

번호: 8번 학번: 21101395 이름: 권준혁 제출 일시: 3월 22일

- 마감 시간을 지키지 않으면 미제출로 간주한다. (확인 여부 표시) -확인
- 이메일에 파일이 첨부되지 않으면 미제출로 간주한다. (확인 여부 표시) -확인
- E-mail 주소를 잘못 적어서 제출하지 못한 경우는 미제출로 간주한다. (확인 여부 표시) -확인
- 문서에 그림을 포함시키지 않으면 미제출로 간주한다. (확인 여부 표시) -확인

## 1. LM7805

### 1.1 기본 동작 확인 1

#### 1.1.1 Schematic 입력

##### 1.1.1.1 LM7805 예제 회로 수정 결과

그림 1 LM7805 예제 회로 수정 결과

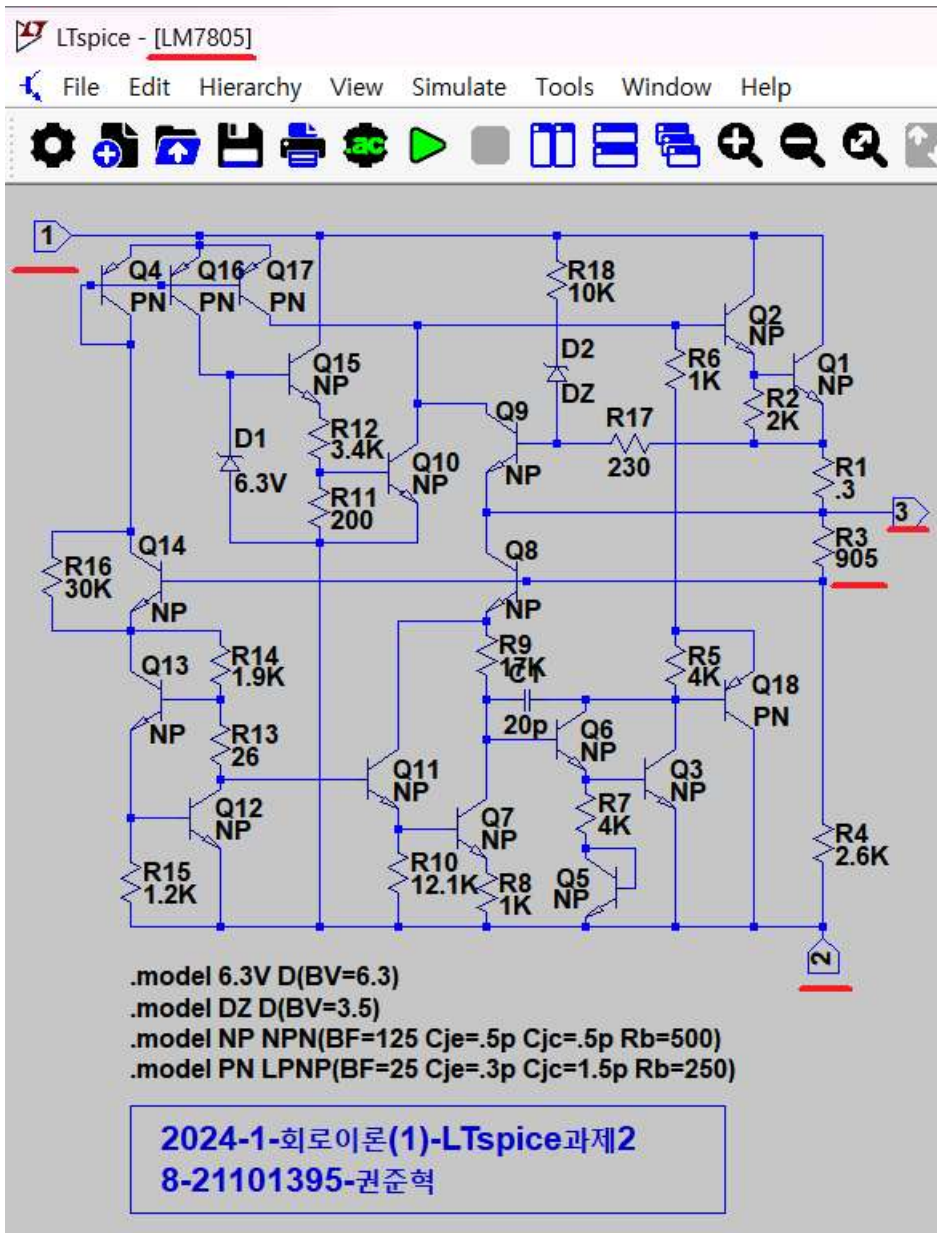


그림 1은 LM7805 예제 회로 수정 결과를 보여준다.

- 출석번호 = 8번
- C:\Users\User\AppData\Local\LTspice\examples\Educational\WLM78XX.asc 파일을 수정했다.
- 그림 1에 수정한 부분을 나타내는 표시를 정확히 했다.

1.1.1.2 LM7805 소자 정의 결과

그림 2 LM7805 소자 정의 결과

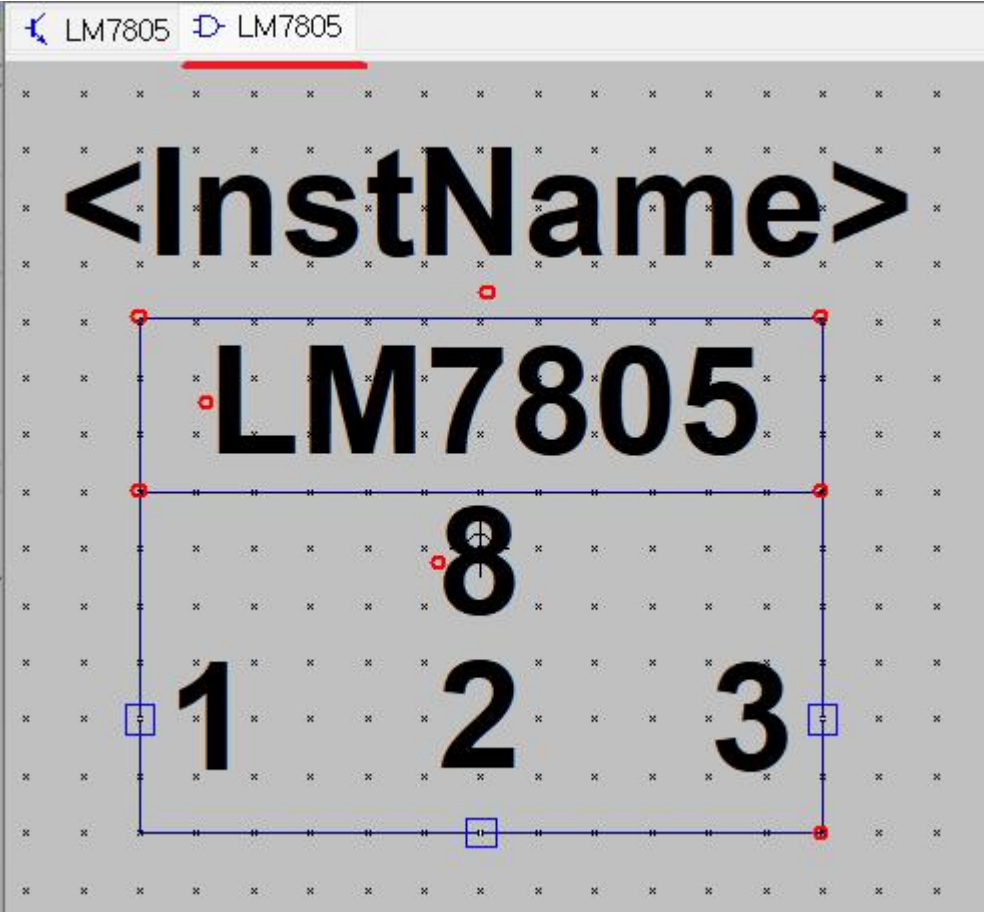
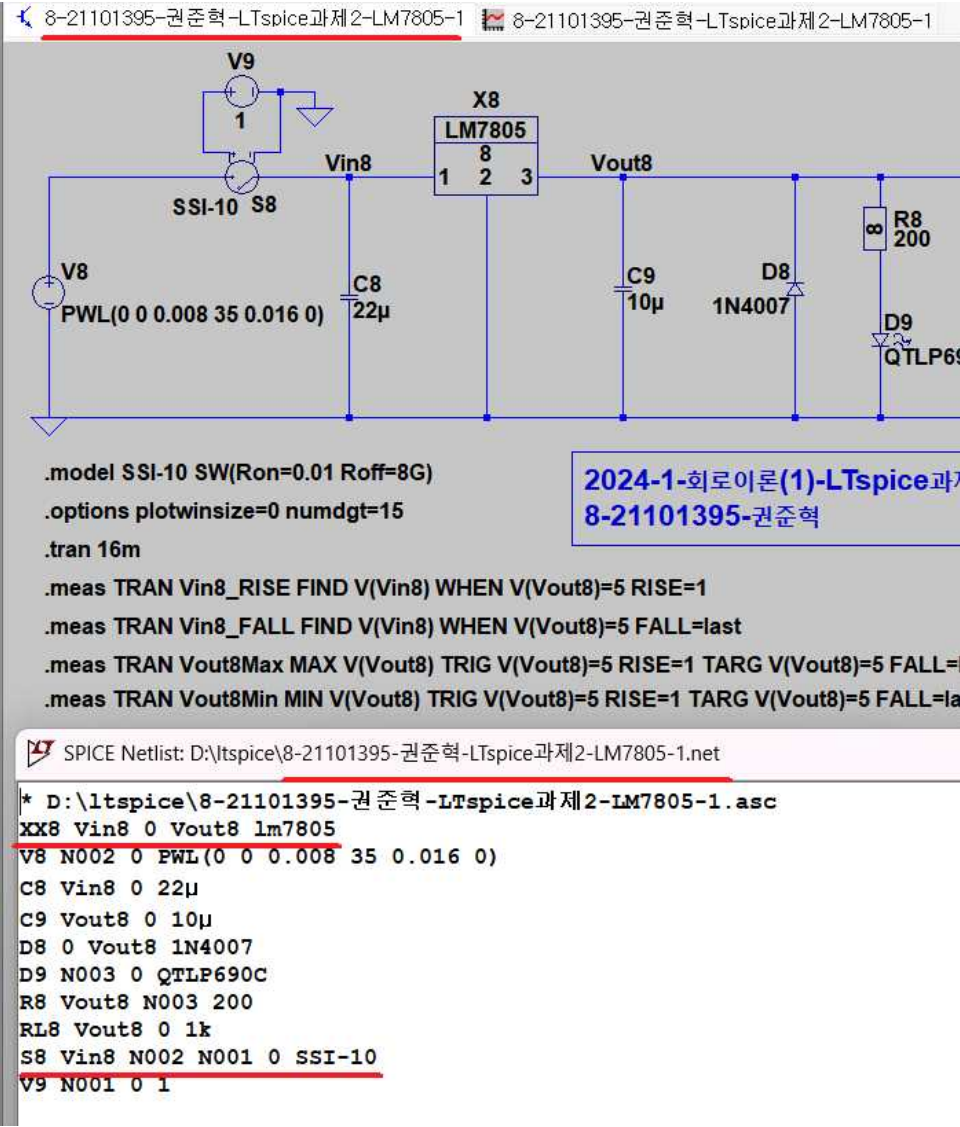


그림 2는 LM7805 소자 정의 결과를 보여준다.

- 출석번호 = 8번
- 소자 안에 텍스트로 자신의 출석번호 8을 포함했다.

1.1.1.3 Schematic 입력

그림 3 Schematic 입력 결과



- 그림 3은 Schematic 입력 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
  - 커패시터의 이름은 각각 C8, C9로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
  - 커패시터의 값은 C8=22[uF], C9=10[uF]으로 설정했다.
  - 부하저항 이름은 RL8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
  - 부하저항 RL8의 값은 출력전류가 0.005[A]가 되도록  $5[V]/0.005[A] = 1000[\Omega]$ 으로 설정했다.
  - 입력 독립 전압원의 이름은 V9으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
  - 입력 노드 이름을 Vin8, 출력 노드 이름을 Vout8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
  - switch model의 이름은 SSI-10, Ron=0.01[Ω], Roff=8G[Ω](Roff 값 출석번호에 맞게 지정)
  - 입력 독립 전압원의 function은 PWL (Piecewise Linear) function으로 설정했다.
  - 출석번호 끝자리가 0이므로 직선이 변하는 시간 단위를 10[ms]로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
  - \* 출석번호 끝자리가 1인 경우 1[ms], ..., 9인 경우 9[ms]로 설정한다.
  - PWL function은 2개의 직선으로 구성했다. 2개의 직선은 다음과 같이 정의했다. t=0[s]일 때 0[V]에서 시작해서 t=8[ms]에 최대 입력 전압의 크기인 35[V]가 된다. 그 이후 t=16[ms]까지 0[V]로 감소한다. (출석번호에 맞게 지정)
  - analysis type을 “Transient”로 설정하고 Stop time: 값을 16[ms]로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
  - measure statement를 정확히 작성했다.
  - => 순서와 parameter 이름 (출석번호에 따라서 변경)을 예시와 같이 작성했다.
  - => 반드시 rise, fall을 사용해서 조건을 지정해야 한다. (simulation 결과를 모른다는 전제로 작성해야 한다.)
  - => 출력 전압 Vout8 = 5[V]가 되는 최초의 증가 방향 입력 전압 Vin8의 값 Vin8\_Rise를 구했다.
  - => 출력 전압 Vout8 = 5[V]가 되는 마지막 하락 방향 입력 전압 Vin8의 값 Vin8\_Fall을 구했다.
  - => 앞에서 구한 두 Vin8의 값 사이에서 출력 전압 Vout8의 최댓값 Vout8Max를 구했다.
  - => 앞에서 구한 두 Vin8의 값 사이에서 출력 전압 Vout8의 최솟값 Vin8Min을 구했다.

1.1.2 Simulation 결과 (새 페이지)  
1.1.2.1 Measure Statement로 계산된 Simulation 결과

그림 4 measure statement로 계산된 simulation 결과

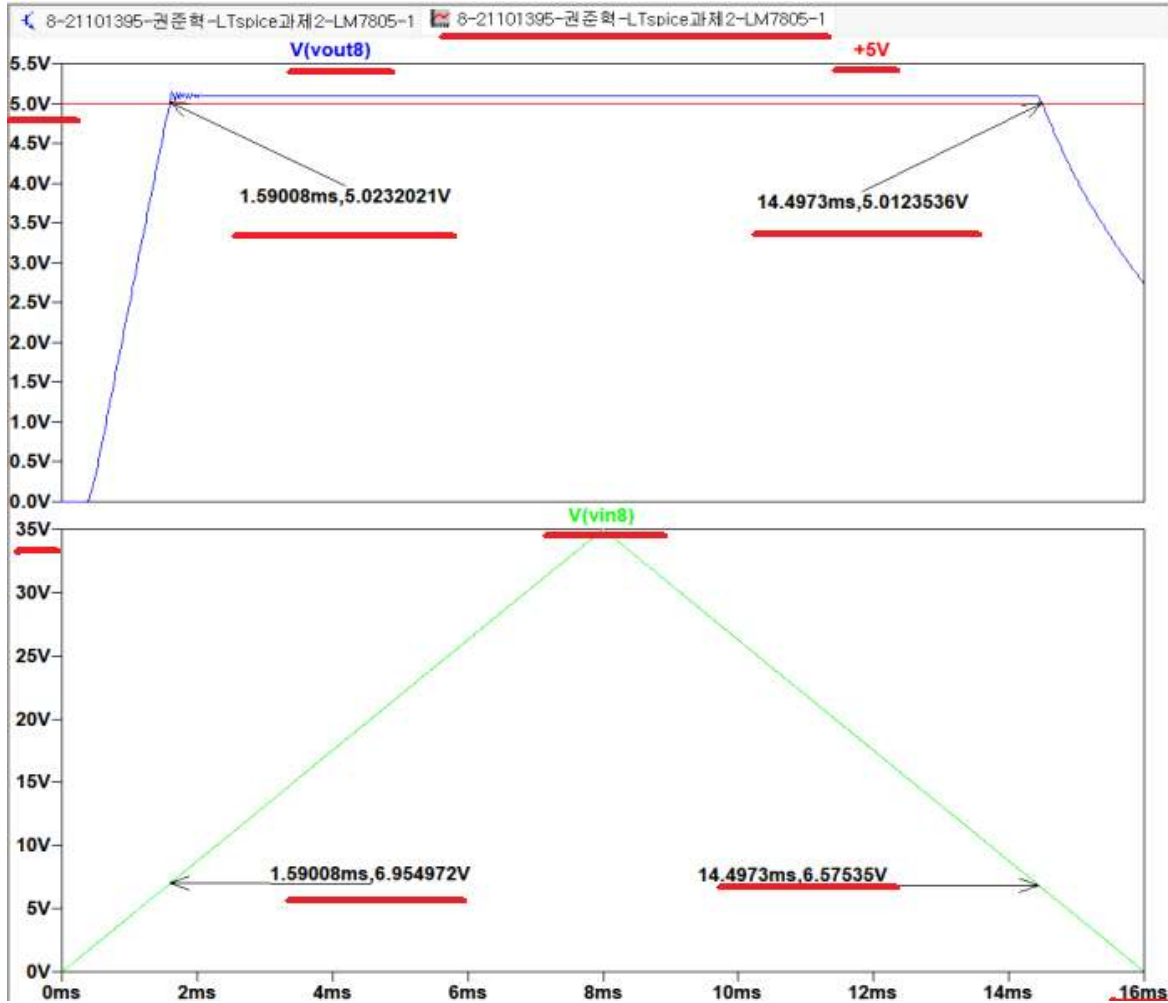
```
SPICE Output Log: D:\ltspice\8-21101395-권준혁-LTspice과제2-LM7805-1.log
Gmin = 2.52173e-12
Gmin = 2.70769e-13
Gmin = 0
Gmin stepping succeeded in finding the operating point.

vin8_rise: v(vin8)=6.95497 at 0.00159008
vin8_fall: v(vin8)=6.57535 at 0.0144973
vout8max: MAX(v(vout8))=5.15139 FROM 0.00159008 TO 0.0144973
vout8min: MIN(v(vout8))=5 FROM 0.00159008 TO 0.0144973

Total elapsed time: 0.171 seconds.
```

- 그림 4는 measure statement로 계산된 simulation 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
- 출력 전압 Vout8 = 5[V]가 되는 최초의 증가 방향 입력 전압 Vin8 = 6.95497[V] at 0.00159008[s]
- 출력 전압 Vout8 = 5[V]가 되는 마지막 하락 방향 입력 전압 Vin8 = 6.57535[V] at 0.0144973[s]
- [0.00159008, 0.0144973] 구간에서 출력 전압 Vout8의 최댓값 = 5.14176[V]
- [0.00159008, 0.0144973] 구간에서 출력 전압 Vout8의 최솟값 = 5[V]

그림 5 waveform viewer에 표시한 simulation 결과



- 그림 5는 waveform viewer에 표시한 simulation 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
- 배경색 (Background color)는 흰색, 축 (Axis color)는 검은색으로 설정했다.
- 입력 전압의 파형이 요구 조건과 일치하는 것을 확인했다.
- measure statement의 결과를 이용해서 입력 전압이 0[V]부터 증가할 때 출력 전압이 처음으로 5[V]가 되는 좌표를 표시했다. (시간을 measure statement의 결과와 같이 설정한다.)  
=> Vin8 = 6.95497[V] at 0.00159008[s]
- => 입력 전압이 6.95497[V]에서 35[V]로 증가 할 때 출력 전압이 큰 변동 없이 5[V]로 유지되는 것을 확인했다.
- => 5[V] voltage regulator로 동작하는 것을 확인했다.
- measure statement의 결과를 이용해서 입력 전압이 35[V]부터 감소할 때 출력 전압이 처음으로 5[V]가 되는 좌표를 표시했다.(시간을 measure statement의 결과와 같이 설정한다.)  
=> Vin8 = 6.57535[V] at 0.0144973[s]
- => 입력 전압이 35[V]에서 6.57535[V]까지 감소 할 때 출력 전압이 큰 변동 없이 5[V] 이상으로 유지되는 것을 확인했다.
- => 5[V] voltage regulator로 동작하는 것을 확인했다.
- 출력 전압이 5[V]로 유지되려면 입력 전압은 5[V]보다 큰 전압으로 유지되어야 한다.
- x 좌표값은 반드시 measure statement 결과를 이용해서 설정한다.  
=> x 축에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭한다.
- => Axis Limits의 Left: 부분 값으로 measure statement의 값을 설정한다.
- => cursor를 display 시키고 맨 왼쪽에 위치시킨다
- => L key 눌러서 현재 cursor의 위치를 텍스트로 표시한다.
- => space key 눌러서 원래 화면으로 복귀한다.



1.2 기본 동작 확인 2 (새 페이지)

1.2.1 Schematic 입력

그림 6 Schematic 입력 결과

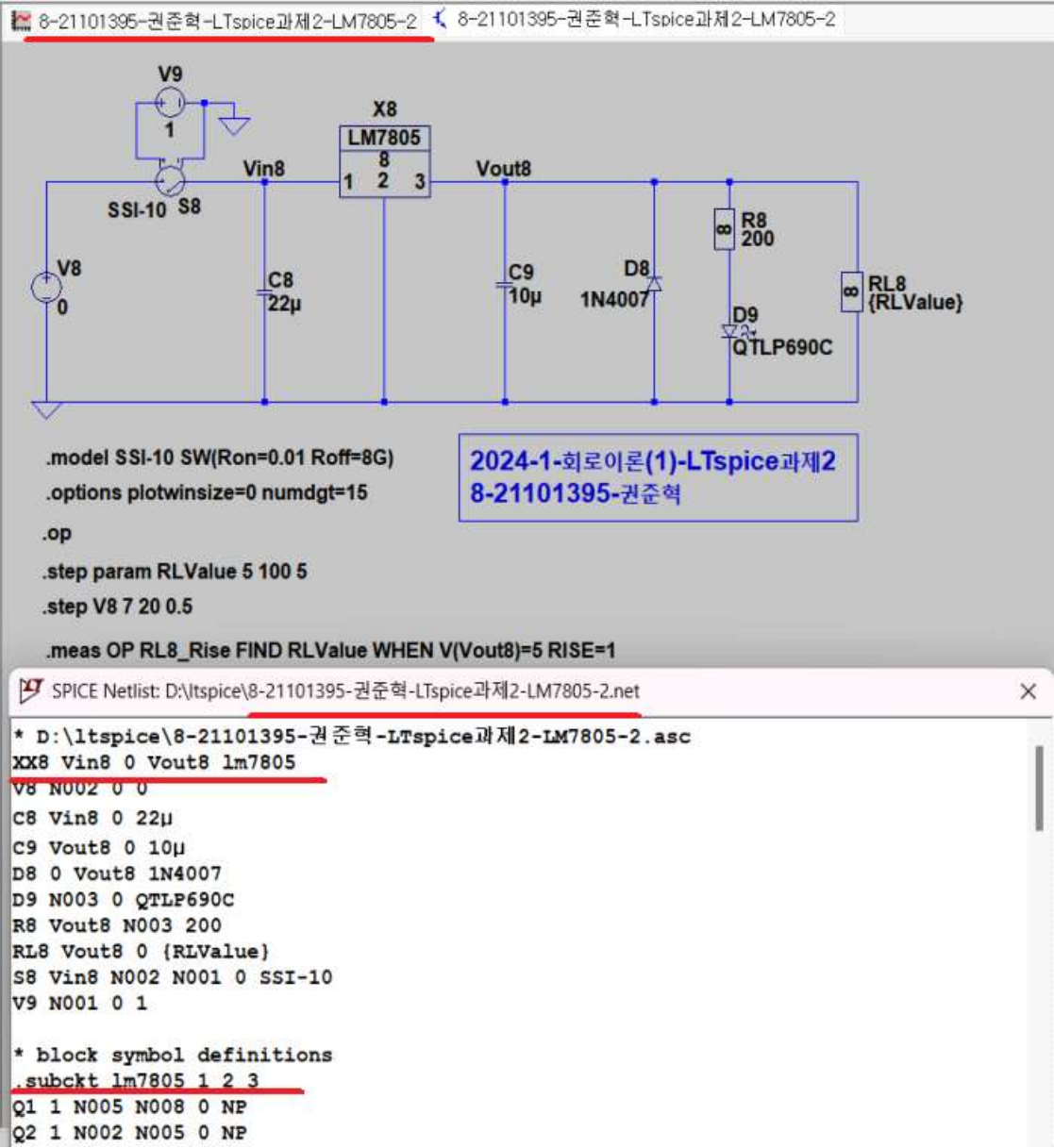


그림 6은 Schematic 입력 결과를 보여준다.

- 출석번호 = 8번
- 커패시터의 이름은 각각 C8, C9로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 커패시터의 값은 C8=22[uF], C8=10[uF]으로 설정했다.
- 부하저항 이름은 RL8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 입력 독립 전압원의 이름은 V8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 입력 노드 이름을 Vin8, 출력 노드 이름을 Vout8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- switch model의 이름은 SSI-10, Ron=0.01[Ω], Roff=8G[Ω](Roff 값 출석번호에 맞게 지정)
- analysis type을 “DC Operation Point”로 설정했다.
- .step directive를 사용해서 입력 독립 전압원 V8의 값을 LM7805 입력 전압의 동작 범위인 7[V]부터 20[V]까지 0.5[V]씩 증가하도록 설정했다.
- .step directive를 사용해서 부하저항 RL8의 값을 출력전류가 1[A]가 되는 값 5[V]/1[A] = 5[Ω]부터 50[mA]가 되는 값 5[V]/0.05[A] = 100[Ω]까지 5[Ω]씩 증가하도록 설정했다.
- 두 .step directive의 순서를 아래 예시와 같은 출력이 되도록 설정했다.
- measure statement를 정확히 작성했다.
- => 출력 전압 Vout8 = 5[V]가 되는 최초의 증가 방향 RL8의 값 RL8\_Rise를 구했다.
- => 순서와 parameter 이름 (출석번호에 따라서 변경)을 예시와 같이 작성했다.
- => 반드시 rise나 fall을 사용해서 조건을 지정해야 한다. (simulation 결과를 모른다는 전제로 작성해야 한다.)

1.2.2 Simulation 결과 (새 페이지)

1.2.2.1 Measure Statement로 계산된 Simulation 결과를 Waveform Viewer에 표시한 결과

그림 7 measure statement로 계산된 simulation 결과

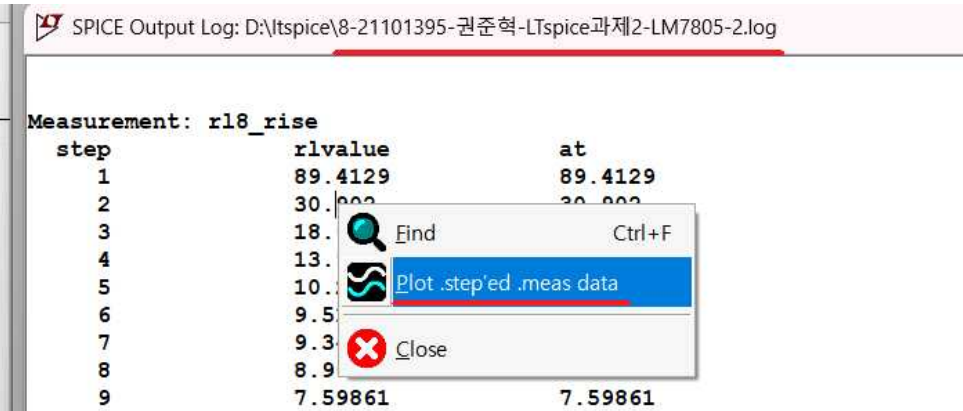
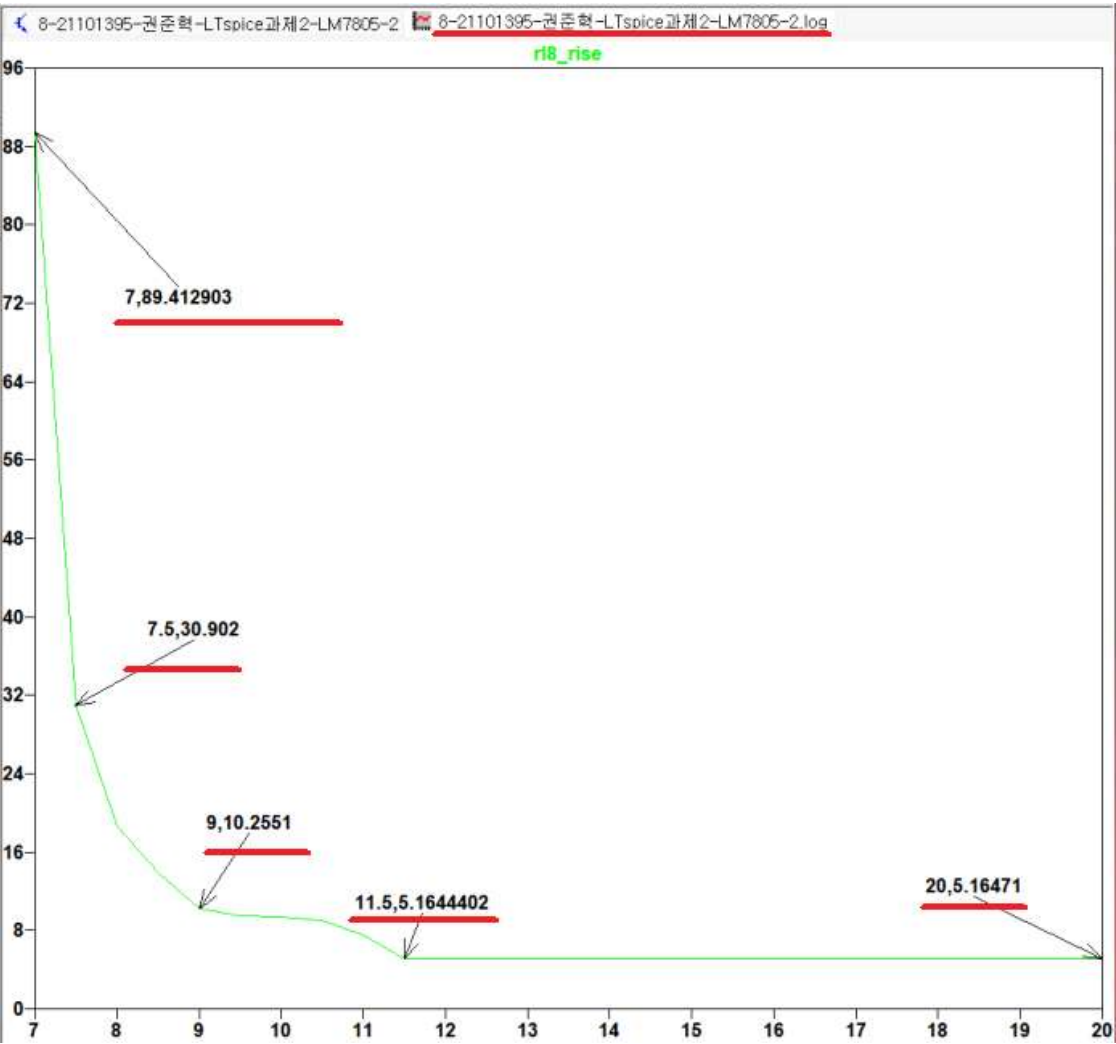
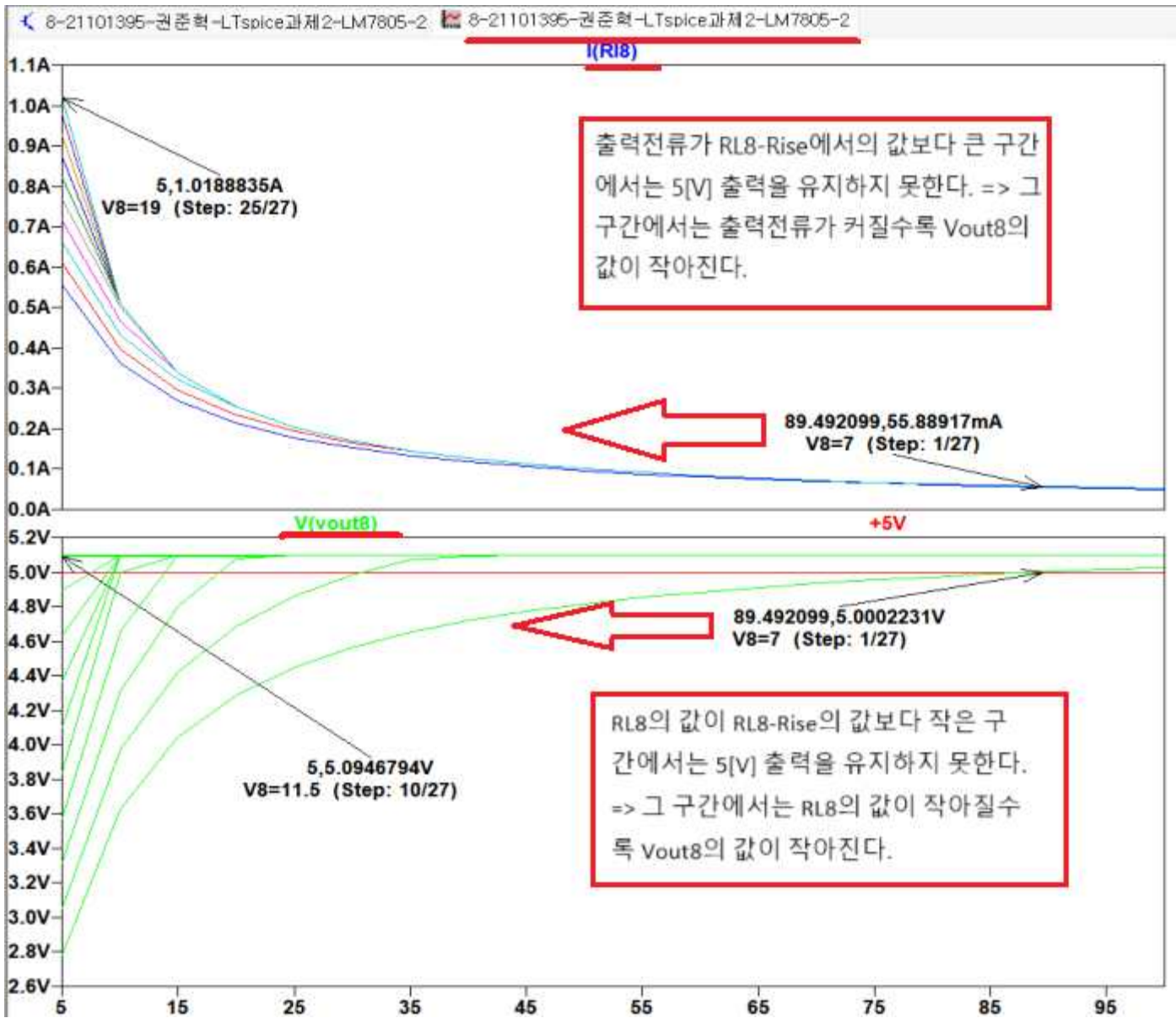


그림 8 measure statement로 계산된 simulation 결과를 waveform viewer에 표시한 결과



- 그림 7과 8은 measure statement로 계산된 simulation 결과를 waveform viewer에 표시한 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
- measure statement를 사용해서 출력 전압  $V_{out8} = 5[V]$ 가 되는 최초의 증가 방향 RL8의 값 RL8\_Rise를 계산한 결과를 waveform viewer에 도시했다.
- 입력 전압  $V_{in8}$ 의 값이 고정된 상태에서 부하 저항 RL8의 값이 RL8\_Rise의 값보다 작은 경우 출력 전압  $V_{out8}$ 의 값이 5[V]보다 작다.
- => 5[V] voltage regulator로 동작하지 못한다.
- 입력 전압  $V_{in8}$ 의 값이 11.5[V] 이하면 부하 저항의 값이 작아질수록 (출력 전류가 커질수록) 5[V] 출력에 요구되는 입력 전압 최소값이 커지는 것을 볼 수 있다.

그림 9 waveform viewer에 표시한 simulation 결과



- 그림 9는 waveform viewer에 표시한 simulation 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
- 배경색(Background color)은 흰색, 축 (Axis color)는 검은색으로 설정했다.
- 입력 전압의 크기가 가장 작은 경우인  $V_{in8}=7[V]$ 일 때의 그래프에서 measure statement로 구한  $RL8\_Rise$  값을 이용해서 좌표를 표시했다.
- =>  $V_{out8} = 5[V]$  at  $RL8 = 89.492099[\Omega]$
- =>  $RL8$ 의 전류 =  $55.88917[mA]$  at  $RL8 = 89.492099[\Omega]$
- 입력 전압  $V_{in8}$ 의 크기가  $11.5[V]$  이상이면 부하 저항  $RL8$ 의 값이  $100[\Omega]$ 에서  $5[\Omega]$ 까지 변하더라도 출력 전압  $V_{out8}$ 의 값이 근사적으로  $5[V]$ 로 유지되는 것을 볼 수 있다.
- 입력 전압  $V_{in8}$ 의 값이  $11.5[V]$  이하면 입력 전압의 크기가 LM7805 동작 범위 ( $7[V] - 20[V]$ )에서 변하지만, 출력 전류의 값이 커질수록 (부하 저항의 값이 작아질수록) LM7805 출력 전압이  $5[V]$ 로 유지되지 못하는 구간이 증가하는 것을 볼 수 있다.
- => 출력 전류가 커질수록 (부하 저항의 값이 작아질수록)  $5[V]$  출력에 요구되는 입력 전압 최소값이 커지는 것을 볼 수 있다.



2. LM7905

2.1 기본 동작 확인 1

2.1.1 Schematic 입력

2.1.1.1 LM7905 SPICE Model 파일에서 LM7905 symbol을 생성하는 과정

그림 10 LM7905 SPICE Model 파일에서 LM7905 symbol을 생성하는 과정

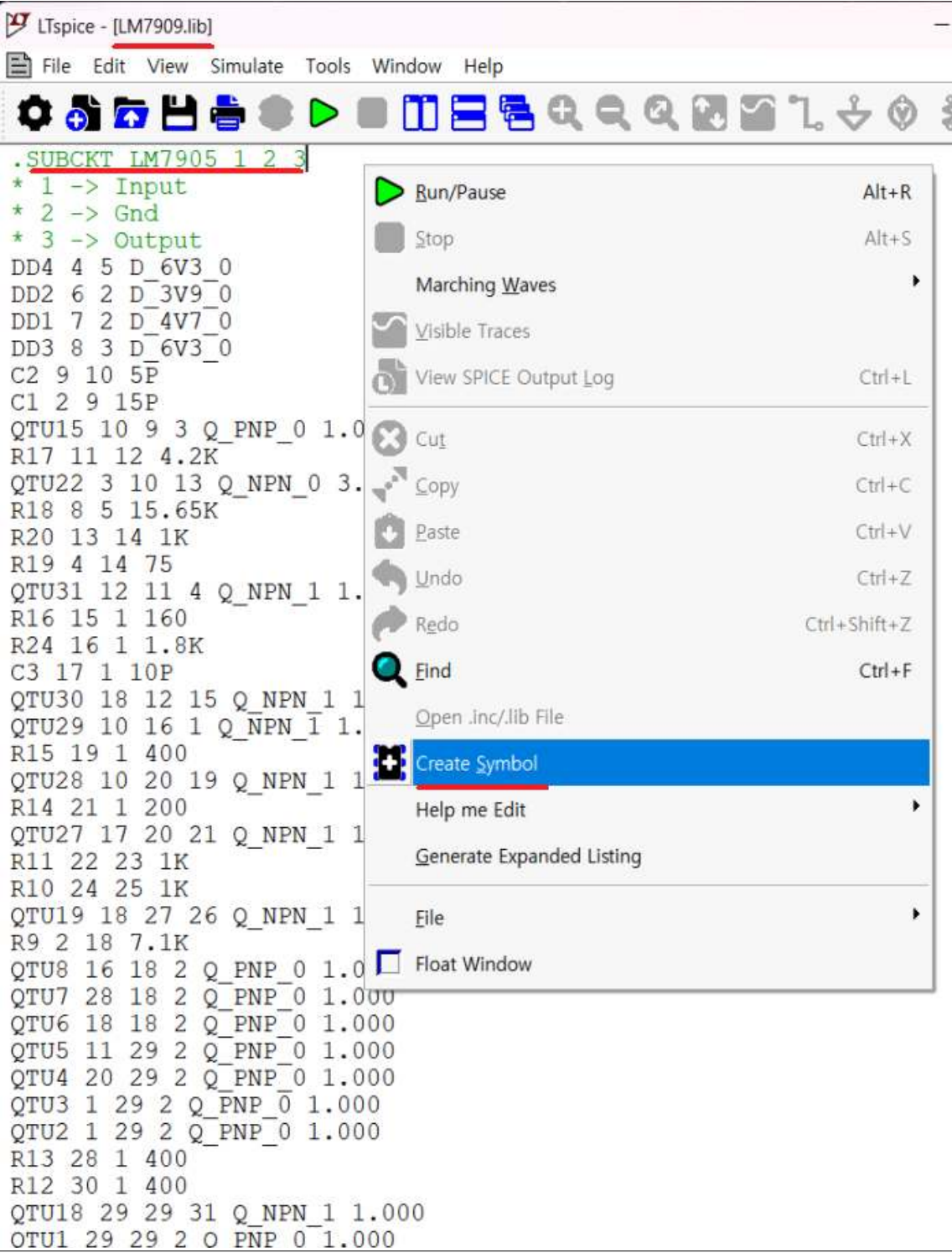


그림 10은 LM7905 SPICE Model 파일에서 LM7905 symbol을 생성하는 과정을 보여준다.

- 출석번호 = 8번
- LM7905.lib 파일을 사용했다.

2.1.1.2 LM7905 소자 정의 결과

그림 11 LM7905 소자 정의 결과

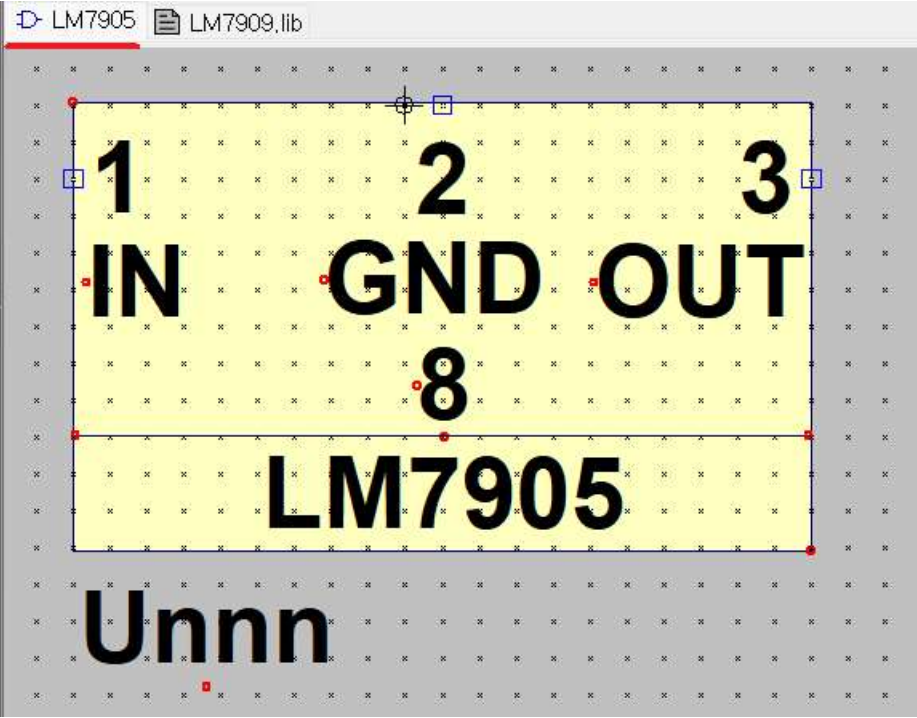


그림 11은 LM7905 소자 정의 결과를 보여준다.

- 출석번호 = 8번
- 소자 안에 텍스트로 자신의 출석번호 8을 포함했다.

2.1.1.3 Schematic 입력

그림 12 Schematic 입력 결과

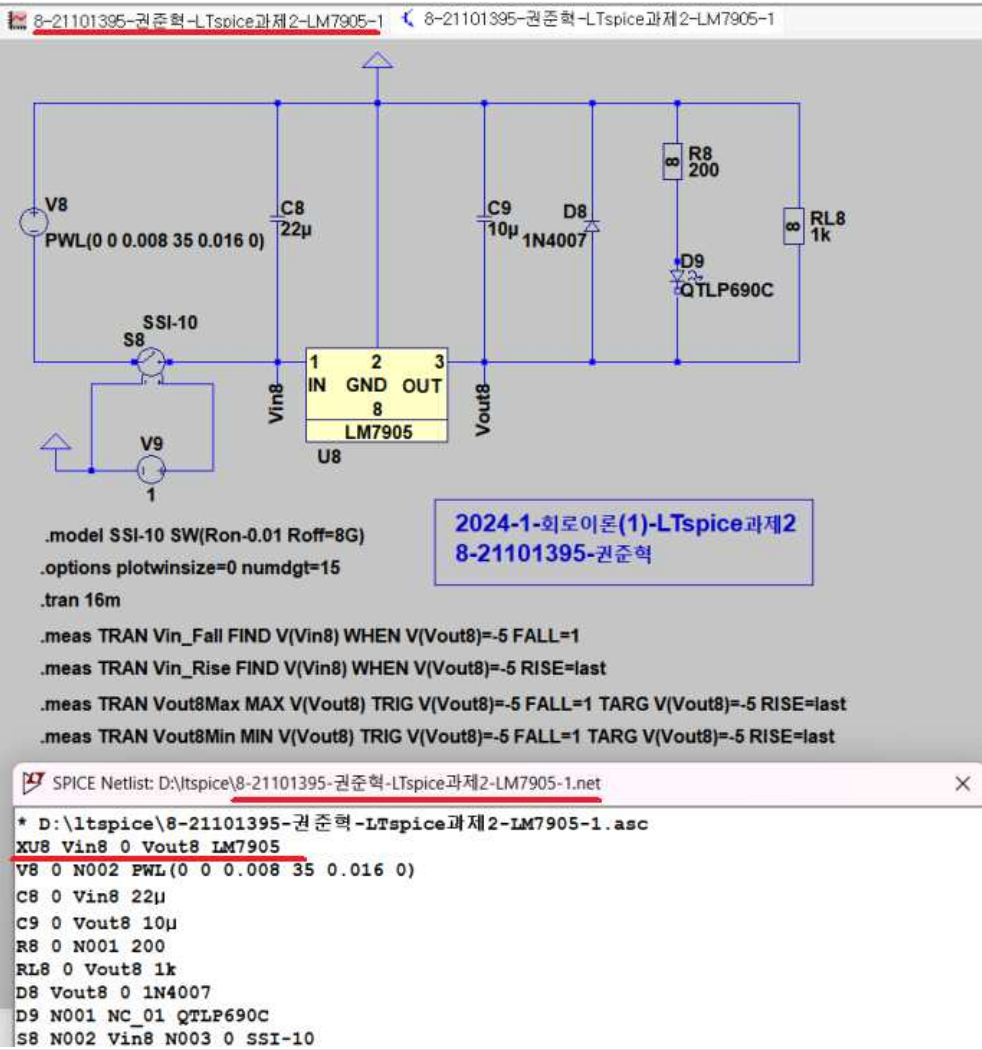
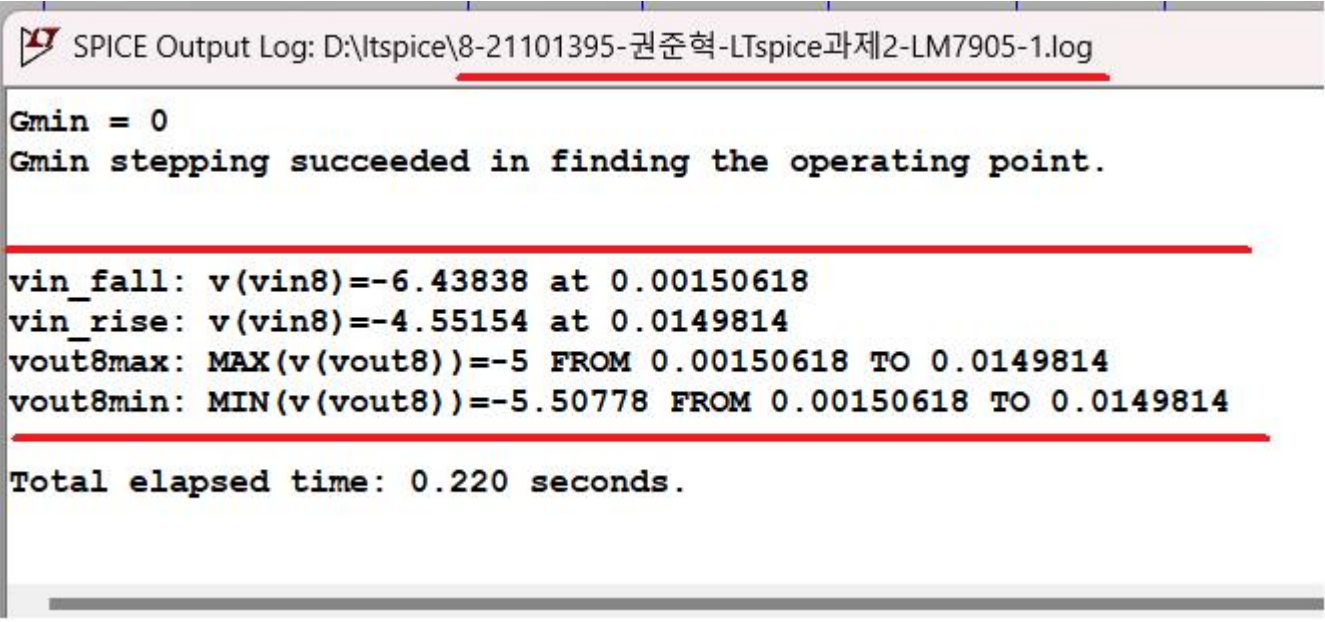


그림 12는 Schematic 입력 결과를 보여준다.

- 출석번호 = 8번
- 커패시터의 이름은 각각 C8, C9로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 커패시터의 값은 C8=22[uF], C9=10[uF]으로 설정했다.
- 부하저항 이름은 RL8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 부하저항 RL8의 값은 출력전류가 -0.005[A]가 되도록  $-5[V]/-0.005[A] = 1000[\Omega]$ 으로 설정했다.
- 입력 독립 전압원의 이름은 V8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 입력 노드 이름을 Vin8, 출력 노드 이름을 Vout8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- switch model의 이름은 SSI-10, Ron=0.01[Ω], Roff=8G[Ω](Roff 값 출석번호에 맞게 지정)
- 입력 독립 전압원의 부호는 LM7905 입력 전압 Vin8과 반대가 되도록 설정했다.
- 입력 독립 전압원의 function은 PWL (Piecewise Linear) function으로 설정했다.
- 출석번호 끝자리가 0이므로 직선이 변하는 시간 단위를 10[ms]로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- \* 출석번호 끝자리가 1인 경우 1[ms], ..., 9인 경우 9[ms]로 설정한다.
- PWL function은 2개의 직선으로 구성했다. 2개의 직선은 다음과 같이 정의했다. t=0[s]일 때 0[V]에서 시작해서 t=8[ms]에 최대 입력 전압의 크기인 35[V]가 된다. 그 이후 t=16[ms]까지 0[V]로 감소한다. (출석번호에 맞게 지정)
- analysis type을 "Transient"로 설정하고 Stop time: 값을 16[ms]로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- measure statement를 정확히 작성했다.
- => 순서와 parameter 이름 (출석번호에 따라서 변경)을 예시와 같이 작성했다.
- => 반드시 rise, fall을 사용해서 조건을 지정해야 한다. (simulation 결과를 모른다는 전제로 작성해야 한다.)
- => 출력 전압 Vout8 = -5[V]가 되는 최초의 하락 방향 입력 전압 Vin8의 값 Vin8\_Fall을 구했다.
- => 출력 전압 Vout8= -5[V]가 되는 마지막 증가 방향 입력 전압 Vin8의 값 Vin8\_Rise를 구했다.
- => 앞에서 구한 두 Vin8의 값 사이에서 출력 전압 Vout8의 최댓값 Vout8Max를 구했다.
- => 앞에서 구한 두 Vin8의 값 사이에서 출력 전압 Vout8의 최솟값 Vout8Min을 구했다.

2.1.2 Simulation 결과 (새 페이지)  
2.1.2.1 Measure Statement로 계산된 Simulation 결과

그림 13 measure statement로 계산된 simulation 결과

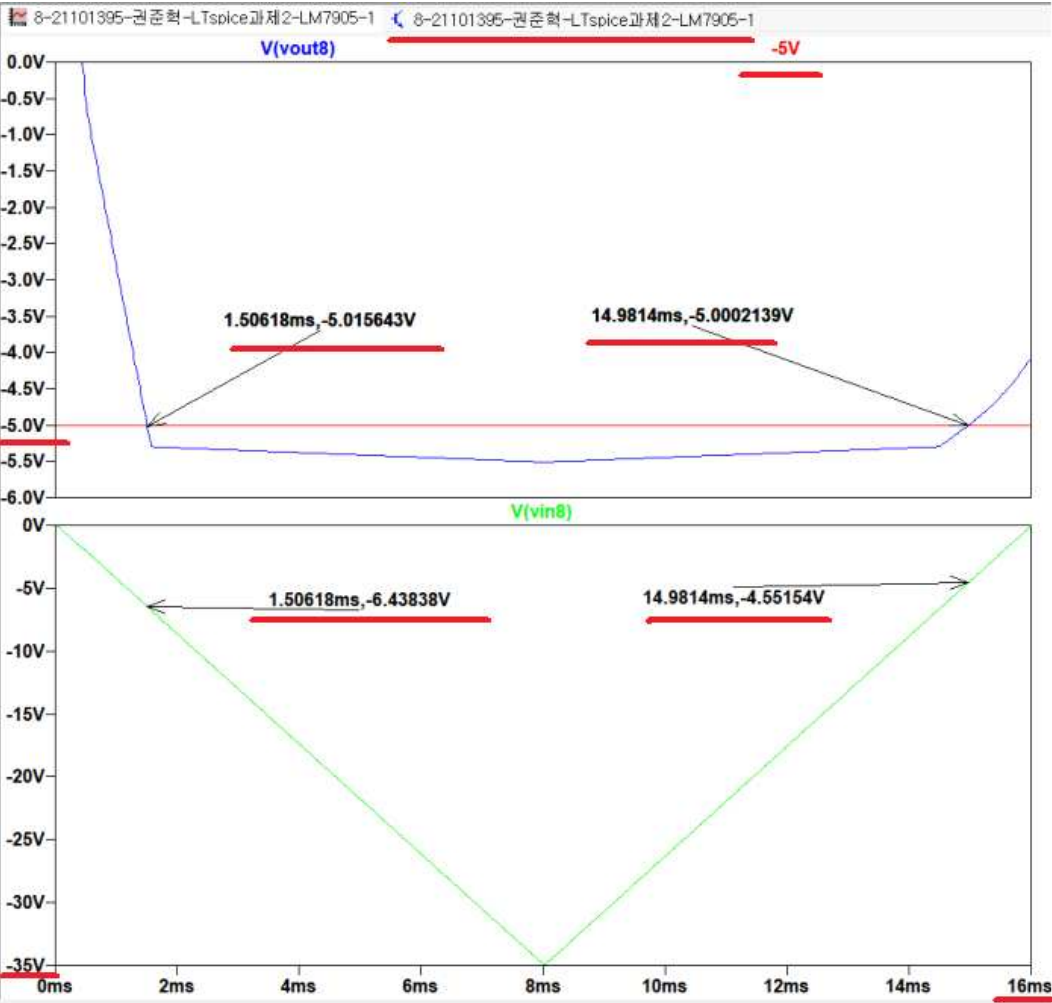


- 그림 13은 measure statement로 계산된 simulation 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
- 출력 전압 Vout8 = -5[V]가 되는 최초의 하락 방향 입력 전압 Vin8 = -6.43838 at 0.00150618[s]
- 출력 전압 Vout8 = -5[V]가 되는 마지막 증가 방향 입력 전압 Vin8 = -4.55154 at 0.0149814[s]
- [0.00150618, 0.0149814] 구간에서 출력 전압 Vout8의 최댓값 = -5[V]
- [0.00150618, 0.0149814] 구간에서 출력 전압 Vout8의 최솟값 = -5.50778[V]



2.1.2.2 Waveform Viewer에 표시한 Simulation 결과 (새 페이지)

그림 14 waveform viewer에 표시한 simulation 결과



- 그림 14는 waveform viewer에 표시한 simulation 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
- 배경색(Background color)은 흰색, 축 (Axis color)는 검은색으로 설정했다.
- 입력 전압 Vin8의 파형이 요구 조건과 일치하는 것을 확인했다.
- measure statement의 결과를 이용해서 입력 전압 Vin8이 0[V]부터 감소할 때 출력 전압 Vout8이 처음으로 -5[V]가 되는 좌표를 표시했다. (시간을 measure statement의 결과와 같이 설정한다.)  
=> Vin8 = -6.43838 at 0.00150618[s]
- > 입력 전압 Vin8이 -6.43838[V]에서 -35[V]로 감소 할 때 출력 전압 Vout8이 큰 변동 없이 -5[V]로 유지되는 것을 확인했다.
- > -5[V] voltage regulator로 동작하는 것을 확인했다.
- measure statement의 결과를 이용해서 입력 전압 Vin8이 -35[V]부터 증가할 때 출력 전압 Vout8이 처음으로 -5[V]가 되는 좌표를 표시했다.(시간을 measure statement의 결과와 같이 설정한다.)  
=> Vin8 = -4.55154 at 0.0149814[s]
- > 입력 전압 Vin8이 -35[V]에서 -4.55154[V]까지 증가 할 때 출력 전압 Vout8이 큰 변동 없이 -5[V] 이상으로 유지되는 것을 확인했다.
- > -5[V] voltage regulator로 동작하는 것을 확인했다.
- 출력 전압 Vout8이 -5[V]로 유지되려면 입력 전압 Vin8의 크기는 5[V]보다 큰 값으로 유지되어야 한다.
- x 좌표값은 반드시 measure statement 결과를 이용해서 설정한다.  
=> x 축에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭한다.
- > Axis Limits의 Left: 부분 값으로 measure statement의 값을 설정한다.
- > cursor를 display 시키고 맨 왼쪽에 위치시킨다
- > L key 눌러서 현재 cursor의 위치를 텍스트로 표시한다.
- > space key 눌러서 원래 화면으로 복귀한다.

2.2 기본 동작 확인 2 (새 페이지)

2.2.1 Schematic 입력

그림 15 Schematic 입력 결과

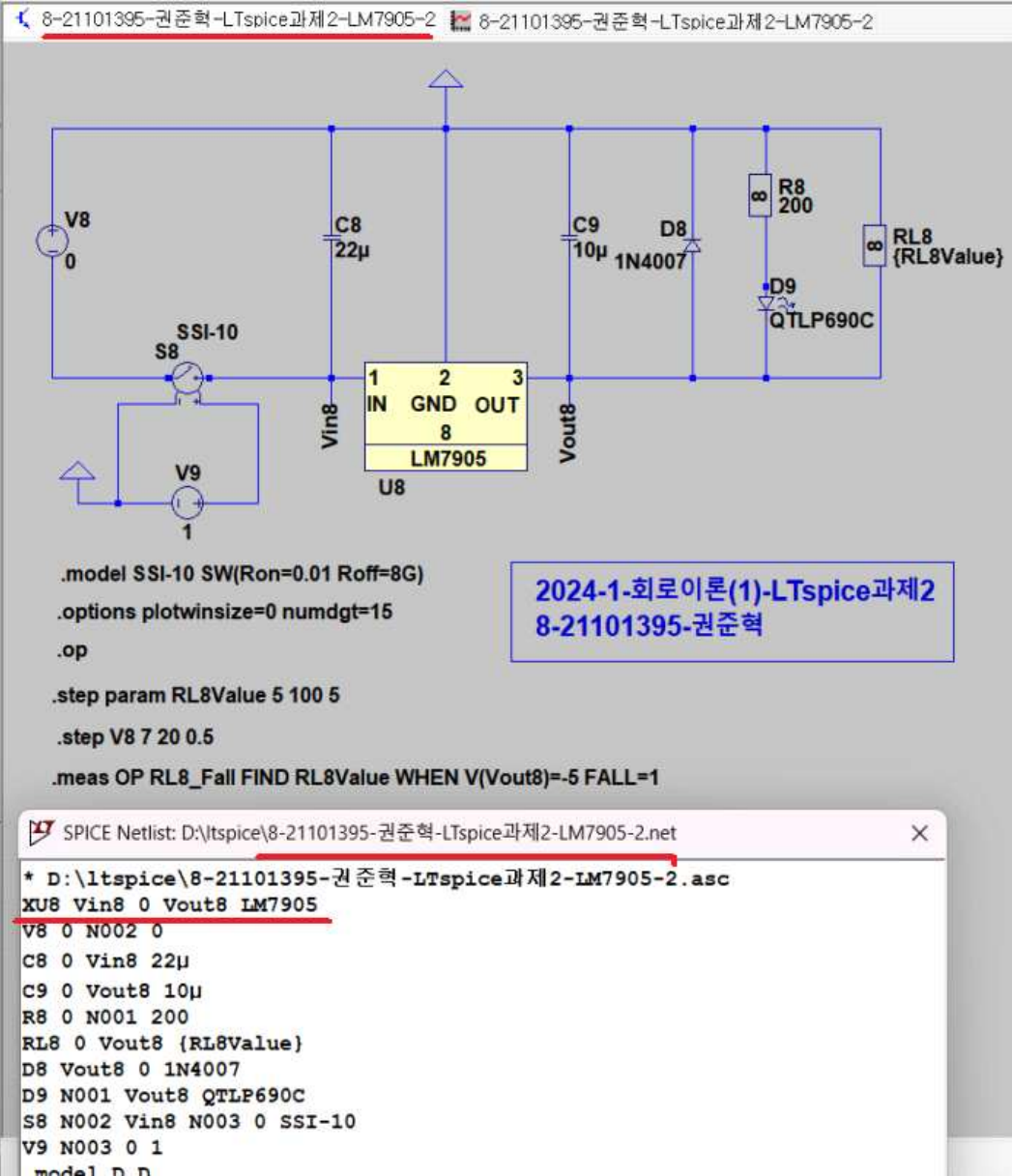


그림 15는 Schematic 입력 결과를 보여준다.

- 출석번호 = 8번
- 커패시터의 이름은 각각 C8, C9로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 커패시터의 값은 C8=22[uF], C9=10[uF]으로 설정했다.
- 부하저항 이름은 RL8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 입력 독립 전압원의 이름은 V8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- 입력 노드 이름을 Vin8, 출력 노드 이름을 Vout8으로 설정했다. (출석번호에 맞게 지정)
- switch model의 이름은 SSI-10, Ron=0.01[Ω], Roff=8G[Ω](Roff 값 출석번호에 맞게 지정)
- analysis type을 “DC Operation Point”로 설정했다.
- .step directive를 사용해서 입력 독립 전압원 V8의 값을 7[V]부터 20[V]까지 0.5[V]씩 증가하도록 설정했다.
- => LM7905의 입력 전압 Vin8의 값은 LM7905 입력 전압의 동작 범위인 -7[V]에서 -20[V]까지 변하게 된다.
- .step directive를 사용해서 부하저항 RL8의 값을 출력전류가 -1[A]가 되는 값 -5[V]/-1[A] = 5[Ω]부터 -50[mA]가 되는 값 -5[V]/-0.05[A] = 100[Ω]까지 5[Ω]씩 증가하도록 설정했다.
- 두 .step directive의 순서를 아래 예시와 같은 출력이 되도록 설정했다.
- measure statement를 정확히 작성했다.
- => 출력 전압 Vout8 = -5[V]가 되는 최초의 감소 방향 RL8의 값 RL8\_Fall을 구했다.
- => 순서와 parameter 이름 (출석번호에 따라서 변경)을 예시와 같이 작성했다.
- => 반드시 rise나 fall을 사용해서 조건을 지정해야 한다. (simulation 결과를 모른다는 전제로 작성해야 한다.)

1.2.2 Simulation 결과 (새 페이지)

1.2.2.1 Measure Statement로 계산된 Simulation 결과를 Waveform Viewer에 표시한 결과

그림 16 measure statement로 계산된 simulation 결과

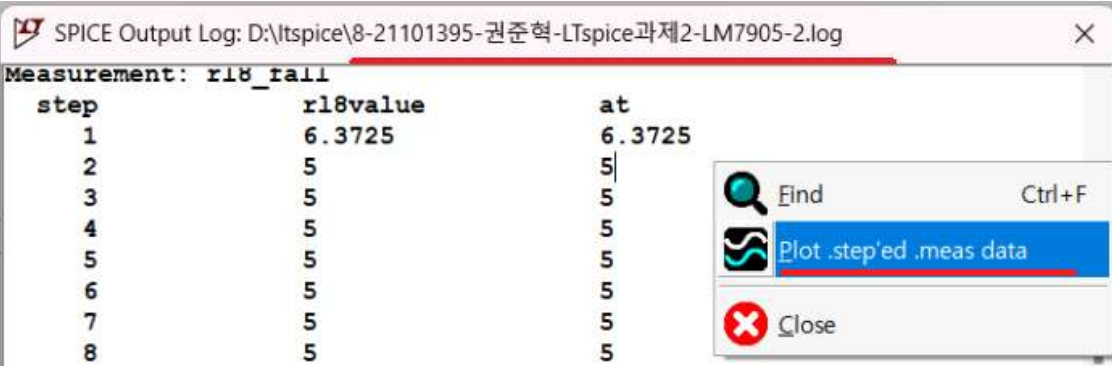
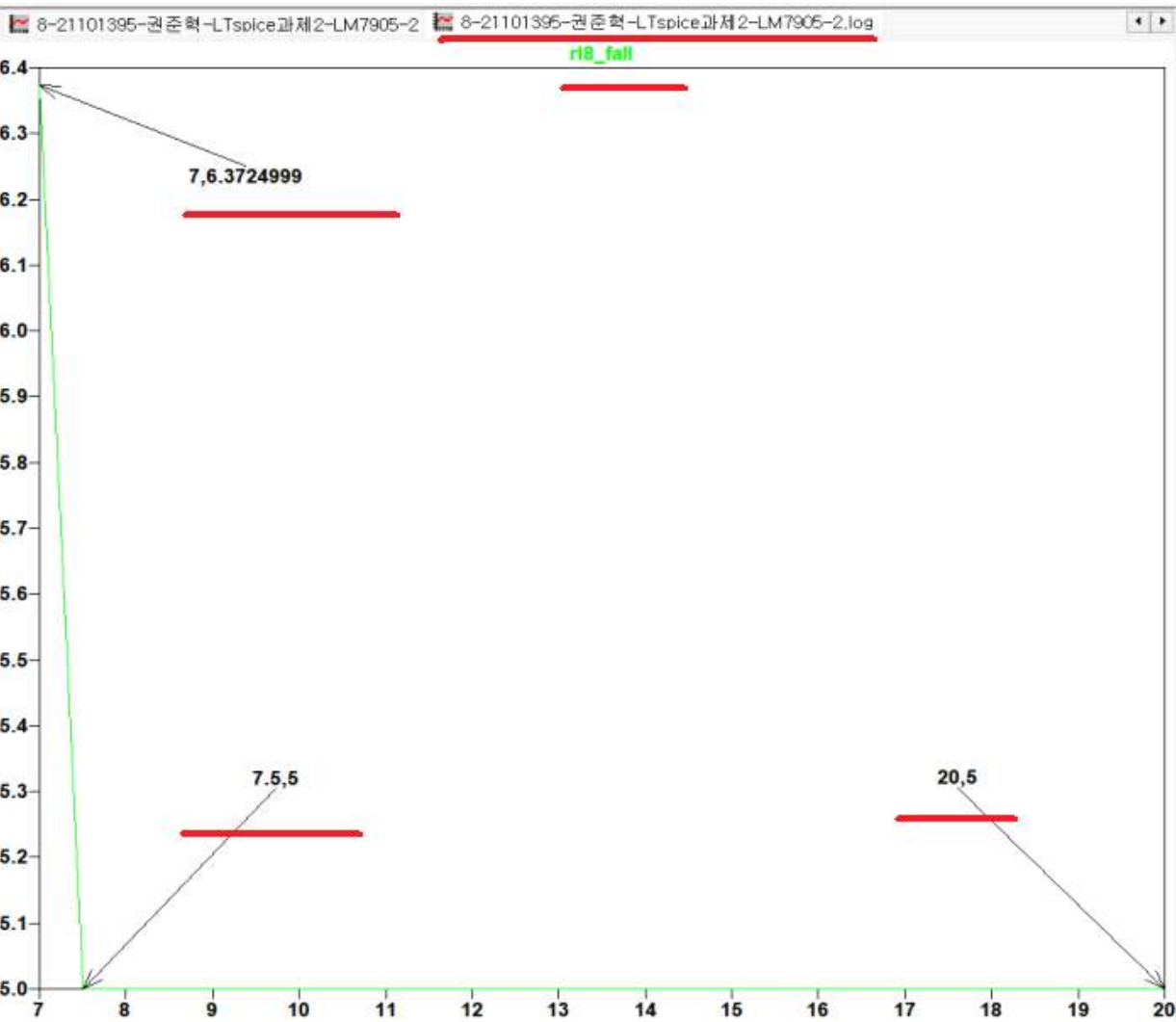
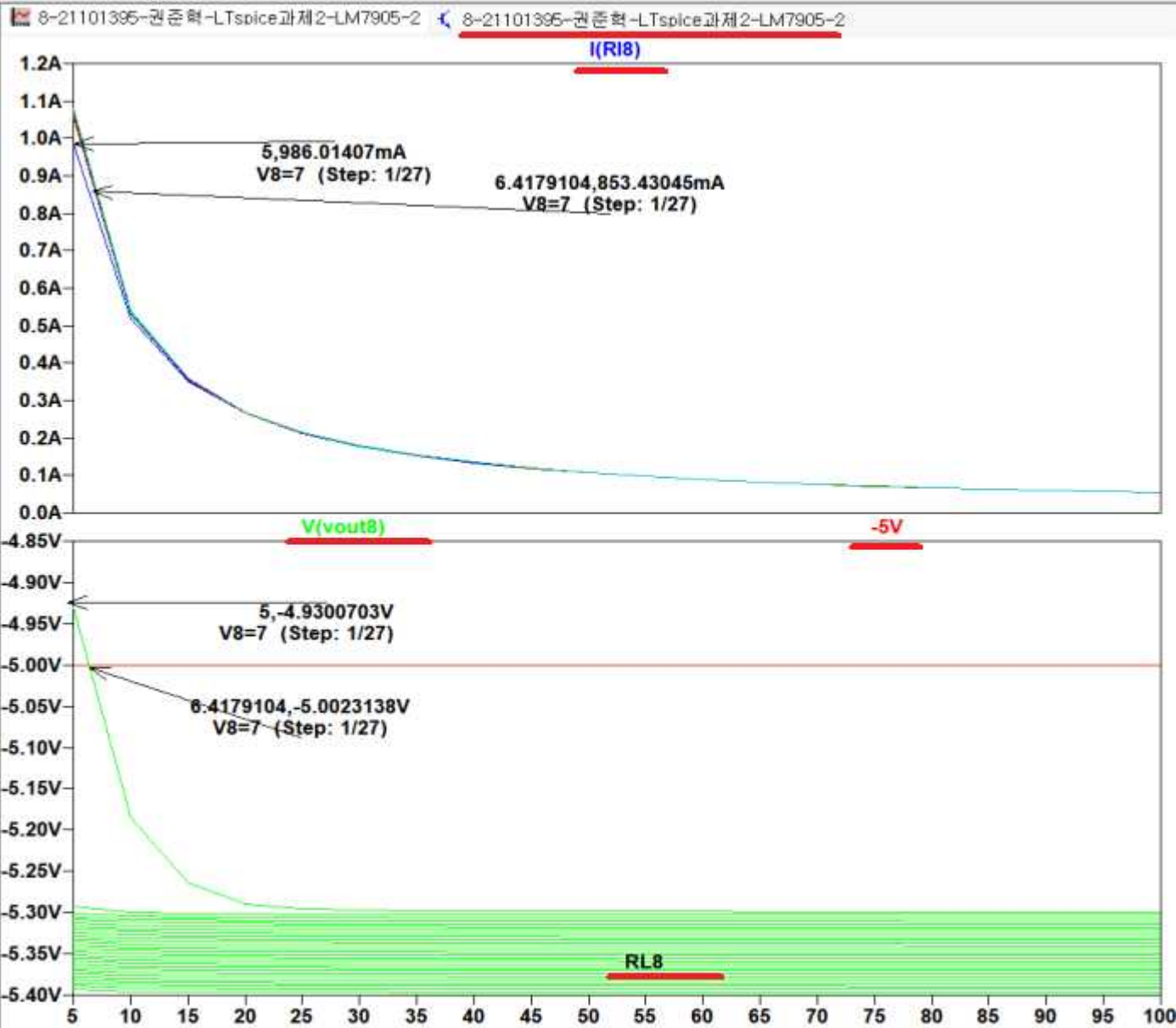


그림 17 measure statement로 계산된 simulation 결과를 waveform viewer에 표시한 결과



- 그림 16과 17은 measure statement로 계산된 simulation 결과를 waveform viewer에 표시한 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
- measure statement를 사용해서 출력 전압  $V_{out8} = -5[V]$ 가 되는 최초의 감소 방향 RL8의 값 RL8\_Fall을 계산한 결과를 waveform viewer에 도시했다.
- 입력 전압  $V_{in8}$ 의 크기가 7.5[V] 이상이면 (입력 전압  $V_{in8}$ 의 값이 -7.5[V] 이하이면) 부하 저항의 값이 5[Ω]인 경우에도 (출력 전류가 1[A]인 경우에도) 출력 전압  $V_{out8}$ 의 값이 근사적으로 -5[V] 이하로 유지되는 것을 볼 수 있다.
- 입력 전압  $V_{in8}$ 의 크기가 7[V]이면 (입력 전압  $V_{in8}$ 의 값이 -7[V]이면) 부하 저항의 값이 5[Ω]인 경우에도 (출력 전류가 1[A]인 경우에도) 출력 전압  $V_{out8}$ 의 값이 -5[V]보다 큰 값이 (출력 전압  $V_{out8}$ 의 크기가 5[V]보다 작은 값이) 되는 것을 볼 수 있다.

그림 18 waveform viewer에 표시한 simulation 결과



- 그림 18은 waveform viewer에 표시한 simulation 결과를 보여준다.
- 출석번호 = 8번
- 배경색 (Background color)는 흰색, 축 (Axis color)는 검은색으로 설정했다.
- 입력 전압 Vin8의 크기가 가장 작은 경우인 V8 = 7[V]일 때의 그래프에서 measure statement로 구한 RL8\_Fall 값을 이용해서 좌표를 표시했다.
- => Vout8 = -5.0023138[V] at RL8 = 6.4179104[Ω]
- => RL8의 전류 = 853.43045[mA] at RL8 = 4179104[Ω]
- 입력 전압 Vin8의 크기가 7.5[V] 이상이면 부하 저항 RL8의 값이 100[Ω]에서 5[Ω]까지 변하더라도 출력 전압 Vout8의 값이 근사적으로 -5[V]로 유지되는 것을 볼 수 있다.
- 입력 전압 Vin8의 크기가 7[V]이면 부하 저항 RL8의 값이 100[Ω]에서 20[Ω]까지 변하더라도 출력 전압 Vout8의 값이 근사적으로 -5[V]로 유지되는 것을 볼 수 있다.
- => 부하 저항 RL8의 값이 20[Ω]에서 5[Ω]까지 변하는 구간에서는 출력 전압 Vout8의 변화가 상대적으로 큰 것을 볼 수 있다.
- => 부하 저항 RL8의 값이 5[Ω]일 때 출력 전압 Vout8 = -4.9300703[V]가 되는데 이 값도 실제 LM7905의 정상적인 출력 전압 범위에 포함된다.