

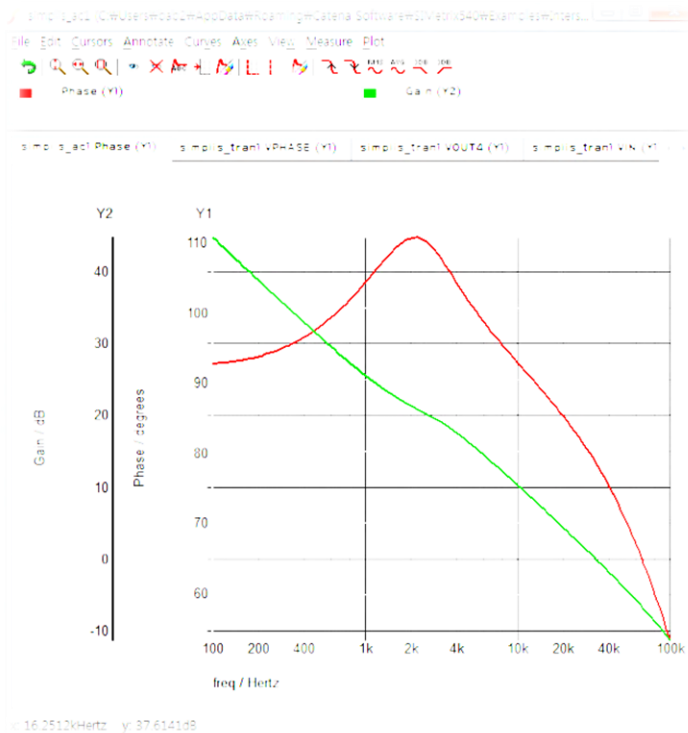
SIMetrix / SIMPLIS

Simulation Software for Power Electronics

(주)인터그래텍

SIMetrix / SIMPLIS

Power Electronics Simulation



Tool 개요 및 특징

- SIMetrix
- SIMPLIS

SIMetrix/SIMPLIS 기능

부품 운용

- Multi-level modeling
- Piecewise linear components

추가 모듈

- DVM
- MDM
- VH

SIMetrix/SIMPLIS 해석 결과 / 실측결과

사용 효과 / 이점

SIMetrix/SIMPLIS product matrix

Customers

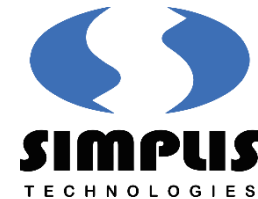
SIMetrix/SIMPLIS는 2개의 빠르고 강력한 시뮬레이터 엔진 탑재



SPICE Simulator

Noise Filter 및 일반 아날로그 회로 해석용

- SPICE의 일반적인 특징 포함 (2~3x)
- Verilog-A, HDL Co-Simulation
- Multi-step/Monte Carlo 해석 시 멀티코어 지원
- 수동소자의 기생성분을 쉽게 부여



Piece-Wise Linear Simulator

Open/Closed loop SMPS, PFC 해석용

- SPICE 대비 10x ~ 50x transient 해석 속도
- 정상상태 분석 (Periodic Operating Point 해석)
- 시간 영역 모델로 진행 가능한 Bode Plot 해석



표준 SPICE3F5를 기반으로 하는 Circuit Simulator

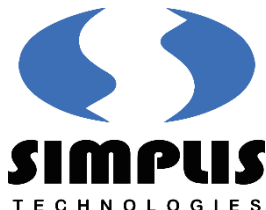
일반적인 해석 알고리즘과 해석 옵션 기능을 내장했고, 기존 SPICE 호환 Tool 대비
약 2~3배 빠른 속도와 Convergence 에러에 강한 장점이 특징

해석 알고리즘

- Transient
- AC
- DC Sweep
- Noise
- Transfer function
- Multi-Step
- MonteCarlo
- Pole-zero
- 시간 영역 해석
- 주파수 영역 해석
- DC 전압 영역 해석
- 등가/실시간 Noise 해석
- DC 전달 이득 분석
- 소자 값 변경 해석
- 공차기반 마진 해석
- Pole-zero 해석

Verilog Co-Simulation

아날로그 회로와 Verilog-A 및 Verilog-HDL의 Co-Simulation 지원



기존 SPICE의 문제점을 개선하기 위해 개발된 Piecewise-linear(PWL) 기반의 Circuit Simulator이며 특히 스위칭 동작이 많은 Power electronic 분야의 해석에 최적화

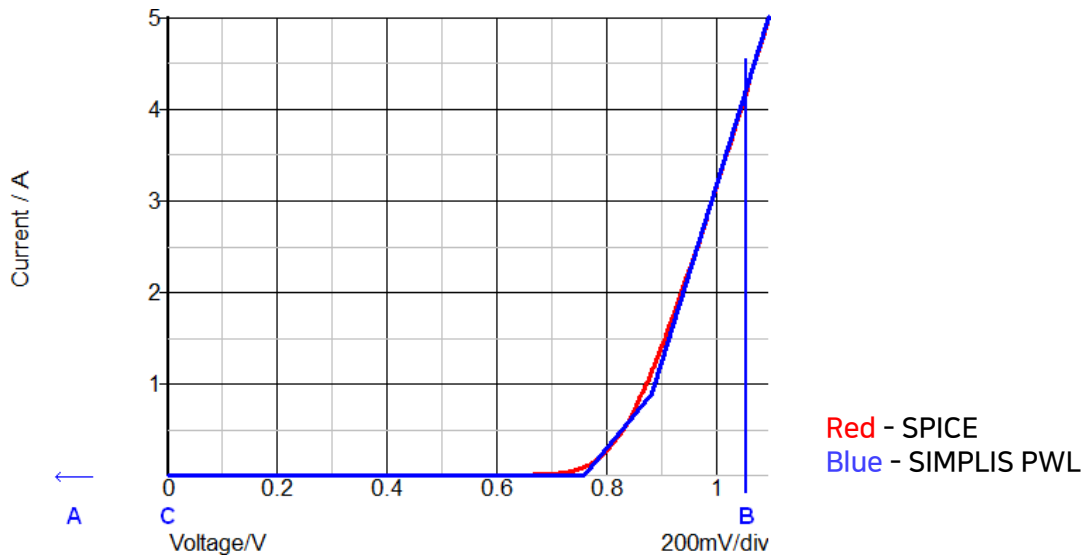
스위칭 동작 속도와 Convergence 오류의 영향을 많이 받는 SPICE에 비해 비약적인 속도 향상
일반 SPICE Tool로는 접근하기 어려운 Closed Loop 회로에 대한 Bode plot 해석 등의 분석 기능을 탑재
DVM을 통해 소자의 Stress 분석과 민감도 해석 그리고 여러 해석 설정을 일괄적으로 해석하는 것이 가능

해석 알고리즘

- Transient
- AC
- POP
- 시간영역 해석 - PWL 엔진으로 SPICE Tool 대비 최대 50배의 실행 속도
- 주파수영역 해석 - Closed Loop 회로의 Bode Plot 해석으로 별도의 Average model 구성 작업이 필요치 않음
- 시간영역 내, 정상구간 해석 - 빠른 정상상태 특성 분석

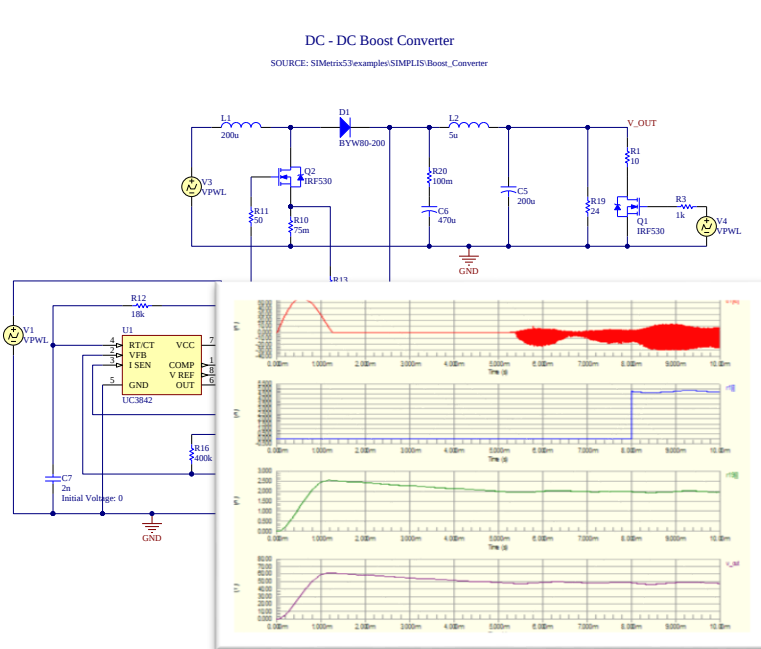
SIMPLIS 시뮬레이션 모델 동작 원리

- 반도체 소자의 비선형 특성으로 인해 SPICE에서 Switching 회로를 시뮬레이션 할 때 많은 시간이 소요되고 Convergence Problem이 발생합니다.
- SIMPLIS는 연속된 점이 아닌 Segment 형태로 정의하여 비선형 장치 특성을 근사화하는 조각별 선형(PWL) 모델링을 기반으로 합니다. PWL Segment가 많을수록 정확도가 높아지지만 많을수록 시뮬레이션 시간이 길어질 수 있습니다.
- PWL 모델링의 목표는 CPU 시간을 최소화하면서 원하는 수준의 정확도를 달성하는 것입니다.
- 정확성과 해석 시간의 절충점은 내장된 자동 모델 매개변수 추출 루틴으로 결정됩니다.

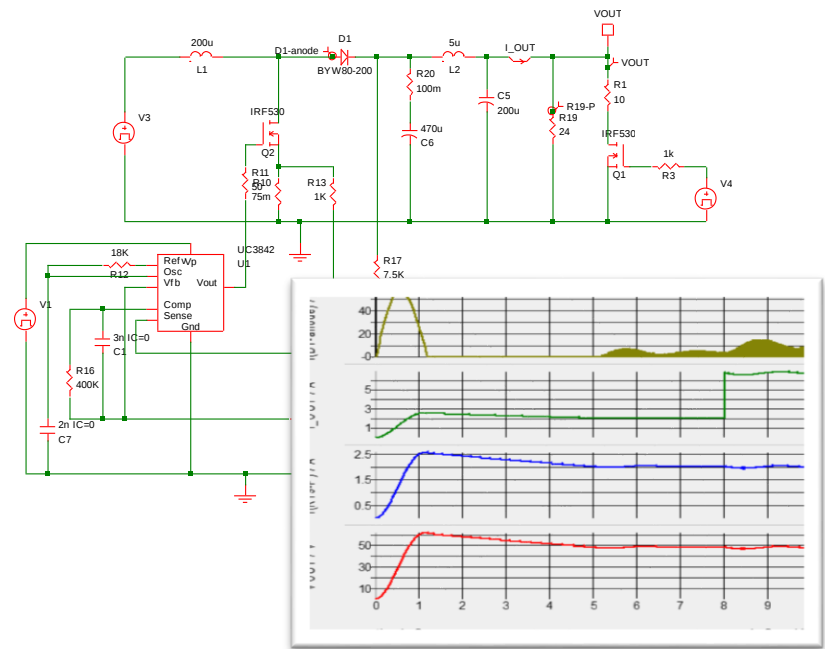


시뮬레이션 동작 속도

- Piecewise Linear 기반의 엔진을 사용하여 실사용에 적합한 빠른 시뮬레이션 속도를 구현
- 동일한 회로를 SPICE 대비 최대 10~50배의 속도로 시뮬레이션 실행

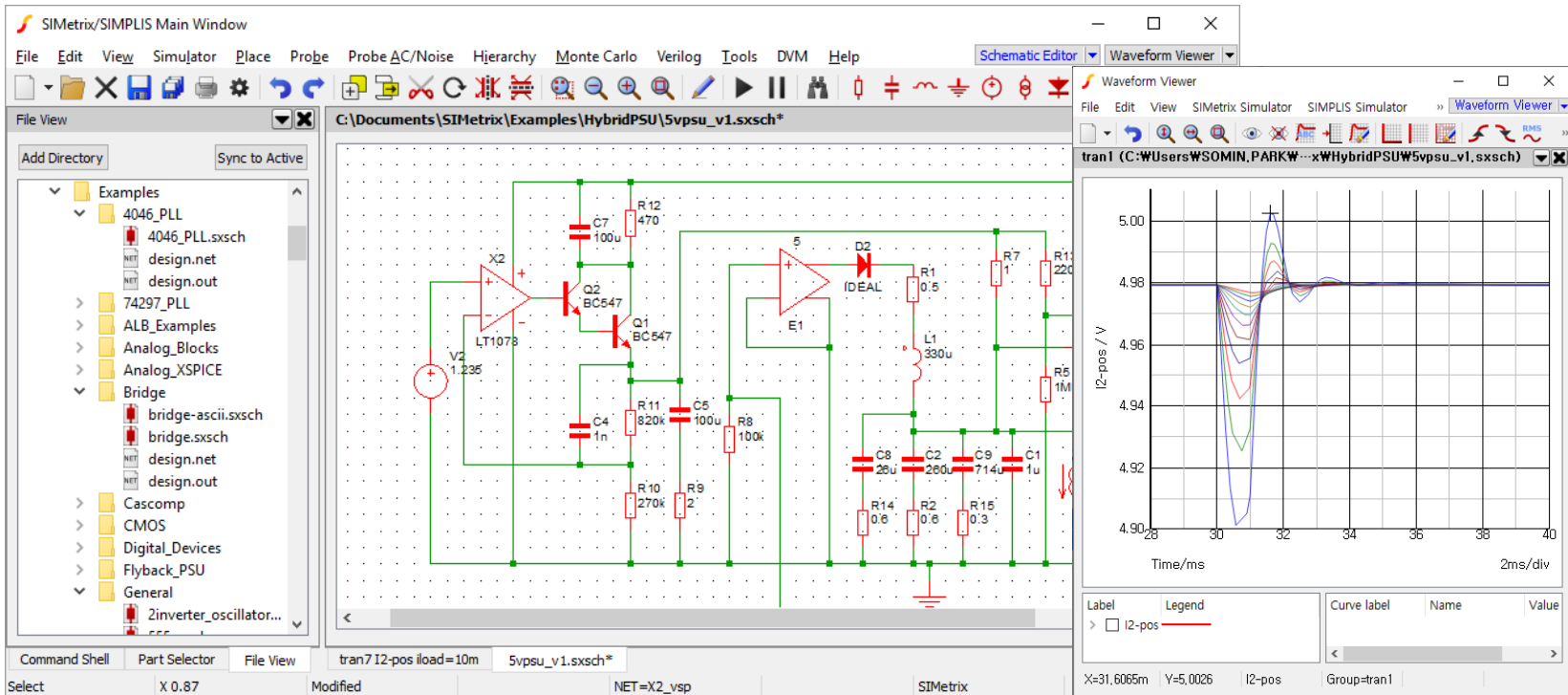


Xspice : 2분 35초



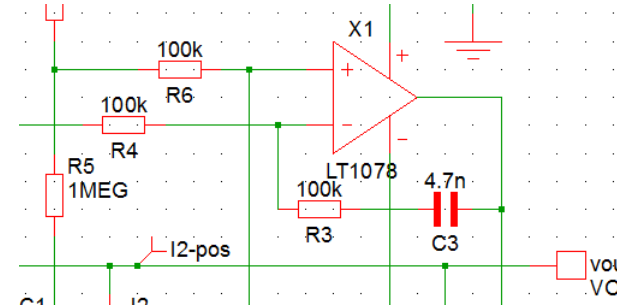
SIMetrix/SIMPLIS : 2초

SIMetrix/SIMPLIS는 회로도, 파형 뷰어 및 스크립팅을 허용하는 핵심 요소와 함께 완전한 기능을 갖춘 개발 환경을 제공. 이 외에도 사용 편의성 및 추가 기능을 가능하게 하는 대화 상자 존재



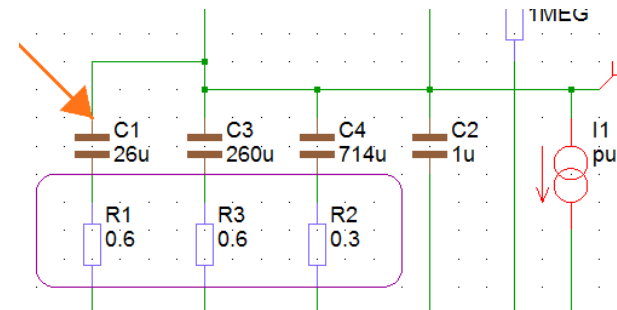
사용의 용이성

- 간단한 구성요소 배치 및 스마트 와이어 배선
- 18,000개 이상의 포괄적인 라이브러리 제공
- IC Vender에서 제공하는 회로도 및 라이브러리 활용



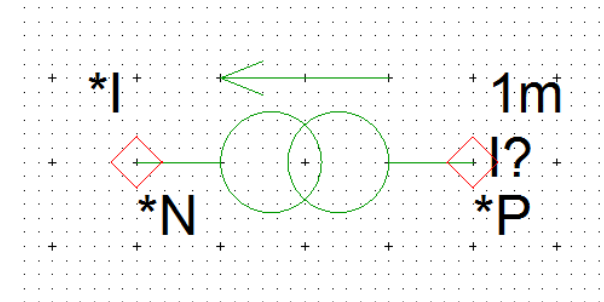
명료한 시각화 도구

- 모든 도식 요소의 풀 컬러 및 스타일 사용자 정의
- 디자인 강조 표시 및 설명을 위한 주석 추가 및 이미지 저장



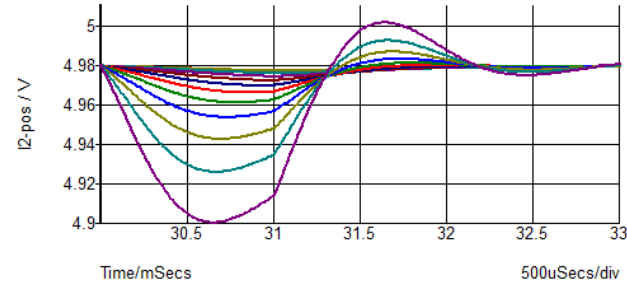
프로젝트에 맞는 확장

- 작은 테스트 회로에서 복잡한 대규모 시스템 회로까지
- 문제를 별도의 파일로 분할할 수 있는 계층적 구성 요소
- 사용자 정의 심볼 편집기



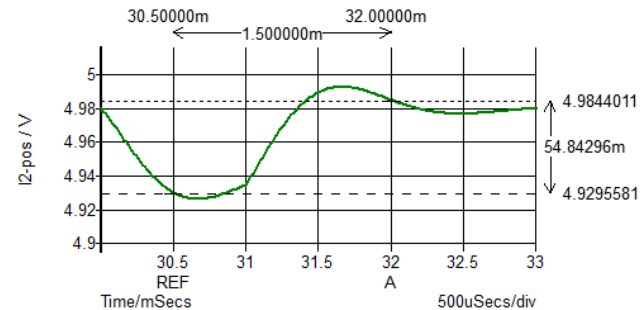
정확한 플로팅

- 다중 곡선 플로팅
- 사용자 지정 확대/축소
- 사용자 정의 가능한 색상



직관적인 측정

- 곡선 추적 커서
- 추적 커서 간의 비교
- RMS, 주파수, 상승 및 하강 시간과 같은 일반 필요정보의 자동 계산



스크립트 편집기

- 회로도 및 Verilog 코드 모두에 대한 구문 강조 표시
- 스크립트 명령 및 기능에 대한 프롬프트 제공
- 스크립트는 편집기 내에서 실행 가능

```
// The DAC has an input size specified by the "size" parameter. This ca
// at run time without requiring the module to be recompiled.
module dac(in, out, clock) ;
    electrical [0:size-1] in ;
    electrical out, clock ;

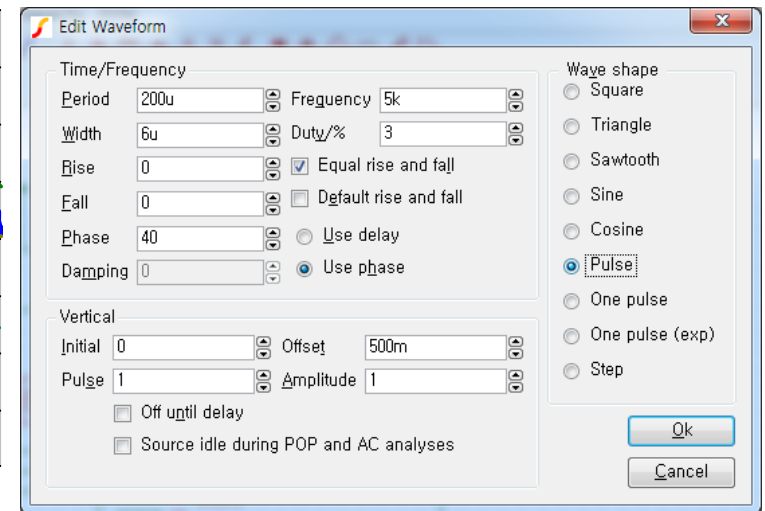
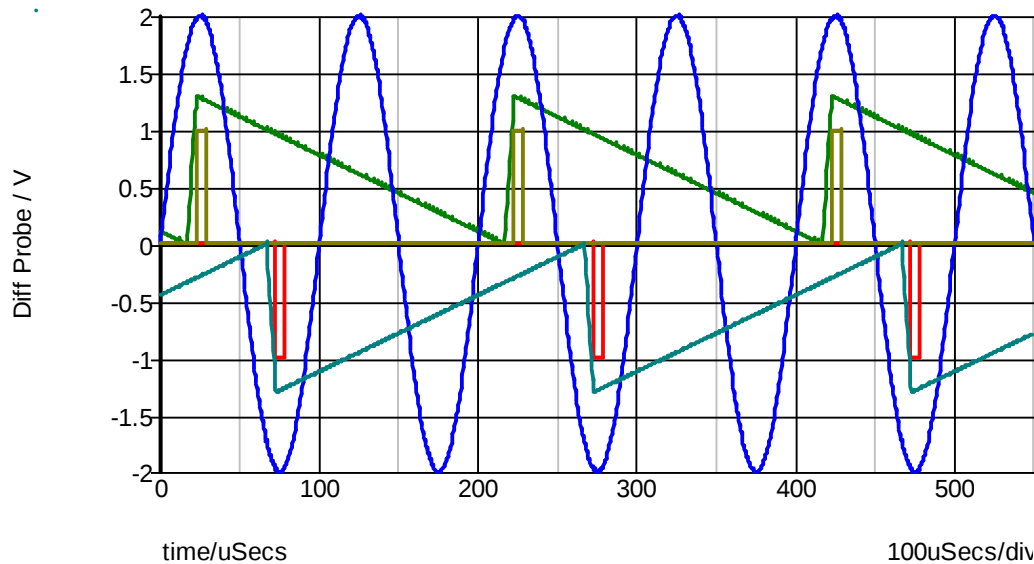
    genvar i ;
    parameter integer size = 4 ;
    parameter real thresh=2.5,
                  out_range=1.0,
                  output_offset=0.0 ;

    localparam real out_gain = out_range/pow(2.0,size),
                  out_shift = -out_range/2.0+output_offset;

    analog
    begin : main
        real vout ;
        @(cross(V(clock)-thresh,+1.10n))
```

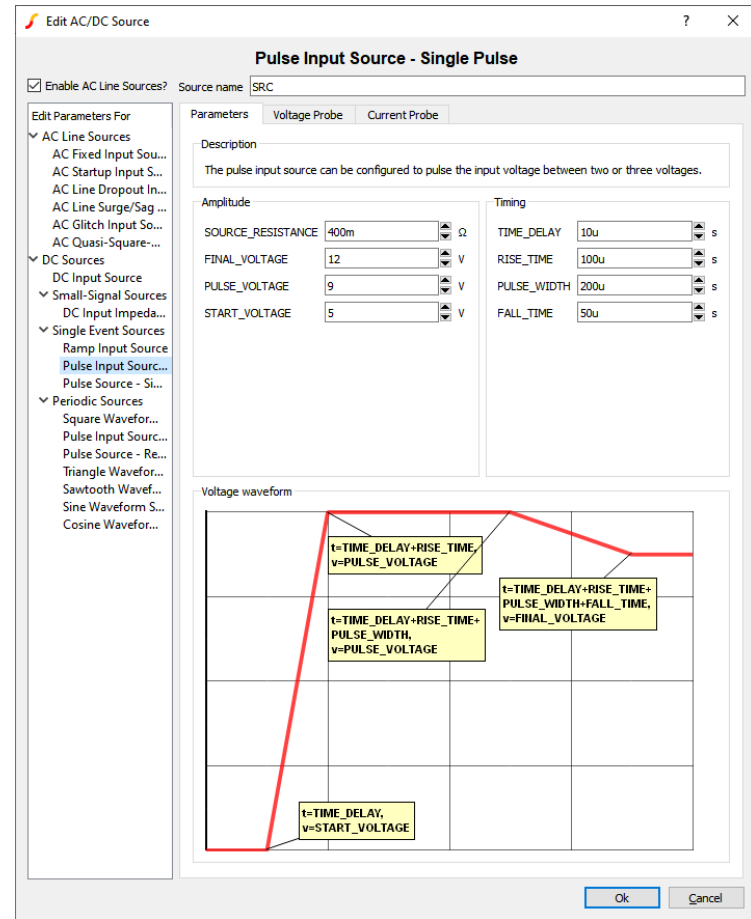
입력조건 생성, 관리

- 파형 설정 창을 통해 Pulse, Triangle, Sine wave 등의 파형을 정의
- 주파수/시간에 구애 받지 않고 간단하게 입력 조건을 입력



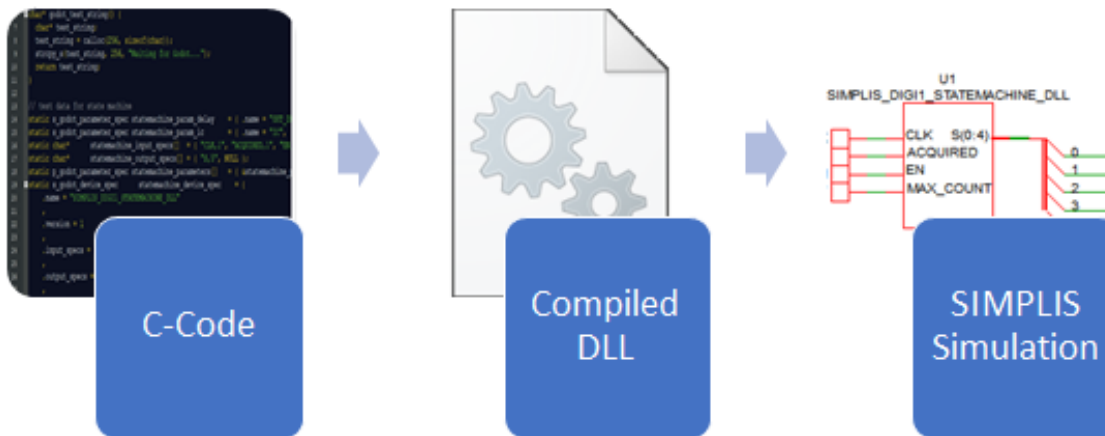
전력공급 Source와 Loads

- 6개의 AC 소스와 13개의 DC 소스 유형을 쉽게 변환하고 19가지 다른 유형의 Load를 쉽게 변환.
- 또한 각각의 소스와 Load 타입에 따라 4개의 내부 프로브(전압, 전류, 이득 또는 진폭과 위상)에 대한 측정을 정의하는 기능이 가능.



C/C++ DLL

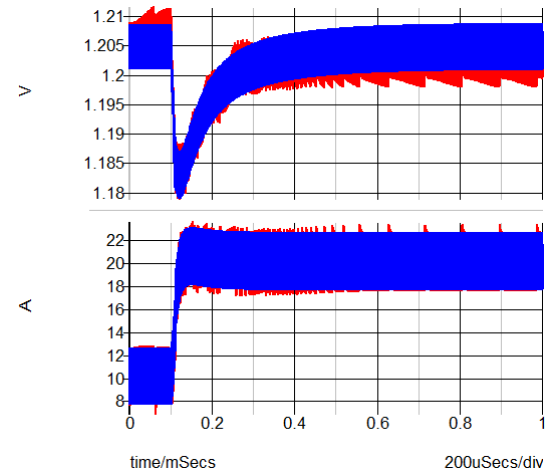
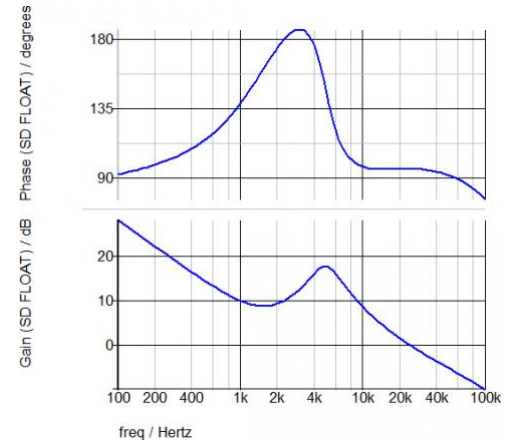
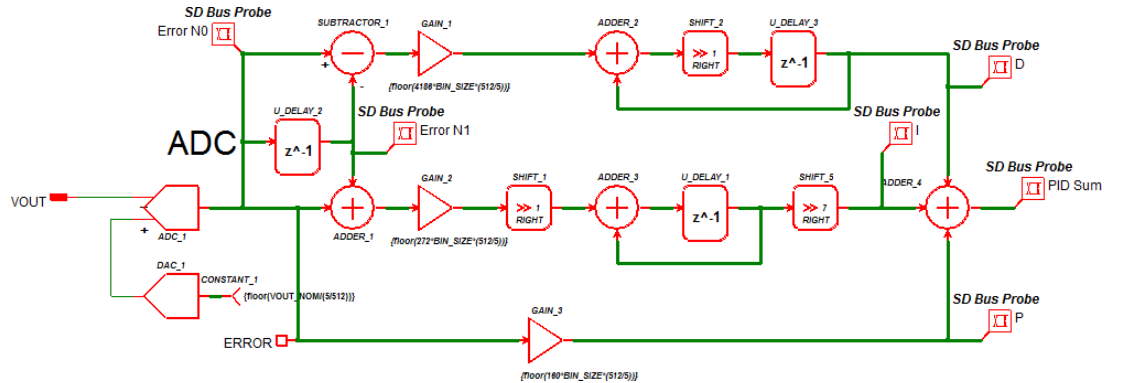
- C언어로 작성된 디지털 제어 코드가 SIMPLIS에서 실행
- Layout에 대한 Gate가 없고 Co-Simulation 엔진이 필요하지 않으므로 신속한 구현과 신속한 시뮬레이션이 가능
- SIMPLIS Primitive로 구현할 필요 없이 대량의 디지털 Content가 포함된 모델 작성 가능
- 멀티 코어를 사용한 Monte Carlo 및 Multi-Step 매개변수(Parameter)화를 지원



C/C++ DLL은 SIMetrix / SIMPLIS Pro 또는 Elite v8.40 이상 사용 가능

System Designer

- SIMPLIS 디지털 제어블럭의 설계에 최적화
- Microcontroller, DSP, FPGA의 블럭설계
- 32비트의 정밀도 구현으로 위상 편이 효과를 정확하게 모델링



Real passive part model

해석과 실제 결과의 오차 감소를 위해 수동소자의 기생성분이 포함된 Part를 제공

Resistor, Capacitor, Inductor에 포함된 ESR, ESL 등의 기생성분의 정의를 통해 복잡한 회로를 기본 단계에서 복잡한 형태의 수준까지 단계적으로 해석하여 경향성 판단을 위한 Ideal한 파형 뿐 아니라, 실측에 가까운 결과파형을 얻을 수 있음.

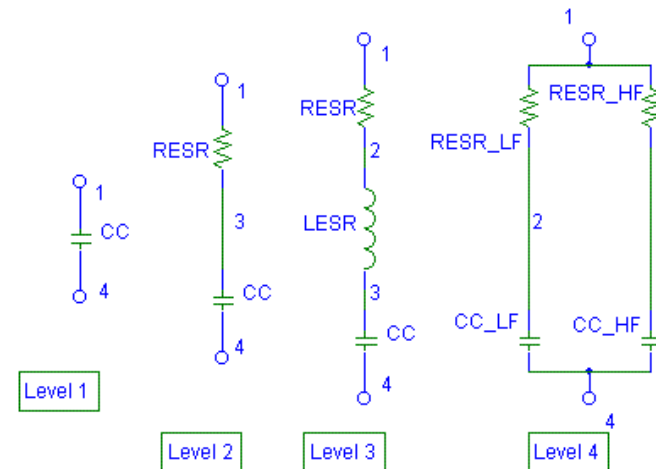
예시 : Capacitor

Level 1 : Ideal Capacitor

Level 2, 4 : Stability Analysis

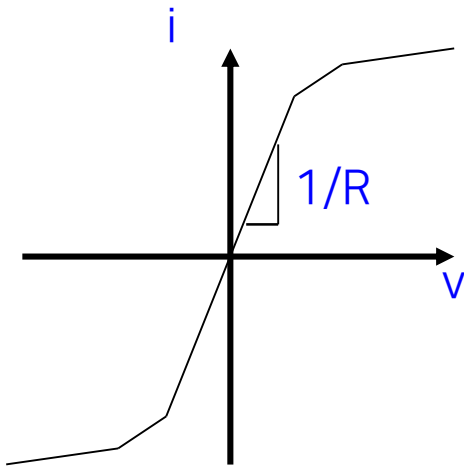
Level 3 : High di/dt load transient

Multi-level modeling



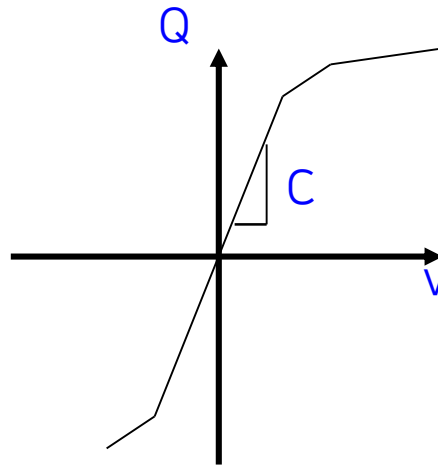
Piecewise Linear Components 조건에 따른 특성 변화를 허용하는 Passive part를 제공

Resistors



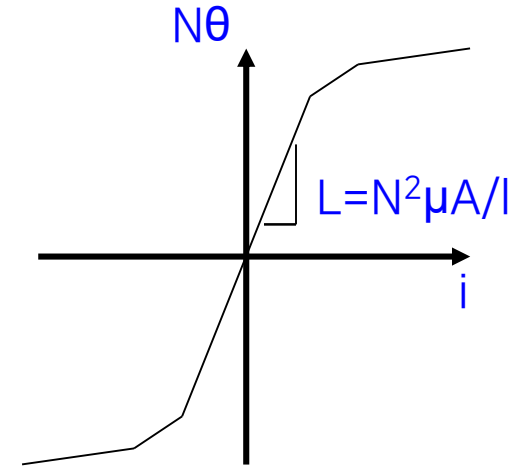
x-value $\rightarrow$ Voltage
y-value $\rightarrow$ Current

Capacitors



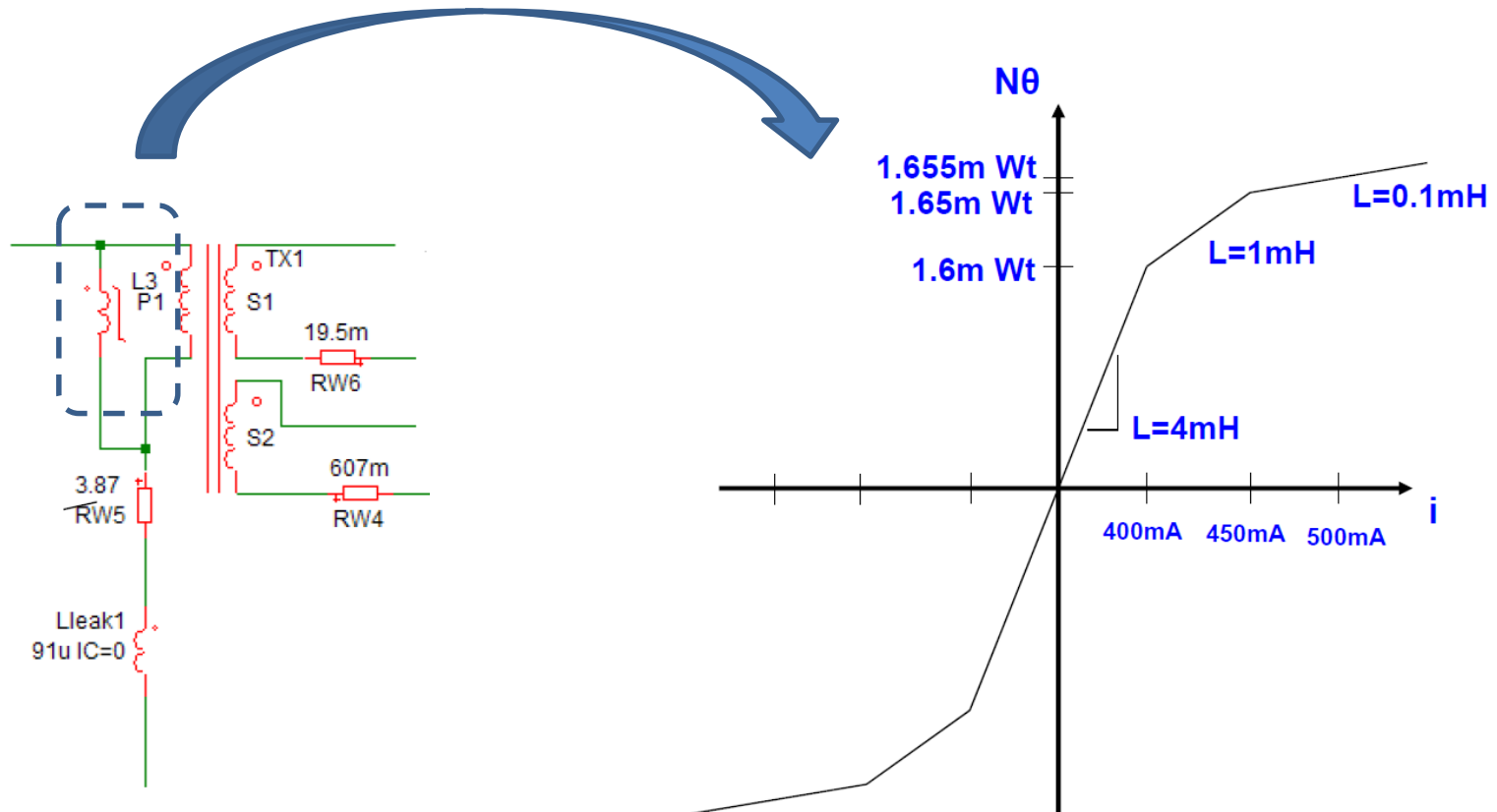
x-value $\rightarrow$ Voltage
y-value $\rightarrow$ Charge

Inductors



x-value $\rightarrow$ Current
y-value $\rightarrow$ Flux Linkages

Piecewise Linear Components

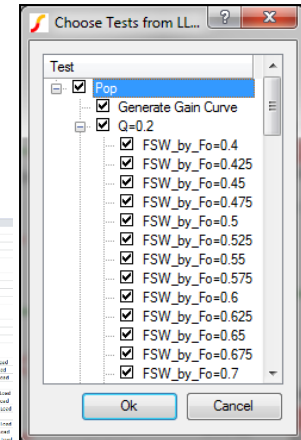


Design Verification Module (DVM)

- Test plan 기반으로 동작하는 일괄 해석/분석 모듈
- Excel 기반의 Test plan 제작 환경
- Case별 부하 인가 조건 지정

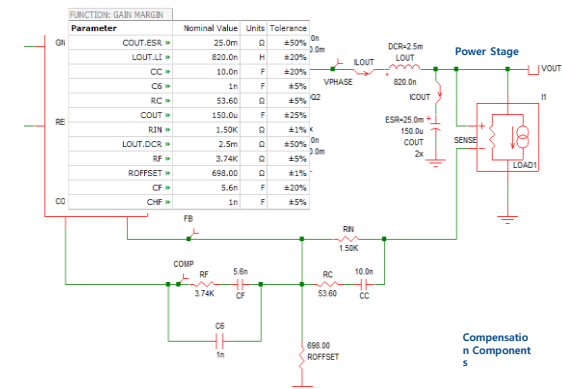
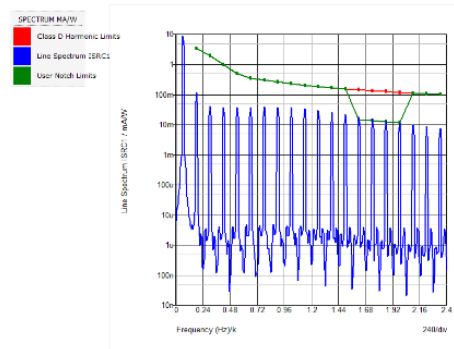
BodePlot(OUTPUT:1)	SOURCE(INPUT:1, Maximum)	LOAD(OUTPUT:1, Light)
BodePlot(OUTPUT:1)	SOURCE(INPUT:1, Maximum)	LOAD(OUTPUT:1, 50%)
BodePlot(OUTPUT:1)	SOURCE(INPUT:1, Maximum)	LOAD(OUTPUT:1, 100%)

Test	Source	Load	Test
1. BodePlot(OUTPUT:1)	SOURCE(INPUT:1, Maximum)	LOAD(OUTPUT:1, Light)	As analyzed Bode Plot from terminal Light used
2. BodePlot(OUTPUT:1)	SOURCE(INPUT:1, Maximum)	LOAD(OUTPUT:1, 50%)	As analyzed Bode Plot from terminal 50% used
3. BodePlot(OUTPUT:1)	SOURCE(INPUT:1, Maximum)	LOAD(OUTPUT:1, 100%)	As analyzed Bode Plot from terminal 100% used



- 해석/분석 결과를 HTML 형식으로 파형과 측정 결과값의 형태로 출력

MEASURED SCALAR VALUES	
Efficiency	98.7491%
Frequency(Line)	50
Power(Line)	40.5266
Power(PFCOutput)	40.0197
Power_Factor(Line)	879.398m
THD(ILine)	14.2466%

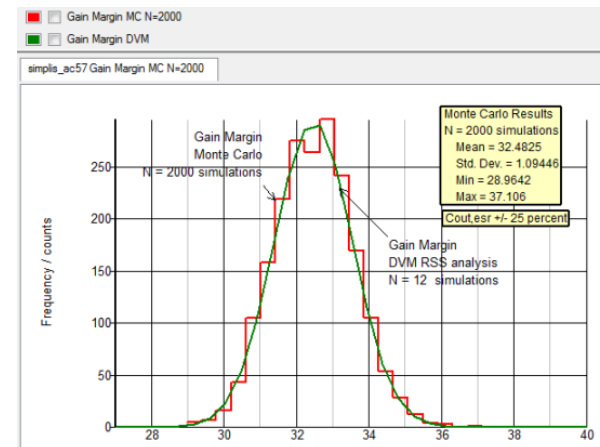


- 소자 민감도 해석 및 Worst Case 분석 기능 제공

Design Verification Module (DVM)

- 소자 스트레스 분석
 - 각 소자의 Voltage, Current, Watt의 임계값을 통해 현재 회로 동작을 위해 구성된 소자의 Capacity가 충분한지를 검증하는 기능
- Monte Carlo 해석 및 Display
 - 수동/능동소자가 가지는 공차를 부여하여 해당 공차의 부품을 사용할 때 예측 가능한 파형의 Margin 분포를 출력

MEASURED SCALAR VALUES		
IC17	RMS	27.5427n
ICINA	RMS	3.89558m
ICOUT1	RMS	319.987m
ICOUT2	RMS	94.143m
ID10	MAX	873.728m
ID6	MAX	2.34796
ID8	MAX	2.34384
ID9	MAX	874.527m
IDQ1	MAX	2.27917
IL1	MIN	767.203m
ILOAD1	AVG	1.53859
ILOAD2	AVG	520.738m
ISRC1	AVG	621.424m
PowerC17	AVG	-4.64659p
PowerCINA	AVG	18.2069u
PowerCOUT1	AVG	5.11936m
PowerCOUT2	AVG	886.472u
PowerL1	AVG	3.68247m
PowerQ1	AVG	65.0534m
PowerR1	AVG	758.921n
PowerR2	AVG	3.76114m
PowerR22	AVG	9.72902m
PowerR3	AVG	58.3063u
PowerR5	AVG	5.9855a
PowerR6	AVG	5.9855a
PowerR7	AVG	55.3234m
VC17	MAX	17.7609
VCINA	MAX	48
VCOUT1	MAX	12.3303
VCOUT2	MAX	17.72
VD10	MAX	443.686m
VD6	MAX	464.977m
VD8	MAX	41.7683
VD9	MAX	59.5326



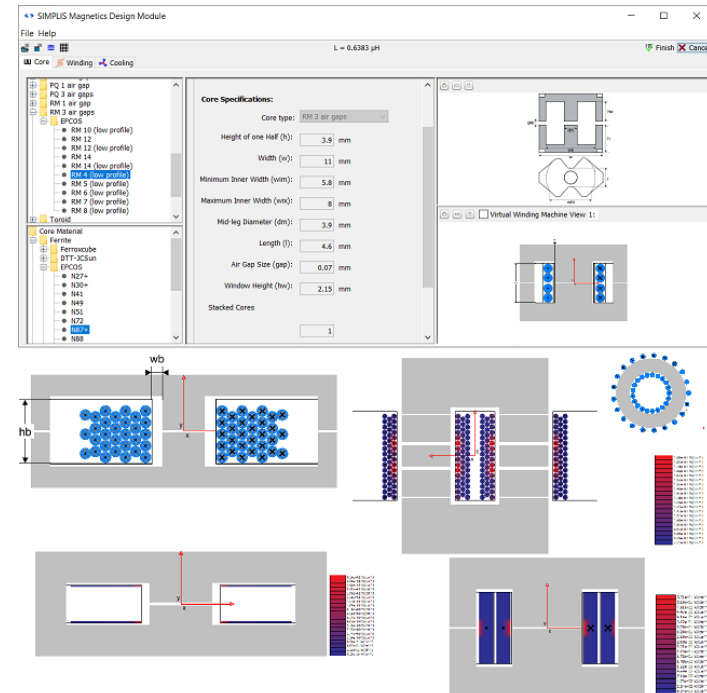
Magnetics Design Module (MDM)

- 표준형과 사용자정의로 맞춤형 부품(코어, 재료, 와이어 및 보빈)의 편집이 가능
- 편집 및 활용이 가능한 목록에서 실제적인 인덕터와 변압기 모델을 생성
- 상세하고 정확한 인덕터 및 변압기 손실과 온도를 분석 가능

MAGNETICS DESIGN MODULE



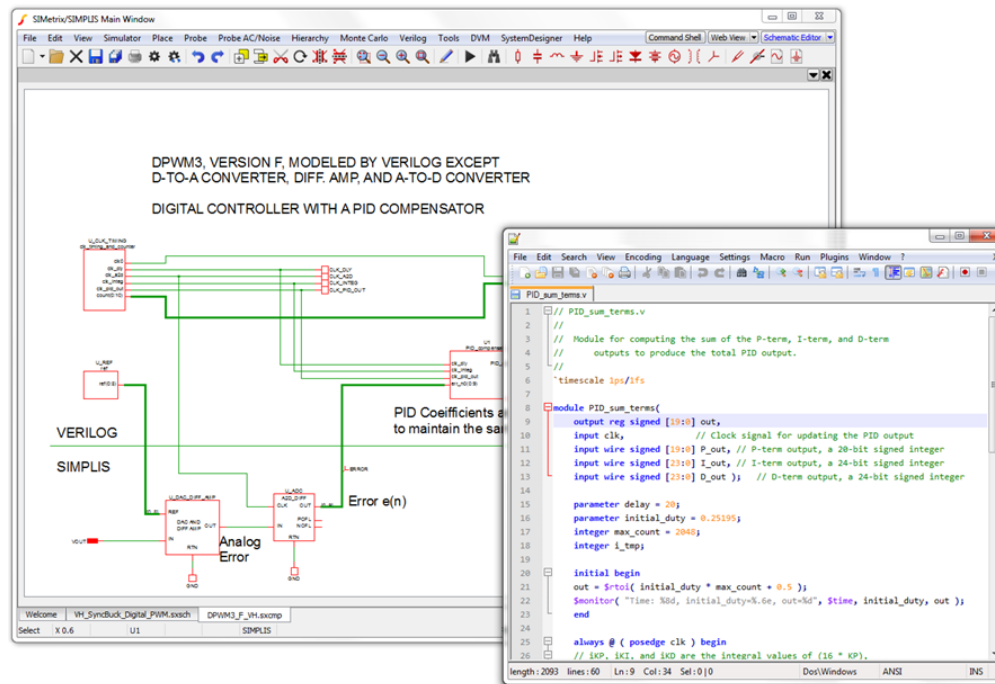
- 고급 Inductor 모델링
- 고급 Transformer 모델링
- 상세하고 정확한 손실 분석
- 열 모델링
- MagDB-MDM의 부품 데이터베이스



필요한 버전: Classic, Pro 또는 Elite에 MDM모듈 추가 라이선스 가능

SIMPLIS VH

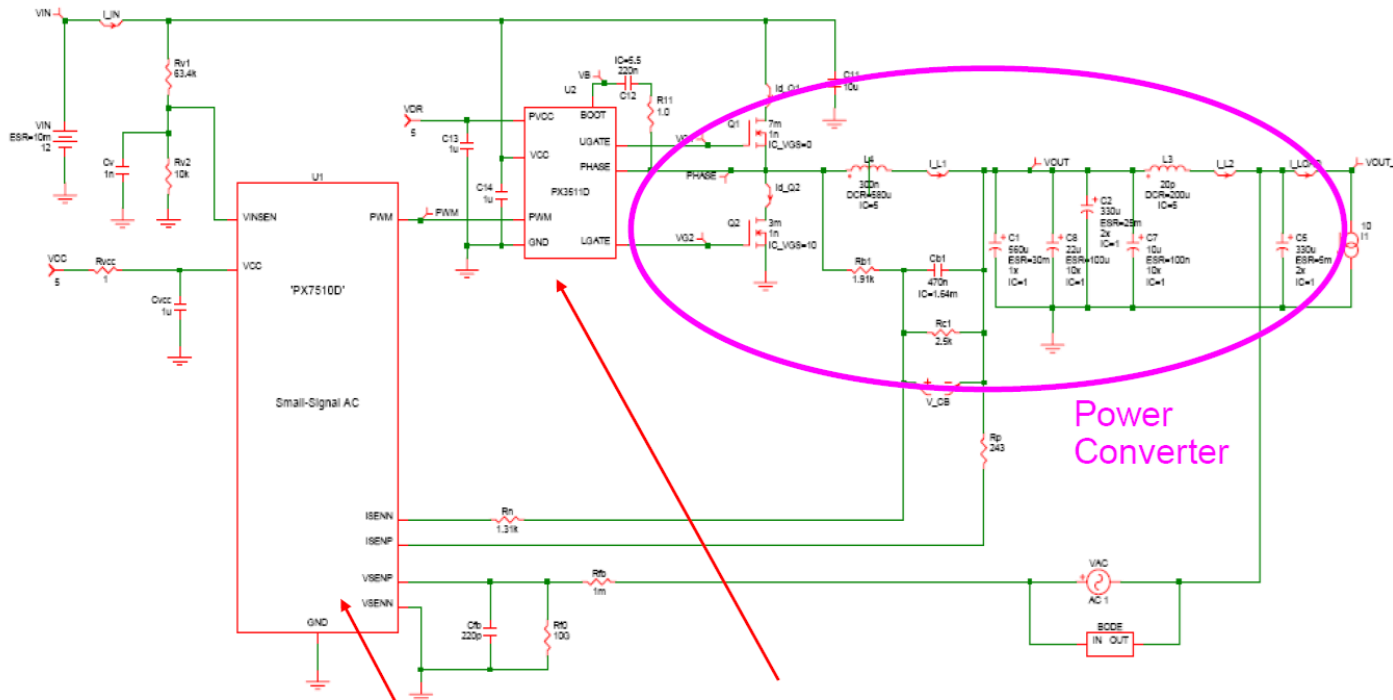
- SIMPLIS에서 Verilog HDL사용
- 아날로그 애플리케이션 회로에서의 철저한 디지털 설계 검증
- SIMPLIS Pro, Elite이상에서 추가 가능



Time-Domain Simulation Model



SIMPLIS Simulation Circuit & IC Model



Power Converter

PX3511D Gate Driver

PX7510D IC Controller Model



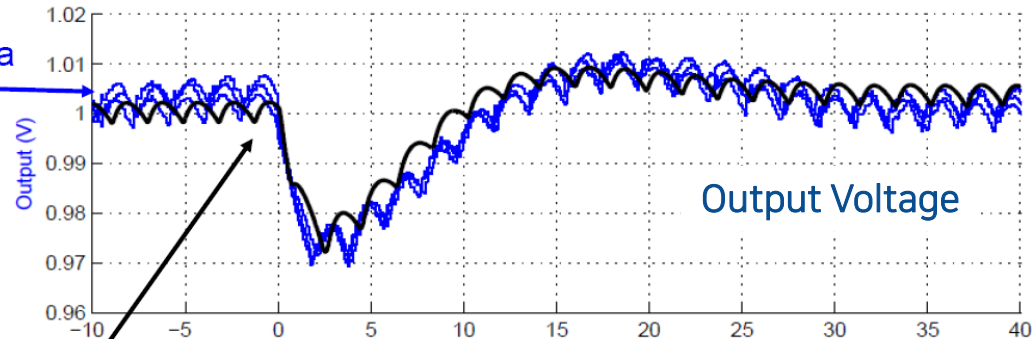
23 September 2009 APEC 2010 Palm Springs



Time-Domain Simulation vs. Experimental Results

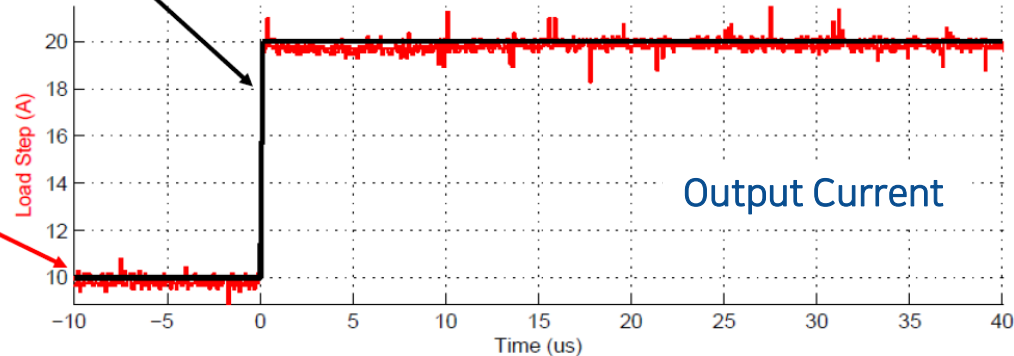


Output Voltage
Imported Scope Data
3 Traces



SIMPLIS™
Simulation Model

10 A to 20 A
Load Step
A 10 A Step
with a 10 A
Static Load



primarion
Infineon Digital Power

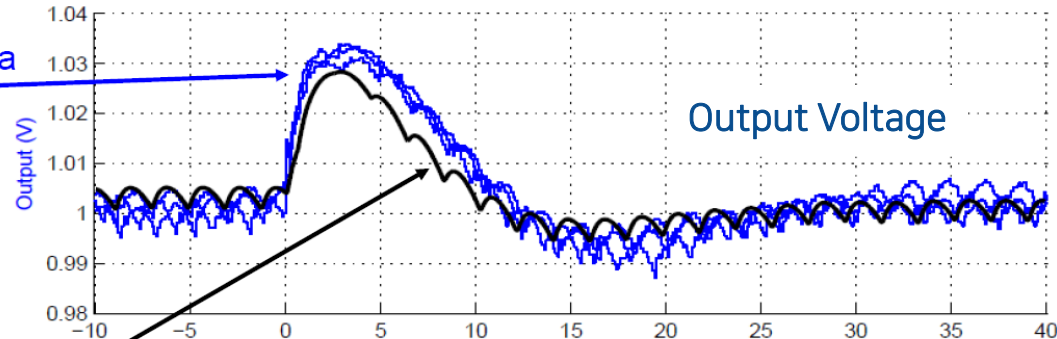
23 September 2009 APEC 2010 Palm Springs

SIMPLIS
TECHNOLOGIES
Page 23

Time-Domain Simulation vs. Experimental Results

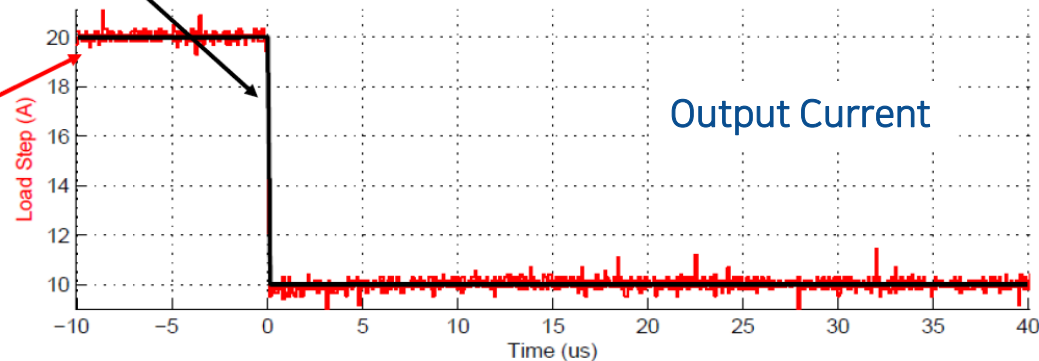


Output Voltage
Imported Scope Data
3 Traces



SIMPLIS™
Simulation Model

20 A to 10 A
Load Step
A 10 A Step
with a 10 A
Static Load



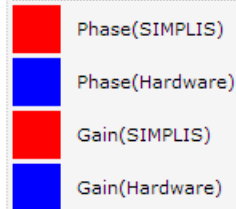
primarion
Infineon Digital Power

23 September 2009 APEC 2010 Palm Springs

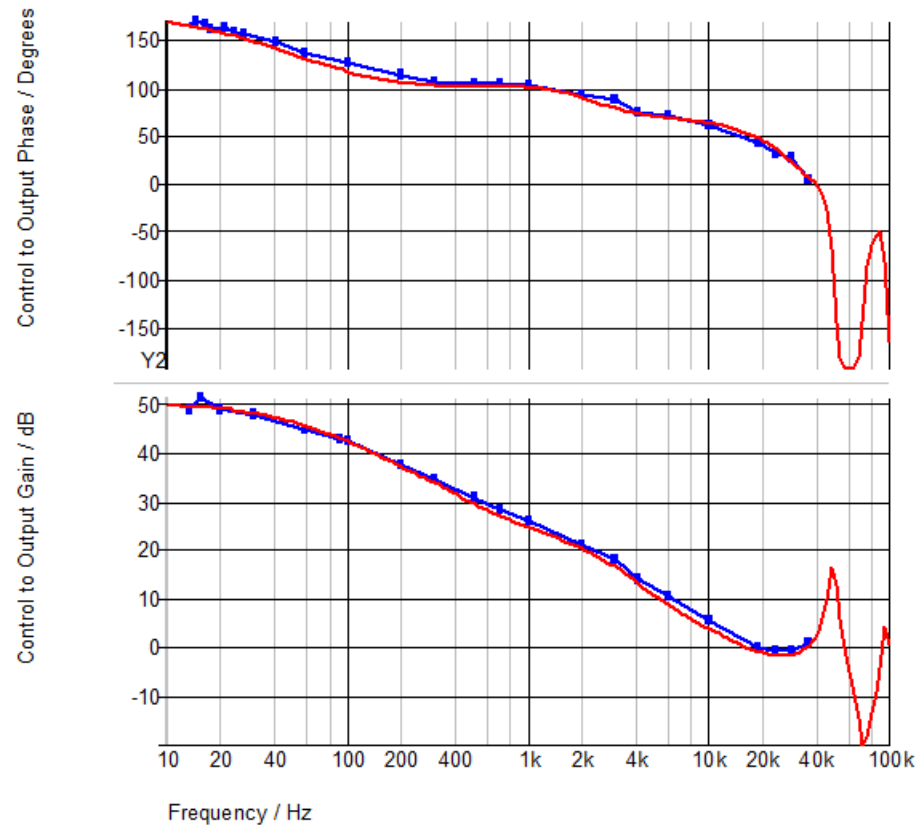
SIMPLIS
TECHNOLOGIES
Page 24

SELF OSCILLATING FLYBACK CONVERTER

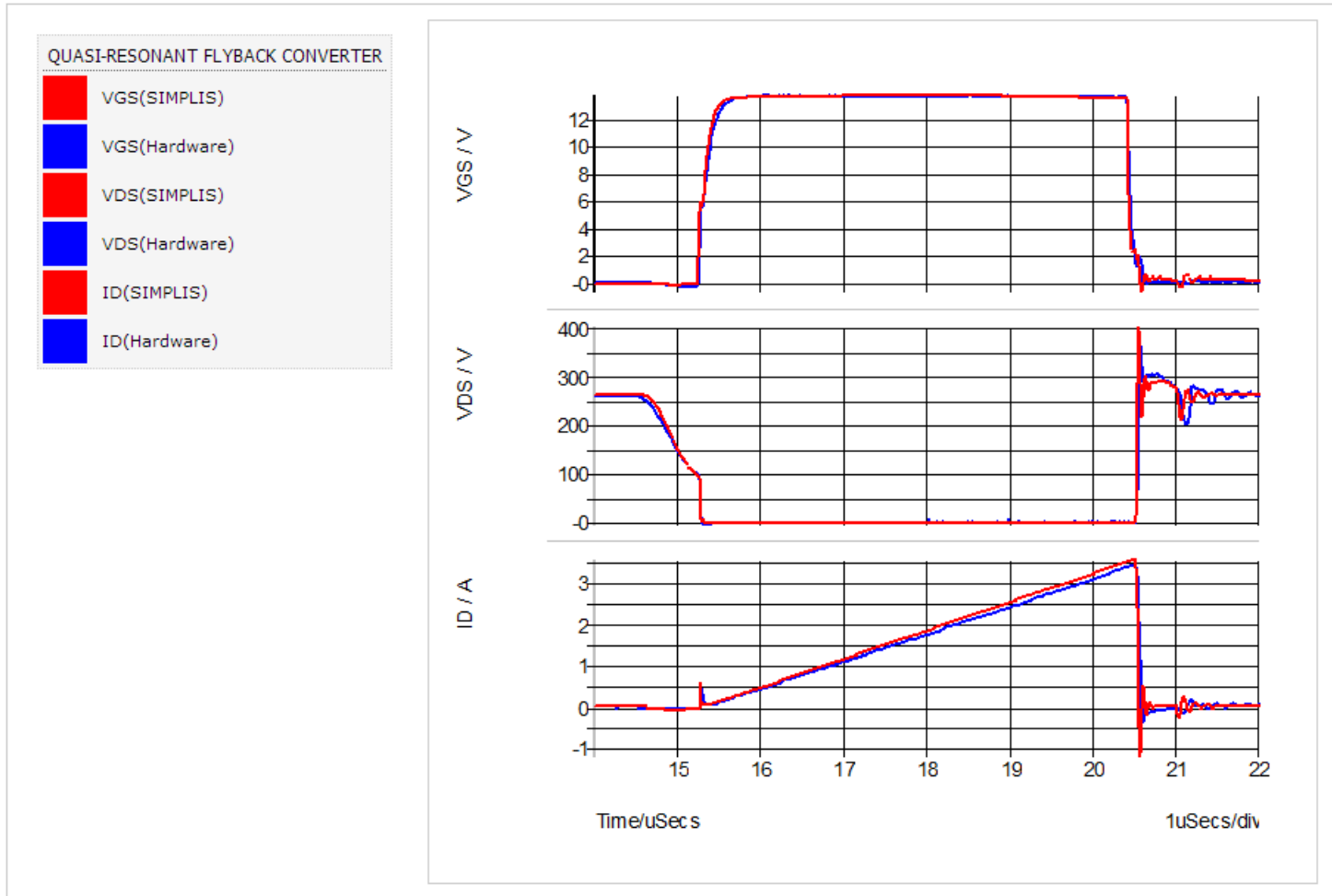
SELF OSCILLATING FLYBACK CONVERTER



- This is the example we just simulated
- Control to Output Gain and Phase Simulation data closely matches Lab data



QUASI-RESONANT FLYBACK CONVERTER



- SPICE로 얻을 수 있는 효과를 모두 적용
- SPICE에 비해 빠른 실행 속도와 안정적인 Convergence 대응으로 실질적인 사용 효과를 제공
- Design Verification Module의 사용을 통해, 다수의 해석을 한 번에 진행하고 HTML 형태의 Report로 회로 내 모든 요소의 특성 변화와 수치, 소자 Stress 또는 그 외의 요소로 인한 회로 동작의 Error 여부를 표시하여 회로 개선에 필요한 시간의 절감을 도모
- 전원회로, 특히 스위치 모드 전원회로의 대응에 필요한 State average model 등을 별도로 구성할 필요 없이 기본 Transient model의 확보 만으로도 과도구간, 정상구간, Bode Plot을 통한 위상편차, 이득 등을 바로 확인할 수 있어 Tool 또는 스위칭 소자의 구현을 위한 과도한 연구 및 집중 없이 시뮬레이션 가능

제품명	특징	용도/기능
SIMetrix/SIMPLIS	• SPICE 기능 지원 • KLU Matrix Solver 제공 • AC Bode Plot 해석 • SPICE 대비 최대 50배의 고속 해석	일반 아날로그/디지털 회로 해석 및 SMPS 회로 해석
SIMetrix/SIMPLIS Pro	• Classic 특징 모두 포함 • 디지털 Verilog Co-simulation • 공정소자 지원 (BSIM3) • 멀티코어 지원(최대 4코어)	BSIM3 대응 공정파라미터 적용된 Analog Logic 해석 (소규모)
SIMetrix/SIMPLIS Elite	• Pro 특징 모두 포함 • 더 많은 공정소자 지원 (BSIM4, PSP, NXP Simkit 외.) • 멀티코어 지원 (최대 16코어) • Realtime Noise 해석	BSIM4 이상 대응 공정파라미터 적 용된 Analog Logic 해석 (중, 대규모)

Option Module		
Verilog-HDL Co-simulation with SIMPLIS (VH) SIMetrix/SIMPLIS Pro, Elite이상	- Verilog-HDL 사용 - SIMPLIS analog simulation엔진 동시 사용	IC 설계에 실제 아날로그 회로의 동작과 게이트 분석 가능 아날로그 애플리케이션 회로에서의 철저한 검증
Design Verification Module (DVM) SIMetrix/SIMPLIS 전 버전	- 배치모드 시뮬레이션 플래너 - SIMetrix 및 SIMPLIS 모두 적용 가능 - 서로 다른 입력/부하 조건 부여 가능 - 분석 확장 기능 - 소자 스트레스 분석 - 소자 민감도 분석	Test case style 설계 일괄 검증 Logic내 소자 스트레스 분석
Magnetics Design Module (MDM) SIMetrix/SIMPLIS 전 버전	- 고급 inductor 모델링 - 고급 Transformer 모델링 - 상세하고 정확한 손실 분석 - 열 모델링 - MagDB-MDM의 부품데이터베이스	자기장치(인덕터 및 변압기) 설계, 시뮬레이션 및 최적화

Matrix

SONY **TEXAS
INSTRUMENTS** **maxim
integrated™** **ANALOG
DEVICES****ON Semiconductor®****Nikon****ROHM**
SEMICONDUCTOR**TOSHIBA** **MICROCHIP****IBM****SHARP®** **SAMSUNG** 삼성전기**muRata**
INNOVATOR IN ELECTRONICS **altair**
A SONY Company**Nidec****ABB** **infineon** **KYOCERA****HUAWEI** **LG Innotek****lenovo****SAMSUNG****HITACHI** **MITSUBISHI
ELECTRIC****Panasonic****NEC**

감사합니다.