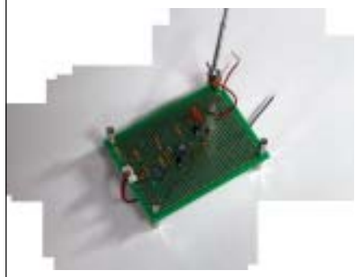
2006 실험 III.

Antenna 및 FM transmitter 제작



서울 시립대학교 공과대학
전자전기컴퓨터공학부
이 문 규

E-mail : mqlee@uos.ac.kr
mw.uos.ac.kr

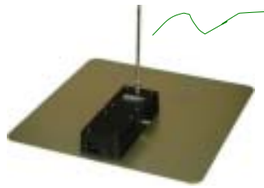
실험 목적 준비물

•실험 목적 : FM transmitter 설계를 통해 아래의 사항을 익힌다.

1) discrete BJT의 바이어스 회로 설계
2) BJT의 온도 편차 특성 및 증폭기 특성 변화 이해
3) Oscillator 동작 원리 이해
4) Monopole 안테나 동작 원리
5) Frequency Modulator 동작 원리
6) microphone 의 동작 원리 이해
6) 전파 법규의 개념

실험 FM 1 (5/09): BJT 증폭기 설계, 온도 편차 시험
실험 FM2 (5/16): 발진기 설계
실험 FM3 (5/22): 안테나 설계 및 FM transmitter 제작
실험 FM4 (6/05): FM transmitter 실험

FM transmitter



Radio

실험 FM2: Colpitts 발진기 설계

•실험 목적 : 이번 실험을 통해 아래의 사항을 익힌다.

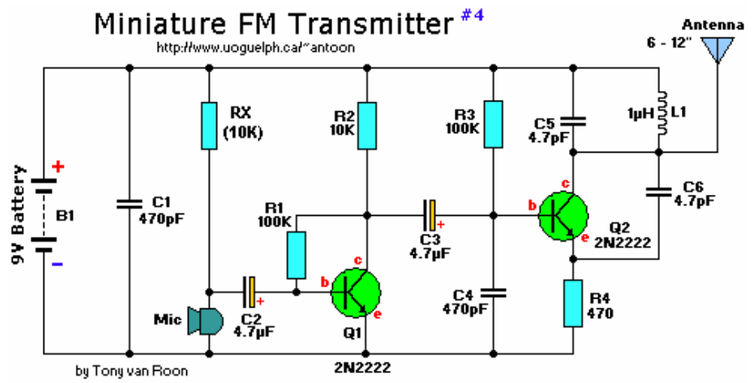
1) Monopole 안테나 동작 원리
2) Frequency Modulator 동작 원리
3) microphone 의 동작 원리 이해

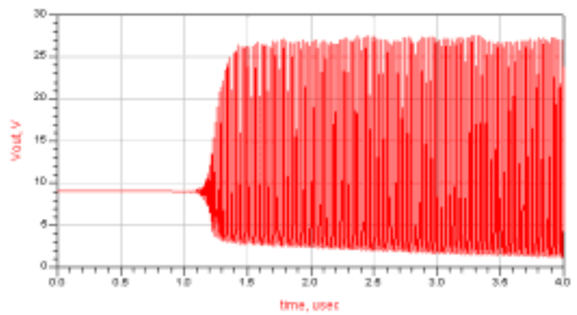
.

•실험 준비:

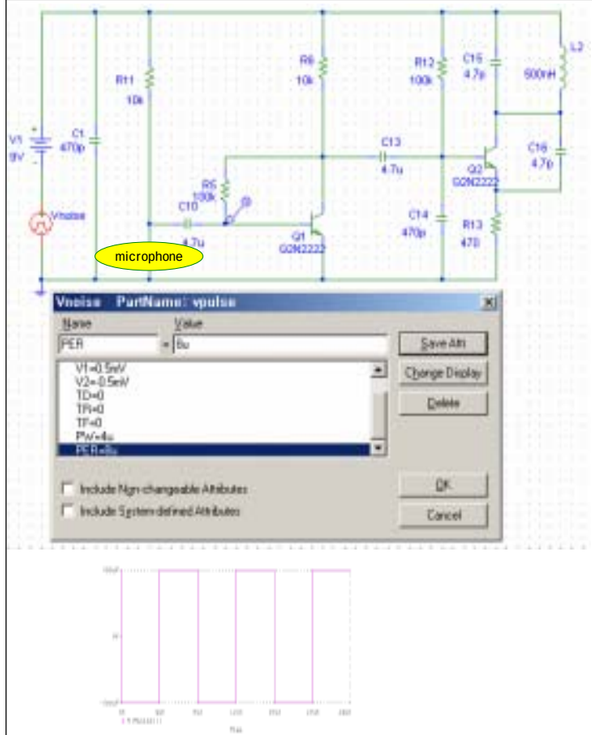
- PSPICE (Pre-Report)
- 2N2222 2개 :
- 콘덴서 Microphone
- 가변 커패시터
- 안테나 제작용 와이어
- 애나멜 코일(직경 0.8mm 20cm)
- 470 pF 3개, 4.7uF 2개, 4.7 pF 2개, 10k 2개, 100k2개
- 만능기판
- air-coil
- 상용 Radio

회로도



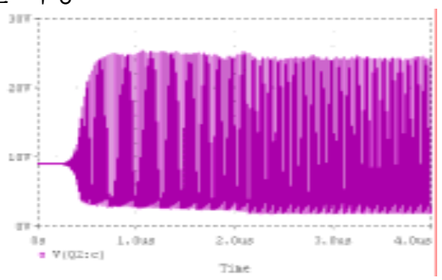


PSPICE의 simulation 결과



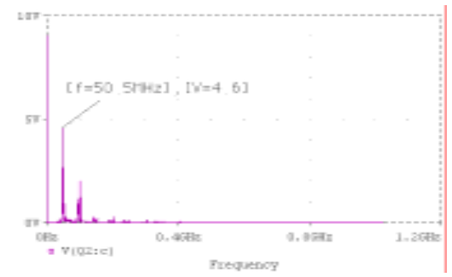
· 주기 8μs 사각파

발진 파형



<PSPICE>

주파수 스펙트럼



Electromagnetic Spectrum

TABLE 7–5
Band Designations for Microwave Frequency Ranges

Old†	New	Frequency Ranges (GHz)
Ka	K	26.5–40
K	K	20–26.5
K	J	18–20
Ku	J	12.4–18
X	J	10–12.4
X	I	8–10
C	H	6–8
C	G	4–6
S	F	3–4
S	E	2–3
L	D	1–2
UHF	C	0.5–1

† Because the old band designations have been in wide use since the early days of radar, they are still in common use because of habit.

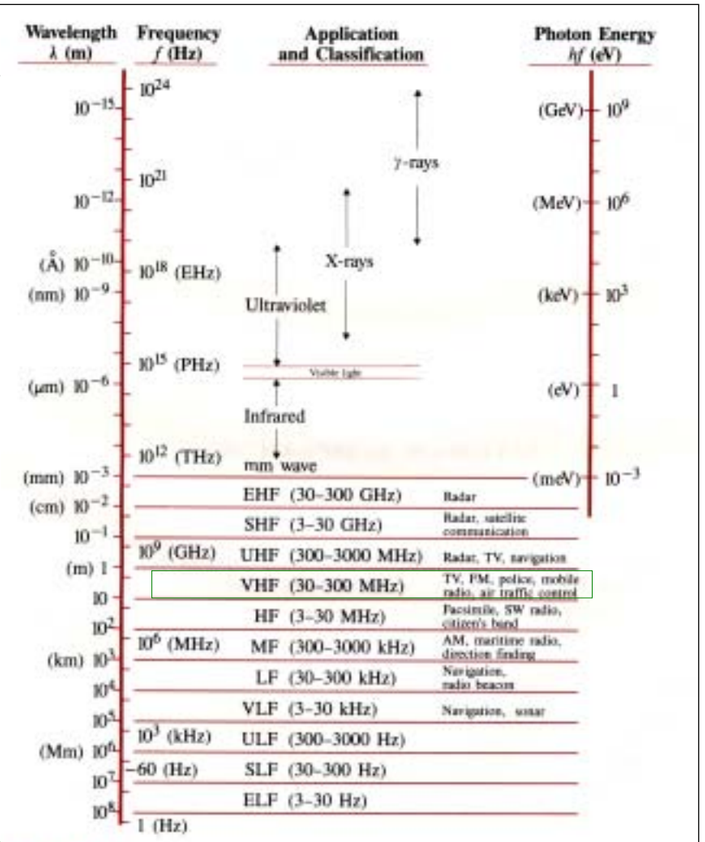


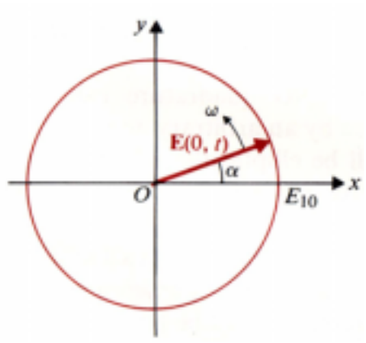
FIGURE 7–9
Spectrum of electromagnetic waves.

Polarization of Plane Waves

$$\mathbf{E}(0, t) = \mathbf{a}_x E_1(0, t) + \mathbf{a}_y E_2(0, t)$$
$$= \mathbf{a}_x E_{10} \cos \omega t + \mathbf{a}_y E_{20} \sin \omega t.$$

$$E_{20} = E_{10}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{E_2(0, t)}{E_1(0, t)} = \omega t$$



E-field rotates at a uniform rate with ω in a counterclockwise direction → right-handed, or positive circularly polarized wave (**RHCP**)

$$\mathbf{E}(z) = \mathbf{a}_x E_{10} e^{-jkz} + \mathbf{a}_y j E_{20} e^{-jkz}$$

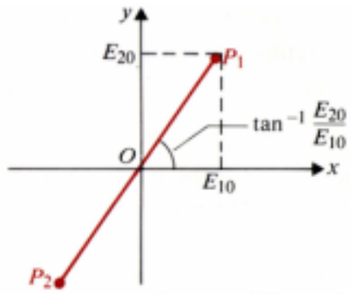
$$\mathbf{E}(0, t) = \mathbf{a}_x E_{10} \cos \omega t - \mathbf{a}_y E_{20} \sin \omega t.$$

→ left-handed, negative circularly polarized wave (**LHCP**)

Polarization of Plane Waves

$$\mathbf{E}(0, t) = (\mathbf{a}_x E_{10} + \mathbf{a}_y E_{20}) \cos \omega t.$$

→ linearly polarized wave

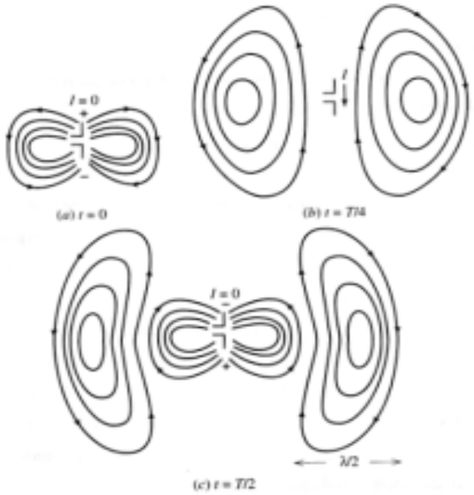


applications of polarization

- AM broadcast stations : linearly polarized with the E-field perpendicular to the ground
- TV broadcast stations : linearly polarized in the horizontal direction
- FM broadcast stations : circularly polarized

안테나의 기본 원리와 정의

•Two-wire의 전류 분포



•전기력선 (electric field line)

안테나의 파라메터

- **방사 패턴** F(θ , Ø) : 아래 항을 포함한 각도에 따른 안테나 방사(radiation)의 변화
  - 지향성의 단일 또는 다수의 좁은 빔(narrow beam)
  - 전방향성(어느 한 평면에서의 균일 방사)
  - 주빔의 형태

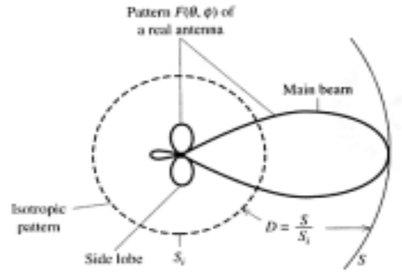
-**지향성 D** : 안테나로부터 같은 거리에서 최대방사 쪽으로 발생하는 전력밀도와 평균전력밀도의 비

-**이득 G** : 안테나의 저항성 손실만큼 감소된 지향성

-**편파** : 송신시 전장 벡터의 궤적에 따라 생기는 모양 : 선형, 원형, 타원형.

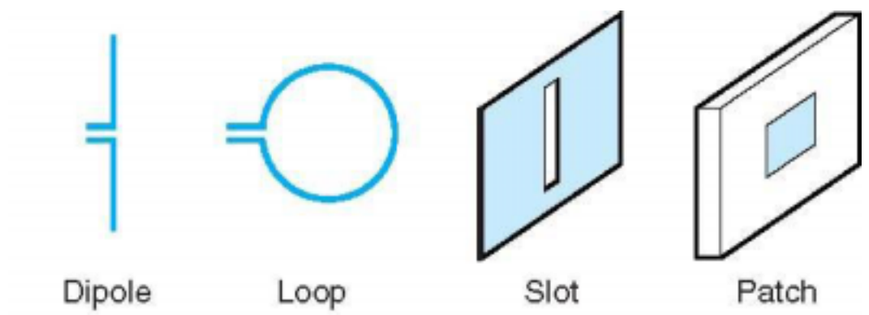
-**임피던스 Z_A** : 안테나 단자에서 입력 임피던스

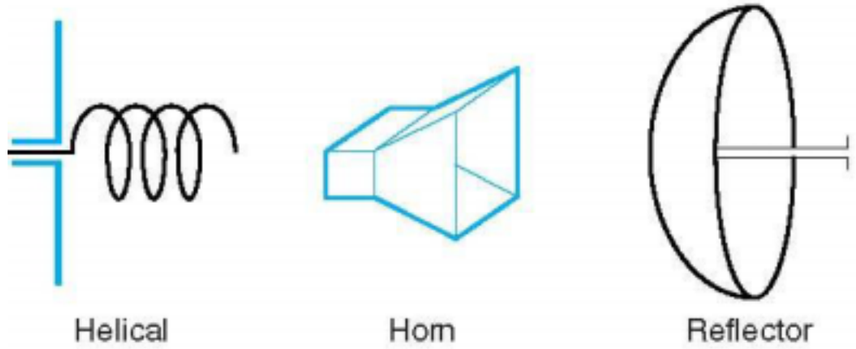
-**대역폭** : 주요 성능 파라미터값들을 사용할 수 있게 하는 주파수 범위



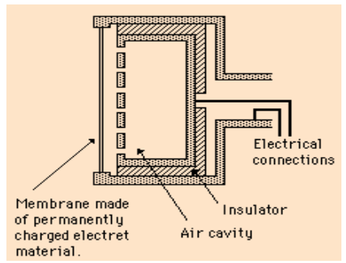
안테나의 종류

monopole





Condenser Microphone 동작 원리



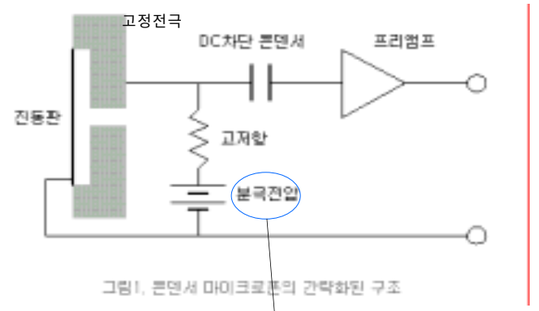


그림1. 콘덴서 마이크로폰의 간략화된 구조

진동판과 고정전극의 분극화를 위해 걸어주는 전압 (100~400 V)

Electret Condenser Microphone
: electret (잔류분극유도체)물질을 진동판과 고정전극에 사용하여 분극전압 없이 사용 가능.

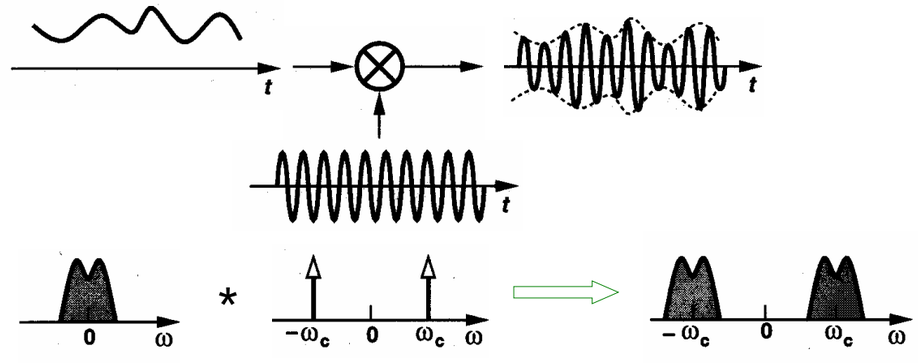
$$C = \frac{q}{v} = \varepsilon \frac{S}{d} \qquad v = \frac{q}{\varepsilon S} d$$

$$v' = \frac{q}{\varepsilon S}(d + \Delta d) = \frac{q}{\varepsilon S} d + \frac{q}{\varepsilon S} \Delta d = v + \Delta v$$

$$\Delta v = \frac{q}{\varepsilon S} \Delta d$$

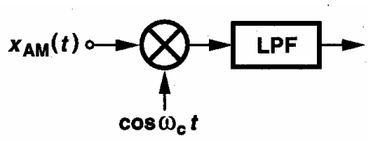
1. Amplitude Modulation (AM)

Amplitude Modulation BB signal: $x_{BB}(t)$ —AM→ $x_{AM}(t) = A_c[1 + mx_{BB}(t)]\cos\omega_c t$

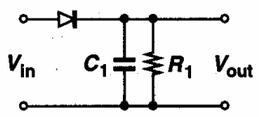


Demodulation:

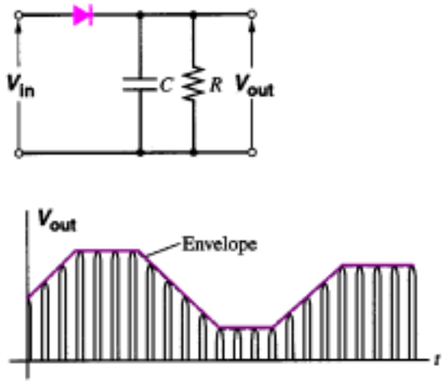
(a) Coherent demodulation

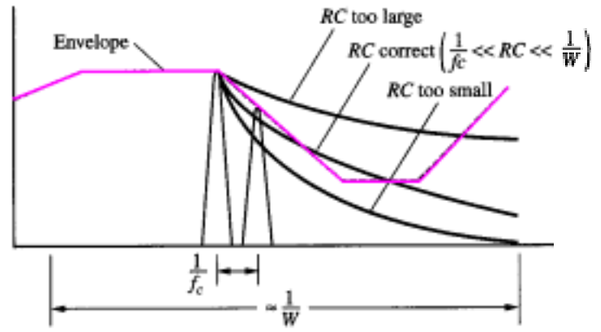


(b) Noncoherent demodulation
– Envelope detection



In the case
$1 + mx_{BB}(t)$ >0 for all t

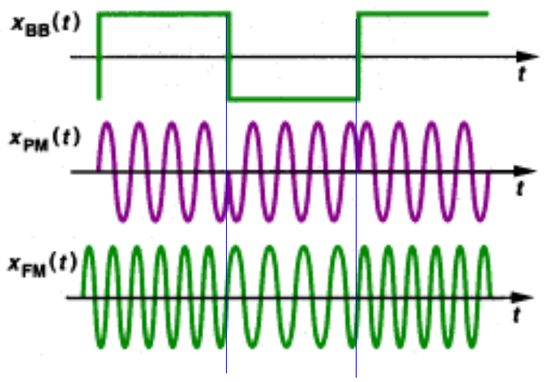




2 Phase and Frequency Modulation

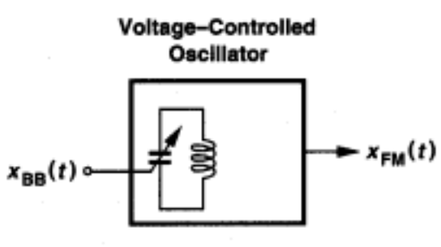
Phase Modulation (PM): $x_{PM}(t) = A_c\cos[\omega_c t + mx_{BB}(t)]$

Frequency Modulation (FM): $x_{FM}(t) = A_c\cos[\omega_c t + m\int_{-\infty}^{t} x_{BB}(t)dt]$



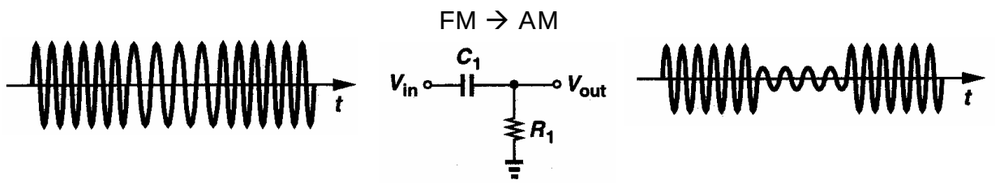
2.2 Phase and Frequency Modulation

Frequency Modulator using a varactor diode



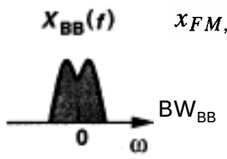
Demodulator using a high-pass filter (i.e., a differentiator)

FM → AM

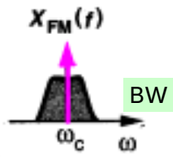


FM spectrum

Narrowband FM: $m \int x_{BB}(t)dt \ll 1$



$$x_{FM,NB}(t) \approx \underbrace{A_c \cos\omega_c t}_{\text{carrier}} - \underbrace{A_c m(\sin\omega_c t)\int x_{BB}(t)dt}_{\text{The spectrum of } \int x_{BB}(t)dt \text{ translated to } \pm\omega_c}$$



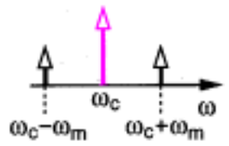
BW < BW$_{BB}$

For a special case: $x_{BB}(t) = A_m \cos\omega_m t$

$$x_{FM}(t) = A_c \cos[\omega_c t + m\int_{-\infty}^{t} x_{BB}(t)dt]$$
$$= A_c \cos[\omega_c t + (mA_m/\omega_m)\sin\omega_m t]$$

$mA_m/\omega_m \ll 1$

$$x_{FM,NB}(t) \approx A_c \cos\omega_c t - A_m A_c \frac{m}{\omega_m}\sin\omega_c t \sin\omega_m t$$



$$= A_c \cos\omega_c t - \frac{A_m A_c m}{2\omega_m}\cos(\omega_c - \omega_m)t + \frac{A_m A_c m}{2\omega_m}\cos(\omega_c + \omega_m)t.$$

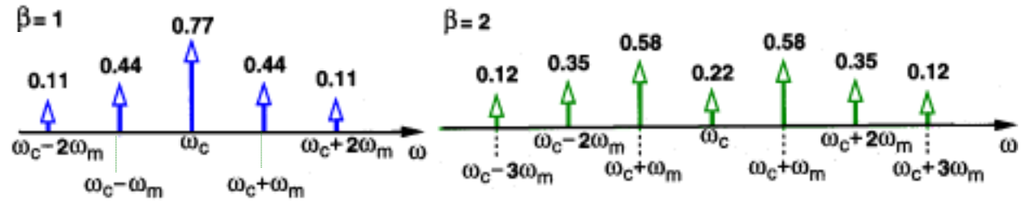
FM spectrum

Wideband FM: $x_{FM}(t) = A_c \cos[\omega_c t + m\int_{-\infty}^{t} x_{BB}(t)dt]$

$x_{BB}(t) = A_m \cos\omega_m t$ → $x_{FM}(t) = A_c \cos[\omega_c t + (mA_m/\omega_m)\sin\omega_m t]$

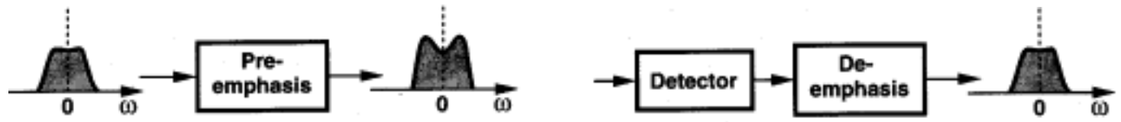
$$x_{FM}(t) = A_c \sum_{n=-\infty}^{+\infty} J_n(\beta)\cos(\omega_c + n\omega_m)t \qquad \beta = mA_m/\omega_m$$

Jn(•) : *n*-th order Bessel function of the 1-st kind



Bandwidth (Carson's Rule): $B_{FM} \approx 2(\beta+1)B_{BB}$ → BW that containing 98% of the signal power

Preemphasis & Deemphasis:



Pre-Lab (5월 26일까지):

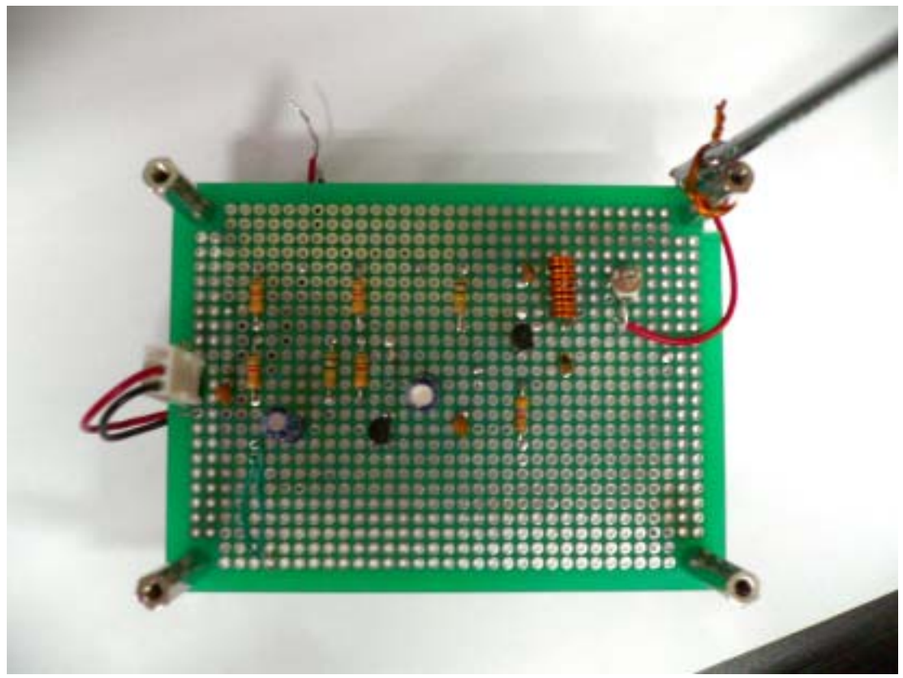
1. 상용 라디오 주파수에서 동작하는 FM 안테나를 monopople 안테나로 제작하려고 한다. 최적의 도선 길이는 얼마인지를 계산하라. 또한 동작 주파수 근처에서 회로적인 등가회로를 그리고 물리적 의미를 설명하라.

2. monopole FM 안테나의 사이즈가 작아지는 경우, 동작 주파수에서 회로적인 등가회로는 어떻게 되는가?

3. 실험에서 사용하는 FM회로의 각 기능에 대해 정성적으로 설명하라.

4. 상용 라디오 주파수로의 변조를 위해 예상되는 air-coil의 값을 구하고 제작 방법에 대해 조사하라.

5. Condenser Microphone 의 동작 원리를 설명하라.



Pre-Lab(6월 2일까지):

1. monopole 안테나로 FM을 수신하는 경우 편파(polarization)을 고려할 때 발생되는 문제점이 무엇고, 어떤 영양이 있는가?

2. FM 안테나의 크기를 줄이기 위해서는 어떠한 방법이 있는가?

3. 주파수 변조에서 피변조신호의 주파수와 변조관계를 정성적으로 설명하고 이를 극복 할 수 있는 법에 대해 조사하라. (pre-emphasis, de-emphasis)

4. n-th order Bessel function of the 1-st kind 의 정의와 이 함수의 성질에 대해 조사하라

In-Lab:

1. 이전 시간에 제작한 증폭기에 콘덴서 마이크로폰을 연결한 후 일반 음성 신호에 대해 발진기 TR의 base단자에서의 AC 전압이 얼마인지 기록하라.

2. 상용 라디오의 주파수로 air-coil을 tuning하고 안테나를 부착한 후 상용 라디오로 수신이 가능한지 확인하라. (안테나 길이에 따라 발진 주파수가 어떻게 변하는지 살펴보라)

3. 제작한 회로에 대해
3.1 DC bias 전압/전류
3.2 발진 주파수를 기록하라. (상용 라디오를 사용하여)

4. 제작한 FM transmitter의 air-coil과 안테나를 tuning하며 수신 감도에 대해 조사한다.

5. 제작한 송신기의 동작을 조교에게 확인을 받고 실험을 정리한다.

Post-Lab: (6월 16일 까지)

1. Pre-Lab과 In-Lab의 결과를 비교하고 오차 원인을 분석하라.

2. 음성을 높은 주파수로 변조하는 이유는 무엇인가? (안테나, multi-user, …)

3. 라디오를 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 변환되는 경우 음질 개선이 발생하는 근본 이유가 무엇인지 생각해 보라. 또한 디지털 방식으로 변환되는 경우 단점은 무엇인가?

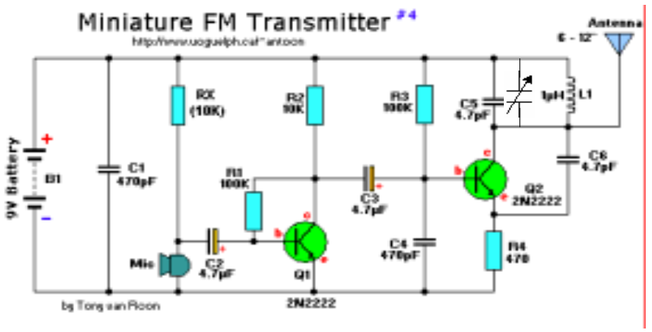
4. 주파수가 높아질수록 회로설계에서 주의해야 할 사항을 생각해 보고 그 원인이 무엇인지 생각해 보라? (artwork, parasitic effect, …)

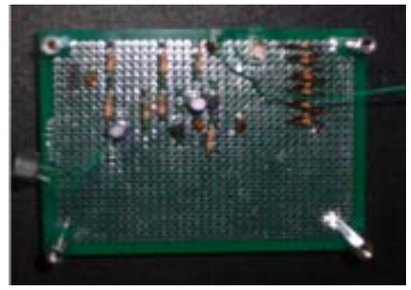
5. 본 실험보다 더 우수한 성능을 얻기 위해 FM 회로를 PLL 방식으로 구성할 수 있다. 동작 원리를 조사하라.

6. FM의 복조 회로에 대해 조사하고 동작 원리를 설명하라.

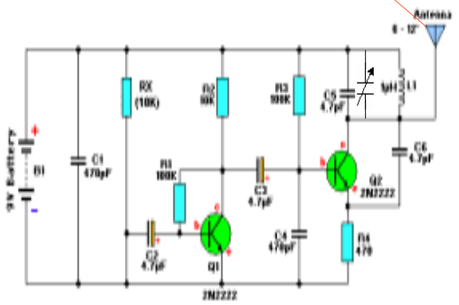
7. 국내 전파 법규에 대해 알아보라. 전파법규를 제정하는 근본 이유가 무엇인지 생각해 보라.

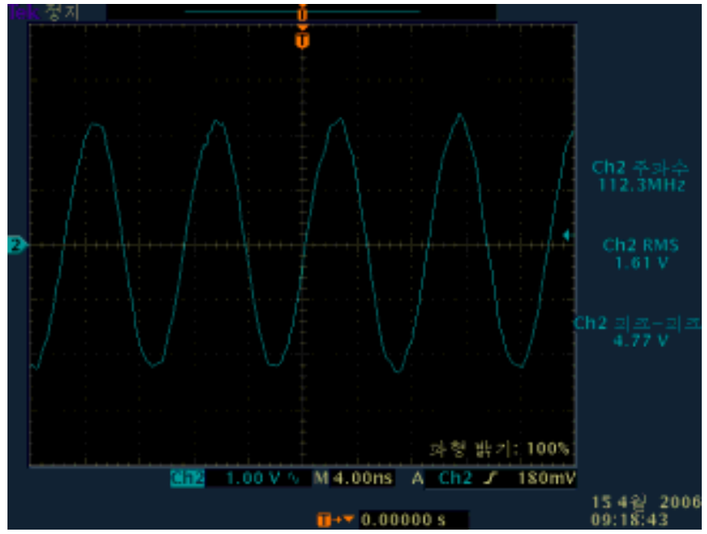
8. 본 실험에서 제작한 회로를 이용하여 응용할 수 있는 business model로 어떤 분야가 있을 수 있는지 예상하고 상품을 간략히 기획해보라(시장의 규모, marketing 대상, 가격, ….)



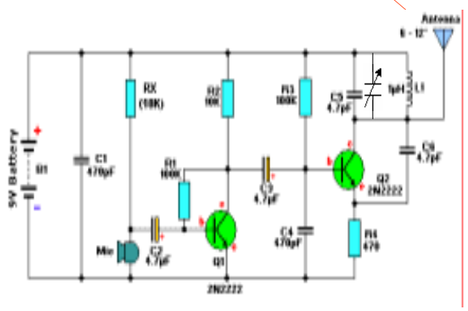


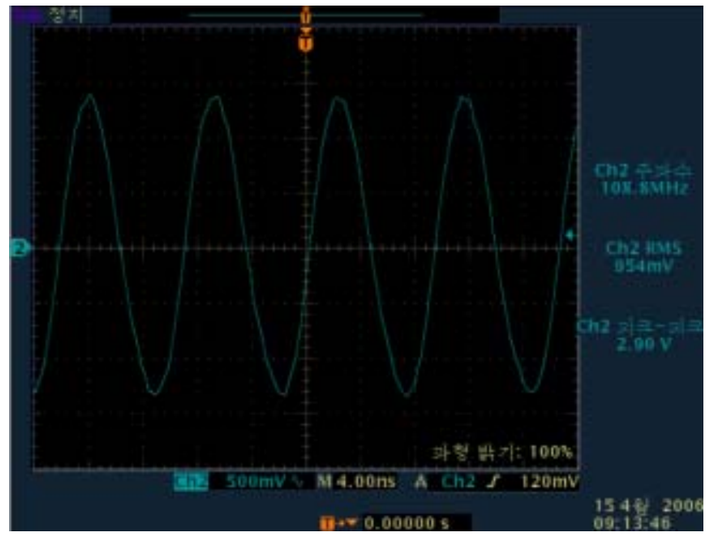
측정 부분

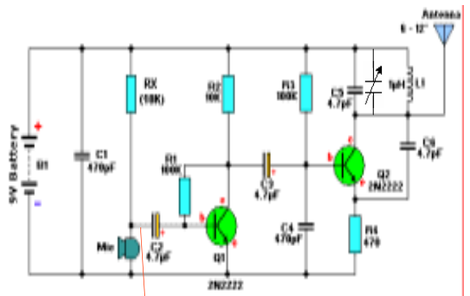




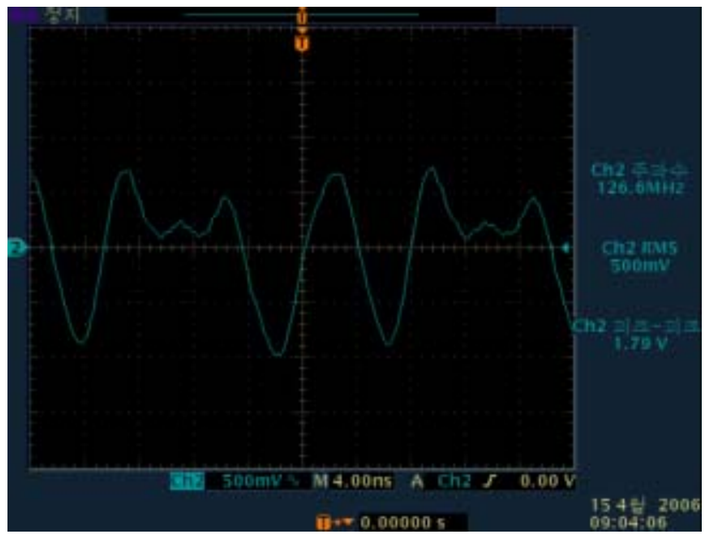
측정 부분

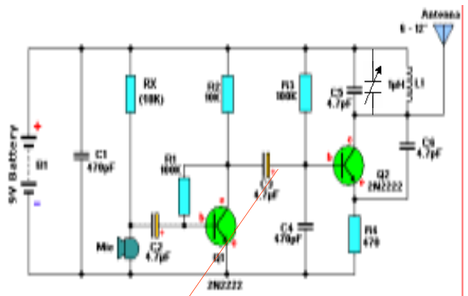






측정 부분





측정 부분