler, un divisor programable de 1, 5, 10, 25, 50 o 100 kHz es capaz de funcionar en frecuencias desde 50 MHz hasta 1 GHz y tiene una ganancia ajustable de hasta 50 dB. También cuenta con filtros integrados y un mezclador doble equilibrado para mejorar la calidad de la señal recibida. Su transmisión de información se realiza mediante un bus de datos I2C para su comunicación y se utiliza comúnmente en aplicaciones como sistemas de control remoto, alarmas, sistemas de seguridad y otros sistemas inalámbricos, también puede tener aplicación en el diseño de circuitos sintonizadores para la banda de FM.

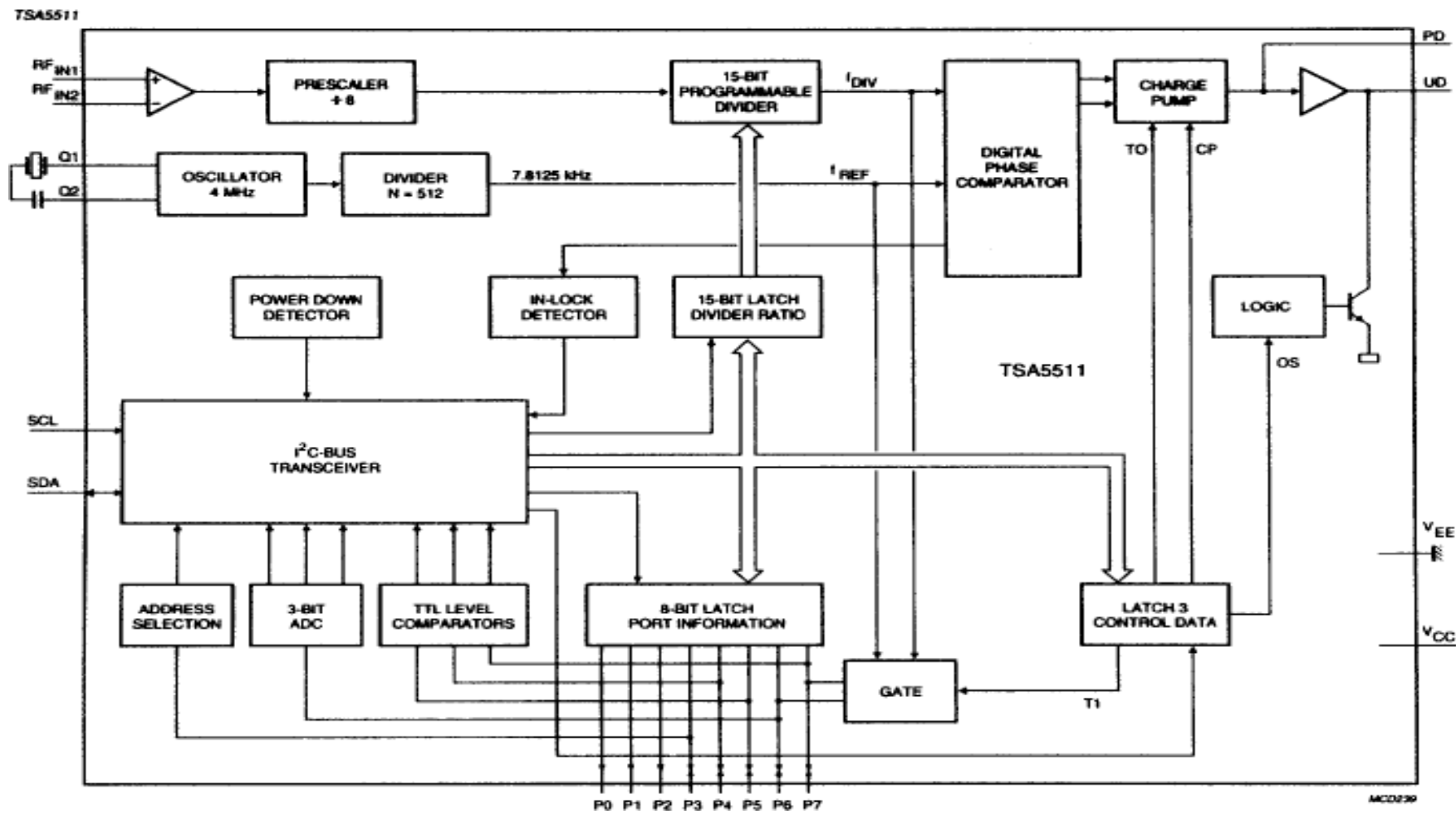
Figura 10

PLL-TSA5511





2.5.2. Diagrama de bloques del circuito interno (TSA-5511)



2.5.3. El microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado que puede programarse mediante un lenguaje de programación estas instrucciones se guardan en la memoria interna del microcontrolador para luego ser ejecutada mediante los periféricos de entrada y salida cumpliendo la función programada en su memoria.

Figura 11

Microcontrolador PIC 16f628A

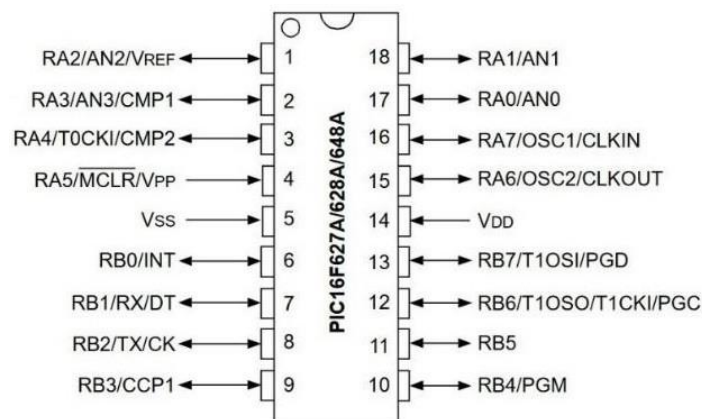


2.5.4. Periféricos

Dentro de un microcontrolador, encontramos un conjunto de periféricos que un programador puede utilizar para realizar tareas específicas. Estos periféricos de entradas y salidas permiten obtener datos del exterior. Algunos de ellos tienen características especiales, así como el uso de protocolos de comunicación (I2C y USART), entre otros.

Figura 12

Disposición de periféricos en el microcontrolador





2.5.5. Memoria de datos

Los microcontroladores incorporan la memoria como un periférico adicional que se puede utilizar para el almacenamiento de datos. Los microcontroladores incluyen memorias, como EEPROM, EPROM y RAM; algunos de ellos permiten utilizar parte de la memoria de programa como memoria de datos no volátil.

2.5.6. Arquitectura del PIC

El PIC16f628A tiene una arquitectura tipo Harvard y dispone de diferentes buses para acceder a la memoria de programa o a la memoria de datos. Cuenta con 02 registros de bancos llamados Bank 0, Bank 1, Bank 2, Bank3 con puertos de configuración bidireccional, ósea de entrada de datos y salida de datos denominados PORTA y PORTB este microcontrolador tiene la característica de poseer un cristal configurable interno, el cual podemos seleccionar a la frecuencia de oscilación y si reduciendo la implementación en hardware y costos

El microcontrolador cumple las funciones que se le programa en su memoria mediante un código o lenguaje maquina este a su vez es realizado por un lenguaje de alto nivel mediante un compilador, que nos facilita el poder utilizar todas instrucciones que se refieran a los periféricos, bancos de memoria EEPROM y EPROM y poder seleccionar la velocidad de trabajo del mismo.

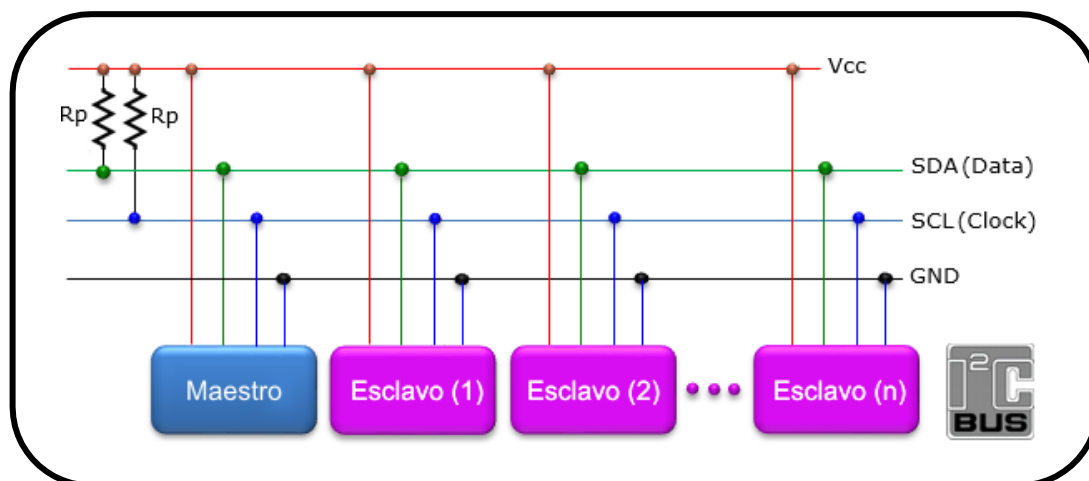
2.5.8. El Bus I2C

El bus de comunicaciones **I²C** es un protocolo de comunicación que se efectúa por medio de 2 hilos. que pueden conectarse diferentes dispositivos donde se denominan como maestros y esclavos.

El **I²C bus**, no tan sólo son dos cables, usados para realizar una transmisión bidireccional de datos entre distintos sistemas gobernados por microcontroladores de forma eficaz. Veremos, cómo podemos controlar un importante número de dispositivos con nuestro Arduino, aunque, no es fácil de dominar. Se trata de, un bus bidireccional que utiliza dos líneas, una de datos serie (SDA) y otra de reloj serie (SCL), que requiere resistencias de polarización a positivo (PULL UP). SCL es la línea de reloj, se utiliza para sincronizar todos los datos SDA de las transferencias durante **I²C bus**. SDA es la línea de datos. (EPA, 2012).

Figura 14

Configuración Maestro- Esclavo I2C



2.5.9. Las señales del bus de comunicación:

- **SCL** Llamada línea de los pulsos que sincronizan el reloj para la transmisión de información en el sistema o también llamada "**CLOCK**".

- **SDA (System Data)** Llamada línea por la que se envían los datos o información, comunicando los diferentes dispositivos conectados, también llamado **"DATA"**.
- **GND** Es el punto de conexión común de los circuitos electrónicos de los dispositivos que están conectados al bus.

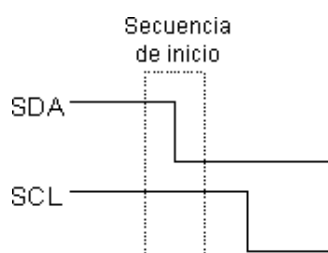
Si las dos líneas del bus se encuentran inactivas, se considera que están en un nivel lógico alto, el número de dispositivos que se pueden conectar es ilimitado, pero se tiene que considerar el número máximo de dispositivos conectados no exceda de los 400pF. Los valores de resistencias más utilizados están entre los valores de 1,8KΩ y 10KΩ.

2.5.10. Protocolo de comunicación del bus I2C

Los dispositivos que están conectados al bus, deben de seguir un protocolo de comunicación que se encarga de controlar el envío y recepción de información y están conformados de dispositivos maestros y esclavos, siendo solo los maestros capaces de iniciar una comunicación.

Figura 15

Secuencia de para envió de datos en Bus I2C



Como se mencionó anteriormente la condición para iniciar la transmisión es tener un bus libre y esto se logra cuando ambas señales están en un estado lógico alto, el dispositivo maestro puede iniciar la condición inicial o bit de (Start), esta condición se inicia cuando el maestro pone en estado bajo la línea de datos (SDA) pero deja en estado alto la línea del reloj (SCL).

Se empieza la transmisión con el primer byte en condición de inicio, este byte contiene 7 bits que indican la dirección del dispositivo con el que se desea comunicar y un 8vo bit que indica si la operación es de lectura o de escritura.

Cuando el dispositivo esta unido a la red recibe la transmisión, es dispositivo conectado dirección responde a los 7 bits (A0 a A6) indicando que se encuentra presente contestando con un en nivel lógico bajo, este bit se encuentra luego del octavo bit que fue enviado por el maestro.

El bit enviado por el maestro es el de reconocimiento (ACK) en estado bajo e indica al maestro que el esclavo está solicitando condiciones para poder comunicarse, cuando la comunicación se realiza y es buena, comienza el intercambio de información entre los dispositivos.

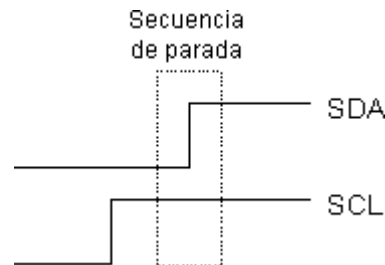
Figura 16 Señal de lectura y escritura en 12C



Cuando el bit de lectura o escritura (R/W) es colocado en nivel bajo, se considera (escritura), el maestro envía datos al esclavo. Esta comunicación se mantiene siempre y cuando se continúe recibiendo señales y lo siga reconociendo, si la transmisión finaliza también termina el envío de los datos.

Figura 17

Secuencia de parada



Si el bit de lectura o escritura se encontraba en nivel lógico alto (ósea de lectura), el “maestro” genera pulsos de reloj para permitir que el “esclavo” envíe datos. Después de recibir cada byte, el dispositivo maestro (quien recibe los datos) envía un pulso de reconocimiento. El dispositivo maestro puede liberar el bus mostrando una condición de parada (o STOP en inglés).

Si se quiere continuar transmitiendo, el dispositivo maestro puede generar una nueva condición de inicio en lugar de una condición de parada. Esta condición nueva de inicio se le puede llamar "inicio reiterado" y se puede utilizar para dirigirse a un dispositivo esclavo diferente o para cambiar el estado del bit de lectura o escritura.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EN LA COMUNICACIÓN I2C:

- **Maestro (Master):** Es el dispositivo encargado de controlar los tiempos y la dirección del tráfico en el bus de transmisión, es conocido como dispositivo maestro. Este dispositivo es el único que genera los pulsos de reloj para la línea SCL. Cuando se conectan múltiples dispositivos maestros en un mismo bus, se obtiene una configuración llamada "Multi-Maestro".
- **Esclavo (Slave):** Cualquier dispositivo conectado al bus que no tenga la capacidad de generar pulsos de reloj se considera un dispositivo esclavo. Estos dispositivos reciben señales de comando y pulsos de reloj generados por el dispositivo maestro.



- **Bus libre (Bus Free):** El estado en el que tanto las líneas “SDA” como “SCL” se encuentran inactivas mostrando un nivel lógico alto, es el único momento en el que un dispositivo maestro puede comenzar a utilizar el bus.
- **Comienzo (Start):** Ocurre cuando un dispositivo maestro toma el control del bus, creando la condición. En ese momento, la línea de datos del “SDA” se mantiene en un estado bajo y la línea de reloj “SCL” permanece en un estado alto.
- **Parada (Stop):** Un dispositivo maestro tiene la capacidad de generar esta condición, liberando el bus y la línea de datos como la línea de reloj adoptan un estado lógico alto.
- **Dato válido (Valid Data):** Esta situación ocurre cuando el dato en la línea “SDA” se mantiene estable al mismo tiempo que la línea “SCL” se encuentra en un nivel lógico alto.
- **Formato de Datos (Data Format):** La transmisión de información, mediante este bus implica el envío de 8 bits, (1 byte). Para cada byte transmitido en el bus, lo sigue un pulso de reloj este pulso sería el noveno, durante este tiempo el dispositivo receptor del byte debe generar un pulso de reconocimiento.
- **Reconocimiento (Acknowledge):** Es un pulso que se usa de reconocimiento, también llamado como “ACK”, esto se logra manteniendo la línea de datos en un nivel lógico bajo cuando se hace uso del noveno pulso de reloj.
- **Dirección (Address):** Para operar en este bus, se asigna una dirección de acceso individual y exclusiva designada por el fabricante. Algunos dispositivos permiten cambiar de la dirección de acceso, lo que posibilita la conexión de varios dispositivos del mismo tipo en un mismo bus sin dificultades de identificación. La dirección 00 se conoce como de “acceso general”, todos los dispositivos conectados al bus responden a esta dirección.
- **Lectura/Escritura (Bit R/W):** Los dispositivos tienen una dirección de 7 bits que son usados durante su direccionamiento del 8vo bit (El bit menos significativo), enviado el bit, completa el byte y puede especificar la operación a realizar; Si el bit está en estado



alto e dispositivo maestro puede leer los datos desde un dispositivo esclavo y si es bajo el dispositivo maestro puede escribir información en un dispositivo esclavo.

2.5.11. Transistores.

Como concepto de transistor podemos citar el significado de su nombre que tiene sus orígenes en las palabras **TRANSFER Y RESISTOR** que quiere decir "propiedad resistiva transferida".

2.5.12. Clases de transistores

- **BIPOLARES (BJT)** Cuando el control es por corriente.
- **UNIPOLARES (FET)** Cuando el control se hace por tensión.

La diferencia entre ambos tipos radica en la forma en que se controla el flujo de corriente. En los transistores bipolares que tienen una baja impedancia de entrada, se ejerce control mediante la inyección de una baja corriente o llamada corriente de base y en los transistores de efecto de campo que tienen una alta impedancia, se realiza mediante el voltaje que significa tensión de Gate. Los transistores que son utilizados en radiofrecuencia son transistores de potencia que van desde 30Dbm a 60Dbm y frecuencias que van entre 30-220Mhz.

2.5.13. Clases de amplificadores (PA)

Estos son dispositivos donde se consideran los parámetros que aumentan de manera proporcional con la frecuencia y que afectan su respuesta.

Los PA en un nivel bajo de señal y en frecuencias bajas o altas, estos PA se pueden hacer con diversos dispositivos, siendo los transistores los más utilizados y modelados como red de 2 puertos y son descritos por una matriz, de parámetros de dispersión o llamados parámetros " S" estos parámetros pueden ser medidos en un circuito de prueba, con líneas de 50Ω como entrada y salida aplicándole voltaje y corriente para ser polarizados. Los parámetros de impedancia (**Z**) y la admitancia (**Y**) son parámetros que no pueden ser



medidos directamente, estos requieren que las mediciones se realicen mediante un corto circuito o un circuito abierto y se asume que tiene una impedancia característica de salida de, $Z_o = 50 \text{ Ohm}$.

Los amplificadores de potencia se pueden dividir en dos grupos, (lineales y no lineales). Los amplificadores lineales pueden generar una potencia de salida proporcional a la potencia de entrada todo esto con una cantidad insignificante de energía. Por el contrario, los amplificadores no lineales operan cerca de la región de corte, con una cantidad significativa de armónicos generados además de la señal fundamental, lo que significa que la relación entre la entrada y salida de potencia ya no es proporcional. Los amplificadores de potencia pueden clasificarse en dos categorías de polarización y conmutación.

Los amplificadores de polarización de clase A, B, AB y C, se pueden clasificar en función del punto de trabajo. Los amplificadores de conmutación se clasifican según la configuración de la red externa que va conectada al transistor. Esta red actúa a altas frecuencias como un conmutador virtual que permite el paso libre de la señal fundamental y corta parte de la onda de los armónicos, principalmente del segundo y el tercer armónico. logrando pasar solamente una porción de la onda que se suma al armónico fundamental aumentando su potencia. Y los transistores de conmutación que actúan como un interruptor controlado por la señal de entrada.

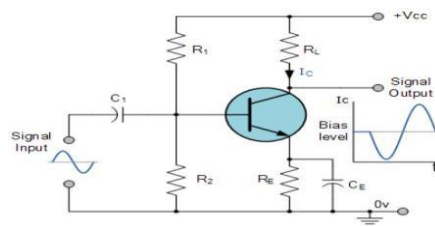
(Fernández Martínez, 2021).

Clase A: = 180 grados (conduce siempre).

Es uno de los tipos de amplificadores que son básicos y lineales. Esta configuración de tiene un ángulo de conducción de 360 grados, esto significa que su corriente de salida conduce durante el período de la señal que ingresa Esta señal se muestra en la salida y es la misma señal que entra solo que es invertida y amplificada lo que demuestra que tiene eficiencia como máximo del 50%.

Figura 18

Amplificador por división de tensión, Tipo A



Nota. (Fernández Martínez, 2021, pág. 18)

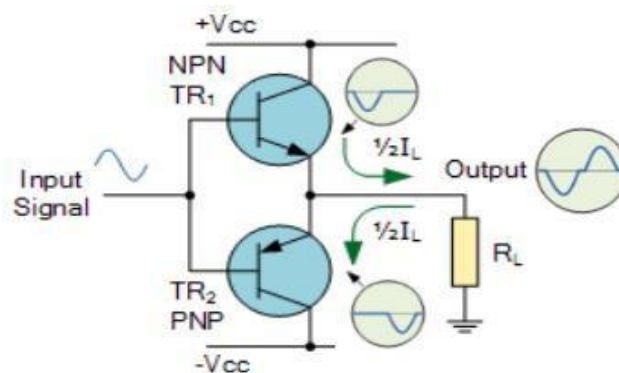
Clase B: $0 = 90$ grados (conduce medio periodo)

Cuando hablamos de la clase B, debemos mencionamos que la corriente circula solo durante la mitad del período de la señal de entrada, considerando que la tensión máxima de entrada y la tensión de polarización lo permiten.

Esta respuesta nos demuestra que es una operación que no es lineal, o con baja linealidad, pero teóricamente con eficiencia casi del 100%.

Figura 19

Amplificador clase B

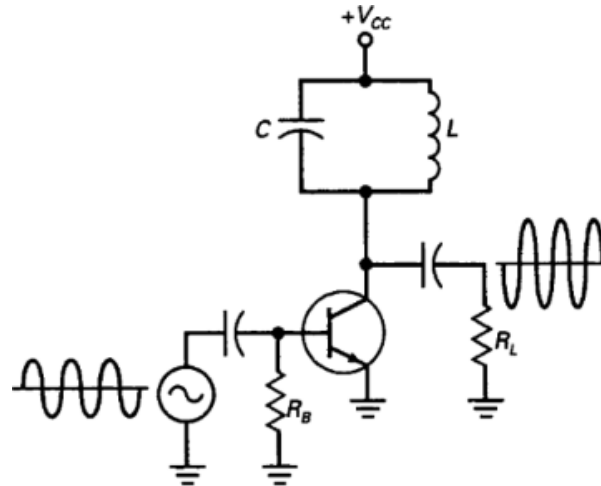


Clase C: Teta < 90 grados

Se suele emplear comúnmente en circuitos con sintetizadores, lo que lo convierte en un amplificador de potencia no lineal. Estos amplificadores tienen una alta eficiencia, lo que es deseable para poder utilizarlos. Tiene un ángulo que varía desde 0 a 180 grados.

Figura 20

Amplificador clase C

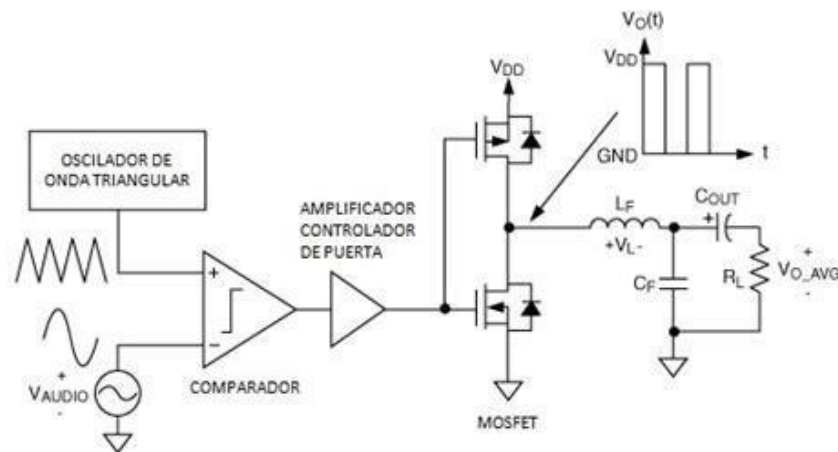


Clase D: Funciona en modo **ON-OFF**

Si es menor el ángulo su eficiencia es mayor y tiene baja linealidad

Figura 21

Amplificador clase D



2.6. Definición de los parámetros importantes del oscilador a PLL y amplificador.

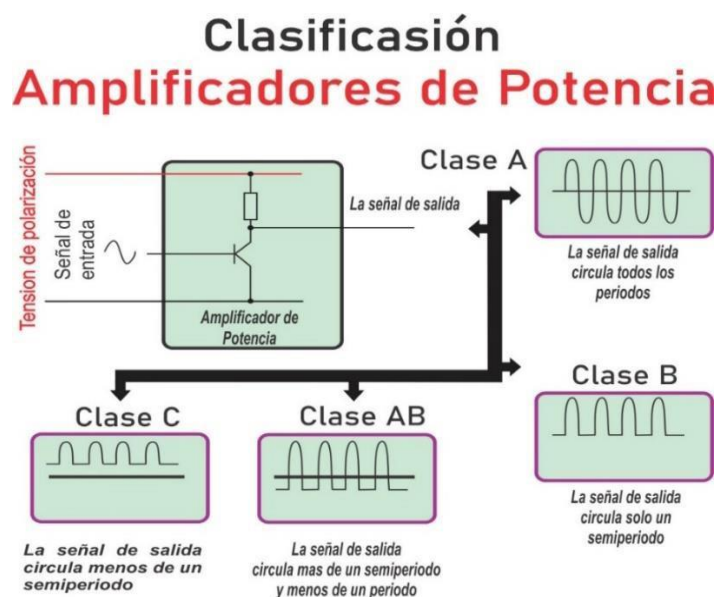
Es importante tener en cuenta los requisitos fundamentales de las características que dan resultados en el diseño y que se deben cumplir. Es necesario definir al iniciar algunas características en los parámetros más significativos del amplificador de bajo ruido que a continuación se mencionan.

Se considera el voltaje de alimentación, el consumo de corriente, la ganancia, la figura de ruido, la frecuencia de operación, el ancho de banda, se considera que las especificaciones que debe tener el diseño del amplificador:

- ✓ La frecuencia de trabajo.
- ✓ El ancho de banda 88-108 MHz.
- ✓ Se considera un ruido menor a 2dB.
- ✓ Se considera una ganancia mayor 15 dB.
- ✓ Voltaje de alimentación de 9 a 12.5 voltios, con consumo de corriente menor a 10mA.

Figura 22

Clasificación de amplificadores de potencia.





2.7. Amplificador. (PA)

Un (PA) puede lograr obtener una eficiencia teórica del 100% en la salida, cuando el PA entra en saturación y el transistor pasa a estar en corte, se genera una forma de onda cuadrada en la tensión y una forma de onda sinusoidal que se rectifica en corriente. Estas dos señales no se superponen, lo que reduce la potencia de disipación en el transistor, que actúa como un conmutador.

Esta señal cuadrada solo mantiene armónicos impares, mientras que la señal sinusoidal contiene armónicos pares. Sin embargo, en un PA no es conveniente tener armónicos eso nos indica la teoría.

Para este proyecto, se siguen los principios de funcionamiento básicos proporcionados por el fabricante, los cuales pueden lograr obtener objetivos deseados para la forma de onda y también para la tensión como para en corriente. Es conveniente buscar un transistor que cumpla con nuestros requerimientos y utilizar así su punto óptimo de trabajo, conocido como punto Q.

2.7.1. Consideraciones básicas para el diseño.

Antes de comenzar con el diseño de cualquier tipo de amplificador, es necesario establecer las características necesarias, como son la ganancia, el punto de compresión a 1dB, el ruido y la intermodulación. Posteriormente se debe determinar su función dentro del sistema al que pertenece, ya sea para transmisión, recepción, bajo ruido o alta potencia y luego decidir su clase (A, B, AB, C).

Una vez establecidos estos parámetros, el siguiente paso es la selección de un transistor adecuado para determinar el punto de operación apropiado, también se considera el diseño de una red de polarización que es importante para entender la estabilidad del amplificador y poder identificar si es necesario agregar elementos para mejorar su desempeño.



Luego, se procede a desarrollar la red de adaptación para la "entrada" como para la "salida" y se podría hacer las simulaciones del comportamiento del circuito. Revisando que cumpla con los objetivos deseados, como son la ganancia o el ancho de banda, o si se necesitara amplificar en una región específica, la solución puede implicar el diseño de filtros paso bajo, paso alto o pasa banda según las necesidades.

Para finalizar el diseño es necesario desacoplar la señal de radiofrecuencia de la corriente continua para evitar afectar al propio circuito o a circuitos cercanos. Esto implica la agregar de varios elementos como bobinas, condensadores, líneas de transmisión o dispositivos de desacoplo.

Una vez completados todos estos pasos se puede realizar la simulación exhaustiva para observar los parámetros establecidos como también los objetivos y poder ajustar la red de adaptación para mejorar los resultados y concluir el diseño.

2.7.2. Las características de un amplificador y su clasificación.

Como ya se mencionó anteriormente para empezar el diseño de un amplificador se deben de considerar datos que son necesarios, lo primero necesitamos saber las características que debe de tener y esto implica por lo tanto conocer su finalidad.

2.7.3. Como elegir el transistor.

El transistor elegido debe considerar varios factores como son que opere dentro del rango de frecuencias de 88,0 a 108.0 MHz, que es el margen relevante para nuestro caso. también debemos considerar que es un diseño para un amplificador de potencia y es fundamental seleccionar el transistor adecuado, el siguiente paso implica elegir el transistor que puede ser un FET o MOSFET ya que presentan bajo factor de ruido.

2.7.4. Elección del punto de trabajo.

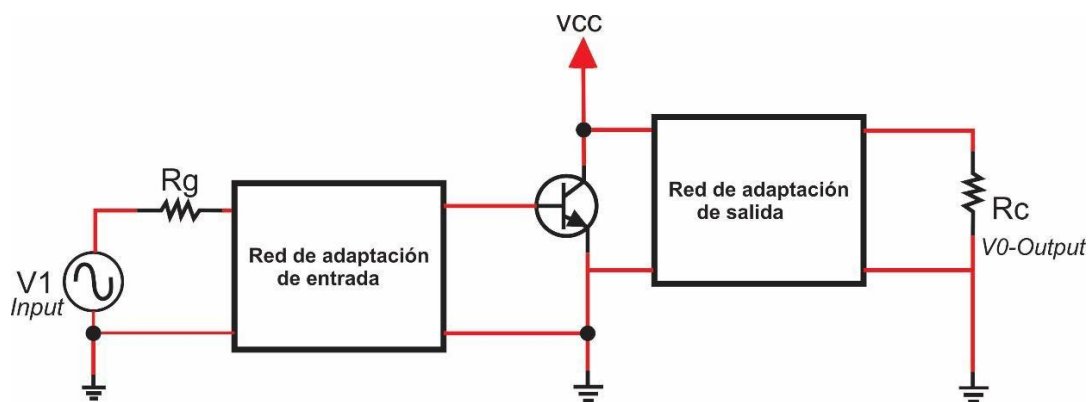
Para elegir el punto de trabajo y realizar el diseño de un amplificador es importante determinar el voltaje de operación, para este diseño se considera trabajar con 12.5 voltios DC para el transistor y este logre tener una buena amplificación.

2.7.5. Red de adaptación

La red de adaptación permite ajustar la entrada y la salida del transistor a los coeficientes de reflexión necesarios para cumplir con las características de la amplificación. La red de adaptación puede ser creada con componentes discretos, en el caso de ser reactivas y no contener resistencias, utilizando únicamente bobinas y condensadores.

Figura 23

Red de adaptación



2.7.6. Transistor de RF cargada con una red sintonizada.

Si la corriente de polarización es constante la componente de corriente continua y fluye por el inductor de radiofrecuencia mientras que la componente de corriente alterna es dirigida a través del condensador de acoplamiento hacia la carga y esta bloquea la corriente continua.



La corriente que pasa por bobina o choque que polariza el colector (los choques de radio frecuencia) el cual evita que la señal de corriente alterna se vaya a la fuente, para el análisis del amplificador lo podemos dividir en 2 secciones para DC y en AC.

El análisis que se hace en DC es para obtener su punto de polarización y ver en qué región trabaja el transistor y su punto más optimo. El Análisis que se hace en AC es para ver su ganancia y para ver su respuesta en frecuencia, hay que recordar que el análisis en AC para las fuentes de alimentación de corriente directa se transforman en tierra, por lo cual si se analiza una señal AC que entre por la base y salga por el colector, evita que vaya a tierra si esto pasa no se tendría señal en la salida del colector se pone la bobina, esta evitara alta impedancia, la bobina y un capacitor a la entrada y otro de salida, estos tendrán una reactancia muy pequeña casi cero a la frecuencia de operación a lo que estátrabajando el amplificador.

Teniendo el circuito en emisor común, con bobina al colector y transistor de entrada y la salida en la base del transistor se pone un choque de radiofrecuencia aquí alimenta la base con un nivel de polarización de un mínimo voltaje. que va a polarizar la base con el emisor y es recomendable poner el choque de RF de la base el mismo valor con el inductor o bobina de aire que va al colector, evitando que la señal de corriente alterna no se vaya a la base y salga por el colector a la carga.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño aplicado a la investigación

➤ **Aplicativo**

Podemos usar el diseño de circuitos electrónicos para alcanzar el control de la frecuencia en un oscilador con PLL que se pueda programar.

➤ **Experimental**

Este método facilita la exploración y nos permite la experimentación de aspectos específicos de la realidad que no han sido exhaustivamente analizados.

3.2. Método.

En este trabajo de investigación donde se ha empleado el método científico para abordar el objeto de estudio. Este método nos permite identificar el problema y recopilar datos a través del método de la observación, donde podemos medir y obtener datos experimentales, para luego realizar pruebas y poder formular hipótesis que luego de ser analizadas se pueden mejorar y corregir.

3.3. Técnicas e instrumentos.

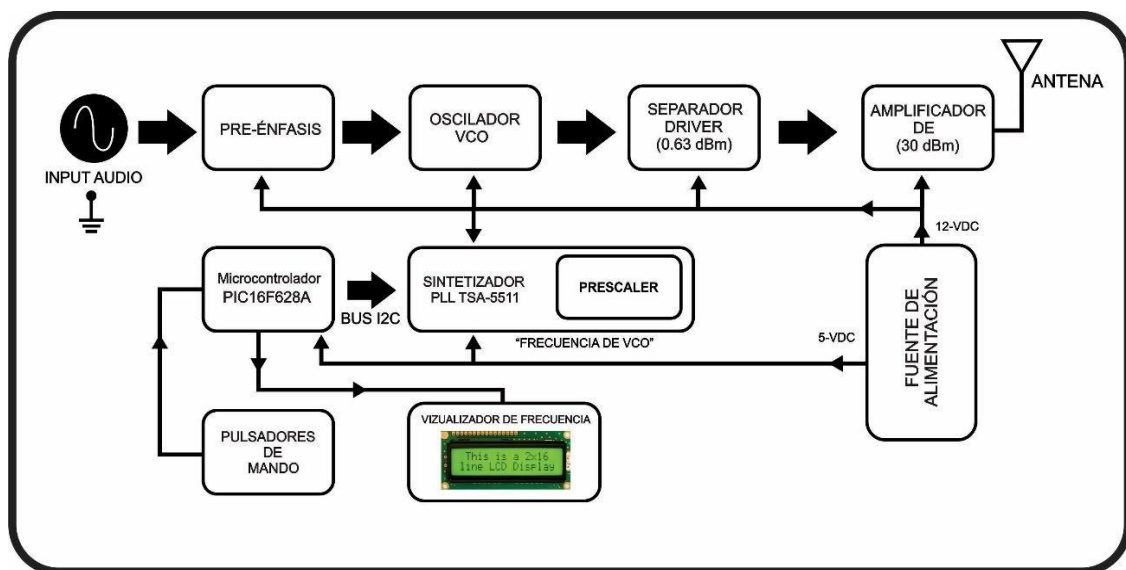
Se ha elaborado un oscilador como herramienta de investigación. que tiene una etapa una etapa analógica y otra digital que nos permite generar y variar frecuencias para

la banda FM, Con este circuito podemos seleccionar una frecuencia mediante pulsadores y guardar los cambios en la memoria EEPROM del microcontrolador para que este se comunique con el PLL y envíe un voltaje de control al Oscilador (VCO) y este estabilice y amplifique una frecuencia en su punto de operación en la banda de FM.

3.4. Proceso método lógico:

Figura 24

Diagrama del proceso para controlar frecuencia en banda de FM.



3.4.1. Pre-énfasis

Es un dispositivo que se utiliza para controlar cualquier oscilador de FM, en el cual se introduce la señal de audio o un micrófono. Esta entrada provoca un aumento en el nivel de modulación que es proporcional al incremento de la amplitud de ruido para esas frecuencias durante la modulación, con el objetivo de mantener una relación constante a lo largo de toda la banda de transmisión.

3.4.2. Oscilador VCO

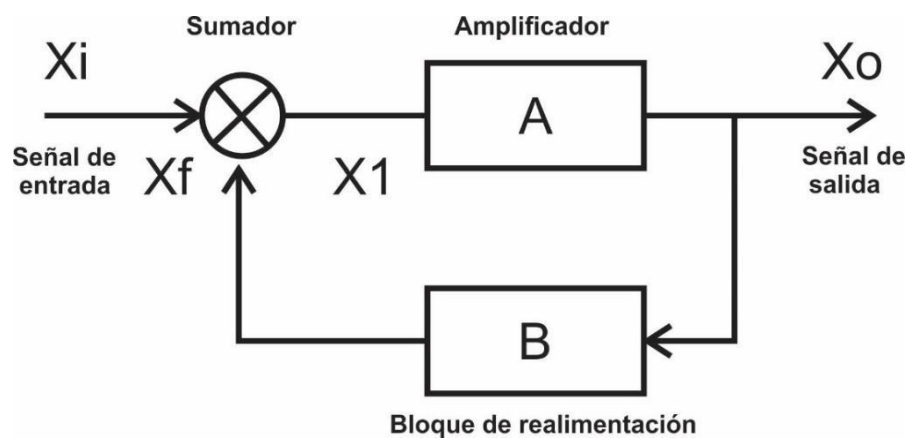
Es un modelo de oscilador que genera señal en una frecuencia variable controlada por un voltaje. La frecuencia del VCO cambia en función de la entrada de voltaje. Se utiliza en diversas aplicaciones, como en sintetizadores de música, sistemas de comunicaciones, radares y otros sistemas electrónicos.

3.4.3. Realimentación de los circuitos de osciladores y determinar su análisis de estabilidad.

Una de las formas de determinar la condición de oscilación en un circuito es a través de las teorías de retroalimentación. Para un oscilador que está compuesto principalmente por un circuito amplificador A y una red de realimentación B. El esquema del circuito sería el siguiente:

Figura 25

Función de transferencia



$$A_f = \frac{X_0}{X_i} = A \frac{X_1}{X_i} = \frac{A(X_i + X_f)}{X_i} = A + A \frac{X_f}{X_i} \text{ Donde : } X_f = \frac{X_0}{B}$$

$$A_f = A + AB \frac{X_0}{X_i} \text{ por lo tanto } A_f = \frac{A}{1 - AB}$$

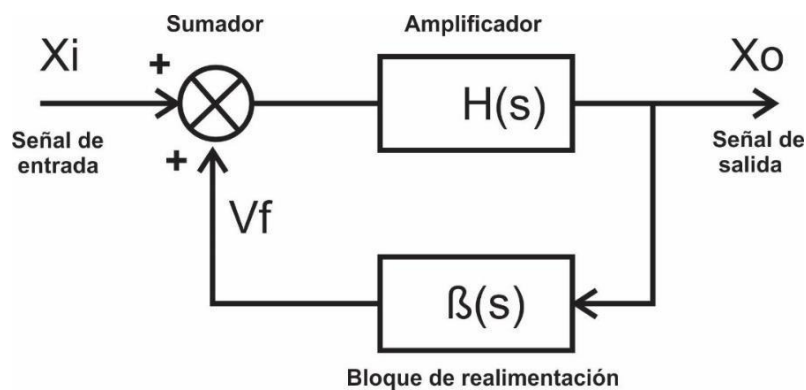
Para que un circuito pueda funcionar como un oscilador, debe cumplir ciertas condiciones, como por ejemplo que X_i sea igual a cero. Si X_i es igual a cero, significa que no hay señal de entrada y si se obtiene una señal de salida específica, esto indica que la ganancia del sistema deberá ser infinita. Para lograr esto, la ecuación $1 - AB = 0$ debe cumplirse que AB debe ser igual a 1, lo cual es la condición de oscilación (donde AB

representa la ganancia a lazo abierto del sistema). Esta condición resulta ser necesaria. La relación " $AB = 1$ " se conoce como el **Criterio de Barckausen**

El sistema de retroalimentación básico, representado en la figura anterior, con $A(S)$ "bloque de amplificación". Como la ganancia del amplificador y $B(S)$ "bloque de realimentación" y el factor de la línea de retroalimentación, tiene una ganancia a lazo abierto del sistema dada por $H(S)$. Esto se debe a que es la ganancia entre la entrada y la salida cuando la línea de retroalimentación se encuentra abierta, es decir, cuando ($V_f = 0$).

Figura 26

Circuito de retroalimentación



Según: (Álvarez Simón, 2010)

La retroalimentación negativa (deseable en el diseño de sistemas estables) sucede cuando la señal de retroalimentación (V_f) es sustraída de señal de entrada cuando ambas señales se suman ocurre la retroalimentación, positiva (deseable en el diseño de osciladores). Por lo tanto, el hecho de que ocurra retroalimentación positiva o negativa dependerá de la fase de (V_f), la cual está determinada por el desfase que produzca la ganancia de lazo $A(s) B(s)$. Por lo tanto, para que exista retroalimentación positiva se deberá asegurar que el desplazamiento en fase asociada a la ganancia del lazo $A(s) B(s)$ sea igual a 0 o múltiplo de 360° de tal manera que las señales V_{in} y (V_f) de la figura se encuentran en fase. (pág. 8).

3.4.4. Función de transferencia

Según: (Álvarez Simón, 2010)

Para el caso de osciladores, una señal de salida debe existir sin una señal aplicada a la entrada así con $V_{in} = 0$ en la figura (26). sugiere que una señal de salida V_{out} finita solo es posible si el denominador es igual a cero. de manera que

$$A(s) B(s) = 1$$

Esta ecuación establece que la ganancia del lazo debe ser igual a 1 para que las oscilaciones sean posibles; En resumen, si un circuito retroalimentado como el de la figura 26 tiene una ganancia de lazo que satisface las siguientes condiciones:

$$| A(s) B(s) | \geq 1$$

$$\angle A(s) B(s) = \pm n 360^\circ \text{ donde } n = 0, 1, 2, \dots$$

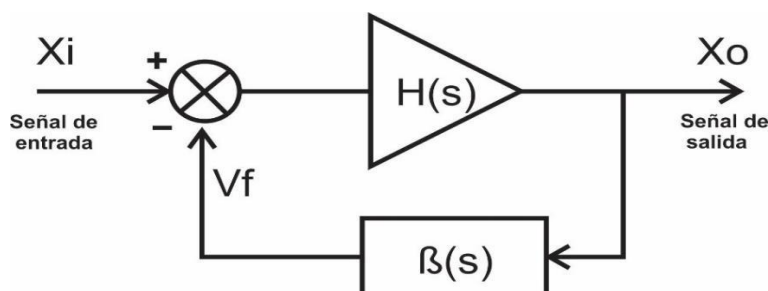
Entonces el circuito puede oscilar, estas condiciones son conocidas como "criterio de Barkhausen" y también se debe mencionar que el criterio de la base podría también estar determinado como:

$$\angle A(s) B(s) = \pm n 180^\circ$$

Si el sistema tiene una retroalimentación negativa a baja frecuencia, es decir que produce un desplazamiento de fase de 180° en DC en el trayecto del lazo, la cual está representada con la sustracción en la siguiente figura: (Pág. 9).

Figura 27

Diagrama de Realimentación negativa a baja





- $A(s)$: Muestra la ganancia del amplificador.
- $A(f)$: Muestra la ganancia para un lazo cerrado.
- $B(s)$: función de transferencia de una red con realimentación.

Según: (Álvarez Simón, 2010)

Cualitativamente, y desde el punto de vista de la localización de los polos, sabemos que las oscilaciones ocurren cuando un sistema contiene dos polos complejos conjugados sobre el eje imaginario. no obstante, en un oscilador electrónico estos no se encuentran exactamente sobre el eje imaginario. Esto se debe a los mecanismos no lineales de la ganancia del lazo. (PP.9-10).

De acuerdo con: (Álvarez Simón, 2010)

“En conclusión, para que las oscilaciones inicien, el circuito deberá ser inestable. una vez provocado esto. Los criterios de Barkhausen pueden ser usados para predecir de una manera aproximada a la frecuencia fundamental.” (Pág. 10).

Un sistema de retroalimentación positiva es **MENOS ESTABLE**, en comparación, con un sistema de retroalimentación negativa. Tanto el sistema de retroalimentación positiva como el negativo poseen sus propios dominios operativos según las ventajas y desventajas que ofrecen la realimentación positiva mejora la ganancia general del sistema, pero reduce la sensibilidad del sistema. Mientras que la realimentación negativa muestra **ALTA ESTABILIDAD**, pero disminuye la ganancia del sistema.

3.4.5. *Separador, driver*

Se trata del primer amplificador diseñado para elevar el nivel de la señal sin producir una gran cantidad de armónicos ni interferencias llamadas espurias que puedan afectar a otras bandas.



3.4.6. Amplificador de 30 DBM

Cuando hablamos de un amplificador de potencia que tiene una ganancia de 1Miliwatio (mW) en relación a 30 Dbm. que, en términos de potencia, equivale a aproximadamente 1 vatio (W), esto nos permite tener un uso adecuado para aplicaciones que requieren una amplificación significativa de la señal, como sistemas de comunicación de alta potencia.

En esta etapa se muestra la salida de RF final y cómo funciona en clase "C" consiguiendo rendimiento de 60 al 95 %.

3.4.7. PREESCALER

Se trata de un circuito que se emplea para reducir la frecuencia de una señal, cuenta con una frecuencia de referencia y puede ser ajustado para generar frecuencias de 1, 5, 10, 25, 50 y 100 kHz. Además, dispone de un bus de datos que utiliza el protocolo I2C para la transmisión de información y datos.

3.4.8. Fuente de alimentación

Es sistema que suministra electricidad a los dispositivos electrónicos en Corriente continua (DC), para alimentar al circuito que se conecta.

3.4.9. Visualizador de frecuencia

Es un dispositivo con pantalla de cristal líquido de filas y 16 columnas que se utiliza para mostrar información de un proceso y es controlador generalmente por un microcontrolador.

3.4.10. Pulsadores de mando

Son dispositivos mecánicos que se utilizamos para seleccionar, activar o desactivar una función pre establecida programada en un microcontrolador.

El oscilador de RF es un circuito que produce una señal en radiofrecuencia continua, utiliza componentes como resistencias condensadores e inductores para

generar y mantener una frecuencia deseada, esta señal se utiliza en diversas aplicaciones como comunicaciones inalámbricas y transmisión de datos.

Para modular cualquier oscilador de comunicaciones en FM, VHF, UHF. Se requiere. regular la entrada de cualquier tipo de modulador procedente de una consola o fuente de audio.

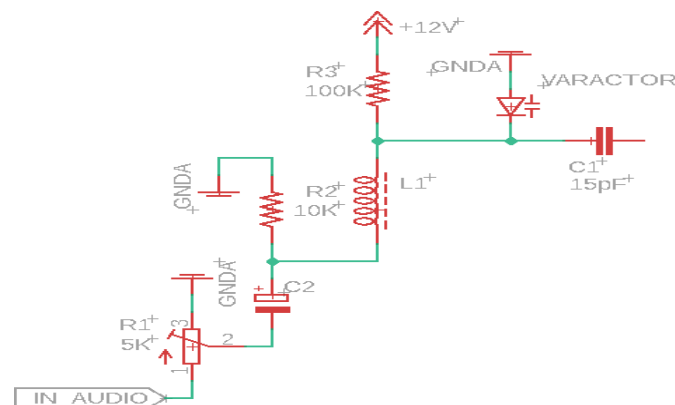
3.4.11. El Pre-énfasis.

El preénfasis se utiliza para modular cualquier oscilador de FM, donde se introduce la señal de audio o desde un micrófono. Esto ajusta el nivel de modulación en proporción directa al aumento de amplitud de ruido en esas frecuencias durante la modulación, con el fin de mantener una relación constante en toda la banda de transmisión para la banda de FM. Se establece un ancho de banda con una desviación máxima de (± 75 kHz).

Si vamos más allá estamos generando interferencia al canal vecino, esta señal debe primero nacer dentro de estos límites la señal de entrada que ingresa por un trimpot de $10k\Omega$ y pasa a un filtro de $4.7\mu F$ de allí a una resistencia de $10k\Omega$ a tierra de desacoplo y entra a un choque de $22\mu H$ que filtra dicha señal, llegando a un punto donde se requiere modular con un diodo varactor.

Figura 28

Preénfasis del Oscilador





Cuando ocurre la modulación de este oscilador emplea un diodo de capacidad variable conocido como varicap, el cual puede variar electrónicamente su capacidad de unión con facilidad. Esta variación se logra simplemente cambiando la polarización inversa del diodo. esta polarización de manera inversa se comporta como como un capacitor cuyo valor de capacidad varia con la tensión de polarización.

Cuando se le aplica una tensión inversa a este diodo se abre y el circuito se muestra como un capacitor y una resistencia en serie como es característico en la polarización, pero una tensión de cero voltios en el diodo que presenta una capacidad de 39pF y de 40pF hace que ese valor disminuya a medida que la tensión de polarización inversa aumenta la señal y pasa por un condensador de 18pF que es un condensador de acoplo.

La frecuencia que se está generando tiene un condensador de 15pF que desacopla la señal y que llega a la bobina variable de "230.77 nH" hasta a "286.4 nH" que abarca toda la banda de radiodifusión la cual hace enganchar al oscilador, esta señal llega al primer transistor 2sc930 por la base y de esta sale un condensador de 47pF al emisor que sirve para fijar dicha frecuencia y un condensador del emisor a tierra de 47pF para cancelar la realimentación negativa.

La señal de salida ingresa al segundo transistor, dicha señal de amplificación sale por el emisor al driver, por intermedio de un condensador de 100pF del emisor sale una resistencia de 100Ω que va a una resistencia de 12K que alimenta al primer transistor del oscilador, también a la entrada de dicha resistencia de 12K se desacopla dicha señal con una resistencia de 470Ω y un condensador de 1nF (102) a tierra, donde se cumple el criterio de Barkhausen.

Al llegar al transistor al pin de base el (Q1, C930) del oscilador, el condensador de emisor a tierra es para cancelar la realimentación negativa del emisor a tierra en condensador qué de 47pF que va de base a emisor es para que oscile y esta se da



entre base y emisor, también ayuda a fijar la frecuencia acopla a la segunda etapa que se polariza por el colector y por el emisor por la resistencia de 100Ω y el condensador de $1nF$ y la resistencia de 470Ω que desacopla la señal.

Esta señal pasa por una resistencia de $12k\Omega$ a la base del (Q2, SC930) que es la retroalimentación positiva del oscilador, el cual se repite la secuencia de oscilación por el emisor de Q2, la señal de RF procedente del oscilado es enviada por intermedio de un condensador de acoplo de $100pF$ a la etapa siguiente o llamada (Drive) o separador del oscilador y la amplificación, Compuesta por una etapa de clase A con el fin de incrementar el nivel de la señal.

Si generara una gran cantidad de armónicos, podría provocar interferencias , en otras bandas con de señales de ($- 10 dB$) procedentes del oscilador, la señal es enviada a la primera etapa del amplificador, el transistor (Q3-C930) con el circuito asociado en esta etapa la base se encuentra polarizada mediante la red resistiva formada (R11- 2.3Ω), (R12- $10K\Omega$) que polariza la base de la base va una resistencia R13 a masa que desacopla la señal que ingresa a la base del transistor, el voltaje del colector se obtiene a través de una bobina o un choque de RF conectado en el colector para impedir que la señal de RF que se genera lleguen hacia la fuente de alimentación esto hace que A medida que la frecuencia aumenta, la inductancia aumenta su propia reactancia inductiva. Desde este colector, se conecta un condensador de acoplamiento de $47pF$, el cual permite el paso de la señal alterna y bloquea cualquier señal continua.



CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación

Los condensadores C14 Y C15 de acoplo y desacoplo son variables y sintonizan la frecuencia fundamental también sirven para amplificar a la siguiente etapa de amplificación además de tener una salida de +15 Dbm.

4.1.1. Hallando el valor de la inductancia para el VCO

Para determinar el valor de la bobina o llamada (Inductancia), que es un componente eléctrico pasivo que almacena energía eléctrica en forma de campo magnético.

Los inductores se utilizan principalmente en equipos electrónicos de corriente alterna (C.A).

$$L = \frac{d\phi}{di} \quad (12)$$

4.1.2. Como funciona el inductor

Un inductor resiste una corriente cambiante, esto significa que un inductor no le gusta que la corriente alterna pase a través de él, solo le gusta pasar corriente continua

$$X_L = \omega L \quad (13)$$

- La fórmula de la señal en CA está definida en frecuencia por:

$$\omega = 2\pi f \cdot f \quad (14)$$

- Donde:

L= es la inductancia del inductor



La fórmula mencionada indica que la reactancia de un condensador se incrementa a medida que la frecuencia de la señal aplicada aumenta. A 0 Hz, un inductor no presenta reactancia, la reactancia es la resistencia de un componente electrónico a una señal AC cuando el campo magnético alrededor de la bobina del inductor cambia con el tiempo, se produce un voltaje a través de los cables del inductor esto se denomina EMF de respaldo (campo electromagnético), este EMF de respaldo tiende a oponerse al aumento de corriente en la bobina del inductor.

$$V = -L \frac{di}{dt} \quad (15)$$

4.1.3. Descripción del procedimiento

Para saber si la bobina que utilizaremos en el VCO cumple con los requerimientos que necesitamos, podemos utilizar un equipo de medición (Nano-VNA) este puede medir varios parámetros de un circuito como la impedancia, la magnitud y fase de la reflexión y transmisión, la respuesta en frecuencia, la ganancia y el coeficiente de onda estacionaria (SWR), para este caso lo calibramos para medir inductancias (Bobinas) obteniendo las siguientes mediciones.

Colocamos una resistencia de 50Ω en serie a la bobina a medir, que trabajara en el oscilador para luego hacer un barrido en frecuencia y poder analizar el comportamiento de la bobina en la banda de FM, mediante la carta de Smith para esto utilizaremos el software del equipo (Nano-VNA Saver) con el que extraemos las imágenes y podemos ver los datos obtenidos como se ve en la figura.

Figura 29

Comportamiento de la bobina en la banda de FM

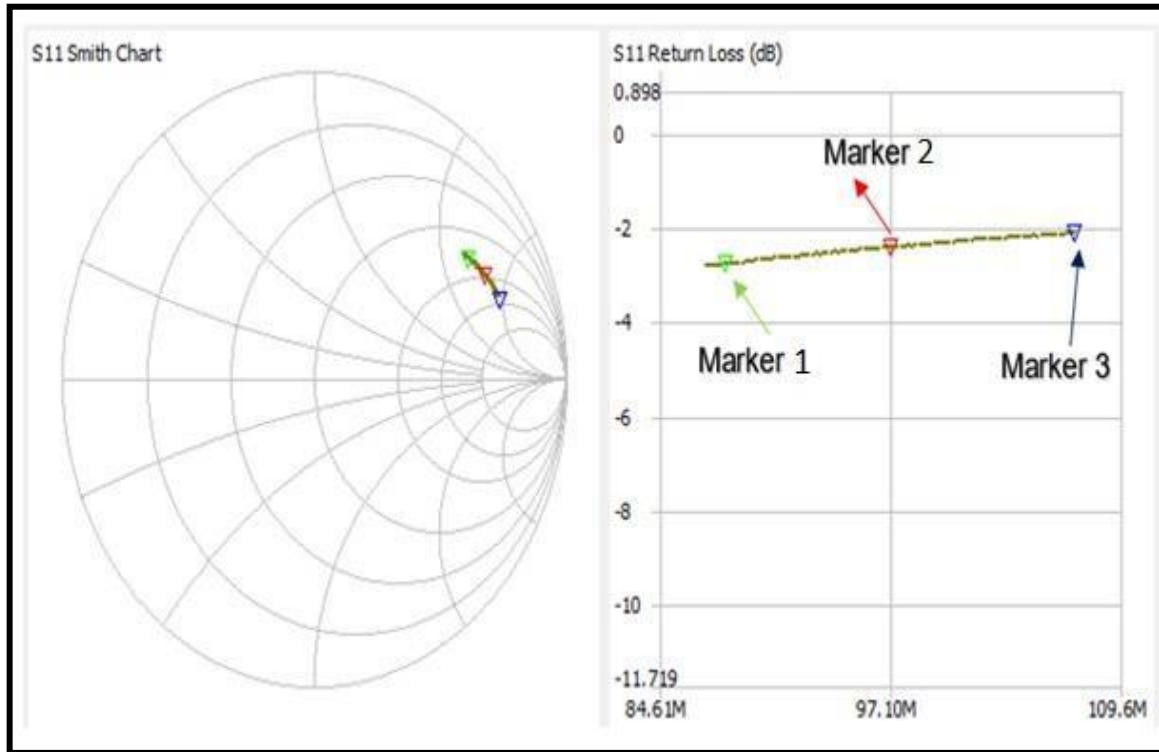


Figura 30

Marcadores mostrando rango de trabajo de la bobina para VCO

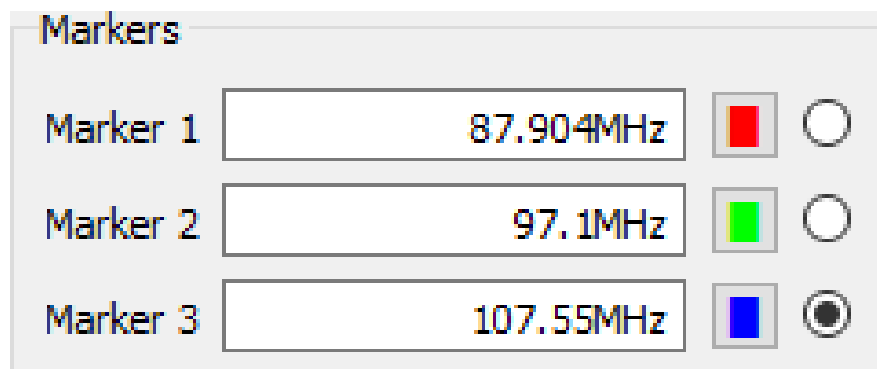


Figura 31

Marcadores con valor de bobina en frecuencia

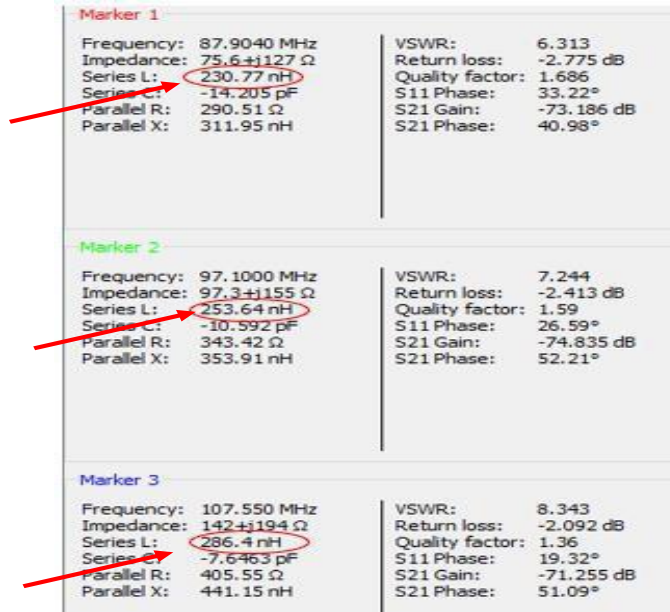


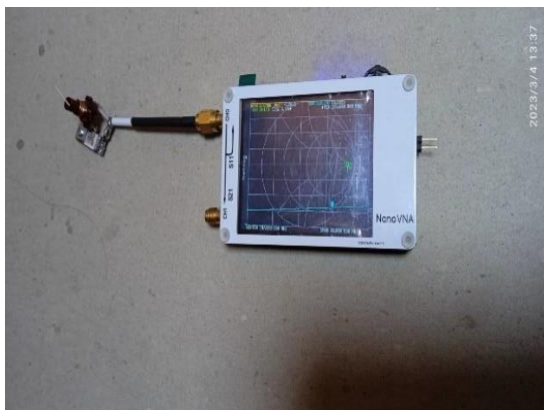
Tabla 2

Valores para bobina en el VCO

VALORES DE TRABAJO PARA BOBINA EN VCO	
* 88.00 > Mhz (Frecuencia. Inicial FM)	230.77 nH
* 97.10 > Mhz (Frecuencia. Intermedia)	253.64 nH
* 108.00 > Mhz (Frecuencia. Final FM)	286.4 nH

Figura 32

Respuesta en frecuencia de Inductor en Banda de FM mostrada en Nano-VNA



4.2. Análisis del oscilador

Figura 33

Diagrama esquemático del Oscilador para el VCO

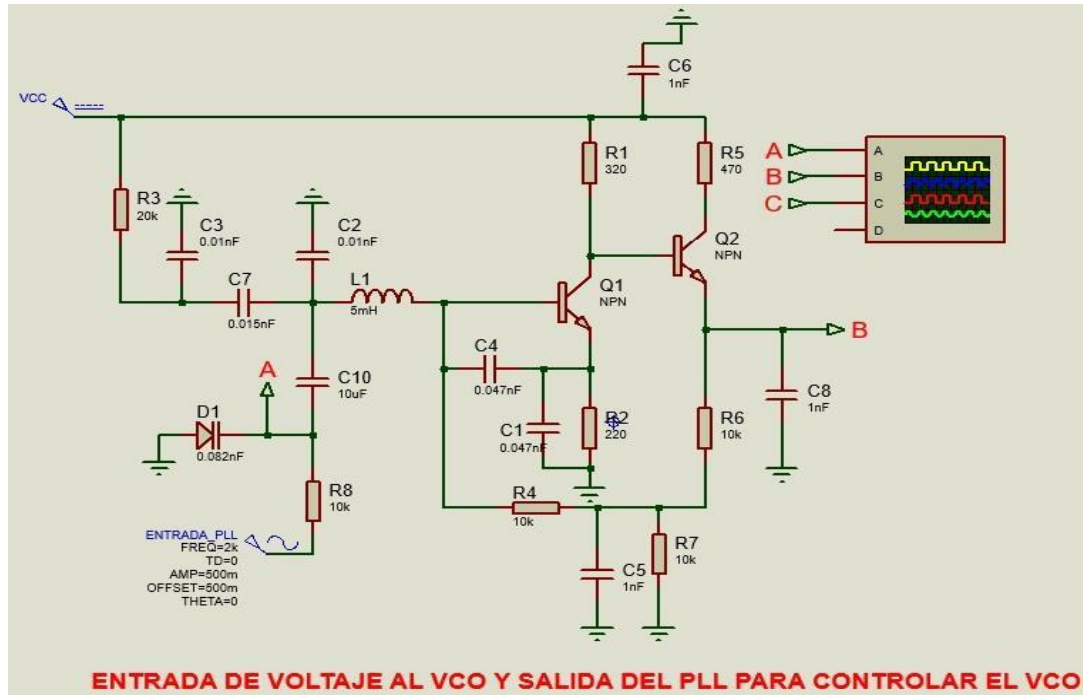
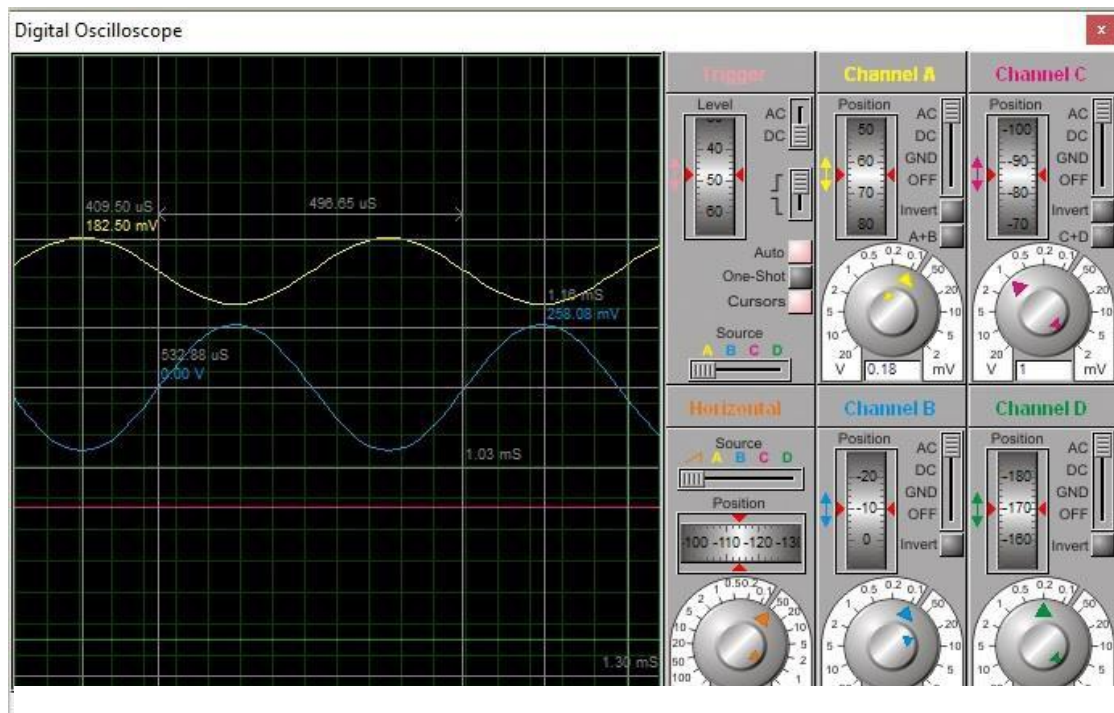


Figura 34

Señal de Oscilador para "VCO" en osciloscopio



Como se aprecia en la imagen podemos ver la señal de salida que tiene un periodo de $T=496.65\mu\text{S}$ generando una frecuencia de 2Khz , esta frecuencia se mantiene debido a que ingresa por la entrada del oscilador un voltaje que proviene del PLL que controla la salida del VCO, para comprobar la frecuencia aplicamos la siguiente relación:

$$\frac{E}{T} = 1 ; \quad \text{despejando}$$

$$F = \frac{1}{496.65} = 0.00201 \approx 2\text{Khz} \quad (16)$$

También podemos ver en la pantalla del osciloscopio que la señal de entrada que es de 2khz a 500mV se amplifica de (182.50 mV a 258.08 mV) manteniendo la señal que genera el VCO.

4.2.1. Realimentación de los circuitos de osciladores y determinar su análisis de estabilidad.

La realimentación de los circuitos osciladores nos permite evaluar este proceso, si el oscilador puede o mantener una frecuencia y amplitud constante a lo largo del tiempo, o si tiende a desviarse o perder estabilidad.

Figura 35

Parámetros de muestreo

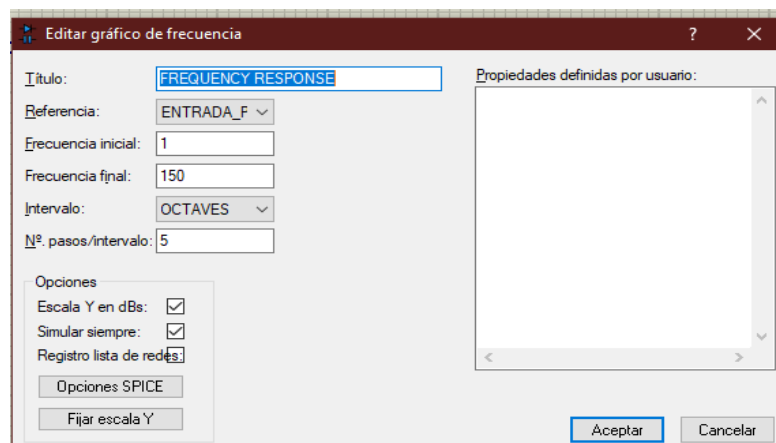
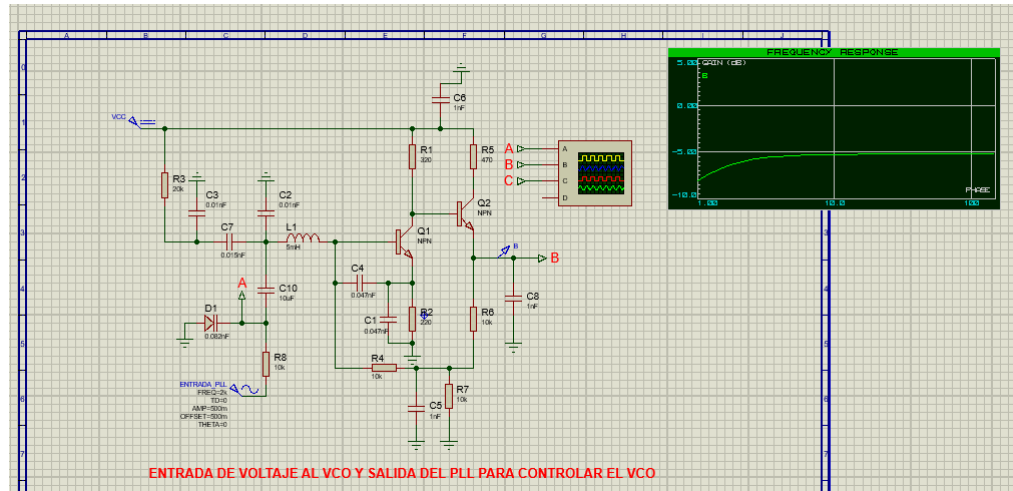


Figura 36

Simulación con análisis de estabilidad

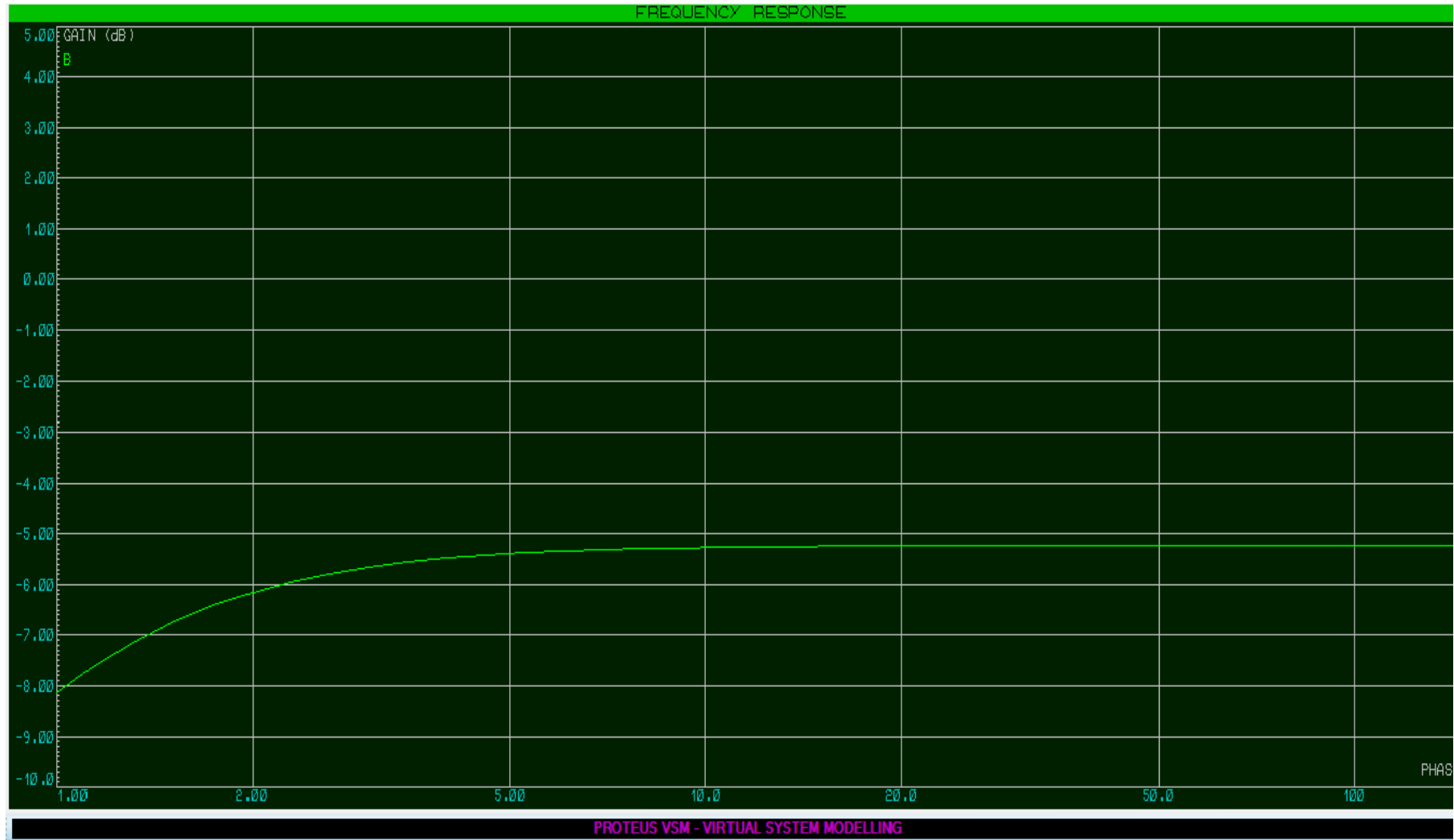


En la simulación se muestra el análisis de respuesta en frecuencia, donde se puede apreciar que si variamos la frecuencia de entrada del oscilador y se mide la amplitud con la fase de la señal de salida podemos construir un diagrama de Bode que muestra la ganancia y el desfase del oscilador en función a la frecuencia. El margen de fase se calcula como la cantidad de fase adicional que se puede añadir a la señal de salida, antes que produzca una oscilación no deseada. El margen en ganancia se calcula como la cantidad de ganancia adicional que se puede añadir al oscilador antes de que se produzca una oscilación no deseada.



Figura 37

Análisis de estabilidad



Nota. (Software Proteus)

4.3. Amplificación, etapa de transistores:

En la electrónica, los amplificadores de señal son dispositivos comúnmente utilizados debido a su capacidad para aumentar una señal de entrada relativamente pequeña, como la proveniente de un sensor, amplificándola a una señal de salida mucho más potente, que puede utilizarse para realizar un circuito electrónico controlado.

Existen diversos tipos de circuitos electrónicos designados como amplificadores, que van desde amplificadores operacionales y amplificadores de señal pequeña hasta amplificadores de potencia y señal grande. La clasificación de un amplificador depende del tamaño de la señal sea pequeña o grande, su configuración física y su modo de procesar la señal de entrada.

Figura 38

Tipos de clasificación de un amplificador

Tipo de señal	Tipo de configuración	Clasificación	Frecuencia de operación
pequeña señal	Emisor común	Amplificador Clase A	Corriente continua (CC)
señal grande	Base común	Amplificador Clase B	Frecuencias de audio (AF)
	Colector común	Amplificador Clase AB	Radiofrecuencias (RF)
		Amplificador Clase C	Frecuencias VHF, UHF y SHF



4.4. Diseño del amplificador

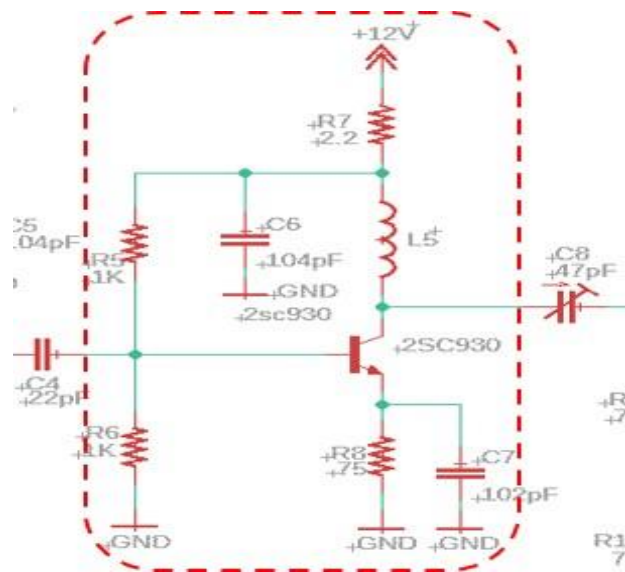
En radiofrecuencia, los amplificadores de clase AB se utilizan para amplificar señales de baja potencia, como las señales de radio. Los amplificadores de clase AB en radiofrecuencia funcionan de manera similar a los amplificadores de clase AB utilizados en audio, pero están diseñados específicamente para trabajar con señales de alta frecuencia.

Estos amplificadores tienen un circuito de polarización que permite que circule una cantidad pequeña de corriente y que esta circule a través de la salida, incluso cuando no hay una señal de entrada, esto evita la distorsión en la señal y permite que el amplificador tenga una buena calidad. Estos amplificadores utilizan comúnmente en la modulación de frecuencia (FM) para amplificar señales de baja potencia de los transmisores de radio antes de su transmisión permitiendo una alta eficiencia energética y una buena calidad de señal.

El diseño del circuito que utilizaremos es la llamada polarización universal o llamada polarización por división de tensión. La polarización por división de tensión es una técnica utilizada para establecer el punto de operación estable en un transistor BJT. Este consiste en conectar dos resistencias en serie entre la fuente de alimentación y el emisor del transistor, y tomar la tensión de referencia en el punto medio de las dos resistencias. Esta tensión se utiliza para polarizar la base del transistor a un nivel adecuado para su correcto funcionamiento.

Figura 39

Diseño de Amplificador para análisis



4.4.1. Análisis del transistor BJT en DC.

Para la presente aplicación utilizaremos la polarización por división de tensión para el análisis en DC que nos da valores de trabajo corrientes y su punto de operación, también aplicaremos el análisis en AC para determinar la ganancia del transistor en su análisis en AC.

➤ Hallando resistencia Thévenin:

$$R_{th} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

$$R_{th} = \frac{1k \cdot 1k}{1k + 1k}$$

$$R_{th} = 500\Omega \quad (17)$$

➤ Hallamos el voltaje Thévenin:

$$V_{th} = V_{cc} \frac{R2}{R1 + R2} ;$$

$$V_{th} = 12V \frac{1k}{1k + 1k} ;$$

$$V_{th} = 6V \quad (18)$$



- *Calculamos la Corriente de Base:*

$$I_{b_q} = \frac{V_{th} - V_{be}}{R_{th} + (\beta + 1)R_e};$$
$$I_{b_q} = \frac{6 - 0.7}{500 + (80 + 1)75};$$
$$I_{b_q} = 0,806 \mu A \quad (19)$$

- *Calculamos la Corriente de colector en el punto Q:*

$$I_c = \beta(I_{b_q});$$
$$I_c = 80(0,806)mA;$$
$$I_c = 64.48 mA \quad (20)$$

- *Calculamos la Corriente de colector máxima:*

$$I_{c_{max}} = \frac{V_{cc}}{R_c + R_e};$$
$$I_{c_{max}} = \frac{12V}{2.2\Omega + 75\Omega};$$
$$I_{c_{max}} = 123.7 mA \quad (21)$$

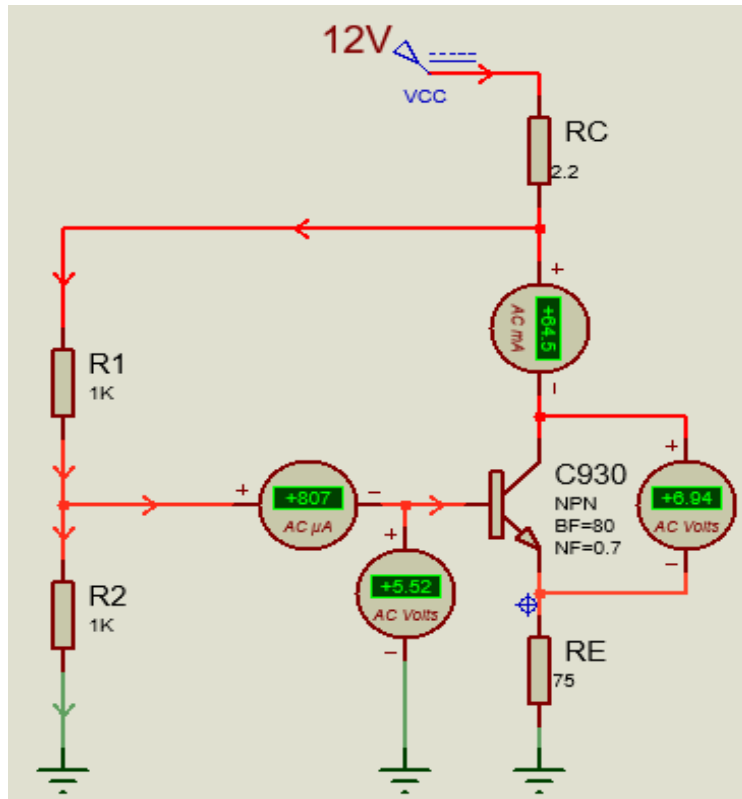
- *Calculamos el voltaje colector emisor en punto Q:*

$$V_{ce_q} = V_{cc} - I_c(R_c + R_e) =$$
$$V_{ce_q} = 12V - 64.48 mA(0.022\Omega + 0.075\Omega);$$
$$V_{ce_q} = 6.11V \quad (22)$$

Luego procedemos a realizar la simulación para comprobar que los valores obtenidos los que se aplican para el cálculo del amplificador:

Figura 40

Simulación del transistor como amplificadora clase AB



4.4.2. Gráfico de recta de carga estática

Figura 41

Recta de carga y punto de operación del transistor



4.4.3. Análisis en AC

- ✓ La fuente de voltaje se cortocircuita a tierra (Se aterrizan a tierra)
- ✓ Los condensadores se comportan como corto circuito

Figura 42

Modelo del transistor para el Análisis en AC

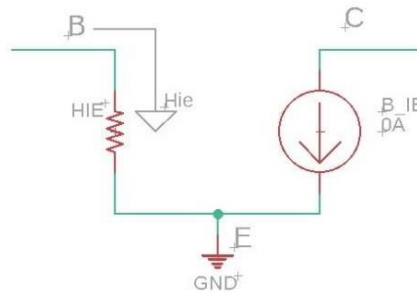
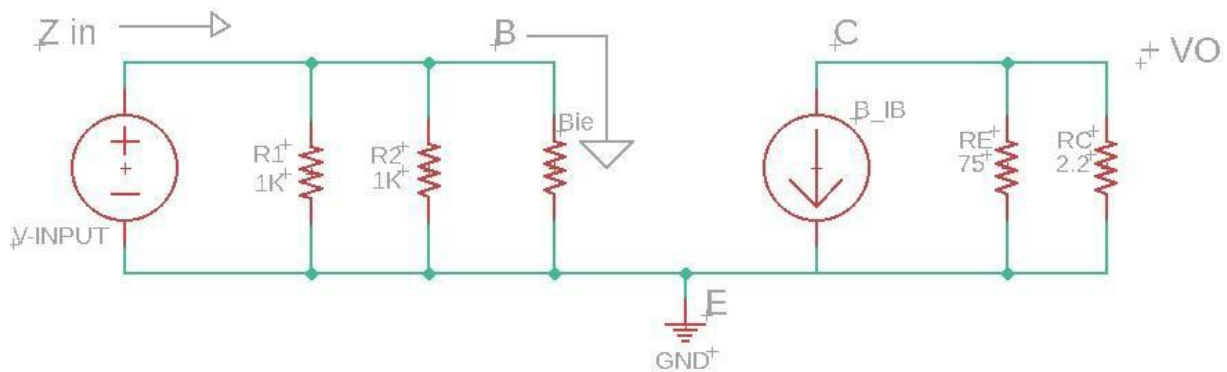


Figura 43

Análisis de la malla en AC



- ✓ Encontramos:

$$Re = \beta(re) = 80;$$

$$Re = (80)75\Omega;$$

$$Re = 60 \tag{23}$$

- ✓ Calculamos el voltaje de base:

$$Vb = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * VCC ;$$

$$V_b = \frac{1K}{2K} = ; \quad V_b = 6V \quad (24)$$

- ✓ Encontrar el VE:

$$V_E = V_b - V_{be} ;$$

$$V_E = 6v - 0.7v = 5.3mA \quad (25)$$

- ✓ Encontramos el IE:

$$I_C = \frac{V_E}{R_E} = ;$$

$$I_C = \frac{5.3v}{75\Omega} =$$

$$I_C = 7.0 \text{ mA} \quad (26)$$

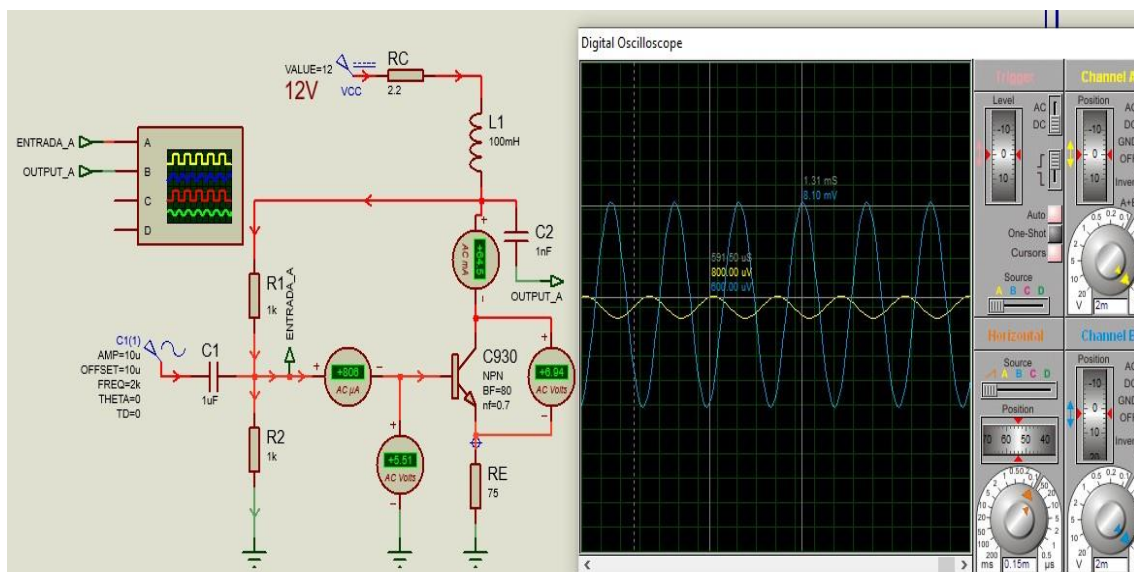
- ✓ Cálculo de Re: Esta mostrado en la hoja de datos del transistor

$$R_e = \frac{26mV}{I_E} ;$$

$$R_e = \frac{26mV}{7.0mA} = 3.71\Omega \quad (27)$$

Figura 44

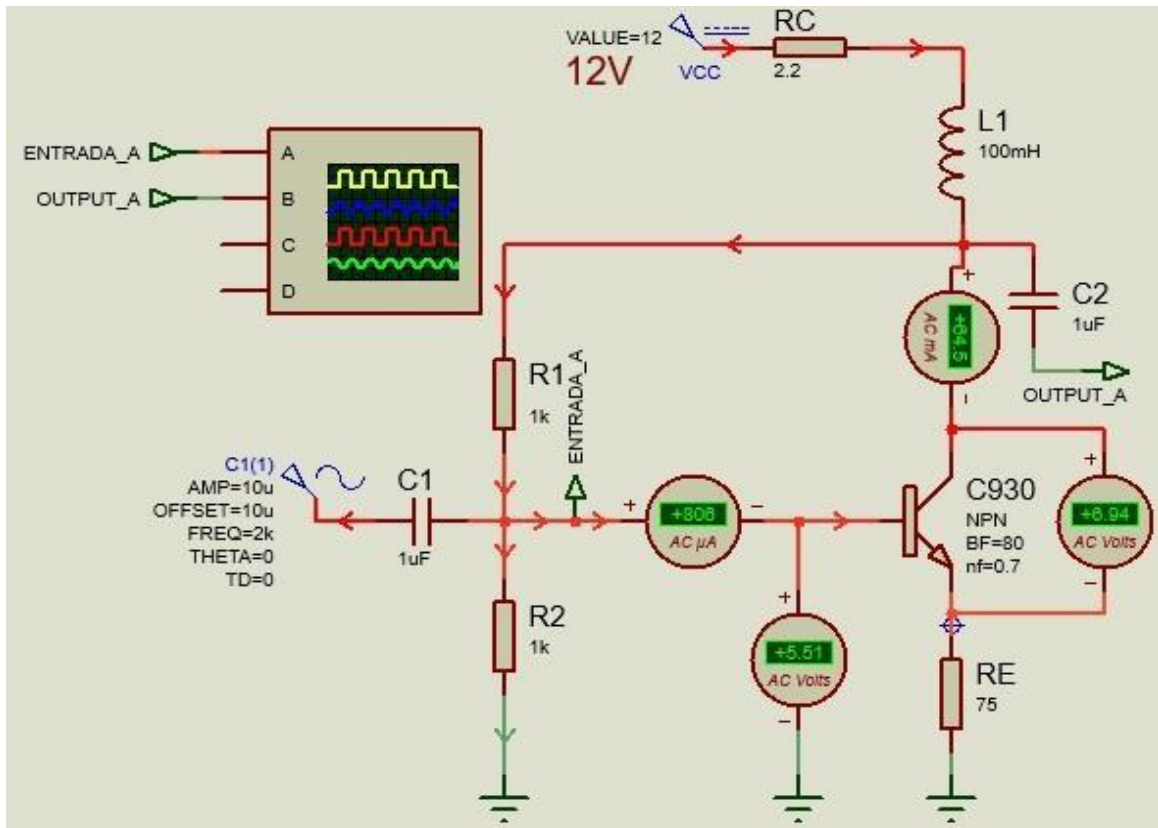
Simulación del amplificador



Nota. Simulador Proteus

Figura 45

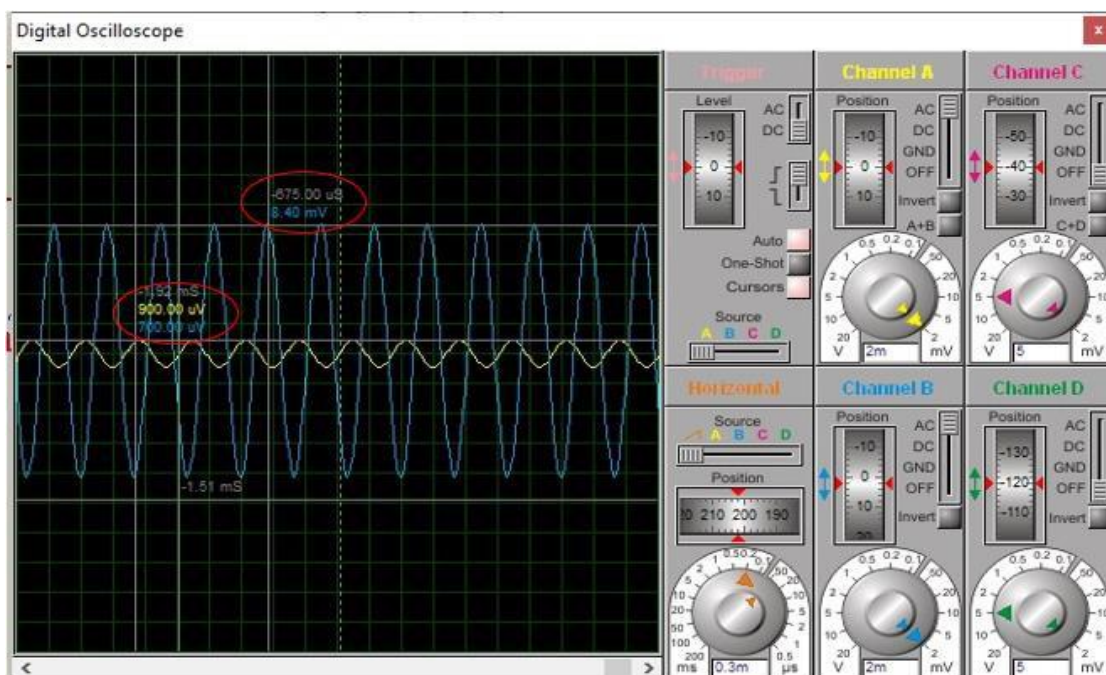
Simulación del amplificador



Nota. Simulador Proteus

Figura 46

Simulación del amplificador en Osciloscopio

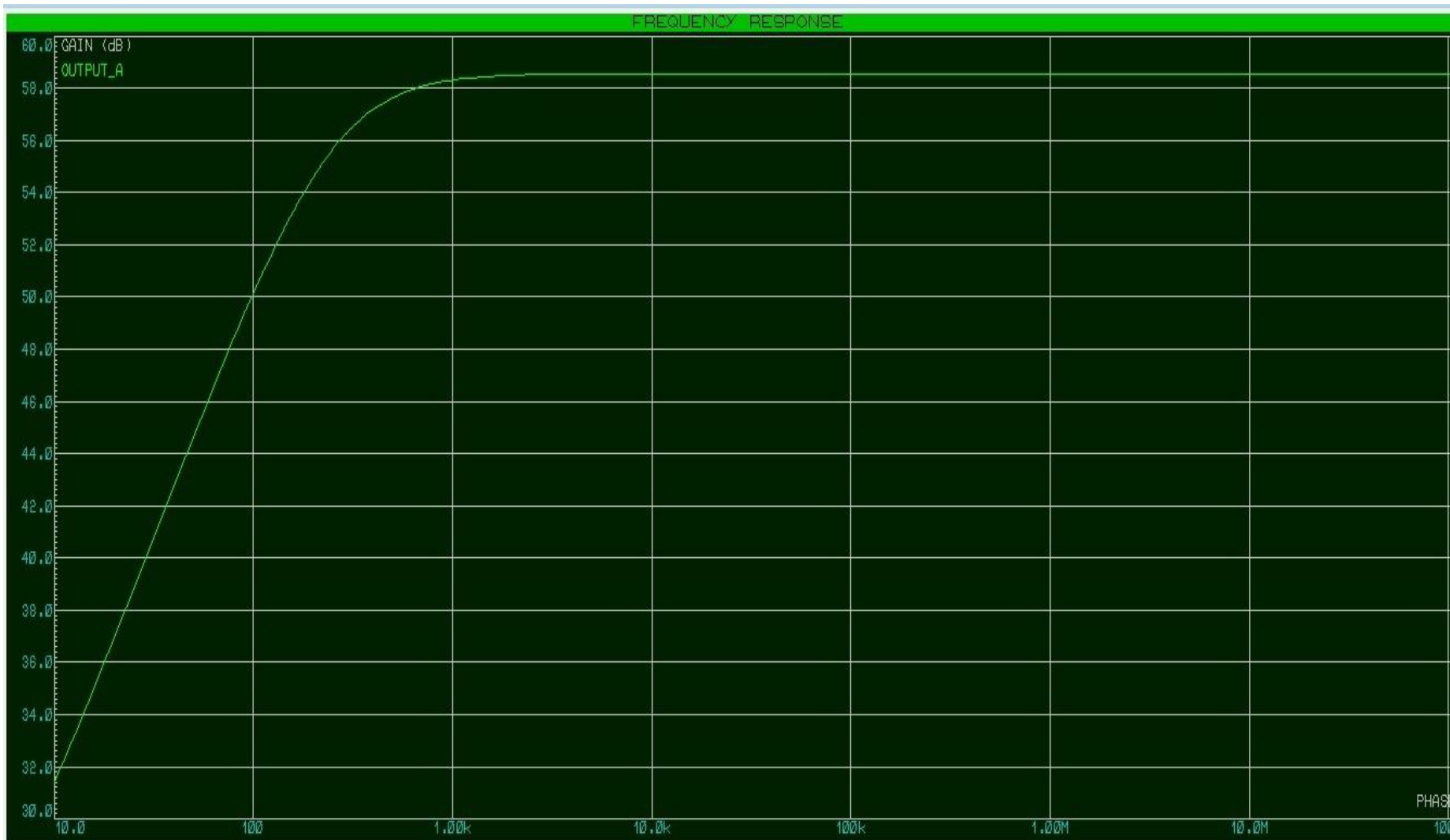


Nota. Simulador Proteus



Figura 47

Respuesta en frecuencia del transistor



Nota. Simulador Proteus



4.5. Amplificador de salida de 30 DBM (1 Watts)

Al entrar la señal de amplificación al amplificador de salida por intermedio de 2 condensadores uno a tierra de desacoplo y el otro pasante de acoplo para la señal de RF, debemos considerar que la señal no se filtre ya que podría afectar a otros circuitos que estén cercanos al nuestro y también debemos considerar que la RF, no interfiera en la parte DC ya que esta podría ser afectada por inducción a los cables de alimentación, debido a su tamaño podrían comportarse como antenas afectando al circuito haciendo (interferencia o diafonía).

Los condensadores que trabajan a altas frecuencias se, comportan como un cortocircuito, permitiendo el paso de la señal de RF, mientras que a bajas frecuencias funcionan como un circuito abierto, bloqueando la señal de DC. Por esta razón, es común encontrar condensadores de choque y desacoplo en la entrada y salida de un amplificador de radiofrecuencia, cuya función es evitar que la señal de corriente continua se filtre y afecte al circuito. Estos condensadores están conectados para permitir el paso libre de la señal deseada de RF. La señal que sale por el colector se acopla a la salida a través de una bobina que filtra la señal y se acopla a un condensador pasante de RF y otro de desacoplo.

Estos son variables de ajuste que sintonizan la frecuencia fundamental de amplificación para permitir optimizar las cualidades de PA. En la frecuencia de trabajo suprimiendo algunos, pares y espurias (con un ajuste) dando a la salida una potencia de 30 Dbm de salida una impedancia de 50Ω . A otra amplificación mayor o a una salida de antena.

Además, es necesario separar la señal de radiofrecuencia de la corriente continua para evitar afectar tanto al circuito, como los circuitos cercanos. Para lograrlo se requiere la incorporación de diversos componentes, como bobinas, condensadores, y choques de desacoplo en las líneas de alimentación y tierra.



4.6. Desarrollo del software para controlar el PLL.

Para esto emplearemos el compilador CCS Compiler V5.025, este fue pionero en el desarrollo del primer compilador C para microcontroladores de la empresa Microchip, todos los compiladores CCS cuentan con optimización profesional. y **soporte técnico gratuito** durante la vida útil del producto. Todos los compiladores son compatibles con **Microchip**.

4.6.1. Software de desarrollo y programa de control para el PLL

El uso de un software de programación para crear programas en microcontroladores es fundamental debido a que proporciona un entorno de desarrollo completo y herramientas específicas para programar y depurar el microcontrolador. Este software ofrece un conjunto de funciones y bibliotecas que facilitan la programación y permiten aprovechar al máximo las capacidades del microcontrolador, como el acceso a periféricos, la gestión de interrupciones y la optimización del código. Lo que agiliza y simplifica el proceso de desarrollo del proyecto.

También nos ofrece una interface de programación con hardware, que es compatible con su propio depurador que brinda CCS Compiler.

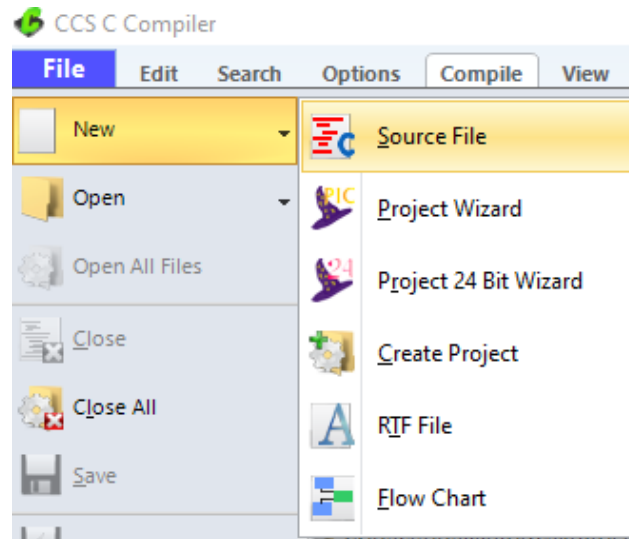
4.6.2. Desarrollo del programa para el microcontrolador

Para desarrollar la programación primero debemos considerar los siguientes puntos:

- crear un proyecto en CCS Compiler, abrimos el programa y seleccionamos nuevo **source file**.

Figura 48

Nueva hoja de trabajo

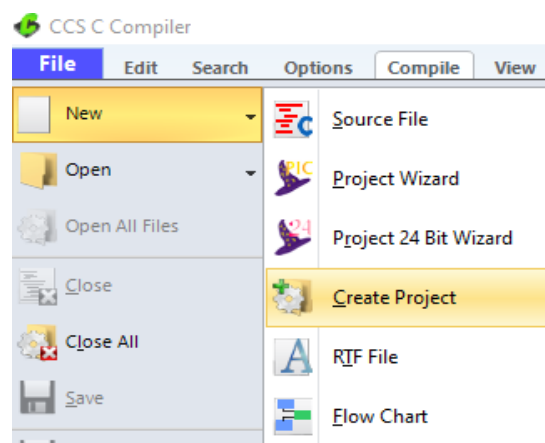


Nota. Software CCSC Compiler

- Guardamos la hoja en blanco con el nombre del proyecto y luego seleccionamos su ubicación. Luego creamos un nuevo proyecto en CCS.

Figura 49

Crear nuevo proyecto.

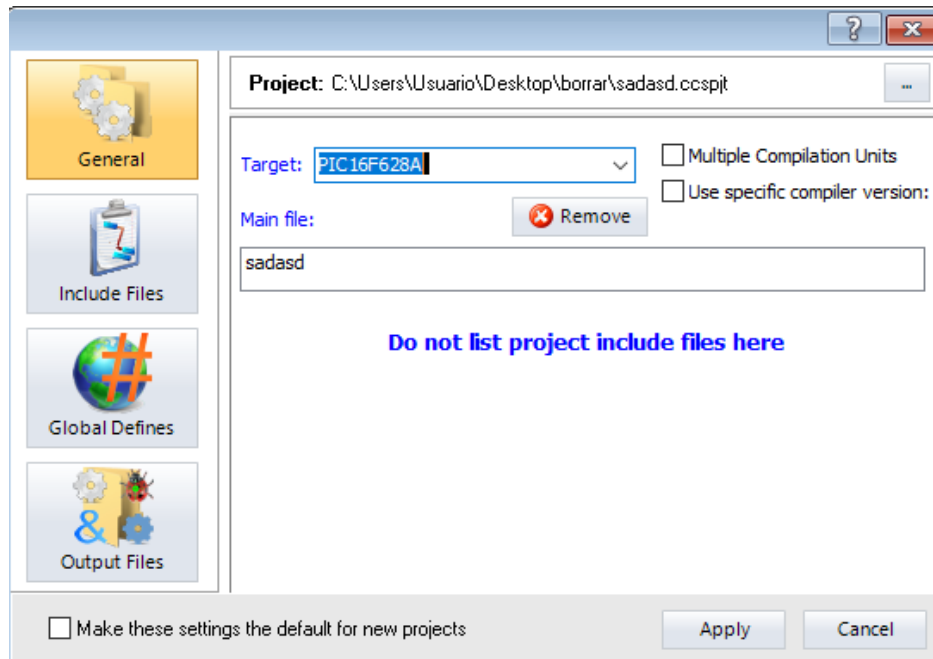


Nota. Software CCSC Compiler

- Luego nos abre una pantalla donde redireccionaremos el documento y buscamos la carpeta que creamos y guardamos la hoja en blanco, la seleccionamos y nos abrirá el proyecto.

Figura 50

Ventana donde se selecciona el microcontrolador a utilizar



Nota. Software CCSC Compiler

Seleccionamos el número del microcontrolador a utilizar y aplicamos los cambios, enseguida nos abrirá en el programa la donde ingresaremos las instrucciones de configuración del microcontrolador para realizar el programa.

4.6.3. Consideraciones para realizar el programa para microcontrolador.

1. Configuración del microcontrolador: Se deben establecer los registros y configuraciones necesarios para la comunicación con el circuito PLL, como seleccionar los pines de entrada y salida adecuados.
2. Establecer la comunicación con el circuito PLL: Utilizando los periféricos de comunicación del microcontrolador, como UART o I2C se debe establecer la comunicación con el circuito PLL TSA5511. Esto implica enviar y recibir comandos y datos específicos a través de la interfaz de comunicación.



3. Programar las operaciones del circuito PLL: Mediante el envío de comandos adecuados al circuito PLL mediante un protocolo de comunicaciones, se pueden configurar parámetros de trabajo, como la frecuencia de referencia, la frecuencia de salida y otros ajustes necesarios para el funcionamiento del PLL.

4. Controlar el circuito PLL: Utilizando instrucciones de control específicas del microcontrolador PIC, se pueden activar o desactivar funciones del circuito PLL, como la habilitación o des habilitación de la salida, el cambio de frecuencia, o la selección de modos de operación.

5. Realizar pruebas y ajustes: Es importante realizar pruebas exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento del control del circuito PLL. Esto implica comprobar las salidas generadas por el PLL y ajustar los parámetros según sea necesario para obtener los resultados deseados.

En resumen, se programa un microcontrolador PIC estableciendo la comunicación con el circuito PLL TSA5511 y enviando comandos y datos específicos para controlar su funcionamiento, permitiendo ajustar la frecuencia de salida y otras configuraciones necesarias.

4.6.4. Programación del circuito integrado TSA-5511

Para programar este circuito es necesario conocer la hoja de datos o (Datasheets), luego podemos utilizar un microcontrolador que pueda manejar periféricos de entrada como salida como son los microcontroladores o tarjetas de desarrollo Arduino entre otros que hay en el mercado, para este proyecto de investigación utilizamos el microcontrolador PIC que dispone protocolo de comunicación I2C, es fácil de programar en lenguaje C.

El byte de definición del TSA-5511 tiene en los tres bits A0, A1 y A2 del byte de direcciones correspondientes a los pines 1, 2 y 3 de la dirección del dispositivo, del P0 al P7 son los periféricos de ingreso y salida, Para poder utilizar el PLL son necesarias dos cosas,

la primera es la dirección del dispositivo y la segunda que es un byte de datos para el pin de salida que se necesita.

Figura 51

Direcciones de memoria del PLL

Interface Definición

BYTE	BIT							
	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
I ² C slave address PCF8574 0100 000	L	H	L	L	A2	A1	A0	R/W
I ² C slave address PCF8574A 0111 000	L	H	H	H	A2	A1	A0	R/W
I/O data bus	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0

Nota. hoja de datos del circuito

Si conectamos los pines A0 ~ A2 a tierra o GND, **la dirección de nuestro dispositivo** en el sistema binario será 0100000, o 0x20 en formato hexadecimal. Y **con los bytes de datos**, haremos lo mismo, **configurando así los pines de salida**, por ejemplo: si queremos poner todos a Alto (H), enviamos 0 en binario que, en hexadecimal es 0, o bien para poner los cuatro primeros a **H** y los segundos cuatro a **L**. Se utiliza 00001111 en binario que, en hexadecimal es 0x0F.

También debemos considerar que no hay que olvidar el **bit0** (R/W), el de menor peso **LSB** que le indica al bus I2C, la función del maestro, según su valor (0 para leer y 1 para escribir).

4.6.5. La división en frecuencia.

El cristal que genera la frecuencia de los pasos de 50 Khz para el PLL, él recomendando en la hoja de datos es de valor de 3.2Mhz.

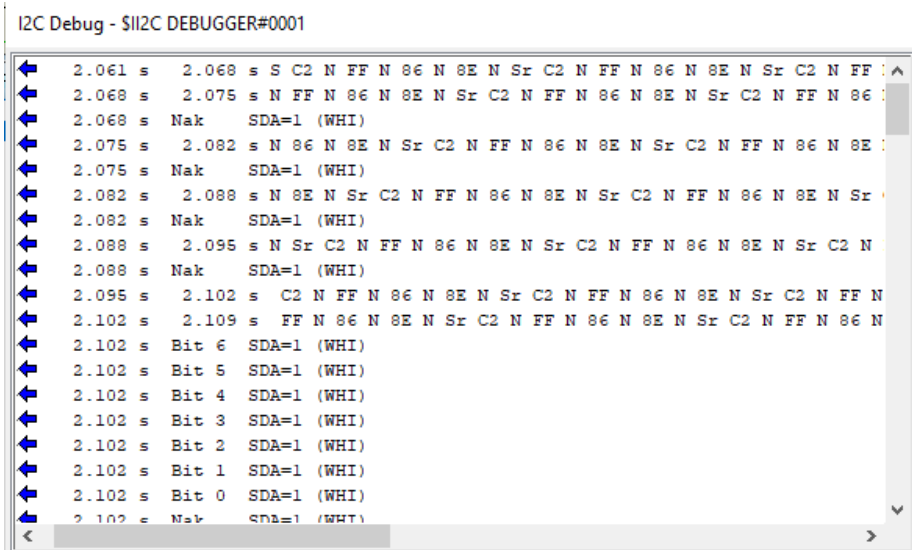
$$\text{Pasos para el PLL (50Khz)} = (3.2\text{Mhz}/512 \text{ Div} * 8 \text{ Div})$$

Una vez obtenido los saltos en frecuencia podemos calcular la frecuencia, por ejemplo: con la frecuencia de 97.10

$$(\text{frecuencia deseada})97100/50 = 1942 \text{ (Dato a enviar)}$$

Figura 53

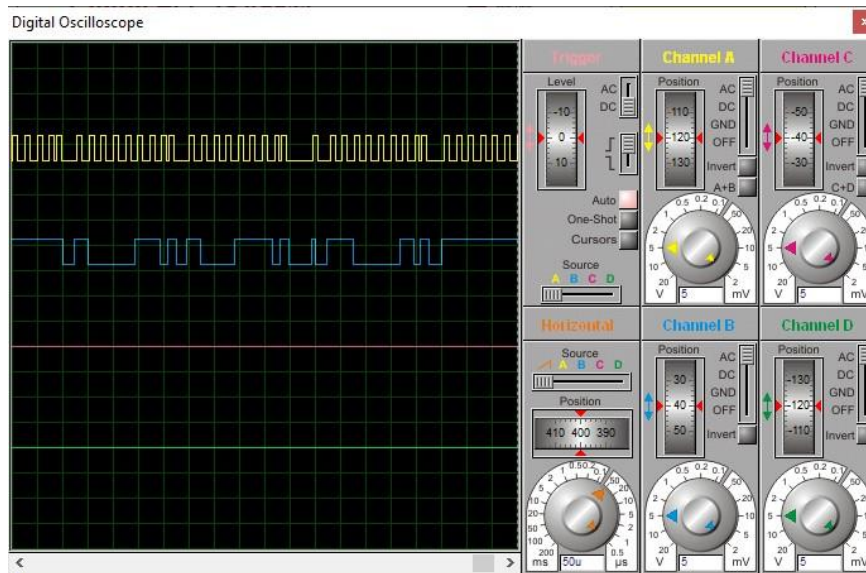
Envío de datos por I2C Debug



Nota. Simulador Proteus

Figura 54

Señales de control, mostradas en Osciloscopio



Nota. Simulador Proteus

Para poder decodificar el protocolo de comunicaciones I2C tuvimos que emplear un osciloscopio para poder ver la transmisión de información sea correcta, pero tuvimos un problema, por el tamaño de la trama no era fácil poder decodificar los datos de SCL y SDA.

Figura 55

Pruebas de comunicación por protocolo I2C en osciloscopio HANTEK

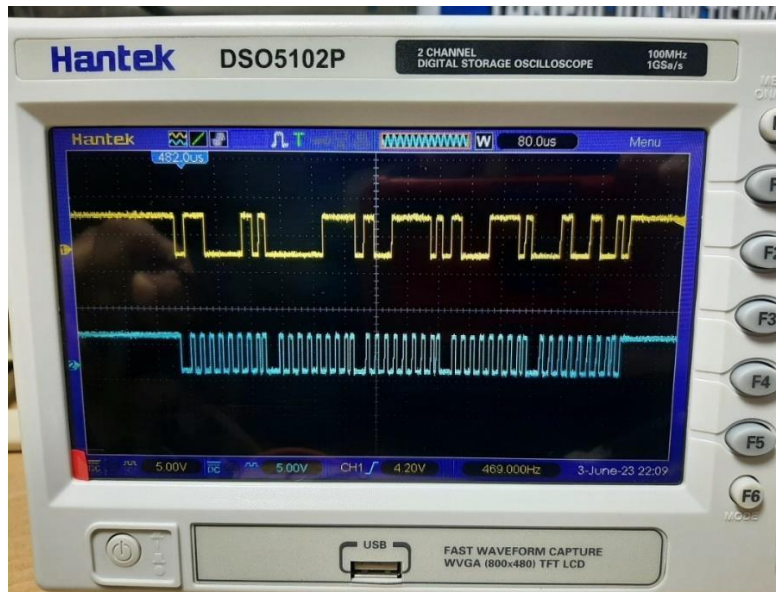
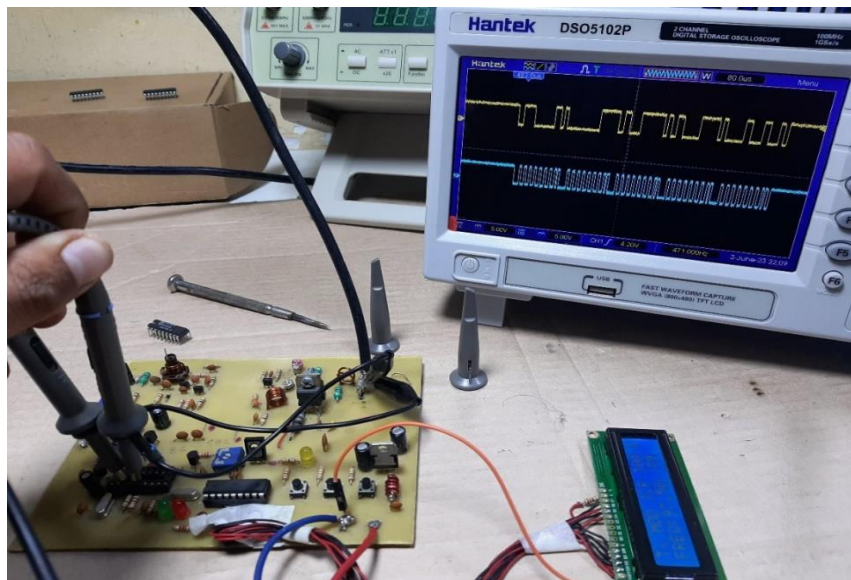


Figura 56

Pruebas de protocolo de comunicación en osciloscopio HANTEK



4.6.6. Pruebas utilizando un analizador de señales

Para poder analizar las señales y confirmar que los datos que enviamos desde el microcontrolador hacia el PLL son correctos es necesario utilizar un analizador de señales para poder capturar, analizar y decodificar la señal utilizada por el protocolo de comunicación,

lo que nos permite entender cómo se están transmitiendo los datos y detectar posibles problemas o vulnerabilidades en la comunicación.

Para medir la calidad de la señal, la integridad de los datos y la velocidad del flujo de datos en el oscilador digital utilizaremos en analizador de señales de marca SALEAE. Este pequeño analizador está diseñado para analizar varios protocolos de comunicación al mismo tiempo como son: I2C, MANCHESTER, SERIAL o BUSCAM entre otros, cuenta con 8 canales que pueden analizar sus 8 señales diferentes al mismo tiempo con una velocidad máxima de 24Mhz.

Antes de poder conectarlo a la computadora debemos descargar el software de la página del fabricante SALEAE, es recomendable descargar la última versión del programa para evitar posibles fallos al conectarlo a la computadora.

Figura 57

Analizador de señales

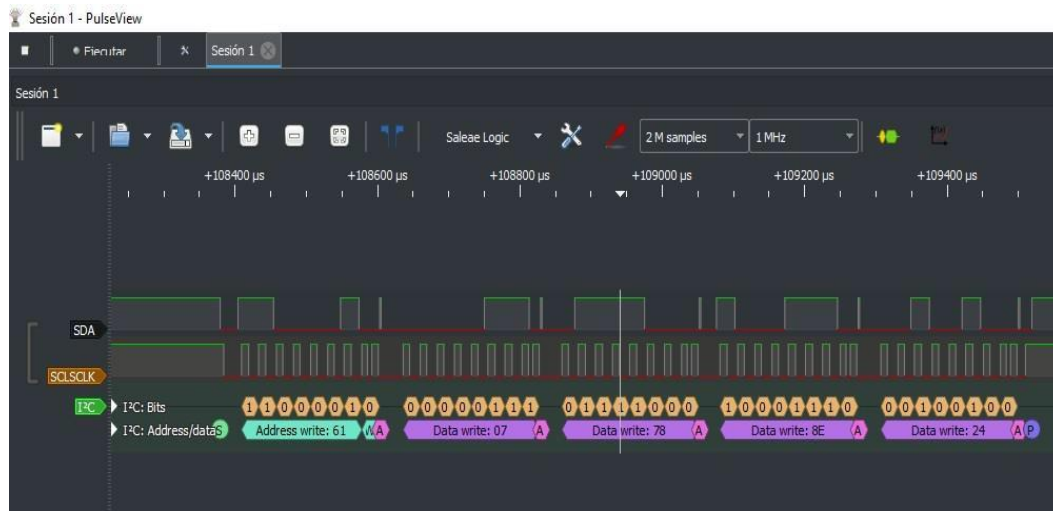


Nota. <https://www.saleae.com>

Primera trama de Datos, donde se muestra la Dirección del esclavo, la frecuencia, dirección de la Bomba de carga y la configuración de los puertos de salida del Circuito PLL.

Figura 58

Ventana donde se muestra datos de comunicación



4.7. Transistor de potencia

El componente fundamental en los transmisores de FM es el amplificador de clase C, el cual se emplea para amplificar la potencia en dispositivos como excitadores, multiplicadores de frecuencia y amplificadores finales. La polarización de un amplificador de clase C está diseñada para conducir menos de 180° de la señal de entrada, típicamente con un ángulo de conducción que oscila entre 90° y 150° , lo que significa que la corriente fluye a través de él en breves pulsos.

Cada amplificador de clase C incorpora algún tipo de circuito sintonizado conectado al colector. La función principal de este circuito sintonizado es generar una salida de onda completa de corriente alterna. Un circuito que se encuentra sintonizado en paralelo puede oscilar a una frecuencia resonante siempre que reciba una señal de pulso en corriente continua. Esta señal de pulso carga el capacitor, el cual a su vez se descarga a través del inductor. El campo magnético en el inductor aumentará y luego disminuirá, generando así una inducción de voltaje; este voltaje recarga el capacitor en dirección opuesta. El intercambio de energía entre el capacitor y el inductor, es conocido como efecto de volante, esto produce una onda sinusoidal a la frecuencia resonante.

Cuando el circuito resonante recibe la señal en forma de pulso de corriente para cada ciclo, el voltaje del circuito sintonizado se convierte en una onda sinusoidal de amplitud constante a la frecuencia resonante, el circuito sintonizado tiene como objetivo eliminar las señales de armónicos. Una señal que no es sinusoidal, como la señal de onda cuadrada está compuesta por señales de armónicos de distintos órdenes, para un transmisor, las señales de armónicos como la señal fundamental pueden causar interferencia fuera de la frecuencia deseada.

Figura 59

Amplificación de transistor en clase C

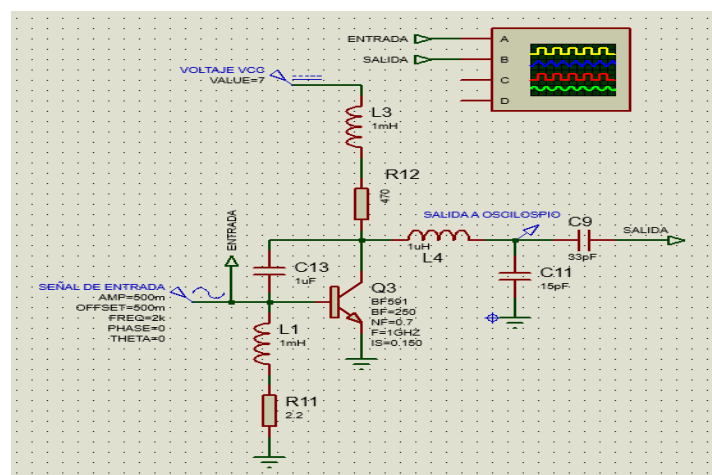
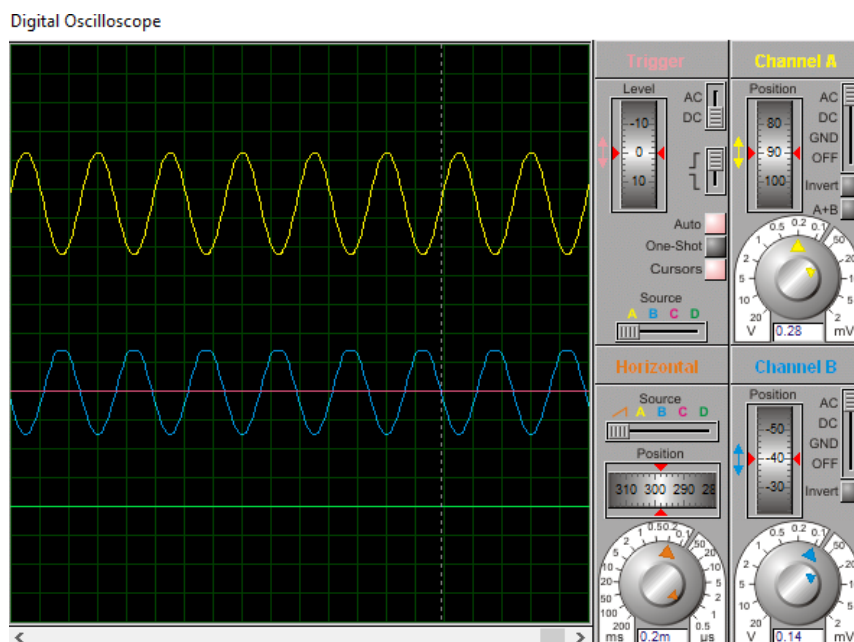


Figura 60

Señal de salida de amplificador





4.8. Discusión

- Al ser un proyecto de investigación el alcance de la potencia es Limitado y es de 30 dbm, equivalente a la potencia de 1 Watts, esto nos indica que tiene una limitación cobertura de la señal.
- Los componentes utilizados en este proyecto son de un ancho de banda limitado, teniendo que calibrarse cuando haya un cambio de frecuencia.
- La explicación de la relación de ruido en el oscilador se refiere que a medida que la cobertura se extiende, o aumenta el rango de cobertura. La señal de FM se vuelve más, susceptible la interferencia de otras señales (fuentes de ruido) lo que resulta en una calidad de sonido más deficiente y presenta de ruido en la transmisión.



CONCLUSIONES

1. El Oscilador tiene un preénfasis de entrada monoral de buena ganancia, que también puede incluir un generador estéreo para la música.
2. Existen gran cantidad de osciladores en radio frecuencia, el oscilador presentado, es un oscilador (Colpitts) clasifico el cual cumple el criterio de Bar Hausen.
3. Los osciladores basados en los PLL y los microcontroladores tienen alta precisión en el control de una frecuencia mostrando soluciones eficientes para diseños de hardware y software.
4. Los osciladores basados en microcontroladores y PLL como el TSA5511 usados en RF reducen el uso de C.I. en comparación a los osciladores que utilizan TTL.



RECOMENDACIONES

1. El circuito del oscilador puede construirse con componentes SMD, que ayudarían a reducir su tamaño, logrando mejorar su diseño y eficiencia obteniendo un hardware más pequeño.
2. Para hacer la calibración de debe de ajustar los Trimmers considerando que los perilleros calibradores sean de plástico y no de metal.
3. Se debe de tener equipos adecuados para realizar la calibración del oscilador como son: Frecuencímetro, Wattímetro, Analizador de espectros, Analizador de redes (VNA), Osciloscopio, Analizador de señales y una carga de RF con impedancia de 50Ω .
4. El circuito impreso que se utiliza para la fabricación del PCB debe tener características específicas para radio frecuencia, como la Fibra de vidrio, y el Teflón.
5. Se puede utilizar un filtro pasa banda, para atenuar oscilaciones y atenuar los armónicos que podrían aparecer.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boylestad, Robert L y Nashelsky, Louis "Electronica: teoria de circuitos y dispositivos electrónicos". Décima edición. (Ed.PEARSON 2009)

<https://www.electronicdesign.com/technologies/analog/article/21805723/what-do-clocks-carriers-local-oscillators-and-fm-have-in-common>

Ricardez Trejo, Maria del Rocio @INAOE (2017). Diseño y realización de osciladores en la banda X: aplicación potencial en esquemas de comunicaciones satelitales

https://silo.tips/queue/emisora-portatil-fm-estereo-jose-eliseo-giraldo-zuluaga?&queue_id=-1&v=1658715312&u=MTkwLjEwOC45Mi4xOQ==

https://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/amp_1.html

(<https://www.electronicdesign.com/technologies/analog/article/21805723/what-do-clocks-carriers-local-oscillators-and-fm-have-in-common>).

<https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/2028/1/RicardezTMR.pdf>

https://oa.upm.es/66491/7/TFM_LUIS_ALFONSO_MARTINEZ_FERNANDEZ.pdf

[HTTPS://REPOSITORIO.UNAM.MX/CONTENIDOS/455618](https://repositorio.unam.mx/contenidos/455618).

<https://docplayer.es/10310827-Emisora-portatil-fm-estereo-jose-eliseo-giraldo-zuluaga.html>.

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/245/ALVAREZ>

[MORALES CARLOS DETECCION EMISION RADIOELECTRICA FM SISTEMA IRR ADIANTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unam.mx/contenidos/455618)

<https://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/frecuencia>

<https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/2028/1/RicardezTMR.pdf>.

(<https://www.electronicdesign.com/technologies/analog/article/21805723/what-do-clocks-carriers-local-oscillators-and-fm-have-in-common>).

<https://industrysurfer.com/blog-industrial/ingenieria/ingenieria-electrica->



ingenieria/hogar/diodos-varactores-simbolos-estructura-
comportamiento-y- aplicaciones/

<https://www.diarioelectronico hoy.com/blog/introduccion-al-i2c-bus>

Ministerio de transportes y comunicaciones. (24 de Febrero de 2020). *SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN PARA EQUIPOS Y APARATOS DE TELECOMUNICACIONES*. Obtenido de Ministerio de transportes y comunicaciones: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/393380-solicitud-de-homologacion-de-equipos-y-aparatos-de-telecomunicaciones>

Álvarez Morales, C. A. (2007). *DETECCION DE LA EMISION RADIOELECTRICA EN FM Y LOCALIZACION DEL SISTEMA IRRADIANTE DE UNA ESTACION RADIODIFUSORA NO AUTORIZADA POR EL MTC UTILIZANDO SISTEMAS DE RADIOGONIOMETRIA MOVIL*. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/245/ALVAR_EZ_MORALES_CARLOS_DETECCION_EMISION_RADIOELECTRICA_FM_SISTEMA_IRRADIANTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Álvarez Simón, L. C. (2010). *Diseño de un oscilador de anillo controlado digitalmente en tecnología CMOS*. Tonantzintla, Puebla: ©INAOE 2010.

EPA. (2 de Mayo de 2012). *EPA. Electronica Practica Aplicada*. Obtenido de Introducción al I2C Bus: <https://www.diarioelectronico hoy.com/blog/introduccion-al-i2c-bus>

Fernández Martínez, A. L. (2021). *DISEÑO Y CALCULO DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO CLASE D AUTOOSCILANTE DE 20 W DE POTENCIA*.

GIRALDO ZULUAGA, J. E. (2001). *EMISORA PORTÁTIL DE FM ESTEREO*. Obtenido de <https://docplayer.es/10310827-Emisora-portatil-fm-estereo-jose-eliseo-giraldo-zuluaga.html>>EMISORA PORTATIL FM ESTEREO JOSE ELISEO



GIRALDO ZULUAGA

`</div><div><iframe frameborder="0" style="border-bottom: 2px solid #e`

Industry Surfer. (2023). *Diodos varactores: símbolos, estructura, comportamiento y aplicaciones*. Obtenido de Industry Surfer: <https://industrysurfer.com/blog-industrial/ingenieria/ingenieria-electrica-ingenieria/hogar/diodos-varactores-simbolos-estructura-comportamiento-y-aplicaciones/>

Mares Rodríguez, V. (2016). *"Diseño e implementación de un transmisor AM, FM y ATSC en radio definida por software para docencia"*. Obtenido de <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000744598>

Ricardez Trejo, M. d. (2017). *Diseño y Realización de osciladores en la banda X: aplicación potencial en esquemas de comunicaciones satelitales*. San Andrés Cholula, Puebla.

Vásquez Barrios, J. C., & Moscoso Chanca, C. (2011). *"DISEÑO DE 2 CIRCUITOS SINTETIZADORES PLL, PIC16F628A - LM7001 Y PLL PIC16F876A-SAA1057, PARA EL CONTROL DE FRECUENCIA DE TRANSMISORES FM DE BANDA COMERCIAL"*. Obtenido de <https://xdocs.pl/doc/plan-de-tesis-fm-08p4ym9pyq8v>



ANEXOS



ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL
Diseño e implementación de un transmisor oscilador controlado por un PLL – TSA5511 y microcontrolador para la banda de frecuencia modulada.	El presente proyecto está orientado hacia el desarrollo diseño e implementación de un transmisor, oscilador controlado por un micro controlador	Obtener un nuevo diseño de emisor moderno comandado por un micro controlador que es manejado por un SOFTWARE, para su control	El diseño propuesto es un circuito sintetizador, PLL un PIC 16f628A y un TSA 5511 que sirve, para el control de frecuencias del transmisor oscilador de FM en la banda comercial.
	Realizar un emisor acorde a la actualidad, más pequeño bajo consumo, estabilidad de frecuencia, robusto para mejorar la fabricación nacional y dejar atrás los diseños empíricos Analógicos. El presente proyecto de investigación, se propone la realización de un modelo de equipo emisor para mejorar la fabricación nacional, dejando atrás los antiguos diseños.	Hacer de estos equipos más modernos y mejor la calidad de la fabricación nacional. Bajar los costos de fabricación comparado con los transmisores importados que ingresan al Perú con elevados costos Hacer un prototipo para los futuros fabricante tengan en cuenta los diseños de fabricación. Hacer un prototipo para que los futuros fabricantes tengan en cuenta los parámetros técnicos de fabricación que exige el MTC de Perú para su homologación y fabricación nacional.	Controlar transmisores de FM en el espectro radio eléctrico banda comercial. Hacer un equipo más robusto y compacto para emisiones de Radio frecuencia. Aplicar este sistema de prototipo al área de radio difusión, comercial, en telecomunicaciones haciendo un equipo más pequeño, e industrial y de garantía para transmitir en frecuencia continua en radio emisoras a nivel regional y/o nacional.



ANEXO 2 (Programa desarrollado en CCS COMPILER)

```
#include <16f628a.h>
#fuses XT,NOWDT,NOPUT
#use delay(clock=4000000)
//*****CONFIGURACION DE PUERTOS*****
#define LCD_DB4 PIN_B0
#define LCD_DB5 PIN_B1
#define LCD_DB6 PIN_B2
#define LCD_DB7 PIN_B3
#define LCD_RS PIN_B4
//#define LCD_RW PIN_B2
#define LCD_E PIN_A3
//*****LIBRERIA PARA LCD *****
#include "lcd_flex.c"
#use i2c(MASTER, SDA=PIN_A1, SLOW, SCL=PIN_A0)
#include <internal_eeprom.c>
int i;
long freq2=1750.0;
double f_fundamental;
//***** PROGRAMA GENERAL *****
void main()
{
    lcd_init();
    output_high(pin_A2); // LED DE ENCENDIDO LCD
    delay_ms(200);
    printf(lcd_putc, "\fCARGANDO... ");
    for (i=1;i<=16;++i) // CARGA BARRAS DE AVANCE
    {
        lcd_gotoxy(i,2);
        lcd_putc(0xff);
        delay_ms( 300 );
    }
    printf(lcd_putc, "\fTRANSMITER JJCR ");
    delay_ms(100);
    while(true)
    {

        f_fundamental=(freq2/20.0);
        printf(lcd_putc, "\nFREQ:%f FM",f_fundamental);

        if(freq2>2160.0)
        {
            freq2=1750.0;
            printf(lcd_putc, "\f");
            printf(lcd_putc, "\fTRANSMITER JJCR ");
            delay_ms(100);
        } // LIMITE INFERIOR
        if(freq2<1750.0)
        {
            freq2=2160.0;
            printf(lcd_putc, "\f");
        }
    }
}
```

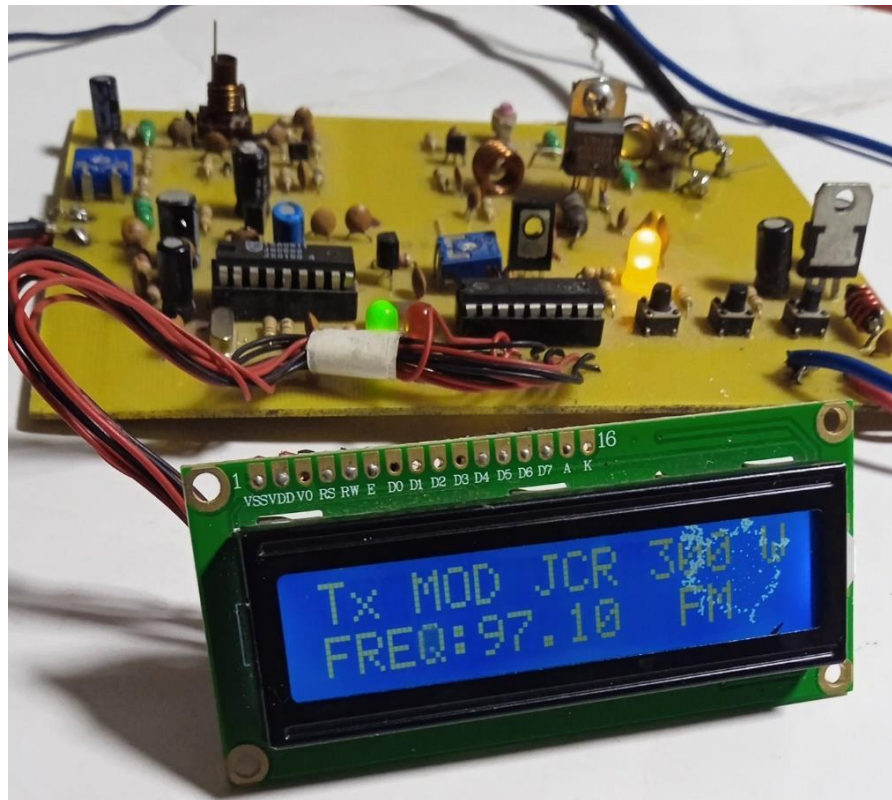


```
printf(lcd_putc, "\fTRANSMITER JJCR ");
delay_ms(100);
} // LIMITE SUPERIOR

if(input(PIN_B5)==1)
{
  freq2=freq2+2;
  delay_ms(300);
}
if(input(PIN_B7)==1)
{
  freq2=freq2-2;
  delay_ms(300);
}
}

//*****
i2c_start();
  i2c_write(tsa_addr);
  i2c_write((unsigned char)frecuencia_decimal);//MSB
  i2c_write((unsigned char)(frecuencia_entera<<8)); //LSB
  i2c_write(0x8E);
  i2c_write(0x00);
  i2c_stop();
  delay_ms(50);
```

ANEXOS 3: Evidencia fotográfica



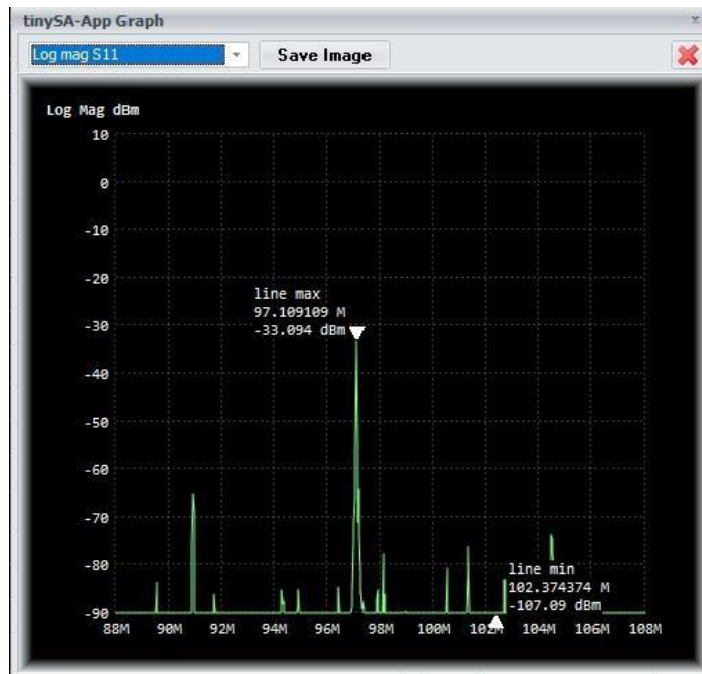
ANEXO A: Imagen del sintetizador a PLL



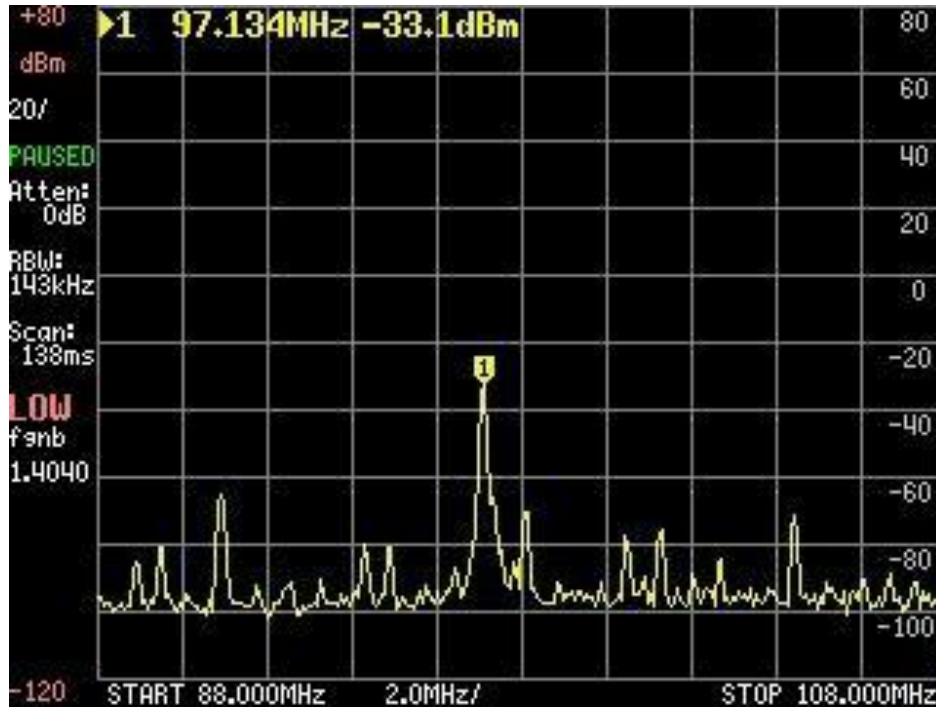
ANEXO B: Receptor Digital comercial



ANEXO C: Vatímetro marca BIRD mostrando potencia de 1 Watts



ANEXO D: Imagen de analizador de Espectro en PC



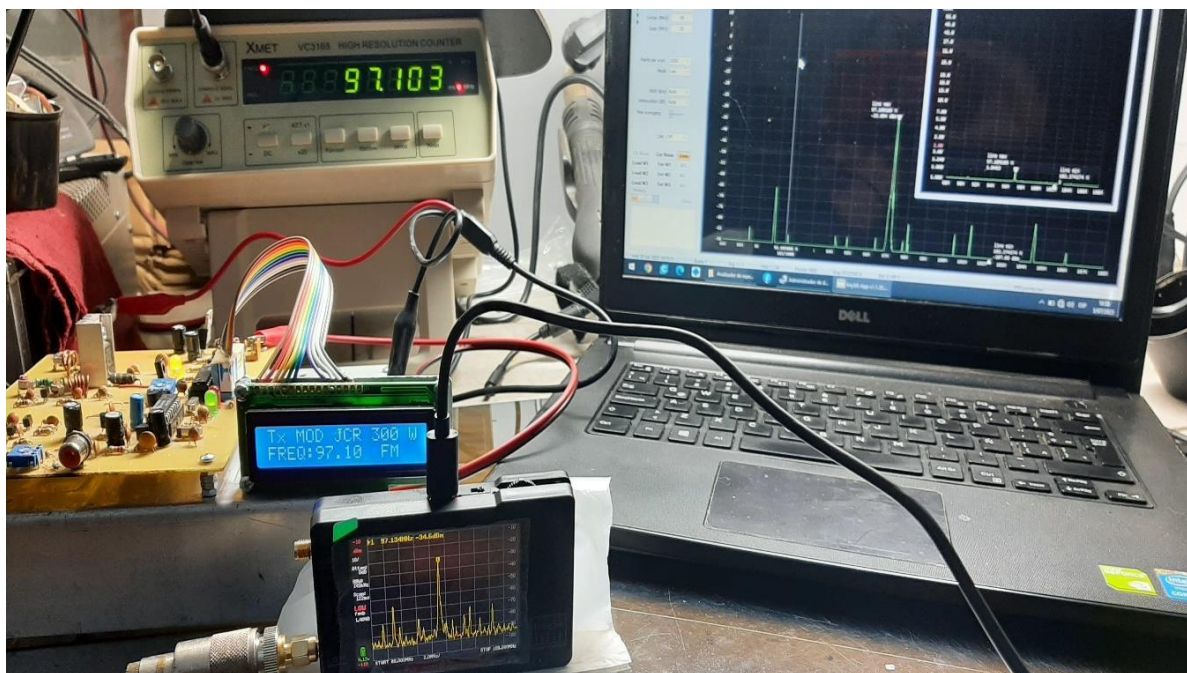
ANEXO E: Imagen de analizador de Espectro Tiny SA



ANEXO F: Imagen en analizador de Espectro HP 8924C



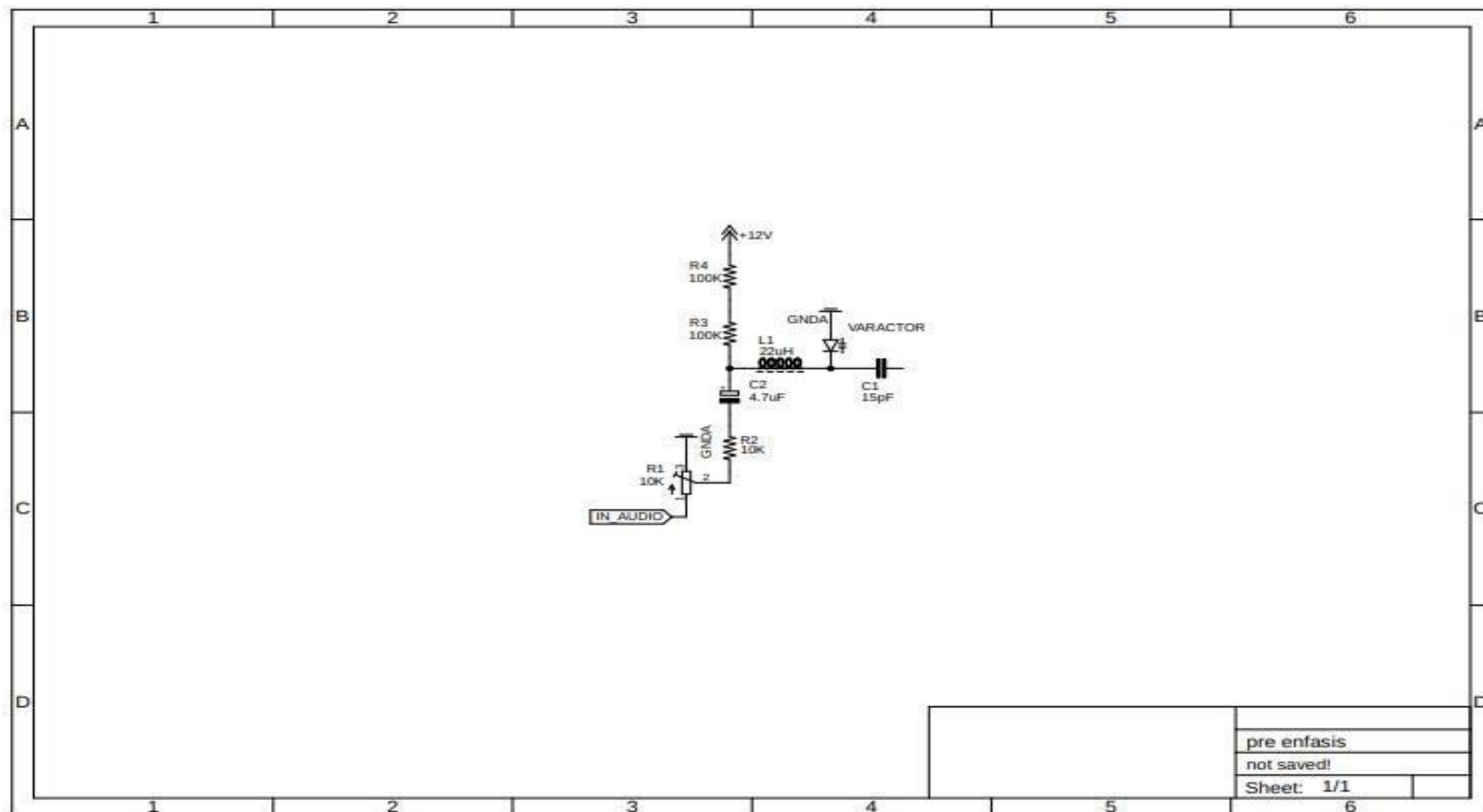
ANEXO G: Imagen de señal del sintetizador en A. Espectro HP 8924C



ANEXO H: Pruebas de Laboratorio del Sintetizador a PLL 97.1 MHZ



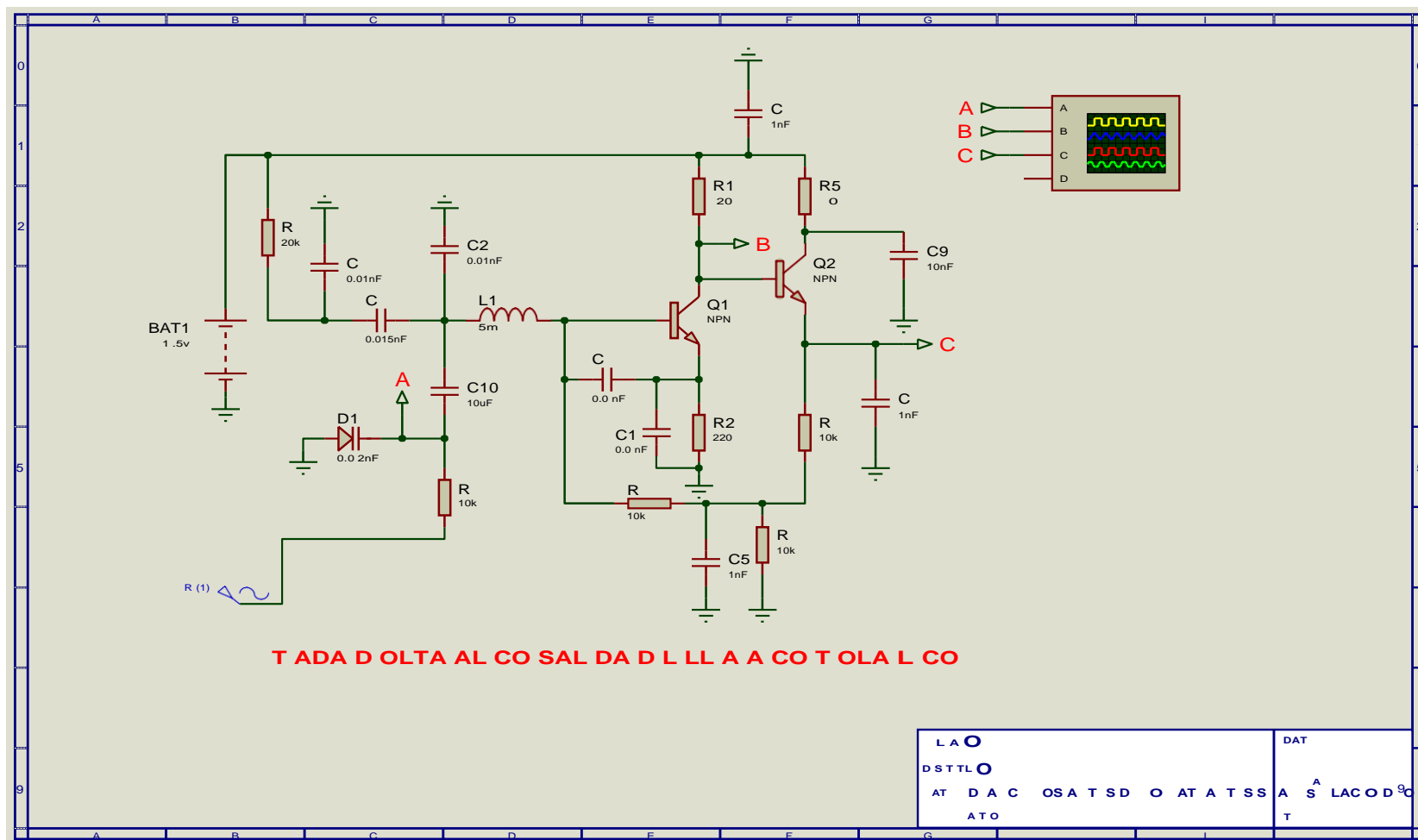
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PREÉNFASIS



ANEXO I: DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PREÉNFASIS



DIAGRAMA ESQUEMATICO DE OSCILADOR

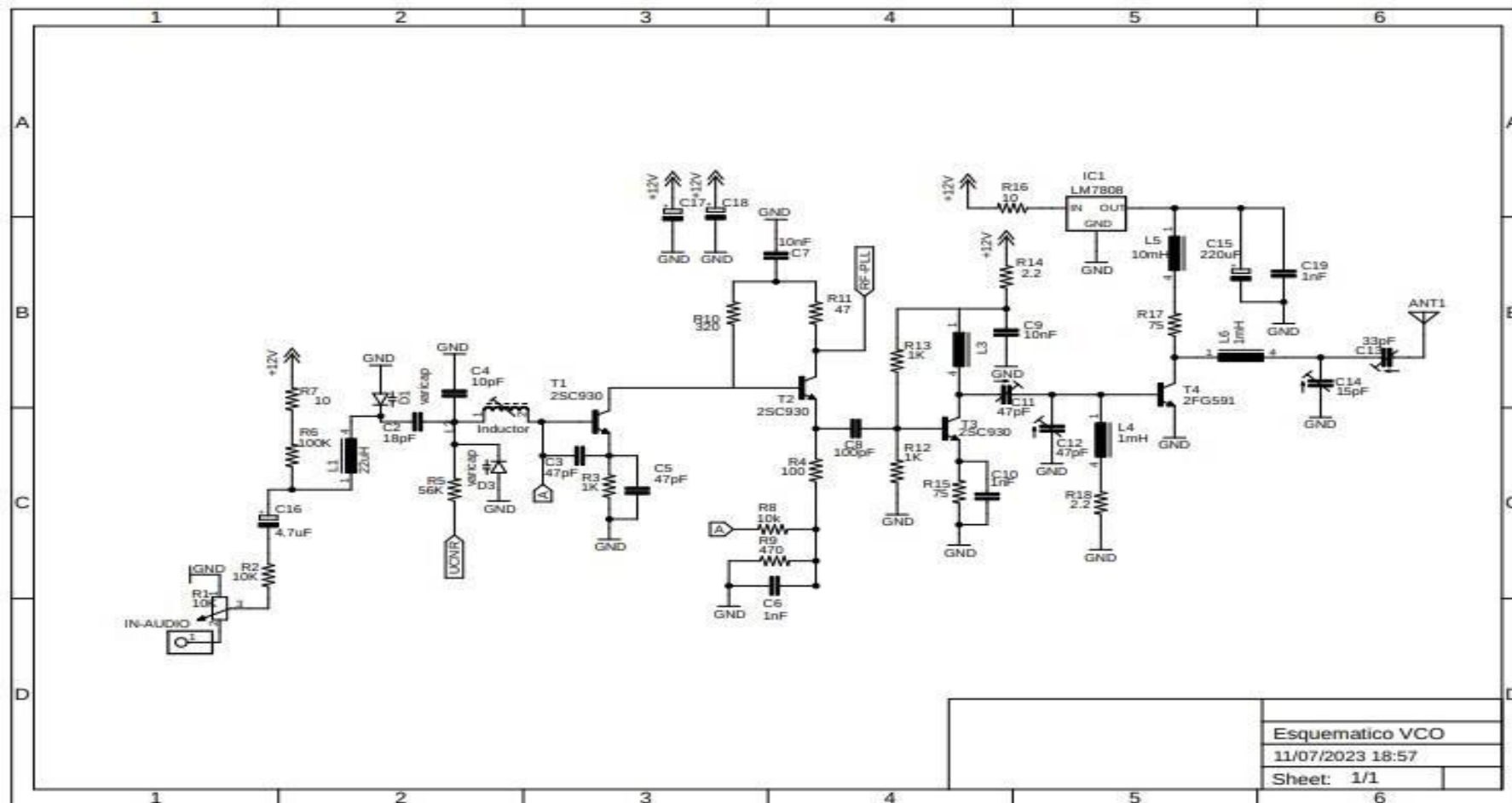


T ADA D OLTA AL CO SAL DA D L LL A A CO T OLA L CO

ANEXO J: DIAGRAMA ESQUEMATICO DE OSCILADOR



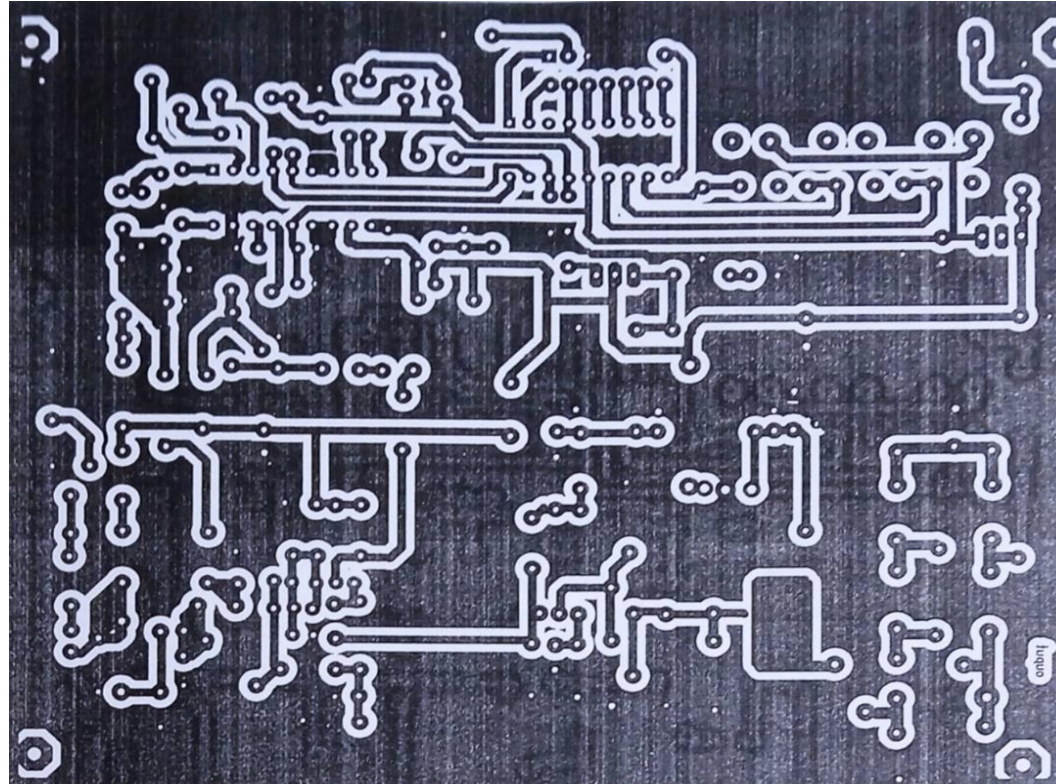
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE OSCILADOR DE 30 Dbm (Diagrama de A3 Impreso)



ANEXO K: DIAGRAMA ESQUEMATICO DE OSCILADOR DE 30 Dbm



DISEÑO DE LA PLACA CON SPRINT LAYOUT (PCB)



ANEXO L: DISEÑO DE LA PLACA CON SPRINT LAYOUT (PCB)



ANEXO M: LISTA DE MATERIALES

- ✓ 01, placa de fibra de 14 cent. X 11. FR4 para la implementación física de este diseño se tendrá en cuenta las características del sustrato a emplear en la fabricación (FR4):
 - Constancia dieléctrica relativa $\epsilon_r = 4.5$
 - Altura del sustrato $H = 1.6$ m
 - Espesor del material conductor $T = 0.035$ mm.
 - Tangente de perdidas = 0.02
 - Resistividad normalizada respecto del oro $Hh_0 = 0.7$.

- ✓ 01 LCD cristal Líquido 2 X 16.
- ✓ 01 Microcontrolador "PIC1 F 2 A".
- ✓ 01 Circuito Integrado TSA-5511.
- ✓ 01 Cristal de 3,2 MHZ
- ✓ 03 Pulsador.
- ✓ 03 Transistores C930
- ✓ 01 transistor BFG961.
- ✓ 01 regulador de voltaje 7808.
- ✓ 03 Transistores BC548.
- ✓ 01 Transistor BC135.
- ✓ Zócalos.
- ✓ Inductores, bobinas de 22uH y bobinas pasantes.
- ✓ Choque polarización de base de (PA.)

RESISTENCIAS

- ✓ 01 Trimpot 10K Ω .
- ✓ (01) 10k Ω
- ✓ (01) 100k Ω
- ✓ (02) 10 Ω
- ✓ (01) 56k Ω
- ✓ (03) 1k Ω
- ✓ (01) 320 Ω
- ✓ (01) 47 Ω
- ✓ (01) 100 Ω
- ✓ (01) 470 Ω
- ✓ (01) 75 Ω
- ✓ (01) 2.2 Ω



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 19-6-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JESUS RENE CORONEL RUBIO

Dirección: JR. SAN MARTIN # 649

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 02395491

Teléfono: 951313108 email: JESUSCORONELRUBIO@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO ELECTRÓNICO

Asesor: ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR CONTROLADO POR UN SINTETIZADOR DE RADIO FRECUENCIA Y UN MICROCONTROLADOR PARA LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CIRCUITO PLL, RETROALIMENTACION POSITIVA, ESTABILIDAD..

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

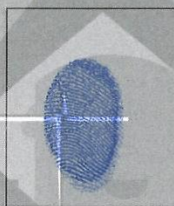
En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE LAS TELECOMUNICACION- P19

Firma
Firma de Autor



huella digital

19 de Julio 2024

Fecha