



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

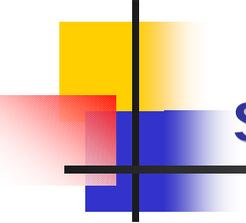
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS

Autor: Juan Martínez Tascón

Tutor: Jesús M. Hernández Mangas



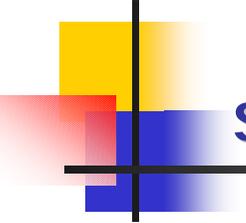
SUMARIO

- **INTRODUCCIÓN**
- EL SISTEMA RDS.
- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A DISEÑAR.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO LÓGICO.
- PRESUPUESTO.

INTRODUCCIÓN.

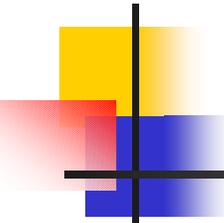


- Objetivo: Conseguir un reloj que siempre muestre la hora correcta, incluso tras los cambios de horario ó tras fallos en el suministro eléctrico.
- Solución: Usar información horaria emitida vía RDS por algunas emisoras FM.



SUMARIO

- INTRODUCCIÓN.
- EL SISTEMA RDS.
 - DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RDS.
 - MODULACIÓN DE LA SEÑAL RDS.
 - CODIFICACIÓN DE LOS DATOS EN RDS.
 - FORMATO DE LOS DATOS EN LA SEÑAL RDS.
 - GRUPO 4A: HORA Y FECHA.
- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A DISEÑAR.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO LÓGICO.
- PRESUPUESTO.

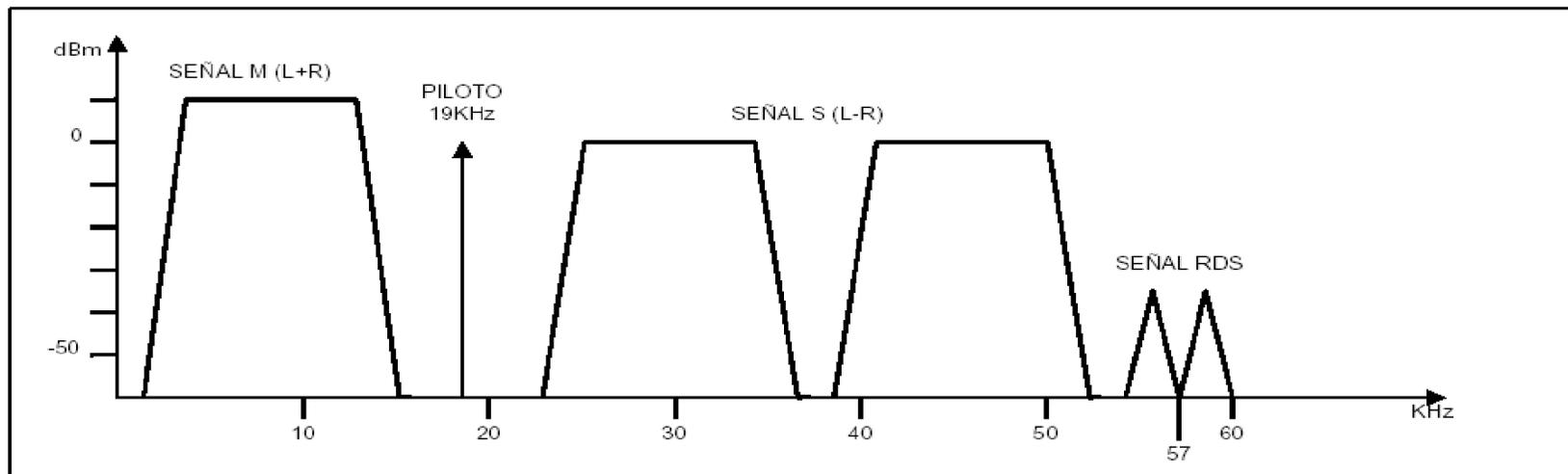


DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RDS.

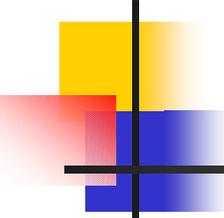
- RDS (Radio Dato System): Transmisión de datos digitalmente junto con la señal de radio FM.
- Múltiples aplicaciones:
 - Identificación emisora.
 - Frecuencias alternativas.
 - Fecha y hora local.
- Antecedentes del RDS:
 - SCA: Música ambiental.
 - ARI: Información de tráfico.

MODULACIÓN DE LA SEÑAL RDS.

- Ancho de banda disponible en modulador FM: 90 KHz
- Ancho de banda usado señal audio estéreo: 53 KHz
- Modulación RDS: subportadora 57 KHz



Espectro de la señal compuesta en emisiones FM con sistema rds.



MODULACIÓN DE LA SEÑAL RDS.

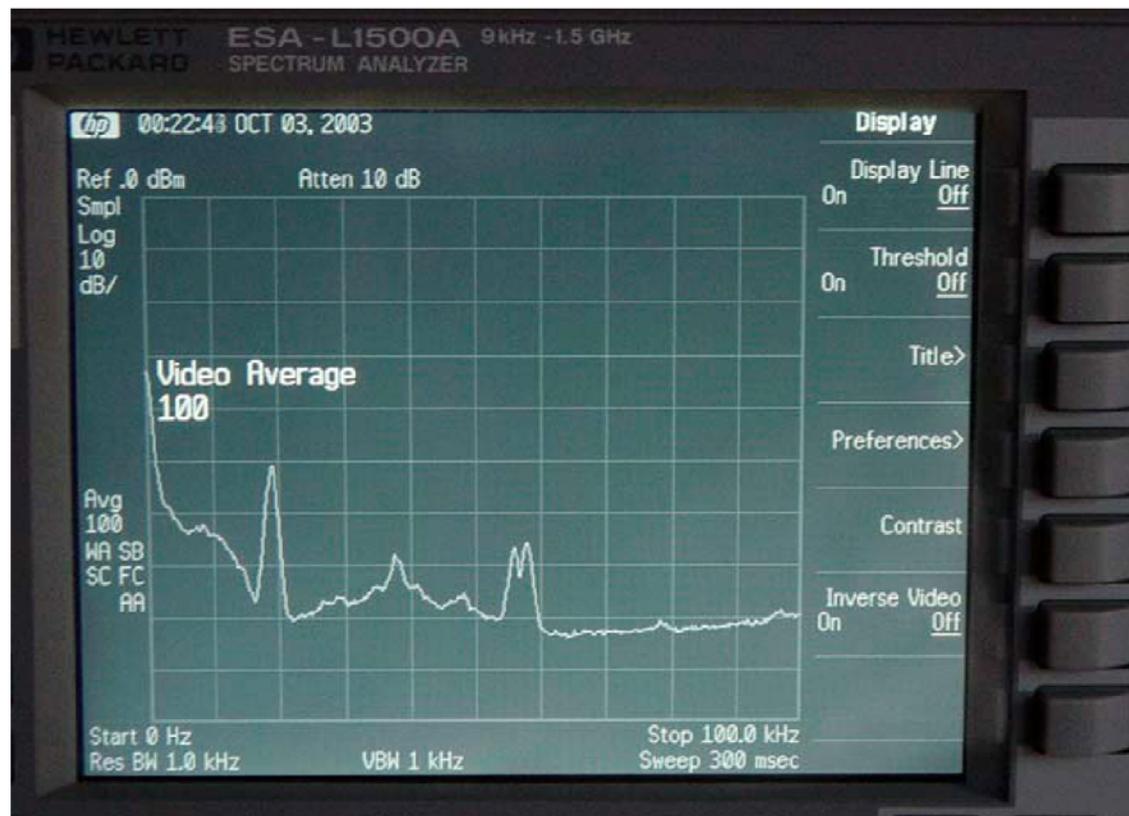
- Modulación en subportadora de 57 KHz.
- Sincronizada con el tercer armónico de la frecuencia piloto para transmisiones estéreo ($19 \text{ KHz} \pm 2\text{Hz} \times 3 = 57 \text{ KHz} \pm 6 \text{ Hz}$).
- Modulación PSK (Phase Shift Keying) con portadora suprimida.

$$s(t) = A \cdot \cos [\omega_c t + D_p \cdot m(t)]$$

$$s(t) = \underbrace{A \cdot \cos D_p \cdot \cos \omega_c t}_{\text{PORTADORA}} - \underbrace{A \cdot m(t) \cdot \text{sen} D_p \cdot \text{sen} \omega_c t}_{\text{DATOS}}$$

$$D_p = 90^\circ \text{ (portadora suprimida)} \quad \rightarrow \quad s(t) = -A \cdot m(t) \cdot \text{sen} \omega_c t$$

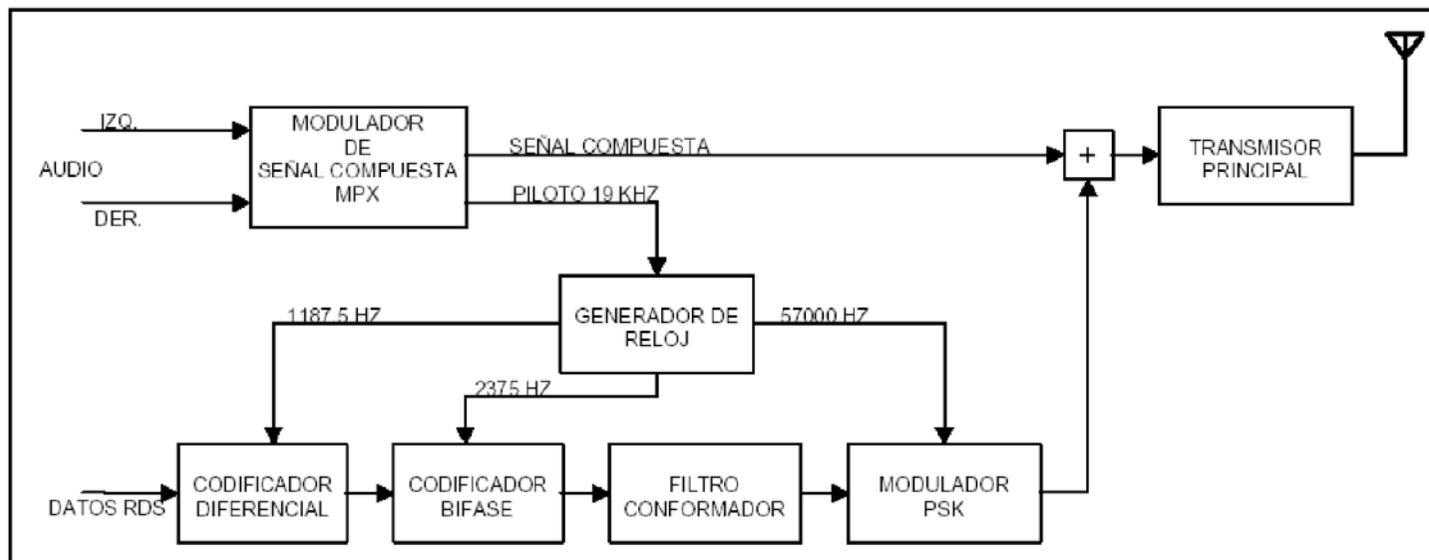
MODULACIÓN DE LA SEÑAL RDS.



Señal compuesta con RDS en un analizador de espectros.

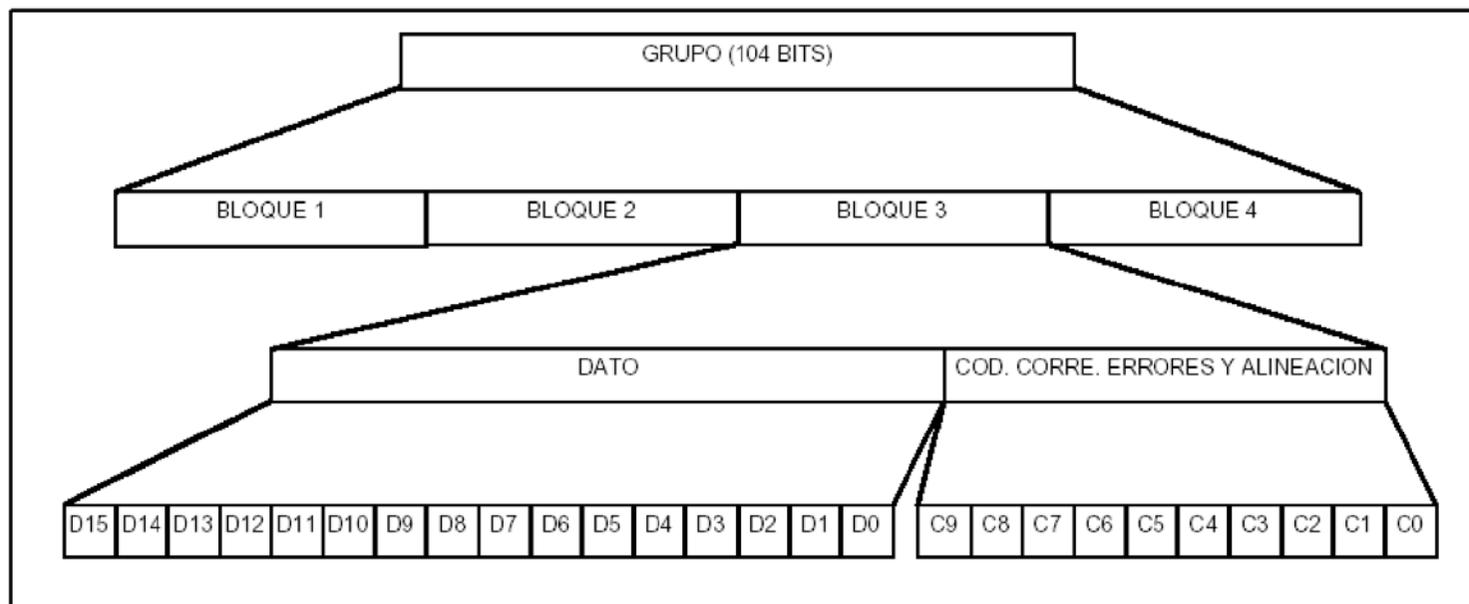
CODIFICACIÓN DE LOS DATOS EN RDS.

- Codificación en dos etapas:
 - 1. **Codificación diferencial.** Los datos se codifican a una velocidad de 1187,5 bps ($19 \text{ KHz} / 48 = 1187,5$)
 - 2. **Codificación bifase.** Se requiere un reloj de sincronismo de 2 veces el reloj de transmisión: $1187,5 \times 2 = 2375 \text{ Hz}$.



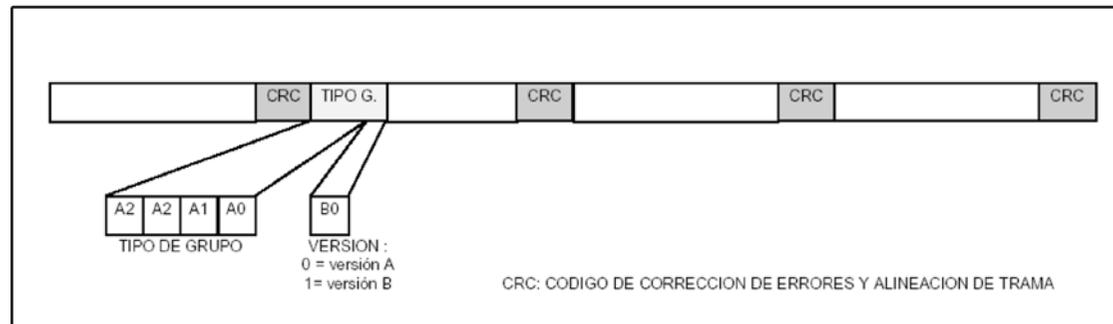
FORMATO DE LOS DATOS EN LA SEÑAL RDS.

- Los datos se transmiten en paquetes de **104 bits** llamados *grupos*.
- Cada *grupo* está formado por 4 *bloques* de **26 bits**.
- Cada *bloque* contiene **16 bits** de datos y **10** de corrección de errores.



Paquete de información en el sistema RDS.

FORMATO DE LOS DATOS EN LA SEÑAL RDS.



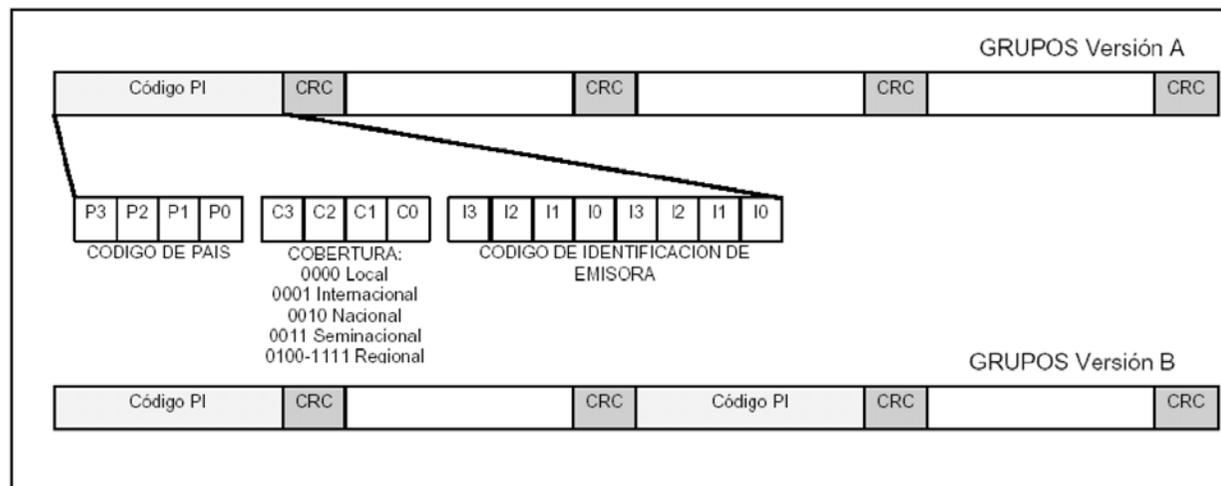
Tipo de grupo y versión.

VERSION A					VERSION B				
A3	A2	A1	A0	APLICACION	A3	A2	A1	A0	APLICACION
0	0	0	0	Información básica de sintonía	0	0	0	0	Información básica de sintonía
0	0	0	1	Información del programa	0	0	0	1	Información del programa
0	0	1	0	Radiotexto	0	0	1	0	Radiotexto
0	0	1	1	Información de otras redes	0	0	1	1	Información de otras redes
0	1	0	0	Hora y fecha	0	1	0	0	-
0	1	0	1	Canales transparentes de datos	0	1	0	1	Canales transparentes de datos
0	1	1	0	Aplicaciones de la emisora	0	1	1	0	Aplicaciones de la emisora
0	1	1	1	Buscapersonas	0	1	1	1	-
1	0	0	0	-	1	0	0	0	-
1	0	0	1	-	1	0	0	1	-
1	0	1	0	-	1	0	1	0	-
1	0	1	1	-	1	0	1	1	-
1	1	0	0	-	1	1	0	0	-
1	1	0	1	-	1	1	0	1	-
1	1	1	0	Soporte ampliado de otras redes	1	1	1	0	Soporte ampliado de otras redes
1	1	1	1	-	1	1	1	1	Información de sintonía rápida

Tipos de grupos.

FORMATO DE LOS DATOS EN LA SEÑAL RDS.

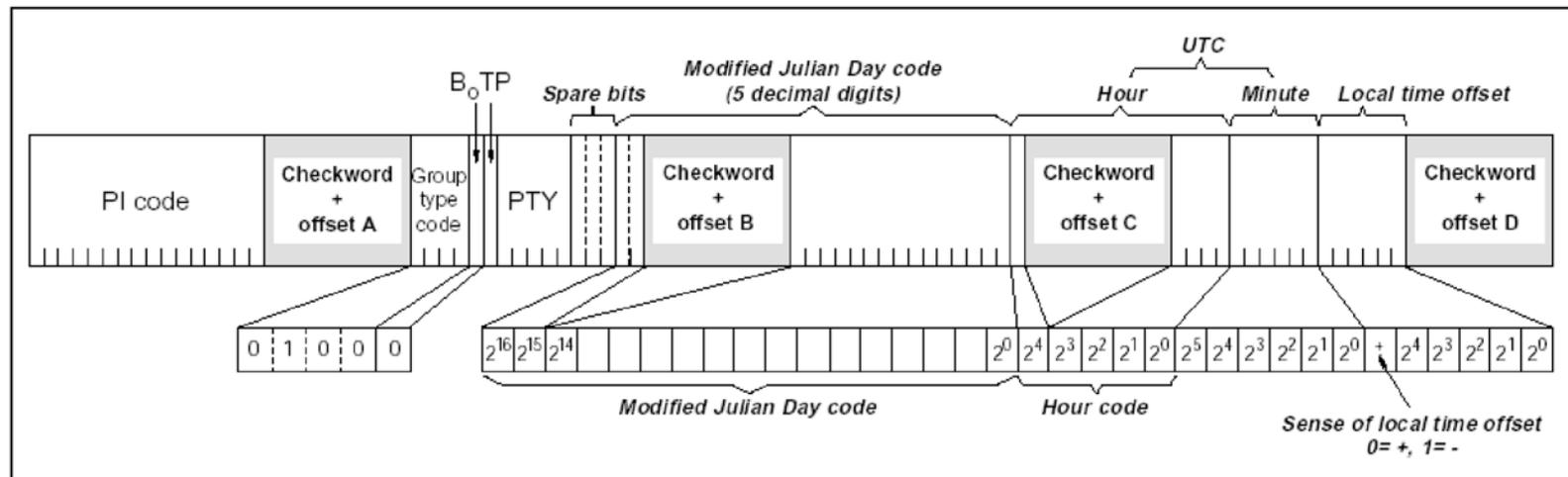
- Existen otros bits que siempre deben ser transmitidos.
 - PI (*Programme Identification*)
 - TP (*Traffic Programme*)
 - PTY (*Programme Type*)
- El código PI ocupa el primer bloque de los grupos versión A, y también el tercer bloque en la versión B.



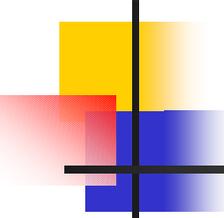
Código de identificación de la emisora PI.

GRUPO 4A: FECHA Y HORA

- Este grupo se transmite en el margen de $\pm 0,1$ segundos del cambio de minuto.
- La hora se transmite en el formato UTC (Universal Cordinated Time) que es la hora del meridiano de Greenwich.
- La fecha se transmite como día del calendario Juliano Modificado (MJD).



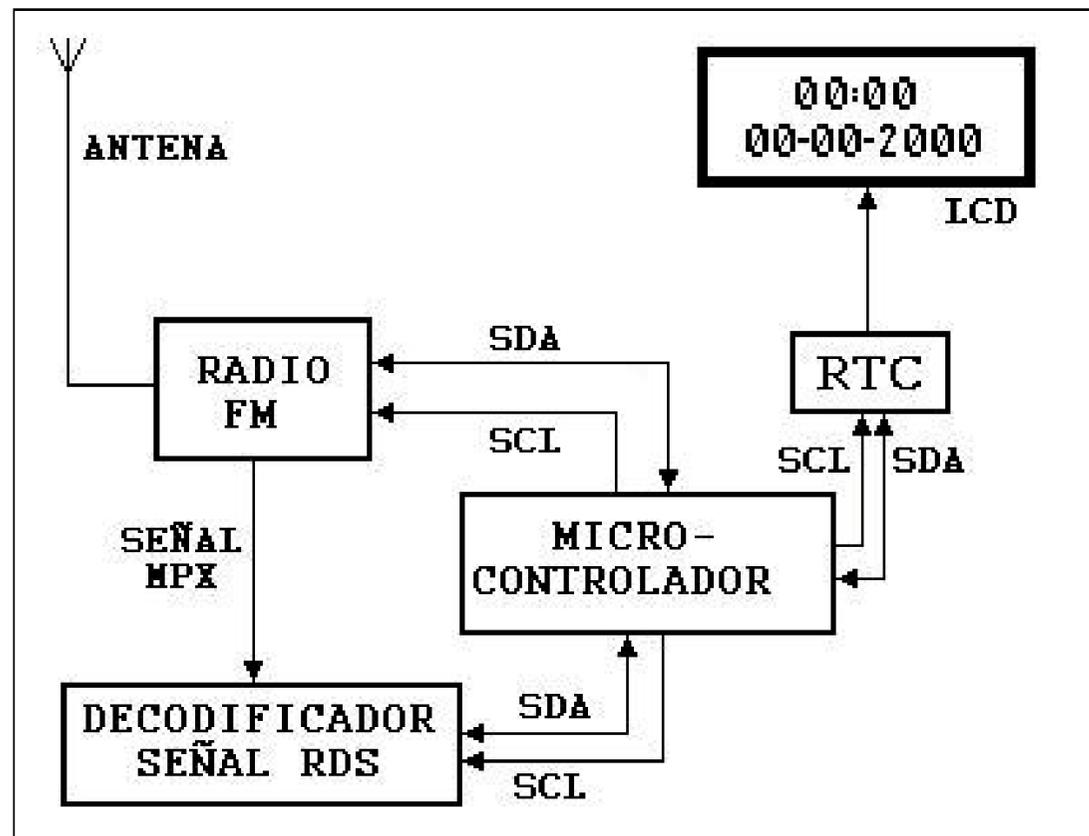
Transmisión de la fecha y la hora (Grupo 4A).

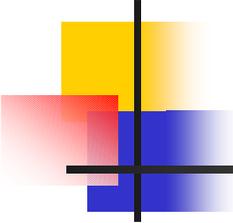


SUMARIO

- INTRODUCCIÓN.
- EL SISTEMA RDS.
- **DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A DISEÑAR.**
 - ESTUDIO DE LOS DISPOSITIVOS DEL MERCADO.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO LÓGICO.
- PRESUPUESTO.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A DISEÑAR.





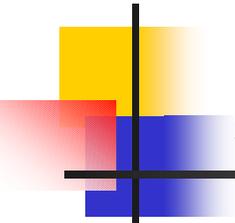
ESTUDIO DE LOS DISPOSITIVOS DEL MERCADO.

- CIRCUITOS INTEGRADOS DE RADIO FM:

- Atmel TDA 1083
- Philips TDA 7088T
- Samsung S1A0427B01
-
- **Philips TDA 7000**

- CIRCUITOS DECODIFICADORES RDS:

- Philips SAA 6579
- ST-Microelectronics TDA 7330
-
- **Philips SAA 6588**

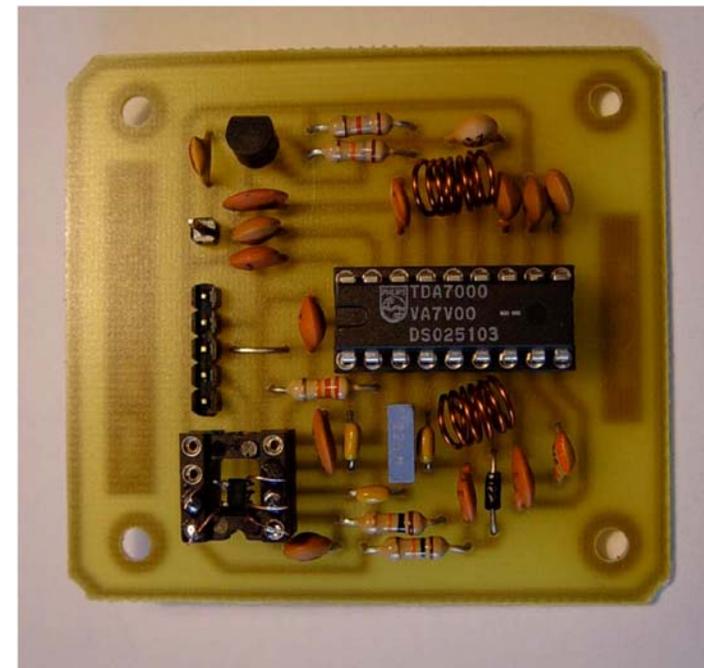
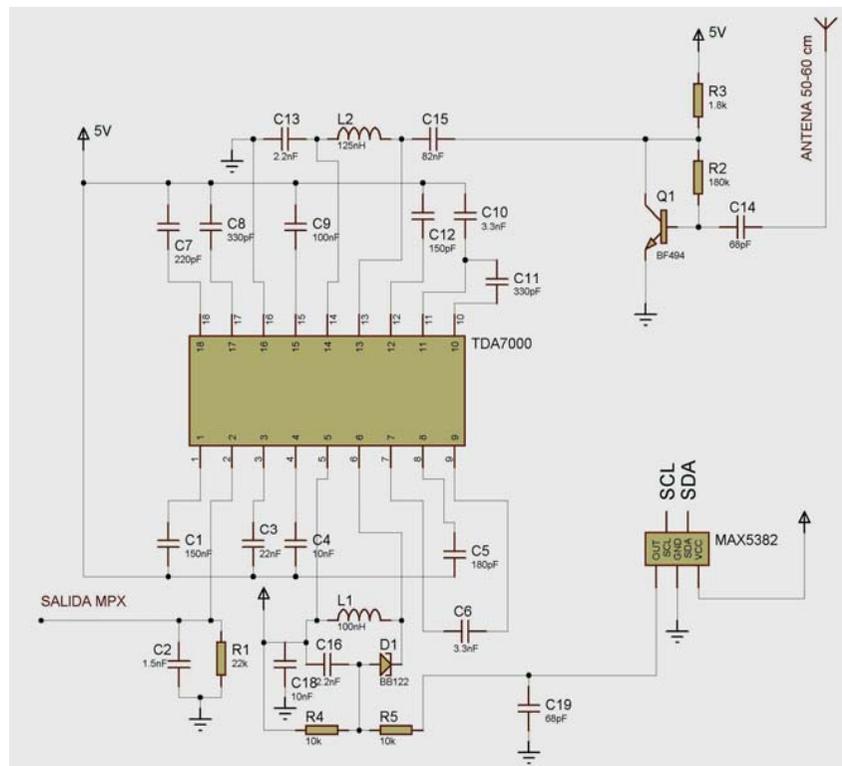


SUMARIO

- INTRODUCCIÓN.
- EL SISTEMA RDS.
- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A DISEÑAR.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO.
 - EL CIRCUITO RECEPTOR DE RADIO FM.
 - EL CIRCUITO DECODIFICADOR DE RDS.
 - BLINDAJE Y AISLAMIENTO DE LOS CIRCUITOS.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO LÓGICO.
- PRESUPUESTO.

CIRCUITO RECEPTOR DE RADIO FM.

- Obtiene la información emitida por las emisoras de 88 a 108 MHz.
- Es un receptor de sintonización automática.

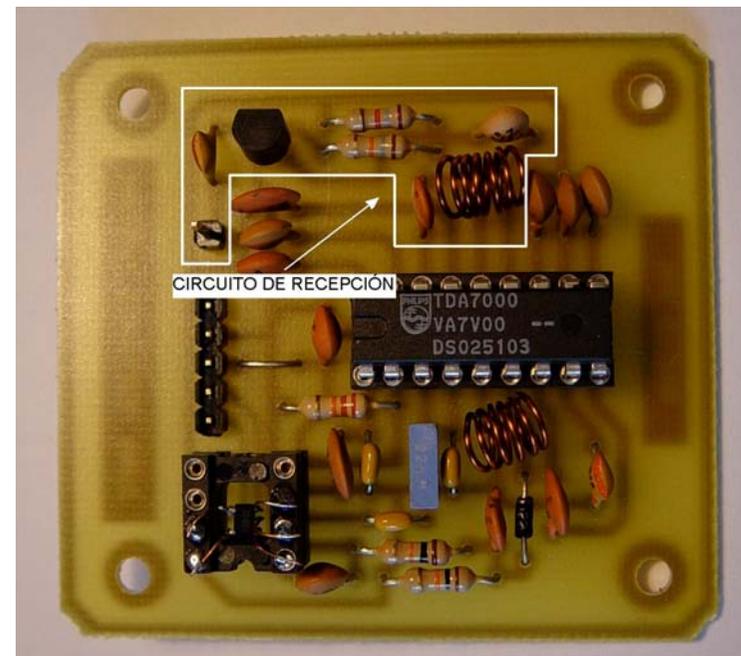
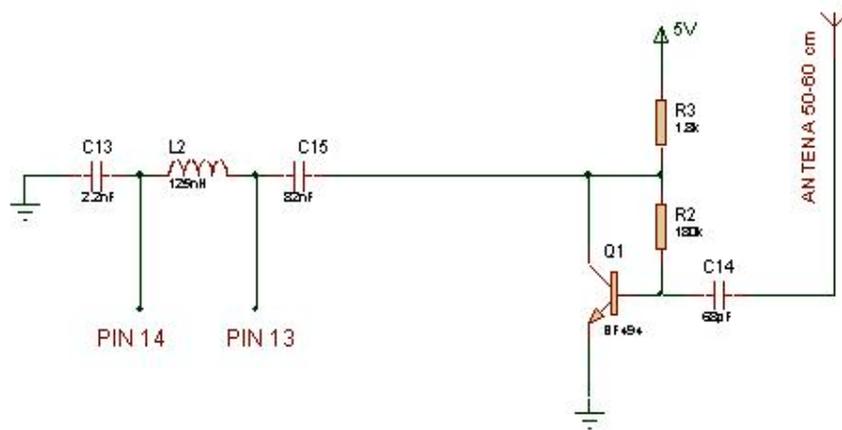


EL CIRCUITO DE SINTONIZACIÓN.



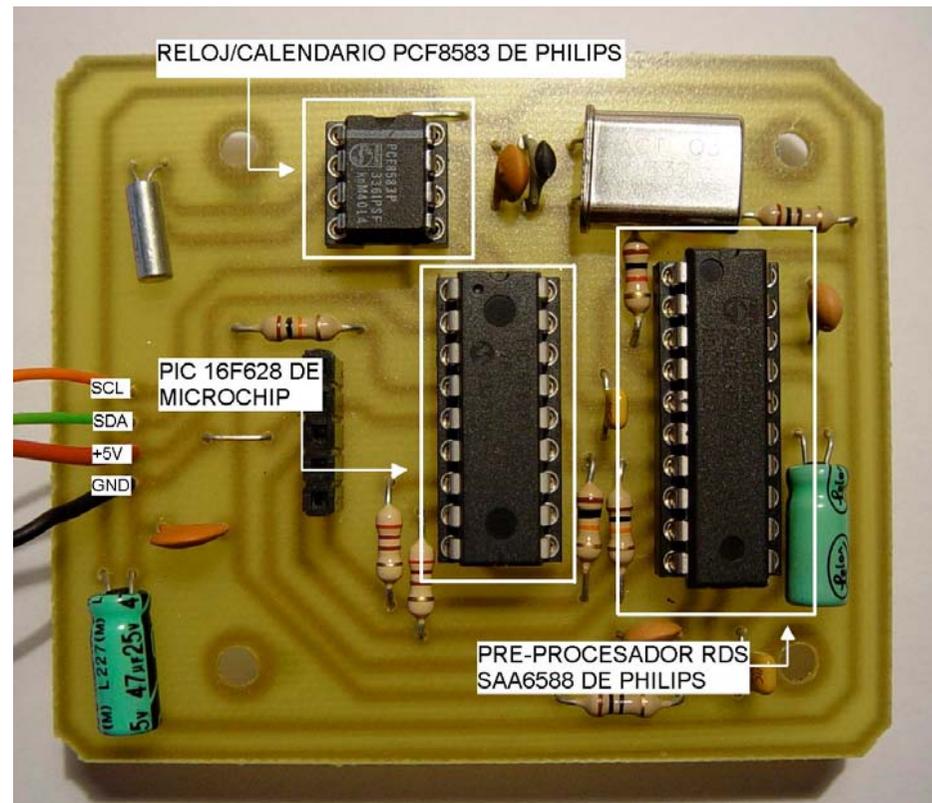
EL CIRCUITO DE RECEPCIÓN.

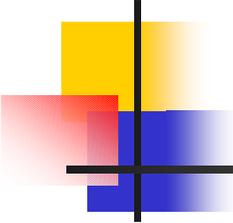
- Amplifica y filtra la señal FM que estamos sintonizando.



EL CIRCUITO DECODIFICADOR DE RDS.

- Demodula, decodifica y procesa la señal RDS.
- Gestiona el funcionamiento de todo el sistema.
- Componentes principales:
 - Microcontrolador.
 - Pre-procesador RDS.
 - Reloj de tiempo real RTC.
 - Cristal de cuarzo de 4,332 MHz.





EL CIRCUITO DECODIFICADOR RDS.

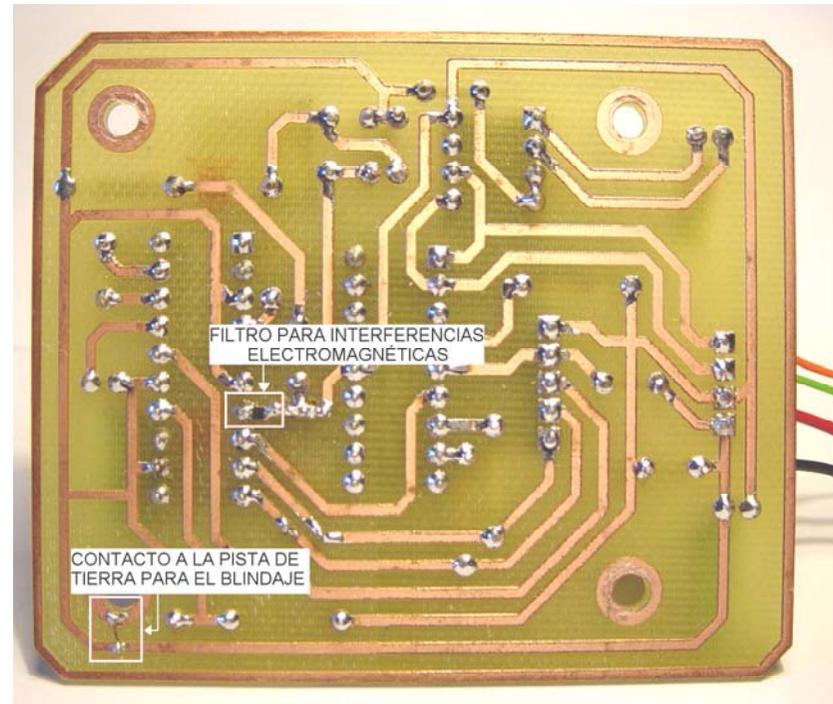
C3 

Esquema eléctrico del módulo decodificador RDS.

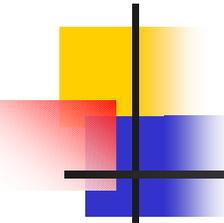
BLINDAJE Y AISLAMIENTO DE LOS CIRCUITOS.



Detalle del plano de tierra.



Detalle de la cara inferior del módulo decodificador RDS.



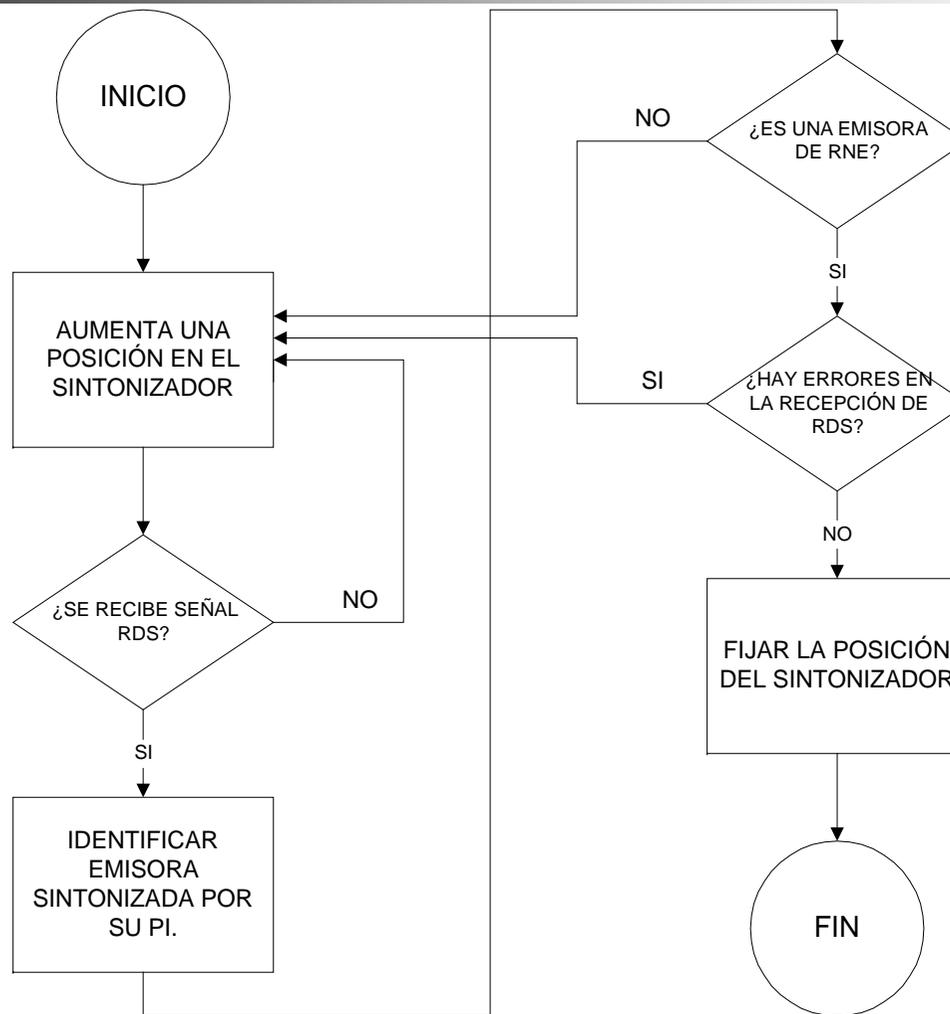
SUMARIO

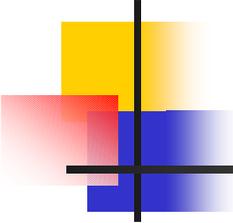
- INTRODUCCIÓN.
- EL SISTEMA RDS.
- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A DISEÑAR.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO.

- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO LÓGICO.
 - EL CIRCUITO RECEPTOR DE RADIO FM.
 - EL CIRCUITO DECODIFICADOR DE RDS.

- PRESUPUESTO.

FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO RECEPTOR DE RADIO FM





FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DECODIFICADOR RDS.

- Gestionado por el microcontrolador.
- Controla el decodificador via I2C.
- Comprueba que los datos no tienen errores.
- Procesa la información del grupo 4A.
- Actualiza el RTC con los datos válidos de fecha y hora.

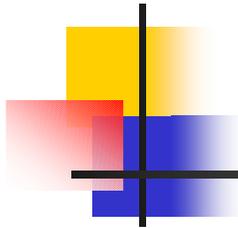
$$Y' = \text{int} \left[\frac{MJD - 15078.2}{365.25} \right]$$

$$M' = \text{int} \left[\frac{MJD - 14956.1 - \text{int}(Y' \cdot 365.25)}{30.6001} \right]$$

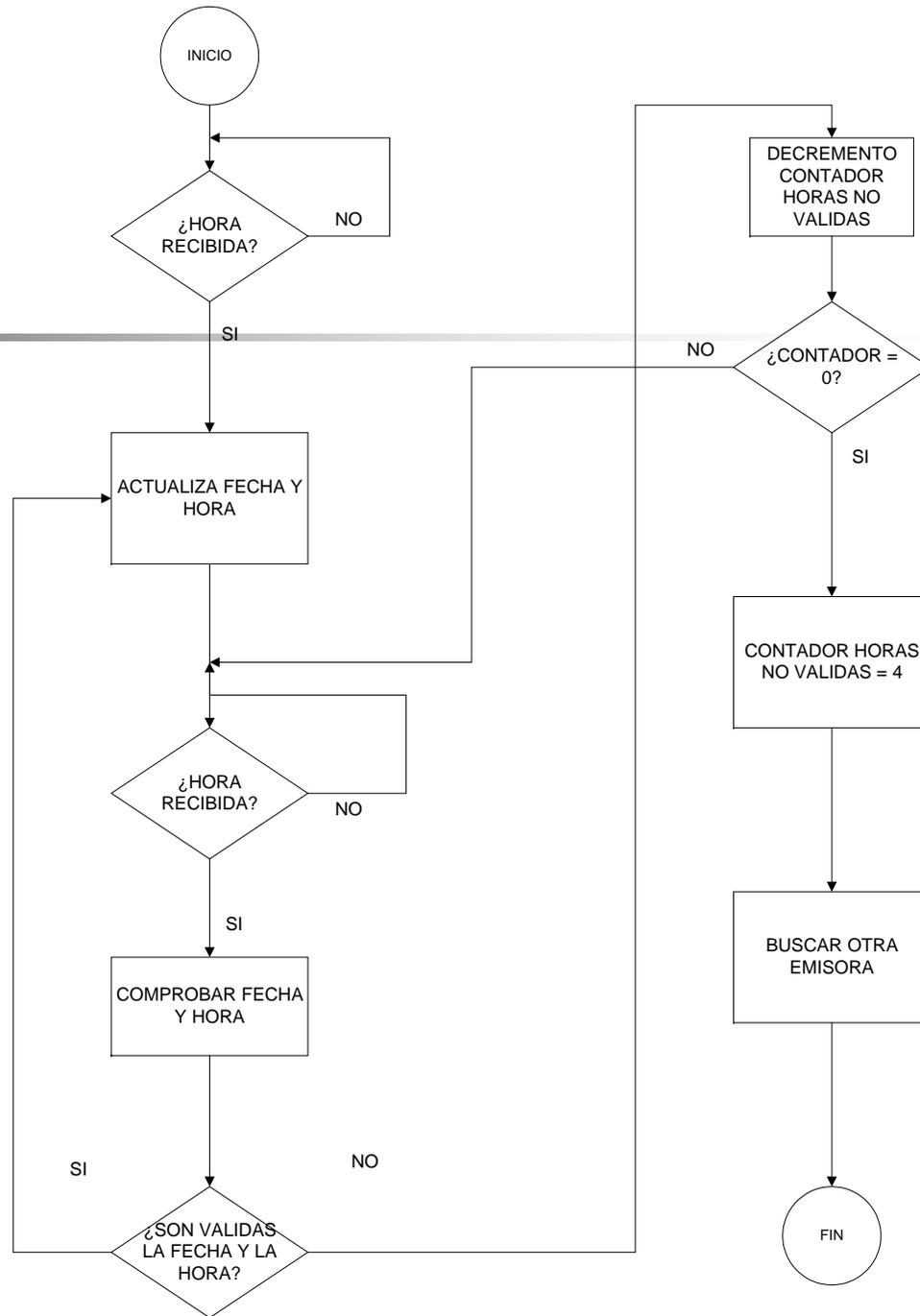
$$\text{Día} = MJD - 14956 - \text{int}(Y' \cdot 365.25) - \text{int}(M' \cdot 30.6001)$$

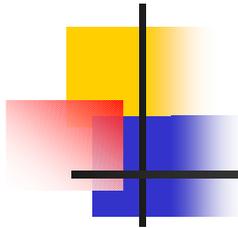
$\text{Año} = Y' + K$; dónde $K = 1$ si M' es 14 ó 15. Si no, $K = 0$.

$$\text{Mes} = M' - 1 - K \cdot 12$$

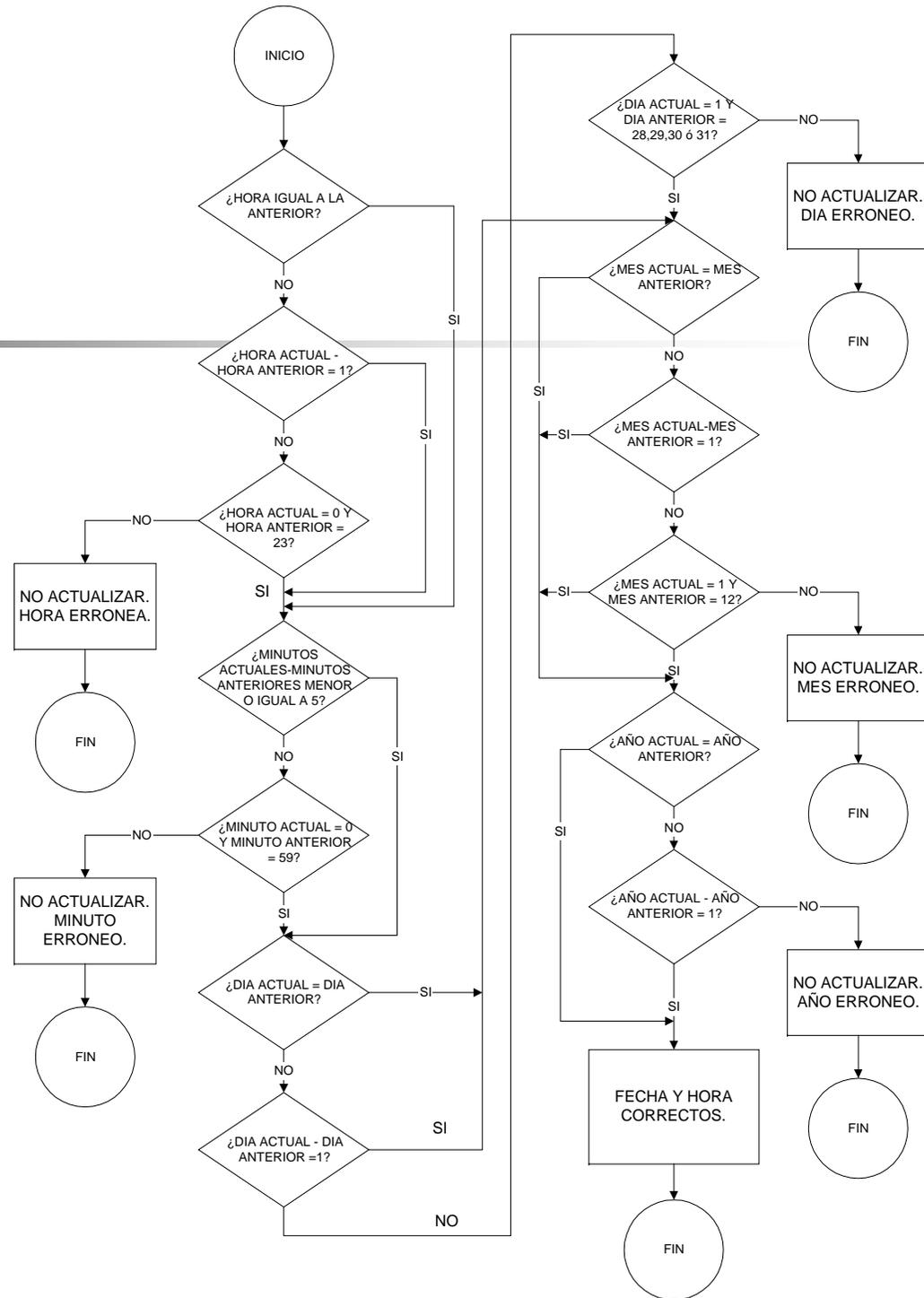


ALGORITMO ACTUALIZACIÓN FECHA Y HORA

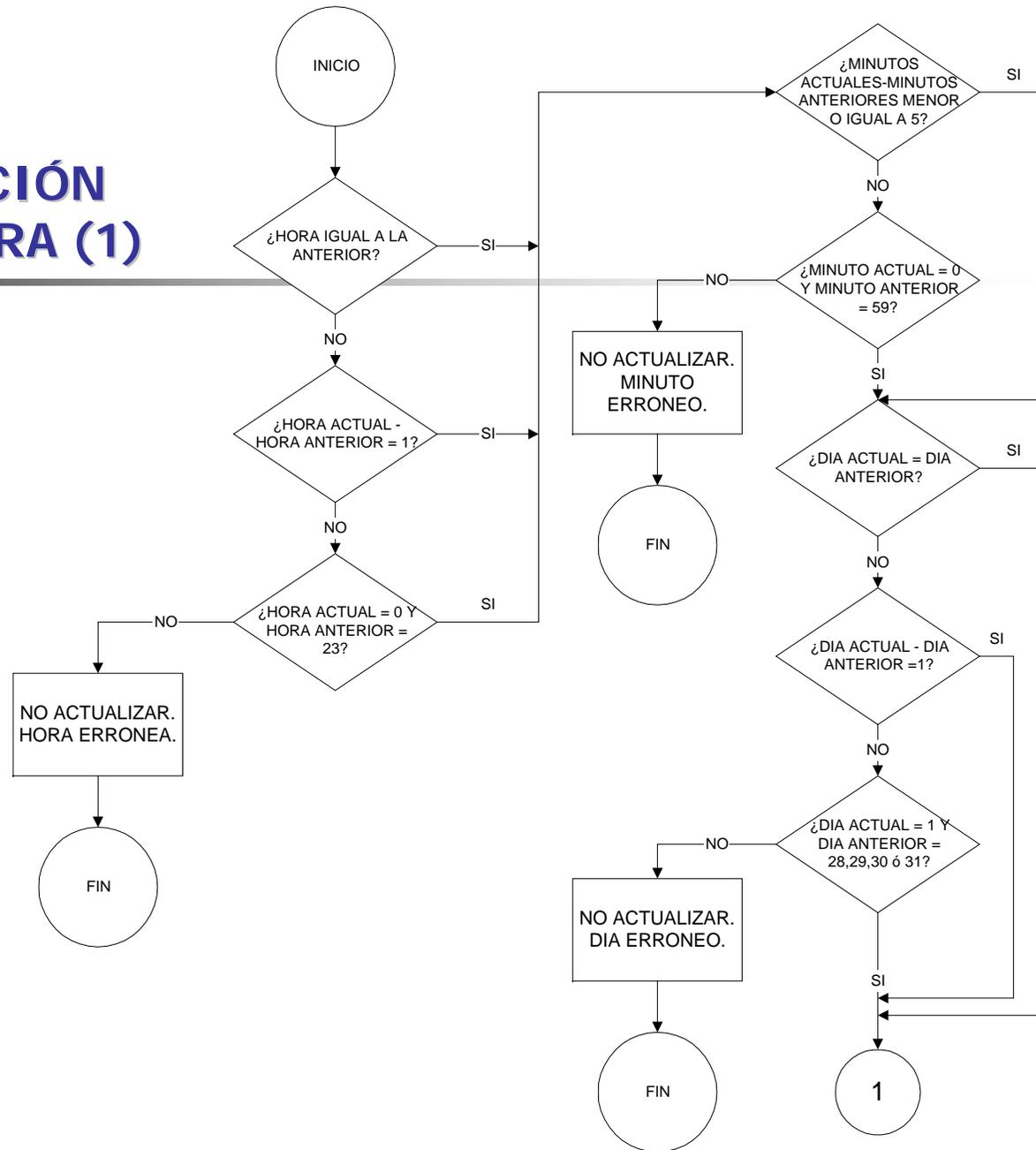




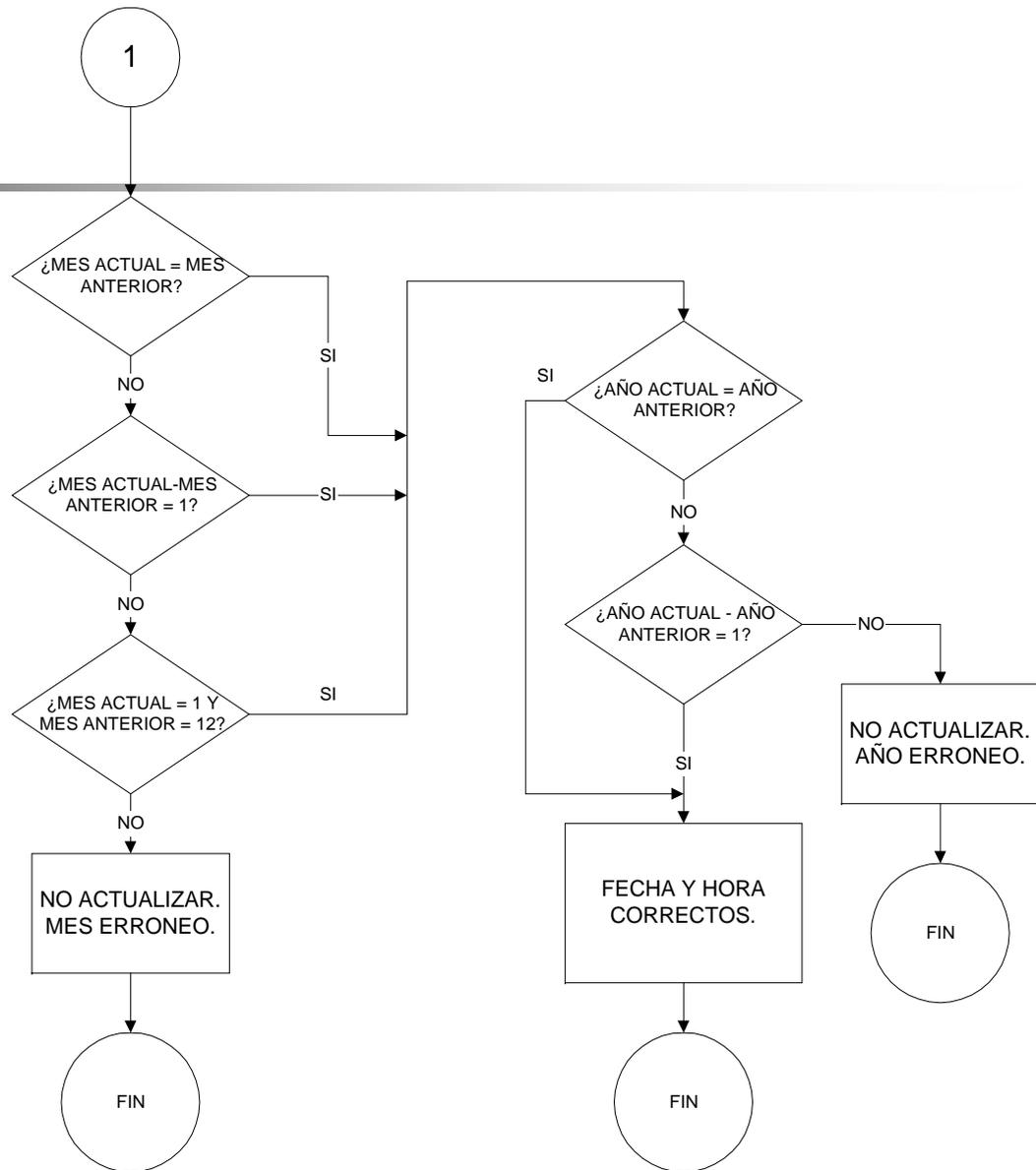
ALGORITMO COMPROBACIÓN FECHA Y HORA

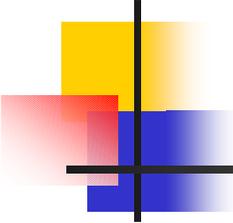


ALGORITMO COMPROBACIÓN FECHA Y HORA (1)



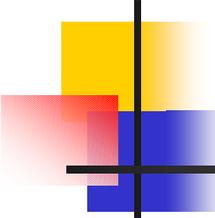
ALGORITMO COMPROBACIÓN FECHA Y HORA (2)





SUMARIO

- INTRODUCCIÓN.
- EL SISTEMA RDS.
- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA A DISEÑAR.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO.
- EL SISTEMA DECODIFICADOR FM-RDS. FUNCIONAMIENTO LÓGICO.
- **PRESUPUESTO.**



PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL		
		Nº DE UNIDADES PRODUCIDAS		
		100	1.000	10.000
Material	24,04 € / unidad	2.404	24.040	240.400
Mano de Obra	3 € / unidad	300	3.000	30.000
Ingeniería	8.640 €	8.640	8.640	8.640
COSTE FABRICACIÓN		11.344	35.680	279.040
Beneficio Industrial (20%)		2.268,8	7.136	55.808
COSTE TOTAL (sin iva)		13.612,8	42.816	334.848
I.V.A. (16%)		2.178,05	6.850,56	53.575,68
COSTE TOTAL (iva incluido)		15.790,85 €	49.666,56 €	388.423,68 €
COSTE POR UNIDAD (sin iva)		136,13	42,82	33,48
I.V.A. (16%)		21,78	6,85	5,36
COSTE POR UNIDAD (iva incluido)		157,91 €	49,67 €	38,84 €