

OrCAD Pspice를 이용한 회로 시뮬레이션





1. OrCAD Pspice 소개


- 아날로그 및 디지털 회로 설계
 - 회로를 직접 설계 제작하여 실험을 통한 회로 특성을 평가
 - 회로구성 및 특성해석에 많은 시간과 측정장비 및 경비가 필요
 - 시뮬레이션(simulation)을 통한 회로 특성 평가
 - 실제 회로를 제작하지 않고 컴퓨터를 이용하여 계산하고 측정, 평가할 수 있어 효과적

1.1 Pspice의 기능 및 특징

- SPICE(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)
 - 컴퓨터를 이용한 전기, 전자, 디지털 회로 설계와 해석을 위해 1972년 미국 Berkely 대학에서 개발한 프로그램.
 - 트랜지스터의 동작점, 과도 특성해석 및 주파수 응답해석 등의 전기, 전자회로에 대한 복잡하고 다양한 해석이 가능. 저항, 콘덴서, 인덕터 등의 수동소자와 다이오드, 트랜지스터, FET 등의 능동소자에 대한 모델이 library화되어 있어 거의 모든 회로에 대한 시뮬레이션이 가능
- Pspice
 - 1984년에 MicroSim사에서 출시한 SPICE에 의한 PC기반의 시뮬레이션 프로그램
 - 회로의 설계, 편집, 시뮬레이션 및 그래픽 출력이 가능. 11,000개의 Analog library와 2,000개의 Digital library가 있으며 이들 library를 수정하여 새로운 model을 생성할 수 있다.
- 현재에는 OrCAD사에서 MicroSim사를 인수 합병하여 회로 작성 기능을 강화한 OrCAD PSpice Release 9.x까지 나온 상태

1.2 Pspice 관련 프로그램의 구성

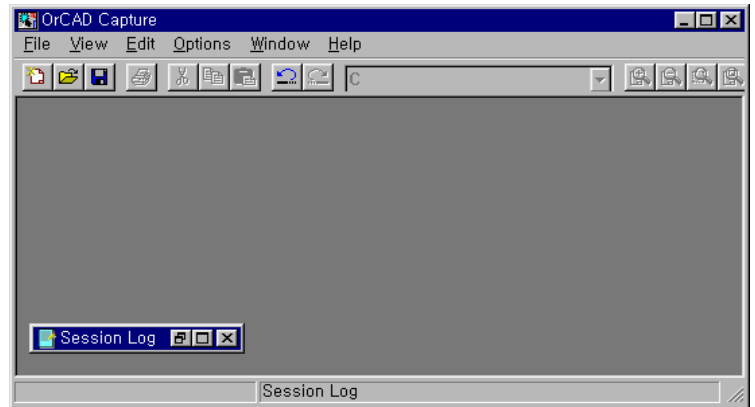
- Capture CIS () : 시뮬레이션 할 회로를 그리는데 사용하는 Schematic Capture 프로그램
- Pspice A/D () : 실제 시뮬레이션 계산을 수행하고 결과를 그래프로 나타내주는 프로그램
- Pspice Model Editor() : 표준부품이 아닌 소자(다이오드, 트랜지스터, FET 등)의 Pspice Parameter를 설정할 수 있도록 제공하는 프로그램
- Pspice Optimizer() : 회로의 최적 설계값(소자값, 소자의 Parameter 등)을 생성해 주는 프로그램

- Pspice Simulation Manager : Pspice 시뮬레이션 관리 프로그램
- Pspice Stimulus Editor() : 사용자가 입력신호를 생성하기 위한 프로그램

2. Pspice를 이용한 회로 시뮬레이션

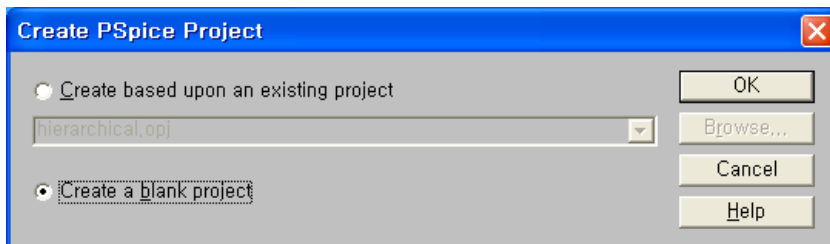
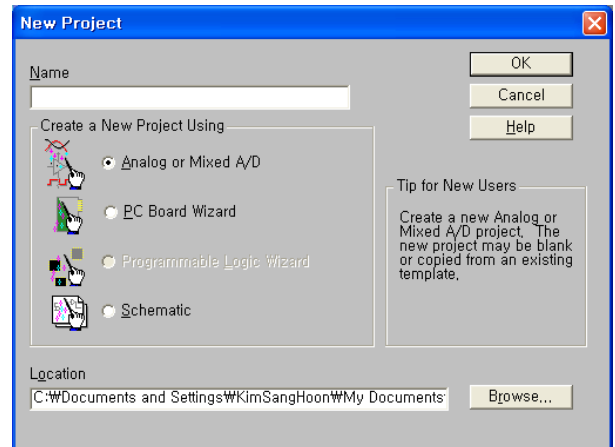
2.1 Capture 프로그램 시작

- OrCAD Capture 프로그램의 목적
 - 회로분석을 쉽게 하고 상징적인 회로도면을 그려서 이를 인쇄회로기판(PCB)으로 실제적인 작업을 하기 위한 최종의 netlist 파일을 생성하는 것.
- Capture를 실행하면 그림과 같이 Capture의 기본 창이 열린다. →



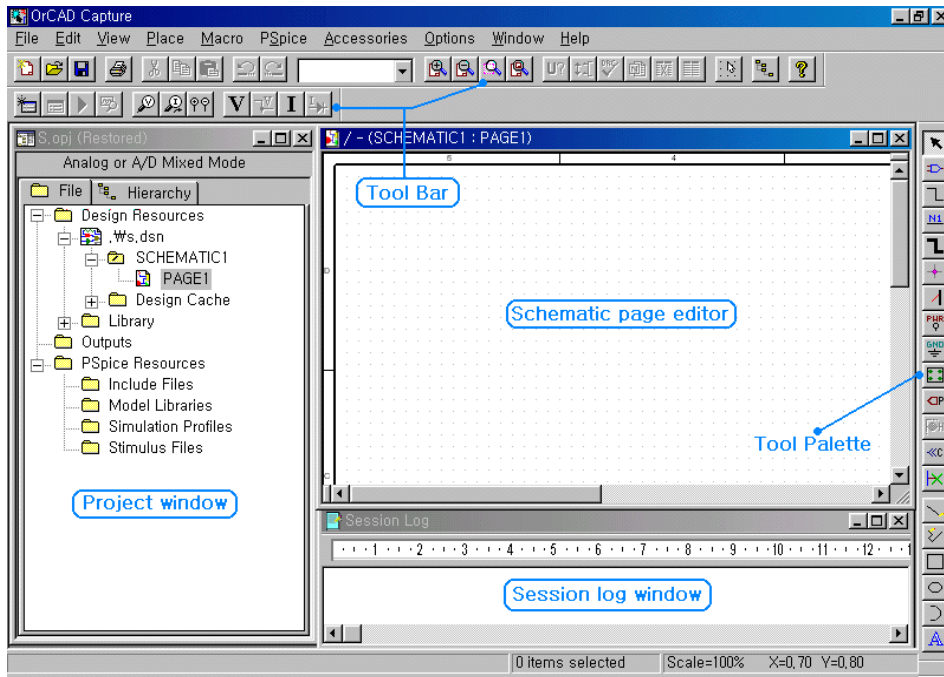
2.2 프로젝트 파일 생성

- 프로젝트 단위로 파일을 관리
- 새로운 프로젝트 생성
 - Capture 기본 창의 메뉴 바에서 File/New/Project를 선택
 - Name → 프로젝트 파일 이름 입력
 - Pspice용 회로작성을 위하여 Analog or Mixed A/D를 선택
 - Location 상자에 파일의 저장 경로를 지정
 - OK 버튼 클릭



- 새로운 프로젝트 생성을 위해 blank project 선택

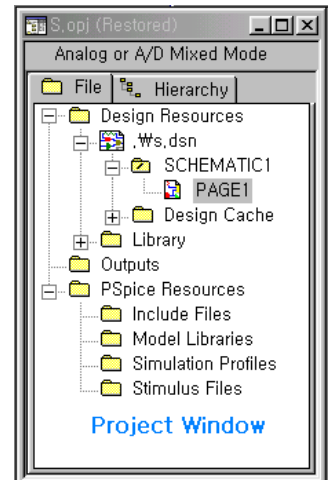
■ Capture Window → 3부분의 window로 구성



① Project Manager

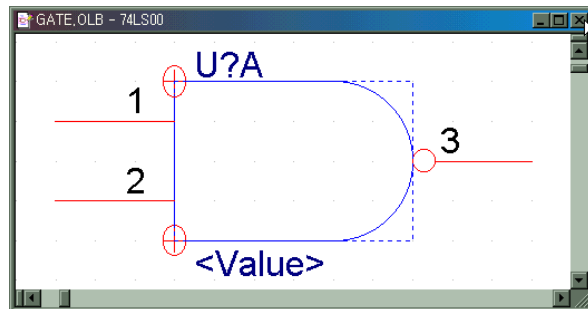
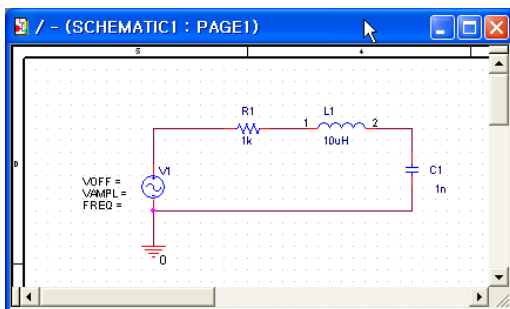
→ 작성된 회로 파일 및 시뮬레이션 결과 파일 등 필요한 여러 종류의 파일 정보들을 관리.

- Design Resources : 회로도/Design 관련 부품(*.dsn)
- Design Cache : Design에 사용된 부품
- Library : Design관련 library(*.olb)
- Outputs : Design Rule Check(*.drc), Netlist file(*.net)
- Pspice Resources : Include file(*.inc), 사용자가 변경 추가한 library(*.Lib), Stimulus Files(*.Stl)



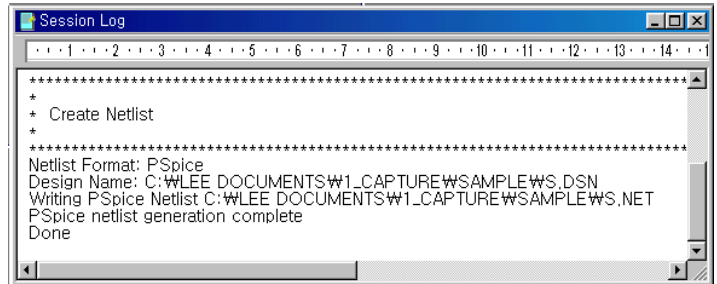
② Schematic Page Editor

→ 회로 설계의 작성을 하기 위한 Schematic page editor와 새로운 부품 및 심벌의 생성과 기존 부품의 편집에 사용되는 Part editor가 있다.



③ Session Log

- Schematic Design에서 작업되는 내용들을 기록
- 회로도면 검사를 실행하여 Design에 대한 Error를 출력
- netlist 파일의 형태와 저장된 경로 등의 내용을 출력

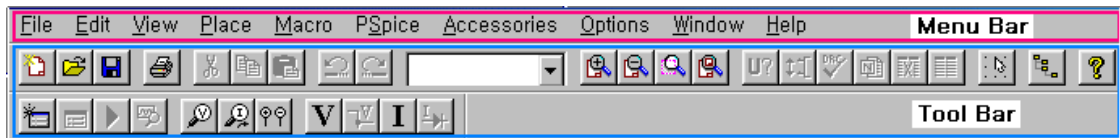


④ Capture Bar

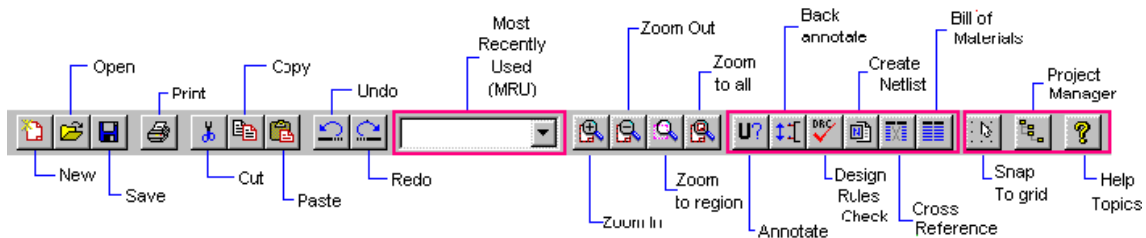
- Capture를 실행해 도면을 활성화시키면 Title Bar, Menu Bar, Tool Bar, Tool Palette, Status Bar 등을 볼 수 있다.

• 메뉴 바 (Menu Bar)

File, Edit, view, Place, Macro, Accessories, Options, Window, Help 등으로 구성



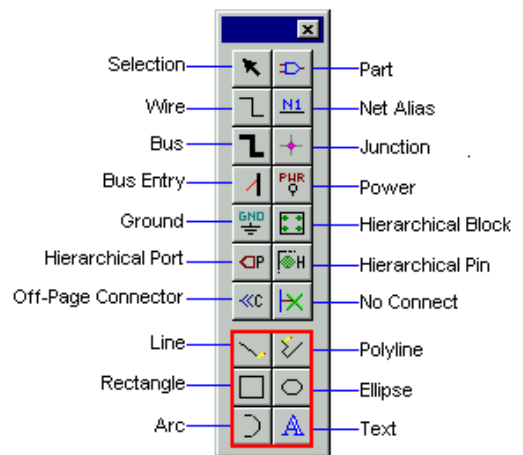
• Tool bar → 필요한 기능을 아이콘으로 표시



• Tool palette

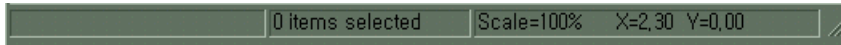
- 도면을 작성하는데 가장 많이 쓰이는 기능을 모아 놓은 Bar

- Selection : 도면의 부품을 선택 시 사용
- Part : library에서 부품 불러오기
- Wire : 배선작업
- Net Alias : Wire에 이름 부여
- Bus : Data line 배선
- Junction : 접점
- Bus Entry : 복수의 signal
- Power, Ground : Ground, Power library
- Hierarchical Block : 계층구조의 Box 설정
- Hierarchical Pin : 계층구조의 Box에 Pin 배치
- Hierarchical Port : 계층구조로 연결된 새로운 Schematic에 연결할 Port
- Off-Page Connector : 평면 구조에서 도면과 도면을 연결할 때 사용
- No Connect : 사용하지 않는 핀



- Status bar

→ 현재 도면에서 마우스의 화살표가 가리키고 있는 횡축과 종축의 좌표와 현재 사용자가 선택하고 있는 객체의 개수를 표시하는 Bar.



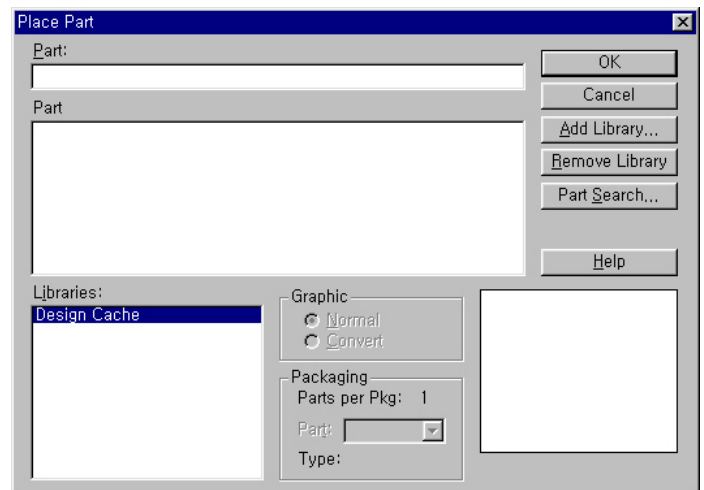
2.3 회로도 작성

- 회로도 작성 순서

- 시뮬레이션용 회로를 그릴 때는 반드시 PSpice 폴더에 있는 Library를 사용해야 한다. 모든 소자는 각각 분류되어 Library에 저장되어있는데 소자를 사용하기 위해서는 Library를 지정해줘야 한다.
- 배치한 소자 연결.
- 각 소자들의 파라미터 입력.
- 시뮬레이션 조건 설정.

1) 부품 찾기와 배치

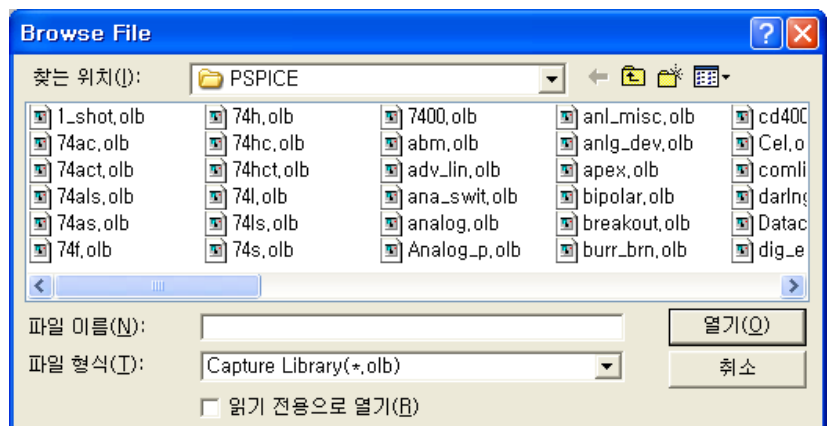
- 필요한 소자를 Library로부터 가져온다.
- 툴 팔레트에서 Place Part()를 선택



- Library 등록

- Add Library 버튼 클릭
- Browse File 창 Open.

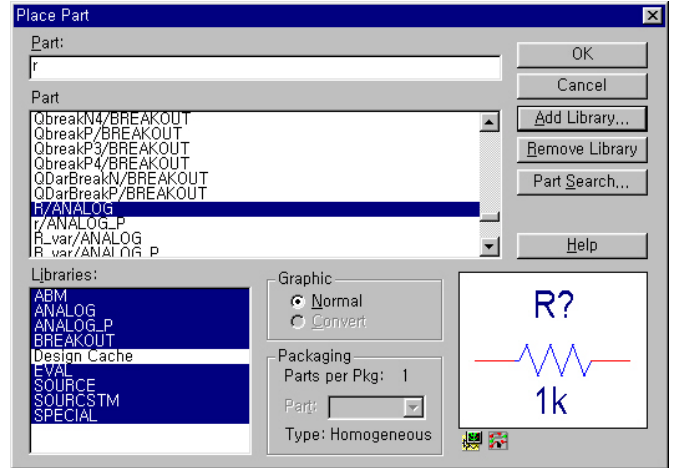
- analog.olb Library 파일을 선택한 후에 열기 버튼을 클릭
- Place Part 창의 Libraries box에 해당 Library가 등록됨.




• 배치

- Place Part 창의 Part 상자에 찾을 부품의 이름을 입력/부품이름을 선택하여 원하는 부품을 찾은 후에 OK 버튼 클릭
- schematic 윈도우에 클릭.

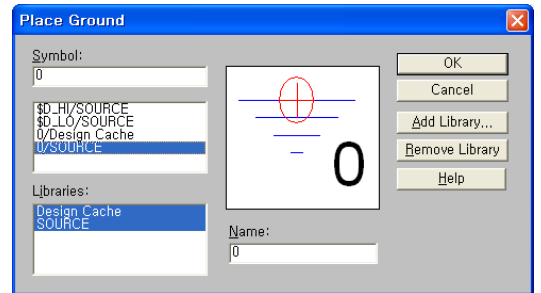
- 저항 : Analog Library의 R 선택
- 인덕터 : Analog Library의 L 선택
- 커패시터 : Analog Library의 C 선택




- 접지 : 아날로그 회로를 시뮬레이션할 때 꼭 필요한 요소

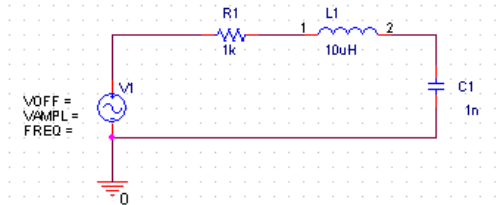
- Toolbar상에 아이콘  을 클릭하거나, Place/Ground 클릭
- 여러 접지 중에서 반드시 Source Library 내의 0/SOURCE 접지 선택

- 교류전원(VSIN) → Source Library의 VSIN 선택



2) 소자 연결

- tool 팔레트의 Place Wire ()를 선택하여 각 부품의 단자 사이를 선으로 연결한다.



3) 파라미터 입력

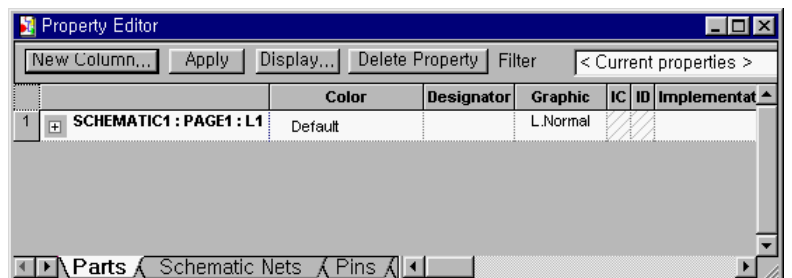
소자는 이름과 심볼 그리고 소자 값으로 구성되어 있다.

예) 인덕터 소자의 파라미터 변경

L1 : 소자 이름, 10uH : 소자 값

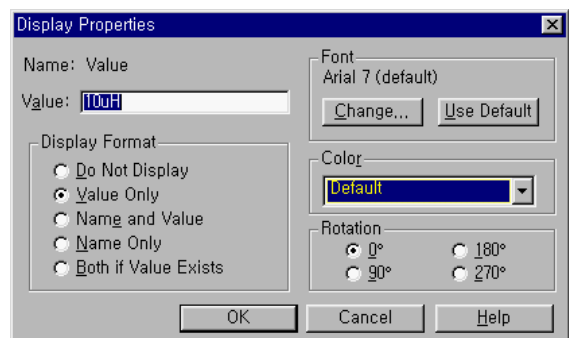
- 변경 방법 1

- 마우스로 오른쪽 버튼을 클릭하여 Edit Properties...을 선택하여 나온 대화 상자에서 Value에서 소자값 설정



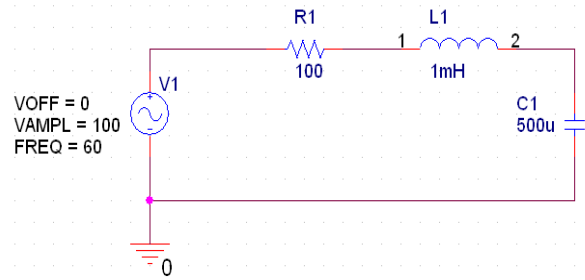
- 변경 방법 2

- 소자값(10uH부분)을 더블 클릭하고 Value에 소자의 값을 입력



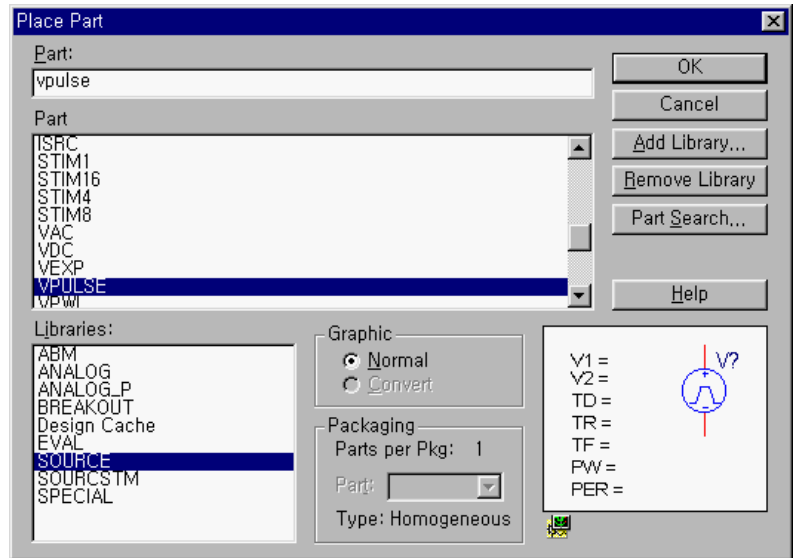
• 교류전원(VSIN) 파라미터

- VOFF : dc offset voltage (일반적으로 0)
- VAMPL : ac peak amplitude (전압 피크치)
- FREQ : frequency (주파수)
- TD : time delay
- DF : damping factor
- PHASE : 위상



• VPULSE 전원 파라미터

- V1 : 초기값
- V2 : 펄스 전압
- TD : 지연 시간
- TR : rise time (증가시간)
- TF : fall time (감소시간)
- PW : 펄스 폭
- PER : 주기

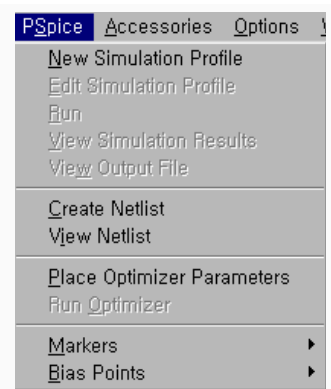


2.4 시뮬레이션 조건 설정

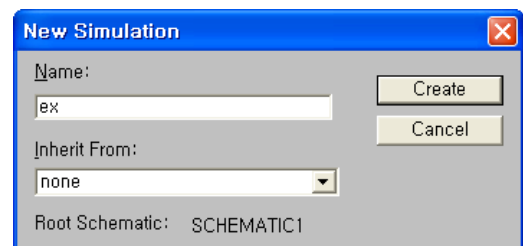
→ 해석 타입과 각각에 대한 옵션 및 시뮬레이션 수행시간 등을 설정

1) New Simulation Profile 생성

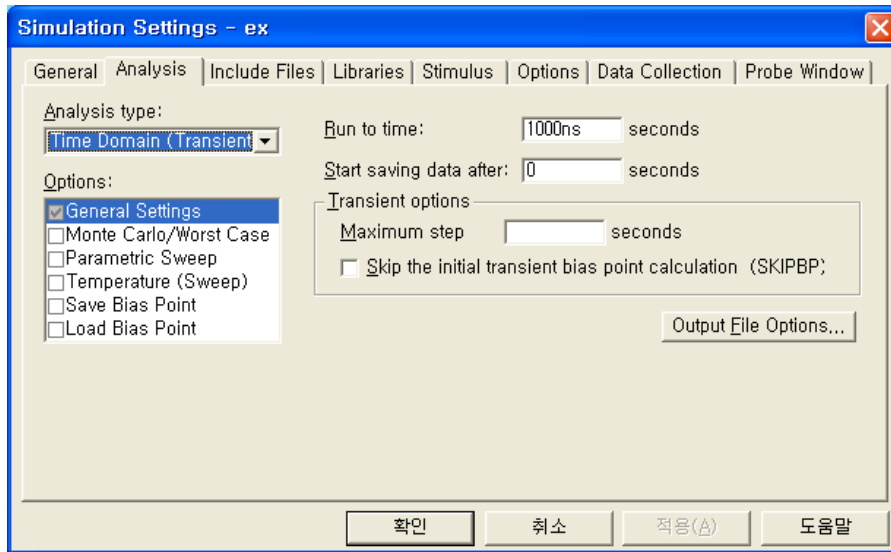
- 처음 시뮬레이션하는 경우 → PSpice 메뉴에서 **New Simulation Profile** (🔍 버튼)을 선택.
- 이미 Simulation Profile이 존재하고 이를 수정할 경우 → **Simulation Settings** (🔍 버튼)을 선택하여 Simulation 조건을 재설정.



- New Simulation 대화창이 나타나면 Name를 항목에서 시뮬레이션 이름을 지정.



2) Simulation Settings



■ Analysis type → 시뮬레이션의 종류 선정

- ① Time Domain (Transient) : 시간의 흐름에 따른 회로의 과도 특성 해석
- ② DC Sweep : 전원 전압, 모델의 소자 값을 변화시키면서 회로의 전압, 전류 등을 계산
- ③ AC Sweep/Noise : 전원 주파수를 변화시키면서 전압, 전류 등의 크기와 위상을 계산하여 보드 선도 출력
- ④ Bias Point : 바이어스 포인트 데이터를 계산하고 output 파일에 출력

• 바이어스 포인트(Bias Point) 계산

→ Operating Point, Sensitivity, Small signal gain 등에 대한 계산

- Operating Point 계산 : DC 성분과 AC 성분으로 구성된 주기파형의 전원에서 DC 성분만을 고려해서 전압, 전류 등을 구하는 것으로 트랜지스터가 동작하는 bias 전압과 전류(Q-point)를 구할 수 있다.
- Sensitivity 계산 : 소자값(전압원의 전압이나 저항의 저항 값 등..)의 변동에 대한 다른 값의 변동분 계산.
- Small signal gain 계산 : 독립 전압원이나 독립 전류원 값의 변동에 대한 다른 부분의 전압이나 전류의 변동분 계산.


• Time Domain(Transient) 과도해석의 옵션

- General Settings → 기본적인 시뮬레이션 옵션 설정.

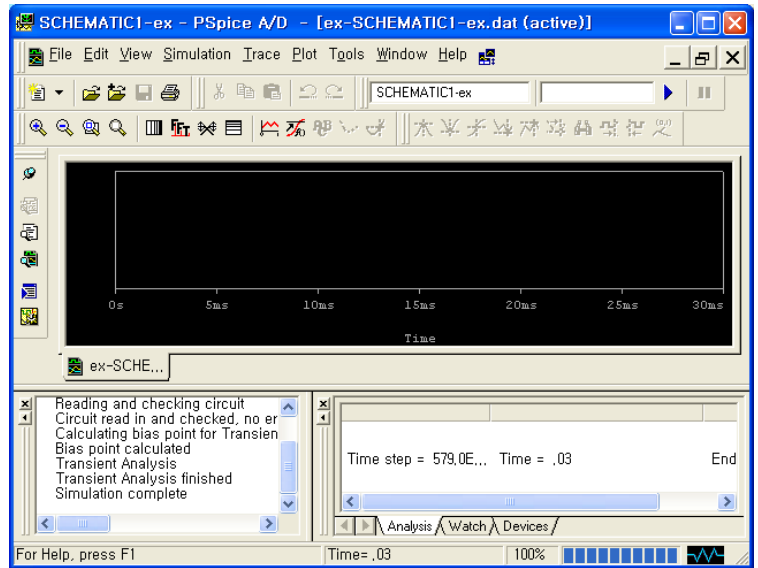
- Run to time : 시뮬레이션 시간 (기본값 1000ns = 1 μ s)
- Start saving data after : 시뮬레이션 시작 후 데이터를 저장하는 시간
- Maximum step : 시뮬레이션 최대 스텝 사이즈
- Skip the initial transient... : 시뮬레이션에 사용되는 커패시터(C), 인덕터(L) 등의 초기치를 사용하지 않고 skip 할 것인가를 결정

2.6 시뮬레이션

- **시뮬레이션 실행**


→ Pspice 메뉴의 Run을 선택하거나, 단축키 F11 또는 툴바의  아이콘 선택

→ Pspice A/D 프로그램이 동작되어 시뮬레이션 실행사항과 결과를 보여주는 Pspice A/D 창이 새롭게 나타난다.



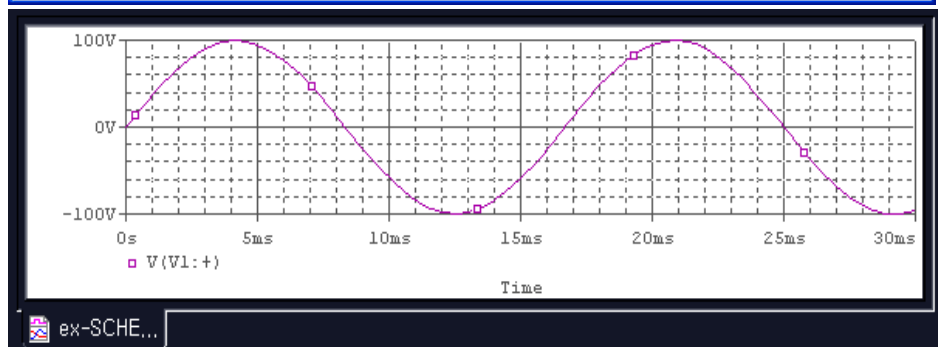
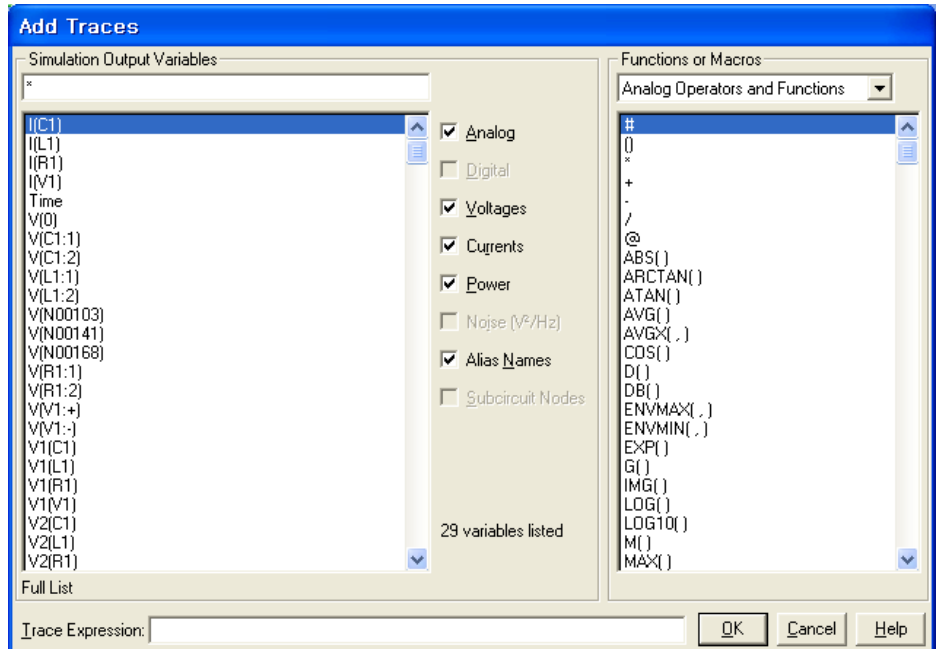
- **파형보기**

- ① **방법1**

→ PSpice A/D에서  아이콘을 클릭하거나 Trace/ Add Trace를 선택

→ 목록에서 원하는 파형을 선택하고 Ok




예) 교류전압원의 파형을 보고자 한다면 V(V1+)를 선택

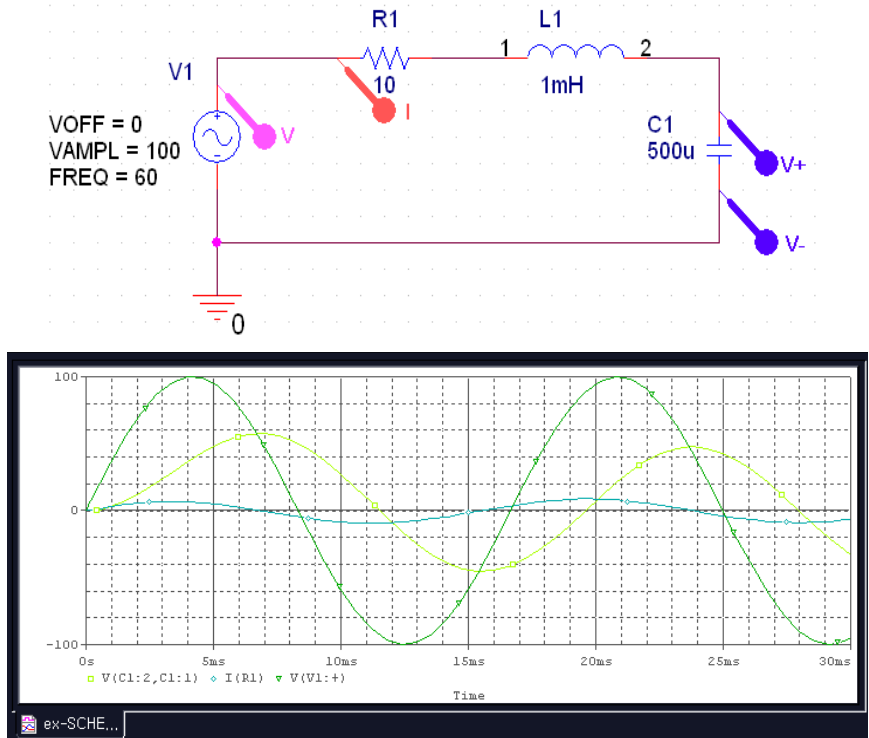


② 방법 2

- Marker 이용 : 회로에서 전류, 전압 등을 보기위한 지점에 Marker를 이용하여 미리 표시한 후 시뮬레이션을 수행하면 Marker가 표시된 부분의 파형을 자동으로 보여준다.

→ PSpice 메뉴에서 Marker를 선택하여 이용

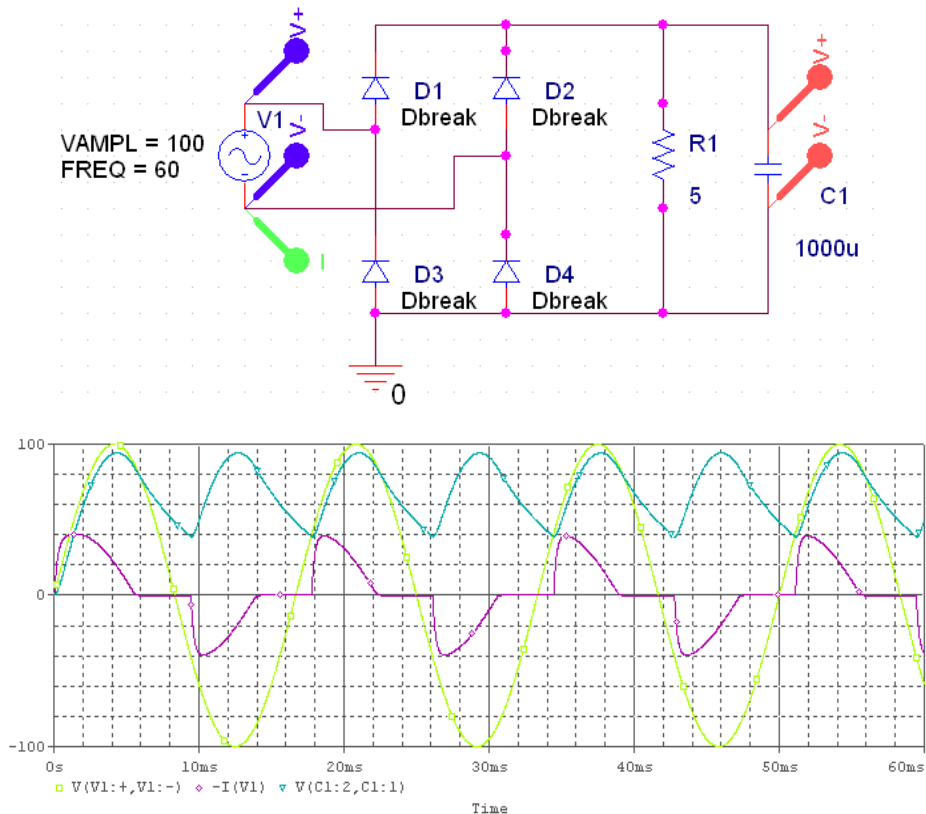
-  접지에 대한 절대 전위
-  전류
-  두지점의 상대적인 전위차



3. 시뮬레이션 해석의 종류

3.1 Time Domain(Transient) 해석

■ Diode 정류기



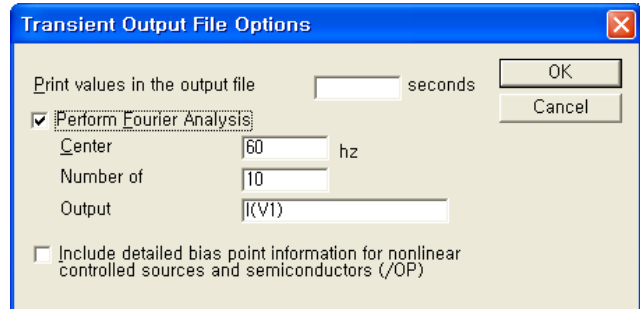
■ 주파수 분석

- 푸리에 해석(Fourier Analysis) : 결과 데이터를 푸리에 적분하여 크기, 위상, 직류분 등에 대한 결과를 output 파일에 출력
- FFT(Fast Fourier Transform) : Pspice A/D 윈도우에서 출력 데이터를 가지고 FFT 알고리즘으로 계산하여 화면에 주파수 스펙트럼을 출력

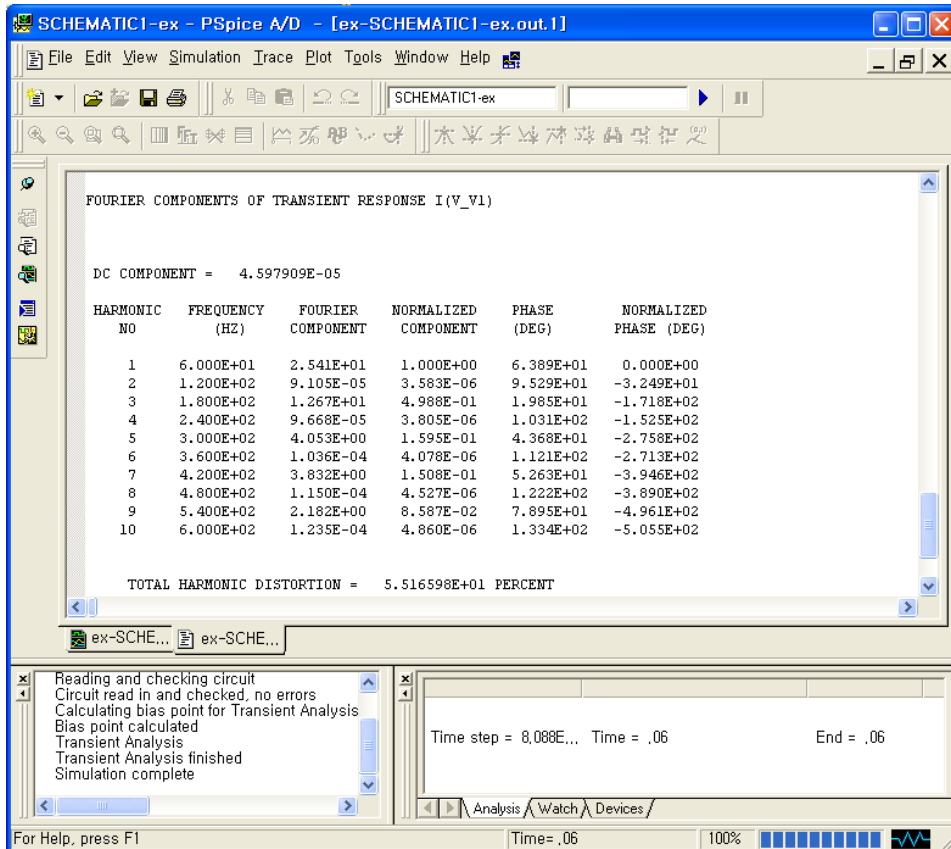
① 푸리에 해석(Fourier Analysis)

→ 시뮬레이션 설정 창의 Output File Options... 버튼을 클릭하여 출력파일 조건을 설정


- Perform Fourier Analysis : 선택
- Center : 기본 주파수 60Hz 입력
- Number of : 고조파 차수 입력
- Output : 푸리에 해석할 변수 입력

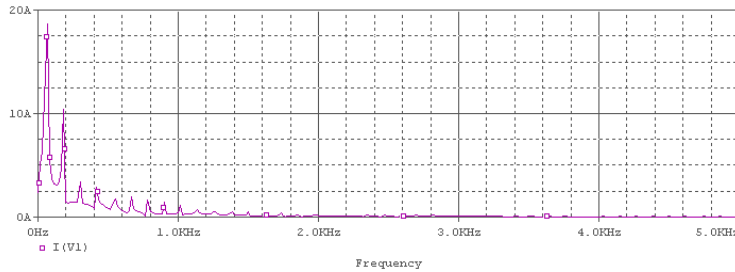
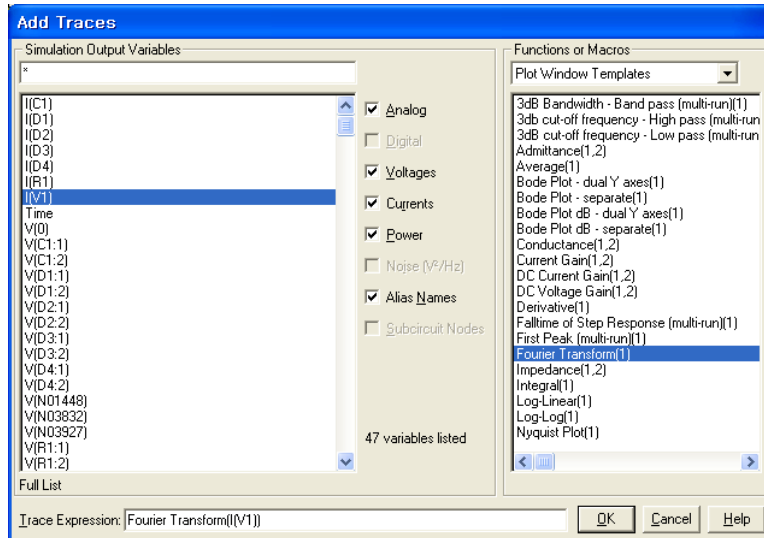


→ Pspice A/D 윈도우에서 View 메뉴의 Output file를 선택하여 나타나는 출력파일에서 푸리에 해석 부분을 확인



② FFT(Fast Fourier Transform)

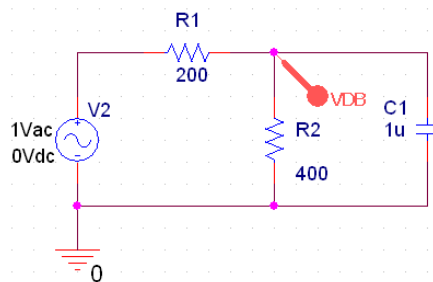
→ PSpice A/D에서  아이콘을 클릭하거나 Trace/ Add Trace를 선택하여 Fourier Transform()함수 선정



3.2 AC Sweep 해석

- 교류해석 → 입력주파수를 변화시켜 가면서 회로시스템에 대한 주파수 응답을 계산하는 해석. 시스템의 보드선도 작성, 임피던스 해석 등이 가능.

예) 입력 전원의 주파수를 1Hz에서 1kHz까지 변화시키면서 AC sweep 해석을 통하여 입출력 전압에 대한 보드선도 작성

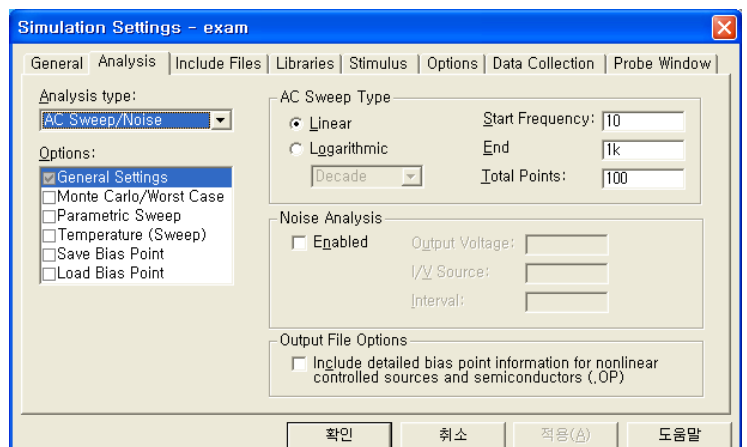


• AC Sweep 해석을 위한 Simulation 조건

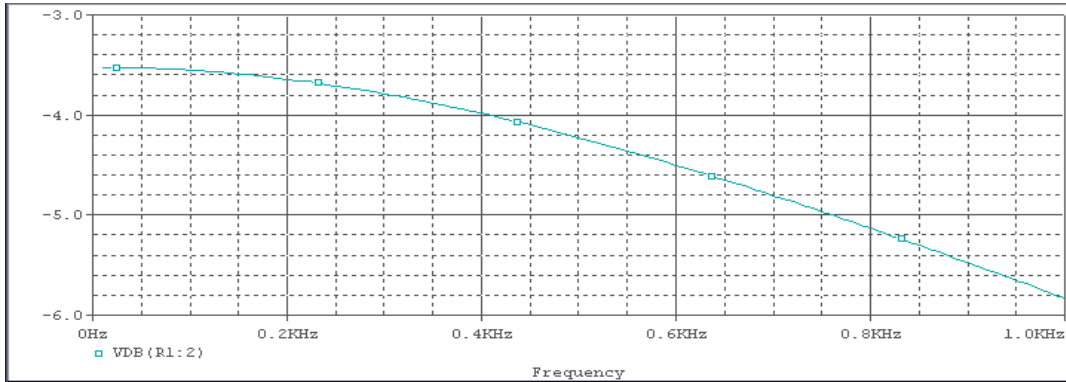
- Analysis type : AC Sweep 선택
- Options : General Settings 선택
- AC Sweep Type : Linear 선택,
- Start Frequency : 10 Hz
- End Frequency : 1kHz
- Total Points : 100

• VdB Marker 사용

- 메뉴의 Pspice/Markers/Advanced/dB Magnitude of Voltage를 선택하여 회로에 위치



- Simulation 실행하여 Pspice A/D 창에서 출력파형 확인
 - 파형으로부터 입력전원의 주파수가 높을수록 출력전압이 감소하는 저주파 통과필터 특성을 볼 수 있다.

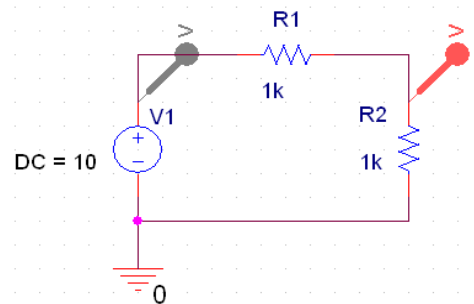


3.3 DC Sweep 해석

- DC 해석에서는 모든 전원은 DC, 인덕터는 short, 커패시터는 open으로 간주하여 계산하며, 다음과 같은 해석이 있다.
 - DC Sweep 해석
 - 소신호 민감도해석(small-signal sensitivity)
 - 전달함수 계산(small-signal transfer function)

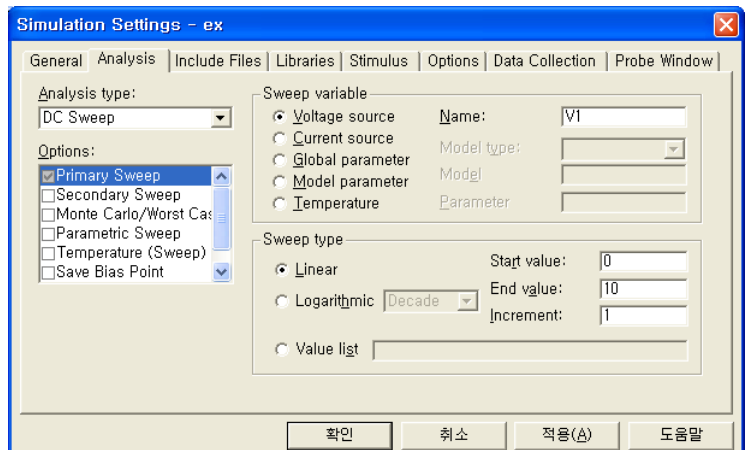
■ DC Sweep 해석

예) DC 입력전원을 0V에서 10V까지 1V 간격으로 변화시킬 때 R2저항에 나타나는 전압의 변화 해석

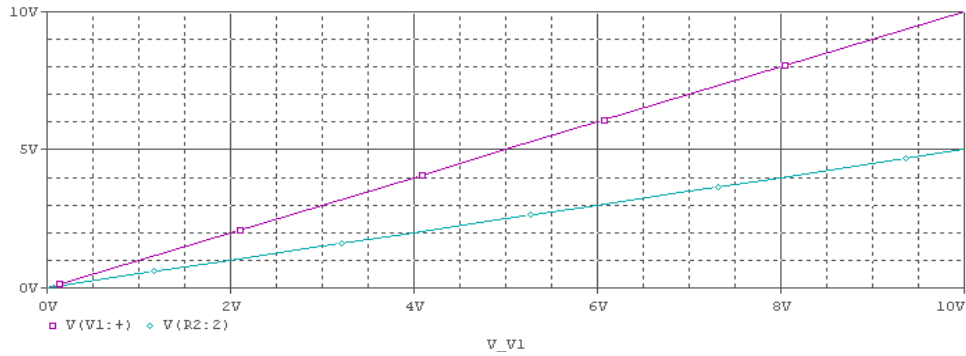


- DC Sweep 해석을 위한 Simulation 조건

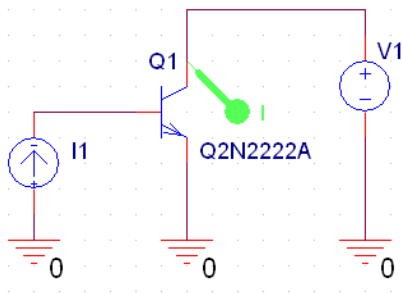
- Analysis type : DC Sweep 선택
- Options : Primary Sweep 선택
- Sweep variable : Voltage source 선택, Name에 V1 입력
- Sweep type : Linear 선택
 - Start value 0V 입력,
 - End value 10V 입력,
 - Increment 1V 입력



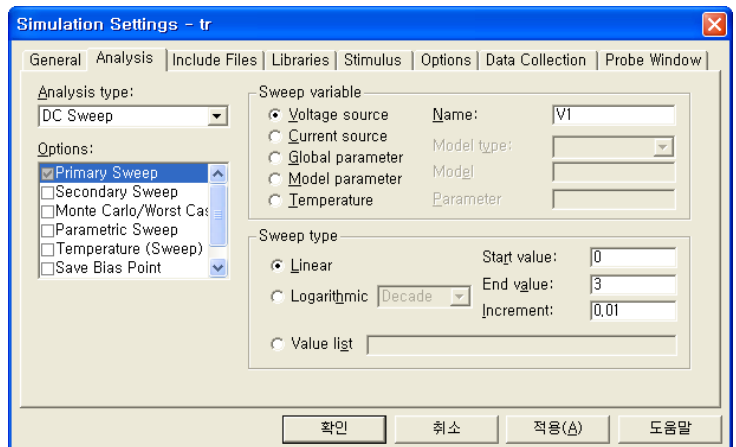
- 출력 파형 : 전원전압이 0~10V로 변동할 때 R2 양단의 전압은 0~5V 변한다.



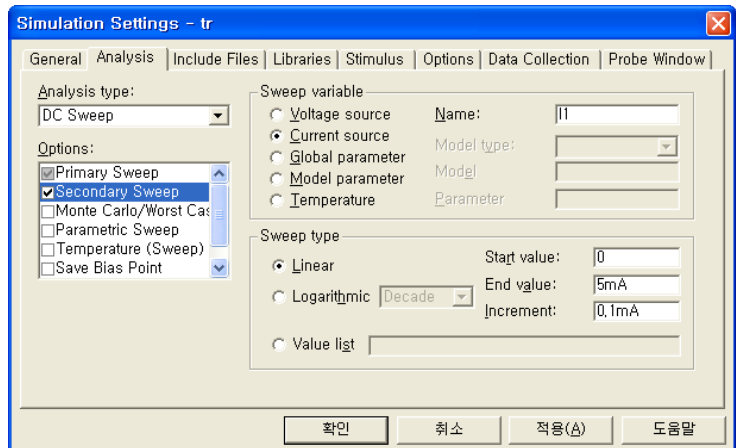
예) Transistor 특성곡선



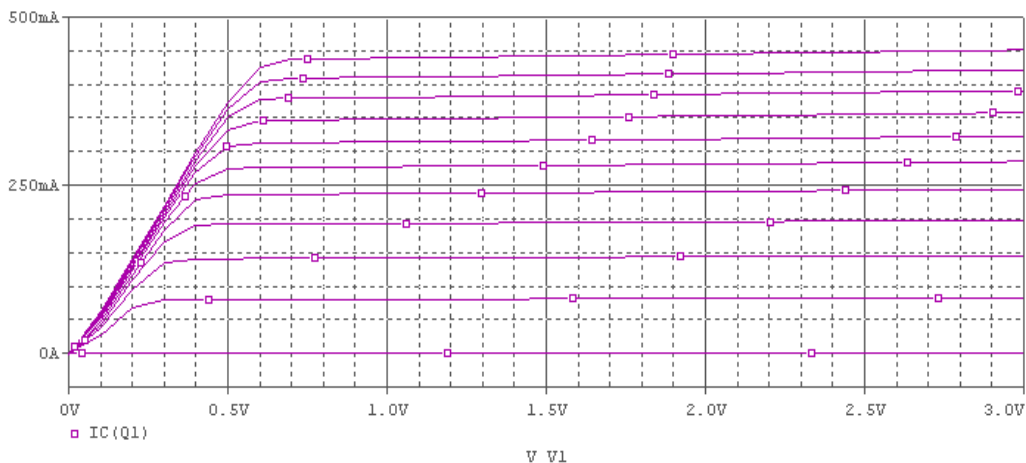
- Primary Sweep : 전압원 V1을 0V에서 3V로 0.01V씩 증가.



- Secondary Sweep : primary sweep 각각에 대해서 secondary sweep을 수행
전류원 I1을 0A에서 5mA로 0.1mA씩 증가.



- 출력 파형



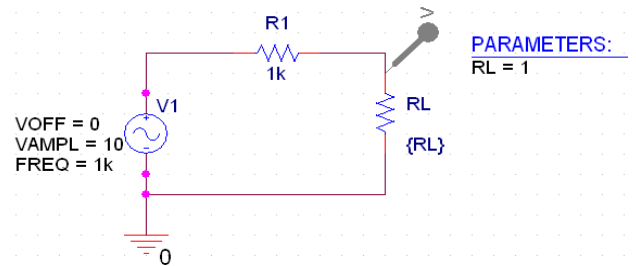
3.4. Parametric 해석과 Goal Function

- Parametric 해석 : 회로내 소자의 값을 변경하면서 회로 특성을 살펴보는 해석
- Goal Function : Parametric 해석을 실행한 후 특성평가의 편의를 위해 Pspice에서 제공하는 평가 함수

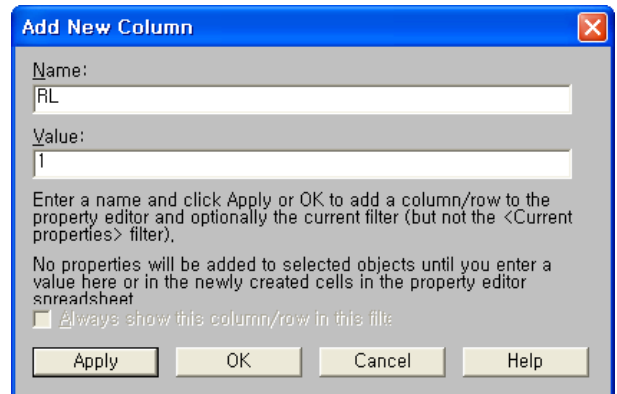
예) 최대전력 전달 조건을 증명하기위한 회로를 이용한 Parametric 해석과 Goal Function의 사용법

1) Parametric 해석

- 회로의 RL 소자값을 변경시키기 위해서는 RL의 소자값을 {변수명}으로 나타내야한다.

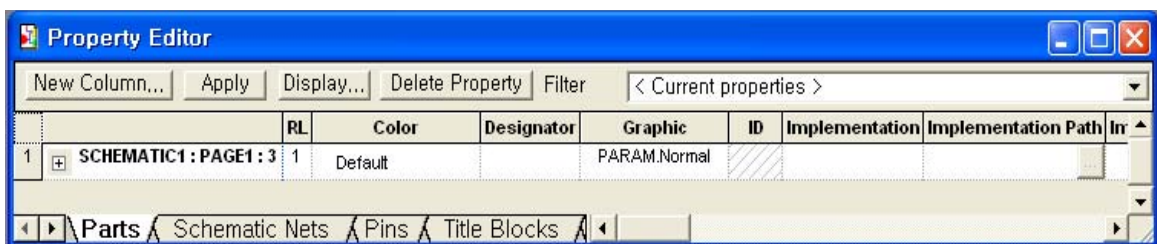


- 이 변수(parameter)에 값을 지정하는 방법
- ① special.olb 라이브러리의 **PARAM** 심볼을 회로에 배치한 후 이를 더블 클릭하면 Property Editor 창이 나타난다.



- ② Property Editor 창의 New Column.. 버튼을 클릭하여 나타나는 Add New Column 창에 변수명과 값을 입력하고 OK 버튼을 클릭.

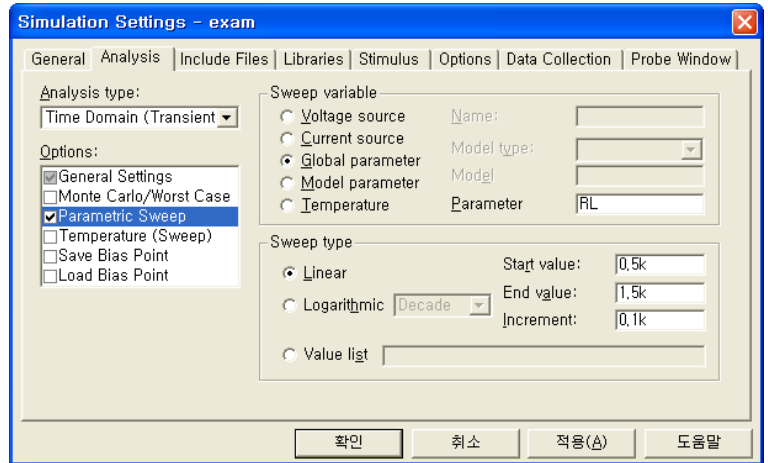
- ③ Property Editor 창에 아래와 같이 변수 R 항이 추가된 것을 볼 수 있다.



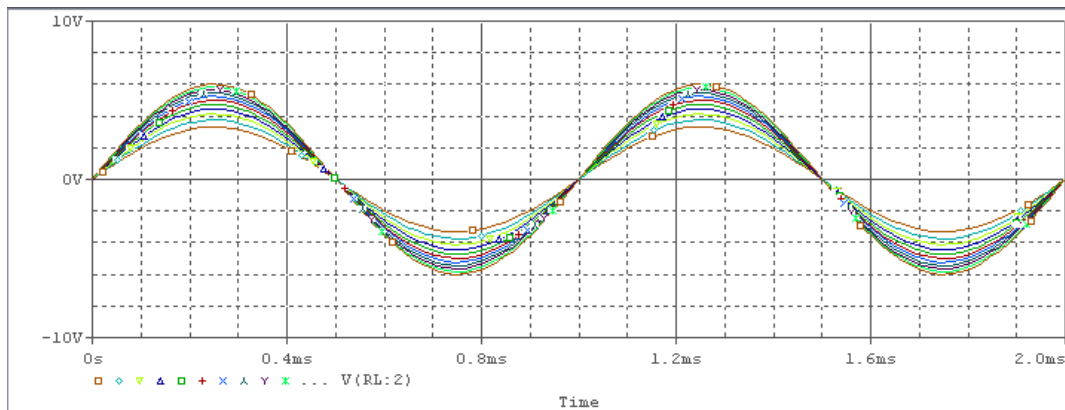
- ④ Editor Property 창에서 변수 R 항목을 선택한 다음 Display 버튼을 눌러 나타나는 Display Properties 창의 Display Format에서 Name and Value를 선택하고 OK 버튼을 클릭하면 변수값이 지정된 것을 볼 수 있다.

- Parametric 해석의 Simulation 조건 설정
 - 부하저항 RL의 값을 0.1K에서 1.5K 까지 변화시킬 때 출력전압의 변화를 확인
 - Analysis type : Time Domain (Transient)
 - Options : Parametric Sweep 선택

- Sweep variable : Global Parameter
 선택
- Parameter : R 입력
- Sweep Type : Linear
- Start value : 0.1k
 End value : 1.5k
 Increment : 0.3k



- Simulation 실행 후 Pspice A/D 에 아래의 Available Sections 창이 나타난다.
 - 여기서 원하는 범위의 R 값에 대한 출력파형을 선택한 다음 OK 버튼 클릭.
 - Pspice A/D 창에서 출력 파형이 나타남. 부하저항 RL 값이 클수록 출력전압이 크다.

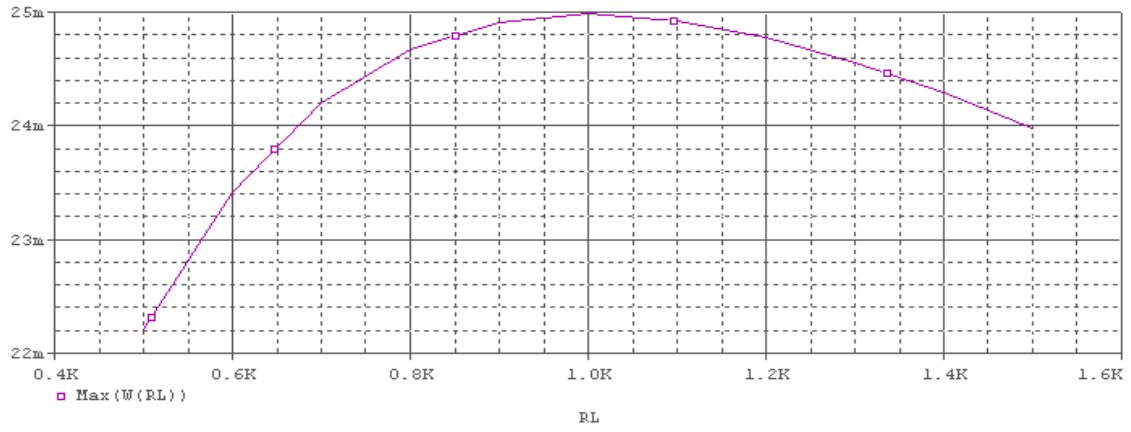


2) Goal Function의 사용

- Goal Function을 사용하기 위해서는 Parametric 해석을 수행을 먼저 수행해야 한다.

예) 위 Parametric 해석에서 사용한 회로에서 부하에 최대 전력이 전달되는 RL 저항값을 Goal Function을 이용하여 확인

- 위 Parametric 해석의 출력파형이 나타나 있는 Pspice A/D의 Trace/Performance Analysis..를 선택하여 나타난 Performance Analysis 창에서 OK 버튼 클릭
 - 파형 출력화면이 2개로 분할.
 - (→ 아래쪽 파형 부분을 선택한 후 Plot 메뉴의 Delete Plot으로 아래 파형을 삭제)
 - Trace 메뉴의 Add trace를 선택
 - 좌측의 Goal Function 박스의 MAX[]함수를 선택하고, 우측의 출력변수 상자에서 W(RL) 변수를 선택한 후 OK 버튼 클릭
- 저항 RL의 변화에 따른 W(RL)값의 변화를 나타내주는 파형이 나타난다.



→ 입력 전원의 내부저항 R1과 부하저항 RL의 값이 같을 때(1k) 최대 전력이 부하에 전달됨을 알 수 있다.