

## Cálculo de líneas de microtira

Ing. J.A. Bava

### Introducción

El propósito de este artículo es dar un método rápido con pequeños errores para el cálculo de líneas de microtira.

La necesidad de construir líneas de microtira para adaptación en amplificadores de microondas o simplemente para interconectar elementos en esa frecuencia, nos llevó al estudio de trabajos realizados sobre el tema, principalmente los que se basan en las ecuaciones de Hammerstad (1)(2), lo cual nos permitió encontrar un método relativamente sencillo lo que unido a un programa de cómputo nos posibilita un cálculo rápido y efectivo, para frecuencias menores que 4Ghz.

### Líneas de microtira

Estas líneas se construyen tallando un material para circuito impreso de doble faz (fig. 1), donde el dielectrico es de bajas pérdidas en la frecuencia a la cual se va a utilizar.

Las características de propagación de las líneas de microtira surgen de las líneas coaxiales como puede observarse en la fig. 2. Este modo de propagación posee grandes pérdidas producidas por las líneas de campo que viajan por el aire, sin embargo estas líneas de transmisión poseen excelentes ventajas y resultados en circuitos de baja potencia.

El objetivo del cálculo es obtener el ancho de la microtira para un dado material de circuito impreso con lo que se obtendra una línea de transmisión de una cierta impedancia característica  $Z_0$ , como se muestra a continuación.

## Cálculo de líneas de microtira

Las ecuaciones de cálculo no son simples ya que la inductancia y capacidad distribuida de las líneas son función de la geometría de la microtira. Las expresiones de las ecuaciones sintetizadas de Hammerstad (1) para determinar las dimensiones de la microtira son:

Para  $W/h < 2$

$$W/h = (8.e^A)/(e^{2A}-2)$$

Para  $W/h > 2$

$$W/h = (2/\pi) \cdot (B-1-\ln(2 \cdot B-1)) + ((E_r-1)/2 \cdot E_r) \cdot (\ln(B-1) + .39 - .61/E_r)$$

Donde

W = ancho de la microtira

h = espesor del dielectrico

$$A = (Z_0/60) \sqrt{((E_r+1)/2) + ((E_r-1)/(E_r+1))} \cdot (.23 + .11/E_r)$$

$$B = (377 \cdot \pi) / (2 \cdot Z_0 \cdot \sqrt{E_r})$$

$E_r$  = cte. dielectrica relativa

$Z_0$  = impedancia característica de la microtira

Los errores cometidos con estas ecuaciones son del orden del 1%.

Hasta ahora no se ha tenido cuenta el espesor del cobre t, Considerándolo, obtenemos una corrección del ancho de la microtira determinado por:

Para  $W/h \geq 1/2 \cdot \pi$

$$W_e = W + (t/\pi) \cdot (1 + \ln(2 \cdot h/t))$$

Para  $W/h \leq 1/2 \cdot \pi$

$$W_e = W + (t/\pi) \cdot (1 + \ln(4 \cdot W \cdot \pi/t))$$

Con esta última ecuación queda determinado el ancho efectivo de la microtira  $W_e$  para una cierta impedancia característica y un

dado material de circuito impreso.

Otro dato de importancia en el cálculo es la longitud de onda  $\lambda_g$  en la microtira que está dado por:

$$\lambda_g = v_p/f = c/(f \cdot \sqrt{E_{ef}}) = \lambda_0/\sqrt{E_{ef}}$$

Donde

$$E_{ef} = (E_r + 1)/2 + ((E_r - 1)/2) \cdot (1/\sqrt{1 + 12 \cdot h/W})$$

Esta cte. dieléctrica efectiva  $E_{ef}$  es mas baja que la cte. dieléctrica relativa  $E_r$  ya que algunas líneas de campo son exteriores al substrato, por lo tanto el modo de propagación de la onda no es TEM, como en las líneas coaxiales, sino un modo cuasi-TEM.

Deben también considerarse los acoplamientos de la línea con circuitos cercanos, tal que no introduzca variaciones en su característica. Es por eso que se debe tener en cuenta la separación entre microtiras y su distancia con respecto a las paredes de la caja que las contienen (fig 3).

El programa de computo dado a continuación contempla todas las expresiones enunciadas en este artículo.

### Resultados

El programa facilitó el cálculo de líneas de microtira, que fue utilizado con buenos resultados en amplificadores de microondas con adaptación de líneas de  $\lambda/4$  con transistores bipolares (3) y en amplificadores con FET AS Ga para el interconexionado de los elementos de adaptación. También se empleó en amplificadores de frecuencia intermedia en 120 Mhz (4). El material de circuito impreso usado en frecuencias de microondas fue el RT-Duroid, que posee una cte. dieléctrica relativa de 2,2 hasta 10 Ghz, especificada por el fabricante, y su dielectrico es un compuesto de

teflon-fibra de vidrio. En frecuencias más bajas( como es el caso de 120 Mhz), se empleo material de circuito impreso que se encuentra en el mercado, midiendose la cte. dieléctrica relativa en el rango de frecuencias de trabajo.

A continuación del programa se dan dos ejemplos de cálculo de líneas de microtira con las especificaciones del material de circuito impreso que se pueden observar en los datos.

### Referencias

- (1) Microstrip transmision line - James R. Fisk - Ham Radio enero 1978
- (2) Solid-State microwave amplifier design - Tri T. Ha - A. Wiley Intercience publication
- (3) Amplificadores con transistores para microondas - J. A. Bava revista Telegrafica electrónica - junio 1983
- (4) Polarimetro para observaciones en el continuo en 1420Mhz - A. Bava, E. Filloy, J. Olalde y A. Sanz - Boletin Asociacion Argentina de Astronomia N° 27

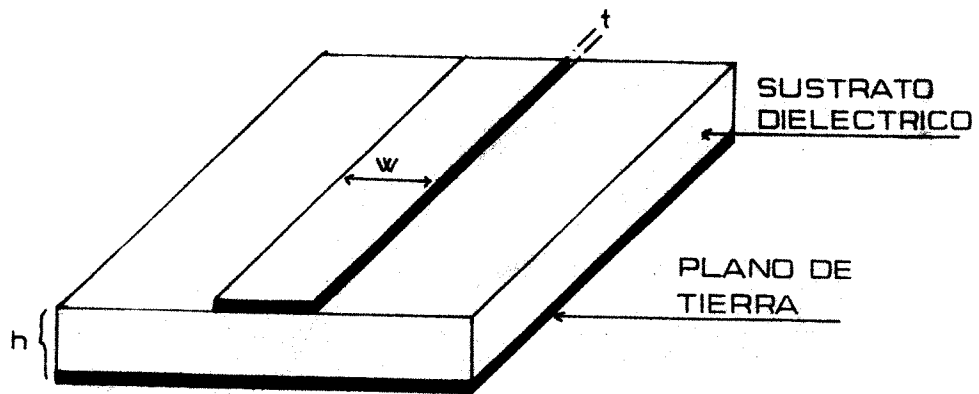
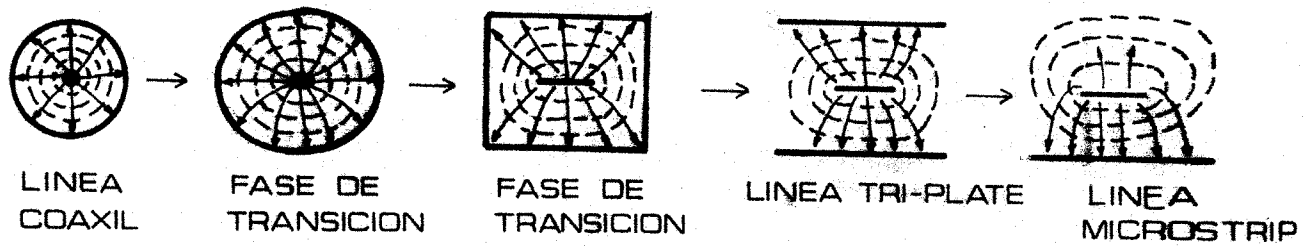


Fig.1



$$\frac{W}{h} = F(Z_0, t, E_r) \text{ ECUACIONES SINTETIZADAS DE HAMERSTAD}$$

Fig.2

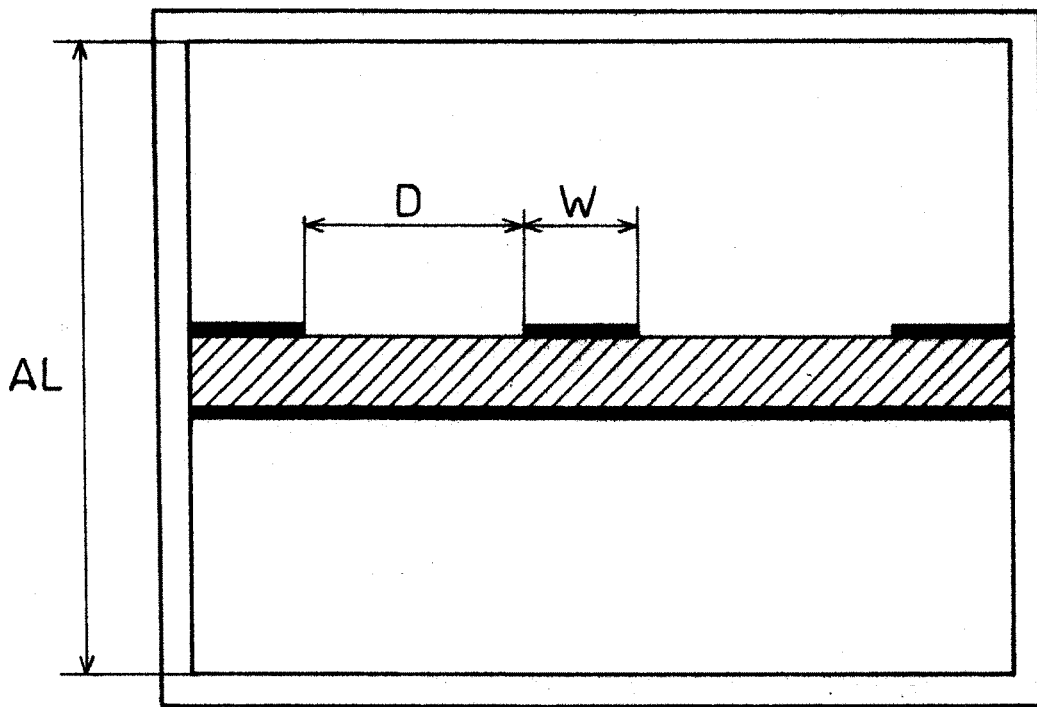


Fig.3

```

REM 'CALCULO DE LINEAS DE MICROTIRA'
1 PRINT '*DATOS*\PRINT
2 PRINT 'ESPESOR DEL DIELECTRICO EN MM H=';
3 INPUT H\PRINT
4 PRINT 'CTE. DIELECTRICA RELATIVA E=';
5 INPUT E\PRINT
6 PRINT 'ESPESOR DEL COBRE EN MM T=';
7 INPUT T\PRINT
8 PRINT 'IMPEDANCIA DE LA LINEA EN OHM Z0=';
9 INPUT Z0\PRINT
10 PRINT 'FRECUENCIA DE TRABAJO EN MHZ=';
11 INPUT F0\PRINT
12 LET A=Z0/60*SQR((E+1)/2)+((E-1)/(E+1))*(.23+(.11/E))
13 LET B=(377*3.1416)/(2*Z0*E^.5)
14 LET W1=((2*H)/3.1416)*((B-1-(LOG(2*B-1)))+(E-1)/(2*E))*((LOG(B-1))+.39-(.16/
15 LET W2=H*((B*EXP(A))/(EXP(2*A)-2))
16 GOSUB 250
17 GOSUB 265
18 LET X=T/H
19 IF X<5.00000E-03 THEN 125
20 LET Y=W/H
21 GOSUB 285
22 GOSUB 305
23 LET L=29980/F0
24 LET E1=1+(E-1)*(.5*(1+(1/(SQR(1+((10*H)/W))))))
25 LET L0=L/(SQR(E1))
26 GOSUB 330
27 GOSUB 350
28 LET A=111*H
29 PRINT '*LINEA DE MICROTIRA*\PRINT
30 PRINT 'ANCHO DE LA MICROTIRA EN MM
31 PRINT 'W=';W\PRINT
32 PRINT 'LONGITUD ELECTRICA DE LA MICROTIRA EN CM'
33 PRINT 'LH=';L0\PRINT
34 PRINT 'DISTANCIA DE LA MICROTIRA A TIERRA EN MM'
35 PRINT 'D=';D\PRINT
36 PRINT 'ALTURA DE LA CAJA EN MM'
37 PRINT 'AL=';A\PRINT
38 STOP
39 REM 'SUB. ELECCION DEL W'
40 IF W1<2 THEN 260
41 LET W=W1
42 RETURN
43 IF W2>2 THEN 275
44 LET W=W2
45 RETURN
46 REM 'SUB. EFECTOS DEL ESPESOR T'
47 IF Y<.16 THEN 300
48 LET W3=W*(T/3.1416)*((1+(LOG(2*H/T))))
49 LET W=W3*1
50 RETURN
51 IF Y>.16 THEN 320
52 LET W3=W*(T/3.1416)*((1+(LOG(4*3.1416*W/T))))
53 W=W3*1
54 RETURN
55 REM 'SUB. DIMENSION DE LA CAJA'
56 IF Z0<=50 THEN 345
57 B=9*W/2
58 RETURN
59 IF Z0>50 THEN 360
60 LET D=W
61 RETURN
62 END

```

ABBIT 23-MAY-84 BASIC V01B-02

\*DATOS\*

ESPESOR DEL DIELECTRICO EN MM H=71.57

CTE. DIELECTRICA RELATIVA E=72.2

ESPESOR DEL COBRE EN MM T=7.05

IMPEDANCIA DE LA LINEA EN OHM Z0=750

FRECUENCIA DE TRABAJO EN MHZ=71500

\*LINEA DE MICROTIRA\*

ANCHO DE LA MICROTIRA EN MM

W= 4.97501

LONGITUD ELECTRICA DE LA MICROTIRA EN CM

LM= 14.5216

DISTANCIA DE LA MICROTIRA A TIERRA EN MM

D= 4.97501

ALTURA DE LA CAJA EN MM

AL= 17.27

STOP AT LINE 241

READY

RUN

ABBIT 23-MAY-84 BASIC V01B-02

\*DATOS\*

ESPESOR DEL DIELECTRICO EN MM H=71.65

CTE. DIELECTRICA RELATIVA E=75.03

ESPESOR DEL COBRE EN MM T=7.04

IMPEDANCIA DE LA LINEA EN OHM Z0=750

FRECUENCIA DE TRABAJO EN MHZ=7150

\*LINEA DE MICROTIRA\*

ANCHO DE LA MICROTIRA EN MM

W= 2.95668

LONGITUD ELECTRICA DE LA MICROTIRA EN CM

LM= 102.523

DISTANCIA DE LA MICROTIRA A TIERRA EN MM

D= 2.95668

ALTURA DE LA CAJA EN MM

AL= 18.15