



충북대학교
CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY

기초회로 및 디지털실험 I

(5106045-01)

학과: 전기공학부

교수: 홍종필 교수님

강의실: E9-604(학연산공동실습관)

실험조교: 박 형 준

기초 및 디지털 실험 I-OT

조편성 *추후 변경가능.

1	강대한
	고지민
2	김도윤
	김동준
3	김성호
	김준상
4	김지유
	김희수
5	남이랑
	박종현
6	방성재
	손현우
7	신형섭
	안영준

8	유지영
	이다환
9	이은진
	장요한
10	최성현
	한승현

- 조별로 착석하여 실험 진행
- 보고서는 팀별이 아닌 개인별로 작성
- 해당 조의 정리정돈 불량시 감점

기초 및 디지털 실험 I-OT

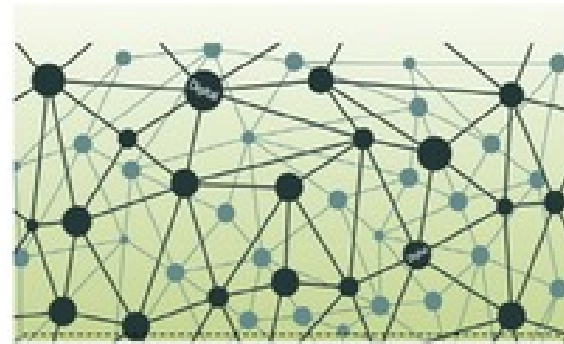
- 담당 교수 : 홍종필 교수님
- 실험 조교 : 박형준
- 연구실 : 집적회로 연구실 (E8-3동 472호)
- 전화 번호 : 010-8963-0809
- 이메일 : phj952000@chungbuk.ac.kr

기초 및 디지털 실험 I-OT

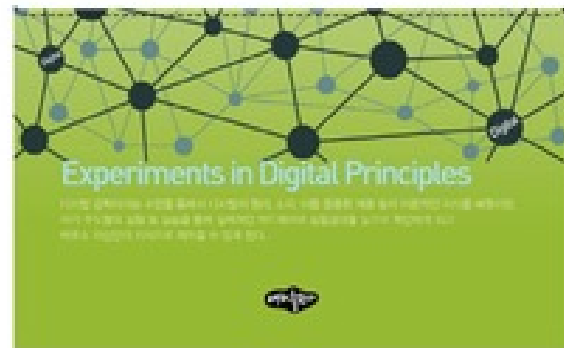
- 실험 교재 : 기초회로 실험, 디지털 실험, 충북대전기전자공학부, 내하출판사, 2016



김기호, 김재민, 김충현 공저
기초회로실험



김기호, 김재민, 김충현 공저
디지털실험



보고서 제출

1. 수업 당일 보고서 수업시간 전까지 제출
(프린트 해서 책상 위에)
이후 제출은 감점
2. 보고서 스캔한 PDF파일 이메일 제출
phj952000@ 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 15분 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, <u>시뮬레이션 상에서 소자 미지원 시 데이터 시트를 참고하여 회로의 동작을 상세히 기술할 것</u>
결과 보고서	15%	- 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	45%	- 필기(35%), 실기(10%)

보고서 양식

- 시뮬레이션 프로그램
 - PSPICE
- 양식
 - 표지없이, 첫 페이지 상단에 아래와 같이 보고서 구분과 실험 제목, 조, 학번, 이름 기재.
 - 양식 엄수
 - 예비, 결과, 설계 보고서는 각 실험별로 따로따로 작성 (예, 예비 3-1, 3-2, 3-3)
 - 파일 제출 시, 파일명은 “2020000000(학번)_홍길동(이름)_기초결과0.pdf”
“2020000000(학번)_홍길동(이름)_디지털결과0.pdf”로 할 것.

구분	실험 제목	조	학번	이름
예비 3-1				

구분	실험 제목	조	학번	이름
결과 3-1				

기초 및 디지털 실험 I-OT

실험계획 (*공휴일, 대체휴일) *추후 변경가능.

	날짜	실험 진도	예비보고서	결과보고서	조별 발표
1주	03.04	기초회로실험 2-1, 2-2			
2주	03.11	기초회로실험 2-3, 2-4	기초회로실험 2-1, 2-2, 2-3, 2-4	기초회로실험 2-1, 2-2	2-1, 2-2(1조), 2-3(2조), 2-4(3조)
3주	03.18	기초회로실험 2-5, 2-6, 2-7	기초회로실험 2-5, 2-6, 2-7	기초회로실험 2-3, 2-4	2-5(4조), 2-6(5조), 2-7(6조)
4주	03.25	기초회로실험 2-8, 2-9	기초회로실험 2-8, 2-9	기초회로실험 2-5, 2-6, 2-7	2-8(7조), 2-9(8조)
5주	04.01	디지털실험 1, 2	디지털실험 1, 2	기초회로실험 2-8, 2-9	1(9조), 2(10조)
6주	04.08	기초회로실험 3-1, 3-2	기초회로실험 3-1, 3-2	디지털실험 1, 2	3-1(1조), 3-2(2조)
7주	04.15	기초회로실험 3-3	기초회로실험 3-3	기초회로실험 3-1, 3-2	3-3(11조)
8주	04.22	기초회로실험 3-4, 3-5	기초회로실험 3-4, 3-5	기초회로실험 3-3	3-4(3조), 3-5(4조)
9주	04.29	기초회로실험 3-6, 3-7	기초회로실험 3-6, 3-7	기초회로실험 3-4, 3-5	3-6(12조), 3-7(5조)
10주	05.06	대체 휴일			
11주	05.13	디지털실험 3, 4, <u>설계1</u>	디지털실험 3, 4, <u>설계1</u>	기초회로실험 3-6, 3-7	3(6조), 4(7조)
12주	05.20	디지털실험 5, 6	디지털실험 5(레포트 대체), 6	디지털실험 3, 4	5(8조), 6(9조)
13주	05.27	디지털실험 7, <u>설계2</u>	디지털실험 7	디지털실험 6	7(10조)
14주	06.03			디지털실험 7	
15주	06.10	기말 시험			

실험계획

기초회로실험 2-1, 2-2 : 멀티미터에 의한 전압, 전류 및 저항측정 , 오옴의 법칙
기초회로실험 2-3, 2-4 : 키르히호프의 법칙 , 직렬 및 병렬 회로
기초회로실험 2-5, 2-6 : 테브난 정리와 노턴 정리, 중첩의 원리
기초회로실험 2-7, 2-8 : 직류회로에서 최대전력전송, 가역정리와 보상정리
기초회로실험 2-9 : 함수발생기와 오실로스코프 사용법
디지털실험 1, 2 : 논리 게이트와 부울대수, 반가산기와 전가산기
기초회로실험 3-1 : RC 회로의 스텝응답
기초회로실험 3-2 : RL 회로의 스텝응답
기초회로실험 3-3 : RLC 회로의 스텝응답
기초회로실험 3-4, 3-5 : RC, RL 회로의 정상상태응답
기초회로실험 3-6, 3-7 : RLC 직렬 공진 회로, 최대전력전달
디지털실험 3, 4 : 인코더와 디코더 회로, 멀티플렉서
디지털실험 5, 6 : 4비트 산술논리연산, 래치와 플립플롭
디지털실험 7 : 쉬프트 레지스터

설계 1 : 8421 encoder의 논리회로 설계
설계 2 : 4비트 전감가산기의 설계

기초 및 디지털 실험 I-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

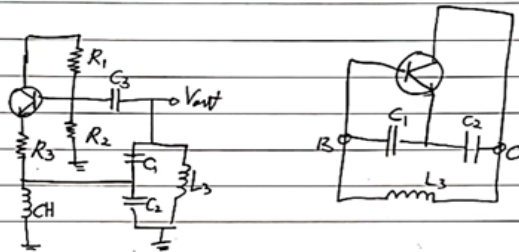
구분	실험 제목	학번	이름
예비 5	5. 발진기	2015037002	최연호

1. 물리치 발진회로

1. 실험목적

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

2. 기초이론



LC 발진기중 가장 널리 사용되는 발진기가 물리치 발진기이다. 이 발진기를 그림 22-2에 나타내었다.

그림 22-2는 간략화된 교류등가회로로 영모리에서 무드전류는 C_1 의 직렬 성분인 G 를 통해 흐른다.

이때 주파수 f 는 출력전압 V_{out} 과 G 양단의 교류전압이 같게 주파수 f 는 C 를 통해 나타낸다.

이 주파수 f 는 h_{oe} 를 구동시키고 커패시터를 통해 나타내는 발진을 유지시켜주며 발진주파수에서 충분한 전압이득을 제공한다. 발진주파수 f 는

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

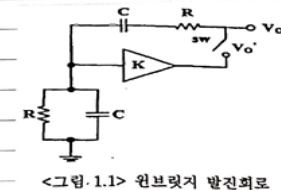
2. 이론

2.1 발진조건

증폭기 자체 외부에서 인가된 신호가 바로 스스로 증폭작용을 발생시키는 회로를 발진회로라고 한다. 발진 회로에 따라 여러 종류 발진회로가 있지만 선형 증폭기를 이용하는 경우 일반적으로 사용 가능한 발진회로를 이용한 발진회로를 사용한다. 증폭기의 이득을 $A(f)$ 라고 하고 위상 지연의 이득을 $B(f)$ 라 하면, 다음과 같은 조건을 만족하면 회로 발진한다. $|A(f)B(f)| = 1$, 증폭기 이득과 위상 지연이득인 $A(f)B(f)$ 를 주파수 f 에 대해 $1/1$ 로 만드는 주파수는 한계 임계치 여러개가 될 수 있다. 만약 두개 이상의 주파수가 있을 경우 발진기의 출력은 기본파와 고조파의 합으로 나타난다. 그러나 증폭기의 위상 지연이 주파수 증가에 따라 두개 이상의 주파수가 동시에 위상을 만족시키기 어렵다.

2.2 윈브리지 정현파 발진기 (Wien Bridge Oscillator)

윈브리지 발진기는 5kHz ~ 1MHz의 저주파용 발진회로에 적합한 것으로 고품질 사인파 발생기와 저주파 부하에 폭넓게 사용되고 있다. 윈브리지 발진기는 식 1.1을 이용하여 기본적인 위상은 그림 1.1과 같다.



<그림 1.1> 윈브리지 발진회로

그림에서 K 는 선형 증폭기의 이득을 나타내며 증폭기를 제외한 나머지 부분은 위상 지연을 나타낸다. 식 1.1의 발진조건은 만족하면 $V_o = V_o'$ 가 된다. 이때 두 전압이 서로 동일하게 되도록 스위치를 닫아도 위상 지연이 달라지는 것은 없다. 식 1.1의 발진조건은 만족할 때

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

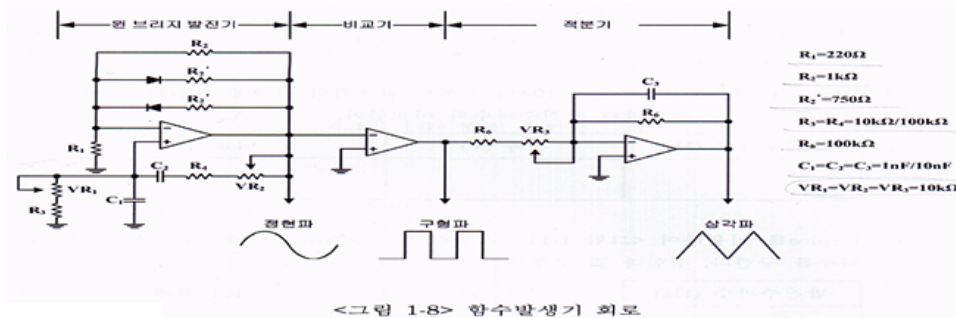
기초 및 디지털 실험 I-OT

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

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.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_4}{(R_3//R_7) + r_E + \frac{R_4//R_2}{\beta}}, \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_5}{r_E + \frac{R_4}{\beta}}$$

$$\frac{V_O}{V_2} = \frac{R_2/(R_{11} + R_{12}) + r_E}{R_5 + R_2/(R_{11} + R_{12}) + r_E}$$

전압이득은 구간을 나누어서 구하면 위와 같이 구할 수 있다.

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

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

입력 저항은 $R_E = R_B \parallel (\beta + 1)(r_E + R_e)$ 로 표현되는데 R_e 가 r_E 보다 상당히 커서 r_E 를 무시할 수 있어 $R_E = R_B \parallel R_1 = 30k\Omega \parallel 10k\Omega = 7.5k\Omega$ 이 된다.

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

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

주파수 영역에서는

$$\text{고주파: } f_h = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi C_E R_{E1/2}} = \frac{1}{3.14 \times 2 \times 100\mu F \times 0} = \infty$$

$$\text{저주파: } f_L = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1 R_{C1}} + \frac{1}{C_2 R_E} + \frac{1}{C_3 R_{C3}} \right) = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{470\mu F \times (2.2k \parallel 100 \parallel 8)} + \frac{1}{100\mu \times 100} \right) = 42.34Hz + 15.92Hz = 58.26Hz$$

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

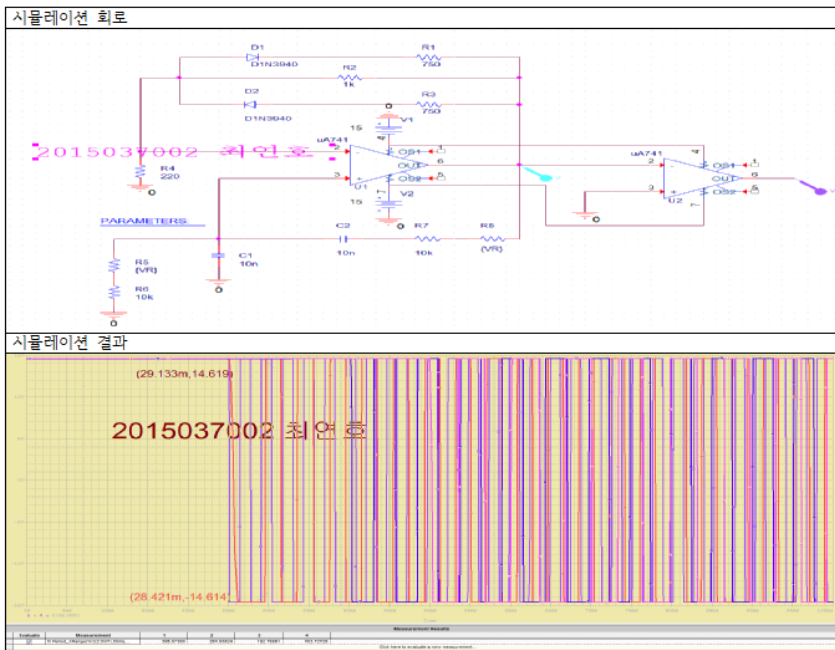
기초 및 디지털 실험 I-OT

• 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 출력이 되며 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 역수해서 주파수를 구해 본 결과는 그래프 아래에 있다.

Evaluate	Measurement	1	2	3	4
☒	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 이론대로 나왔고 이전 실험과 주파수, 진폭이 똑같으니 따로 표로 정리하는 안됐다.

기초 및 디지털 실험 I-OT

- 결과보고서 작성 요령

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

구분	실험 제목	학 번	이름
결과	5. 발진기	2015037002	최연호

실험목적

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

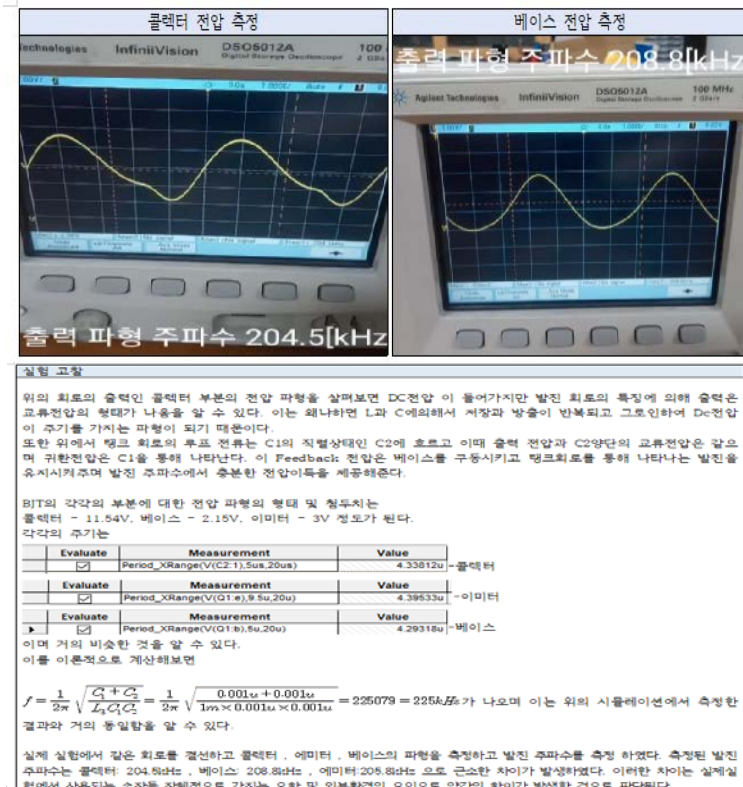
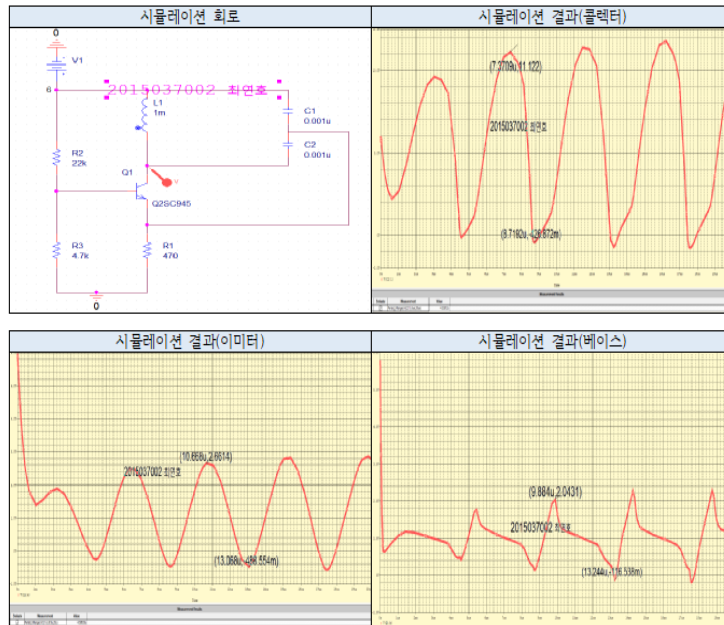
기초 및 디지털 실험 I-OT

• 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.



기초 및 디지털 실험 I-OT

- 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

먼저 발진 주파수의 이론값은 $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L_3 C_1 C_2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{0.001\mu + 0.001\mu}{1m \times 0.001\mu \times 0.001\mu}} = 225079 = 225kHz$ 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 나타난 귀환전압은 베이스를 구동시키고 탱크회로를 통해 나타나는 발진을 유지시켜 주며 발진 주파수에서 충분한 전압 이득을 제공해준다.