

OrCAD PSpice 기본 가이드

전북대학교 공과대학 전자공학부

백 흥 기 교수

목 차

1. OrCAD 16.6 Demo version 설치

1.1 회원 등록

1.2 PSpice 다운로드

1.3 PSpice 설치

2. PSpice 기본 사용법

2.1 PSpice 작업 공간

2.2 새로운 프로젝트 만들기

 2.2.1 작업 창(Page) 만들기

 2.2.2 소자 library 등록

 2.2.3 소자 선택

 2.2.4 소자 배치 및 선 연결

 2.2.5 소자 기호 및 소자 값 변경

 2.2.6 화면의 확대 및 축소

2.3 PSpice 실행하기

 2.3.1 Simulation Profile 작성

 2.3.2 PSpice 실행

 2.3.3 Simulation Setting 변경

2.4 PSpice 종료하기

2.5 프로젝트 불러오기

2.6 보고서에 그림 붙이기

 2.6.1 회로도 붙이기

- 2.6.2 파형 붙이기
 - 2.6.3 파형 수정 및 붙이기
- 2.6 소자 library 미등록 에러

3. 예제

- 3.1 RC 회로 해석
 - 3.1.1 프로그램 실행
 - 3.1.2 소자 배치 및 소자 값 변경
 - 3.1.3 PSpice 시뮬레이션 Setting
 - 3.1.4 PSpice 실행
- 3.2 다이오드 회로의 입출력 특성
 - 3.2.1 프로그램 실행
 - 3.2.2 소자 배치 및 소자 값 변경
 - 3.2.3 PSpice 시뮬레이션 Setting
 - 3.2.4 PSpice 실행
- 3.3 증폭기의 직류 및 교류 해석
 - 3.3.1 프로그램 실행
 - 3.3.2 소자 배치 및 소자 값 변경
 - 3.3.3 PSpice 시뮬레이션 Setting
 - 3.3.4 PSpice 실행
 - 3.3.5 Bisa Point 시뮬레이션
- 3.4 증폭기의 주파수 특성
 - 3.4.1 프로그램 실행
 - 3.4.2 소자 변경

3.4.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

3.4.4 PSpice 실행

3.4.5 전압 이득 그래프

3.4.6 대역폭 측정

3.5 정류 회로 특성

3.5.1 프로그램 실행

3.5.2 소자 배치 및 소자 값 변경

3.5.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

3.5.4 PSpice 실행

3.6 MOSFET 소자 특성

3.6.1 프로그램 실행

3.6.2 소자 배치 및 소자 값 변경

3.6.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

3.6.4 PSpice 실행

3.7 다이오드 온도 특성

3.7.1 프로그램 실행

3.7.2 소자 배치 및 소자 값 변경

3.7.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

3.7.4 PSpice 실행

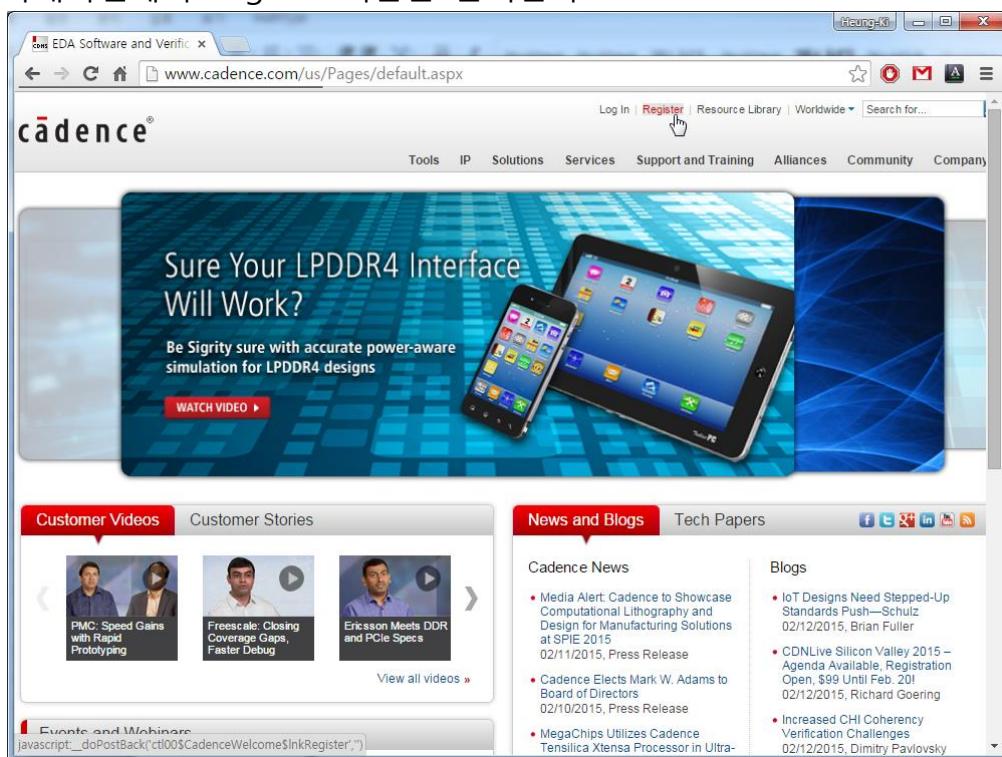
1. OrCAD 16.6 Demo version 설치

PSpice 16.6 데모 버전은 학생용으로서 노드 64개, 트랜지스터 10개, 디지털 소자 64개로 구현 개수에 제한이 있는 툴이지만 일반적인 전자회로실험 시에 필요한 사양을 넘어서기에 시뮬레이션에 무리가 없다.

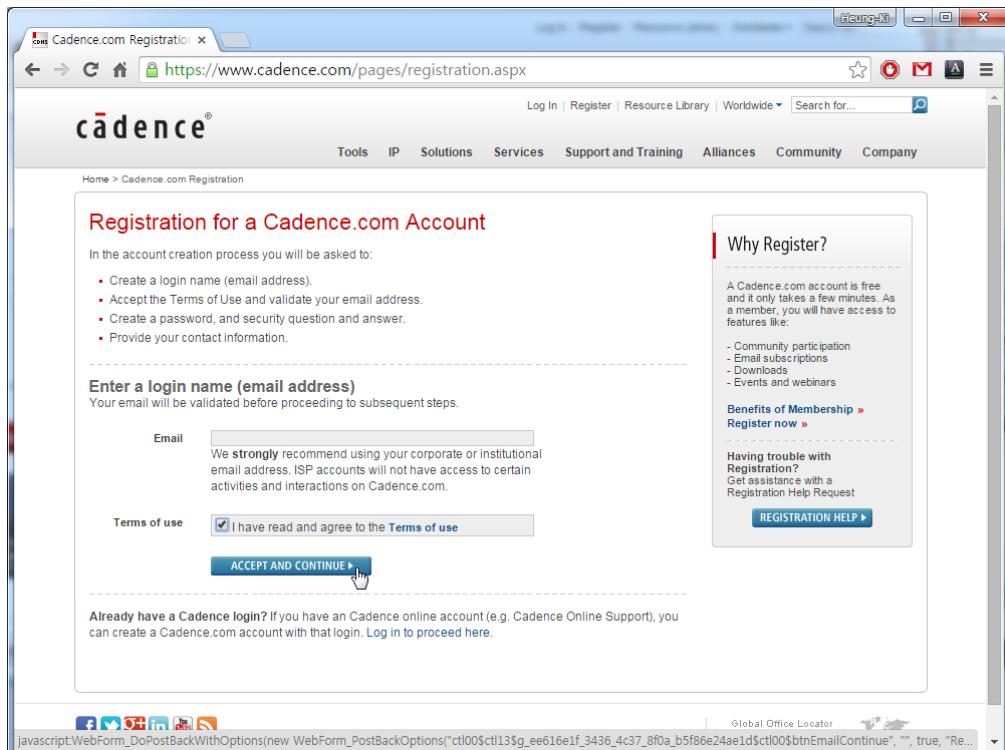
PSpice는 OrCAD 제품군의 기판 시뮬레이션을 위한 툴로서 사용하기 위해서는 OrCAD 설치가 필요하다. 최신 버전의 설치는 www.cadence.com에서 할 수 있다. (16.6 버전)

1.1 회원 등록

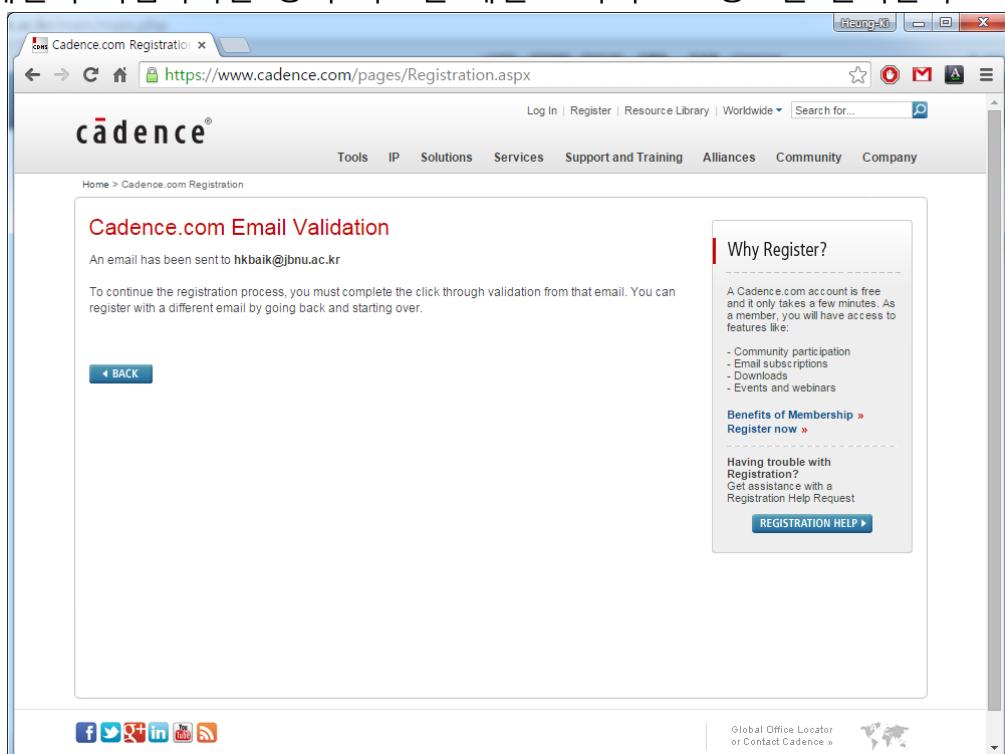
- 설치파일을 다운로드 하기 위해서는 회원 등록이 필요하다. 회원 등록을 위해서 아래화면에서 Register 버튼을 클릭한다.

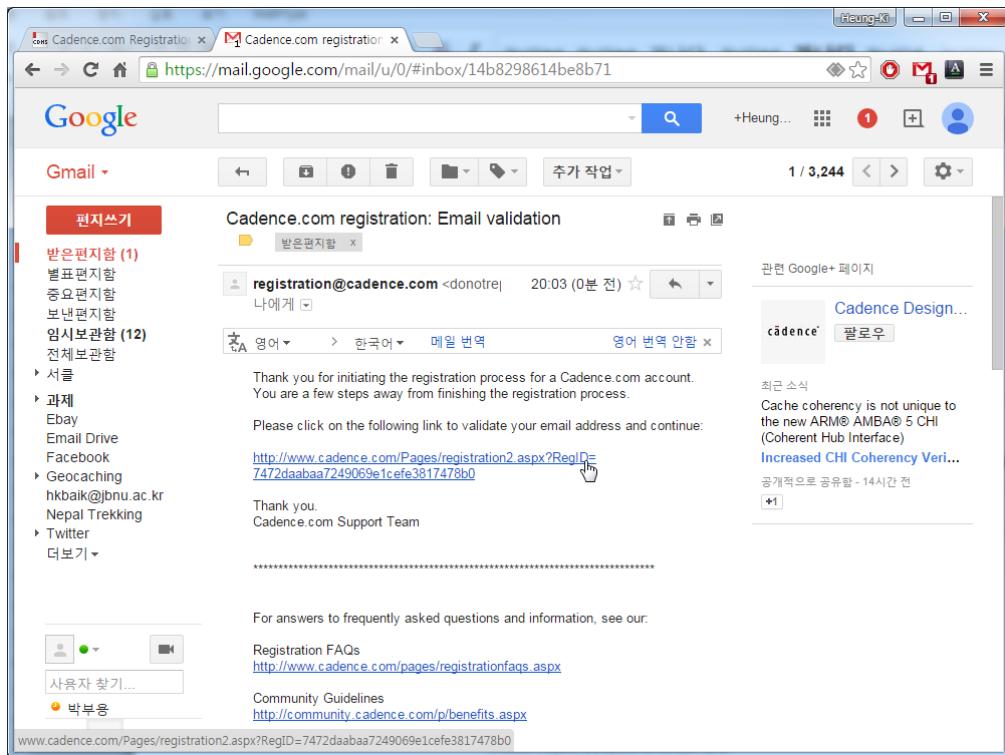


- Register 버튼을 클릭하면 아래와 같은 화면이 나온다. 화면상에 확인 메일을 받고 아이디로 사용할 메일을 적고, ACCEPT AND CONTINUE 버튼을 클릭한다.

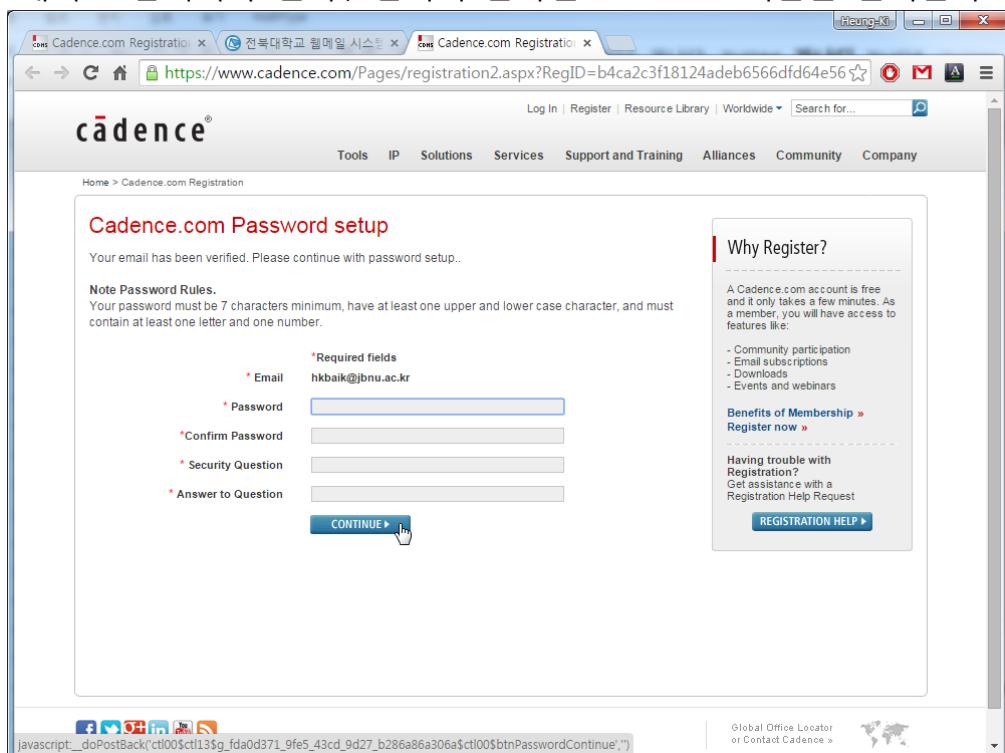


3) 이메일이 적법하다는 창이 나오면 메일로 가서 URL링크를 클릭한다.





- 4) URL을 클릭하면 비밀 번호를 입력하는 창이 뜨는데, 로그인시 사용할 패스워드를 입력하고, 패스워드를 잊었을 때를 대비한 질문과 답을 입력한다. (비밀 번호는 총 7문자 이상으로 입력하고, 반드시 알파벳 대문자, 소문자, 숫자가 각각 1개씩 포함되어야 한다.) 입력이 끝나면 Continue 버튼을 클릭한다.

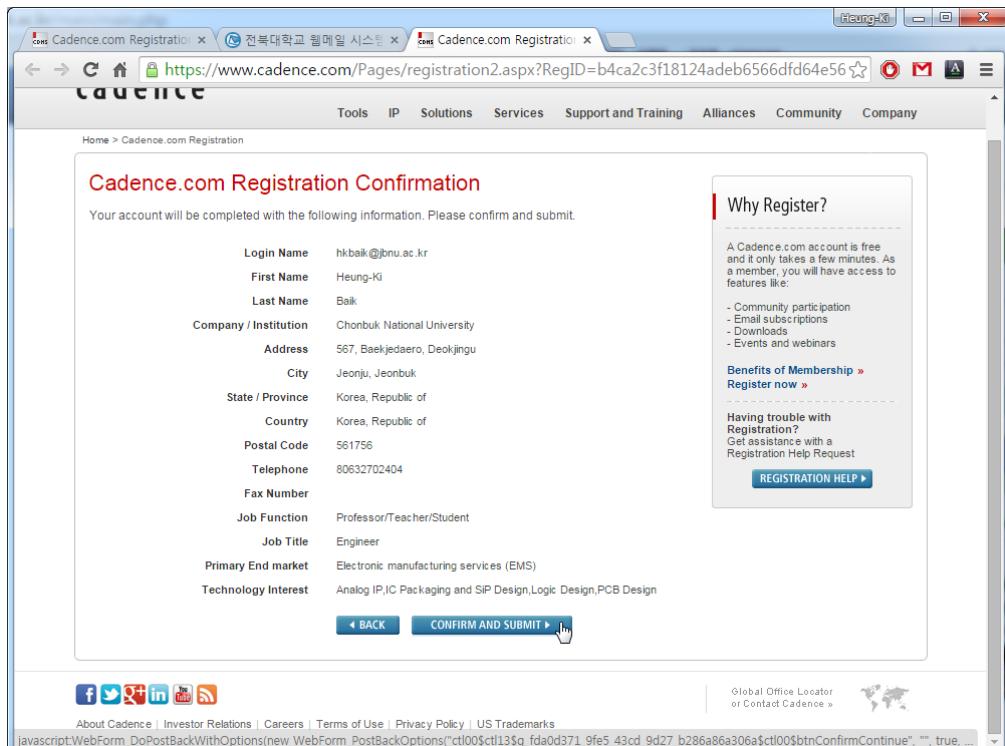


- 5) 가입에 필요한 정보를 입력하는 창이 나온다. 모든 입력이 끝나면 Continue 버튼을 클릭한다.

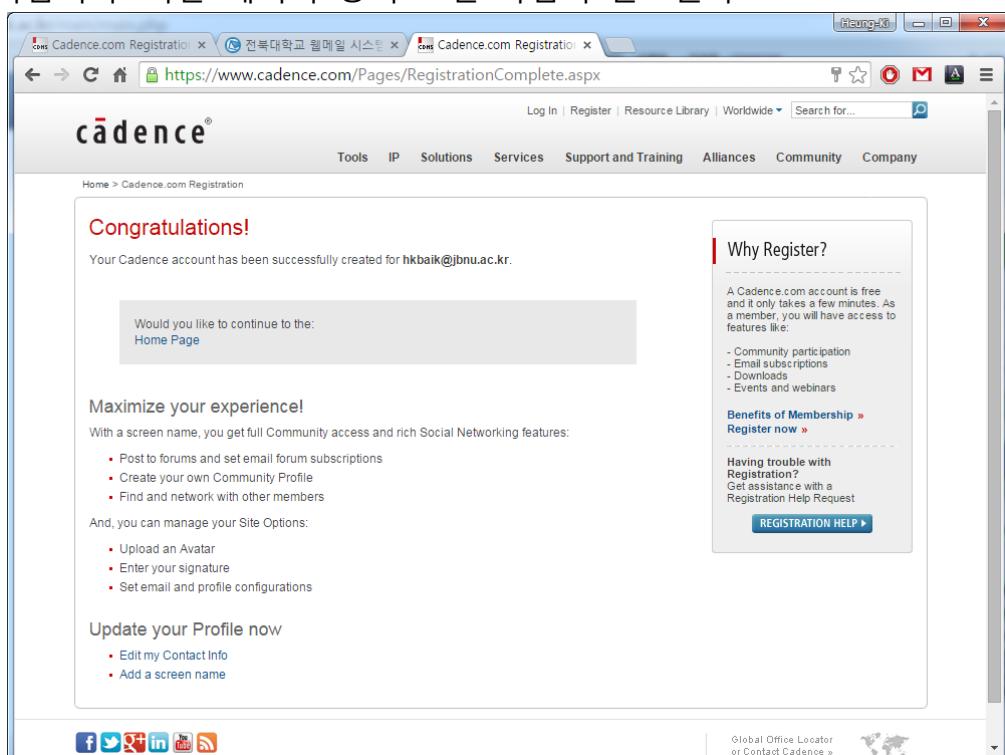
The screenshot shows the 'Cadence.com Account Contact Info' registration form. It includes fields for First Name, Last Name, Company / Institution, Address, City, Country, State / Province, Postal Code, Telephone, Fax Number, Job Function, and Job Title. A sidebar on the right provides information about why to register, benefits of membership, and help for registration issues.

The screenshot shows the continuation of the registration process. It includes dropdown menus for Job Function (Professor/Teacher/Student) and Job Title (Engineer), and a dropdown for Primary End Market (Electronic manufacturing services (EMS)). Below these, there is a section for Technology Interest with a list of checkboxes. Some options are checked, such as Analog IP, PCB Design, Processor IP, RF Design, and Logic Design. A note at the bottom explains the purpose of the screen name.

- 6) 입력한 정보가 맞는지 확인 창이 뜬다. 이상이 없으면 CONFIRM AND SUBMIT 버튼을 클릭한다.



7) '축하합니다'라는 메시지 창이 뜨면 가입이 완료된다.



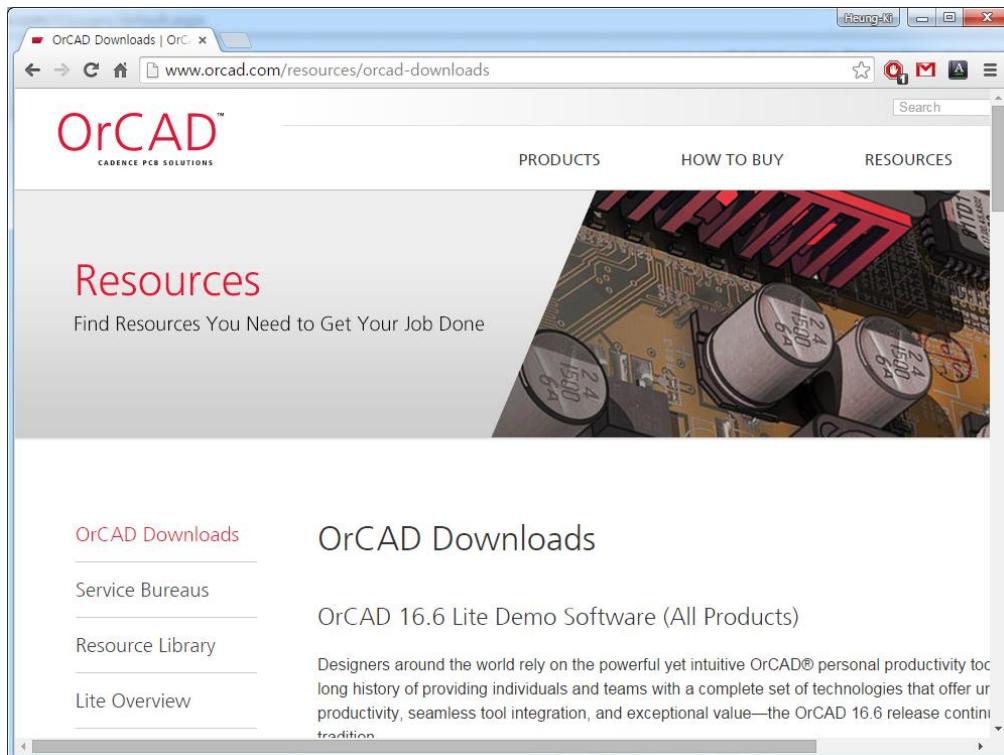
1.2 PSpice 다운로드

1) Log in 메뉴를 클릭하여 로그인을 한다.

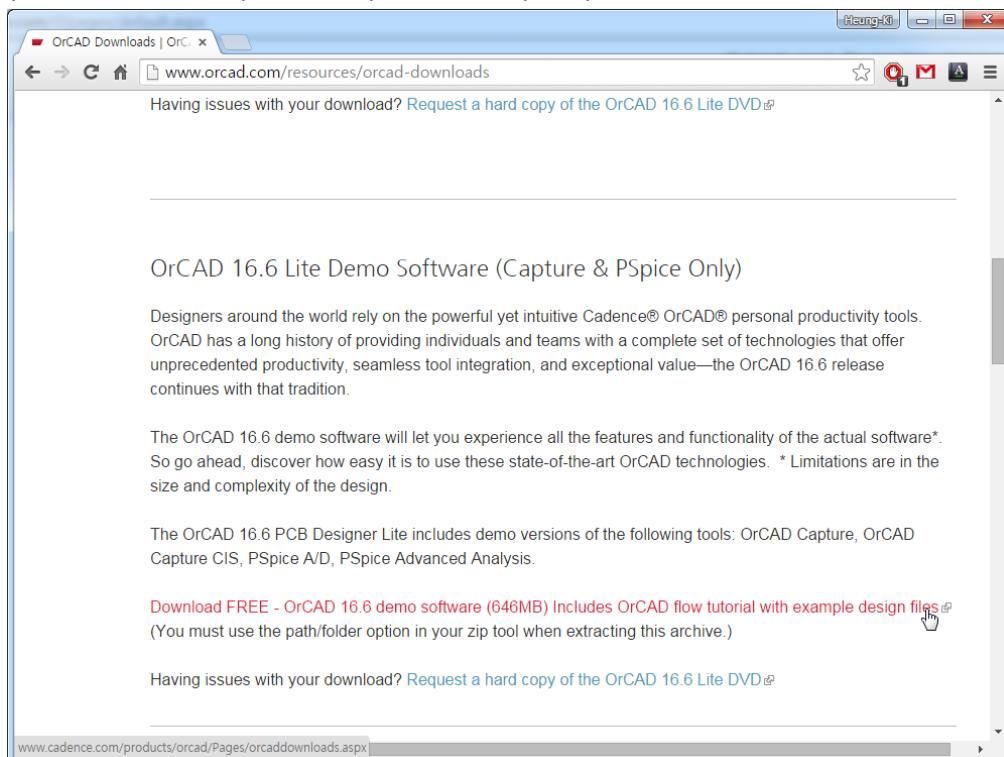
The top screenshot shows the Cadence.com Log In page. The URL is https://www.cadence.com/pages/login.aspx?CMP=globalnav. The page has fields for Email (hkbaik@jbnu.ac.kr), Password (*****), and Remember login (checked). There is a 'LOG IN' button and a 'Forgot password' link. To the right, there is a 'Why Register?' section with a list of benefits: Community participation, Email subscriptions, Downloads, and Events and webinars. A 'REGISTER NOW' button is also present. The bottom screenshot shows the Cadence homepage with a banner for the CDNLIVE Cadence User Conference 2015. Below the banner are sections for Customer Videos, News and Blogs, and Events and Webinars.

2) 로그인 후 다운로드 할 주소로 이동한다.

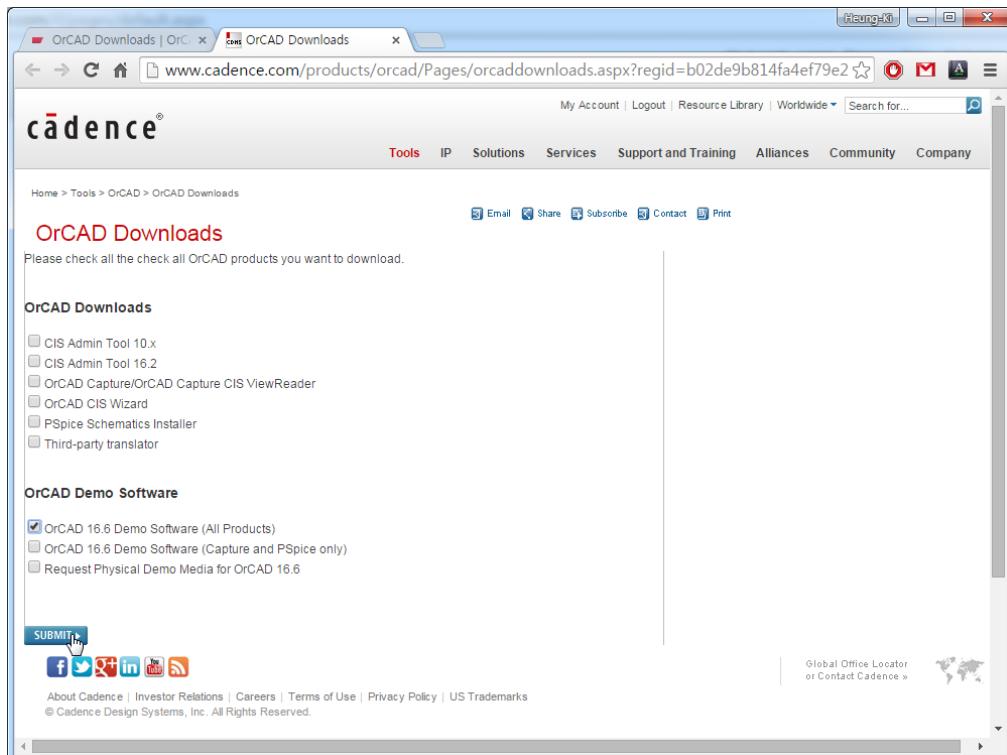
- ✓ <http://www.cadence.com/products/orcad/pages/downloads.aspx>
- ✓ 창이 바뀌고 OrCAD 제품 다운로드 창이 나온다.
- ✓ 새 창 주소 : www.orcad.com/resources/orcad-downloads



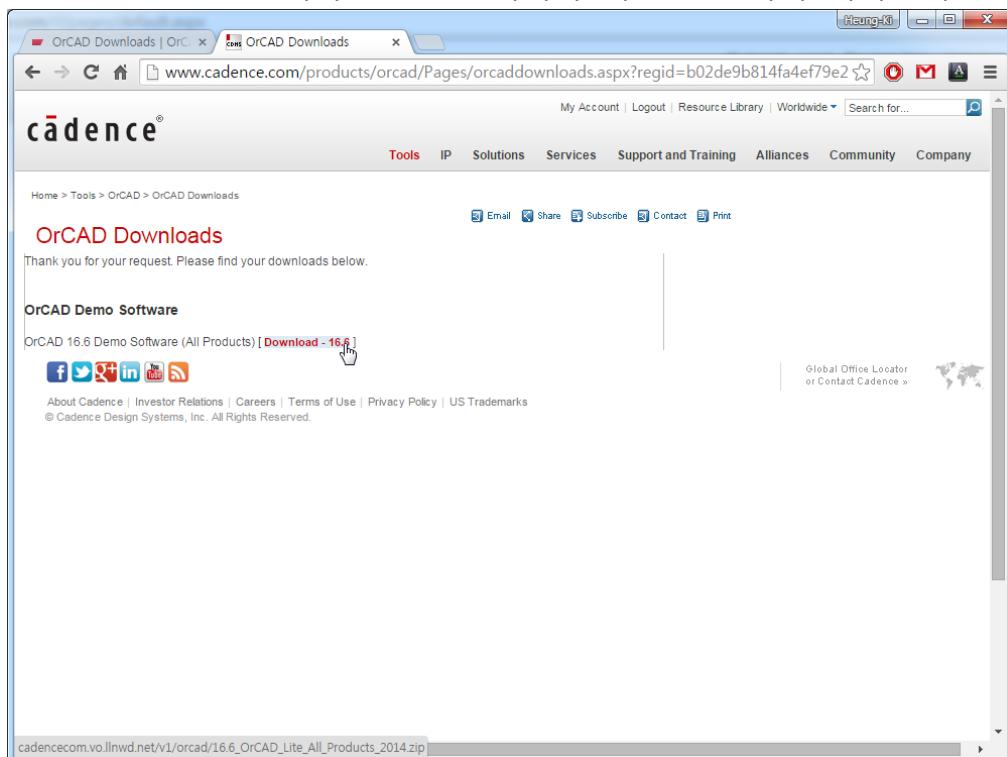
3) 아래로 스크롤 한 후 빨간 부분을 클릭한다.



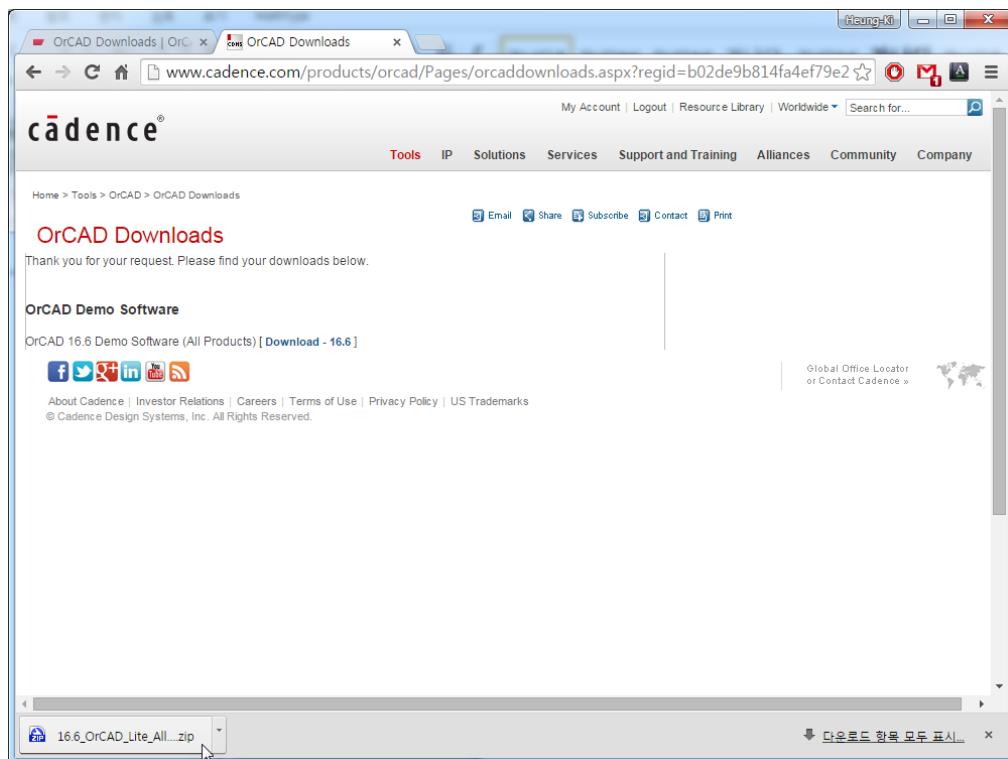
4) OrCAD 16.6 Demo Software (All Products) 를 체크하고 SUBMIT 버튼을 클릭한다.



5) Download – 16.6을 클릭하면 소프트웨어가 다운로드 되기 시작한다.



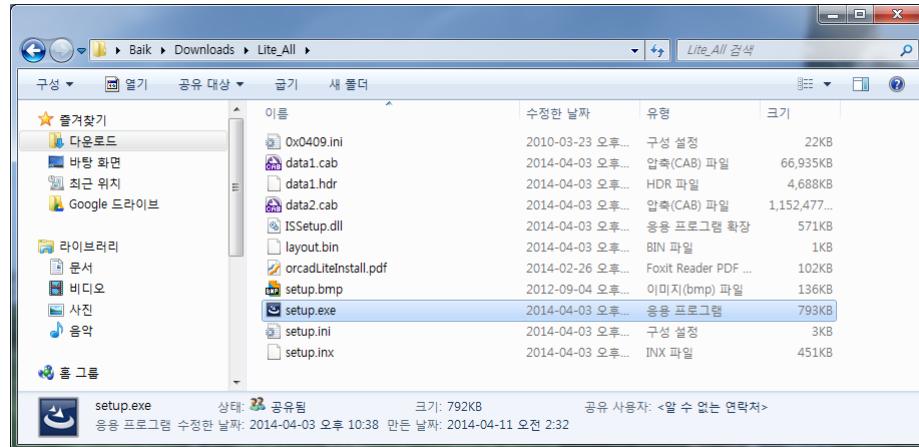
6) 다운로드가 완료된다.



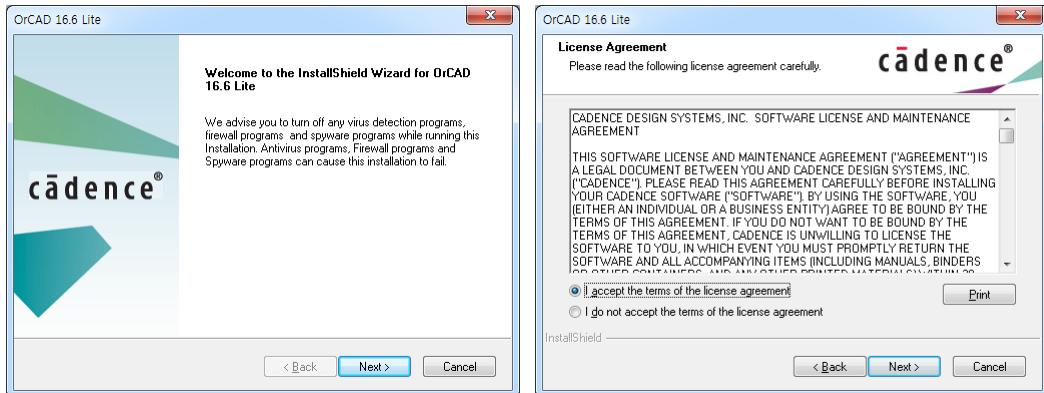
1.3 PSpice 설치

다운로드 한 파일의 압축을 풀고 절차에 따라 설치를 시작합니다.

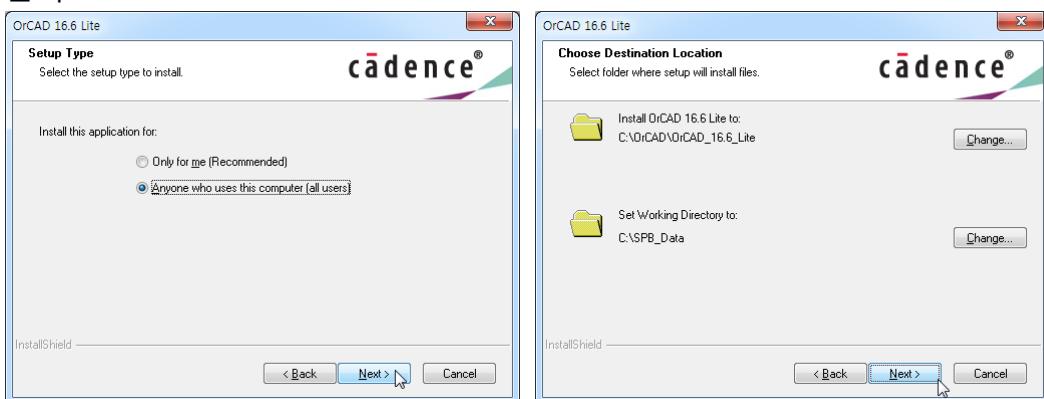
- 1) 다운로드 한 파일 (16.6_Orcad_Lite_All_Products_2014.zip)을 압축 해제한다.



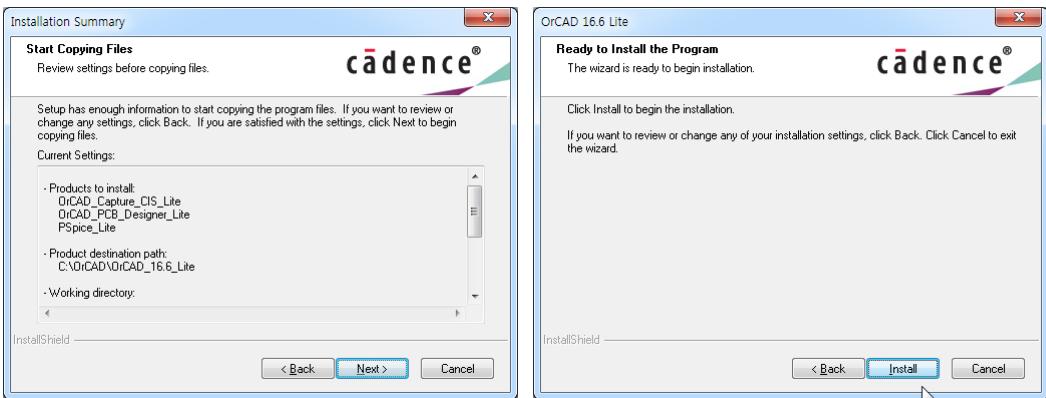
- 2) setup.exe를 실행하고, License Agreement에 동의하고 Next 버튼을 클릭한다.



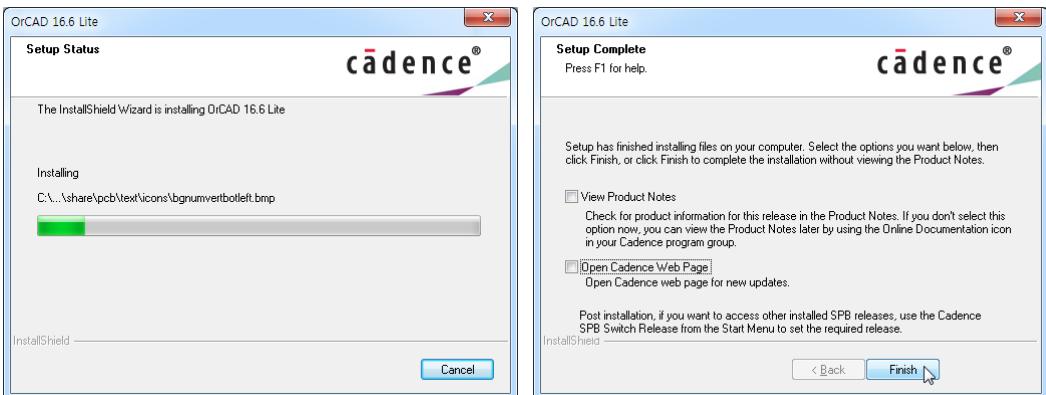
- 3) Setup Type을 선택하고, Choose Destination Location은 통과 Next 버튼을 클릭한다..



- 4) Starting Copying Files도 통과, Ready to Install the Program에서 Install 버튼을 클릭한다.



5) 설치가 진행되고, Finish 버튼을 클릭하면 설치가 끝난다.



2. PSpice 기본 사용법

SPICE는 Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis의 약어로서 컴퓨터를 이용한 전기, 전자, 디지털 회로 설계와 해석을 위해 1972년 미국 Berkely 대학에서 개발된 프로그램이다.

그 중 우리가 다룰 PSpice는 1984년에 MicroSim사에서 출시한 SPICE에 의한 PC기반의 시뮬레이션 프로그램으로서 회로의 설계, 편집, 시뮬레이션 및 그래픽 출력이 가능하고, 11,000개의 Analog library와 2,000개의 Digital library가 있어 거의 모든 회로의 simulation이 가능하다. 현재에는 OrCAD사에서 MicroSim사를 인수 합병하여 회로 작성 기능을 강화한 OrCAD PSpice Release x.x가 출시되었고 우리가 다룰 버전은 OrCAD PSpice 16.6 demo(학생용) 버전이다.

본 매뉴얼에서 다룰 내용은 기본적인 회로 scheme 구현 방법과 결과 도출 및 분석하는 방법으로 Scheme은 프로그램 내에서 그래픽화 된 소자들을 배치해서 구현할 것이며, 결과 해석은 시간 변화, DC 변화 (입력 신호의 크기 변화), AC 변화 (입력 신호의 주파수 변화)에 따라 출력을 얻는 과정을 다룬다.

2.1 PSpice 작업 공간

Lite 버전은 내장된 library가 많지 않기 때문에 PSpice를 실행하면 에러가 발생하는 경우가 많다. 따라서 필요한 library를 컴퓨터의 적절한 폴더에 넣어 주어야 한다. 필요한 library는 학부 자료실에서 다운로드 할 수 있다. (pspicelib.zip 파일) 또 PSpice를 실행할 때 파일들을 읽고 저장하는 폴더를 지정하는 것이 편리하다. (가능하면 폴더 경로와 파일 이름은 영문으로 작성하는 것 좋다.)

편의상 다음과 같이 작업 공간을 정한다.

D:\Pspice\Library --- 다운로드 한 library 넣는 곳
D:\Pspice\Project --- 작업 공간
D:\Pspice\Project\Example--- 예제 작업 공간

Pspicelib.zip 파일에 있는 라이브러리의 소자는 아래의 사이트에서 다운로드 받은 pdf 파일에서 확인할 수 있다.

<http://www.youspice.com/ys/pspicelibrarylist.3sp>

Download: PSpice LibraryguideOrCAD

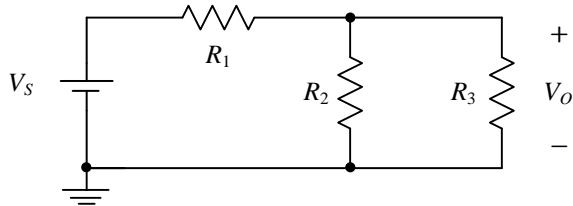
프로그램 파일 이름

2장 예제 : Ex2

3장 예제 : Ex3_1, Ex3_2, Ex3_3, Ex3_4, Ex3_5, Ex3_6, Ex3_7

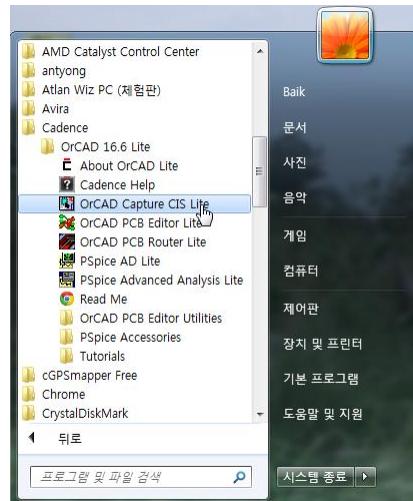
2.2 새로운 프로젝트 만들기

다음과 같은 저항 분할 회로에서 전압과 전류를 구하라. $V_s = 10 \text{ V}$, $R_1 = 5 \text{k}\Omega$, $R_2 = R_3 = 10 \text{k}\Omega$ 이다.

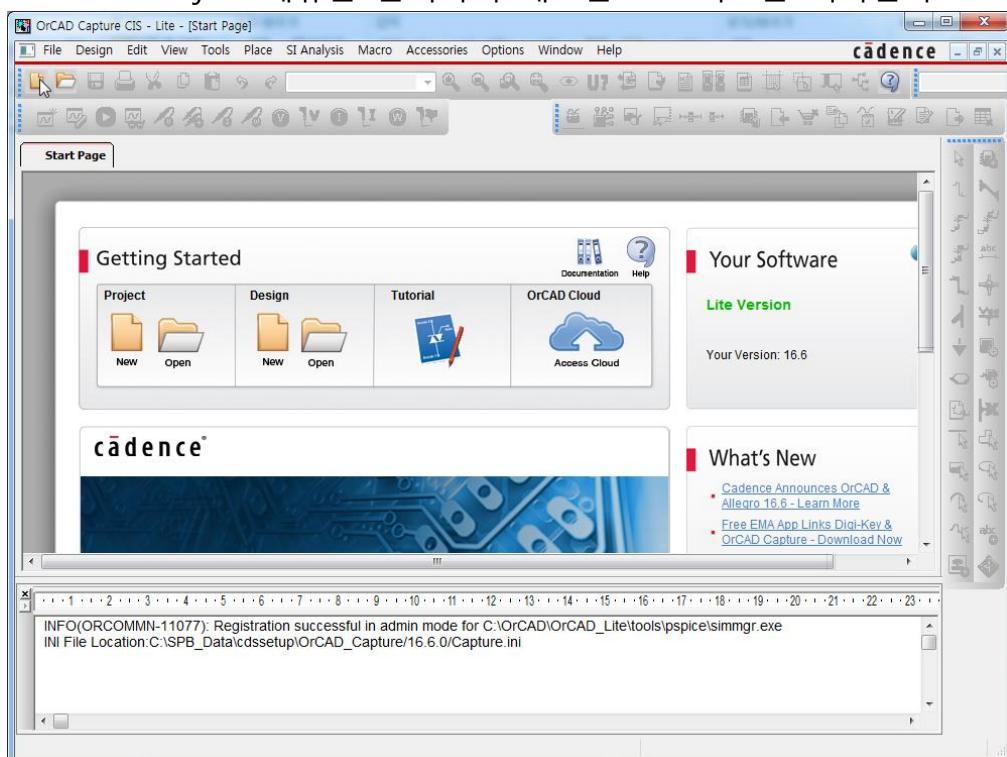


2.2.1 작업 창(Page) 만들기

- 1) OrCAD Capture CIS Lite를 실행한다.

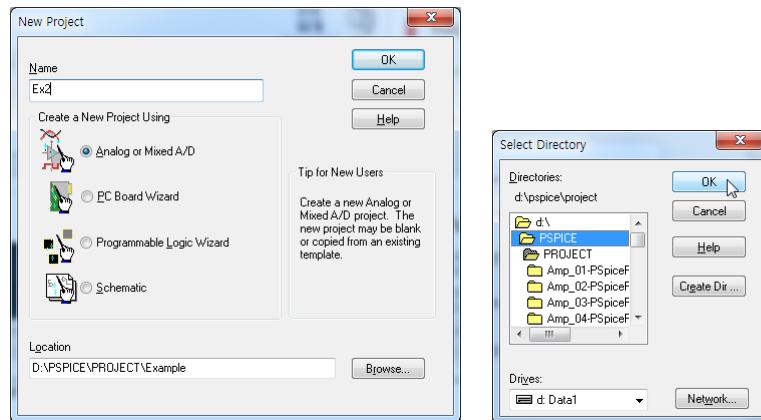


- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다.

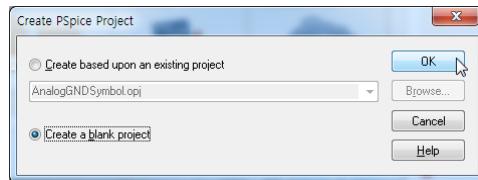


- 3) 먼저 Name에 적절한 이름 [Ex2]를 입력하고, Analog or Mixed A/D를 체크한

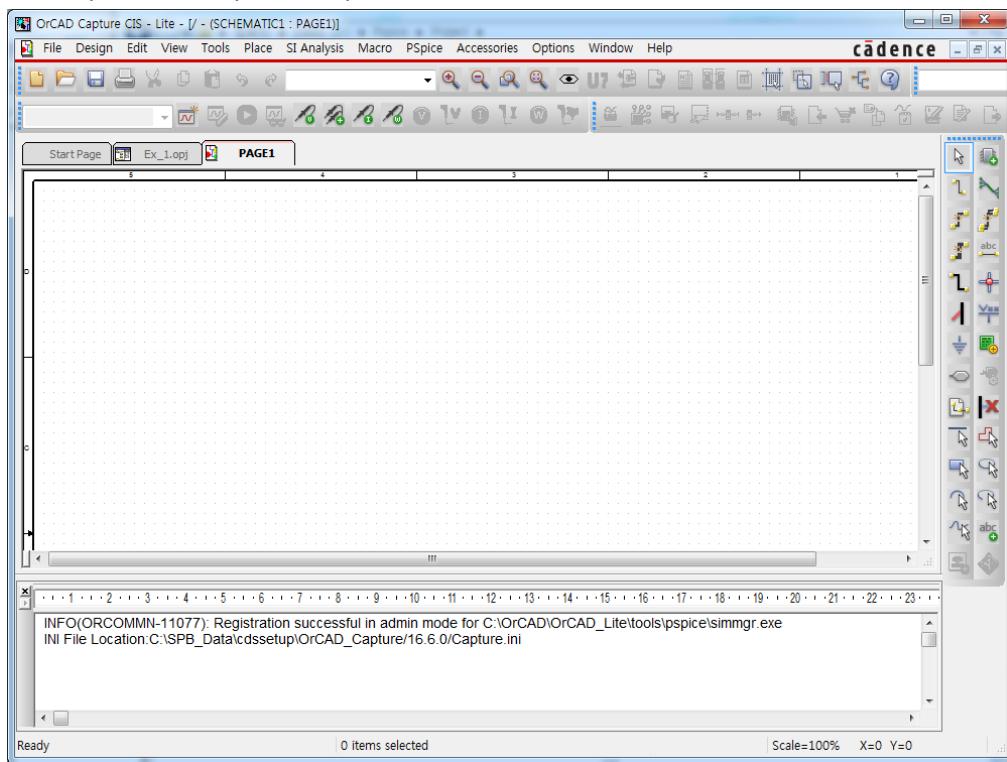
후, Location에서 작업할 공간 [D:\PSpice\Project\Example]을 지정하고 OK 버튼을 클릭한다.



- 4) Create PSpice Project 창에서 create a blank project를 체크하고 OK 버튼을 클릭한다.



- 5) 새로운 작업 공간이 생긴다.

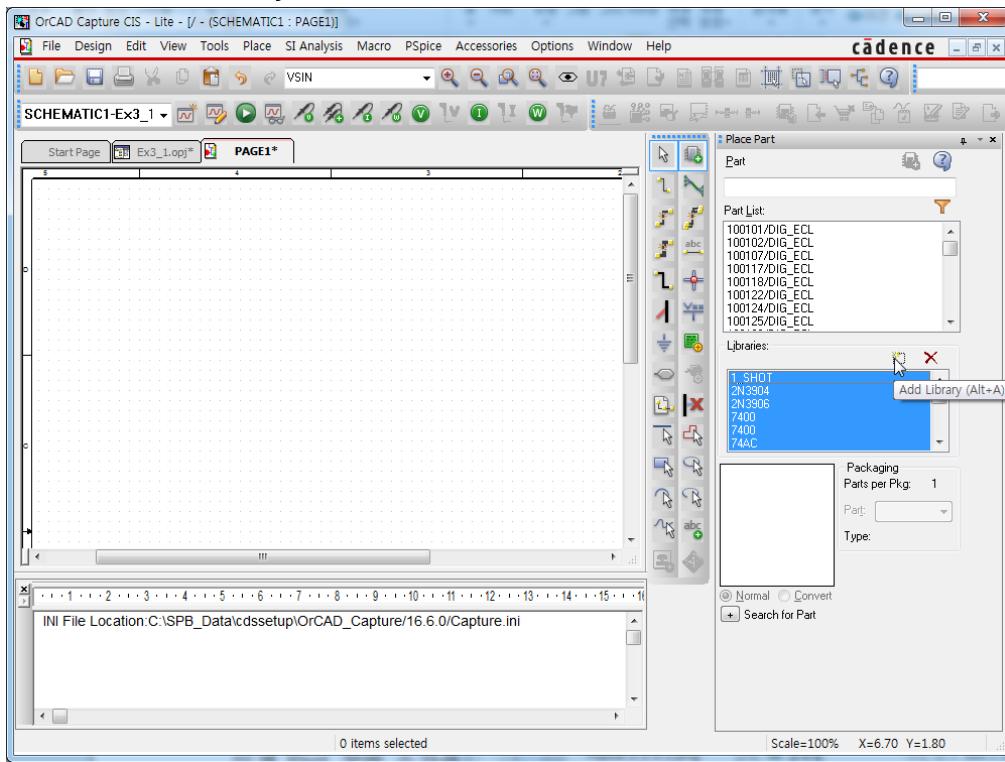


2.2.2 소자 library 등록

Libraries에서 아래 그림과 같이 전체를 선택하면 Part List에 등록된 모든 library가 표시된다. 이 때 Part 아래 칸에 소자 이름을 검색하면 쉽게 소자의 library를 찾을 수 있다. 검색해도 찾을 수 없다면 해당 소자의 library를 인터넷에

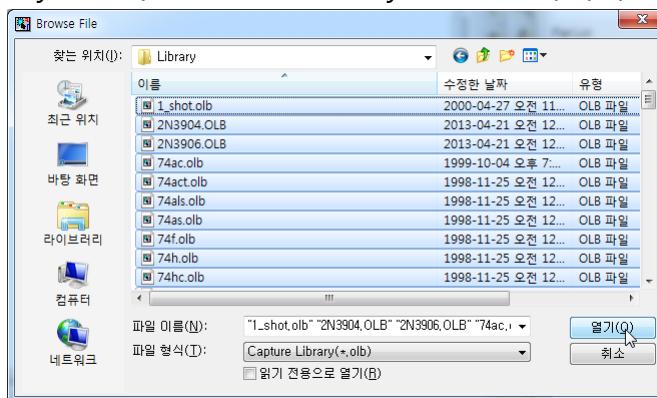
서 구해 등록해야 한다.

- 1) Libraries의 Add Library 버튼을 클릭한다.

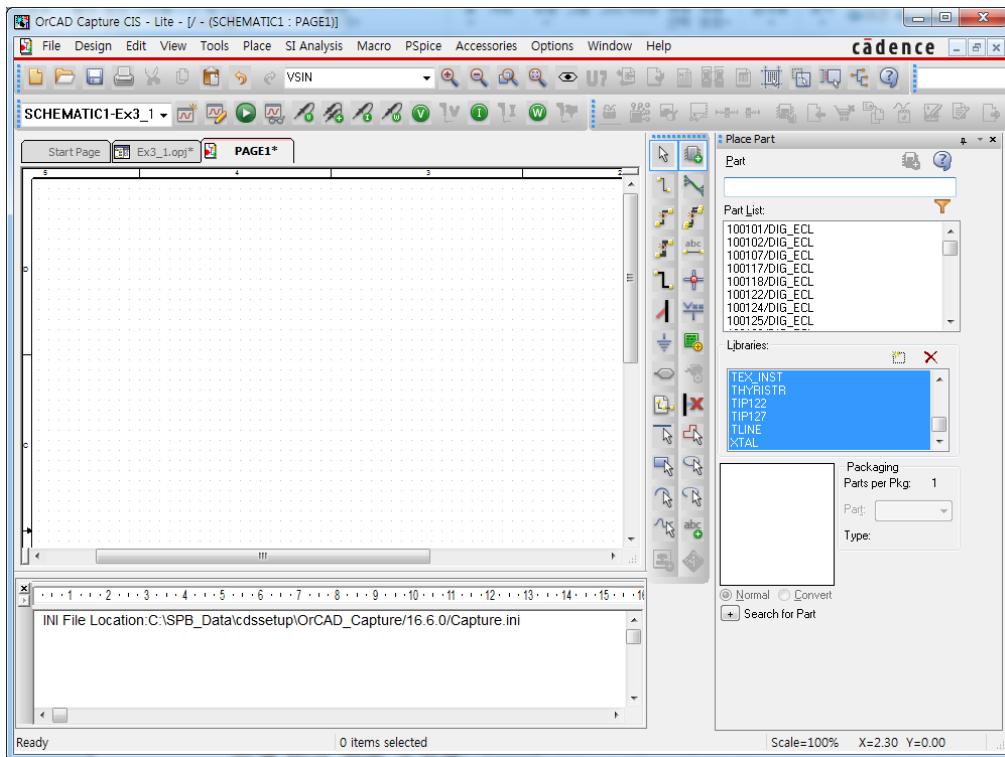


- 2) 등록하고자 하는 library가 있는 폴더로 이동하여 등록하고자 하는 library를 선택한 후 열기 버튼을 클릭한다. (복수 개도 선택 가능함)

D:\Pspice\Library --- 다운로드 한 library 넣는 폴더에서 전체를 선택한다.

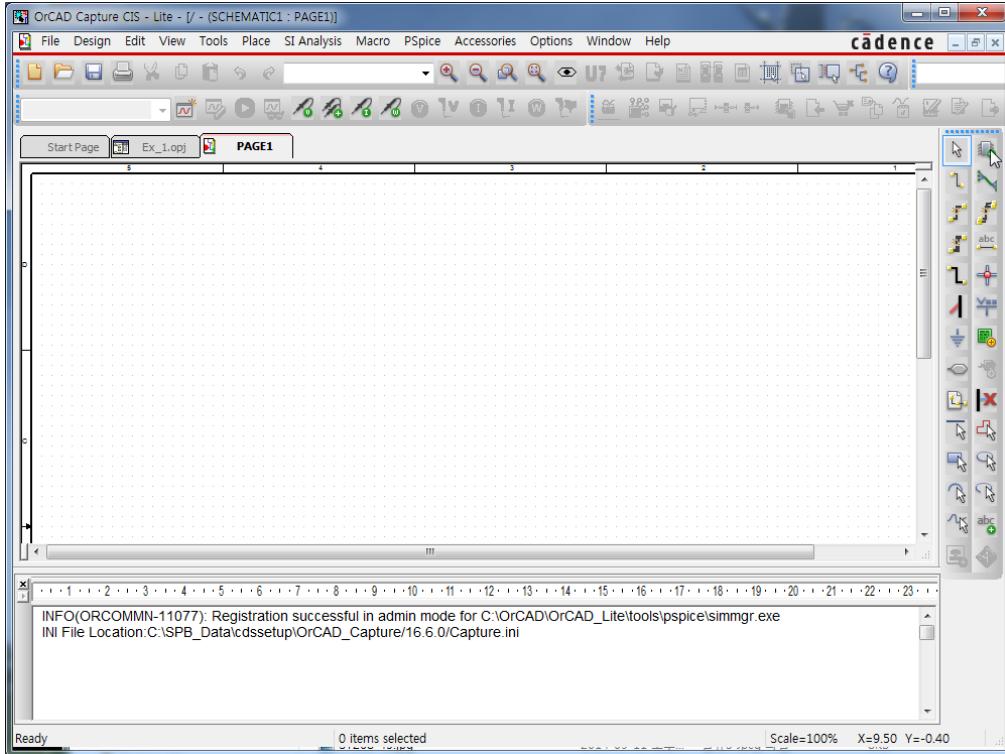


- 3) Libraries에 등록되었음을 알 수 있다.



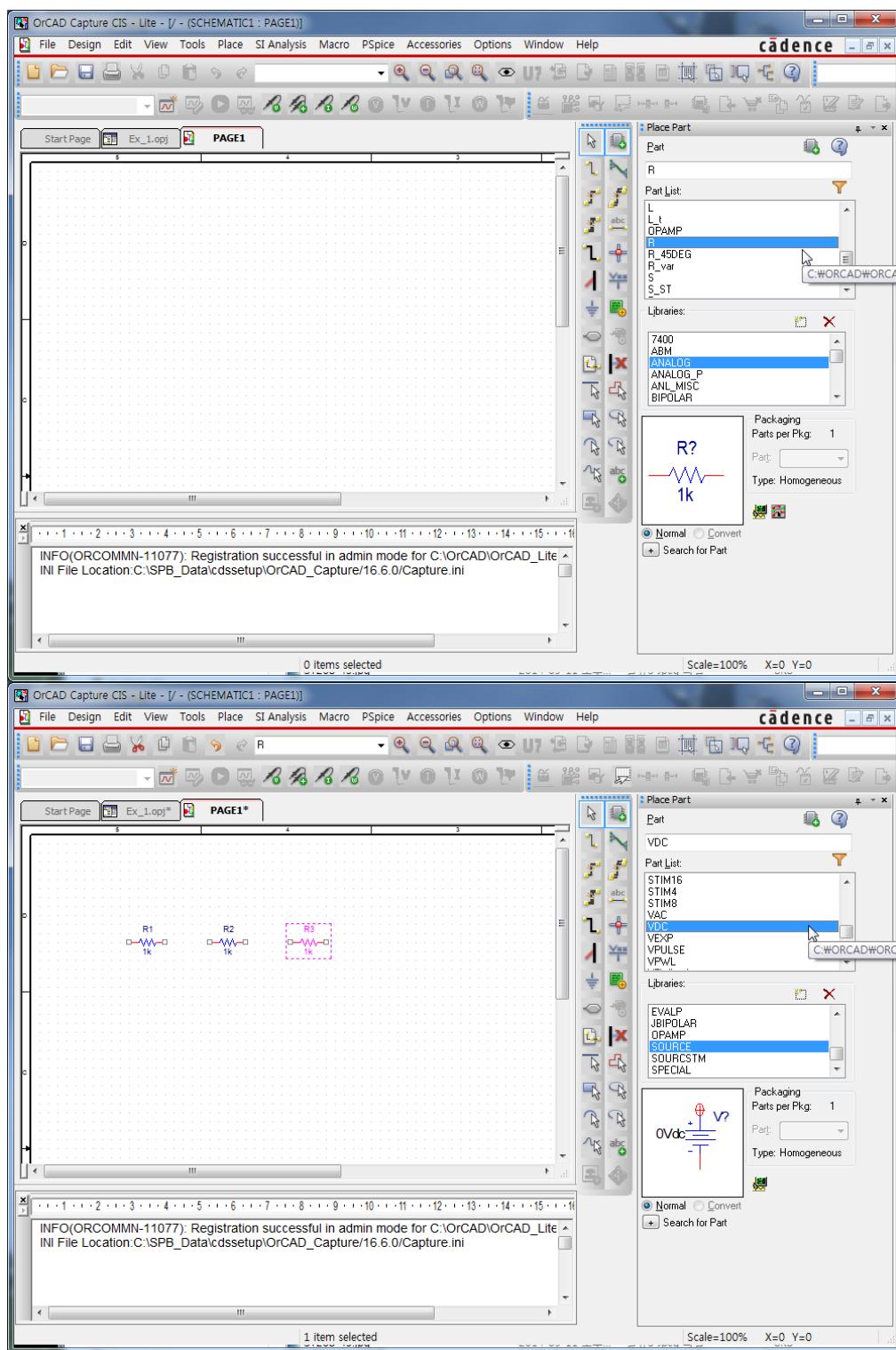
2.2.3 소자 선택

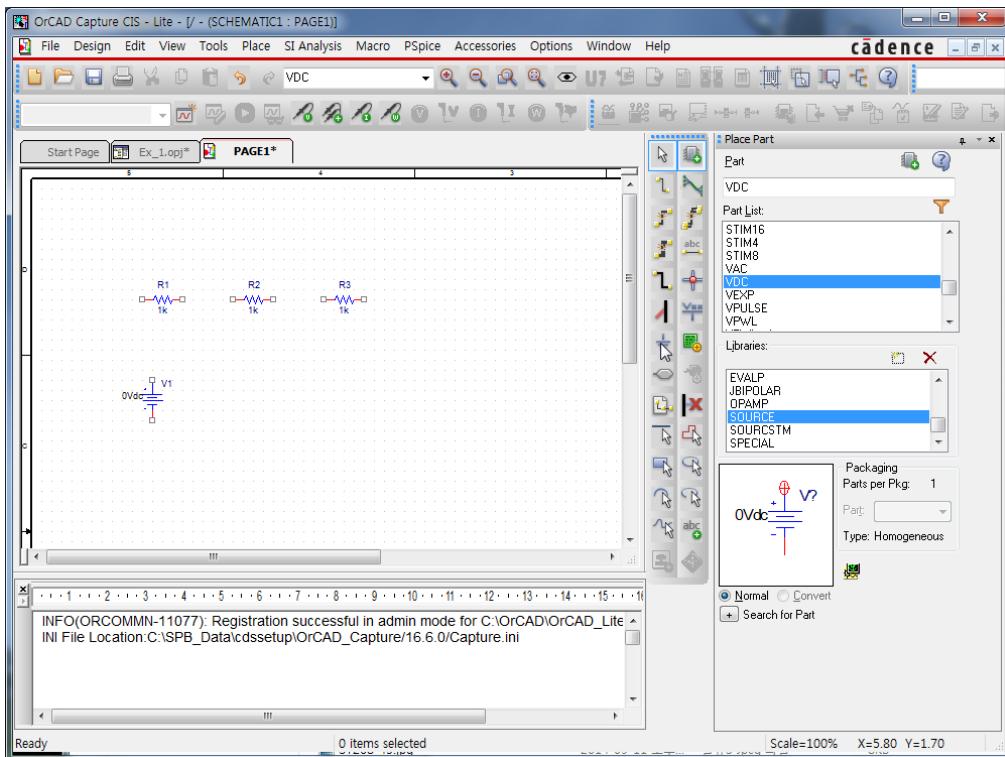
1) Place Part를 클릭한다.



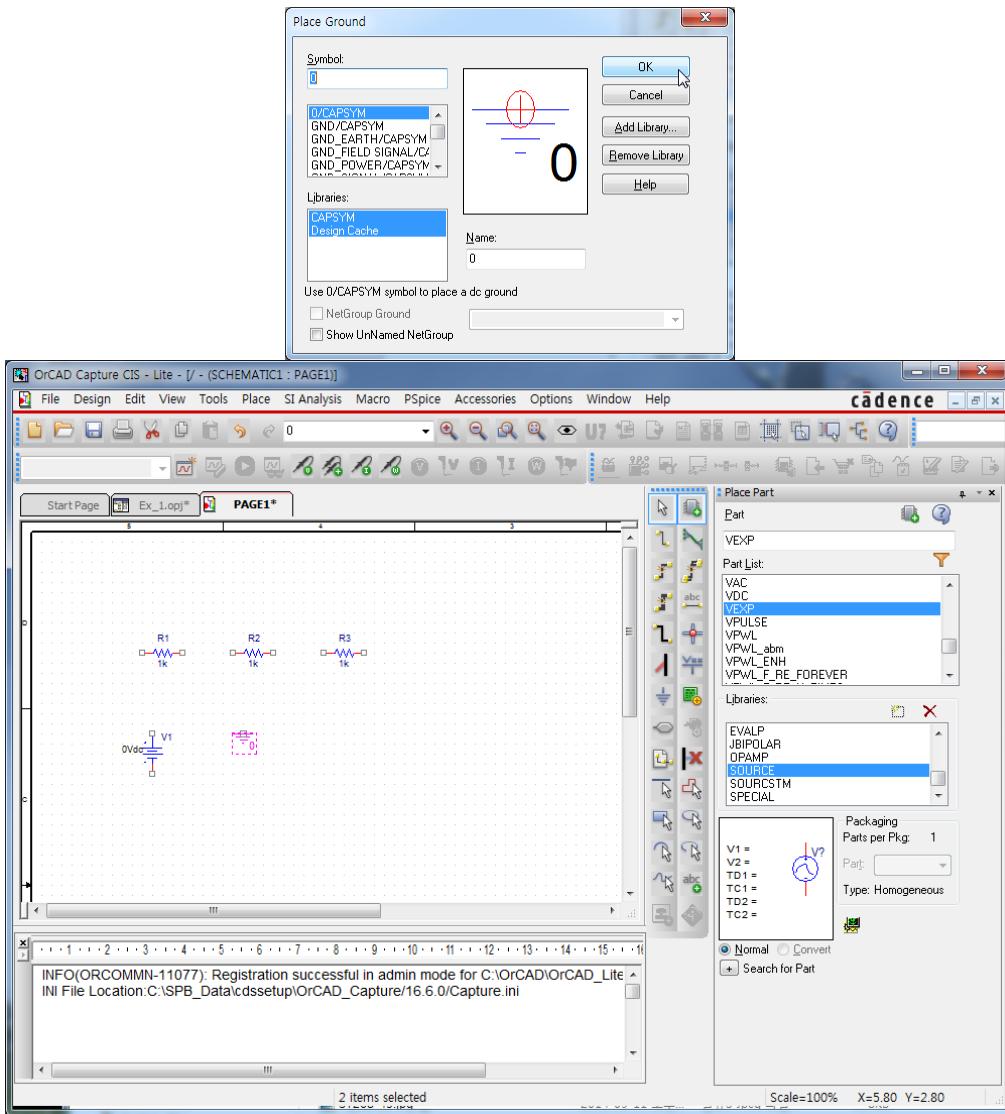
2) Library에서 원하는 라이브러리를 선택한 다음 Part Lists에서 원하는 부품을 더블 클릭하여 창에 놓는다.

- ✓ 직류 전원 : SOURCE – VDC
- ✓ 저항 : ANALOG – R



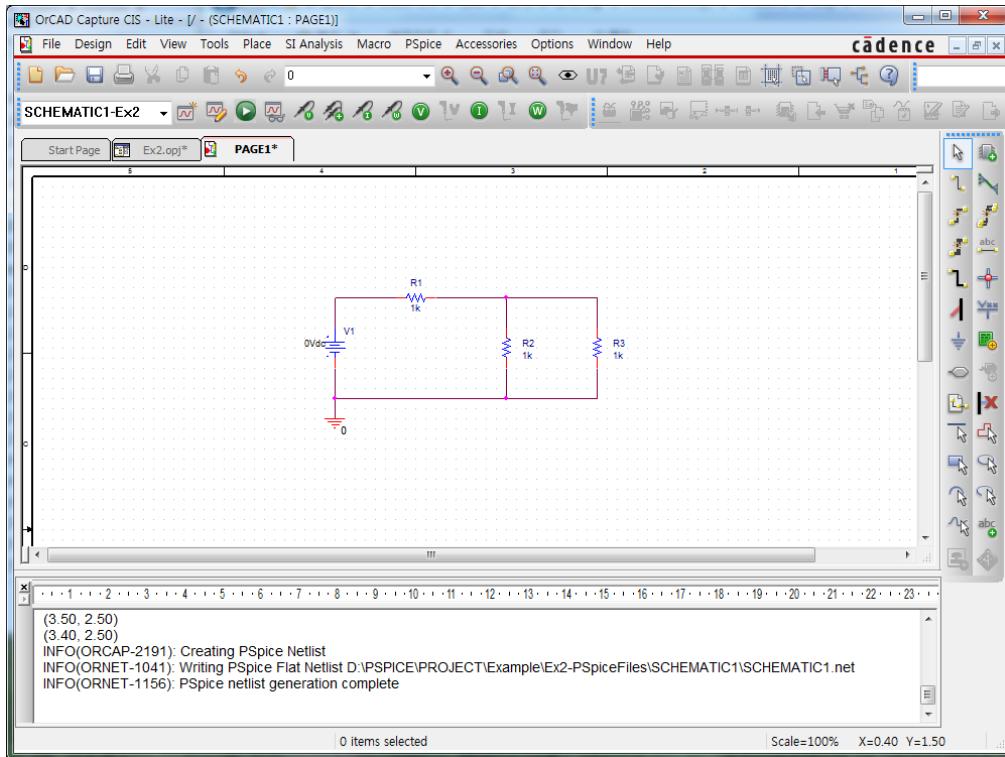


3) 접지를 선택한 후 적절한 위치에 놓는다. (반드시 0접지를 선택해야 함)



2.2.4 소자 배치 및 선 연결

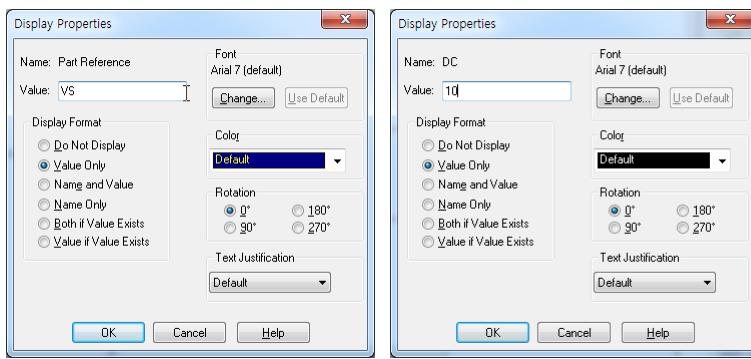
- 1) 소자들을 적절한 위치에 배치한다
- 2) 소자를 회전시키려면 소자를 선택한 후 r, 상하 반전은 v, 좌우 반전은 h를 누른다.
- 3) w를 누르고 소자 사이에 선을 연결한다. (Esc를 누르면 선 연결이 해제된다.)



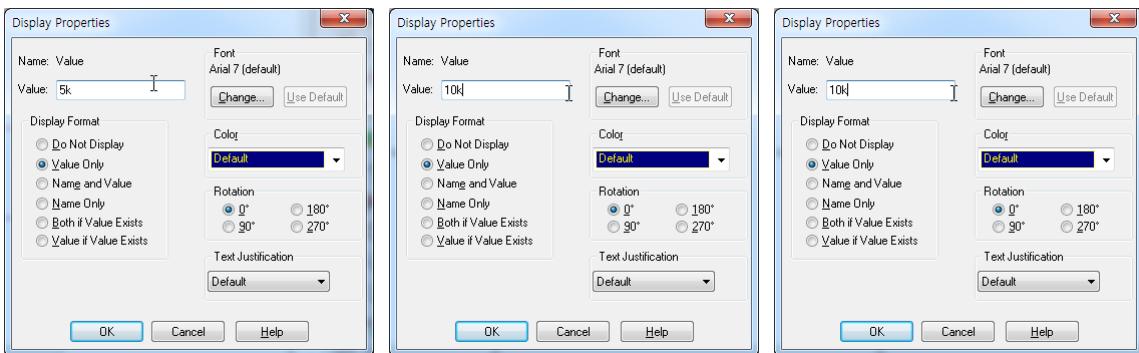
- 4) 소자와 선 전체를 마우스로 선택하여 적당한 위치로 옮길 수 있다. (마우스 클릭한 상태에서 화살표로 이동시킬 수도 있다.)

2.2.5 소자 기호 및 소자 값 변경

- 1) 소자는 소자 기호와 소자 값으로 표시된다. 소자 기호와 소자 값을 클릭하면 바꿀 수 있다. 또 소자 기호나 소자 값을 클릭한 후 드래그하여 적절한 위치로 이동시킬 수 있다.
- 2) V1 소자의 V1를 클릭한 후 팝업 창에 VS를 입력하고 OK 버튼을 클릭한 후, 0Vdc를 클릭한 후 팝업 창에 10을 입력하고 OK 버튼을 클릭한다. (소자 기호를 변경하면 기호에 밑줄이 그어진다.)



3) R1 소자의 저항 값을 클릭한 후 팝업 창에 5k를 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다. 마찬가지로 R2와 R3에 10k를 입력한다.



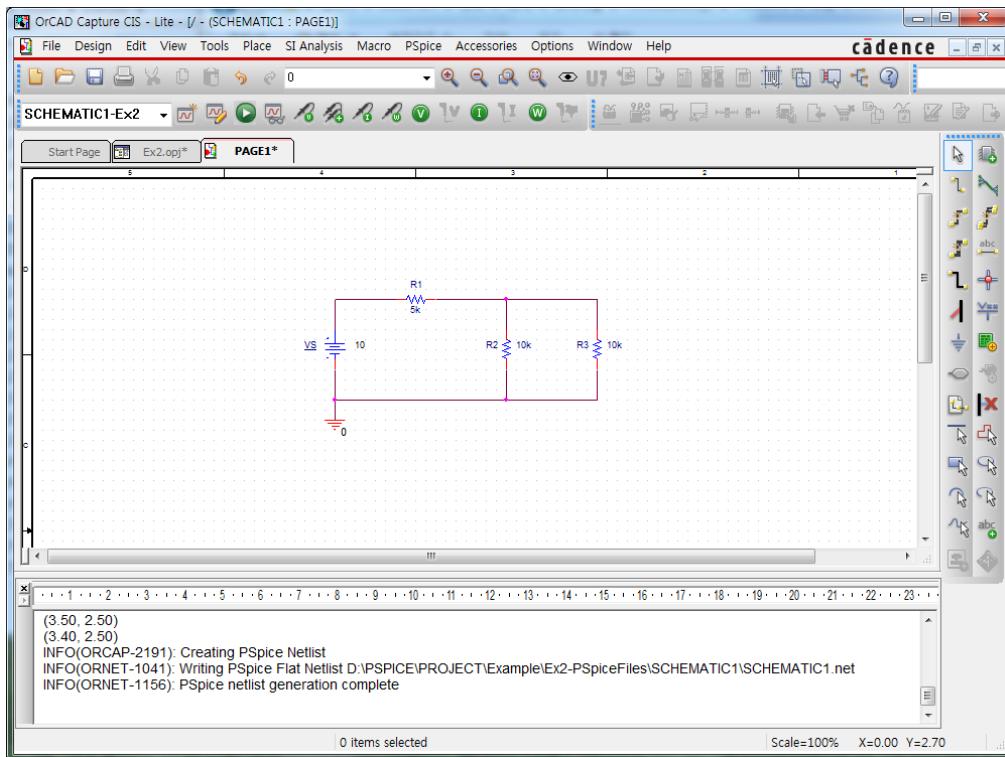
참고 :

- ✓ PSpice에서 사용하는 단위

symbol	f	p	n	u	m	k	meg	g	t
value	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^3	10^6	10^9	10^{12}

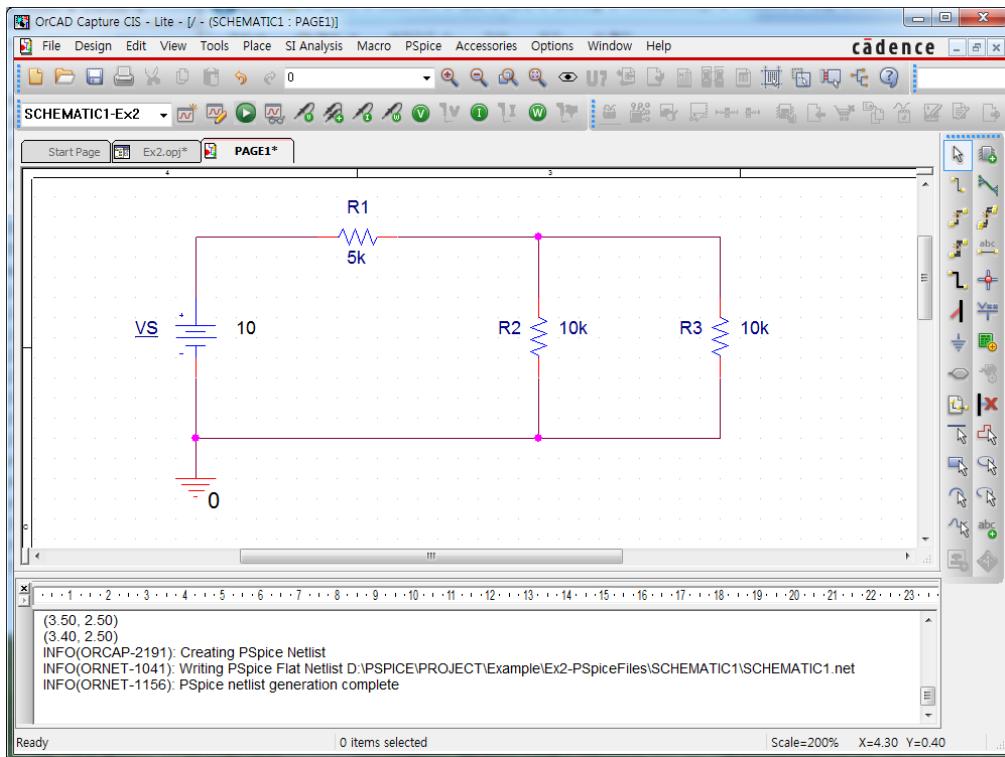
- ✓ 대소 문자 구분하지 않는다.
- ✓ 전압, 전류, 커패시터, 인터터의 단위 V, A, F, H는 사용하지 않는 것이 좋다. 특히 F(Farad)는 10^{-15} 으로 오인될 수 있다.

4) 완성된 회로도

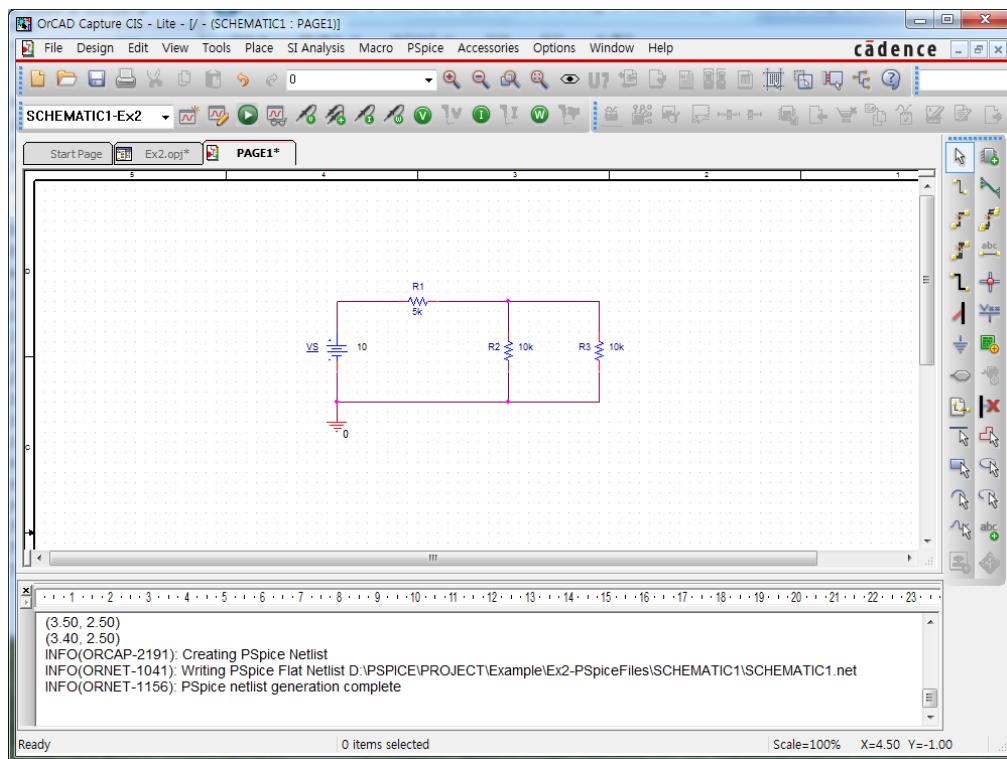


2.2.6 화면의 확대 및 축소

1) 확대 아이콘을 눌러 화면을 확대할 수 있다.



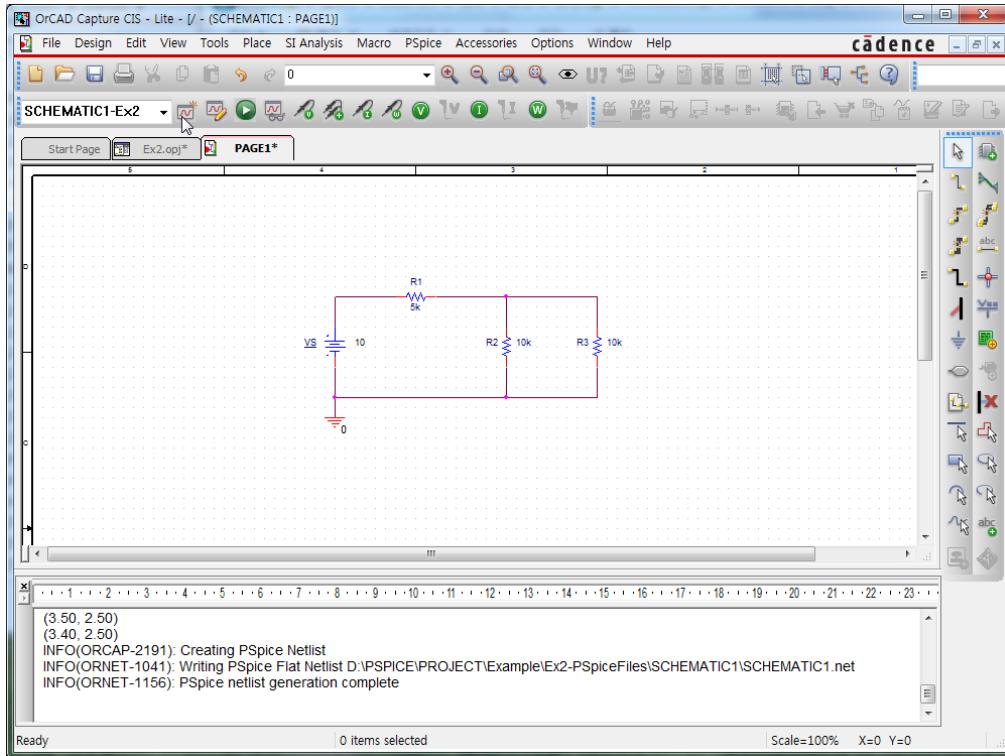
2) 축소 아이콘을 눌러 화면을 축소할 수 있다.



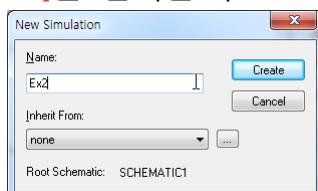
2.3 PSpice 실행하기

2.3.1 Simulation Profile 작성

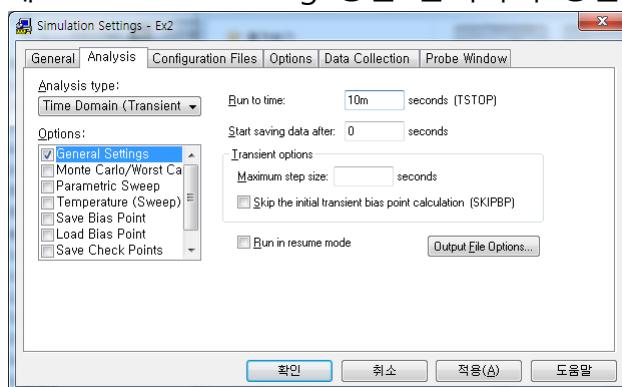
- 1) PSpice – New Simulation Profile 메뉴를 클릭한다. (아이콘 클릭도 가능)



- 2) 팝업 창의 Name에 이름 [Ex2]를 입력한 후 Create 버튼을 클릭한다.



- 3) 컴퓨터의 작업줄에 Simulation Setting 창을 클릭하여 창을 연다.



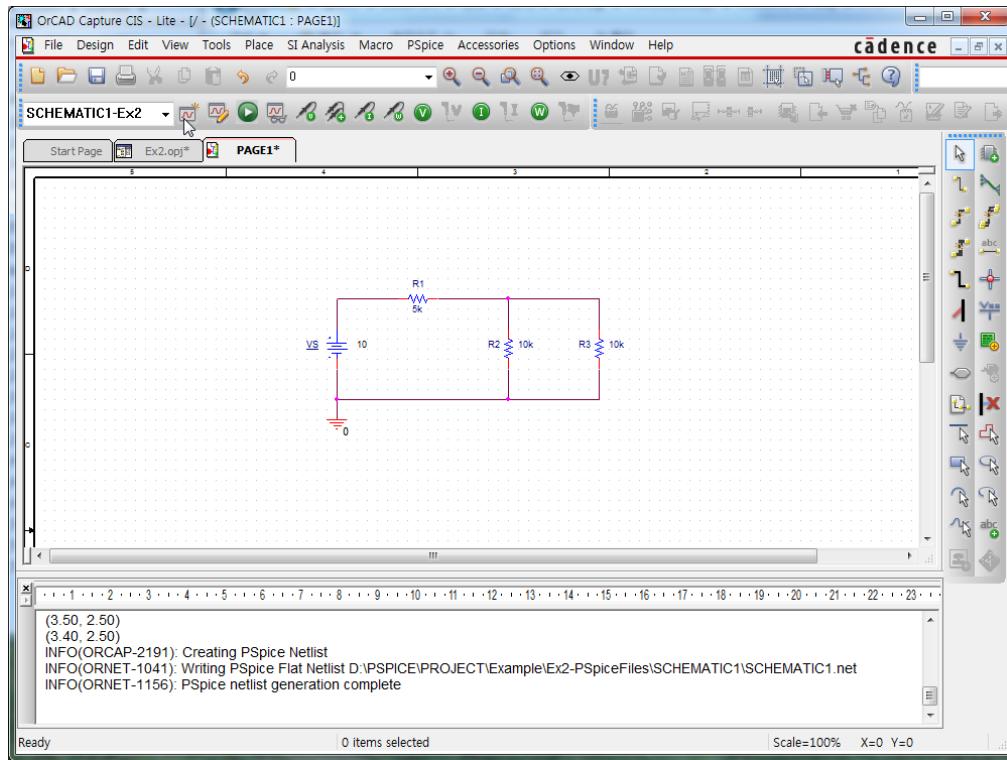
- 4) Analysis type에서 Time Domain (Transient)를 선택한다.

- 5) Run to time에 적당한 시간을 입력한다.

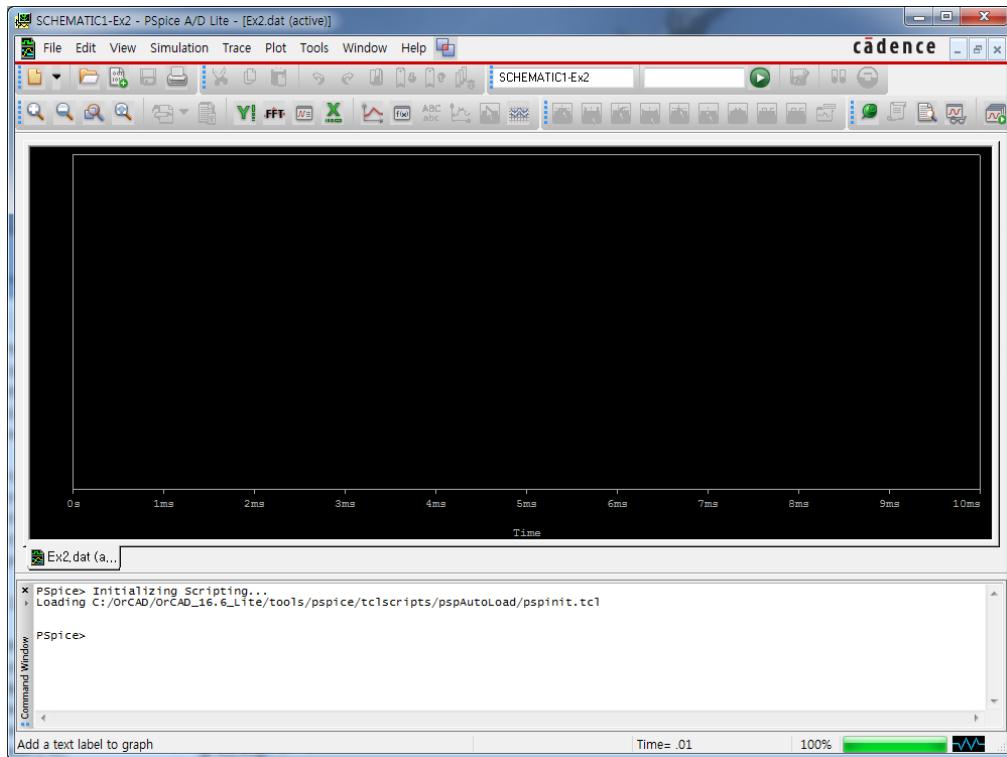
- 6) 확인 버튼을 클릭한다.

2.3.2 PSpice 실행

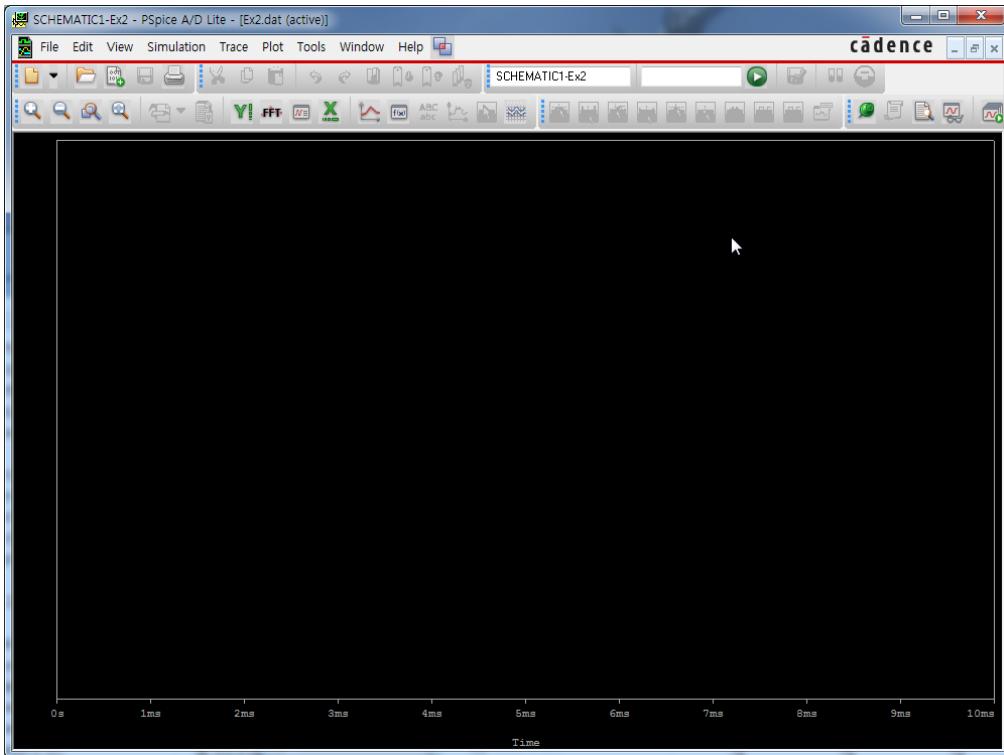
1) Pspice - Run 메뉴를 클릭한다. (아이콘 클릭도 가능)



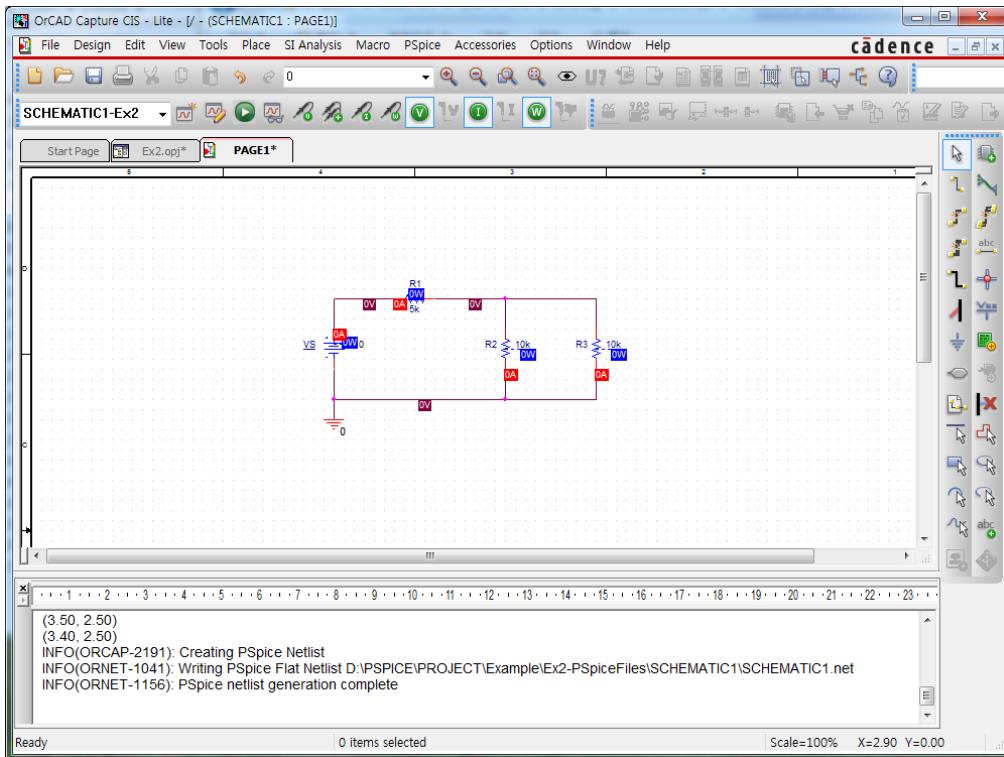
2) 컴퓨터의 작업 줄에서 SCHEMATIC... 버튼을 클릭하면 파형을 보여주는 창을 열 수 있다.)



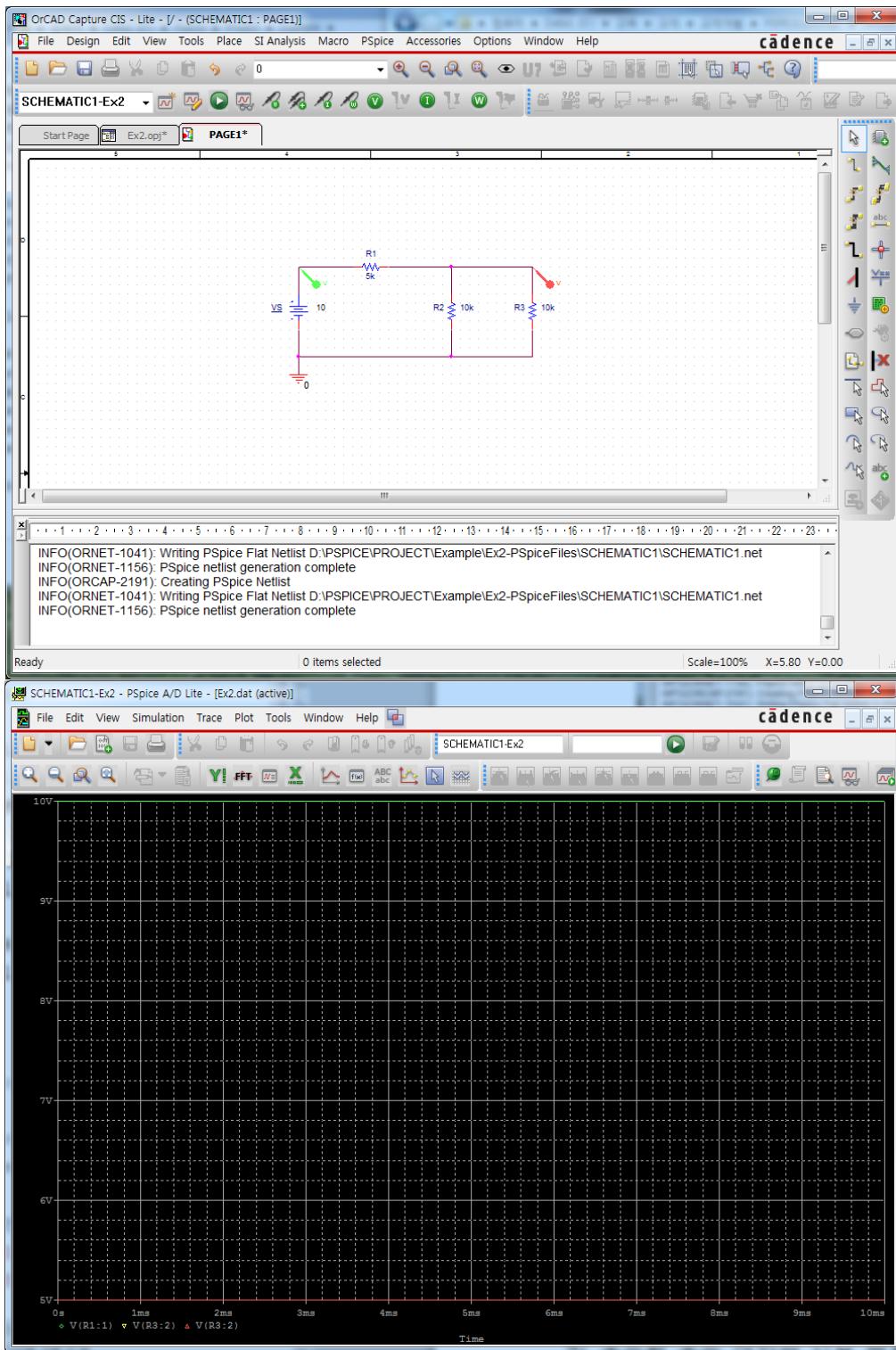
3) 메뉴 View – Command Window, Status Bar, Workbook Mode을 해제하면 더 넓은 화면을 볼 수 있다.



- 4) V 아이콘, I 아이콘, W 아이콘을 클릭하면 각 노드의 전압, 소자에 흐르는 전소자가 소모하는 전력을 표시하고 지울 수 있다.



- 3) 전압 프로브를 원하는 노드에 연결하면 전압 파형을 관찰할 수 있다.

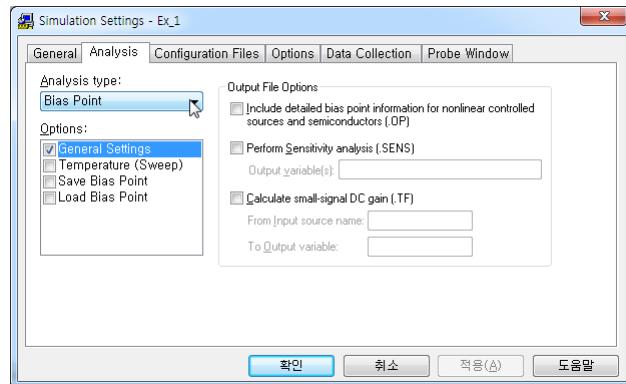


4) 노드와 노드 사이의 전압 파형도 관찰할 수 있다.

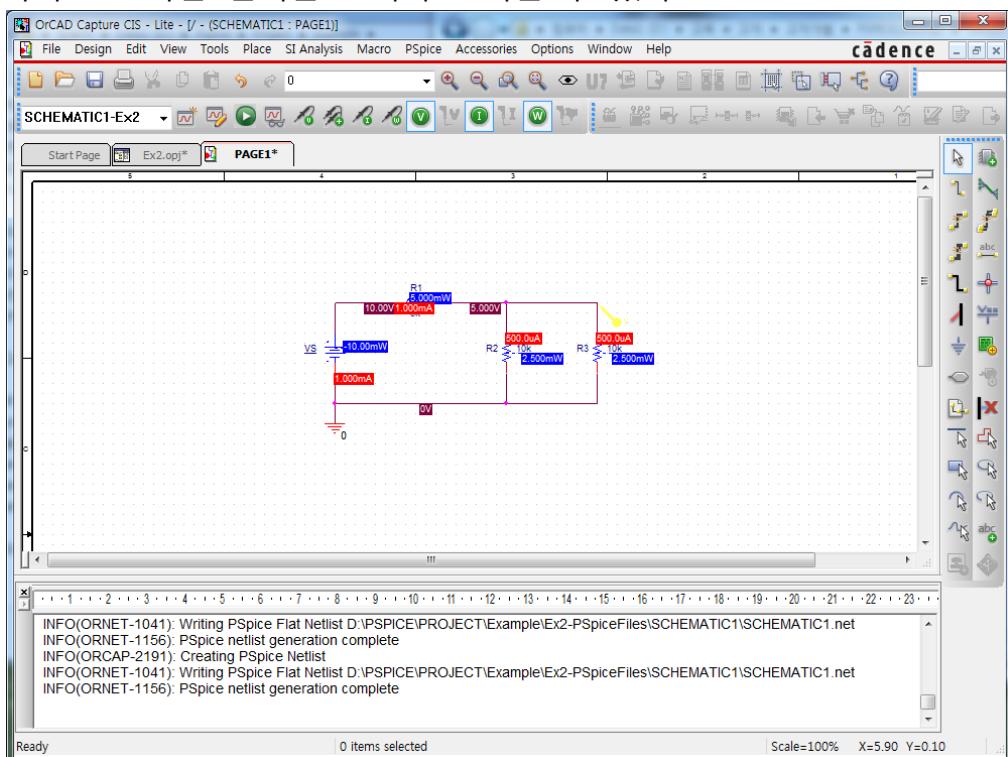
2.3.3 Simulation Setting 변경

- 1) 주어진 회로는 직류 전압과 저항만 있는 회로로 과도 상태가 필요 없는 회로이기 때문에 Simulation Setting을 바꿀 수 있다.
- 2) PSpice – Edit Simulation Profile 메뉴를 클릭하여 Simulation Setting 창을 연다.
(아이콘 클릭도 가능)

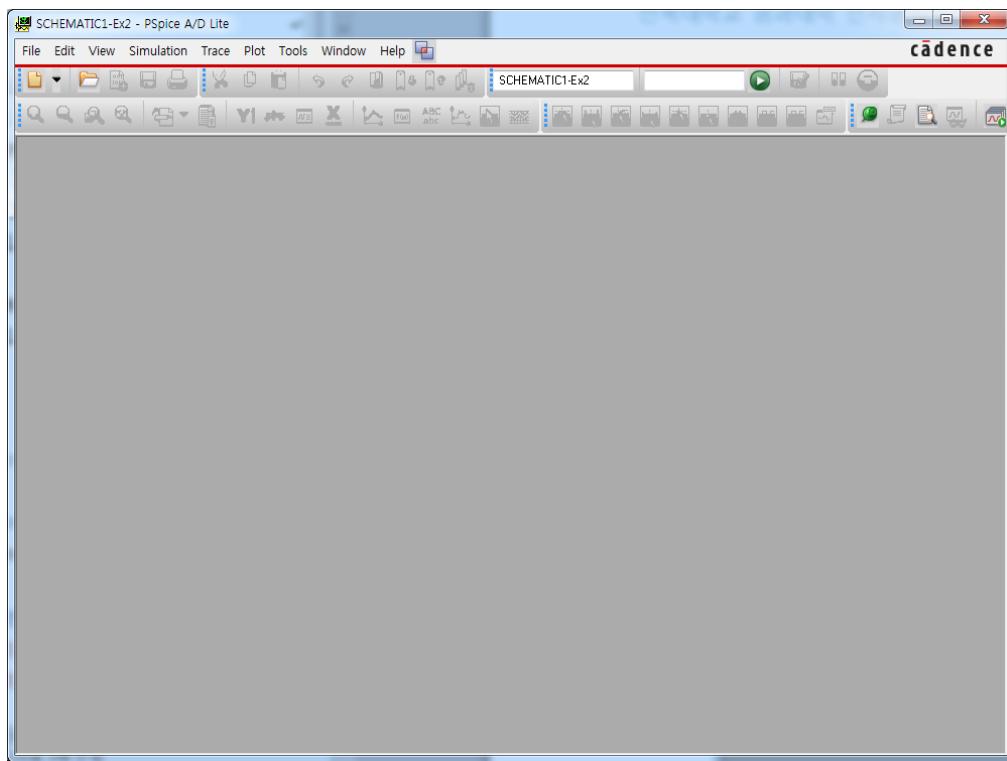
3) Analysis type에서 Bias Point를 선택하고 확인 버튼을 클릭한다.



4) V 아이콘, I 아이콘, W 아이콘을 클릭하면 각 노드의 전압, 소자에 흐르는 전소자가 소모하는 전력을 표시하고 지울 수 있다.

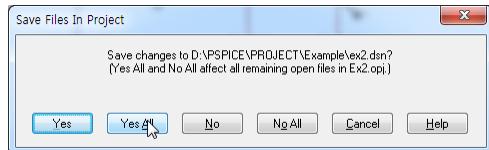


5) 당연히 파형을 보여주는 창에는 아무 것도 없다.



2.4 PSpice 종료하기

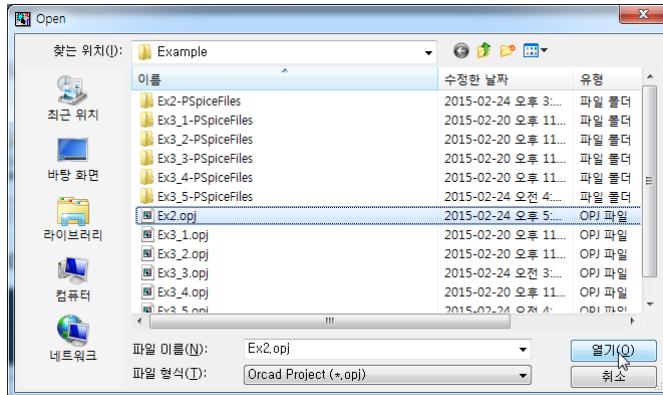
- 1) File – Exit 메뉴를 클릭한다.



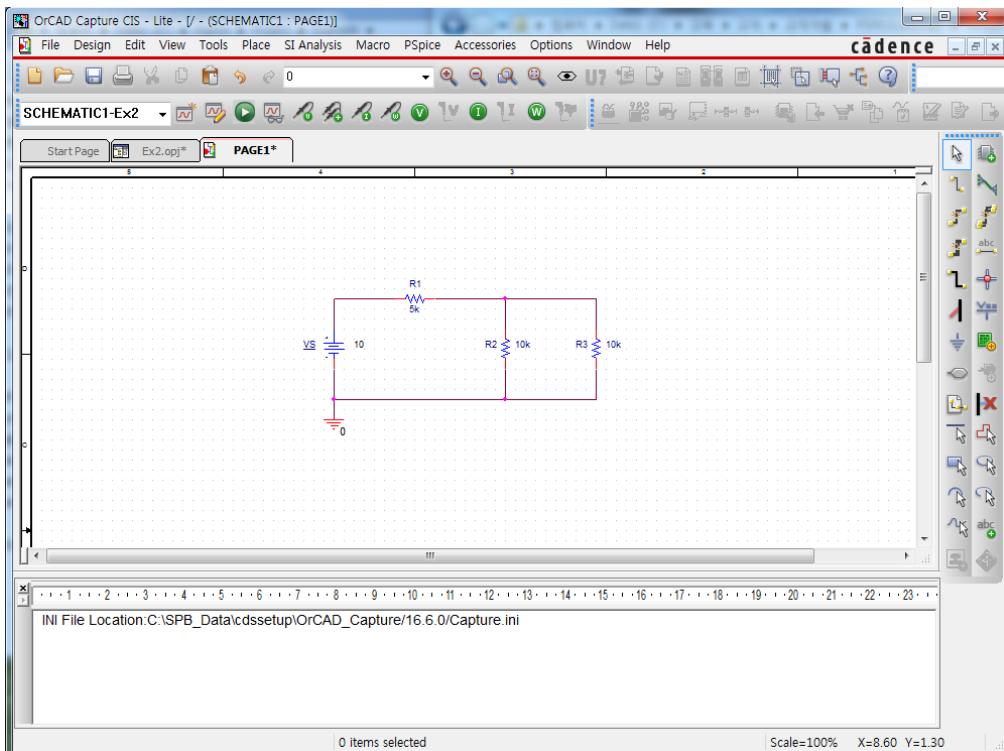
- 2) 모든 파일을 저장하기 위해 Yes All 버튼을 클릭하면 PSpice가 종료된다.

2.5 프로젝트 불러오기

- 1) OrCAD Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – Open 메뉴를 클릭한다. (Open 아이콘 클릭 가능)



- 3) Open 창에서 원하는 프로젝트를 선택하고 열기 버튼을 클릭한다. (확장자가 obj인 파일을 선택해야 한다.)

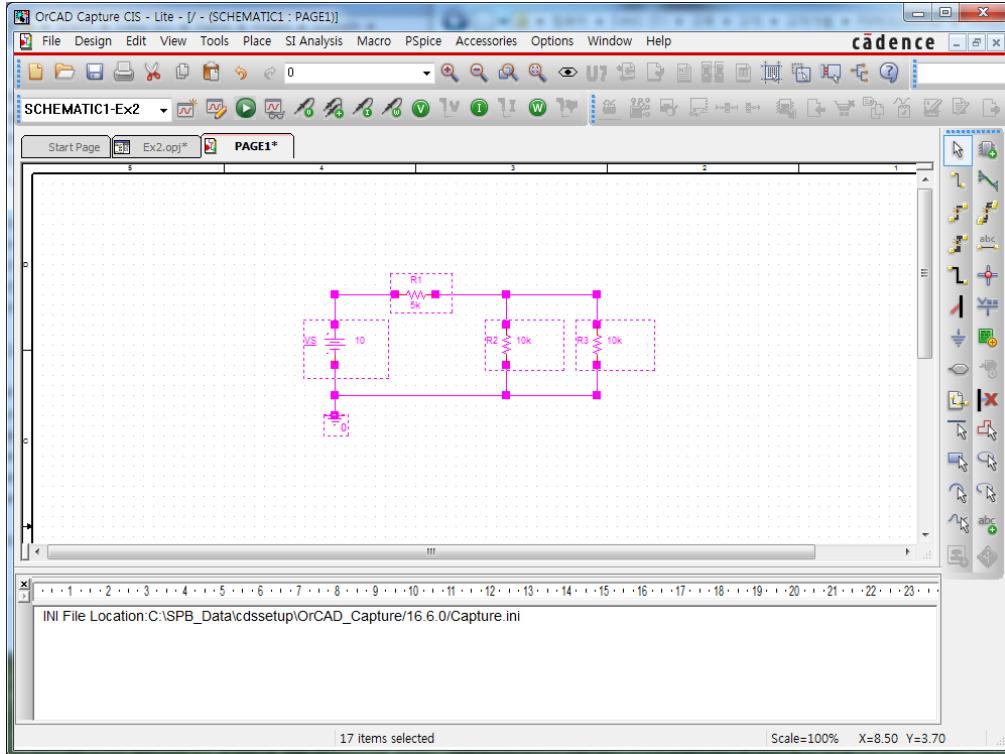


참고 : 탐색기에서 원하는 프로젝트(확장자가 obj인 파일)를 선택하고 더블 클릭해도 프로젝트가 실행된다.

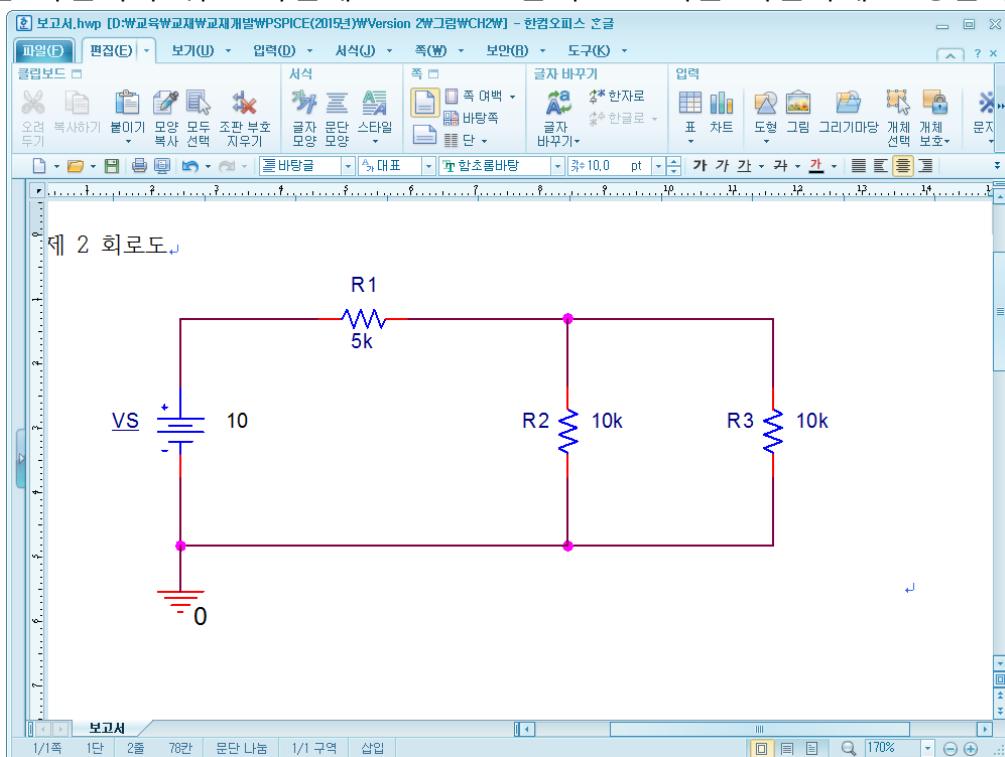
2.6 보고서에 그림 붙이기

2.6.1 회로도 붙이기

1) 회로를 마우스로 드래그하여 선택한 후 Cont-C로 복사한다.

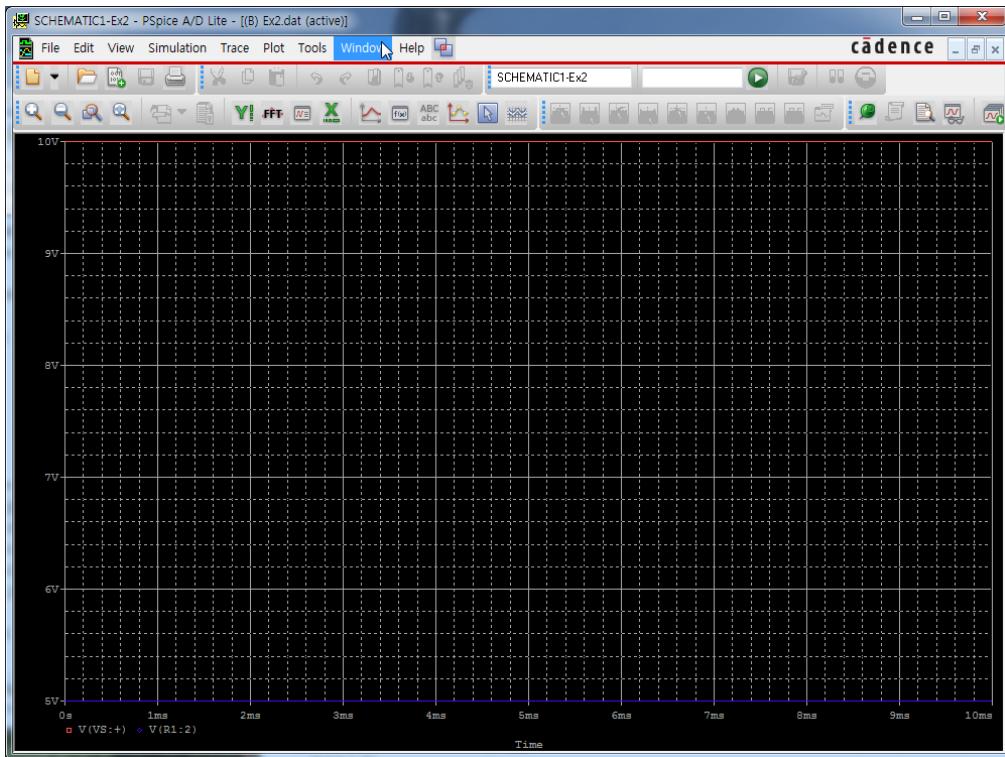


2) 한글 파일이나 워드 파일에 Cont-V로 붙이고 크기를 적절하게 조정한다.

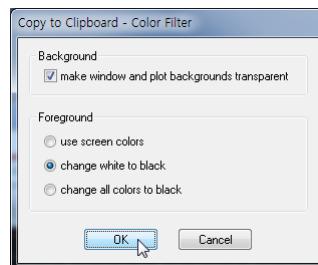


2.6.2 параллельное подключение

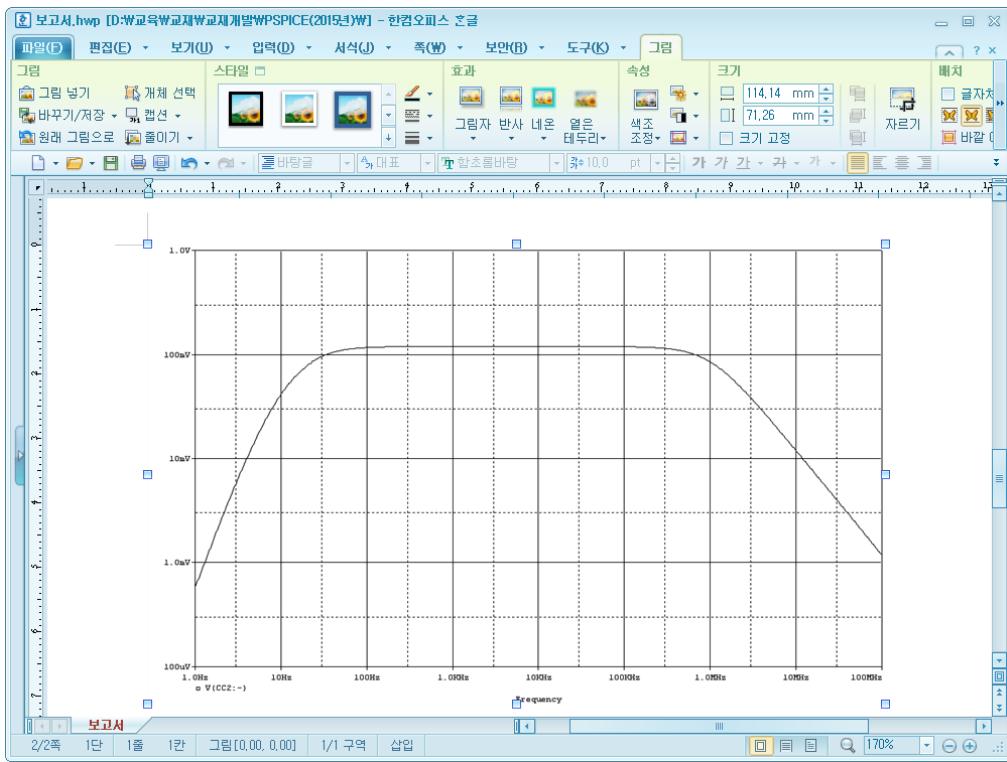
- 1) 파형 창에서 메뉴 Window – Copy to Clipboard...를 클릭한다.



- 2) 팝업 창에서 Back ground와 Foreground의 속성을 선택하고 OK 버튼을 클릭한다.



- 2) 한글 파일이나 워드 파일에 Cont-V로 붙이고 크기를 적절하게 조정한다. (옵션 선택 결과 흑백으로 변환되어 그래프가 눈금과 구분이 안 되어 예제 3.4의 파형을 복사하여 붙인다.)

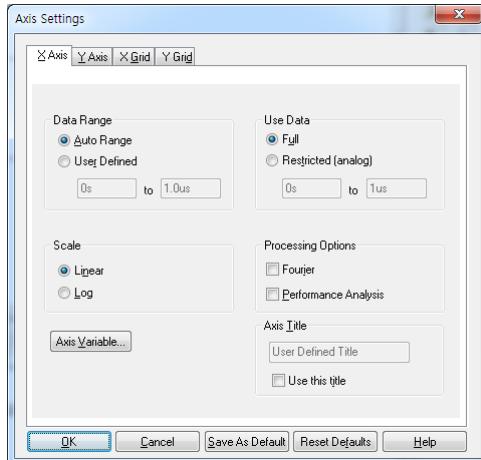


2.6.3 파형 수정 및 붙이기

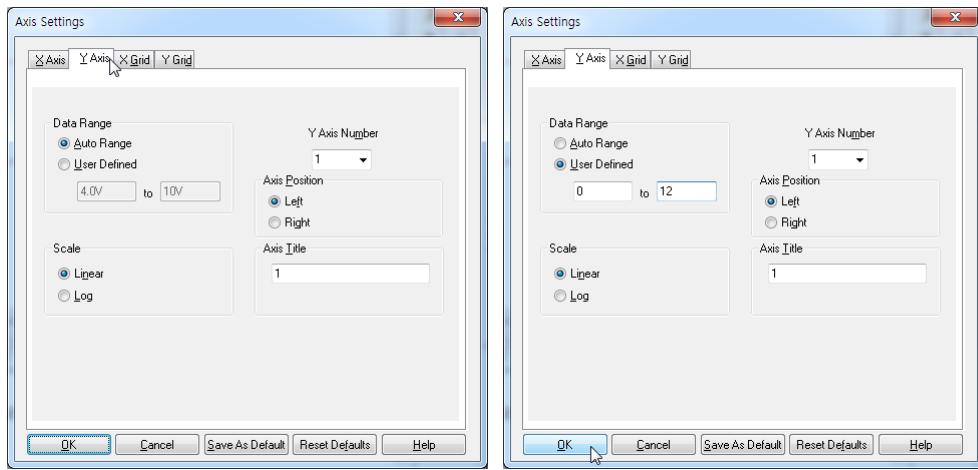
2.6.2 절의 파형 붙이기가 마음에 들지 않을 때에는 파형을 임의로 수정하여 붙일 수 있다. 파형 창은 바탕색, 좌표 축, 그래프 속성 등을 수정할 수 있다.

1) 좌표 축 수정

- ✓ 메뉴 Plot – Axis Setting을 클릭한다.



- ✓ Y Axis 탭을 클릭한 후, Data Range에서 User Defined를 체크하고 Y 축의 범위를 입력하고 OK 버튼을 클릭한다.

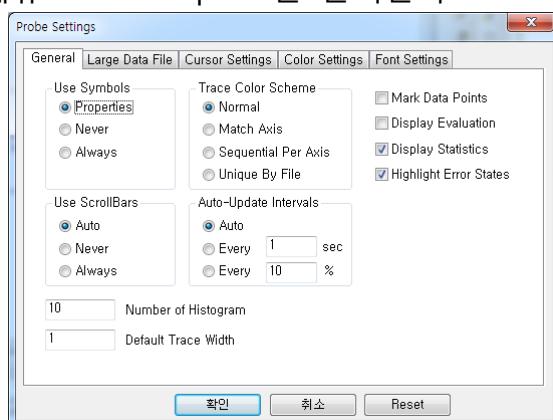


- ✓ 파형 창의 Y 축 범위가 변함을 알 수 있다.

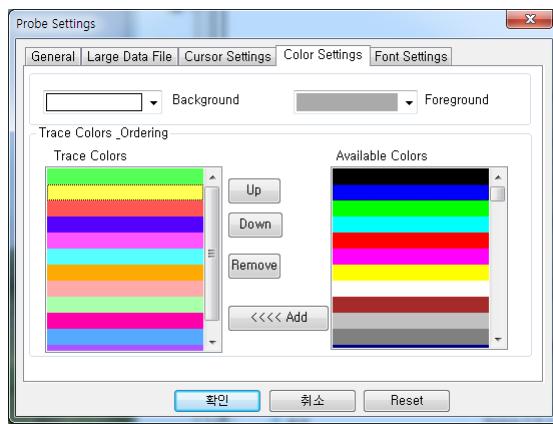


2) 바탕 색 설정

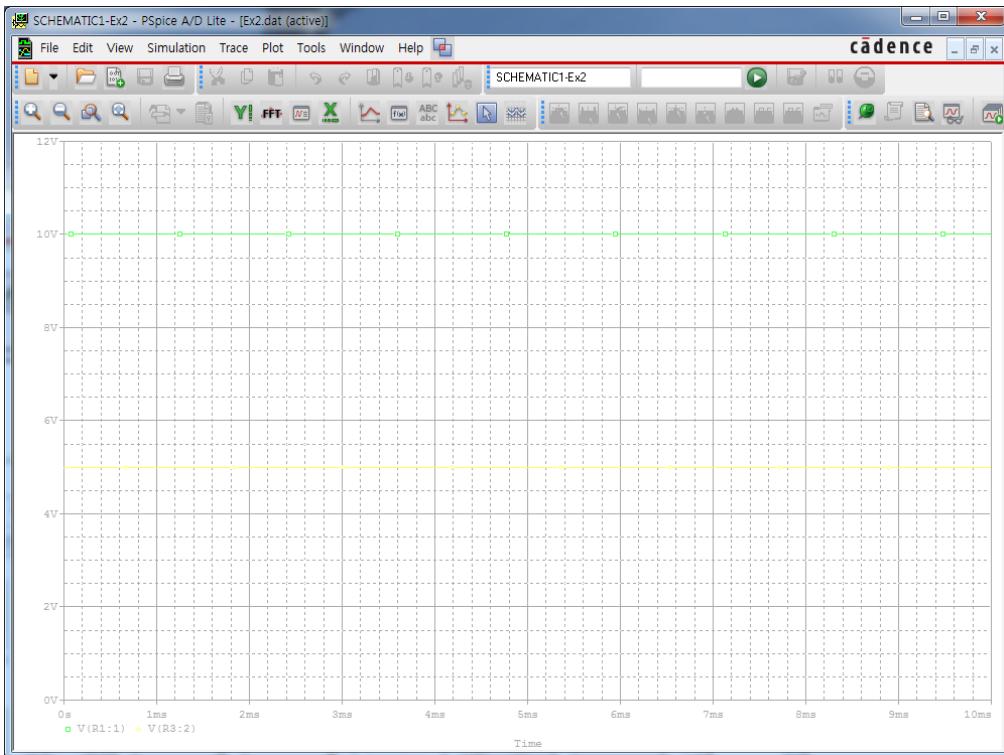
- ✓ 파형 창을 그대로 캡쳐하면 바탕이 검은 색이므로 토너가 많이 소모된다.
- ✓ 파형 창에서 메뉴 Tools – Option을 클릭한다.



- ✓ Color Setting 탭을 클릭한다.

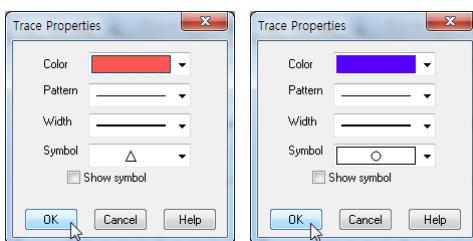


- ✓ Background에 흰색, Foreground에 회색을 선택한다. (Foreground는 좌표축과 눈금 색이다.)

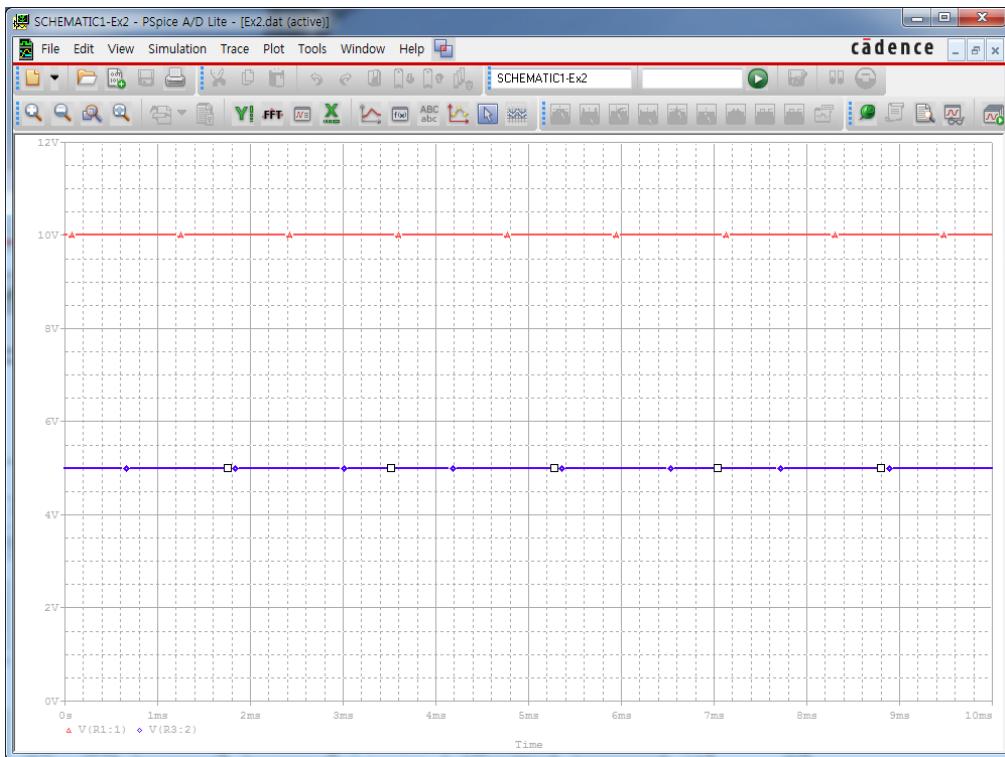


3) 그래프 속성 설정

- ✓ 그래프의 색과 두께를 수정할 수 있다. 그래프에 마우스를 대고 우측 버튼을 클릭하여 Trace Property를 선택한 후 Color, Pattern, Width, Symbol을 적당히 선택한다.



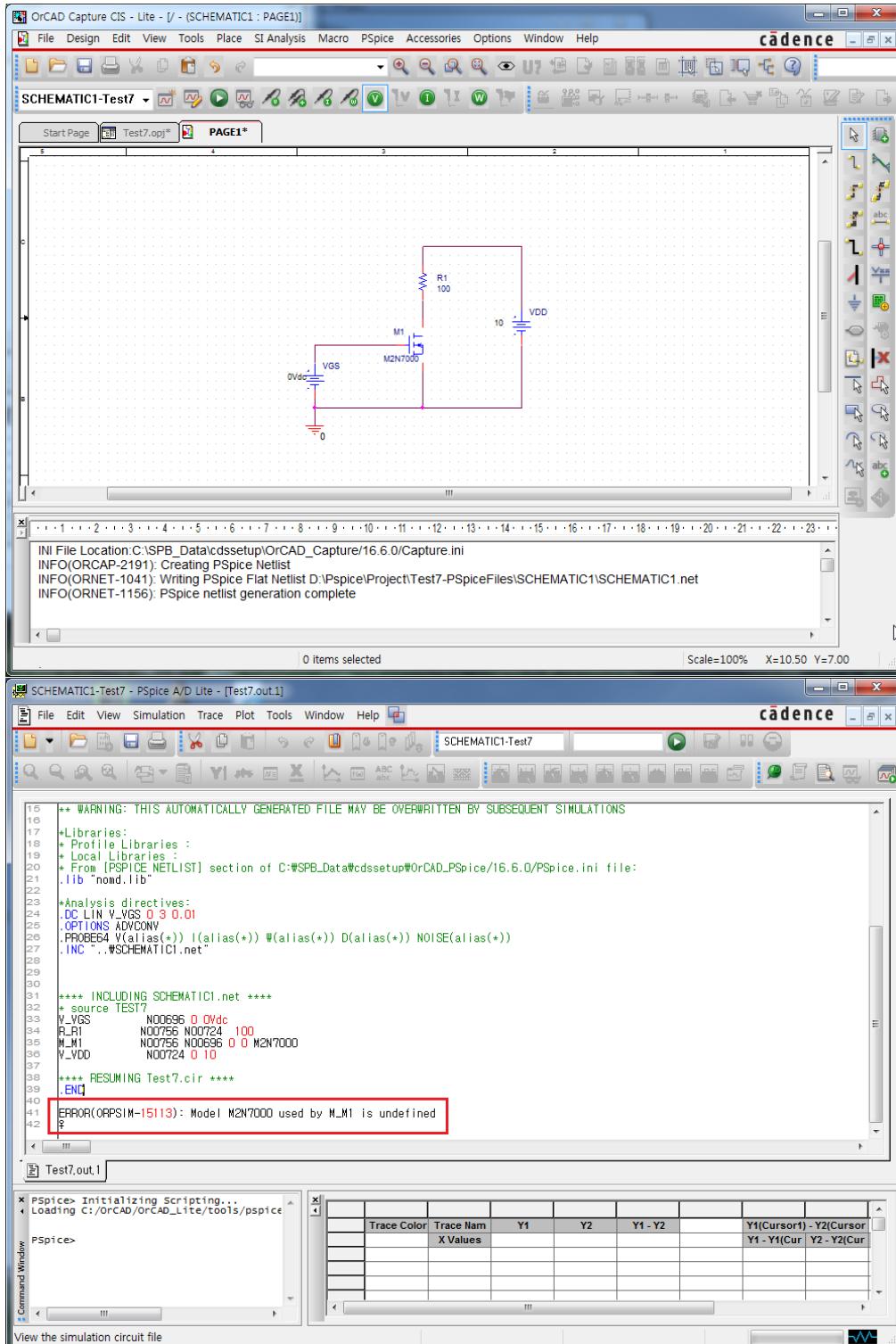
- ✓ 수정한 그래프를 볼 수 있다.



- 4) 파형 창에서 메뉴 Tools – Options...를 누른 후 Probe Setting 창에서 Reset 버튼을 클릭하면 원래대로 되돌아 갈 수 있다.
- 5) 창을 캡쳐하여 보고서에 붙인다.

2.7 소자 library 미등록 에러

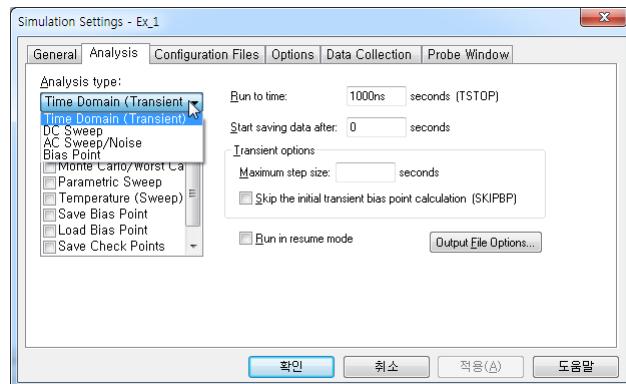
- 1) PSpice 실행 시 많이 발생하는 에러는 사용하는 소자의 library가 등록되지 않을 때이다. 아래 회로도에서 MOSFET 소자인 2N7000을 등록하지 않고 실행했을 때 SCHEMATIC 창에 파형 대신 에러 문장이 표시된다.



- 2) 위와 같은 에러 문장이 보이면 3.2.3 절의 7)~10)의 과정에 따라 소자의 library를 등록해야 한다.

3. 예제

PSpice는 4 가지의 해석 형태를 할 수 있다. Simulation Setting 창을 열면 Analysis type에 4 가지 형태를 볼 수 있다.



- ✓ Time Domain (Transient) 해석 : 시간에 따라 파형이 어떻게 변하는가(과도 상태)를 볼 수 있다. (가로 축이 시간으로 과도 상태의 파형을 볼 수 있다.)
- ✓ DC Sweep 해석 : 직류 전압이 증가함에 따라 어떤 변화가 생기는지 알 수 있다. (가로 축이 직류 전압으로 다이오드 회로에서 입력/출력 관계 그래프를 보고 싶을 때 사용한다.)
- ✓ AC Sweep/Noise 해석 : 입력에 사인파가 가해질 경우 주파수가 증가함에 따라 어떤 변화가 생기는지 알 수 있다. (가로 축이 주파수로 증폭기의 주파수 특성 같은 그래프를 보고 싶을 때 사용한다.)
- ✓ Bias Point 해석 : 직류 전압에 대한 정상 상태의 값을 알고 싶을 때 사용한다.

이와 별도로 Bias Point 외 3가지 해석에서 옵션으로 Parametric Sweep 해석을 추가할 수 있으며, DC Sweep 해석에서 Secondary Sweep나 Temperature (Sweep)를 추가할 수 있다. Parametric Sweep 해석은 소자값을 변화시킬 때 회로의 특성이 어떻게 변화하는지 살펴보고자 할 때 유용하고, Secondary Sweep는 소자의 특성 같은 여러 전압값에 따른 소자의 특성 그래프를 그릴 때 유용하며, Temperature (Sweep)는 소자의 특성이 온도에 따라 어떻게 변화하는지 알고 싶을 때 유용하다.

여러 가지 해석 형태를 알기 위해 다음과 같은 7개의 예제를 공부한다.

예제 3.1 RC 회로 해석 – Time Domain (Transient) 해석

예제 3.2 다이오드 회로의 입출력 특성 – DC Sweep 해석

예제 3.3 증폭기의 직류 및 교류 해석 – Time Domain 해석, Bias Point 해석

예제 3.4 증폭기의 주파수 특성 – AC Sweep/Noise 해석

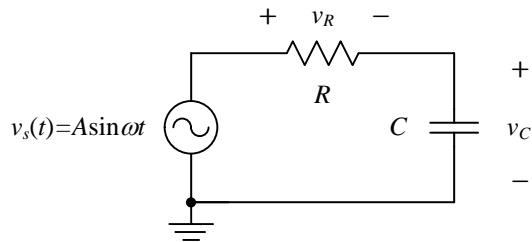
예제 3.5 정류 회로 특성 – Parametric Sweep 해석

예제 3.6 FET 소자의 특성 – Secondary Sweep 해석

예제 3.7 다이오드의 온도 특성 – Temperature (Sweep) 해석

3.1 RC 회로 해석

다음과 같은 RC 회로에 입력에 사인파가 가해질 때 저항 R 과 커패시터 C 에 걸리는 파형을 관찰하고자 한다. $v_s(t)$, $v_R(t)$, $v_C(t)$ 의 파형을 관찰하라. 여기서 $R = 1\text{k}\Omega$, $C = 1\mu\text{F}$ 이고, 입력에 가해지는 신호는 크기가 10이고 주파수가 1kHz인 사인파이다.



3.1.1 프로그램 실행

- 1) Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다
- 3) 적절한 폴더 [D:\\$PSpice\\$Project\\$Example]를 선택하고 프로젝트 이름 [Ex3_1]을 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다.

참고 :

- ✓ PC Board Wizard : PCB (Printed circuit board: 인쇄 회로 기판) 설계 시 사용
 - ✓ Programmable Logic Wizard : PLD (Programmable Logic Device) 관련 설계 시 사용
 - ✓ Schematic : 위에 해당 사항 없는 회로 설계 시 사용
- 4) Create a blank project를 체크하고 OK 버튼을 클릭한다.

3.1.2 소자 배치 및 소자 값 변경

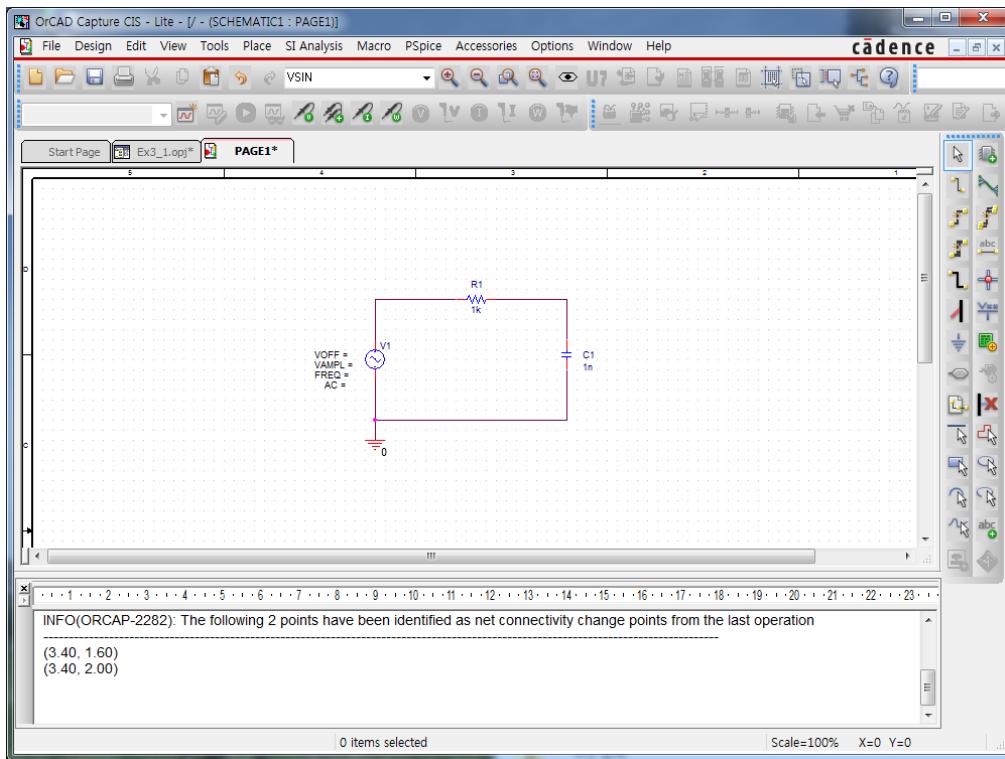
- 1) Libeary에서 소자를 불러 온 후 적절히 배치하고 선을 연결한다.

사인파 : SOURCE – VSIN

저항 : ANALOG – R

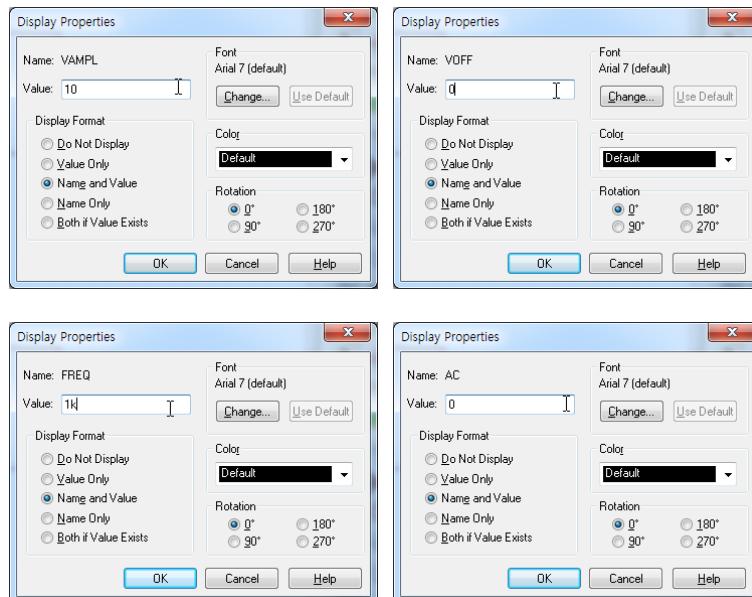
커패시터 : ANALOG – C

접지 : Place Ground – 0/CAPSYM

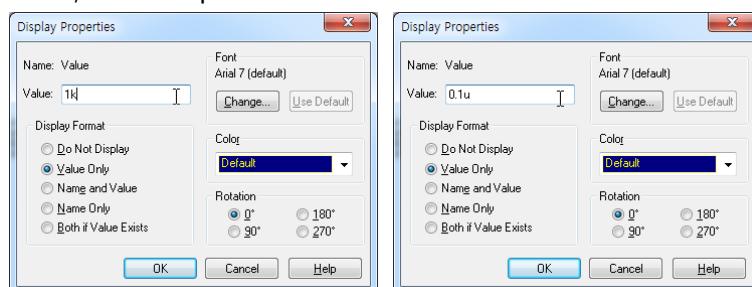


2) 소자의 변수 값을 더블 클릭한 후 팝업 창에 소자의 변수 값을 입력한다. (소자의 값을 클릭해야 한다.)

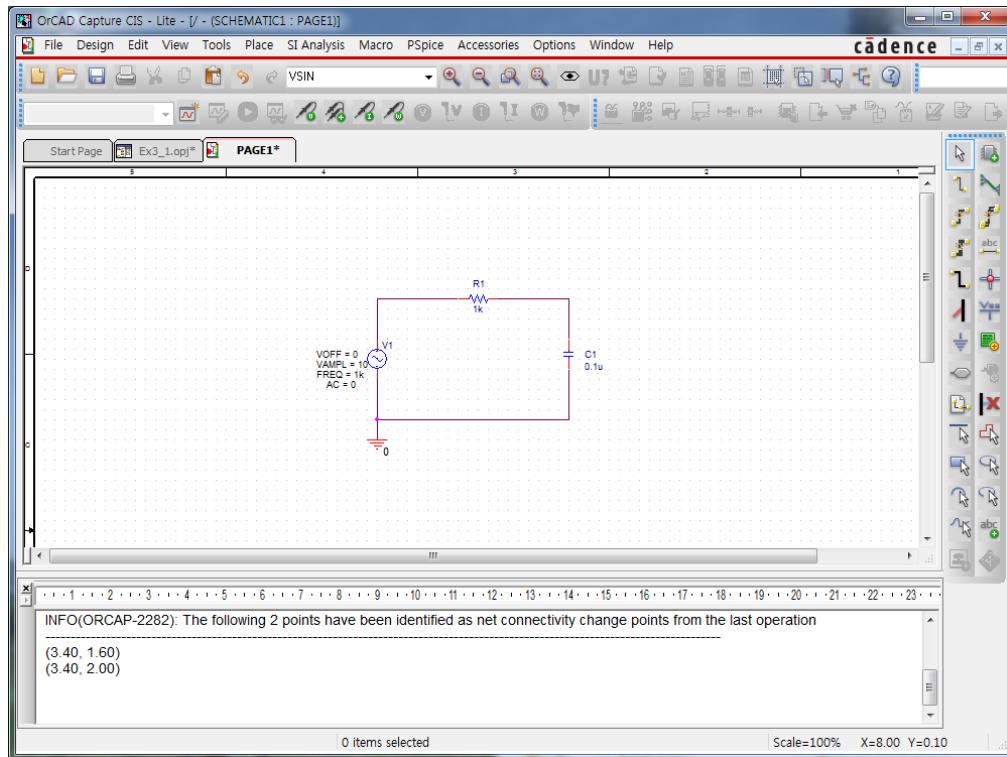
- ✓ v1 소자 : VOFF=0, VAMPL=10, FREQ=1k, VAC=0



- ✓ R1 소자 : 1k, C1 소자 : 0.1u

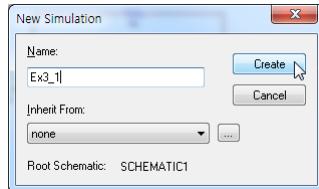


3) 최종 회로도

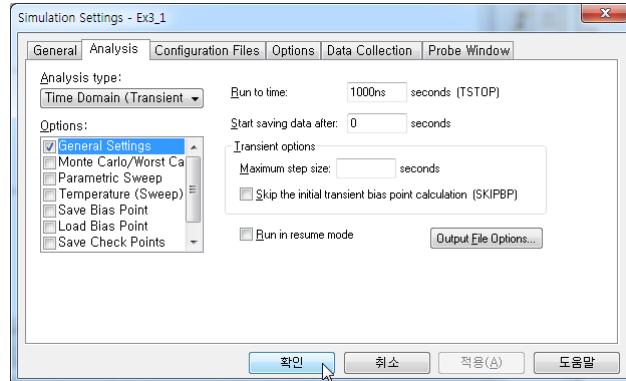


3.1.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

- 1) PSpice – New Simulation Profile 메뉴를 클릭한다.
- 2) 팝업 창의 Name에 적당한 이름을 입력하고 Create 버튼을 클릭한다.

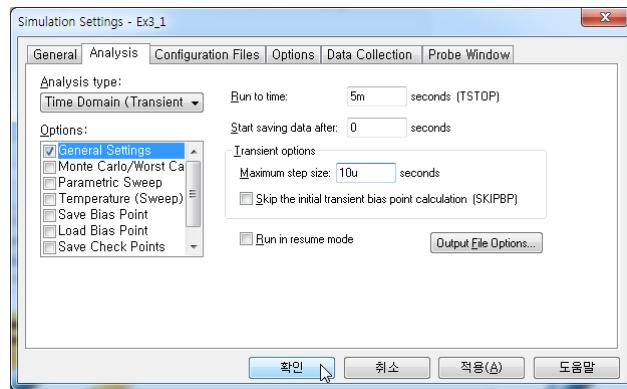


- 3) 컴퓨터의 작업 줄에 Simulation Setting 창을 클릭하여 창을 연다.
- 4) Analysis type에서 Time Domain (Transient)를 선택한다.



- 5) Run to time에 5m을 입력한다. (사인파의 주파수가 1kHz이므로 주기는 1ms가 된다. 5 주기를 나타내기 위해 5m을 입력했다.)

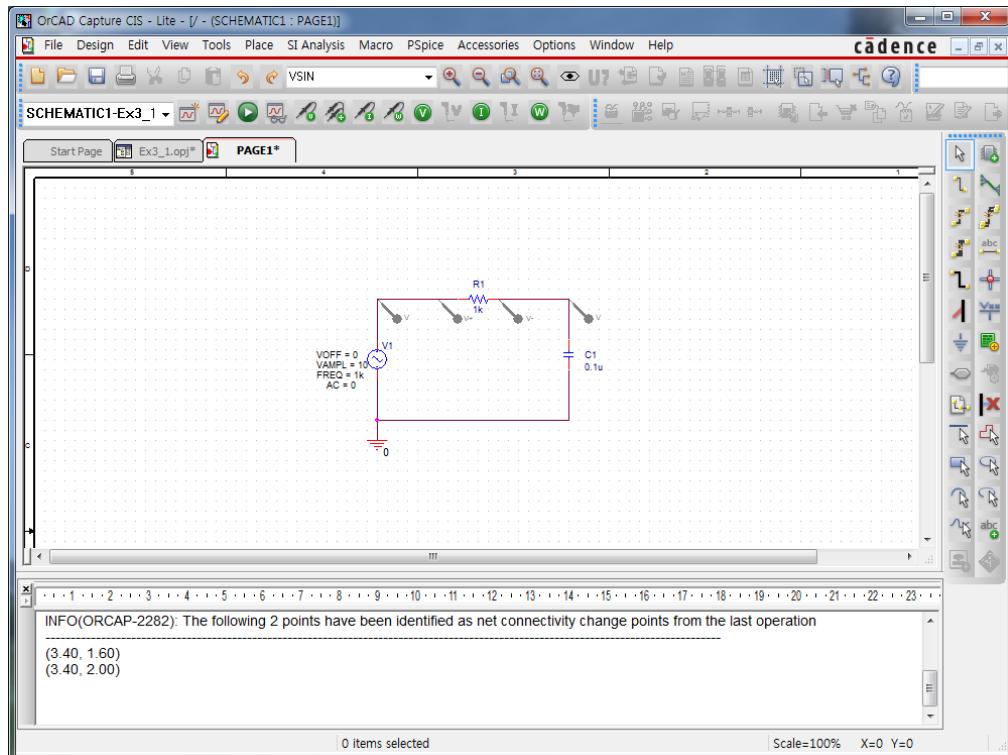
- 6) Maximum step size에 10u를 입력한다. (이 값을 너무 크게 하면 그래프가 매끄럽지 못하기 때문에 화면에 500 개 정도에서 그래프를 그리면 좋다.)



- 7) 확인 버튼을 클릭하여 Simulation Setting 창을 닫는다.

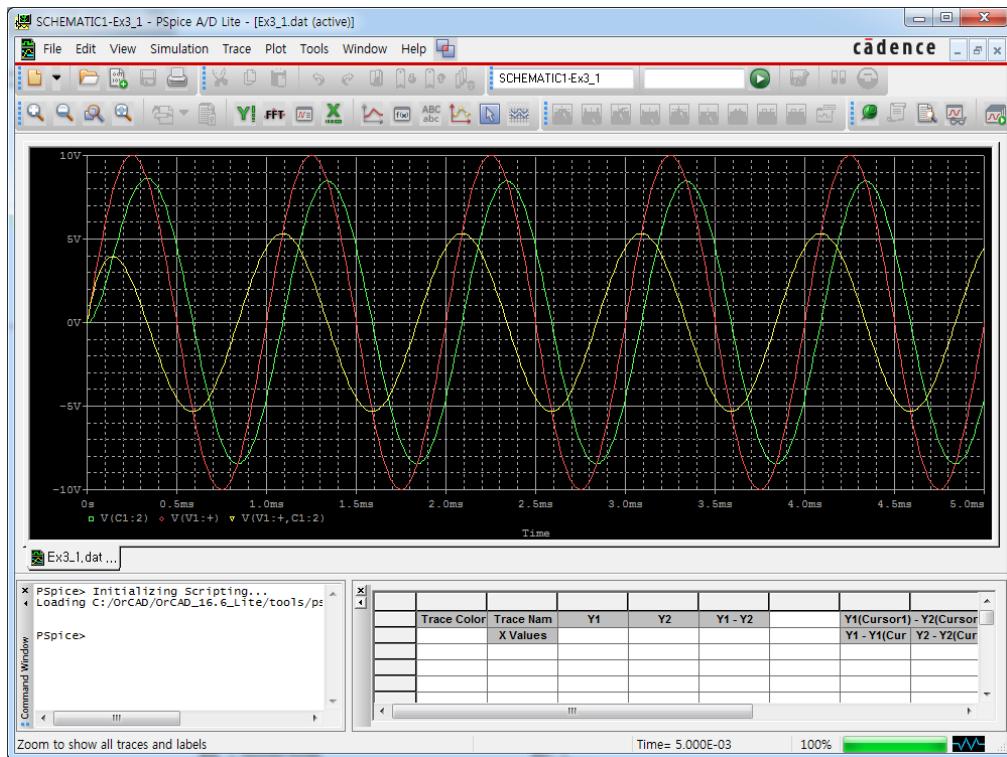
3.1.4 PSpice 실행

- 1) 원하는 곳의 전압 파형을 보기 위해 프로브를 연결한다.



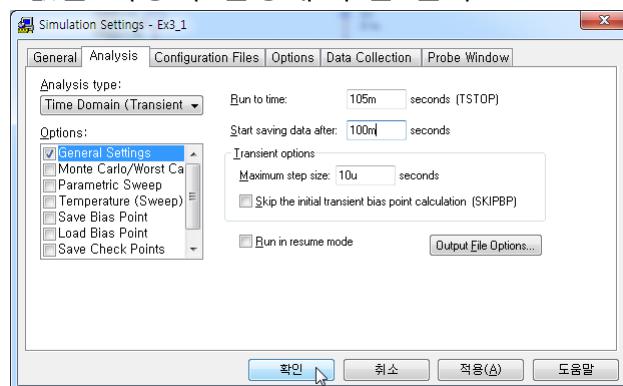
- ✓ 단자가 1 개인 전압 프로브 : 접지 대비 전압을 보여 준다. ($v_s(t)$, $v_c(t)$)
- ✓ 단자가 2 개인 전압 프로브 : 두 단자 사이의 전압을 보여 준다. ($v_R(t)$)

- 2) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨다. PSpice가 실행되면 다음과 같은 파형 창이 생긴다.

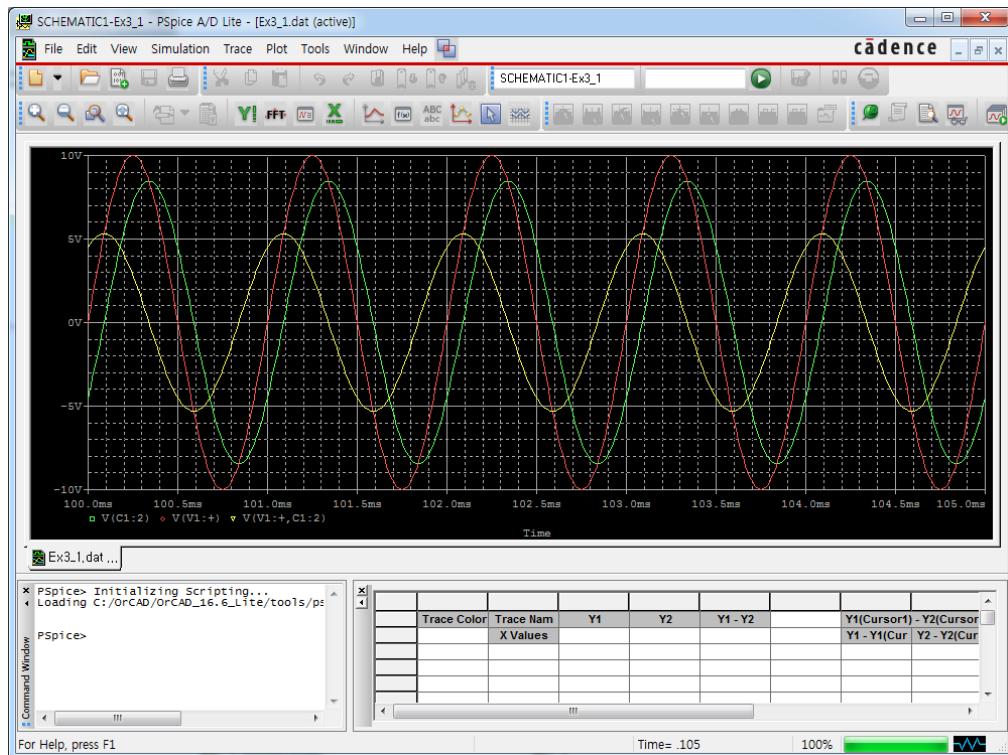


위의 그림을 보면 저항과 커패시터에 걸리는 전압은 위상이 90° 차이가 남을 알 수 있다.

3) 위의 파형 그림을 보면 커패시터에 걸리는 전압의 피크값이 처음에는 작은 것을 볼 수 있다. 이것은 시뮬레이션 시작 시 커패시터에 걸리는 전압의 초기값이 0으로부터 시작했기 때문이다. 어느 정도 시간이 흘렀을 때의 파형을 관찰하고 싶을 때는 다음과 같이 Simulation Setting 창에서 Run to time과 Start saving data after 값을 적당히 설정해 주면 된다.

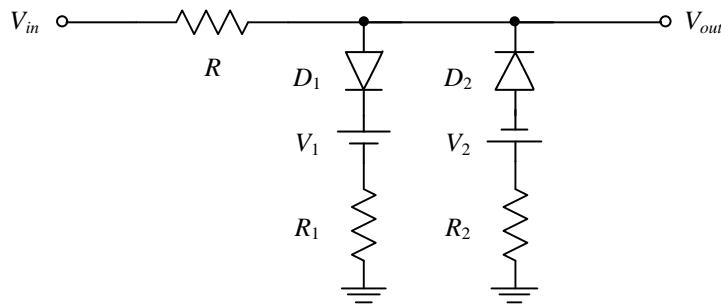


4) 위와 같이 Simulation Setting 창에서 Run to time과 Start saving data after 값을 각각 105m과 100m으로 설정하고 실행했을 때의 파형 그림은 다음과 같다. (커패시터에 걸리는 전압의 피크값이 일정함을 볼 수 있다.)



3.2 다이오드 회로의 입출력 특성

다음과 같은 다이오드 회로에서 입출력 특성 곡선을 구하고자 한다. 여기서 $R = 1\text{k}\Omega$, $R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$, $V_1 = V_2 = 2\text{V}$, 다이오드 D_1 과 D_2 는 1N4001이다. 입력 전압 V_{in} 이 $-5\text{V} \leq V_{in} \leq 5\text{V}$ 동안 변할 때 출력 전압을 구하고, 입출력 특성 곡선을 그려라.

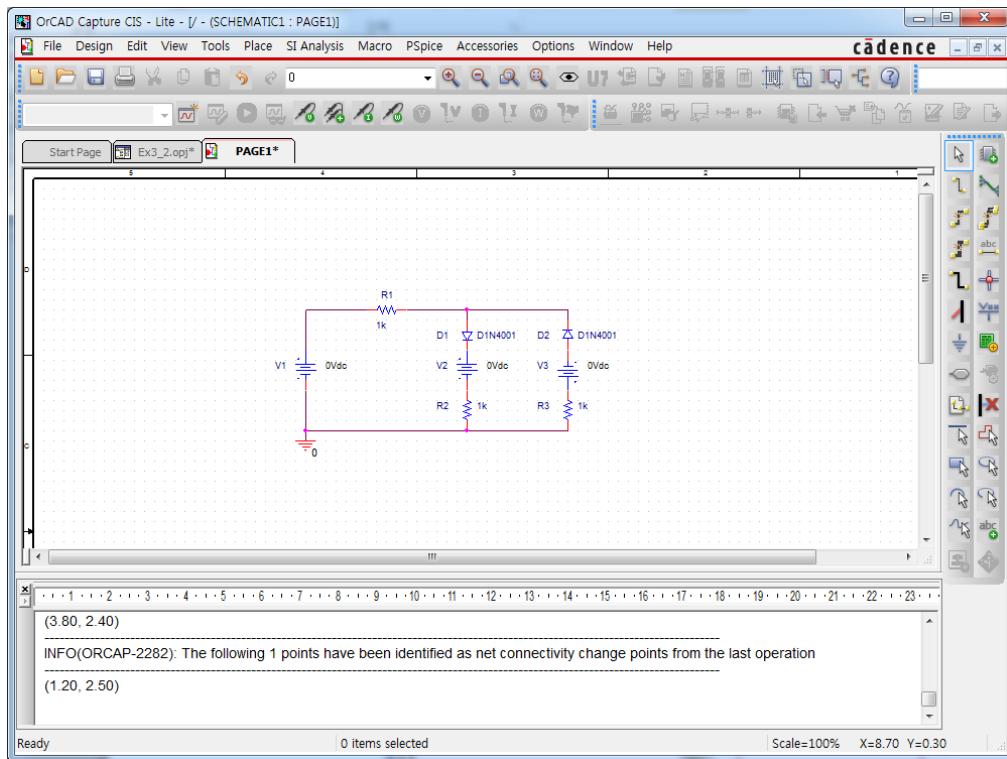


3.2.1 프로그램 실행

- 1) Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다
- 3) 적절한 폴더 [D:\WPSpice\Project\Example]를 선택하고 프로젝트 이름 [Ex3_2]를 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다.
- 4) Create a blank project를 체크하고 OK 버튼을 클릭한다.

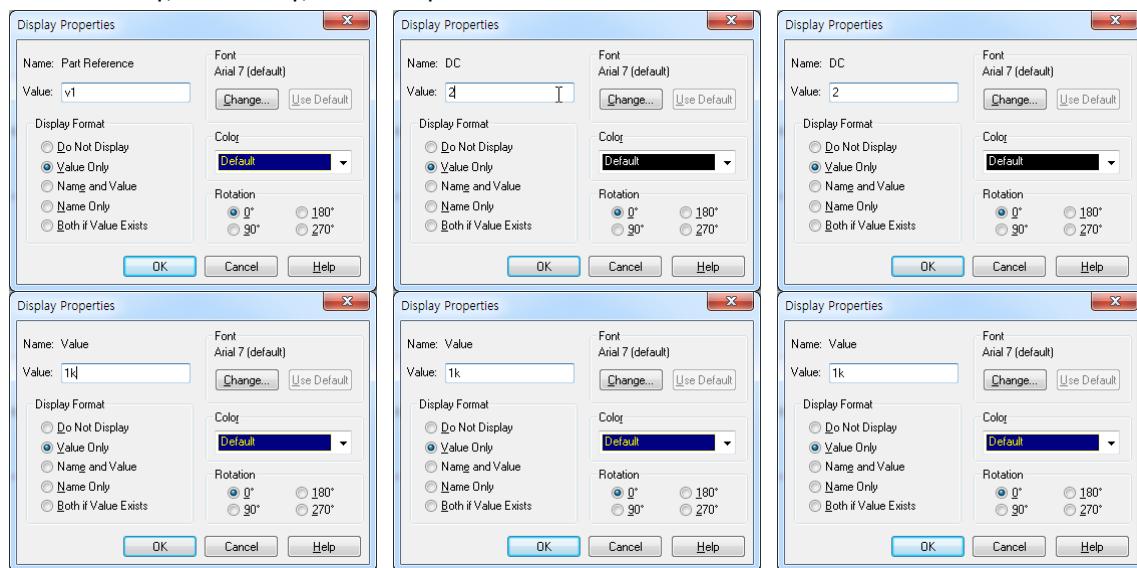
3.2.2 소자 배치 및 소자 값 변경

- 1) 라이브러리에서 소자를 불러 온 후 적절히 배치하고 선을 연결한다.
 - ✓ 입력 전압 : SOURCE – VDC
 - ✓ 직류 전원 : SOURCE – VDC
 - ✓ 저항 : ANALOG – R
 - ✓ 다이오드 : DIODE – D1N4001
 - ✓ 접지 : Place Ground – 0/CAPSYM

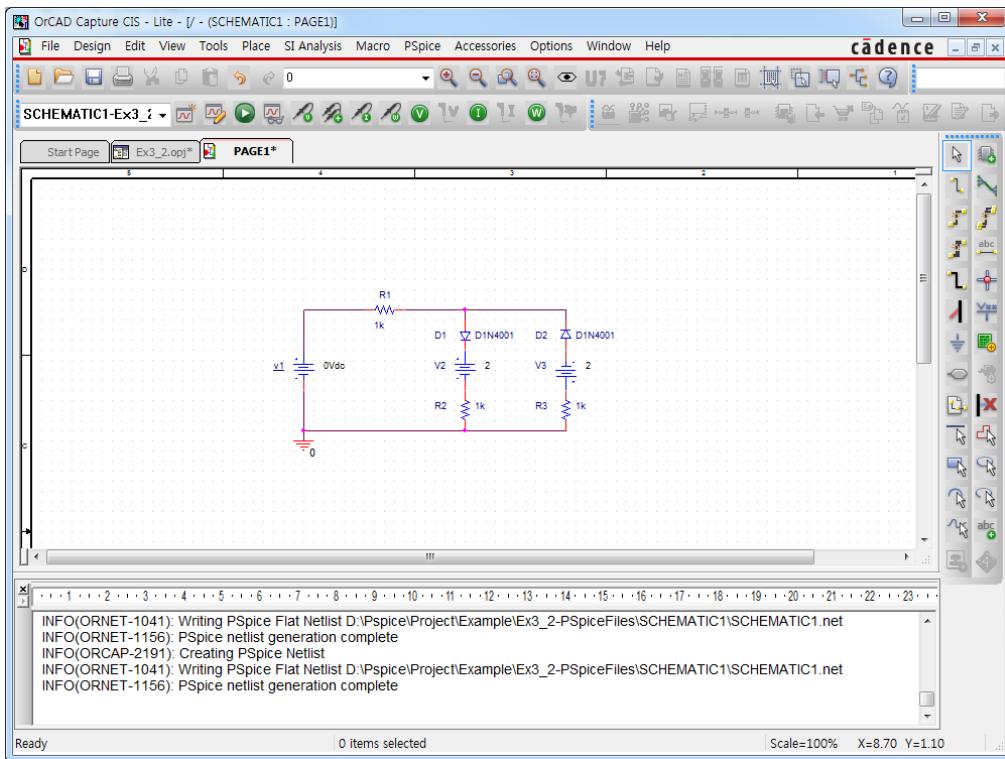


2) 소자의 변수 값을 더블 클릭한 후 팝업 창에 소자의 변수 값을 입력한다.

- ✓ V1 소자 : 가변 전압으로 그대로 둔다..
- ✓ V2 소자, V3 소자 : 2
- ✓ R 소자, R1 소자, R2 소자 : 1k

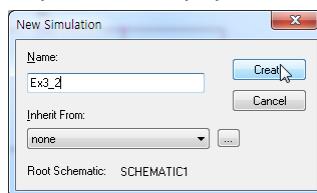


3) 최종 회로도

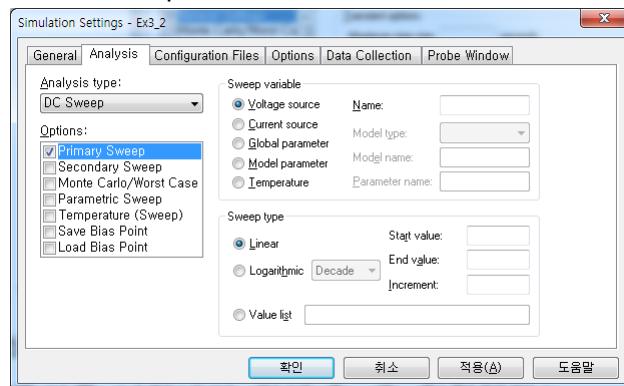


3.2.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

- 1) PSpice – New Simulation Profile 메뉴를 클릭한다.
- 2) 팝업 창의 Name에 적당한 이름을 입력하고 Create 버튼을 클릭한다.

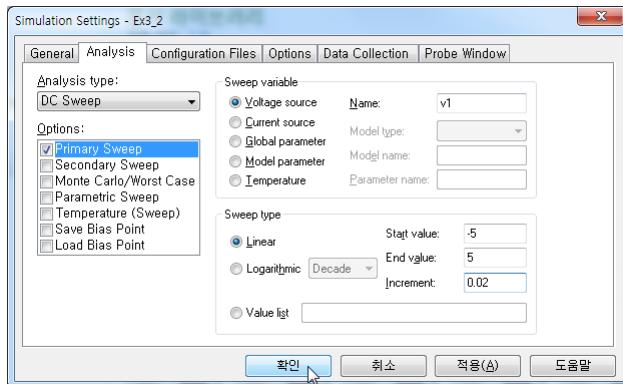


- 3) 컴퓨터의 작업줄에 Simulation Setting 창을 클릭하여 창을 연다.
- 4) Analysis type에서 DC Sweep을 선택한다.



- 5) Sweep variable에서 Voltage source를 선택하고, Name에 가변시키고자 하는 소자 v1을 입력한다.
- 6) Sweep type에서 Linear를 선택하고, Start value에 -5를, End value에 5를,

Increment에 0.02를 입력한다.

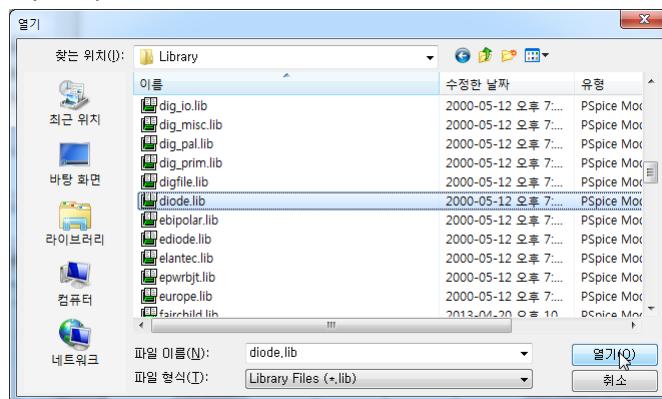


7) Configuration Files 탭을 클릭한다.



8) Category에서 Library를 선택한다.

9) Browse... 버튼을 클릭하여 열기 창에서 다이오드 library diode.lib를 선택하고 열기 버튼을 클릭한다.



10) Add to Design 버튼을 클릭하여 다이오드 library를 등록시킨다.



참고

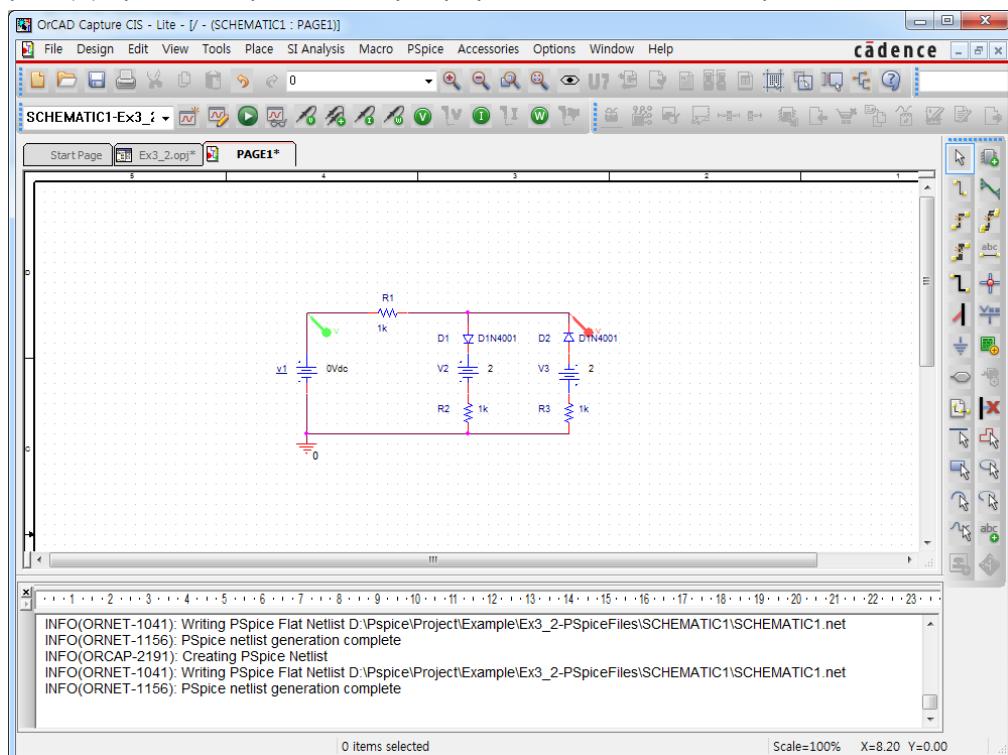
- ✓ Add as Global : 다른 프로젝트에서도 사용할 수 있도록 library를 등록한다.
- ✓ Add as Design : 현재의 프로젝트에서만 사용할 수 있도록 library를 등록 한다.

11) 확인 버튼을 클릭하여 Simulation Setting 창을 닫는다.

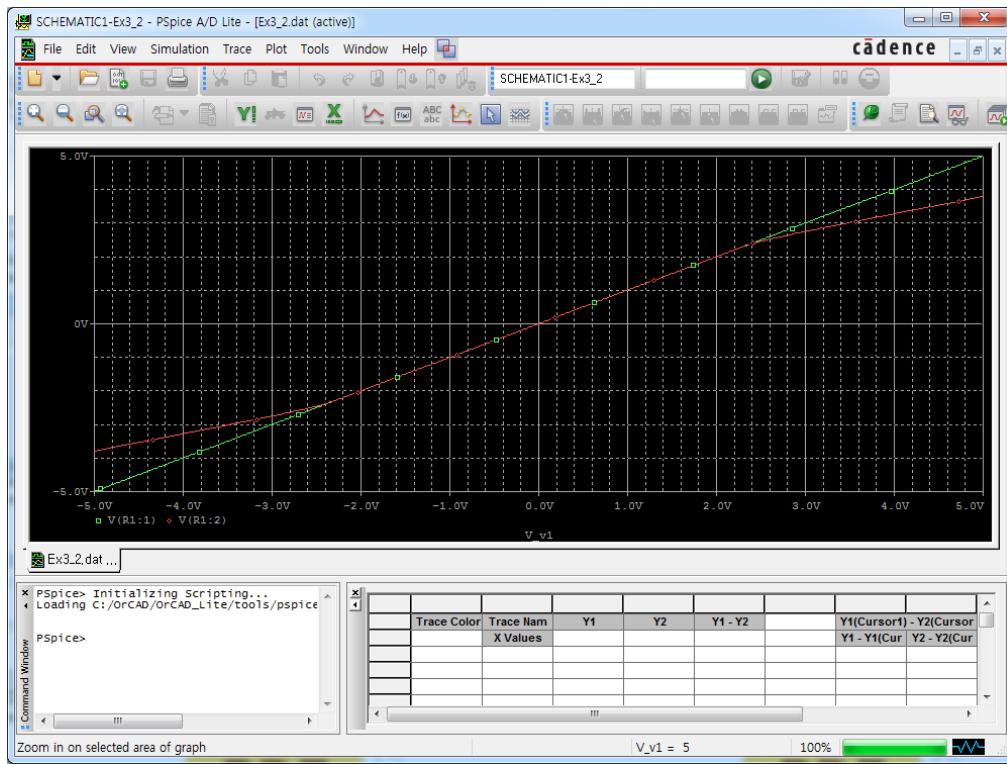
- ✓ 주의 : Lite 버전은 library가 몇 개 되지 않아 필요한 library를 등록해 주어야 한다. 만일 이 과정(7-10)을 생략하더라도 동작하는 경우가 있지만 이 과정을 생략하면 PSpice 실행 시 대부분 에러가 발생한다. 따라서 에러가 발생하면 library의 등록 과정 (7-10)을 해 주면 에러 없이 PSpice를 실행 할 수 있다.

3.2.4 PSpice 실행

1) 원하는 곳의 전압 파형을 보기 위해 프로브를 연결한다.



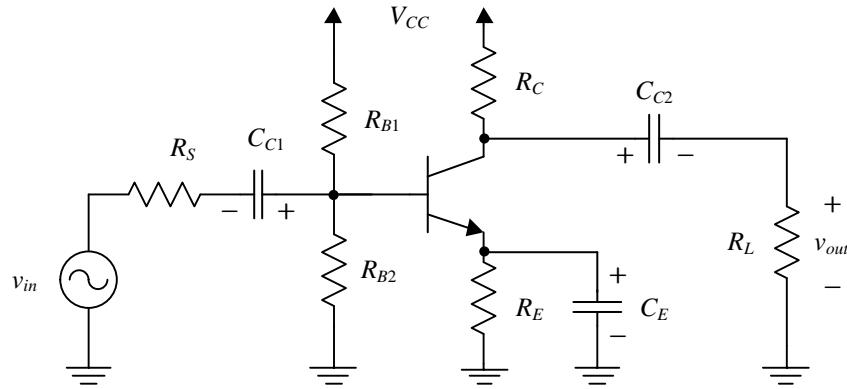
2) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨다. PSpice가 실행되면 다음과 같은 파형 창이 생긴다.



위 그림에서 빨간 그래프가 출력 전압을 나타내며, 빨간 그래프가 입출력 특성 곡선을 나타낸다.

3.3 증폭기의 직류 및 교류 해석

다음과 같은 트랜지스터 회로에서 동작점과 전압 이득을 구하고자 한다. 여기서 $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_s = 4.7 \text{ k}\Omega$, $R_{B1} = 20 \text{ k}\Omega$, $R_{B2} = 5 \text{ k}\Omega$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, $R_E = 270 \text{ }\Omega$, $C_{C1} = C_{C2} = 10 \mu\text{F}$, $C_E = 22 \mu\text{F}$ 이고 트랜지스터는 2N3904이다.

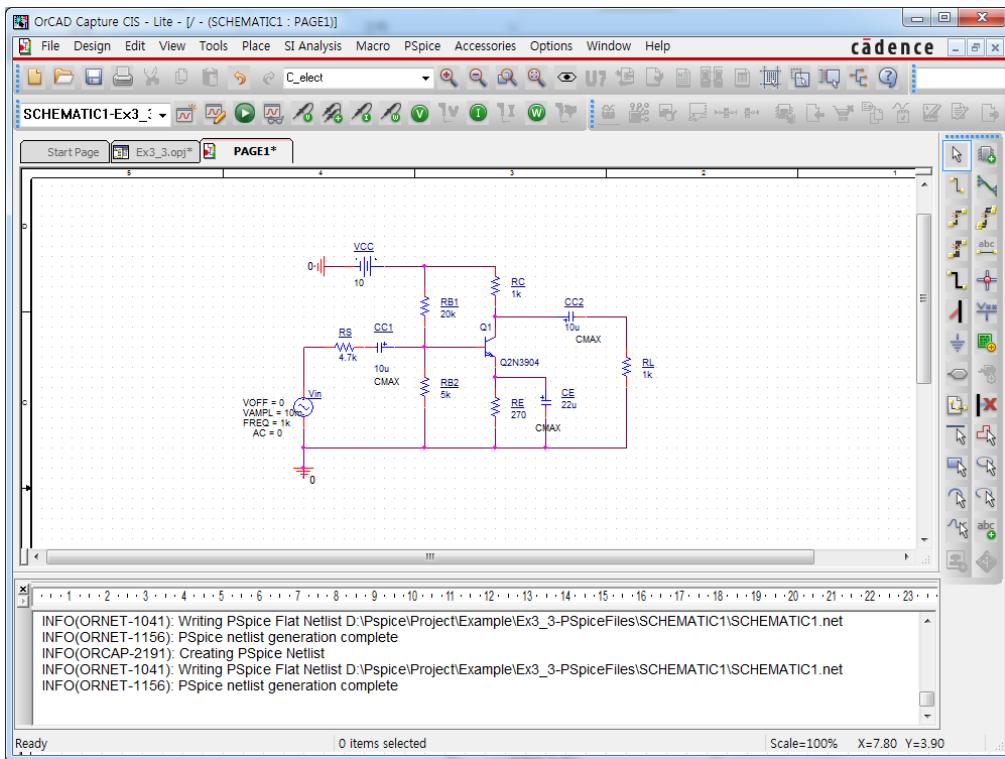


3.3.1 프로그램 실행

- 1) Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다.
- 3) 적절한 폴더 [D:\WPSpice\WProject\WExample]를 선택하고 프로젝트 이름 [Ex3_3]을 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다.
- 4) Create a blank project를 체크하고 OK 버튼을 클릭한다.

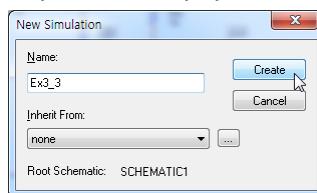
3.3.2 소자 배치 및 소자 값 변경

- 1) Libeary에서 소자를 불러 온 후 적절히 배치하고 선을 연결한다.
 - ✓ 전원 전압 : SOURCE – VDC
 - ✓ 입력 전압원 : SOURCE – VDC
 - ✓ 저항 : ANALOG – R
 - ✓ 커패시터 : ANALOG – C
 - ✓ 트랜지스터 : BIPOLEAR – Q2N3904
 - ✓ 접지 : Place Ground – 0/CAPSYM
- 2) 소자 기호를 더블 클릭하여 Vin, VCC, RS, RB1, RB2, RC, RE, RL, CC1, CC2, CE로 바꾼다.
- 3) 소자 변수 값을 더블 클릭하여 팝업 창에 주어진 소자의 값을 입력한다.
- 4) 최종 회로도

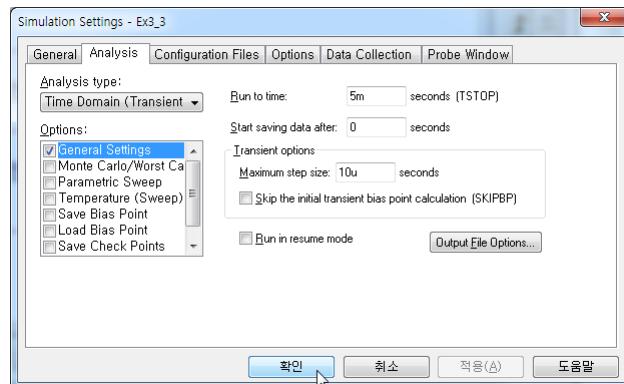


3.3.3 PSpice 시뮬레이션 세팅

- 1) PSpice – New Simulation Profile 메뉴를 클릭한다.
- 2) 팝업 창의 Name에 적당한 이름을 입력하고 Create 버튼을 클릭한다.



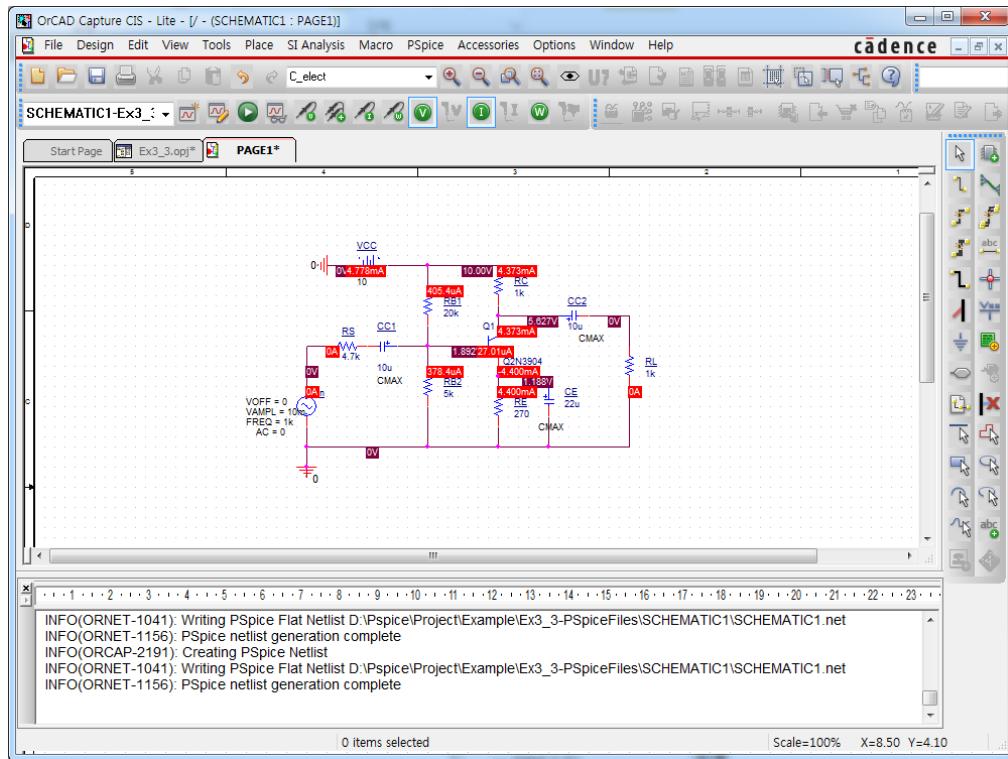
- 3) 컴퓨터의 작업줄에 Simulation Setting 창을 클릭하여 창을 연다.
- 4) Analysis type에서 Time Domain (Transient)를 선택한다.
- 5) Run to time에 5m를 입력한다.
- 6) Maximum step size에 10u를 입력한다



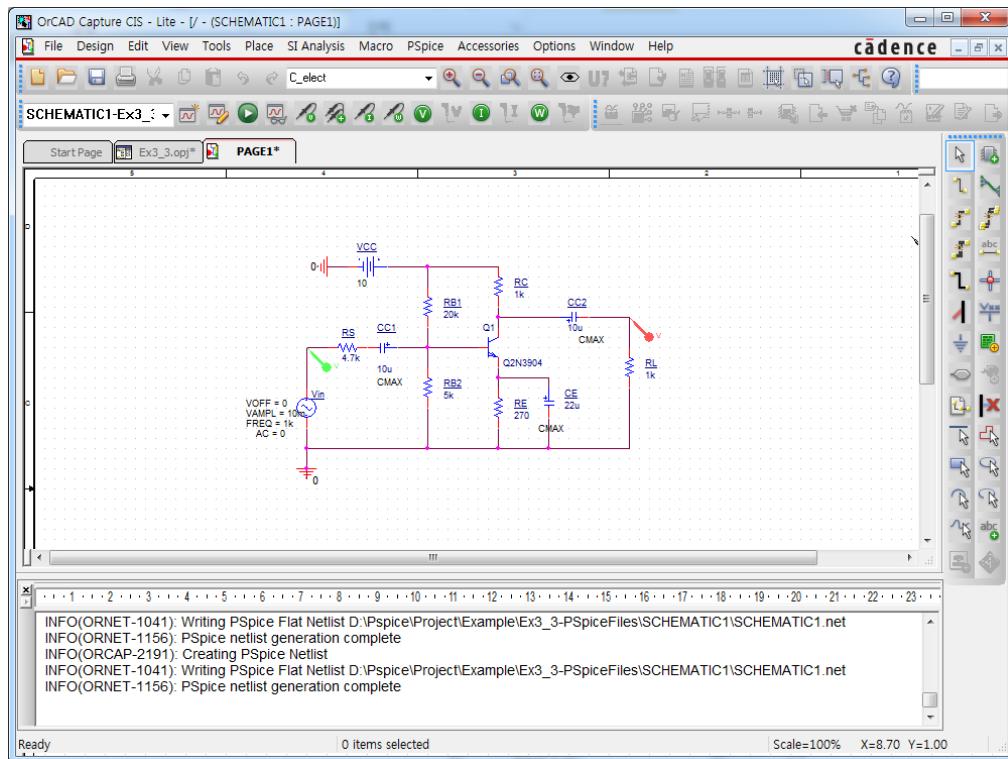
- 7) 확인 버튼을 클릭하여 Simulation Setting 창을 닫는다.

3.3.4 PSpice 실행

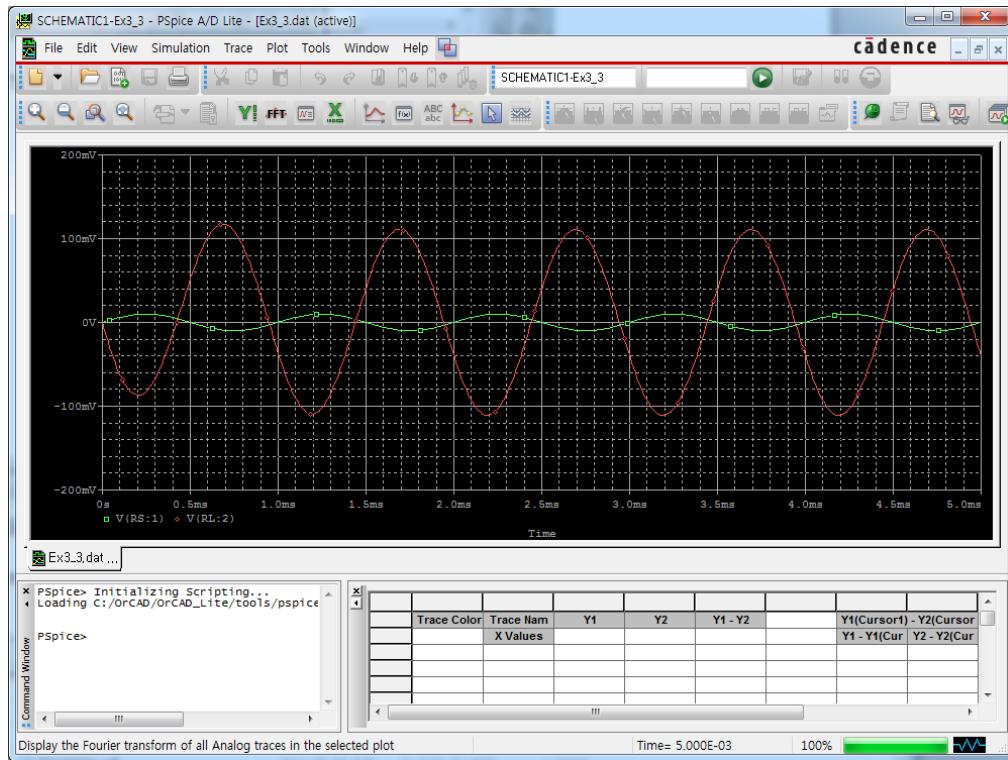
- 1) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨다.
- 2) 아이콘 V와 I를 클릭하면 회로의 직류 전압과 직류 전류를 알 수 있다. 동작점인 컬렉터 전류는 $I_C = 4.373 \text{ mA}$ 임을 알 수 있다.



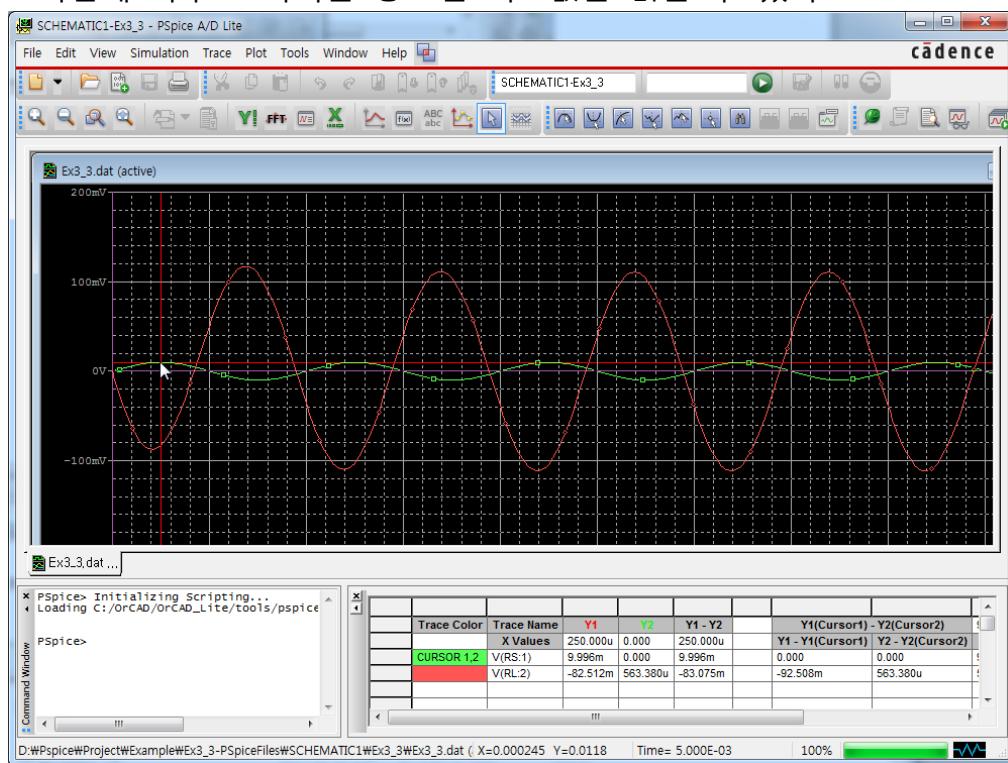
- 3) 원하는 곳의 전압 파형을 보기 위해 프로브를 연결한다.

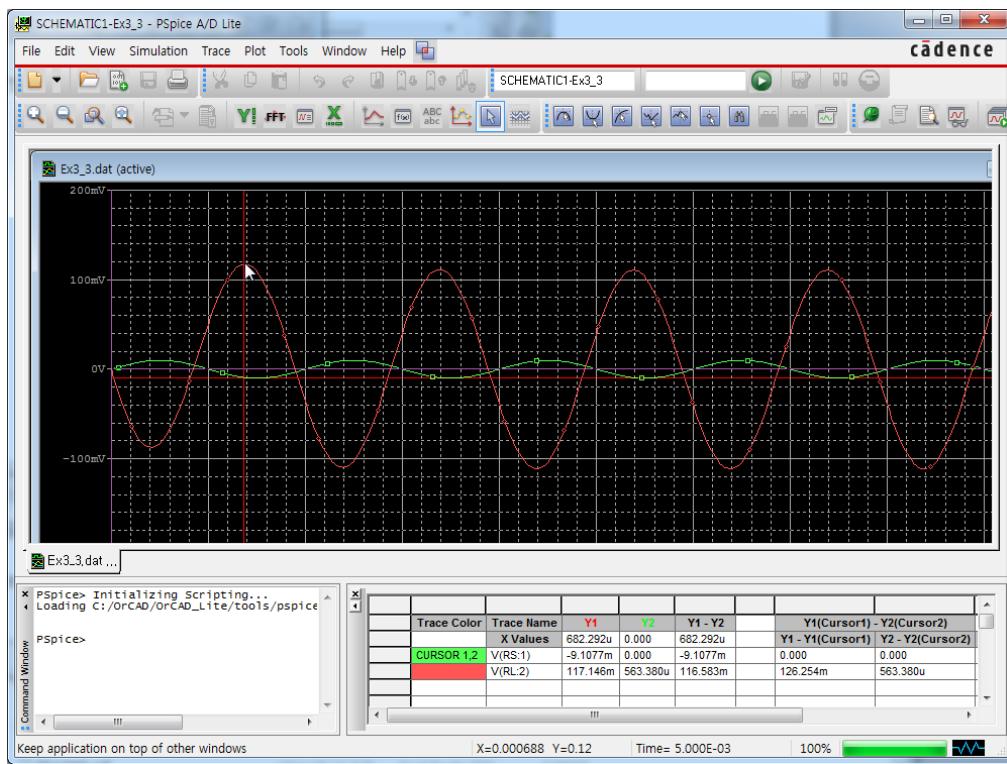


4) 프로브를 연결하는 즉시 파형 창에 파형이 나타난다.



5) 전압 이득을 측정하기 위해서 커서를 이용하여 입력 신호와 출력 신호의 크기를 알 수 있다. 파형 창의 Trace – Cursor – Display를 클릭한 다음 마우스 커서를 원하는 곳에 놓으면 파형의 크기를 알 수 있다. 이 회로는 입력 신호와 출력 신호 사이의 위상 차가 정확히 180° 가 아니므로 입력 신호와 출력 신호의 피크 지점에 마우스 커서를 놓으면 피크값을 읽을 수 있다.

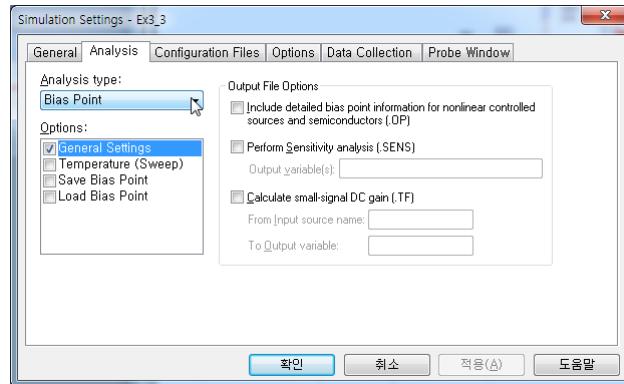




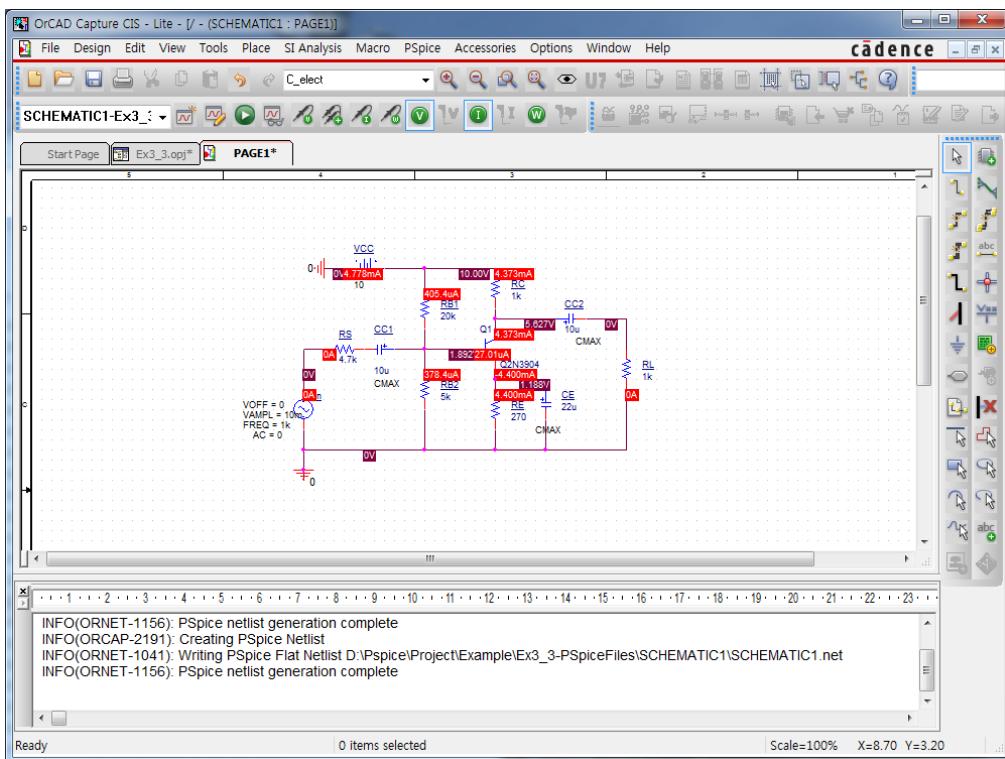
위 그림으로부터 입력 신호의 피크값은 9.996 mV , 출력 신호의 피크값은 117.146 mV 임을 알 수 있다. 따라서 주어진 증폭기의 전압 이득은 $A_v = 11.72$ 임을 알 수 있다.

3.3.5 Bias Point 시뮬레이션

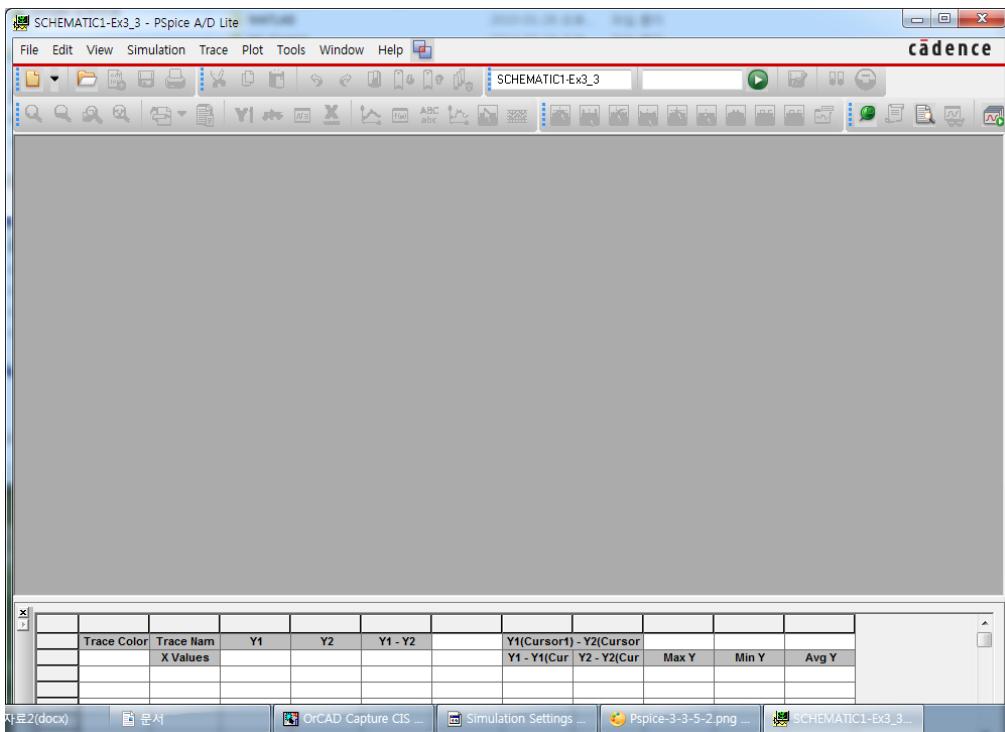
- 1) Simulation Setting 창을 열고 Analysis type에서 Bias Point를 선택한다.



- 2) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨 후 아이콘 V와 아이콘 I를 클릭하면 회로의 직류 전압과 직류 전류를 알 수 있다. 동작점인 컬렉터 전류는 $I_C = 4.373 \text{ mA}$ 임을 알 수 있다.



3) 파형 창에는 아무 것도 나타나지 않는다.

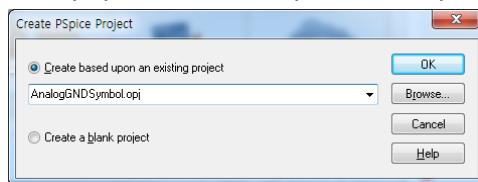


3.4 증폭기의 주파수 특성

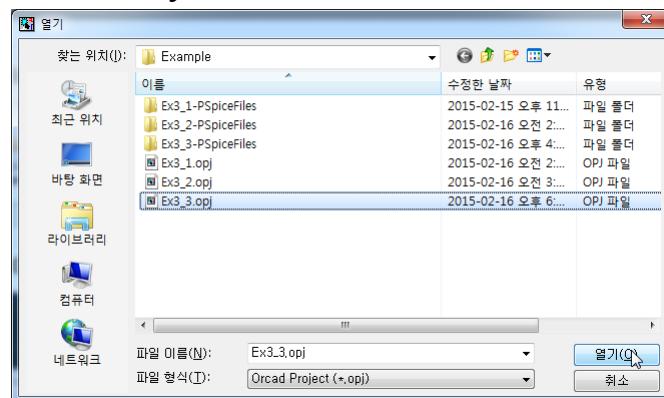
예제 3.3의 회로에서 증폭기의 주파수 특성을 측정하라.

3.4.1 프로그램 실행

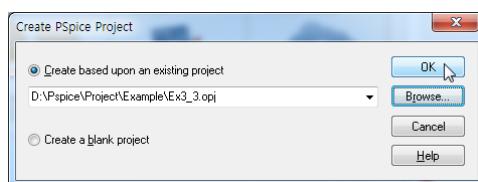
- 1) Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다.
- 3) 새로운 프로젝트이지만 예제 3.3의 회로와 같으므로 예제 3.3의 회로를 불러와 새로운 이름으로 프로젝트를 시작한다.
- 4) Create PSpice Project 창에서 Browse... 버튼을 클릭한다.



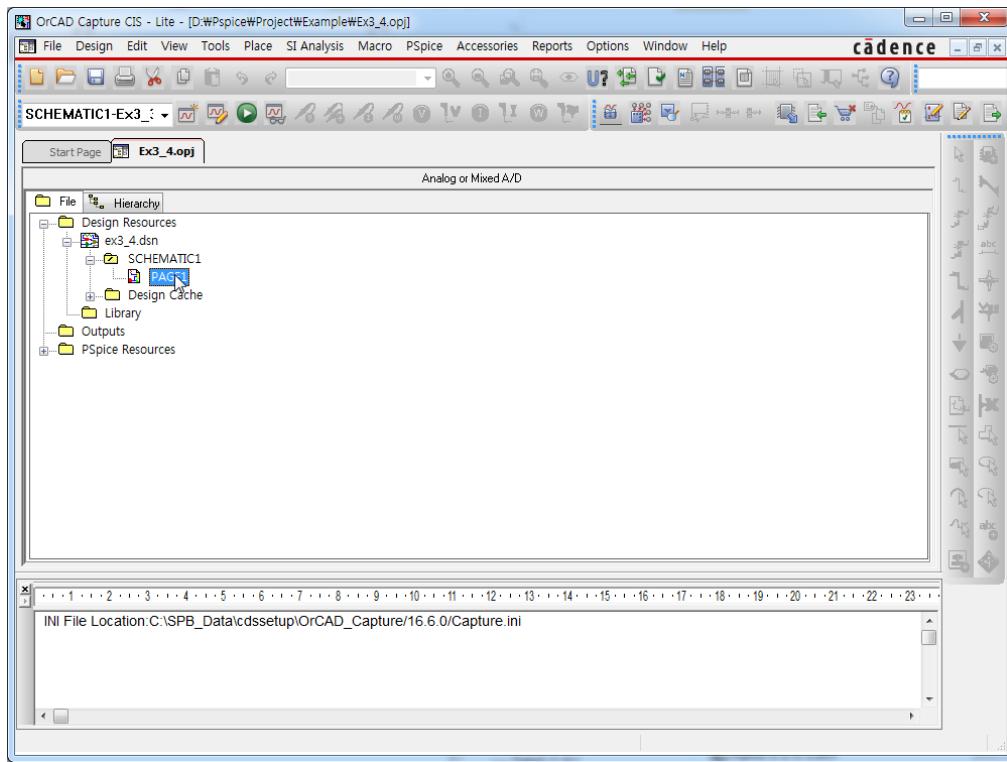
- 5) 예제 3.3의 파일 (Ex3_3.opj)을 선택한 후 열기 버튼을 클릭한다.



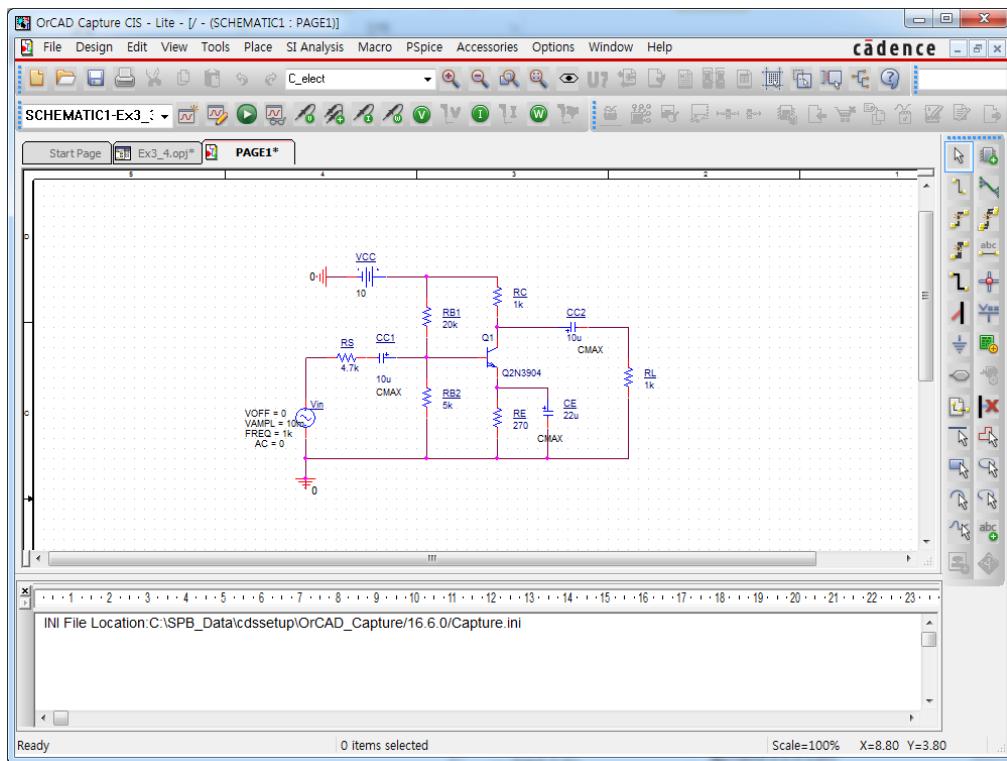
- 6) OK 버튼을 클릭한다.



- 7) 메인 창에서 ex3_4.dsn 앞의 (+) 기호를 눌러 트리를 편 후 page1을 더블 클릭한다.



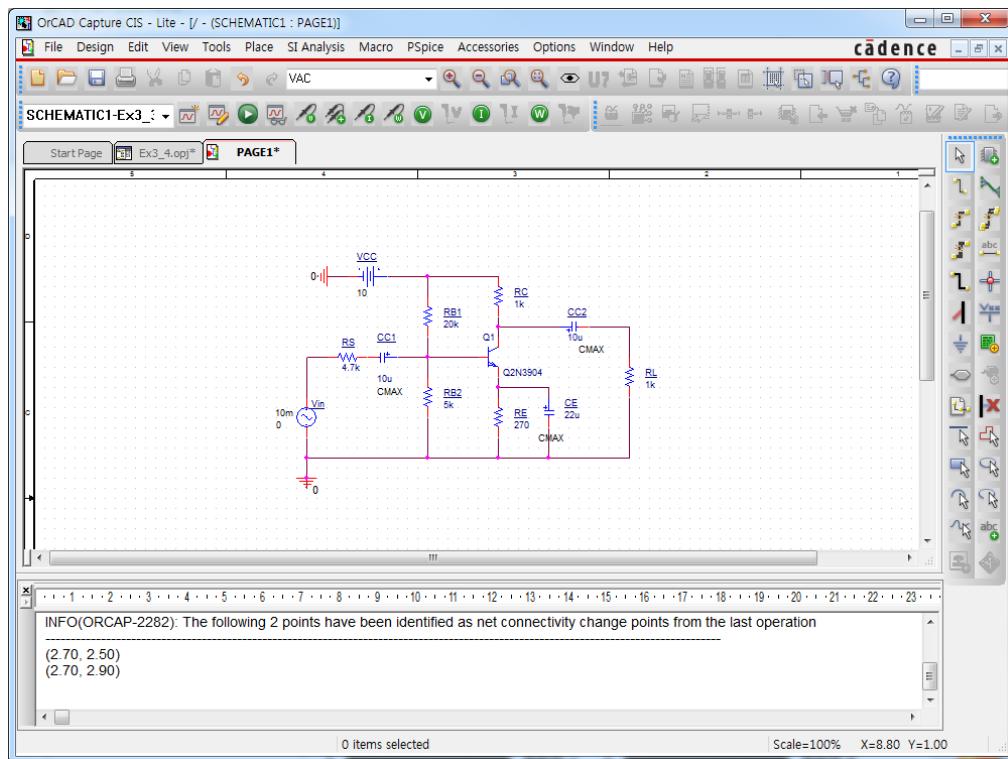
8) 이제 예제 3.4를 실행할 수 있는 회로가 준비되었다.



3.4.2 소자 변경

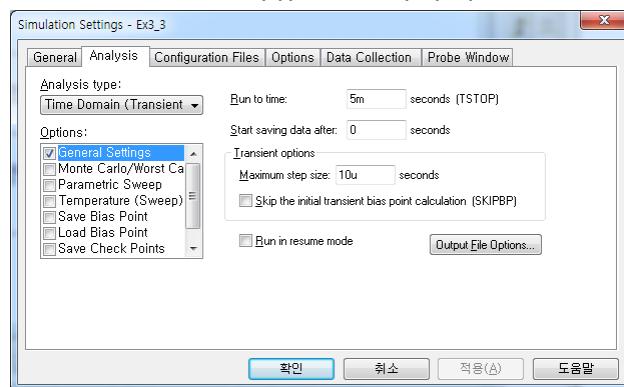
- 1) AC Sweep 파형은 주파수가 변하는 파형이다. 따라서 입력 신호원의 소자를 VSIN에서 VAC로 바꾸어야 한다. (SOURCE-VAC)
- 2) 입력 신호원의 이름을 Vin으로 바꾸고 VAC 값에 10m로, VDC 값에 0을 입력

한다.

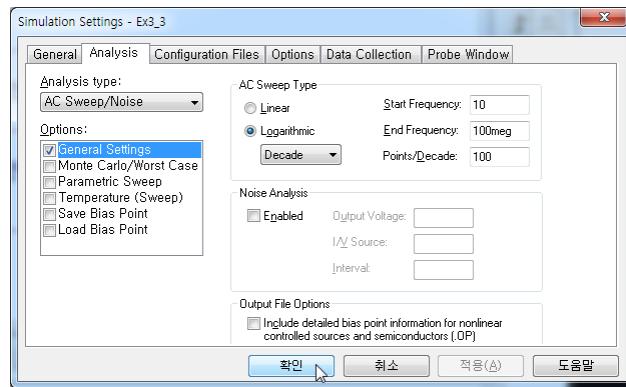


3.4.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

- 1) PSpice – Edit Simulation Profile 메뉴를 클릭하여 Simulation Setting 창을 연다.



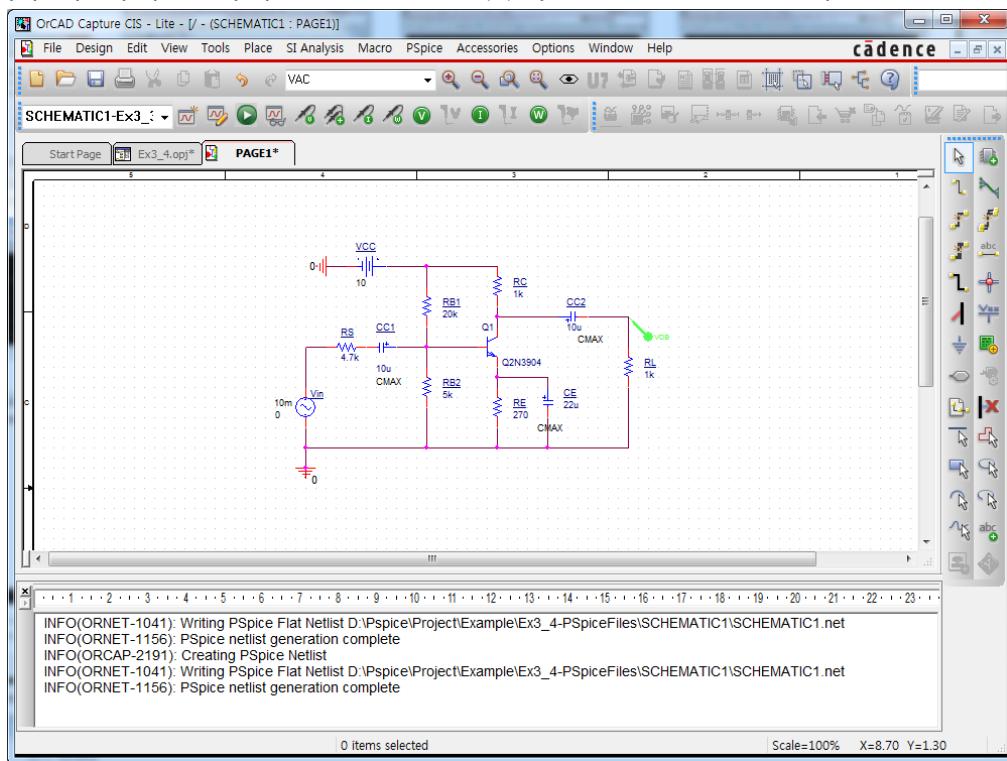
- 2) Analysis type에서 AC Sweep/Noise를 선택한다.
- 3) 일반적으로 주파수 축은 로그 눈금이므로 AC Sweep Type에서 Logarithmic을 선택하고, Start Frequency와 End Frequency에 적절한 값을 입력한 후, 주파수 10배 당 포인트 수를 Point/Decade에 입력한다.



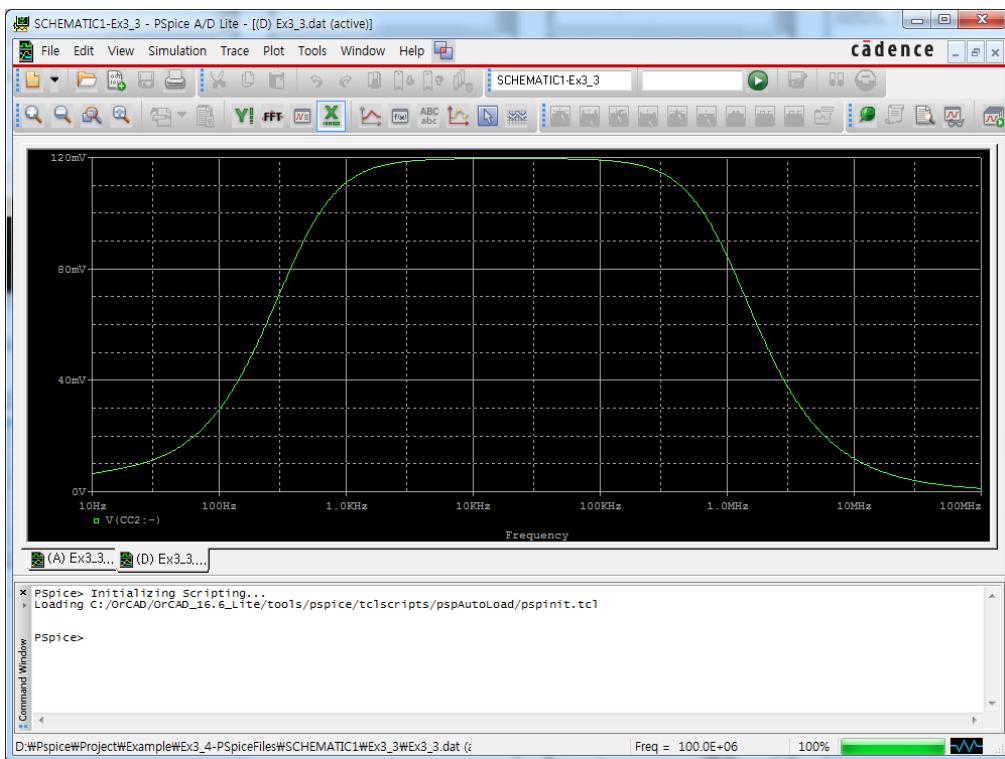
4) 확인 버튼을 클릭하여 Simulation Setting 창을 닫는다.

3.4.4 PSpice 실행

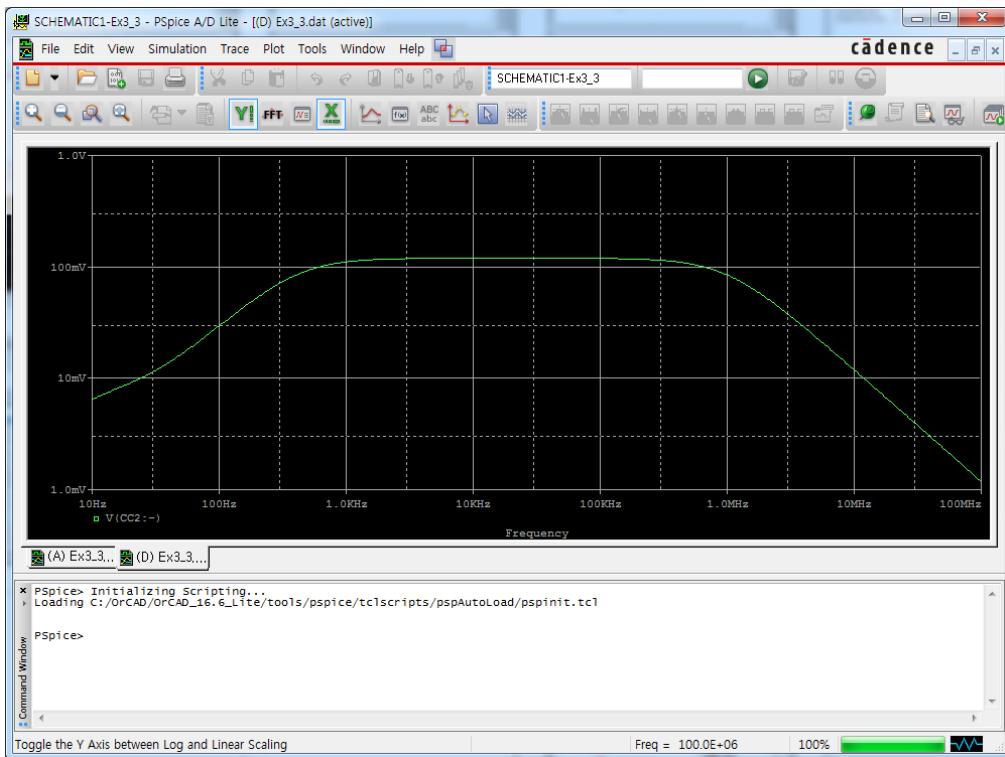
- 1) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨다.
- 2) 주파수에 따라 변화하는 보고 싶은 곳에 프로브를 연결한다.



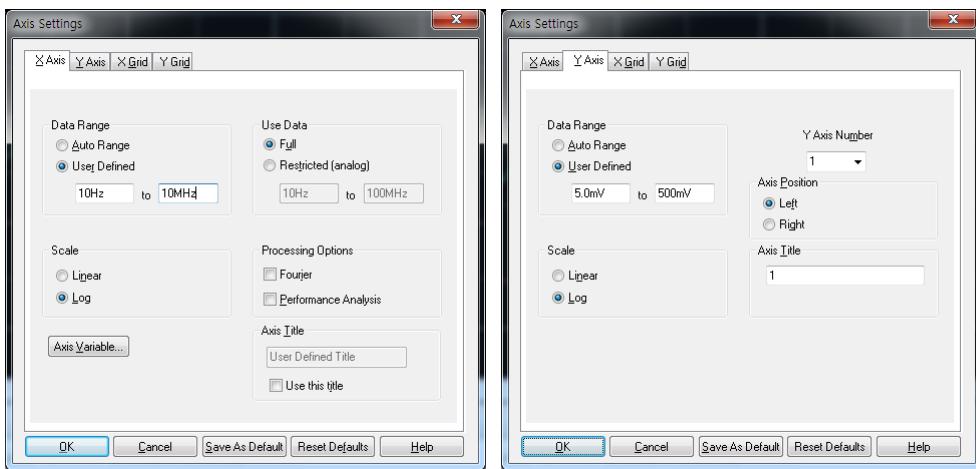
4) 프로브를 연결하는 즉시 파형 창에 주파수 특성이 나타난다.



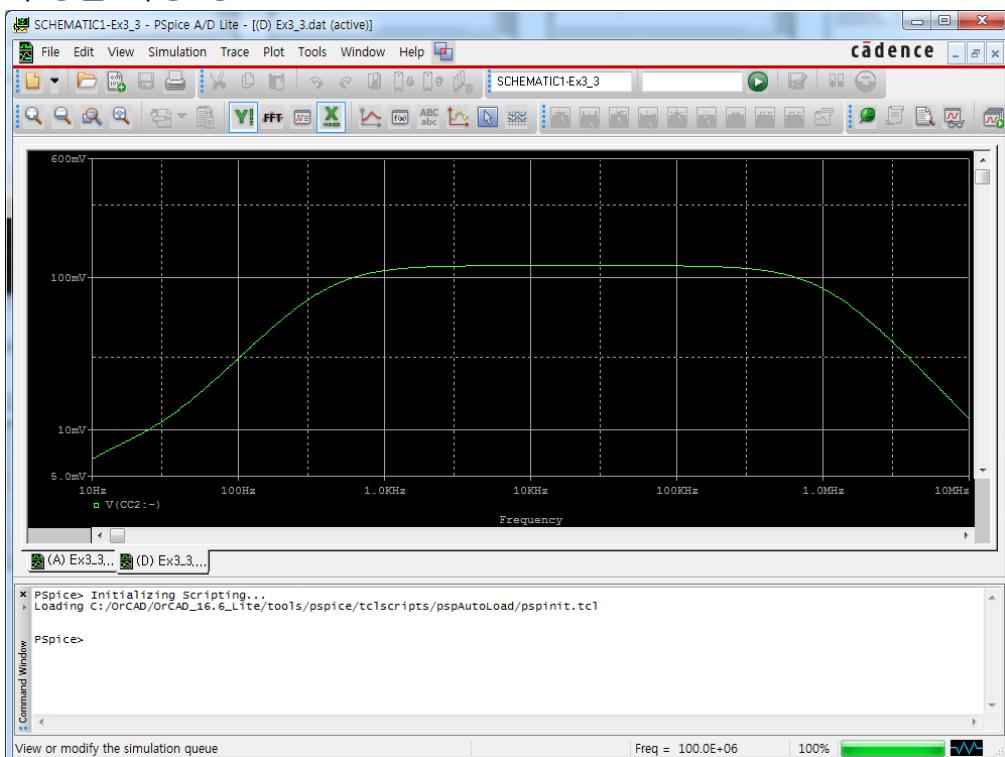
- 5) 일반적으로 주파수 특성은 가로 축이 로그 눈금, 세로 축이 dB로 표시된다. 아이콘 YI를 클릭하면 세로 축이 로그 눈금으로 바뀐다. (마찬가지로 아이콘 X를 누르면 가로 축이 선형 눈금과 로그 눈금 사이를 변환한다.)



- 6) 메뉴 Plot – Axis Setting을 클릭하면 X 축과 Y 축을 수정할 수 있는 창이 열린다. 이 창에서 선형 눈금과 로그 눈금의 변환, 축의 범위 등을 수정할 수 있다.

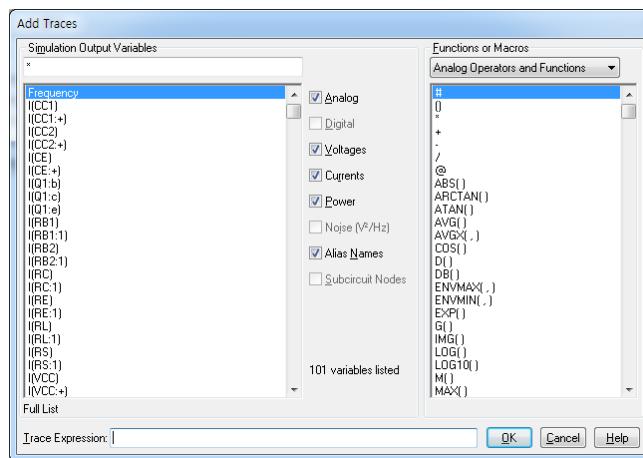


7) 수정된 파형 창

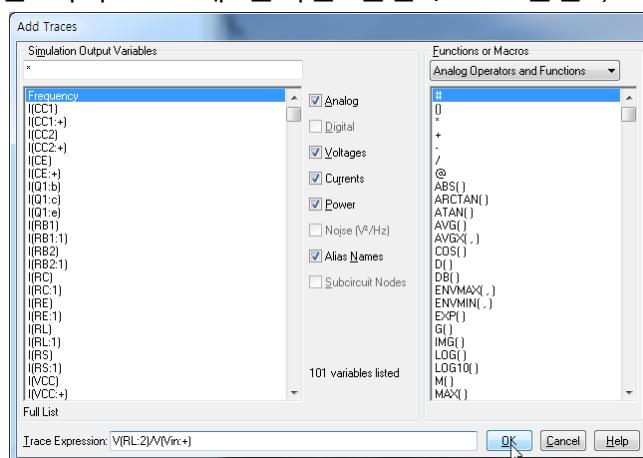


3.4.5 전압 이득 그래프

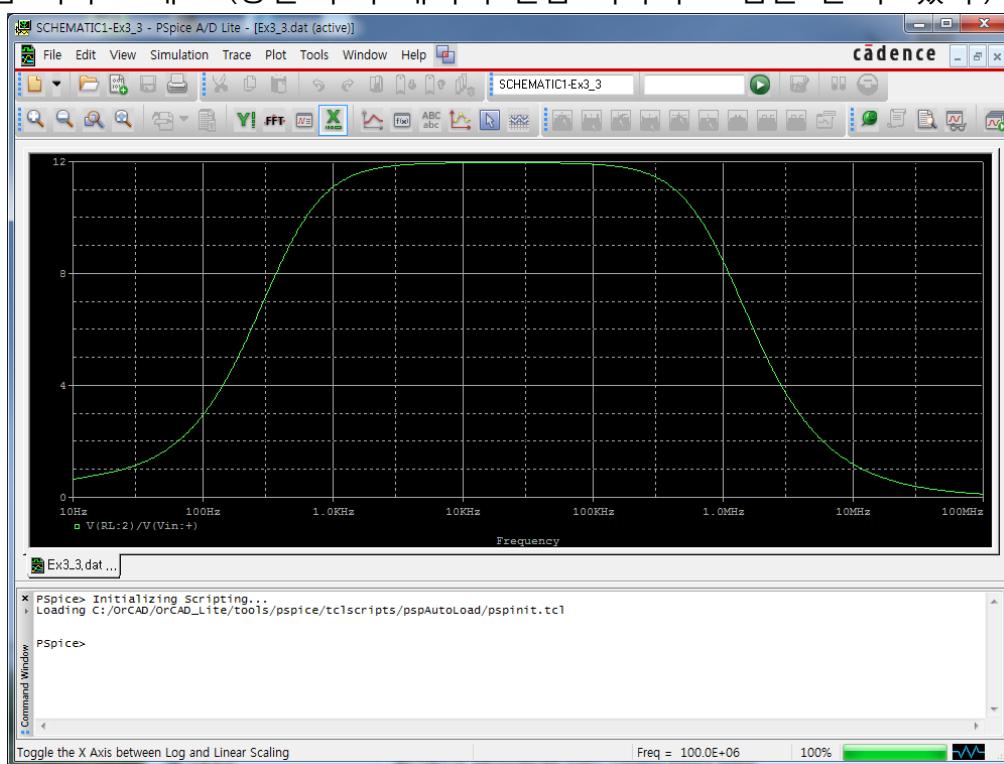
- 1) 파형 창에 프로브로 측정할 수 없는 복잡한 수식으로 표시되는 그래프도 나타낼 수 있다. 전압 이득의 그래프를 그려 보자.
- 2) 메뉴 Trace – Delete All Traces를 클릭하여 모든 그래프를 지우고, 메뉴 Trace – Add Trace를 클릭한다.



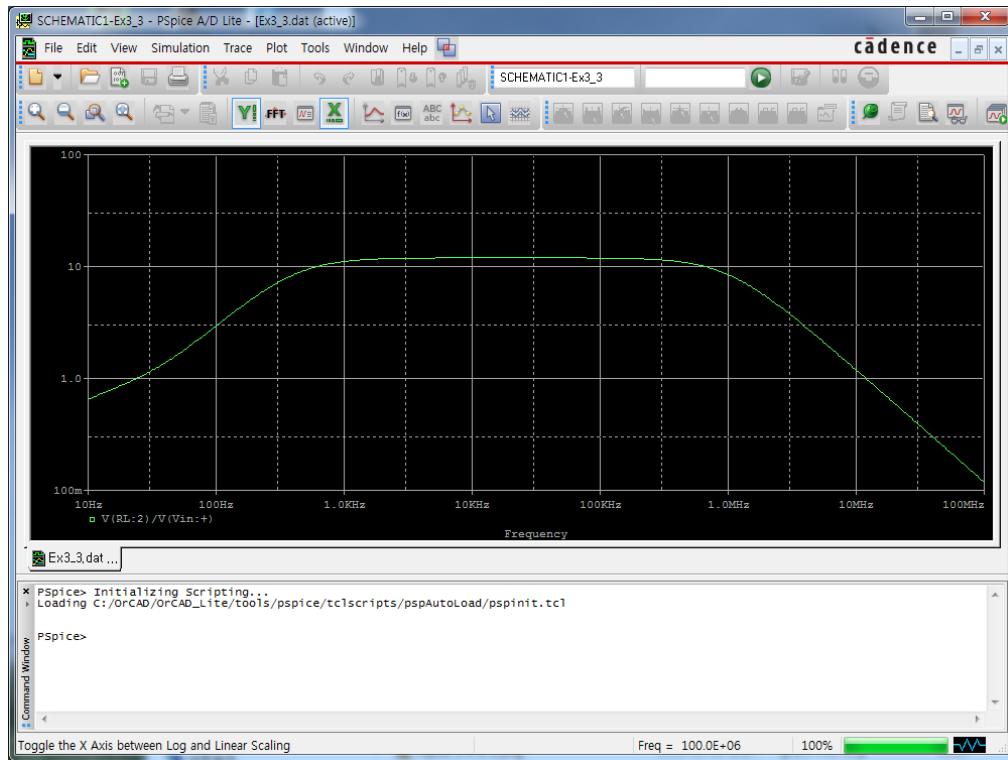
- 3) Trace Expression에 $V(RL:2)/V(Vin:+)$ 을 입력하고 OK 버튼을 클릭한다.
(전압 이득 = RL에 걸리는 전압 / Vin 전압)



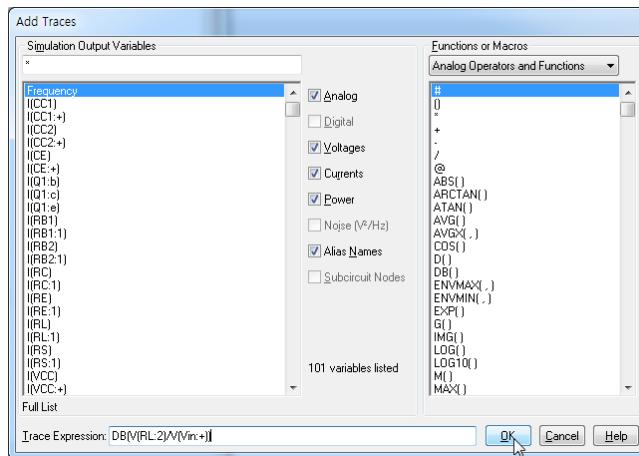
- 4) 전압 이득 그래프 (중간 주파 대역의 전압 이득이 12임을 알 수 있다.)



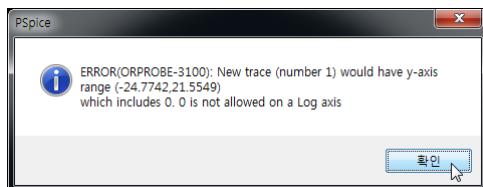
- 5) 아이콘 YI를 클릭하면 Y 축이 로그 눈금으로 바뀐다.



- 6) 이제 Y 축을 dB로 바꾸어 보자. 과정 2)을 반복한다.
7) Trace Expression에 DB(V(RL:2)/V(Vin:+))을 입력하고 OK 버튼을 클릭한다.

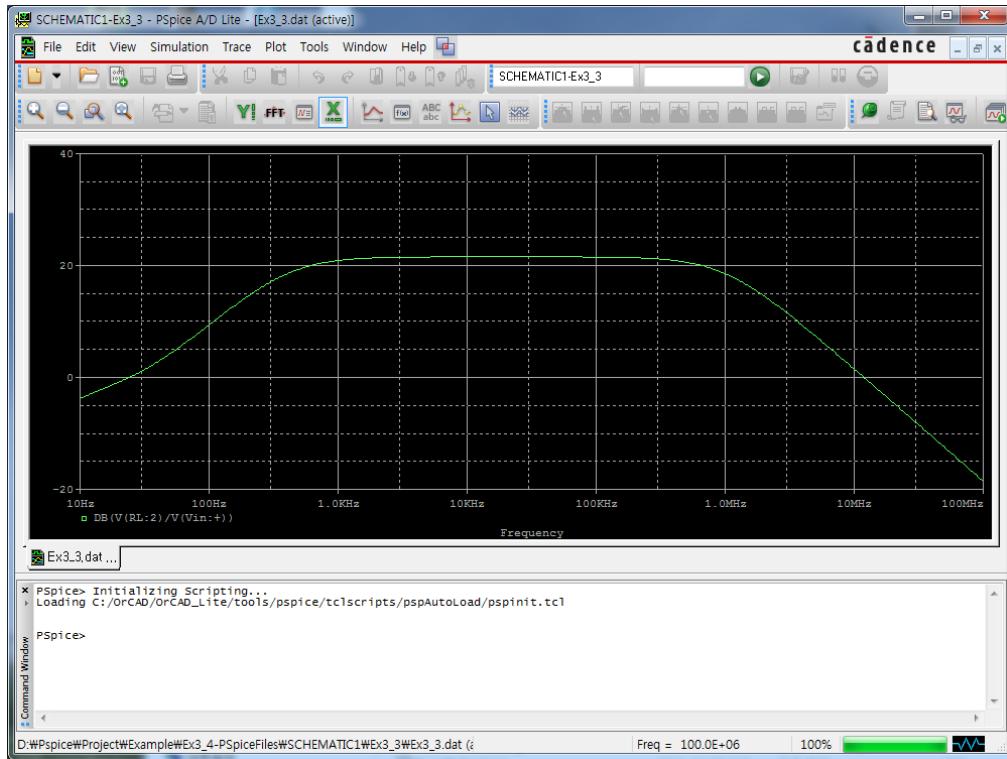


- 8) 다음과 같은 에러 창이 나온다. dB로 계산하면 (-) 값이 나올 수 있는데 이 때 Y 축을 로그 눈금으로 하면 표시할 수 없기 때문이다.



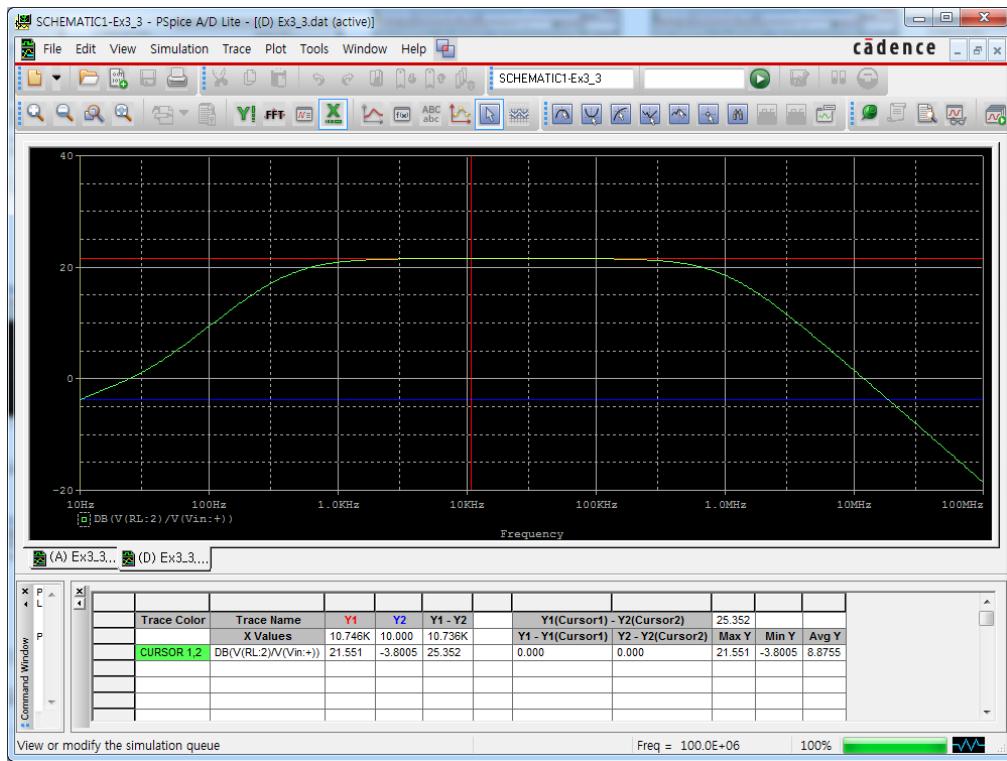
- 9) 아이콘 YI를 다시 클릭하여 Y 축을 선형 눈금으로 바꾸고 과정 7)을 반복하면 다음과 같은 파형 창을 볼 수 있다. (Y 축이 dB로 바뀌고, 이득이 20 dB 보다

조금 큼을 알 수 있다. $20\log_{10} 12 = 21.6 \text{ dB}$)

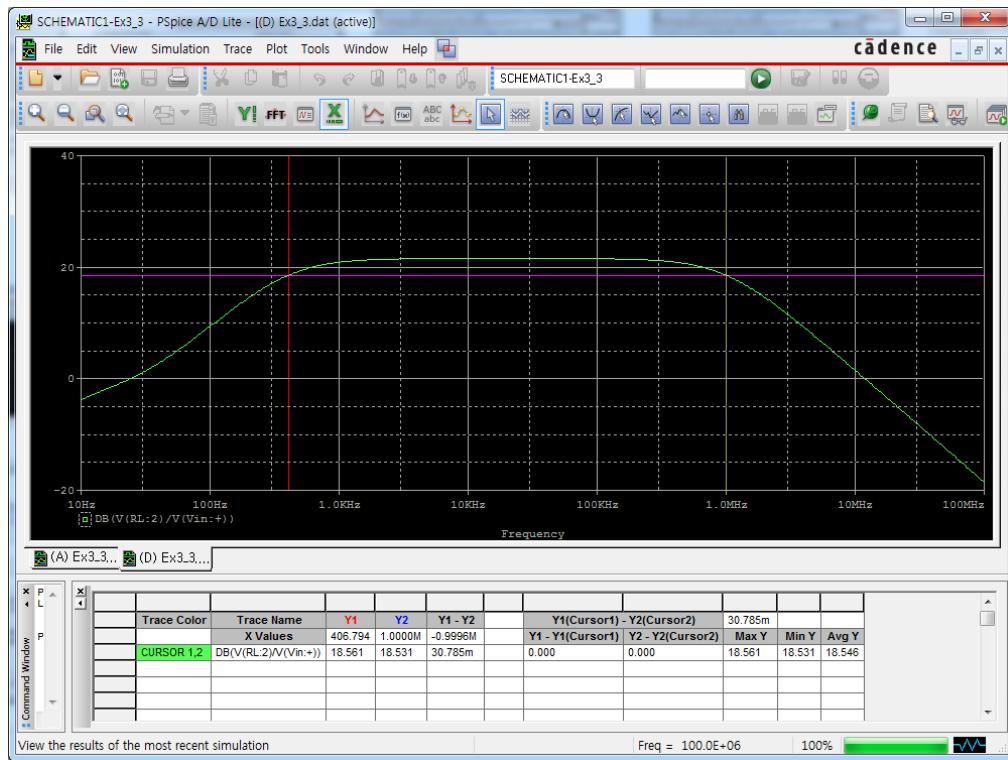


3.4.6 대역폭 측정

- 1) 먼저 3 dB 하한 주파수 f_L 과 3 dB 상한 주파수 f_H 를 구해보자.
- 2) 메뉴 Trace – Cursor – Display를 클릭한 후 마우스 커서를 움직여서 중간 주파 대역의 이득을 구한다. (아래 표에서 21.551 dB임을 알 수 있다.)

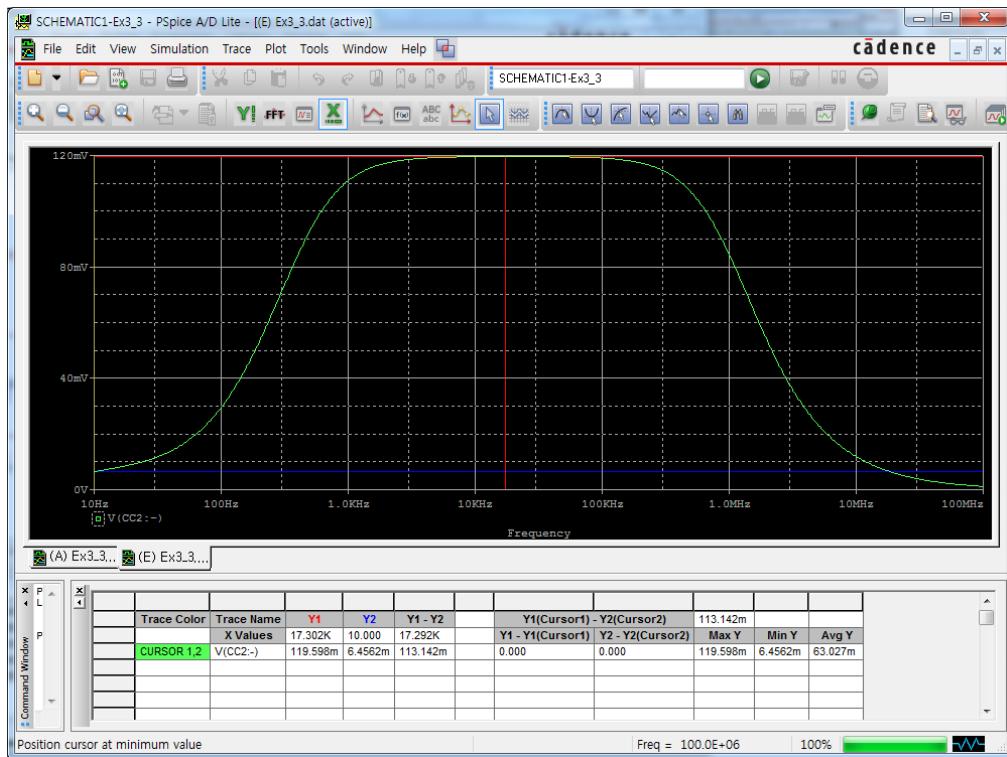


- 3) 3 dB 주파수에서 이득이 18.551 dB이므로 마우스 우측 버튼을 18 dB 근처에서 클릭한 후 좌우 화살표로 18.551 dB 근처로 이동한다. 또 마우스 좌측 버튼을 18 dB 근처에서 클릭한 후 shift 좌우 화살표로 18.551 dB 근처로 이동한다.

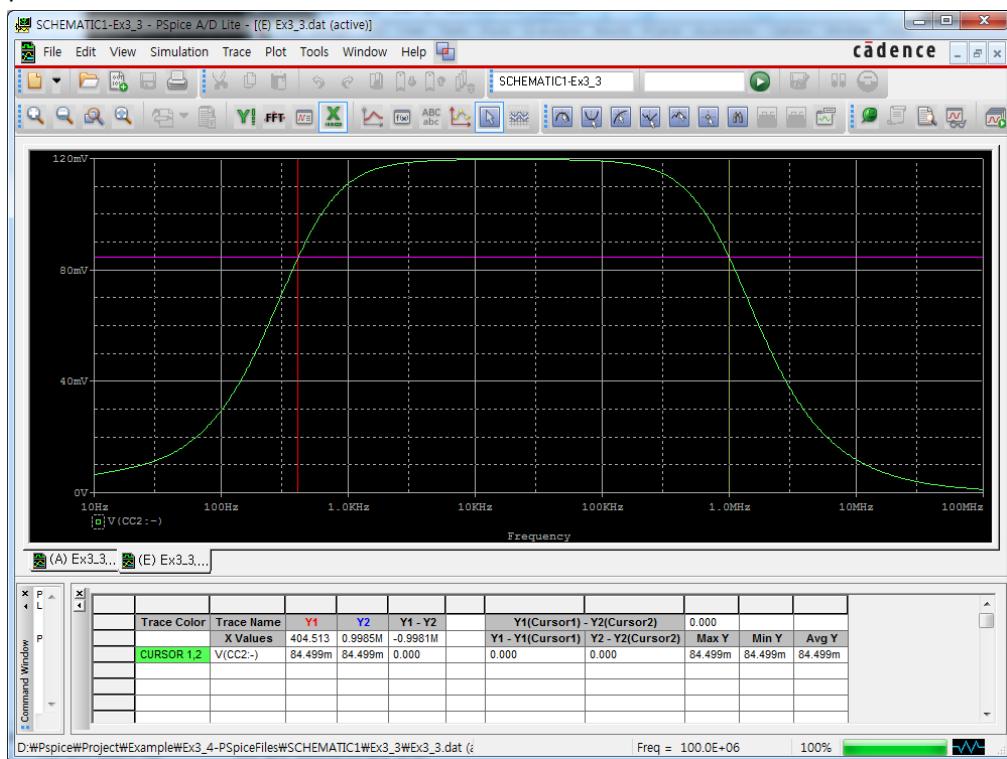


위 그림에서 $f_L = 406.8 \text{ Hz}$, $f_H = 1 \text{ MHz}$, $\Delta f = 999.6 \text{ kHz}$ 임을 알 수 있다.

- 4) 전압 이득이 아닌 출력 전압의 그래프(3.3.3 절의 7)의 그림)로부터 3 dB 주파수를 구할 수도 있다. 커서를 이동하여 중간 주파 대역의 전압 이득을 측정하면 $A_0 = 119.6 \text{ mV}$ 임을 알 수 있다.

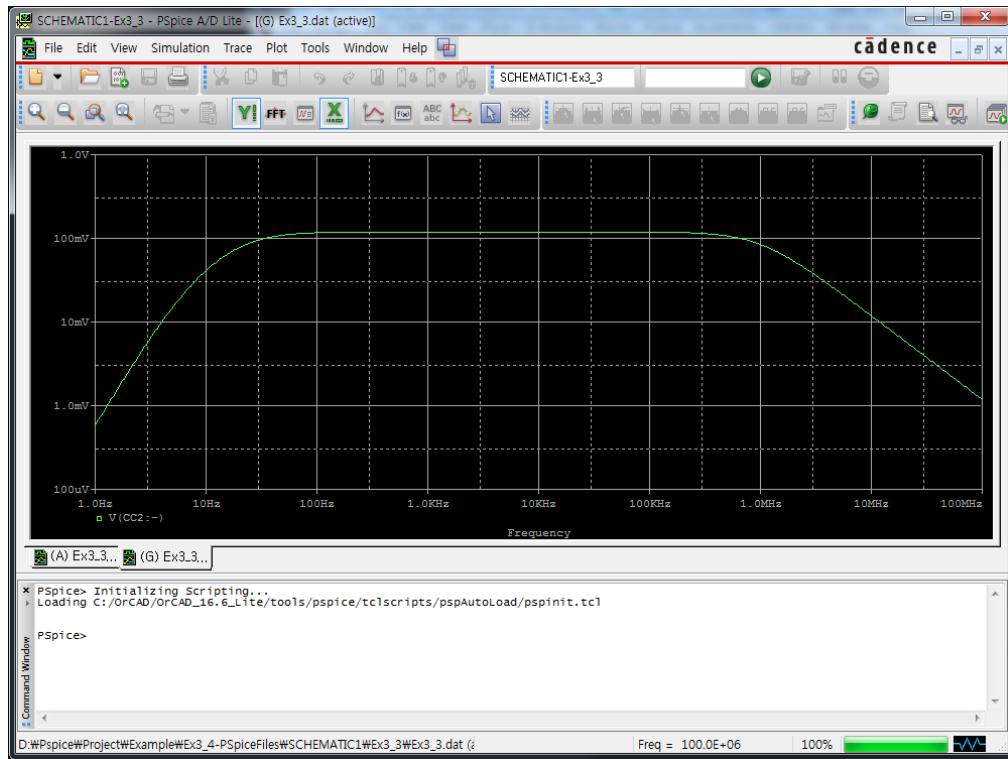


5) f_L 과 f_H 는 A_0 의 $1/\sqrt{2} = 70.71\%$ 가 되는 주파수이다. $A_0 = 119.6 \text{ mV}$ 이므로 f_L 과 f_H 에서의 이득은 $119.6 \times 0.7071 = 84.57 \text{ mV}$ 이다. 커서를 움직여서 이득이 84.57 mV 이 되는 주파수를 찾아 보면 $f_L = 404.5 \text{ Hz}$, $f_H = 998.5 \text{ kHz}$ 임을 알 수 있다.



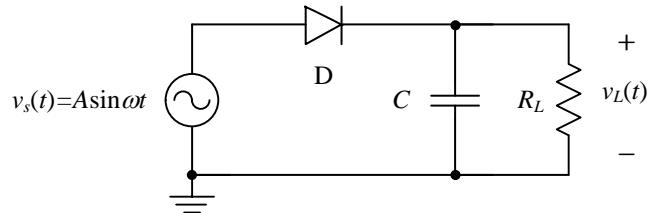
6) $f_L = 404.5 \text{ Hz}$ 이므로 오디오 증폭기로 사용하기에는 부적절하다. f_L 를 20 Hz 이하로 낮추려면 커패시터의 값을 증가시켜야 한다. f_L 은 특히 커패시터 C_E 에

의해 영향을 많이 받는다. $C_E = 470 \mu\text{F}$ 로 증가시켰을 때의 주파수 특성은 다음과 같다. $f_L = 23 \text{ Hz}$ 로 많이 감소함을 알 수 있다.



3.5 정류 회로 특성

다음과 같은 반파 정류 회로에서 커패시터 C 와 부하 저항 R_L 이 변할 때 출력 파형을 비교하여 관찰하고자 한다. 변압기에 대신하여 입력 신호에 크기가 10이고 주파수가 60 Hz인 사인파를 인가한다. 커패시터는 $10 \mu\text{F}$, $33 \mu\text{F}$, $100 \mu\text{F}$ 로 변화시키고, 부하 저항은 $1\text{k}\Omega$ 이다. 커패시터의 변화에 따른 출력 파형을 관찰하라.

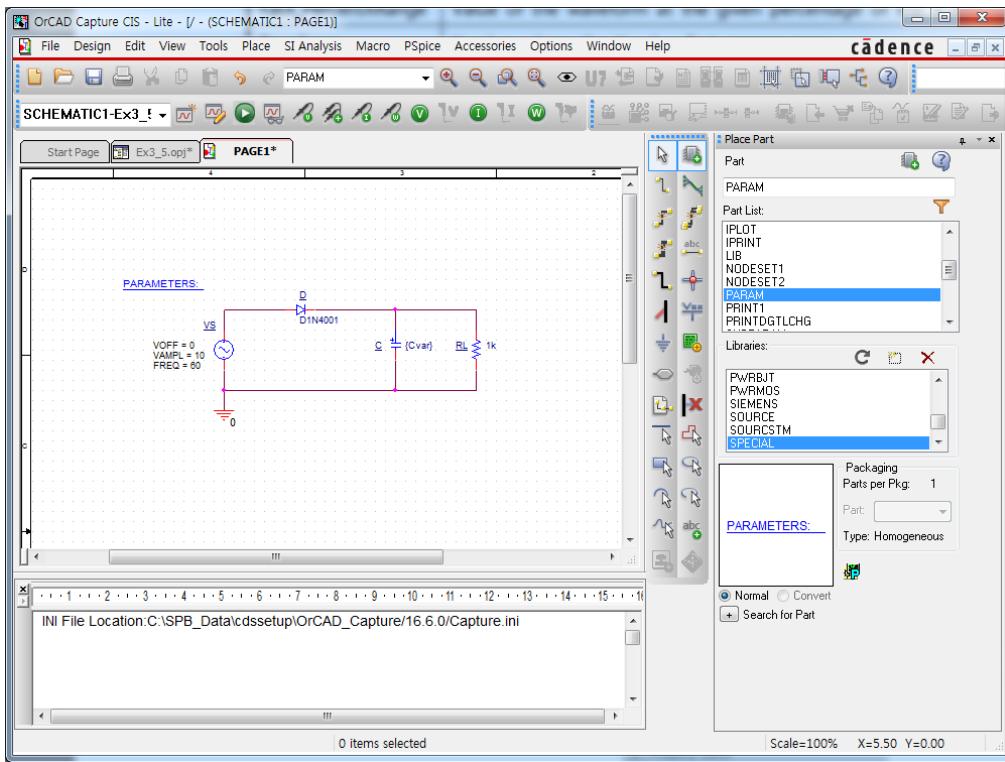


3.5.1 프로그램 실행

- 1) Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다
- 3) 적절한 폴더 [D:\WPSpice\Project\Example]를 선택하고 프로젝트 이름 [Ex3_5]를 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다.
- 4) Create a blank project를 체크하고 OK 버튼을 클릭한다.

3.5.2 소자 배치 및 소자 값 변경

- 1) Libeary에서 소자를 불러 온 후 적절히 배치하고 선을 연결한다.
 - ✓ 사인파 : SOURCE – VSIN
 - ✓ 다이오드 : DIODE – D1N4001
 - ✓ 저항 : ANALOG – R
 - ✓ 커패시터 : ANALOG – C_elect
 - ✓ 접지 : Place Ground – 0/CAPSYM
 - ✓ 파라미터용 소자 : SPECIAL – PARAM



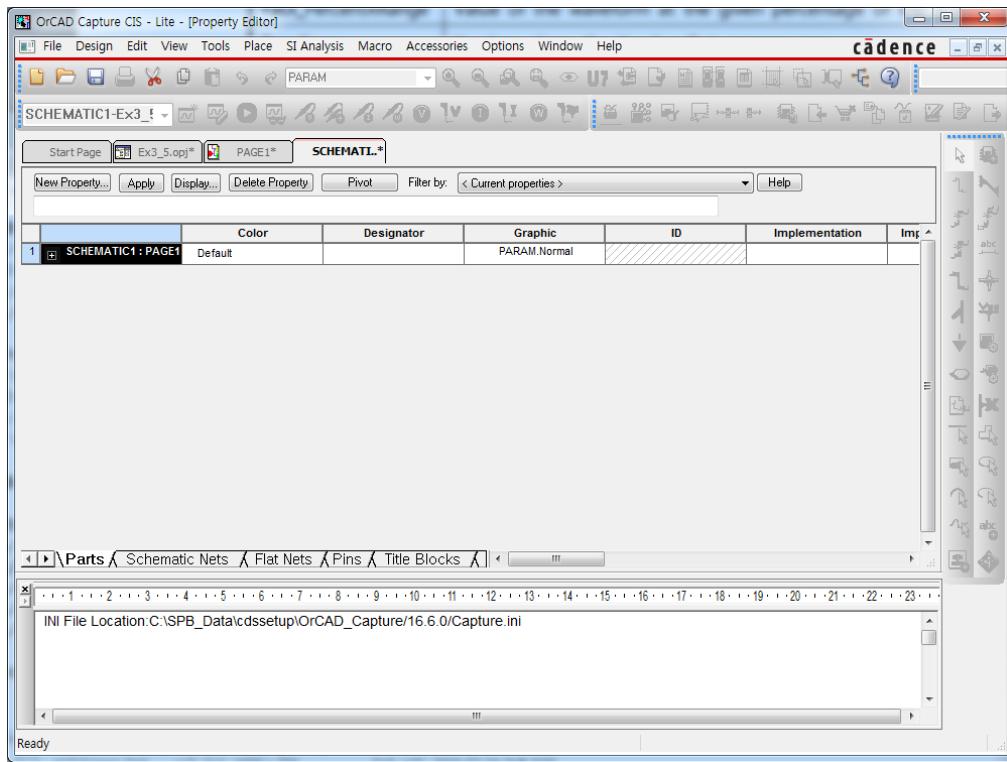
- 2) 소자의 기호를 클릭한 후 다음과 같이 변경한다. (회로의 기호와 같게 하기 위함이며 바꾸지 않아도 된다.)

 - ✓ $V_1 \rightarrow VS$, $D_1 \rightarrow D$, $C_1 \rightarrow C$, $R_1 \rightarrow RL$

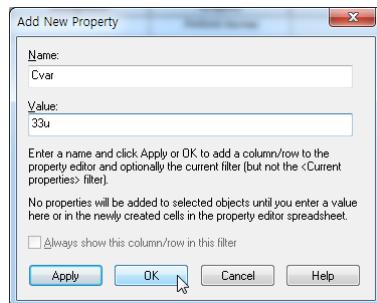
- 3) 소자의 변수 값을 더블 클릭한 후 팝업 창에 소자의 변수 값을 입력한다.

 - ✓ VS 소자 : $V_{OFF}=0$, $V_{AMPL}=10$, $FREQ=60$
 - ✓ C 소자 : {Cvar} – 커패시터 값을 변화시키기 위해 값에 {Cvar}이라 입력한다.
 - ✓ RL 소자 : 1k

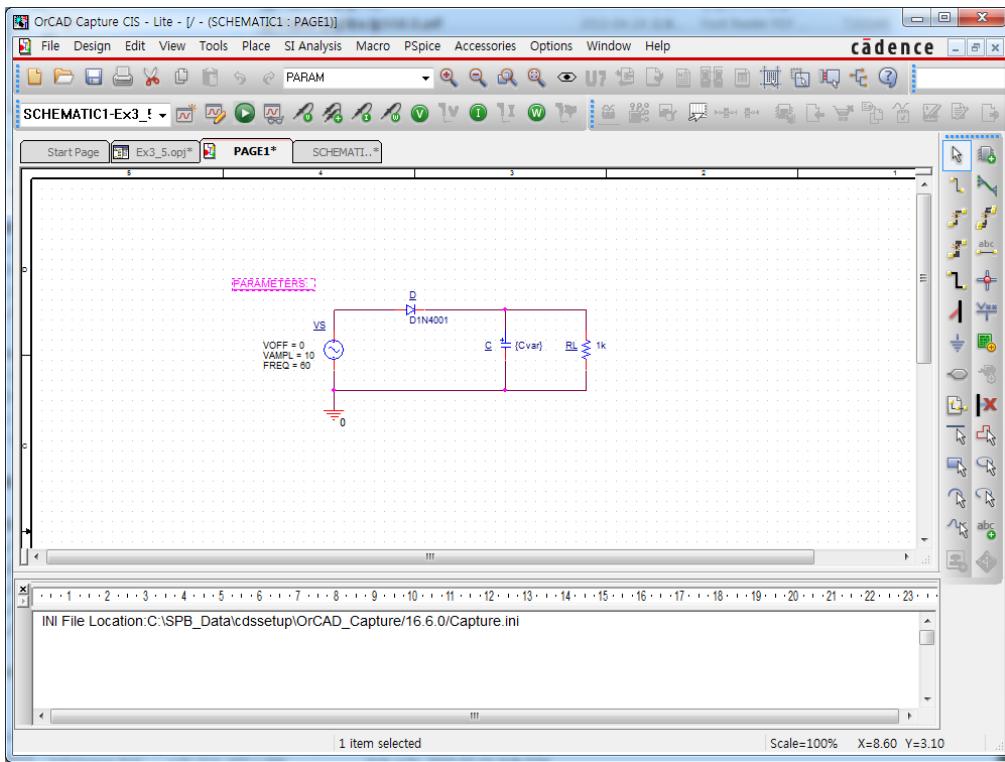
- 4) PARAMETERS를 더블 클릭한다.



- 5) New Property 버튼을 클릭한다.
- 6) Add New Property 창에서 Name에 커패시터 C의 값에 입력했던 변수명 Cvar를 입력하고 Value에는 아무 값이나 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다.

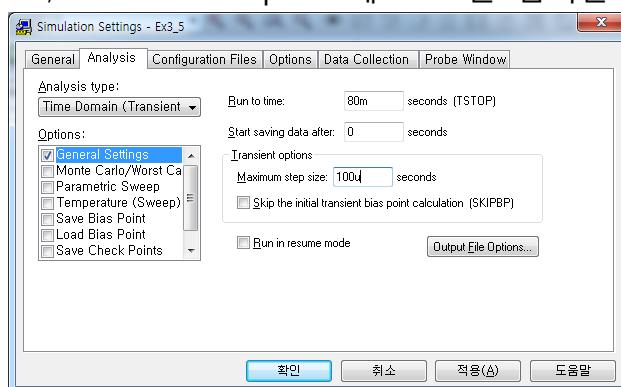


- 7) 메인 창에서 PAGE1 탭을 눌러 회로도로 이동한다.
- 8) 최종 회로도

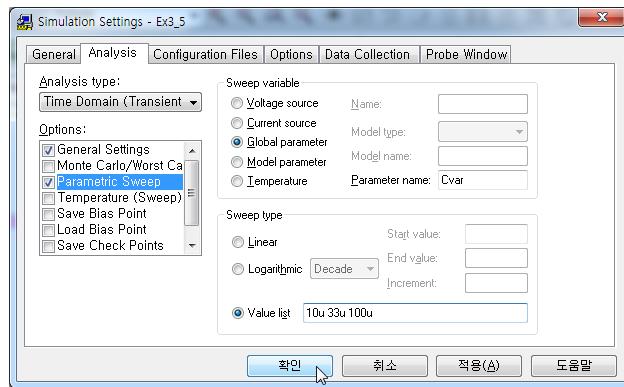


3.5.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

- 1) PSpice – New Simulation Profile 메뉴를 클릭한다.
- 2) 팝업 창의 Name에 적당한 이름을 입력하고 Create 버튼을 클릭한다.
- 3) 컴퓨터의 작업줄에 Simulation Setting 창을 클릭하여 창을 연다.
- 4) Analysis type에서 Time Domain (Transient)를 선택한다.
- 5) Run to time에 80m, Maximum step size에 100u를 입력한다



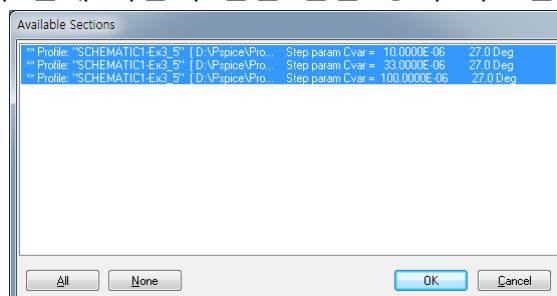
- 6) Options에서 Parametric Sweep을 체크하고 Sweep variable에서 Global parameter를 체크하고 Parameter name에 커패시터의 변수명 Cvar, Sweep type에서 Value list에 10u 33u 100u를 입력한 후 확인 버튼을 클릭한다. (Sweep type에서 선형적으로 초기값, 최종값, 간격을 주어 값을 변화시키거나 로그 눈금 간격으로 변화 시킬 수도 있다.)



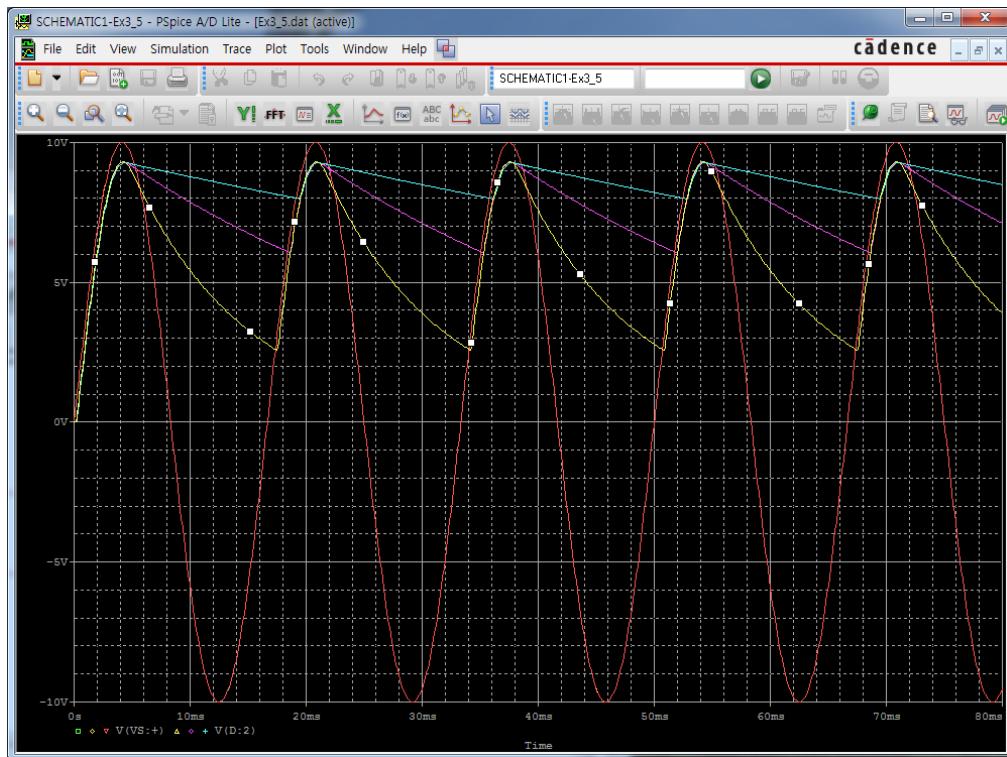
- 7) Configuration Files 탭을 눌러 다이오드 library를 등록시킨다. (3.2.3절 7)~10)
 (참조)
- 8) 확인 버튼을 클릭하여 Simulation Setting 창을 닫는다.
- 9) 전압 프로브를 연결한다.

3.5.4 PSpice 실행

- 1) 출력 전압을 관찰하기 위해 출력에 전압 프로브를 연결한다.
- 2) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨다.
- 3) 파형 창이 동작하기 전에 다음과 같은 창이 나오면 OK 버튼을 클릭한다.

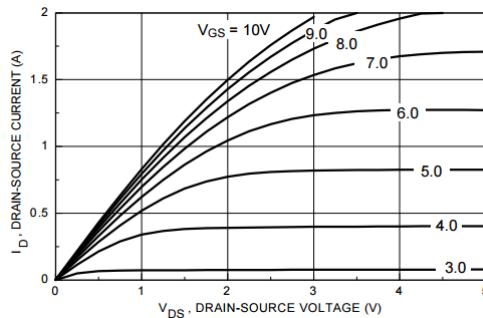


- 4) 커패시터 값에 따른 3개의 출력 파형이 출력 창에 나타난다.



3.6 MOSFET 소자 특성

다음 그림과 같은 FET의 여러 게이트-소스 전압 V_{GS} 에 대해서 드레인-소스 전압 V_{DS} 에 따른 드레인 전류 I_D 의 특성을 측정하고자 한다. (주어진 그림은 MOSFET 2N7000의 특성이다.)



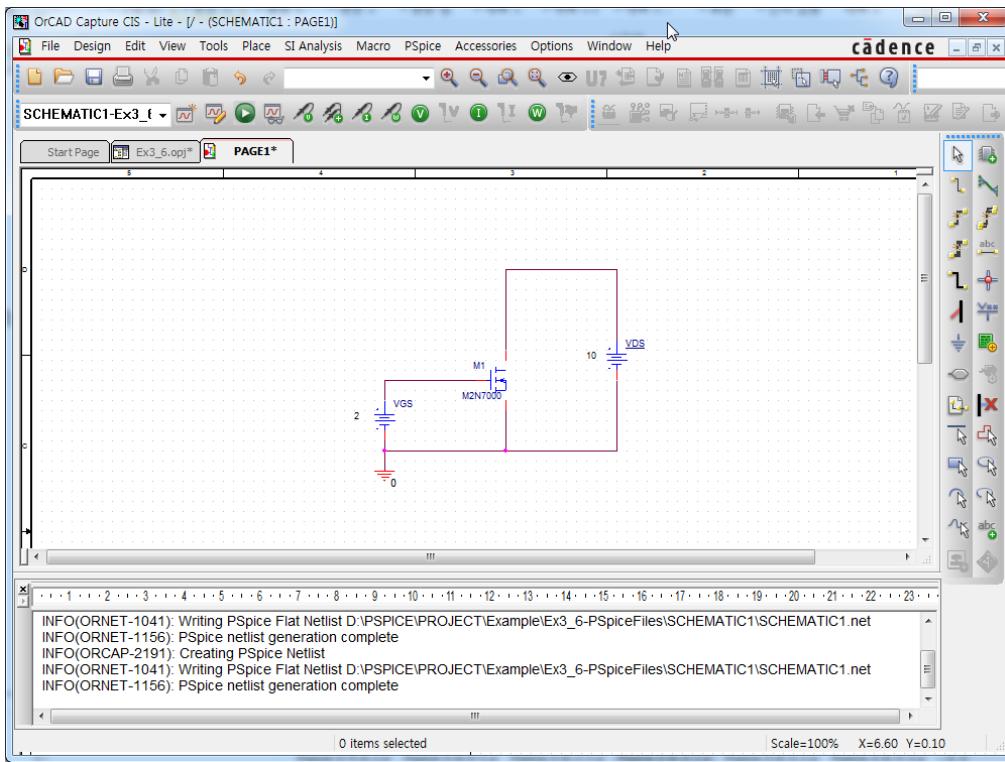
V_{GS} 를 0 V부터 5 V까지 0.5 V 간격으로 변화시켜 가면서 V_{DS} 의 변화에 따른 I_D 의 변화를 그래프로 나타내라. 소자는 MOSFET 2N7000을 사용하고 V_{DS} 는 0 V부터 10 V까지 변화시켜라.

3.6.1 프로그램 실행

- 1) Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다.
- 3) 적절한 폴더 [D:\WPSpice\Project\Example]를 선택하고 프로젝트 이름 [Ex3_6]을 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다.
- 4) Create a blank project를 체크하고 OK 버튼을 클릭한다.

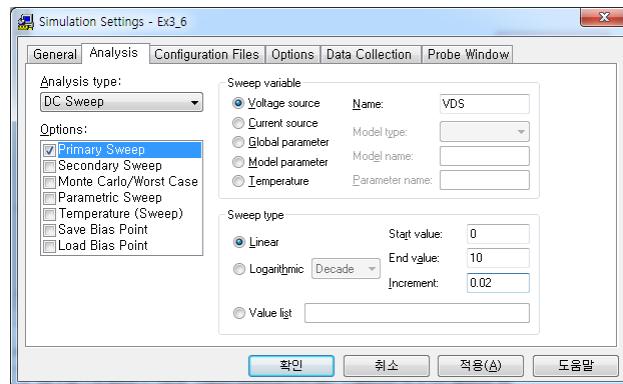
3.6.2 소자 배치 및 소자 값 변경

- 1) Libeary에서 소자를 불러 온 후 적절히 배치하고 선을 연결한다.
전원 전압 : SOURCE – VDC
입력 전압원 : SOURCE – VDC
MOSFET : PWRMOS – 2N7000
접지 : Place Ground – 0/CAPSYM
- 2) 소자 기호를 더블 클릭하여 VGS, VDS로 바꾼다.
- 3) 소자 변수 값을 더블 클릭하여 팝업 창에 주어진 소자의 값을 입력한다.
 - ✓ VGS 소자 : 0 ~ 5 V 사이를 0.5 V 간격으로 변화시키기 때문에 아무값이나 입력한다.
 - ✓ VDS 소자 : 0 V ~ 10 V 사이를 변화시켜야 하므로 아무값이나 입력한다.
- 4) 최종 회로도



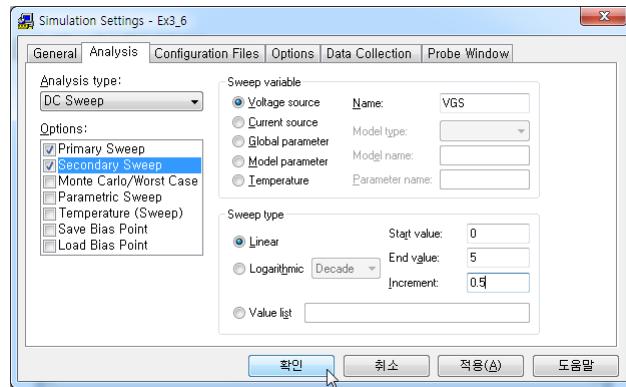
3.6.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

- 1) PSpice – New Simulation Profile 메뉴를 클릭한다.
- 2) 팝업 창의 Name에 적당한 이름을 입력하고 Create 버튼을 클릭한다.
- 3) 컴퓨터의 작업줄에 Simulation Setting 창을 클릭하여 창을 연다.
- 4) Analysis type에서 DC Sweep을 선택한다.
- 5) Option에서 Primary Sweep을 체크하고, Sweep variable에서 Voltage source를 선택하고, Name에 가변시키고자 하는 소자 VDS를 입력한다. Sweep type에서 Linear를 선택하고, Start value에 0, End value에 10, Increment에 0.02를 입력한다.

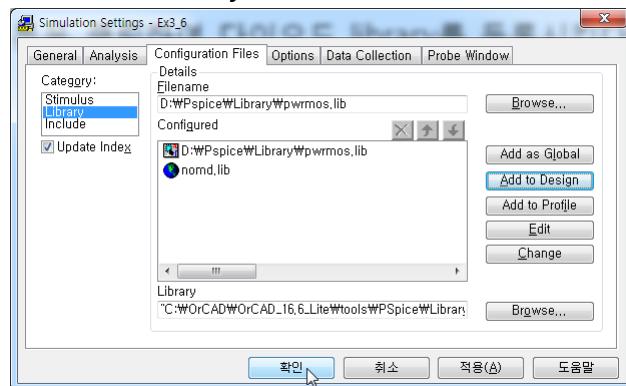


- 6) Option에서 Secondary Sweep을 체크하고, Sweep variable에서 Voltage source를 선택하고, Name에 가변시키고자 하는 소자 VGS를 입력한다. Sweep type에서 Linear를 선택하고, Start value에 0, End value에 5, Increment에 0.5를 입력

한다.



- 7) Configuration Files 탭을 클릭한다.
- 8) Category에서 Library를 선택하고, Browse... 버튼을 클릭하여 열기 창에서 MOSFET library pwrmos.lib를 선택하고 열기 버튼을 클릭한 후 Add to Design 버튼을 클릭하여 MOSFET library를 등록시킨다.

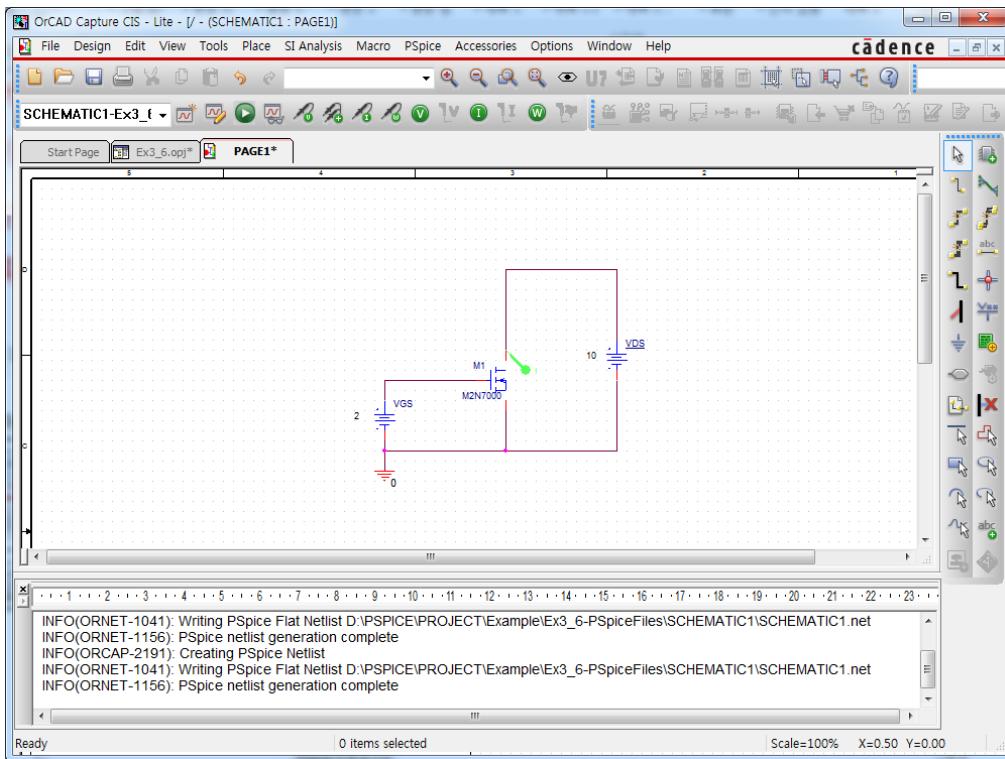


주의 : Secondary Sweep 전압 하나하나에 대해 Primary Sweep를 시행하므로 Secondary Sweep에 VGS를 할당하고, Primary Sweep에 VDS를 할당해야 한다. 만약 바꾸면 이상한 파형이 생기기 때문에 주의해야 한다.

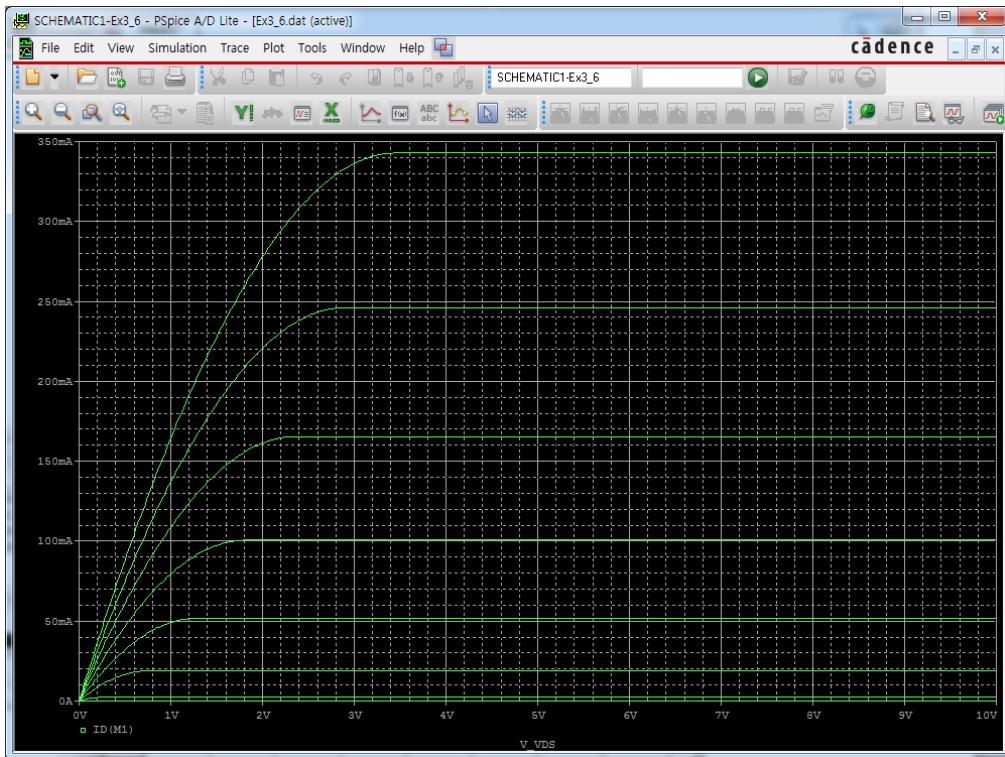
3.6.4 PSpice 실행

- 1) 드레인 전류를 측정하기 위하여 전류 프로브를 연결한다. 전류 프로브는 반드시 소자 핀에 연결해야 하며 선(wire)에 연결하면 다음과 같은 에러가 발생한다.





2) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨다. PSpice가 실행되면 다음과 같은 파형 창이 생긴다.



3) 위 그림으로부터 $V_{GS} = 5\text{ V}$ 이면 핀치오프 전압은 대략 $V_P = 3.3\text{ V}$ 임을 알 수 있다. 즉 $V_{DS} < 3.3\text{ V}$ 이면 트라이오드 영역에서 동작하고 $V_{DS} > 3.3\text{ V}$ 이면 포화 영역에서 동작한다. 또 $V_{GS} = 2\text{ V}$ 일 때는 $I_D \approx 0$ 이므로 문턱 전압은 $2\text{ V} \sim 2.5\text{ V}$ 사이에 있음을 알 수 있다. 2N7000의 문턱 전압은 일반적으로 2.1 V 이다.

3.7 다이오드 온도 특성

다이오드의 전압-전류 특성($V_D - I_D$ 특성)은 온도의 영향을 받는다. 즉 V_D 가 일정하더라도 온도가 올라가면 I_D 가 증가하고 온도가 내려가면 I_D 가 감소한다.

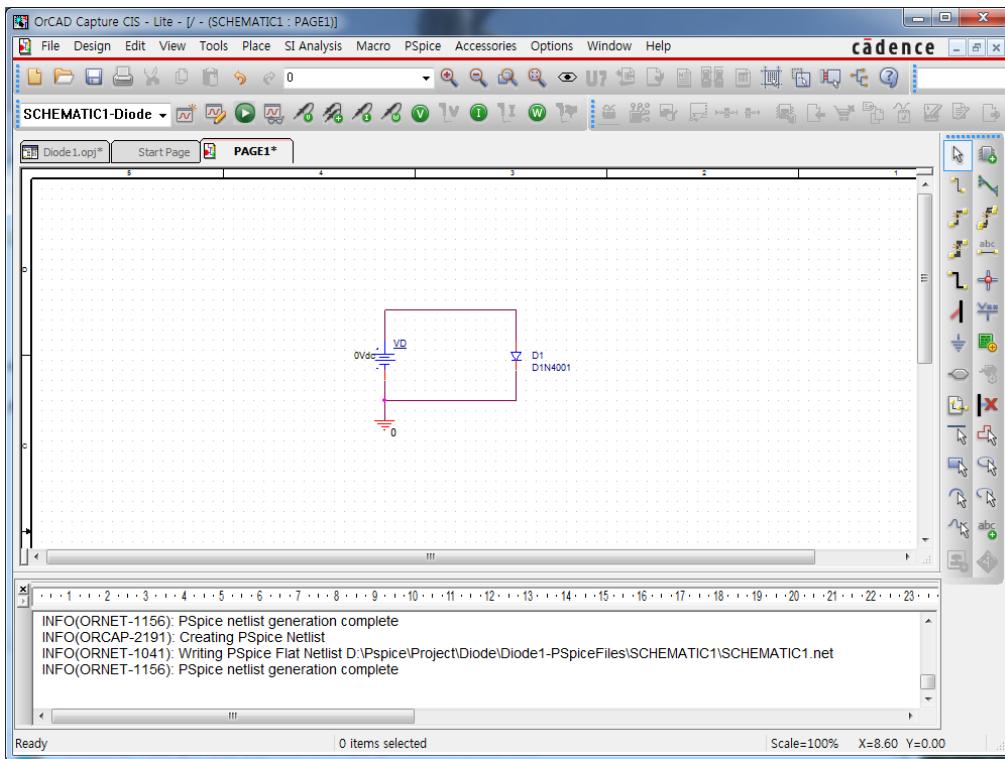
온도가 -20° , 30° , 80° 일 때 다이오드 1N4001의 $V_D - I_D$ 특성 곡선을 그려라.
 V_D 는 0V부터 1.2V까지 변화시켜라.

3.7.1 프로그램 실행

- 1) Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다.
- 3) 적절한 폴더 [D:\WPSpice\Project\Example]를 선택하고 프로젝트 이름 [Ex3_7]을 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다.
- 4) Create a blank project를 체크하고 OK 버튼을 클릭한다.

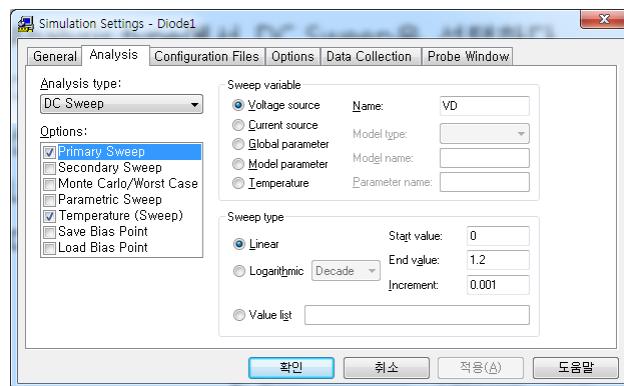
3.7.2 소자 배치 및 소자 값 변경

- 1) Libeary에서 소자를 불러 온 후 적절히 배치하고 선을 연결한다.
전원 전압 : SOURCE – VDC
다이오드 : DIODE – 1N4001
접지 : Place Ground – 0/CAPSYM
- 2) 소자 기호를 더블 클릭하여 V1을 VD로 바꾼다.
- 3) 소자 변수 값을 더블 클릭하여 팝업 창에 주어진 소자의 값을 입력한다.
✓ VD 소자 : 0V ~ 1.2V 사이를 변화시켜야 하므로 아무값이나 입력한다.
- 4) 최종 회로도

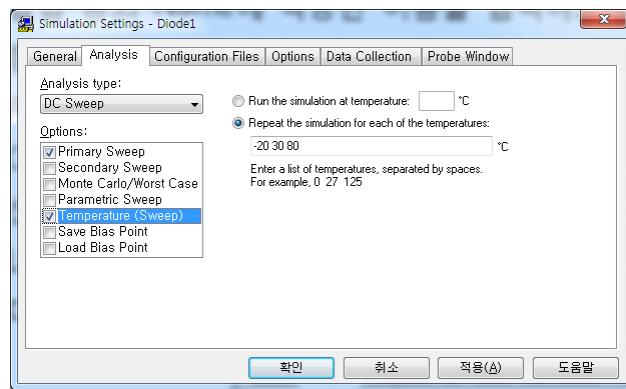


3.7.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

- 1) PSpice – New Simulation Profile 메뉴를 클릭한다.
- 2) 팝업 창의 Name에 적당한 이름을 입력하고 Create 버튼을 클릭한다.
- 3) 컴퓨터의 작업줄에 Simulation Setting 창을 클릭하여 창을 연다.
- 4) Analysis type에서 DC Sweep를 선택한다.
- 5) Option에서 Primary Sweep를 체크하고, Sweep variable에서 Voltage source를 선택하고, Name에 가변시키고자 하는 소자 VD를 입력한다. Sweep type에서 Linear를 선택하고, Start value에 0, End value에 1.2, Increment에 0.001을 입력한다.



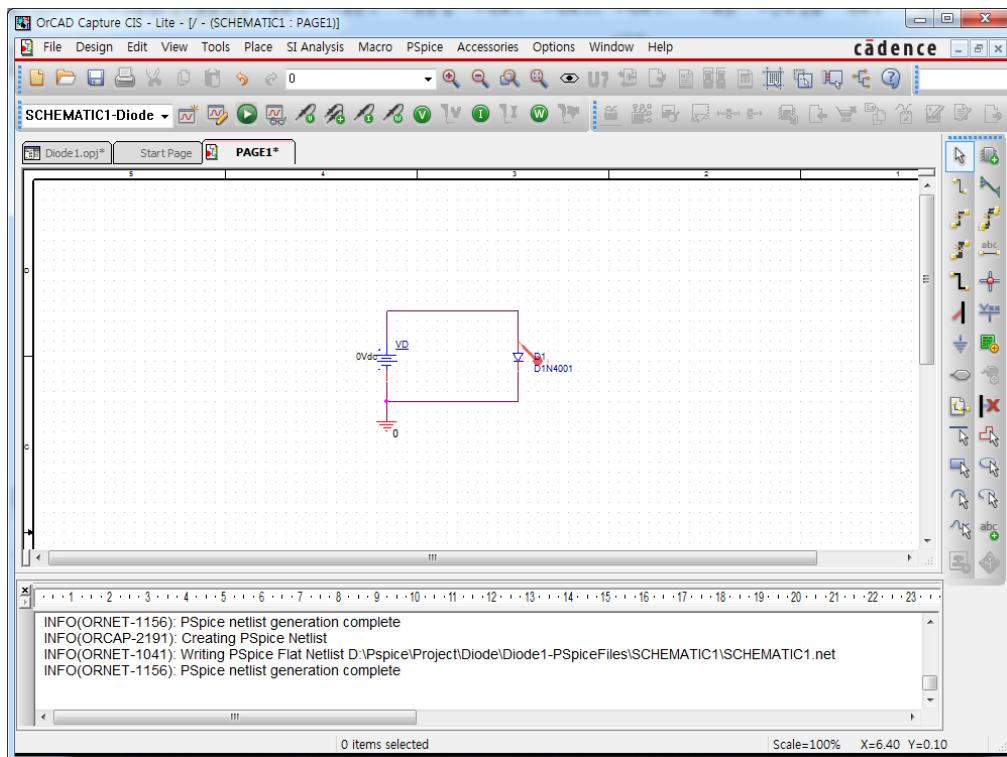
- 6) Option에서 Temperature (Sweep)를 체크하고, Repeat the simulation...를 선택하고 -20 30 80을 입력한다.



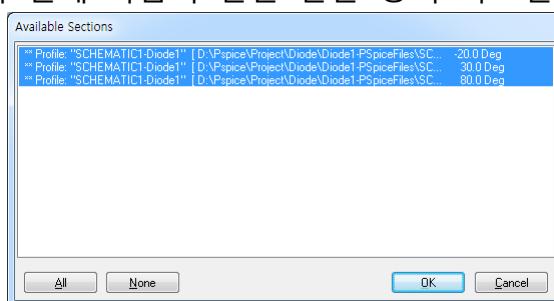
- 7) Configuration Files 탭을 눌러 다이오드 library를 등록시킨다. (3.2.3절 7)~10)
참조)

3.7.4 PSpice 실행

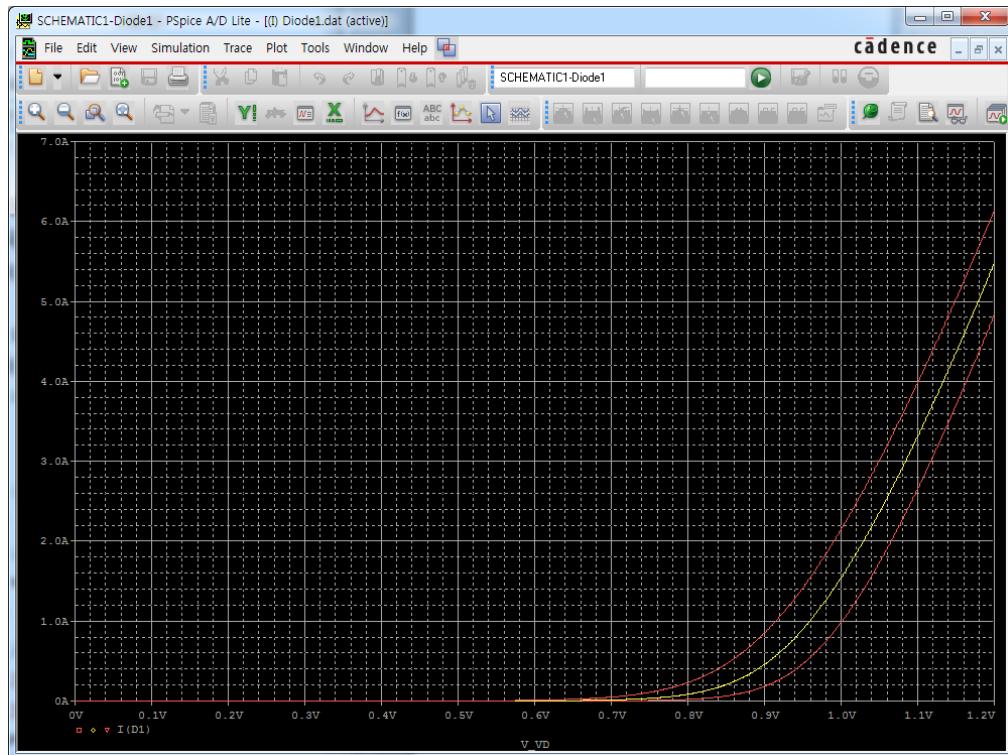
- 1) 다이오드 전류를 측정하기 위하여 전류 프로브를 연결한다. 전류 프로브는 반드시 소자 핀에 연결해야 하며 선(wire)에 연결하면 에러가 발생한다.



- 2) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨다.
3) 파형 창이 동작하기 전에 다음과 같은 창이 나오면 OK 버튼을 클릭한다.



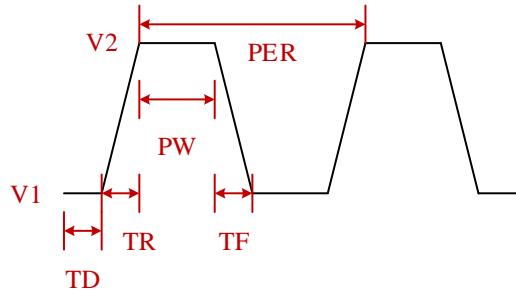
4) 오도에 따른 전압-전류 특성 곡선이 출력 창에 나타난다.



4. 입력 신호

SPICE의 어낼로그 입력 신호에 가장 많이 사용되는 입력원은 정현파(사인파)이지만 가끔 구형파도 사용된다.

▣ 구형파 소자 : SOURCE – VPULSE

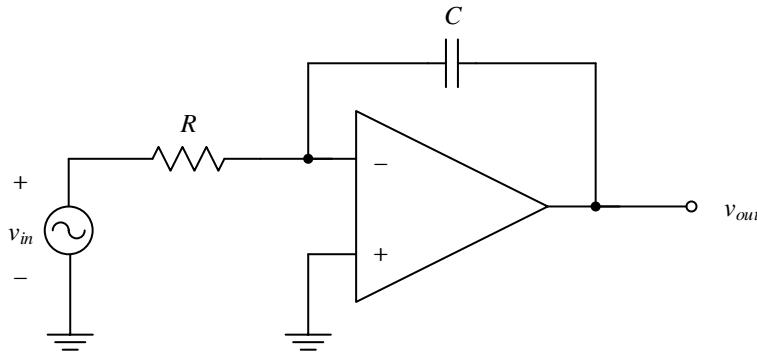


▣ 크기가 5 V, 주파수가 1 kHz인 구형파

- ✓ $V1 = 0$
- ✓ $V2 = 5$
- ✓ $TD = 0$
- ✓ $TR = 1\text{p}$ (아주 작게 한다.)
- ✓ $TF = 1\text{p}$ (아주 작게 한다.)
- ✓ $PER = 1\text{m}$
- ✓ $PW = 0.5\text{m}$

4.1 연산 증폭기를 이용한 적분기 회로

다음과 같은 연산 증폭기를 이용한 적분기 회로에 입력에 피크-피크값이 10 V, 직류 성분이 0, 주파수가 1 kHz인 구형파를 가할 때 출력 파형을 관찰하고자 한다. $v_{in}(t)$, $v_{out}(t)$ 의 파형을 관찰하라. $R = 2.2 \text{ k}\Omega$, $C = 0.22 \mu\text{F}$ 이다.



입력과 출력 파형 사이의 관계식은 다음과 같다.

$$v_{out}(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_{in}(\tau) d\tau$$

4.1.1 프로그램 실행

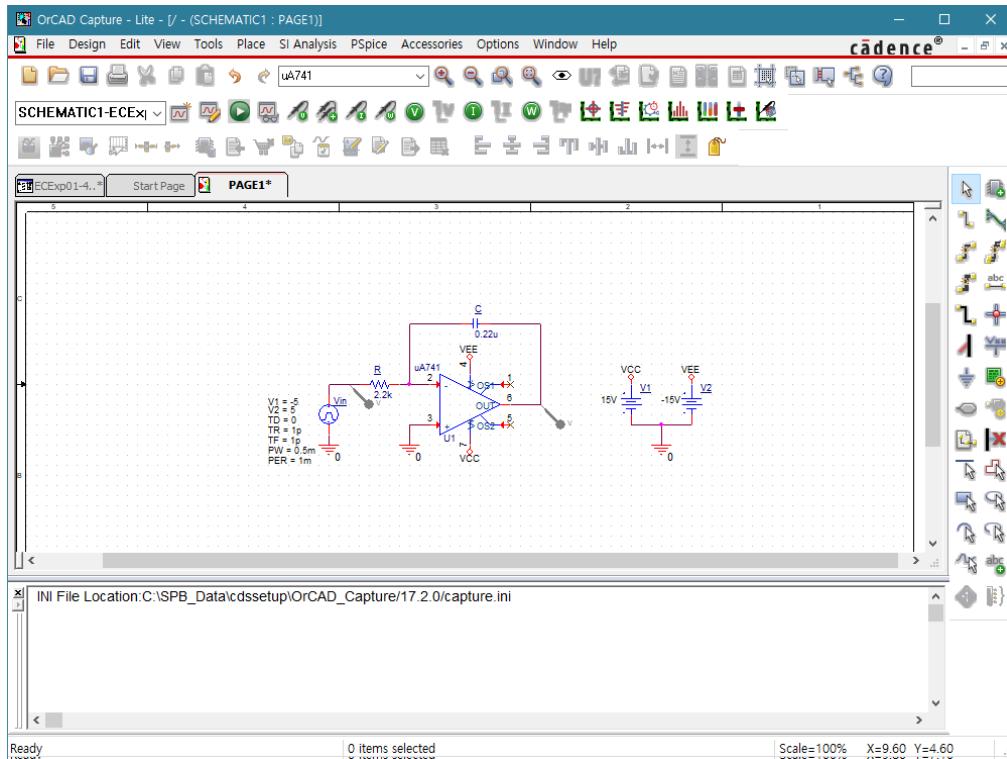
- 1) Capture CIS Lite를 실행한다.
- 2) File – New – Project 메뉴를 클릭하여 새로운 프로젝트를 시작한다
- 3) 적절한 폴더 [D:\WPSpice\Project\Example\Ex4_1]을 선택하고 프로젝트 이름 [Ex4_1]을 입력한 후 OK 버튼을 클릭한다.
- 4) Create a blank project를 체크하고 OK 버튼을 클릭한다.

4.1.2 소자 배치 및 소자 값 변경

- 1) 라이브러리에서 소자를 불러 온 후 적절히 배치하고 선을 연결한다.
 - ✓ 연산 증폭기 : OPAMP – uA741
 - ✓ 입력 전압 : SOURCE – VPULSE
 - ✓ 직류 전원 : SOURCE – VDC
 - ✓ 저항 : ANALOG – R
 - ✓ 커패시터 : ANALOG – C
 - ✓ 접지 : Place Ground – 0/CAPSYM
 - ✓ 전원 : Place Ground – VCC/CAPSYM
- 2) 소자의 이름을 그림처럼 바꾼 후 변수 값을 더블 클릭한 후 팝업 창에 소자의 변수 값을 입력한다.
 - ✓ Vin 소자 : V1 = -5, V2 = 5, TD = 0, TR = 1p, TF = 1p, PER = 1m, PW = 0.5m

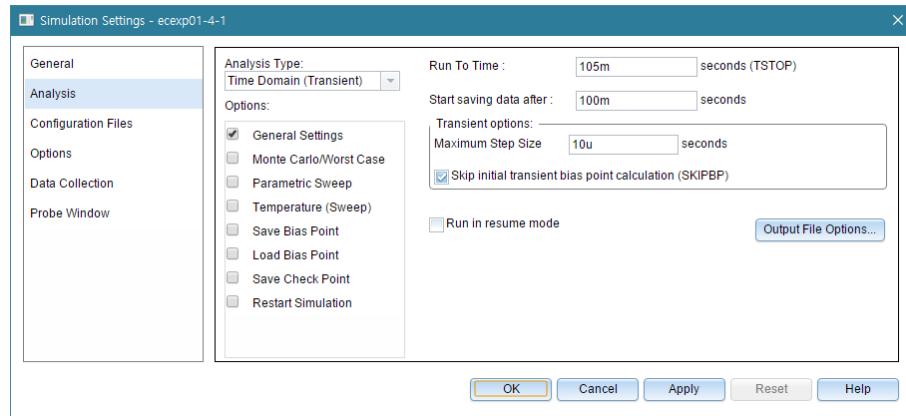
- ✓ R 소자 : 2.2k
- ✓ C 소자 : 0.22u
- ✓ V1 소자 : 15
- ✓ V2 소자 : -15

3) 최종 회로도



4.1.3 PSpice 시뮬레이션 Setting

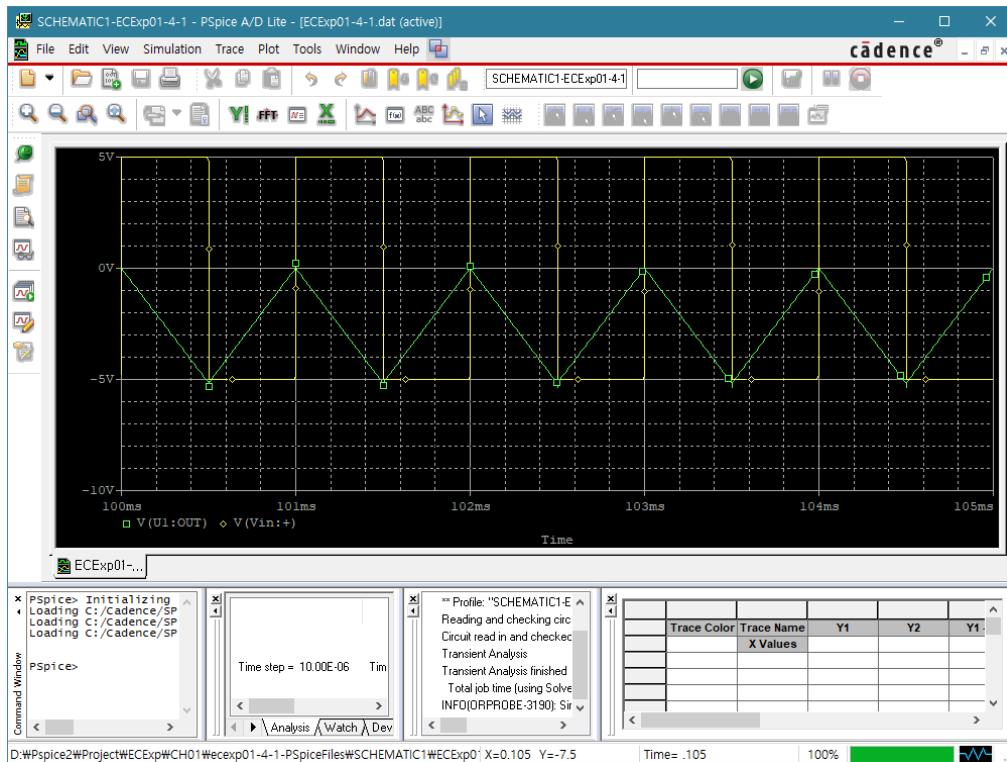
- 1) PSpice – New Simulation Profile 메뉴를 클릭한다.
- 2) 팝업 창의 Name에 [Ex4_1]을 입력하고 Create 버튼을 클릭한다.
- 3) 컴퓨터의 작업줄에 Simulation Setting 창을 클릭하여 창을 연다.
- 4) Analysis type에서 Time Domain (Transient)를 선택한다.
- 5) Run to time에 105m을 입력한다.
- 6) Start saving data time에 100m를 입력한다. (사인파의 주파수가 1kHz 이므로 주기는 1 ms가 된다. 5 주기를 나타내기 위해 100m ~ 105m을 입력했다.)
- 7) Maximum step size에 10u를 입력한다.



8) 확인 버튼을 클릭하여 Simulation Setting 창을 닫는다.

4.1.4 PSpice 실행

- 1) 원하는 곳의 전압 파형을 보기 위해 프로브를 연결한다.
- 2) PSpice – Run 메뉴를 눌러 PSpice를 실행시킨다. PSpice가 실행되면 다음과 같은 파형 창이 생긴다.



- 3) 위의 파형을 보면 출력 파형이 입력 파형을 적분한 파형 임을 알 수 있다. 입력이 (+)로 일정하면 출력은 (-) 기울기를 갖는 선형 파형이 되고 입력이 (-)로 일정하면 출력은 (+) 기울기를 갖는 선형 파형이 된다.