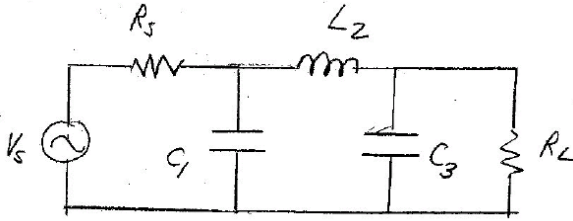


초고주파공학 기말고사 해답

(필터 문제)

1. 전압원 V_s 와 이와 직렬연결된 전원저항 $R_s = 1\Omega$, 부하저항 $R_L = 1\Omega$ 이 주어질 경우 3차 저역통과 필터의 구조를 도시하라.

(해답)



2. 아래 표를 이용하여 차단 각주파수 $\omega_c = 10^8$ (rad/sec), $R_s = R_L = 100\Omega$ 일 경우 위 1번 문제 필터 회로를 소자 값 포함하여 도시하라. 필터형식은 Butterworth (= maximally flat)이다.

TABLE 8.3 Element Values for Maximally Flat Low-Pass Filter Prototypes ($g_0 = 1$, $\omega_c = 1$, $N = 1$ to 10)

N	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}	g_{11}
1	2.0000	1.0000									
2	1.4142	1.4142	1.0000								
3	1.0000	2.0000	1.0000	1.0000							
4	0.7654	1.8478	1.8478	0.7654	1.0000						
5	0.6180	1.6180	2.0000	1.6180	0.6180	1.0000					
6	0.5176	1.4142	1.9318	1.9318	1.4142	0.5176	1.0000				
7	0.4450	1.2470	1.8019	2.0000	1.8019	1.2470	0.4450	1.0000			
8	0.3902	1.1111	1.6629	1.9615	1.9615	1.6629	1.1111	0.3902	1.0000		
9	0.3473	1.0000	1.5321	1.8794	2.0000	1.8794	1.5321	1.0000	0.3473	1.0000	
10	0.3129	0.9080	1.4142	1.7820	1.9754	1.9754	1.7820	1.4142	0.9080	0.3129	1.0000

Source: Reprinted from G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures*, Artech House, Dedham, Mass., 1980, with permission.

(해답)

Impedance and frequency scaling:

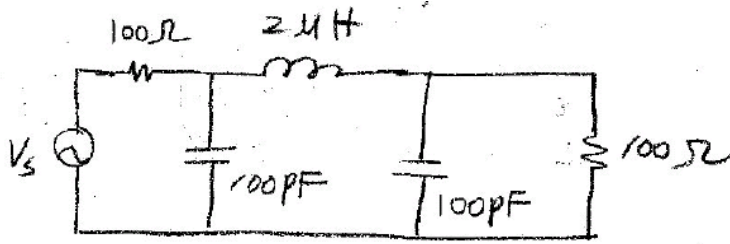
$$R_s = 1 \rightarrow R_s = R_0, \omega_c = 1 \rightarrow \omega_c = \omega_c$$

$$R_L \rightarrow R_0, L_k \rightarrow \frac{R_0 L_k}{\omega_c}, C_k \rightarrow \frac{C_k}{R_0 \omega_c}$$

$$C_1 = \frac{g_1}{R_0 \omega_c} = \frac{1}{100 \times 10^8} = 10^{-10} = 100 \text{ pF}$$

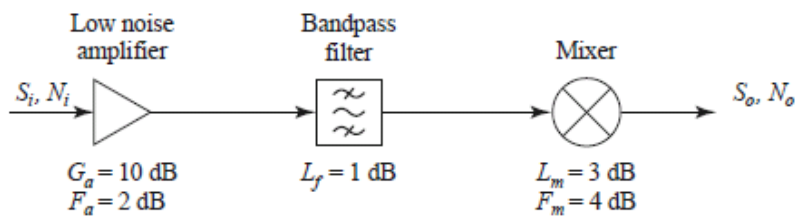
$$L_2 = \frac{R_0 g_2}{\omega_c} = \frac{100 \times 2}{10^8} = 2 \times 10^{-6} = 2 \text{ } \mu\text{H}$$

$$C_3 = \frac{g_3}{R_0 \omega_c} = \frac{1}{100 \times 10^8} = 10^{-10} = 100 \text{ pF}$$



(Front-end 분석)

아래 블럭도에서 시스템 대역폭 $B = 1\text{MHz}$, 입력신호 전력 $S_i = -100\text{dBm}$, 입력잡음 전력 $N_i = -120\text{dBm}$ 이다. 볼츠만 상수의 값은 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ 이다. 잡음은 열잡음으로만 구성된다.



3. 입력단에서의 신호대 잡음비 $(S/N)_i(\text{dB})$ 를 구하라.

(해답)

$$(S/N)_i = \frac{S_i}{N_i} = -100 - (-120) = 20 \text{ dB}$$

4. 등가 입력잡음온도 $T_{e,i}(\text{K})$ 를 구하라.

(해답)

$$T_{e,i} = \frac{N_i}{kB} = \frac{10^{-12} \times 10^{-3}}{1.38 \times 10^{-23} \times 10^6} = 72.5 \text{ K}$$

5. 출력신호 전력 $S_o(\text{dBm})$ 를 구하라.

(해답)

$$\text{시스템 이득: } G = G_a - L_f - L_m = 10 - 1 - 3 = 6 \text{ dB}$$

$$S_o(\text{dB}) = S_i(\text{dB}) + G(\text{dB}) = -100 + 6 = -94 \text{ dBm}$$

6. 이 시스템의 총 잡음지수 $F(\text{dB})$ 를 구하라.

(해답)

$$\text{시스템 잡음지수: } F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2}$$

$$F_1 = 2 \text{ dB} = 10^{2/10} = 1.58$$

$$F_2 = L_f = 1 \text{ dB} = 10^{1/10} = 1.26$$

$$F_3 = 4 \text{ dB} = 10^{4/10} = 2.51$$

$$G_1 = 10 \text{ dB} = 10^{10/10} = 10$$

$$G_2 = -1 \text{ dB} = 10^{-1/10} = 0.794$$

$$F = 1.58 + \frac{1.26 - 1}{10} + \frac{2.51 - 1}{10 \times 0.794} = 1.80 = 2.54 \text{ dB}$$

7. 출력잡음 전력 $N_o(\text{dBm})$ 를 구하라.

(해답)

$$(S/N)_o = \frac{S_o}{N_o} = \frac{(S/N)_i}{F} = 20 - 2.54 = 17.46$$

$$N_o = S_o - (S/N)_o = -94 - 17.46 = -111.46 \text{ dBm}$$

8. 이 시스템의 총 등가잡음 온도 $T(\text{K})$ 를 구하라.

(해답)

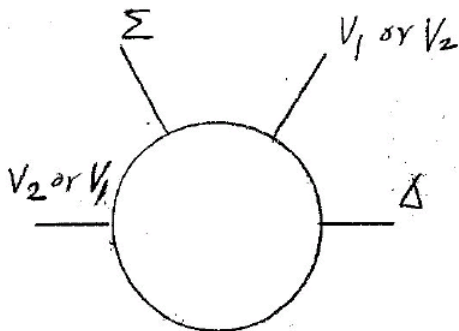
$$T = (F - 1)T_0 = (1.80 - 1)290 = 232 \text{ K}$$

(하이브리드 커플러)

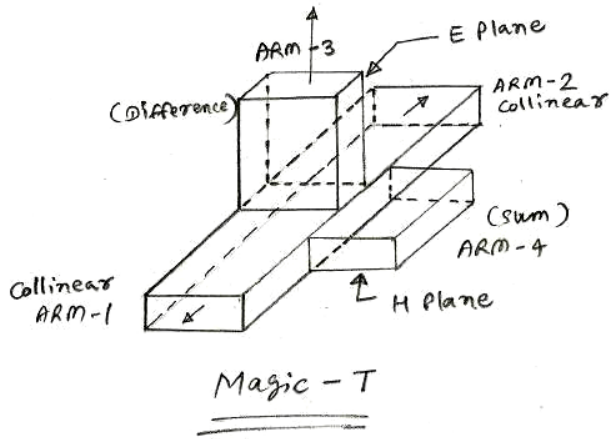
9. 두 개의 입력전압 V_1, V_2 이 인가되었을 때 합 $S = V_1 + V_2$ 과 차 $\Delta = V_1 - V_2$ 를 생성하기 위한 하이브리드 커플러의 구조를 도시하고 V_1, V_2, S, Δ 의 포트를 표시하라.

(해답)

1) 링하이브리드 커플러 사용



2) 매직 T 사용



ARM-1: V_1

ARM-2: V_2

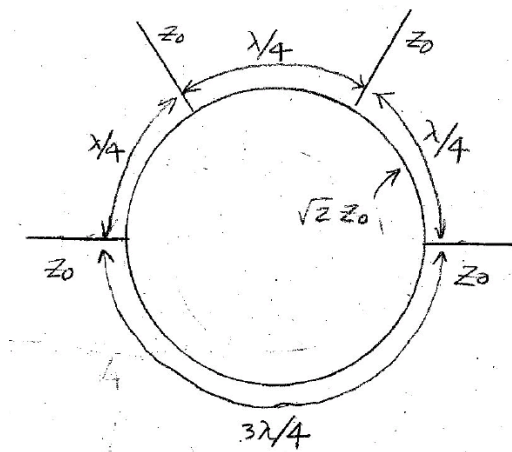
ARM-4: $V_1 + V_2$

ARM-3: $V_1 - V_2$ or $V_2 - V_1$

10. 위 하이브리드 커플러 각 선로의 특성임피던스와 파장 단위로 표시한 각 부분의 길이를 제시하라.

(해답)

1) 링하이브리드 커플러



2) 매직 T

모든 선로: Z_0

선로길이: 0 (직접 접합)

11. V_1, V_2, S, Δ 의 포트의 번호가 각각 3, 2, 1, 4일 때 위 하이브리드 커플러의 산란행렬을 제시하라.

(해답)

1) 링하이브리드

$$[S] = \frac{-j}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ or } \frac{-j}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

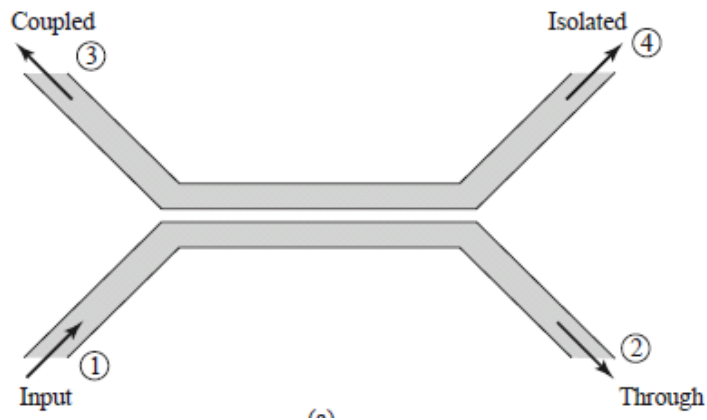
2) 매직 T

$$[S] = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(방향성 결합기)

12. 마이크로스트립 결합선로 방향성 결합기 (1단)의 구조를 도시하고 Input, Through, Coupled, Isolated 포트를 도시하라.

(해답)



13. Input, Through, Coupled, Isolated 포트 번호를 각각 1, 2, 3, 4라 하고 coupling이 $C = -10\text{dB}$ 일 때 $|V_3|/|V_1|$ 의 선형값 (dB가 아닌)을 구하라.

(해답)

$$\frac{|V_3|}{|V_1|} \text{ (dB)} = -10 = 20 \log_{10} \frac{|V_3|}{|V_1|} \rightarrow \frac{|V_3|}{|V_1|} = 10^{-10/20} = 0.316$$

14. 위 문제에서 $|V_2|/|V_1|, |V_4|/|V_1|$ 의 선형값을 구하라. 방향성 결합기의 입력단은 정합되어 있으며 방향성 결합기에서의 손실은 없다.

(해답)

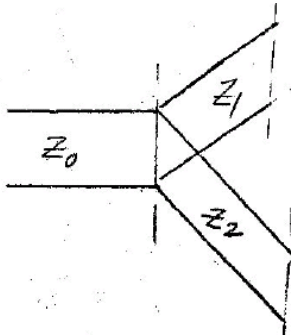
$$\frac{|V_4|}{|V_1|} = 0 \text{ (isolated)}$$

$$\left(\frac{|V_3|}{|V_1|}\right)^2 + \left(\frac{|V_2|}{|V_1|}\right)^2 = 1 \rightarrow \left(\frac{|V_2|}{|V_1|}\right) = \sqrt{1 - \left(\frac{|V_3|}{|V_1|}\right)^2} = \sqrt{1 - C^2} = \sqrt{1 - 0.316^2} = 0.949$$

(전력분배기)

15. 전송선로를 이용한 T-접합 전력분배기의 구조를 도식하라. 입력, 출력 1, 출력 2가 연결되는 선로의 특성 임피던스는 각각 Z_0, Z_1, Z_2 이다.

(해답)



16. T-접합에서의 불연속 효과를 무시할 경우 입력단에서 임피던스가 정합될 조건을 구하라.

(해답)

$$\frac{1}{Z_0} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$$

17. 출력 1과 출력2의 전력비가 $P_1 / P_2 = 2$ 로 주어질 경우 Z_1 과 Z_2 를 Z_0 로 나타내어라.

(해답)

$$\frac{1}{Z_0} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$$

$$P_1 = \frac{V^2}{Z_1}, P_2 = \frac{V^2}{Z_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = 2, Z_2 = 2Z_1$$

$$\frac{1}{Z_0} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{2Z_1} = \frac{3}{2Z_1}$$

$$Z_1 = \frac{3}{2}Z_0, Z_2 = 3Z_0$$