Encoder
신호 처리

Exacttron.com

㈜ 트론 연구소장 김주한 박사

목차

1)Encoder 신호 처리 프로세스

2)광학식 인코더 신호 생성

3)자기식 인코더 신호 생성

4)전기 유도식 인코더 신호 생성

5)인터폴레이션 및 신호 보상

5-1. 신호 보상(Signal Consitioning)

5-2. 인터 폴레이션(Interpolation)

6) 인터폴레이션 IC

Exacttron.com

1. Encoder 신호처리 Process

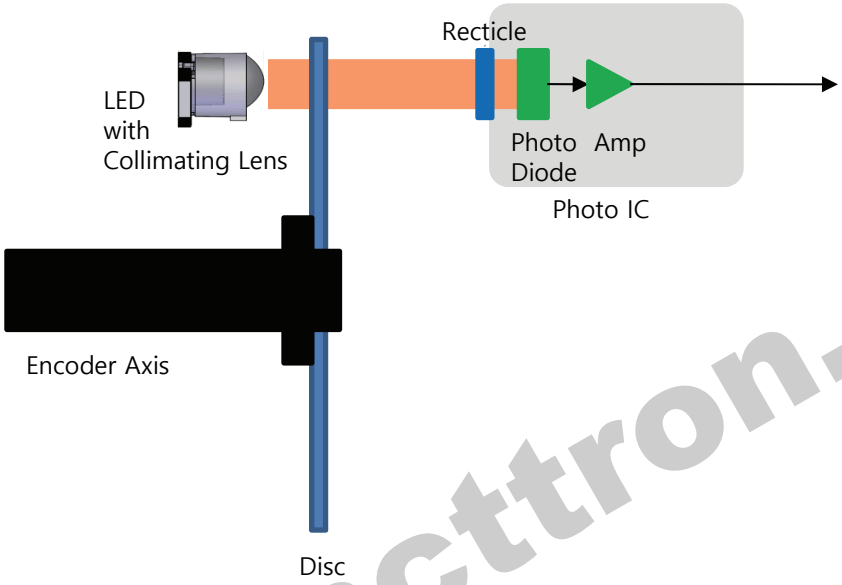
Driver Interface	• Absolute와 Incremental 정보를 이용하여 위치 카운트 및 통신(Power down 모드시 멀티턴 카운트)
COMP or Interpolator	• 고 분해능을 구현하기 위한 8bit 이상의 interpolation
AMP or Conditioner	• 정현파의 위상 및 진폭, 형상 등을 이상적인 정현파로 재 조정

Photo IC • Photo Diode와 Differential AMP	**Hall or ME Sensor**	**Coil Drive & Receive**
Recticle or Mask • 정현파 생성을 디스크		
DISC 및 기구부 • 정현파 생성을 디스크의 동심도 • 엔코더의 정밀도의 대부분을 결정	**Magnet 및 기구부**	**기구부**
LED DIODE DRIVER • 온도 및 회전 수에 따른 LED Power Control		
LED DIODE • LED 주파수 (750 ~ 850nm) • 광의 직진성을 위한 Lens(+/- 4도)	**Magnet**	**전도성 Device**

Exacttron.com

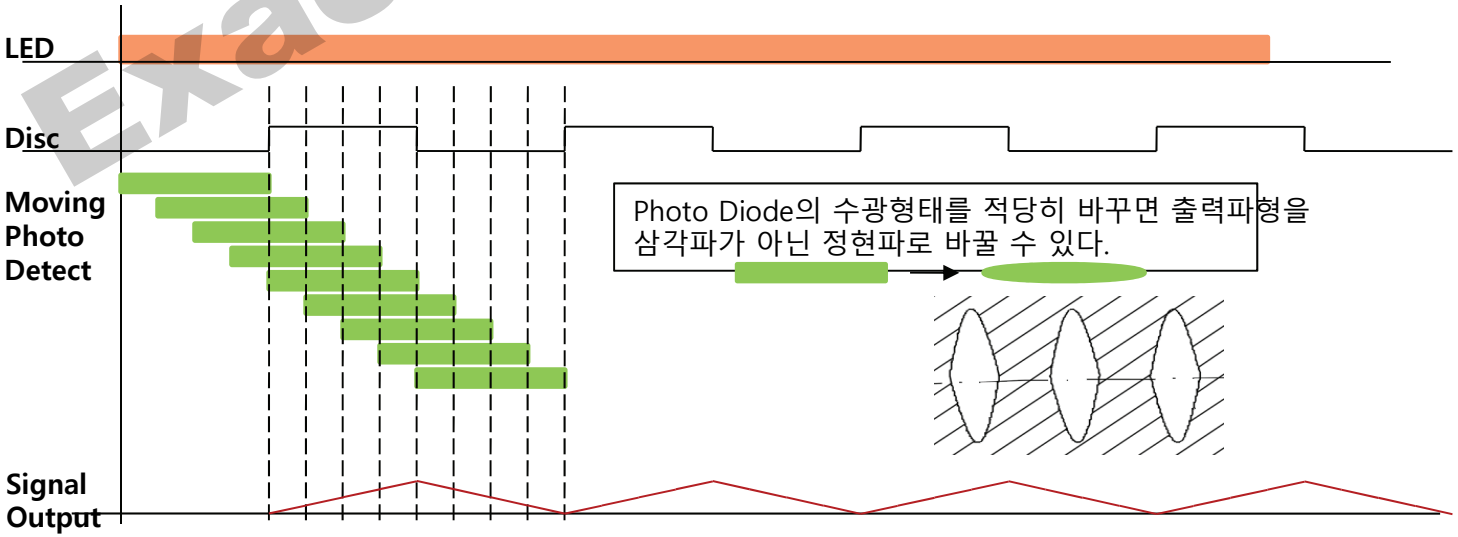
2. 광학식 인코더 신호 생성

- 신호 생성



삼각파형(구형 저분해능 인코더)
Sine파형(인터폴레이션 방식 고분해능 인코더)

- 신호 처리



Exacttron.com

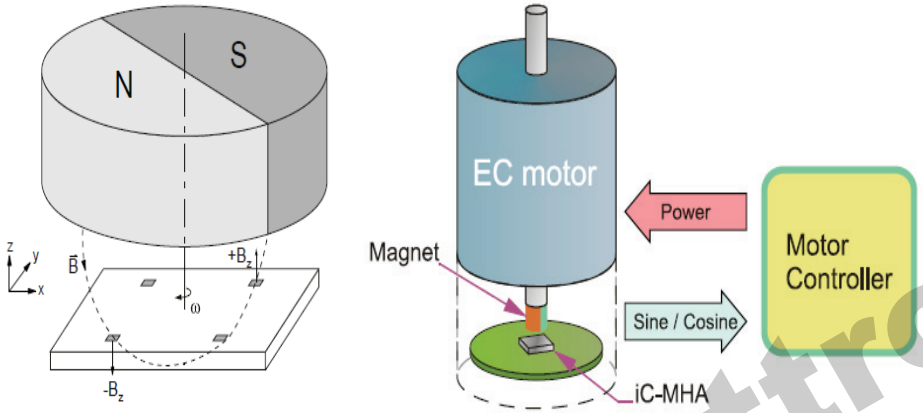
3. 자기식 인코더 신호 생성

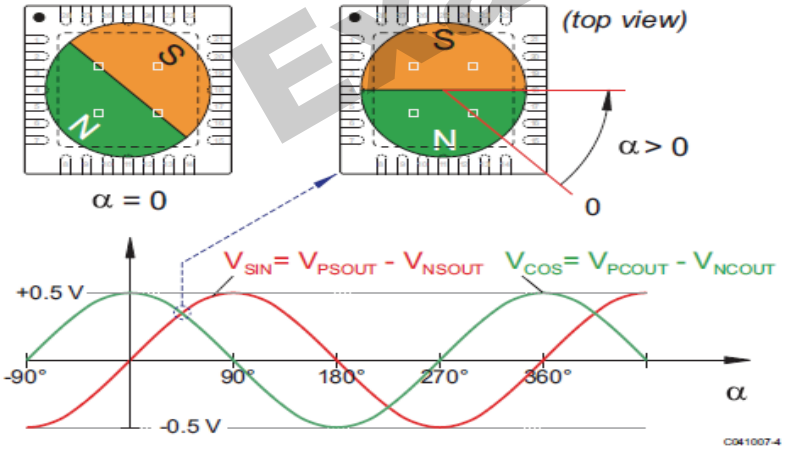
- 자극 인식 원리에 따른 분류
  - 자기저항 (Magnetic Register) Sensor → MR Sensor
  - Hall Effect Sensor
- 장점
  - 저가격
  - 먼지, 외부 충격에 강함
  - 조립 정밀도 광학식에 비해 낮아도 됨.
- 단점
  - 낮은 정밀도, 자기 히스테리시스 필수, 자석 착자 정밀도 낮음
  - 저분해능(13bit 이하)의 센서용으로 주로 활용.
- Application
  - VR(Virtual Reality) 등 모션 플랫폼 분야
  - 자동차등 Automotive, 국방용 제품
  - 일반 산업 자동화 -> 정밀도 향상에 따라 적용 범위 확대

Exacttron.com

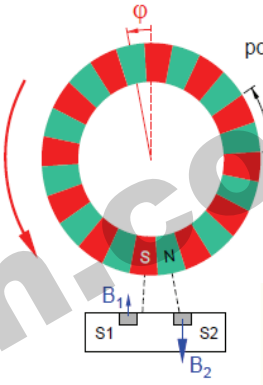
3. 자기식 인코더 신호 생성

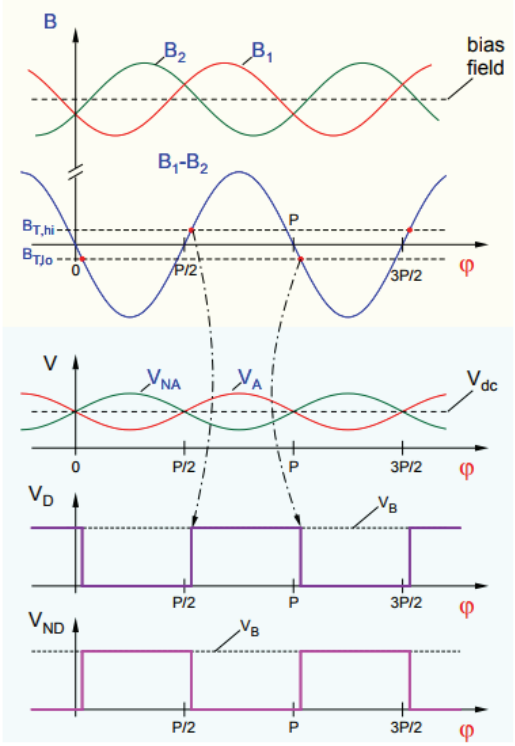
Principle of Hall Angle Sensing(on Axis, 중실형)





Principle of Hall Angle Sensing(off Axis,중공형)

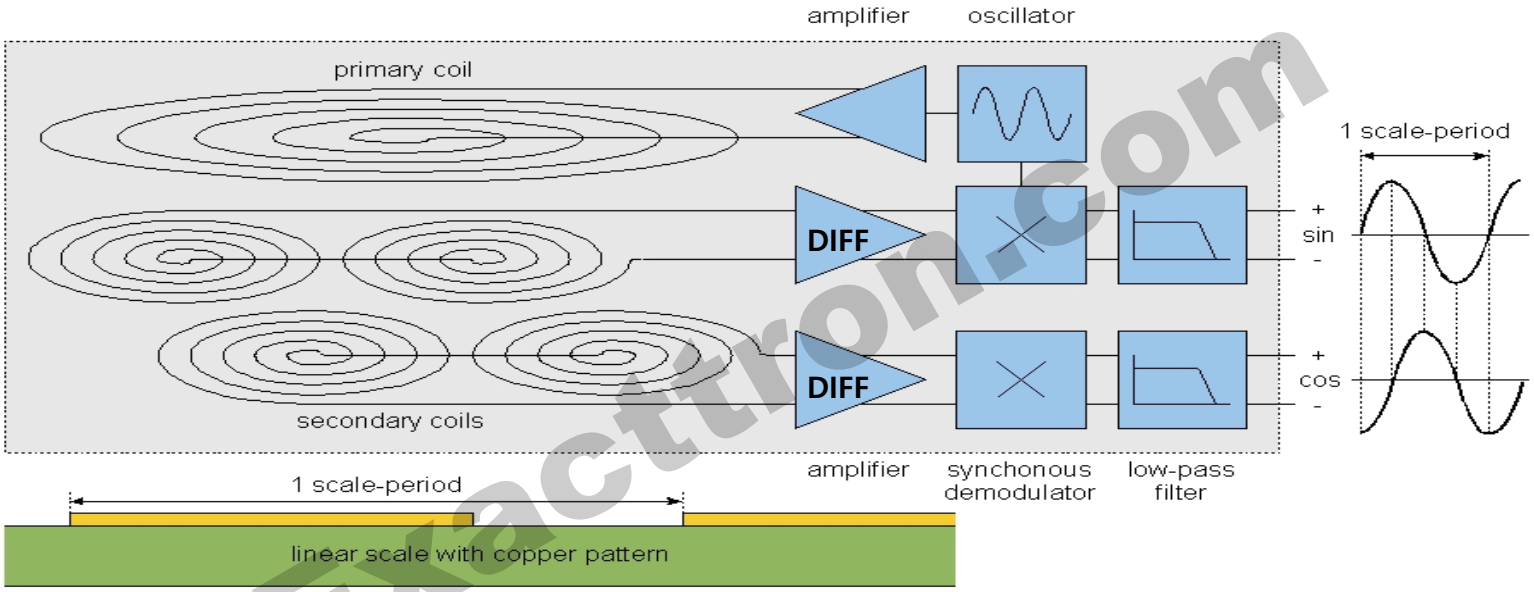




Exacttron.com

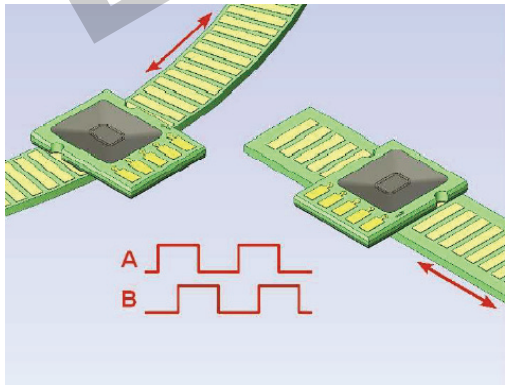
4. 전기 유도식 인코더 신호 생성

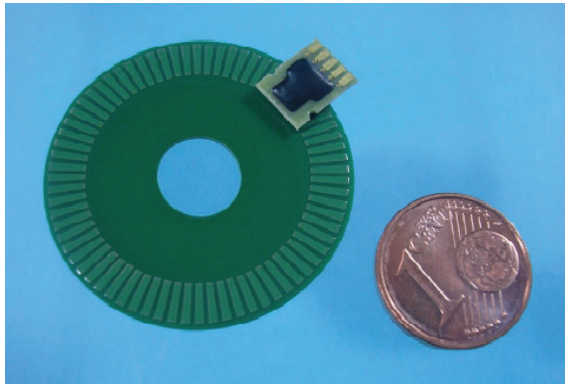
- 전기 유도식의 원리 (예) – 스위스의 POSIC 방식



Exacttron.com

- 제품 예

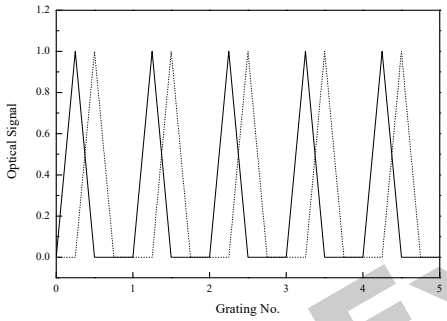
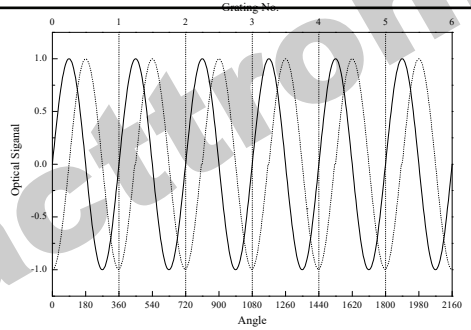
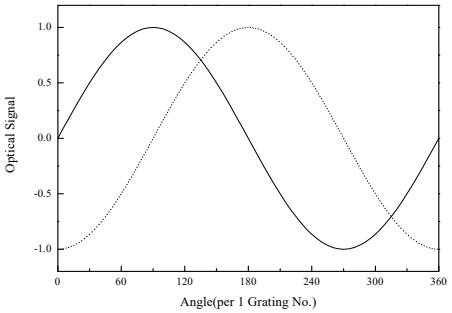
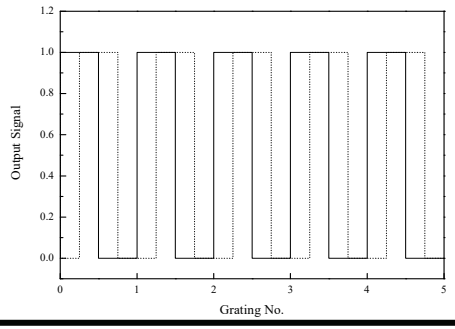
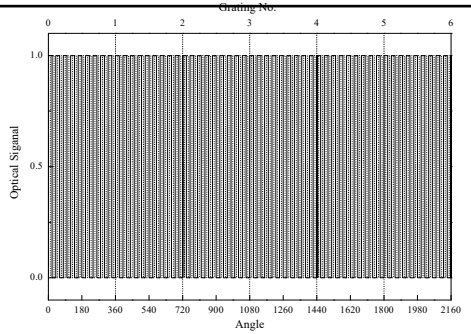
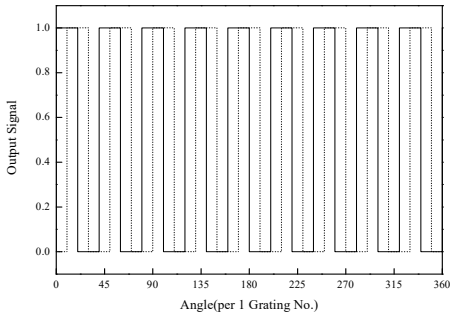




5. 인터폴레이션 및 신호 보상

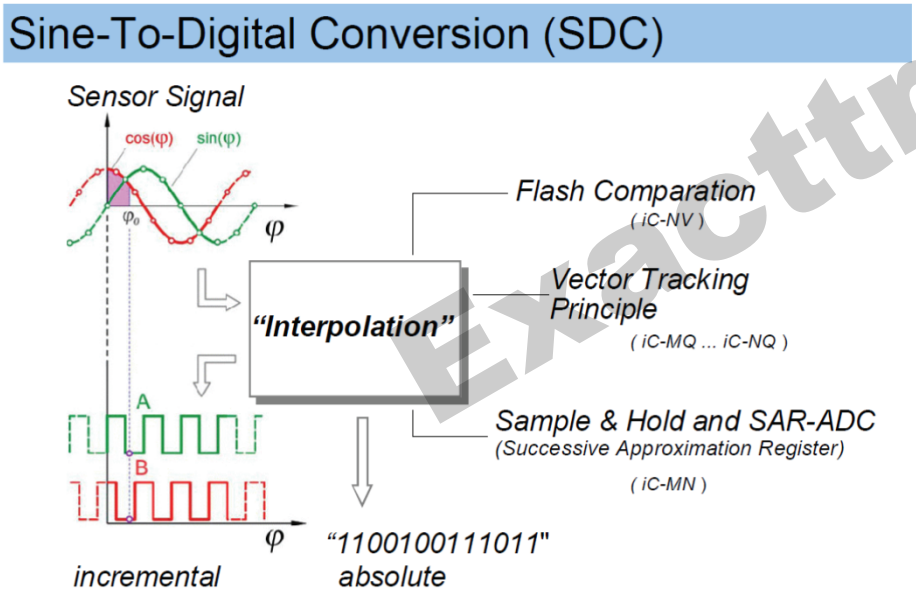
- 인코더에서 인터폴레이션이란 ?
  - 여러가지 방식으로 유도된 신호를 디지털 신호로 변경하는 것
  - 사인파형 아날로그 신호를 잘게 쪼개어 고분해능을 구현하는 것

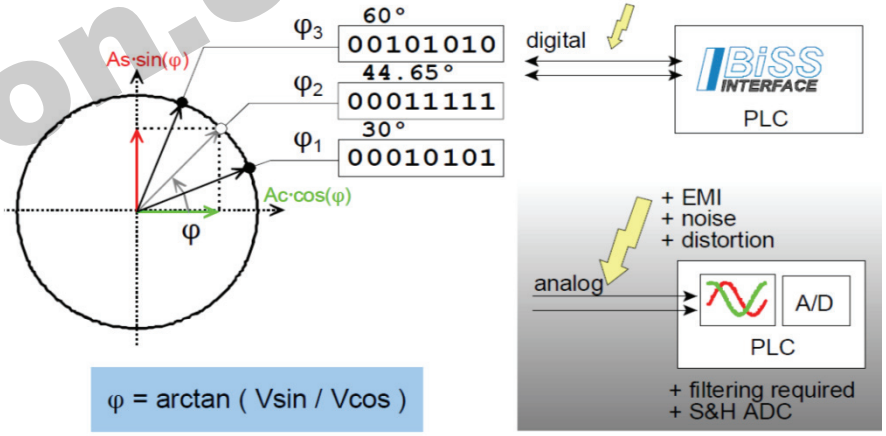
Exacttron.com

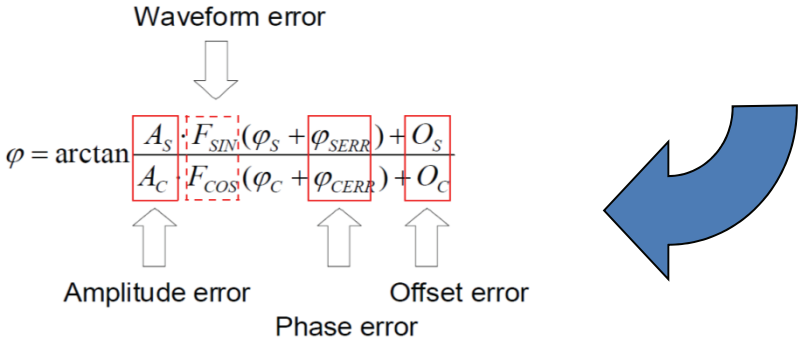
비교기	인터폴레이터	
광신호	광신호	광신호(1주기 확대)
		
출력신호	출력신호	출력신호(1주기 확대)
		

5. 인터폴레이션 및 신호 보상

- 인터폴레이션시 신호 보상의 필요성
  - 사인파/코사인파 신호 -> 역탄젠트 계산을 통하여 각도 계산 -> 분해능에 따라 일정 각도별 신호 생성
  - 역탄젠트 계산을 위하여 사인파 및 코사인파(리사쥬, lissage)가 Ideal한 상태(진원)에 근사해야 에러가 적음



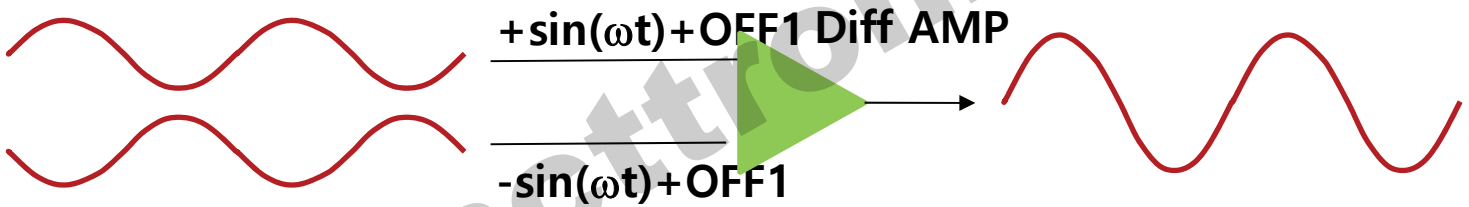




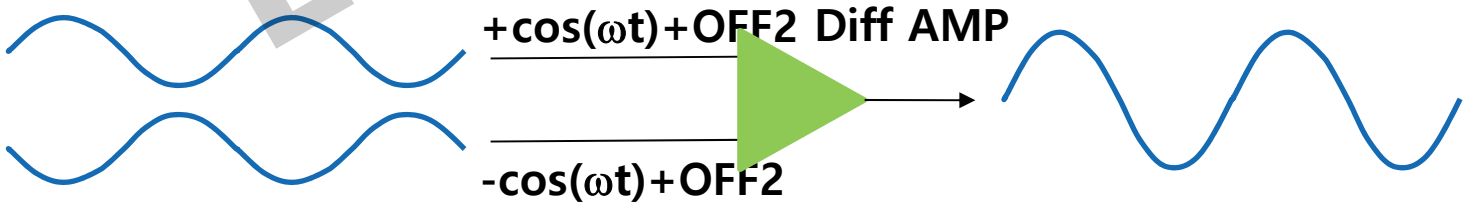
Exacttron.com

5-1 신호 보상

- 디퍼런셜신호(+sin, -sin, +cos, -cos) 보상 및 통합
- Diff AMP
  - for High SNR
  - Signal Offset Cancelation



Output = A sin(wt) + OFF1 – (-A sin(wt) + OFF1) =2A sin(wt)

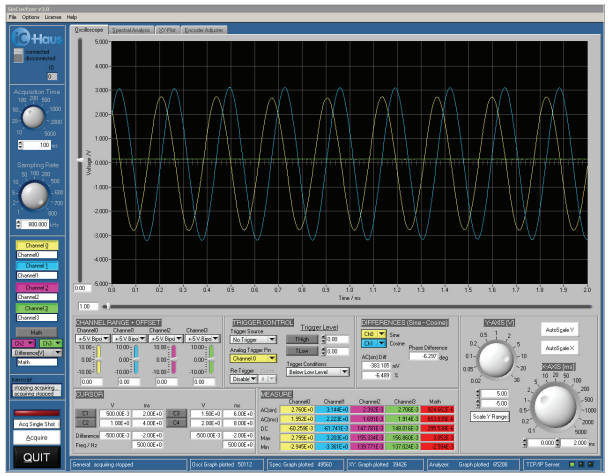


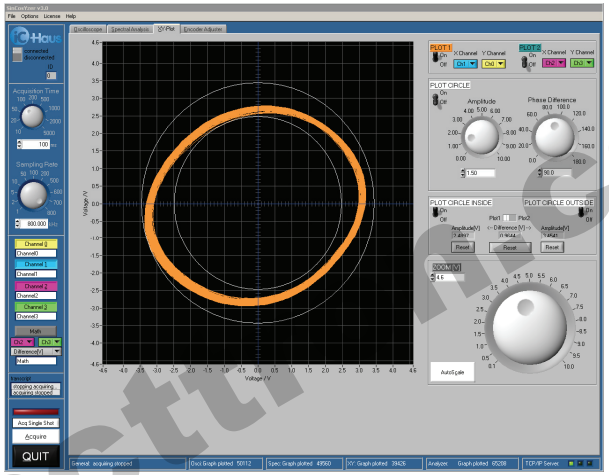
Output = A cos(ωt) + OFF2 – (-A cos(ωt) + OFF2) =2A cos(ωt)

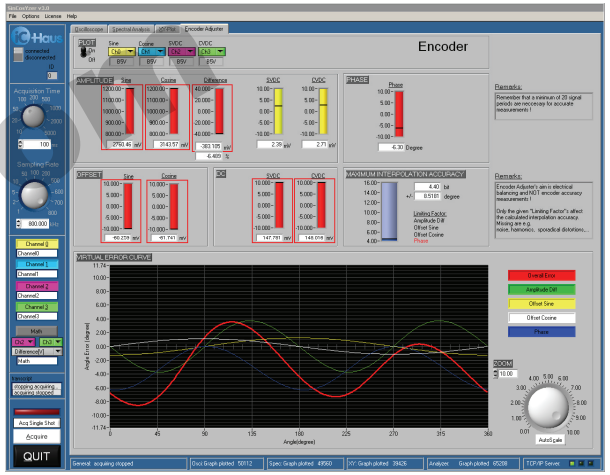
Exacttron.com

5.1 신호 보상 예

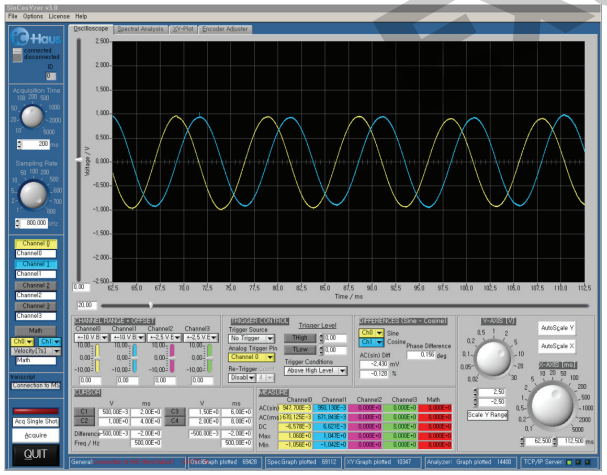
- 보상전 : 인터폴레이션 예측 에러(8.5도/1pulse)

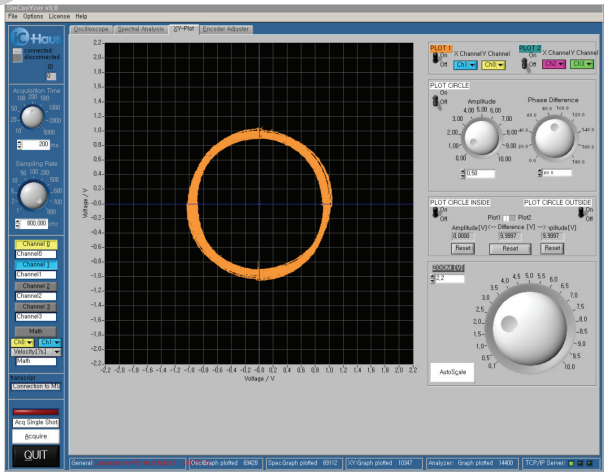


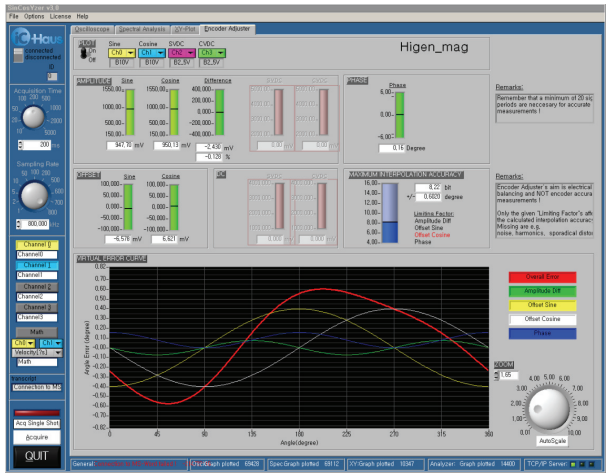




- 보상후 : 인터폴레이션 예측 에러(0.6도/1pulse)







5.1 신호 보상

- 신호 보상은 인터폴레이션 방식 인코더에서 정밀도 및 반복 정밀도를 결정하는 가장 중요한 신호 처리 과정임
- 인터폴레이션 IC에 따라
  - Amplitude 보상, Offset 보상, Phase 보상 기능
  - Off-line 보상, Real-time 보상 등
- 등의 기능 지원 여부가 상이하므로 반드시 확인하여 IC를 선정하여야 함

- 인코더 아날로그 신호 품질을 검사하기 위해서는 일반적으로 리샤쥬 파형의 전압 레밸을 검사하지만 진원(전압, 옵셋, 페이즈) 등을 동시에 정량적으로 검사해야함
- iC-Haus에서 전용 검사장비를 제공하며 사용시 실시간으로 신호를 보상하여 에러값을 예측할 수 있음.

Exacttron.com

5.1 신호 보상 - SincosYzer

- 전용 검사 장비
  - PC기반 오실로스코프 기능(PC 별도 – USB 통신)
  - 아날로그 신호 에러 평가 -> 정량적 품질 관리
  - FFT 분석 기능
  - iC-Haus 부품 적용시 자동 검사 및 튜닝 기능
  - 인코더 튜닝 시간 및 인력 절감

FEATURES

- 8 differential input channels for ± 1 V to ± 10 V
- Fast simultaneous signal sampling up to 2 MS/s
- High ADC resolution of 30.5 µV at ± 1 V FS (16 bit)
- Base modes of operation: 8-channel oscilloscope, spectral signal analysis, Lissajous X/Y plotting
- Optional module 1 (encoder adjuster): sine/cosine encoder error analysis with color bar display of good/bad limit values
- Optional module 2 (reference analyzer): referenced signal analysis with graphical evaluation
- Oscilloscope mode with measurement utilities: DC offset and amplitude (AC, AC(RMS), Contrast, Min., Max.), cross screening of 2 channels for amplitude differences and phase deviations, 4 mathematical analysis channels
- Spectral signal analysis with calculation of harmonics and THD
- Lissajous X/Y plotting with tolerance and limit indication
- Robust housing with Probe card for easy wiring to DUTs or housed encoders
- Stand-alone operation with external Windows 7 PC
- Delivery: ready-to-operate *SinCosYzer 2* with instrumentation software (GUI), cables
- Remote controllable, configurable and measurement output via a TCP/IP interface

Figure 1: 8-Channel oscilloscope with AC/DC and sine/cosine measurement facilities.

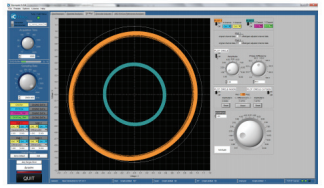


Figure 3: Lissajous X/Y plot with tolerance and limit indication.

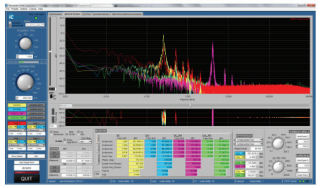


Figure 2: Spectral signal analysis (FFT) with calculation of harmonics and THD.

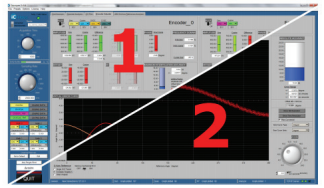
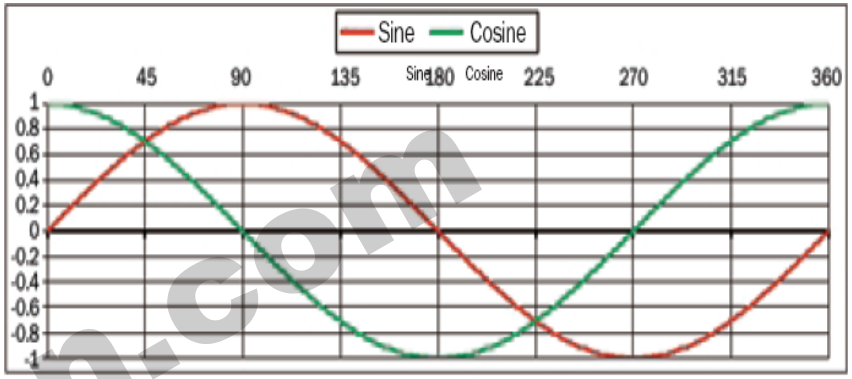


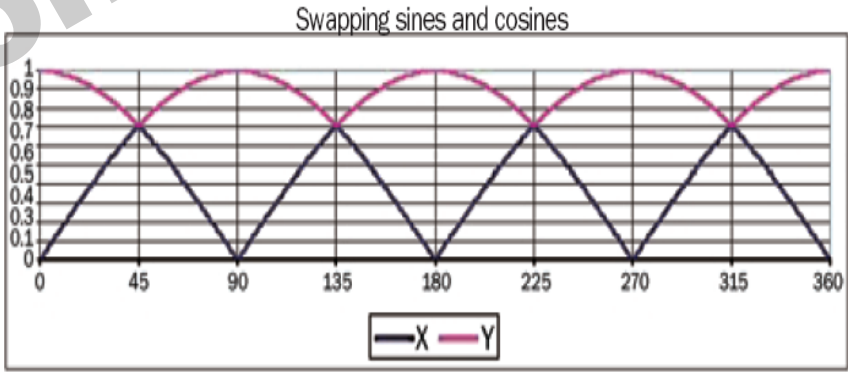
Figure 4: Optional modules 1 and 2 for signal balancing and error analysis.

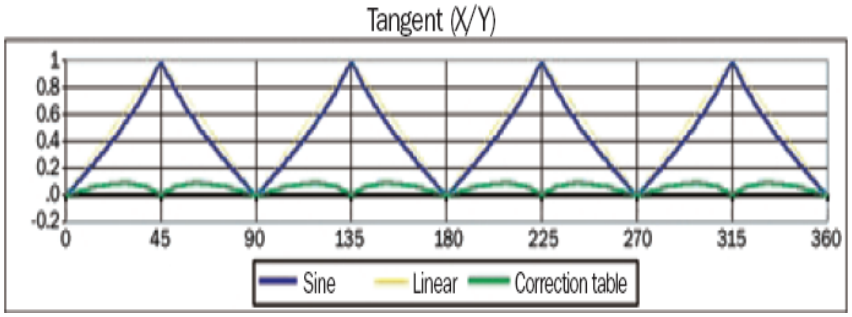
ecttron.com

5.2 인터폴레이션(Interpolation)

- 기본 원리
  - Input Signal
    - V1 = A sin (ωt)
    - V2 = A cos (ωt)
  - Output Signal θ
    - X= MIN[abs(sin), abs(cos)]
    - Y = MAX [abs(sin), abs(cos)]
    - sin, cos 절대값 및 부호로 segment 구분
    - Z = X/Y
    - $\theta\tau = \tan^{-1}(Z)$ $(-\pi/8 < u < \pi/8)$
    - θ = [0, 90, 180, 270, 360] +/- θτ





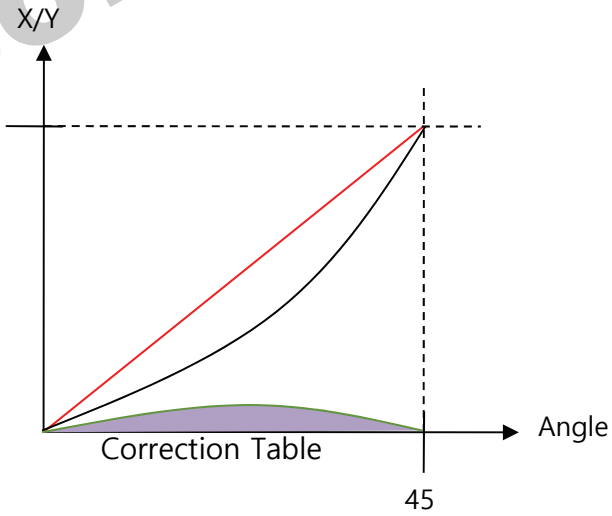


Exacttron.com

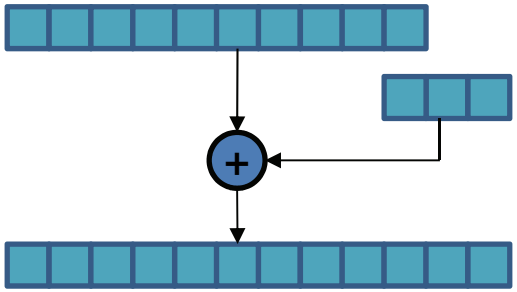
5.2 인터폴레이션(Interpolation)

- 8 Segment Detection

segment	Condition	X	Y	angle
0 ~ 45	sin<cos, sin>0, cos>0	sin	cos	val
45 ~ 90	sin>cos, sin>0, cos>0	cos	sin	90-val
90 ~ 135	sin>[cos], sin>0, cos<0	[cos]	sin	90+val
135 ~ 180	sin<[cos], sin>0, cos<0	sin	[cos]	180-val
180 ~ 225	sin>cos, sin<0, cos<0	[sin]	[cos]	180+val
225 ~ 270	sin<cos, sin<0, cos<0	[cos]	[sin]	270-val
270~ 315	[sin]>cos, sin<0, cos>0	cos	[sin]	270+val
315 ~ 360	[sin]<cos, sin<0, cos>0	[sin]	cos	360-val



- Angle = Arctan (X/Y)
  - X, Y : 10bit Resolution → Max 1023
  - A = Gain X = 1024X/Y
  - Angle = A + Correction Table(A)
  - **Angle을 표현하기 위한 해상도는 11bit 이상으로 표현**
- Correction Table : Bit Size감소효과
- Absolute 값을 취하기 때문에 분해능 1bit 감소
  - 10 bit ADC → 9bit with 8 Segment → 12bit Resolution



Exacttron.com

6. 인터폴레이션 IC

- iC-Haus에서는 세계 최고 수준 인코더 전용의 다양한 인터폴레이션 IC 제품 라인업을 보유하고 있음
- 다수 IC 제품에 대하여 가격 및 기능에 따른 정확한 선정이 매우 중요함
- 신호 보상 & 인터폴레이션 기능을 내장하고 있음
- 주요 검토 사양
  - 신호 보상 기능 : 전압, 옵셋, 페이즈
  - 신호 보상 방법 : 오프라인, 리얼 타임
  - 인터폴레이션 배율 및 속도 : 인터폴레이션 배율과 함께 출력 속도를 반드시 고려해야함
  - 출력 방식 : 인크리멘탈 A,B,Z, 시리얼 통신(BiSS, SSI 등)
  - 사용자 편의성 : 셋팅 방법, GUI 등
- 인터폴레이션 IC 추천
  - 고분해능, 고성능, 고가격 : iC-TW8
  - 중간 성능, 신형 : iC-TW28
  - 고속, BiSS : iC-NQC

Exacttron.com

6. 인터폴레이션 IC

- iC-Haus 제품 라인업

Product Selector Interpolation ICs • Silicon for Motion®

	iC-NV iC-NVH	iC-TW2	iC-TW28 NEW	iC-MG iC-MQ	iC-MQF	iC-PI NEW	iC-NG	iC-NQC	iC-NQI	iC-MN	iC-MNF NEW	iC-MR3 NEW	iC-TW8
	(H: half cycle Z)												
ADC	6 bit	8 bit	10 bit	8 bit / 9 bit	12 bit	12 bit	8 bit	13 bit	13 bit	3x 13 bit S&H	3x 14 bit S&H	13 bit S&H	16 bit
Conversion Rate	30 ns	30 Msps @ 5V	3.1 Msps	5 Msps	20 Msps	40 Msps	800 ksps	1.7...8 Msps	1.7...8 Msps	140 ksps (1 Ch.)	210 (280) ksps (1 Ch.)	250 ksps	250 ksps
Principle	flash	vector tracking	ATAN calc.	vector tracking	vector tracking	vector tracking	vector tracking	vector tracking	vector tracking	SAR	SAR	SAR	ATAN calc.
Latency/Lag	< 250 ns	0.6 to 2.4 µs	1.5 µs / < 1 µs with lag recovery	200 ns	< 250 ns	< 250 ns	1.2 µs	< 250 ns	< 250 ns	5 µs	3 µs (2 µs)	2 µs	24 µs / < 4 µs w. lag recovery
Accuracy (deg/el.period)	5.6°	4.2°	0.7°	0.7°	0.13°	0.13°	1.4°	0.35°	0.35°	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°
Max. Angle Resolution	64	256	1024 fractional /1...8	200 / 400	4000	4000 / 4096	256	8192	8192	8192 (1 Ch.)	16384 (1 Ch.)	8192	fractional, up to 65536
Signal Conditioning			by push-button				• by opamp						by push-button
Offset	-	•	• automatic	•	•	•		•	•	• 3x	• 3x	•	• automatic
Amplitude	-	•	• automatic	•	•	•		•	•	• 3x	• 3x	•	• automatic
Phase	-	-	• automatic	•	•	•		•	•	• 3x	• 3x	•	• automatic
Linearization							• by conversion						• LUT
Stabilization			• LED/MR bridge control	• LED/MR bridge control	• LED/MR bridge control	• LED/MR bridge control				• LED/MR bridge control	• LED/MR bridge control	• LED/MR bridge control	
Incr. Data (A,B,Z)	• +/- 4 mA	• +/- 6 mA diff.	• RS422	• RS422	• RS422	• RS422	• +/- 4 mA	• +/- 4 mA	• +/- 4 mA				• +/- 4 mA
Comm. Data (U,V,W)		• 1 CPR	• 1 to 32 CPR			• 1 to 8 CPR							
Absolute Data			• 10+14 bit			• 12 bit	• 8 bit	• up to 13+24 bit	• up to 13+24 bit	• up to 25+24 bit	• up to 26+24 bit	• up to 26+24 bit	• 32 bit
Sin/Cos Output				test mode	test mode	test mode		test mode	test mode	• 1 Vpp (100 Ω)	• 1 Vpp (100 Ω)	• 1 Vpp (100 Ω)	
Serial I/O		2-wire SPI	4-wire SPI, EncoderLink®			I2C		BiSS C, SSI	BiSS (B)	BiSS C, SSI	BiSS C, SSI, SPI	BiSS C, SSI, SPI	3/4-wire SPI
Parallel I/O							• 8 bit					• 8 bit	
I2C Master				• multi-master	• multi-master	• multi-master	•	•	•	•	•	•	•
On-Chip EEPROM		•	•										
Multiturn Interface			via MCU			• index inp.				• BiSS C, SSI	• BiSS C, SSI	• BiSS C, SSI	
Period Counting			• 14 bit with preset by MCU			• 15 bit	• 24 bit	• 24 bit	• 24 bit	• 24 bit with preset	• 24 bit with preset	• 24 bit with preset	• 16 bit
Setup	3 pins	On-chip EEPROM, SPI	by pins, SPI, EEPROM, EncoderLink®	ext. EEPROM	ext. EEPROM	ext. EEPROM	ext. EEPROM, µC	ext. EEPROM	ext. EEPROM	ext. EEPROM	ext. EEPROM	ext. EEPROM, µC	by 4 pins, µC, ext. EEPROM
Supply	5 V (10 mA)	3.3 to 5 V (8 mA)	3.3 V (25 mA)	5 V (12 mA)	5 V (18 mA)	5 V (28 mA)	5 V (25 mA max.)	5 V (35 mA max.)	5 V (35 mA max.)	5 V (45 mA)	5 V (60 mA)	5 V, 2.5 to 5V (34 mA)	3.1 to 5.5 V (12 to 25 mA)
Specials			touch probe hold register							Nonius calc.	Nonius calc., 2 GPIO pins	safety diagnostics, temperature value (12 bit)	velocity value (14 bit)
Package	TSSOP20	QFN24 4x4	QFN32 5x5	TSSOP20	TSSOP20	TSSOP20	SO28 SSOP28 5.3	TSSOP20	TSSOP20	QFN48 7x7	QFN48 7x7	QFN48 7x7	QFN48 7x7

Copyright © 2017, iC-Haus GmbH. Silicon for Motion® is a registered trade mark of iC-Haus GmbH.
Rights to technical changes reserved. This tentative information shall not be considered as a guarantee of characteristics. 1-17.

EncoderLink® is a trademark of iC-Haus GmbH.

Exacttron.com

Exacttron.com