



기초회로 및 디지털실험 II

(5106046-02)

학과: 전기공학부

교수: 홍종필 교수님

강의실: E9-673(학연산공동실습관)

실험조교: 양 현 철



***추후 변경가능.**

조편성

1조 : 이채준, 김도윤

2조 : 오민석, 김성호

3조 : 김건희, 심형섭

4조 : 최성현, 옥윤승

5조 : 안영우, 김효준

6조 : 박종현, 장요한

7조 : 임승현, 김태환

8조 : 손현우, 노연서

9조 : 유지영, 김희수

10조 : 강대한, 이은진, 남이랑

- 조별로 착석하여 실험 진행
- 보고서는 개인별로 작성(팀별 X)
- 해당 조의 정리정돈 불량 시 감점

- 담당 교수 : 홍종필 교수님
- 실험 조교 : 양현철
- 연구실 : 집적회로 연구실 (E8-3동 472호)
- 전화 번호 : 010-4915-2763
- 이메일 : hc2017@chungbuk.ac.kr

기초 및 디지털 실험 II-OT

- 실험 교재: 기초회로 실험, 디지털 실험, 충북대전기전자공학부, 내하출판사, 2016



북이스, 충북대 전기전자공학부
기초회로실험



디지털실험



보고서 제출

1. 수업 당일 수업시간 전까지 보고서 제출
(프린트 해서 책상 위에)
이후 제출은 감점
2. 보고서 스캔한 PDF파일 이메일 제출
hc2017@chungbuk.ac.kr

성적평가

*추후 변동가능

평가항목	비율	세부사항
출석 및 태도	15%	- 수업 한 시간 결석: 1점 감점(지각 3회 → 결석 1회)
조별 발표	5%	- 발표는 조원 모두가 나눠서 발표 - PPT발표 20분 이내 - 내용: 실험 이론, 실험 방법, 시뮬레이션 결과(회로도, 그래프 파형, 고찰) - 발표 조는 수업 시작 전 미리 와서 발표 준비(반드시 USB에 넣어올 것)
예비 보고서	15%	- 자필 작성 후 스캔 - 실험 목적, 이론(2페이지 이내 요약), 예비보고서 문제, 실험 방법(시뮬레이션) - 시뮬레이션에 대한 자세한 설명 포함 - 디지털 실험의 경우, 시뮬레이션 상에서 소자 미지원 시 데이터 시트를 참고하여 회로의 동작을 상세히 기술할 것
결과 보고서	20%	- 실험 목적, 실험 결과(실제 실험 vs 예비 보고서의 시뮬레이션 비교), 결과보고서 문제, 비교 및 고찰 순 (PDF파일)
설계 보고서	5%	- 실험 조건, 이론(2페이지 이내 요약), 설계 과정(시뮬레이션), 고찰 순 (PDF파일) - 시뮬레이션에 대한 자세한 설명 포함
기말고사	40%	- 필기(20%), 실기(20%)

보고서 양식

*추후 변동가능

- 시뮬레이션 프로그램

- PSPICE & MATLAB

- 양식

- 표지 X, 첫 페이지 상단에 아래와 같이 보고서 **구분/실험 제목/조/학번/이름** 기재

- 양식 엄수

- 예비, 결과, 설계 보고서는 각 실험 별로 각각 작성

- 파일명: ○조_학번_이름_기초예비○.pdf

EX) "1조_2022000000_홍길동_기초예비3-8"

"1조_2022000000_홍길동_디지털예비8"

"1조_2022000000_홍길동_기초결과3-8"

"1조_2022000000_홍길동_디지털결과8"

구분	실험 제목	○ 조	학번	이름
예비	3-8. 실효값(RMS) 계산			

구분	실험 제목	○ 조	학번	이름
결과	3-8. 실효값(RMS) 계산			

기초 및 디지털 실험 II-OT

실험 계획

*추후 변동 가능

주차	날짜	실험내용	발표	제출보고서		
1주	9월 2일	디지털실험 8	조	예비:		
2주	9월 9일	디지털실험 9	1조	예비: 디지털실험 8, 디지털실험 9	결과: 디지털실험 8	
3주	9월 16일	추석연휴				
4주	9월 23일	기초회로실험 3-8, 3-9	2조	예비: 기초회로 3-8, 3-9	결과: 디지털실험 9	
5주	9월 30일	기초회로실험 3-9	3조	예비: 기초회로 3-9	결과: 기초회로 3-8	
6주	10월 7일	기초회로실험 3-10, 설계 3	4조	예비: 기초회로 3-10	결과: 기초회로 3-8, 3-9	설계 3
7주	10월 14일	디지털실험 10, 11	5조	예비: 디지털실험 10, 11	결과: 기초회로 3-10	
8주	10월 21일	디지털실험 12	6조	예비: 디지털실험 12	결과: 디지털실험 10, 11	
9주	10월 28일	디지털실험 13	7조	예비: 디지털실험 13	결과: 디지털실험 12	
10주	11월 4일	기초회로실험 3-11, 3-12	8조	예비: 기초회로 3-11, 3-12	결과: 디지털실험 13	
11주	11월 11일	기초회로실험 3-13 [추가 실험 재료: 슬라이드스 및 RL부하]	9조	예비: 기초회로 3-13	결과: 기초회로 3-11, 3-12	
12주	11월 18일	디지털실험 14, 설계 4	10조	예비: 디지털실험 14	결과: 기초회로 3-13	설계 4
13주	11월 25일	디지털실험 15	조	예비: 디지털실험 15	결과: 디지털실험 14	
14주	12월 2일	디지털실험 16	조	예비: 디지털실험 16	결과: 디지털실험 15	
15주	12월 9일	기말 시험			결과: 디지털실험 16	

실험 계획

*추후 변동 가능

디지털실험 8: 비동기 카운터

디지털실험 9: 동기 카운터

기초회로실험 3-8: 실효값(RMS) 계산

기초회로실험 3-9: 교류회로의 전력과 역률

기초회로실험 3-10: 주파수응답과 필터

디지털실험 10: Read Only Memory

디지털실험 11: Random Access Memory

디지털실험 12: 멀티 바이브레이터

디지털실험 13: 7-세그먼트 디코더

기초회로실험 3-11: 인덕터

기초회로실험 3-12: 변압기 기초실험

기초회로실험 3-13: 평형 및 불평형 3상 회로

디지털실험 14: Up/Down 카운터

디지털실험 15: D/A 변환기

디지털실험 16: A/D 변환기

설계 3: 16진 동기 및 비동기 카운터

설계 4: 비 안정 멀티 바이브레이터 설계

동작주파수 100kHz, duty cycle 50%

기초 및 디지털 실험 II-OT

• 예비보고서 작성 요령 (실험 이론)

- 실험을 할 때 필요한 이론을 요약해서 작성
- 표, 회로도, 그림, 그래프 등이 들어가야 하며 직접 그리거나 사진을 찍어 같이 첨부
- 외부 자료를 인용 하였을 경우 반드시 주석을 달 것

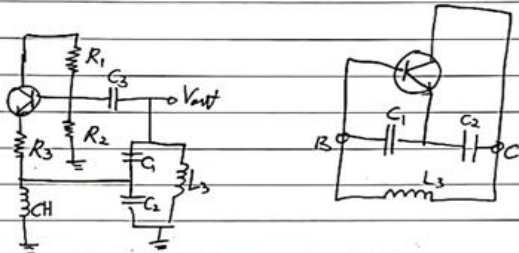
구분	실험 제목	학번	이름
예비 5	5. 발진기	2015037002	최연호

1. 콜피츠 발진회로

1. 실험목적

- (1) 트랜지스터의 각 단자간 파형을 측정한다.
- (2) 콜피츠 발진기의 동작원리를 습득한다.

2. 회로이론



LC 발진기를 가장 널리 사용하는 발진기가 콜피츠 발진기이다. 이 발진기를 그림 2-1에 나타내었다. 그림 2-2-2는 간략화된 교류등가회로로 명크로에서 무드전류는 G_1 의 직렬 상역인 G 를 통해 흐른다. 이때 주파수 ω 는 출력전압 V_{out} 과 G 양단의 교류전압과 같으며 위상 ϕ 는 G 를 통해 나타난다. 이 위상전압은 h_{oe} 를 주입시키고 명크로를 통해 나타나는 발진은 유계수주파수 발진회로에서 충분한 전압이득을 가져온다. 발진주파수 f 은

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 0 \quad (\text{주파수 조건})$$

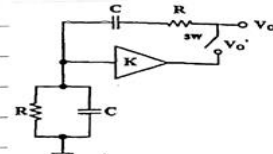
2. 이론

2.1 발진조건

증폭기 출력 외부에서 인가된 신호가 차분으로 출력값을 발생시키는 차를 발진이라고 한다. 발진 전체에 여러 종류의 발진기 있지만 선형 증폭기를 이용하는 경우 일반적으로 사용 가능한 발진조건을 이용한 발진기를 사용한다. 증폭기 이득을 $A(f)$ 라고 하고 위상 지연의 양을 $\phi(f)$ 라고 하면, 다음과 같은 조건을 만족하면 회로 발진한다. $|A(f)B(f)| = 1$, 증폭기 이득과 위상 지연의 곱인 $A(f)B(f)$ 를 주파수 f 에 대해 식 1.1로 나타내는 주파수는 한계 임계 이하에서 발진한다. 만약 두 개 임계 주파수가 있다면 발진기 출력은 두 개의 주파수 성분으로 나타난다. 그러나 증폭기 위상 지연과 같은 주파수 응답 특성상 두 개 이상의 주파수가 동시에 위상을 만족시키지 어렵다.

2.2 윈브리지 변형타 발진기 (Wien Bridge Oscillator)

윈브리지 발진기는 5kHz ~ 1MHz의 저주파용 발진기 제조된 것으로 고품질 사인파 발생기와 저주파 부하에 특별히 사용되고 있다. 윈브리지 발진기는 식 1.1을 적용하여 기본적인 위상은 그림 1.1과 같다.



<그림 1.1> 윈브릿지 발진회로

그림에서 K 는 선형 증폭기의 이득을 나타내며 증폭기를 제외한 나머지 부분은 위상 지연을 나타낸다. 식 1.1의 발진조건은 만족하면 $V_0 = V_0'$ 가 된다. 이때 두 전압이 서로 동일하게 되므로 식 1.1을 만족하는 주파수로 일관되는 것은 없다. 식 1.1의 발진조건은 만족하며,

$$\frac{V_0'}{V_0} = K \frac{\frac{s}{RC}}{s^2 + (\frac{3}{RC})s + \frac{1}{RC}} = 1 \quad \text{이므로 발진상태에서 } s = j\omega \text{ 이므로}$$

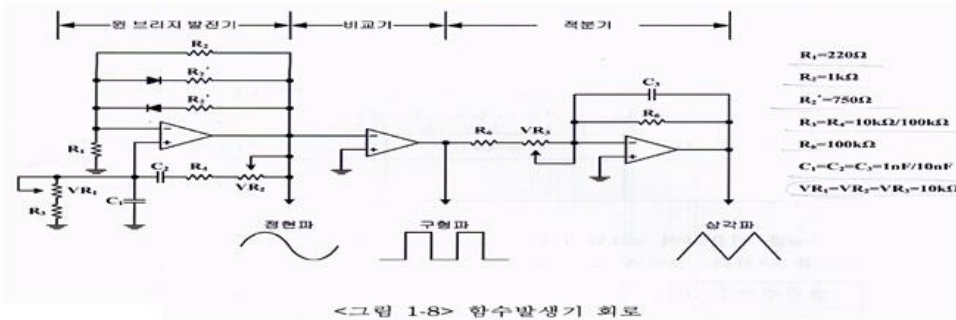
기초 및 디지털 실험 II-OT

• 예비보고서 작성 요령 (예비보고서 문제)

- 책을 참고하여 주어진 문제의 답을 도출
- 해당 답을 도출하기 위한 풀이과정이 포함되어야 함

3. 예비 과제

(1) 그림 1-8의 함수발생기 회로에서 정현파 구형파 삼각파의 발진주파수를 구하여라.



정현파	<p>윈브리지 발진기에서는 내부의 R, C에 따라서 발진 주파수가 결정된다.</p> $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ <p>를 이용하여 발진주파수를 구할 수 있는데 C의 값을 10nF이라고 정하고 계산하면</p> $f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 20k \times 10n} = 795.77Hz$ <p>여기서 R이 20k인 이유는 윈브리지 회로의 입력저항을 보면 VR1과 R3이다. 두 개의 값이 각각 10k옴이므로 20k옴이 된다.</p>
구형파	<p>구형파는 앞서 만든 정현파에서 추가적인 R과 C가 없으므로 정현파와 똑같다.</p>
삼각파	<p>삼각파는 다시 R, C가 피드백으로 op-amp에 입력되므로 주파수가 달라진다.</p> $f_c = \frac{1}{2\pi R_6 C_3} = \frac{1}{2\pi \times 100k \times 10n} = 159Hz$

예비 과제

- (1) 아래 그림에서 주어진 피드백이 없는 증폭기 회로를 분석하여 이득, 입력저항, 주파수 응답을 구하시오.
- (2) 아래 그림에서 주어진 피드백 증폭기 회로의 귀환 종류를 결정하고, 피드백 이론을 이용하여 이득, 입력저항, 주파수 응답을 구하시오.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_4}{(R_3//R_2) + r_E + \frac{R_4//R_2}{\beta}}, \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_5}{r_e + \frac{R_5}{\beta}}$$

$$\frac{V_O}{V_2} = \frac{R_2//((R_{11} + R_{12}) + r_E)}{R_6 + R_2//((R_{11} + R_{12}) + r_E)}$$

전압이득은 구간을 나누어서 구하면 위와 같이 구할 수 있다.

$$\text{피드백이 없을 때에는 } A_V = \frac{V_O}{V_2} = \frac{V_1}{V_2} \times \frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_O}{V_2} = 101$$

$$\text{피드백이 있을 때에는 } A_V = \frac{V_O}{V_2} = \frac{V_1}{V_2} \times \frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_O}{V_2} = 10$$

입력 저항은 $R_{in} = R_B \parallel (\beta + 1)(r_e + R_e)$ 로 표현되는데 R_e 가 r_e 보다 상당히 커서 r_e 를 무시할 수 있어 $R_B = R_3 \parallel R_4 = 30k\Omega \parallel 10k\Omega = 7.5k\Omega$ 이 된다.

$$\text{피드백이 없을 때에는 } R_{in} = R_B \parallel (\beta + 1)(r_e + R_e) = 7.5k\Omega \parallel 100 \times 180 = 7.5k\Omega \parallel 18k\Omega = 5.29k\Omega$$

$$\text{피드백이 있을 때에는 } R_{in} = R_B \parallel (\beta + 1)(r_e + R_e) = 7.5k\Omega \parallel 100 \times 1.5k\Omega = 7.5k\Omega \parallel 150k\Omega = 7.14k\Omega$$

주파수 영역에서는

$$\text{고주파: } f_h = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi C_E R_{E12}} = \frac{1}{3.14 \times 2 \times 100\mu F \times 0} = \infty$$

$$\begin{aligned} \text{저주파: } f_L &= \frac{1}{2\pi \left[C_1 R_{C1} + \frac{1}{C_2 R_E} + \frac{1}{C_3 R_C} \right]} \\ &= \frac{1}{2\pi \left[470\mu F \times (2.2k \parallel 100 \parallel 5) + \frac{1}{100\mu \times 100} \right]} \\ &= 42.34Hz + 15.92Hz = 58.26Hz \end{aligned}$$

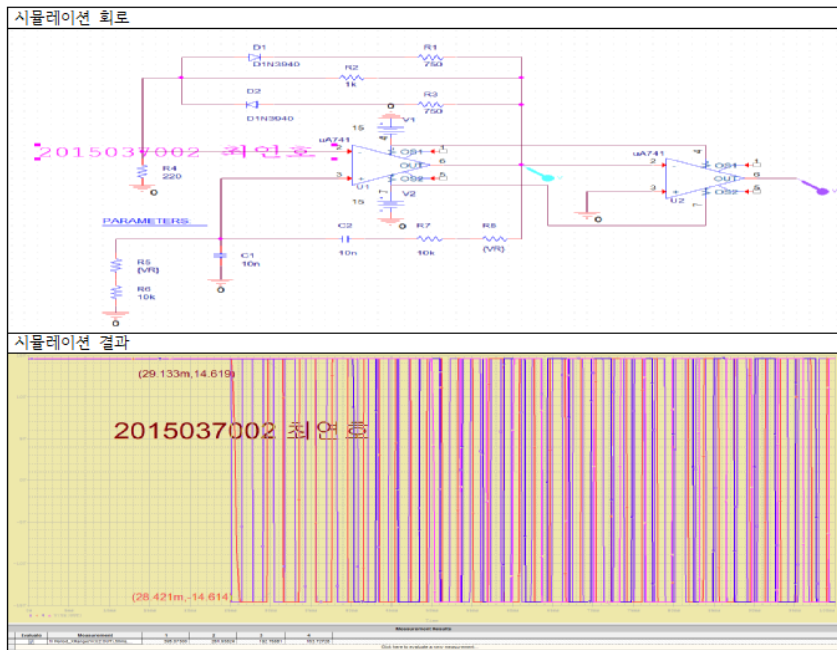
로 계산 할 수 있다. 저주파는 작은 값이라 변하는 값이 없는 것을 볼 수가 있다.

기초 및 디지털 실험 II-OT

• 예비보고서 작성 요령 (시뮬레이션)

- 해당 문제에 대한 시뮬레이션 회로, 파형 첨부 (**학번과 이름을 같이 기입**)
- 학번과 이름을 회로의 선, 그래프 파형과 겹치게 배치
- 시뮬레이션 결과에 대한 고찰 작성
- 고찰에는 파형에 대한 설명과 이론적인 분석이 포함되어야 함
- 시뮬레이션 결과창의 배경색은 **검정색**으로 설정
 ※ Probe Settings (메뉴 Tools – Options) - Color Settings - Background

(3) PSpice를 이용하여 <그림1-10>의 구형파 발생기의 동작을 확인하고, 발진 주파수를 구한다. 정현파의 발진 주파수와 비교한다.



시뮬레이션 고찰

위 그림 1-10의 회로는 이전 실험에서 진행한 회로의 출력단에 op-amp 하나를 더 연결한 회로이다. 또 이전 실험처럼 PARAMETER를 통해 저항을 $30k\Omega$ 부터 $20k\Omega$ 씩 증가시키며 $90k\Omega$ 까지 증가시켰다. 그 결과 그래프는 위와 같이 출력되며 이전 실험과 다르게 구형파가 출력되는 것을 알 수 있다. 이전 실험과 같은 것은 역시 $30k\Omega$ 의 저항에서 가장 특성이 빨리 나타나는 것을 볼 수 있었다.

시뮬레이션에서 Measurement를 이용하여 주기를 연속해서 주파수를 구해 본 결과는 그래프 아래에 있다.

Evaluate	Measurement	1	2	3	4
<input checked="" type="checkbox"/>	1/ Period_XRange(V(U2.OUT),50ms,...	395.07300	261.93824	192.75881	153.72728

항목에서 1이 $30k\Omega$ 일때이고 $20k\Omega$ 씩 증가하면서 4번이 $90k\Omega$ 일때이다.

주파수 결과를 보면 이전실험과 같은 결과가 나온 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 예비과제에서 다른것과 같은데 정현파와 구형파의 주파수는 RC피드백 회로가 없으므로 그 값은 동일하게 나온다. 따라서 measurement를 통해 주파수를 측정하면 정현파일때와 똑같은 결과가 나온다. 구형파에서 출력전압 또한 진폭이 14.614V가 나왔다.

이는 정현파일때의 최대치와 같다. 위 결과는 이문대로 나왔고 이전 실험과 주파수, 진폭이 똑같으니 따로 표로 정리하는 안했다.

- 결과보고서 작성 요령

- 예비보고서처럼 표지 양식을 준수하여 작성 (자필이 아닌 타이핑으로 작성)

구분	실험 제목	○ 조	학번	이름
결과	3-8. 실효값(RMS) 계산			

구분	실험 제목	○ 조	학번	이름
결과	3-8. 실효값(RMS) 계산			

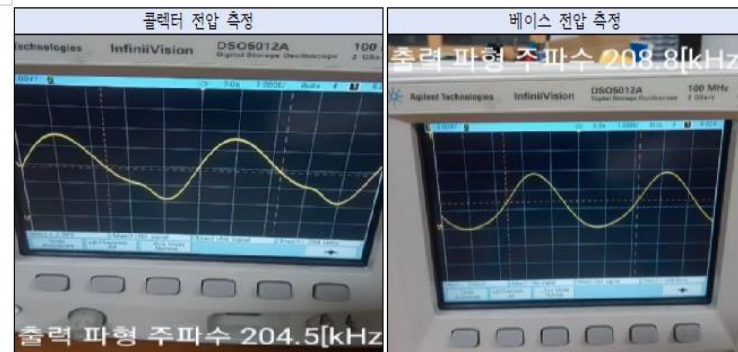
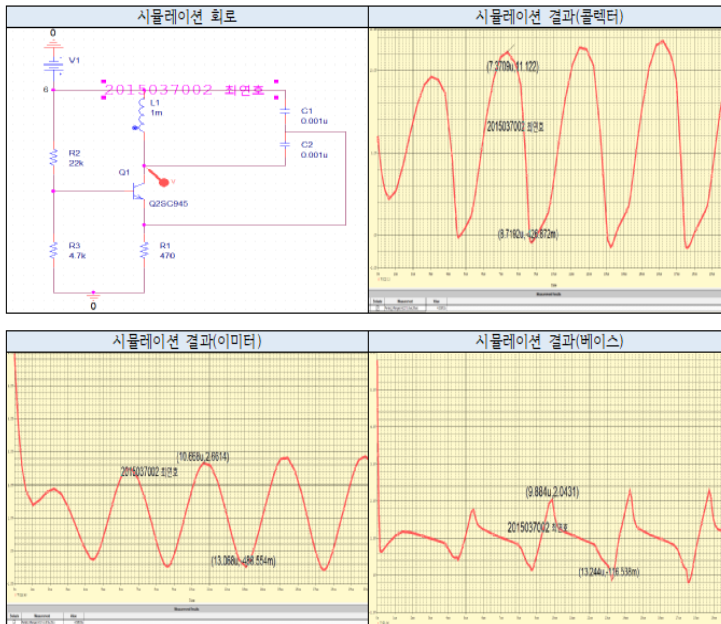
기초 및 디지털 실험 II-OT

• 결과보고서 작성 요령 (실험 결과)

- 해당 문제에 대한 시뮬레이션 결과와 실제 실험 결과 파형을 비교
- 고찰에는 이론적 내용 및 결과에 대한 특이점 및 의견에 대해서 기입
- "ooo의 결과는 xxx로 나왔다, ☆☆☆의 결과는 ★★로 나왔다" 와 같은 일기형 고찰X

실험결과

1. 그림 22-3의 회로를 결선하고 전원을 공급하라.
2. 콜렉터 전압을 측정하여 그림 22-4에 그려라 (2주기 동안의 파형).
3. 에미터의 파형을 측정하여 그림 22-5에 그려라.
4. 베이스 파형을 측정하여 그림 22-6에 그려라.



실험 고찰

위의 회로의 출력인 콜렉터 부분의 전압 파형을 살펴보면 DC전압이 들어가지만 발전 회로의 특징에 의해 출력은 교류전압의 형태가 나올 수 있다. 이는 왜냐하면 L과 C에 의해서 저장과 방출이 반복되고 그로인하여 Dc전압이 주기를 가지는 파형이 되기 때문이다.
또한 위에서 링크 회로의 루프 전류는 C1의 직렬상대인 C2에 흐르고 이때 출력 전압과 C2양단의 교류전압은 같으며 귀환전압은 C1을 통해 나타난다. 이 Feedback 전압은 베이스를 구동시키고 링크회로를 통해 나타나는 발전출 유지를시켜주며 발전 주파수에서 충분한 전압이득을 제공한다.

BJT의 각각의 부분에 대한 전압 파형의 형태 및 절두치는
콜렉터 - 11.54V, 베이스 - 2.15V, 에미터 - 3V 정도가 된다.
각각의 주기는

Evaluate	Measurement	Value
<input checked="" type="checkbox"/>	Period_XRange(V(C2:1),5us,20us)	4.33812u - 콜렉터
<input checked="" type="checkbox"/>	Period_XRange(V(G1:8),9.5u,20u)	4.39533u - 에미터
<input checked="" type="checkbox"/>	Period_XRange(V(G1:8),5u,20u)	4.29318u - 베이스

이들 거의 비슷한 것을 알 수 있다.

이를 이론적으로 계산해보면

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L_1 C_1 C_2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{0.001\mu + 0.001\mu}{1m \times 0.001\mu \times 0.001\mu}} = 225079 = 225kHz$$

나오며 이는 위의 시뮬레이션에서 측정 한 결과와 거의 동일함을 알 수 있다.

실제 실험에서 같은 회로를 결선하고 콜렉터, 에미터, 베이스의 파형을 측정하고 발전 주파수를 측정 하였다. 측정된 발전 주파수는 콜렉터: 204.5kHz, 베이스: 208.8kHz, 에미터: 205.8kHz 으로 근소한 차이가 발생하였다. 이러한 차이는 실제 실험에서 사용되는 소자를 저체적으로 가지는 오차 및 외부환경의 요인으로 약간의 차이가 발생한 것으로 판단된다.

• 결과보고서 작성 요령 (고찰 문제)

- 해당 문제에 대한 이론적인 내용과 풀이 과정에 대하여 작성

고찰

1. 계산한 발진주파수와 측정한 발진 주파수를 비교한 후 차이점에 대해 설명하라

$$\text{먼저 발진 주파수의 이론값은 } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L_3 C_1 C_2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{0.001\mu + 0.001\mu}{1m \times 0.001\mu \times 0.001\mu}} = 225079 = 225kHz \text{ 이다.}$$

실험에서 측정된 발진 주파수는 콜렉터: 204.5kHz, 베이스: 208.8kHz, 에미터: 205.8kHz 이며 0.09 배 정도의 오차가 발생했다. 이차이는 실제실험에서 사용되는 소자들 자체적으로 가지는 오차 및 외부환경의 요인으로 약간의 차이가 발생한 것으로 판단된다.

2. 7번 실험에서 콘덴서를 접속하고 난 후의 차이점을 설명하라.

실제 실험이 진행되고 전압 파형은 확인 하지 않았으므로 주파수나 파형적인 차이는 설명할수 없지만 커패시터로 인한 루프이득의 변화가 발생하고 이로인해 발진이 되는 가변저항값이 커지게 된다.

3. C1, C2 커패시터 역할에 대해 설명하라.

이론에서 살펴본 바와 같이 탱크회로에서 루프 전류는 C1의 직렬 상태인 C2를 통해 흐른다. 이때 출력전압 V_{out} 가 C2양단의 교류전압과 같으며, 귀환전압 V_f 는 C1을 통해 나타나는 것이다. 이것을 나타낸 귀환전압은 베이스를 구동시키고 탱크회로를 통해 나타나는 발진을 유지시켜 주며 발진 주파수에서 충분한 전압 이득을 제공해준다.